

HONFOGLALÁS KORI FÉMLELETEK ANYAGÖSSZETÉTELI VIZSGÁLATA KÉSZÍTÉSTECHNIKÁJUK ÉS NYERSANYAGFORRÁSUK TÜKRÉBEN

CSEDREKI László – Susanne GREIFF – LANGÓ Péter – Florian STRÖBELE – TÜRK Attila*

BEVEZETÉS

A régészeti leletek archaeometriai vizsgálatai gyakran új perspektívákat nyújtanak a kutatásnak, melyek a proveniencia kérdésén túl a tárgyak készítőtechnikai hátterére, illetve az anyagösszetételből felismerhető esetleges kereskedelmi kapcsolatokra, kronológiai és kulturális kérdésekre is választ adhatnak (pl. UDA–DEMORTIER–NAKAI 2005; GUSTAFSSON 2013; ROBERTS–THORTON 2014). A Kárpát-medence 10–11. századi fémleleteinek tekintetében már korábban is voltak a fenti kérdésekre vonatkozó vizsgálatok (SZEGEDY 1960), azonban ezek nagyobb lendületet az elmúlt évtizedben végzett modern fizikai vizsgálatok nyújtotta lehetőségekkel vettek (KURUNCZI–LANGÓ 2000; SÁNDOR ET AL. 2003; KÓBOR 2004; BÜHLER 2006; MEHOFER 2006). Az ezüst alapú ötvözetekből készült honfoglalás kori leletek alapanyagaként a kutatás már a kezdetektől fogva az egykori nyugat-európai eredetű pénzeket, valamint a keleti dirhemeket határozta meg. Ezek ugyanis önmagukban is előfordulnak a korszak temetkezéseiben, másrészt a 12. század előtt ezüstmányászatról nincsenek adataink. Azonban mindennek fizikai igazolására is csak az elmúlt 15 évben került sor többnyire egyedi, kis esetszámú vizsgálatok során (LANGÓ–TÜRK 2004; KÓBOR 2004; MEHOFER–GREIFF 2006; LŐRINCZY–TÜRK 2011; GREIFF 2011; GREIFF 2012). Az eredmények több esetben felvetették annak a lehetőségét, hogy

a nemesfém emlékek egyes darabjainak nyersanyagát biztosan azonosítani, így a leletegyüttest az érme nyújtotta *terminus post quem* adat segítségével keltezni is tudjuk. Ennek révén immár nemcsak az egykori kulturális háttérről és kapcsolatrendszeréről szolgáltak információkkal, hanem a kimutatott ezüstpénz alapanyagok okán az elsődleges fontossággal bíró időrend kérdéséhez is egyedülálló szempontokat nyújtottak.

Jelen dolgozat célja, hogy valamennyi, korábban már megmért, de többségében eddig még közöletlen honfoglalás kori tárgyon végzett anyagösszetételei vizsgálati eredményt összefoglalóan bemutassa és az adatbázist a későbbi mérésekhez összehasonlító anyagként elérhetővé és felhasználhatóvá tegye. Ez elsősorban az érmék esetében fontos, melyeknél valamennyi, a honfoglalás kori sírokban előforduló típusból legalább egynek az adatát bemutatjuk. Ezek a nagyobb szabású mérési munkák Susanne Greiff vezetésével (Mainz, RGZM) kezdődtek még 2007-ben a gnadendorfi kiállítás kapcsán,¹ majd folytatódtak a szegedi Móra Ferenc Múzeummal kötött megállapodás keretében a Szeged-Kiskundorozsma-Hosszúhát lelőhely kapcsán végzett mérésekkel.² A szeged-kiskundorozsma-hosszúhát 595. sír kapcsán tett szerencsés megfigyeléseket már 2011-ben publikálták (GREIFF 2011), illetve tágabb kitekintésben 2012-ben került közlésre egy válogatott adatbázis

* Csedreki László fizikus, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen, csedreki.laszlo@atomki.mta.hu;
Susanne Greiff geológus, fizikus, Römisch-Germanisches Zentralmuseum, Mainz, greiff@rgzm.de;
Langó Péter régész, MTA BTK Régészeti Intézete, Budapest, Lango.Peter@btk.mta.hu;
Florian Ströbele geológus, Römisch-Germanisches Zentralmuseum, Mainz, stroebele@rgzm.de;
Türk Attila régész, MTA BTK Magyar Őstörténeti Témacsoport, Budapest, turk.attila@btk.mta.hu

¹ Az RGZM: Reiterkrieger – Burgenhauer: die frühen Ungarn und das „Deutsche Reich“ vom 9. bis zum 11. Jahrhundert elnevezésű projekt keretében.

² Az RGZM és a szegedi MFM: Coins and prosperity: multidisciplinary investigations of the richest female graves of the 10th century in the Carpathian Basin elnevezésű kutatási projekt keretében.

(GREIFF 2012). A jelen munkánkban bemutatásra kerülő vizsgálati eredmények azonban immár nemcsak a leletek szempontjából bővítik az eddigi kutatásokat (az első közlemény négy érme és 16 darab ezüst tárgy vizsgálatát foglalta egybe), hanem módszereiben is. Az ED-XRF mellett már protonindukált röntgenemissziós (a továbbiakban: PIXE) vizsgálatok eredményeit is bemutatjuk: összesen 27 érme és 47 fémveret adatát.

A honfoglalás kori anyagösszetételei vizsgálatok kezdetben ED-XRF módszerrel készültek 2007-től kezdődően Németországban, az RGZM laboratóriumában, majd a *Charisma* projekt keretében a Magyar Tudományos Akadémia Atommagkutató Intézetében (a továbbiakban Atomki) is folytatódtak 2011 után. A Römisch-Germanisches Zentralmuseum kezdeményezésére Tobias Bendeguz részvételével az Atomkiban végzett vizsgálatosorozatban PIXE mód-

szerral számos honfoglalás kori lelet elemösszetétel meghatározására került sor. E vizsgálatosorozatnak része volt az is, hogy a régészeti kutatás számára megvizsgálja, miként lehetséges, megoldható-e a két eltérő módszeren alapuló adatbázis eredményeinek egyidejű összevetése. Jelen munka mindezek alapján a vizsgálatosorozat fentebbi fázisait figyelembe véve épül fel: előbb a németországi ED-XRF módszerrel végzett vizsgálat eredményeinek kibővített bemutatását és értékelését végezzük el, mely során főként az elemösszetétel adatok statisztikus feldolgozására fókuszálunk. Ezt követően jelen kötetben egy önálló cikkben (CSEDREKI ET AL. 2015) mutatjuk be a két eltérő analitikai módszer összehasonlítását főként olyan leleteken, melyeken mindkét módszerrel történt elemösszetétel meghatározás, azzal a céllal, hogy a két adatbázis egységes felhasználási lehetőségét megállapíthassuk.

HONFOGLALÁS KORI LELETEK ED-XRF MÓDSZERREL VÉGZETT ANYAGÖSSZETÉLEI VIZSGÁLATAINAK BEMUTATÁSA

A honfoglalás kori magyar sírok leletanyagának gyakori és nagy számban ismert leletei az ezüst alapú ötvözetekből készült különböző díszítmények és ékszerek. 2006-ban a mainzi Römisch-Germanisches Zentralmuseum időszakos kiállításán a Gnadendorf (Au) mellett feltárt 10. századi fiatal fiú sírja kapcsán a német közönség áttekintést kaphatott erről az időszakról és annak anyagi kultúrájáról. A *Heldengrab im Niemandsland – Ein Frühungarischer Reiter aus Niederösterreich* című kiállításon az ausztriai emlékeken kívül a magyarországi karosi, Szeged környéki, és más jelentős honfoglalás kori lelőhelyekről származó leleteken keresztül mutatták be a tárlat rendezői a honfoglalás kori magyarság anyagi kultúráját.

A kiállítás alkalmat adott arra is, hogy a mainzi Archeometriai Laboratóriumban elvégezzük a vizsgálatra összegyűjtött teljes leletkör anyagösszetételei elemzését, s így összevethessük a gnadendorfi tárgyak vizsgálatával. A gnadendorfi tárgyak elemzése a „VIAS”³-ban, valamint a vizsgálatok eredményeinek kiadása (MEHOFER–GREIFF 2006; MEHOFER–GREIFF–RÉVÉSZ 2007) már korábban megtörtént. A mérések során kiderült, hogy a vizsgált leletekben felhasznált ezüst ötvözetek közül néhány az egyébként szokásos réz, ólom és arany mellett cinket és

önt is tartalmaz olyan százalékos arányban, amely egyértelműen túlmutat a véletlenszerű szennyeződés lehetőségén. Sok tárgy esetében a réztartalom is jelentősen magas volt. Ezt az eredményt az adott tárgyak előállítási technikája egyértelműen megerősíti, mivel ezeket az „adalékokat” a főként öntéssel előállított ezüstitárgyakon sikerült kimutatni.

A honfoglalás kori ezüst alapú ötvözetből készült tárgyakkal kapcsolatos vizsgálatosorozatot 2010-től a dél-alföldi honfoglalás kori gazdag női sírok leleteivel folytattunk. E kutatás középpontjában a Szeged-Kiskundorozsma-Hosszúhát és -Hosszúhátalom 100. sír leletei álltak (GREIFF 2011; GREIFF 2012). Külön hangsúlyt fektettünk annak vizsgálatára, hogy a Szeged-Kiskundorozsma-Hosszúhátalom 100. sírjából előkerült ezüstpénzek ötvözei további adalék nélkül lehettek-e nyersanyagai a szeged-kiskundorozsma-hosszúhátalmi 595. sír ezüst vereteinek. Ezen felül további színesfém- és aranyleletek elemzését is elvégeztük energia diszperzív mikro-röntgenfluoreszcens analízis (a továbbiakban: mikro-XRF) segítségével (*1. táblázat*).

A mikro-XRF egy felületi anyagvizsgálati módszer, amelynél a mintakiválasztás és a mérésre kijelölt mintavevő helyek előkészítése nagy gondosságot igényel, mert csak így kaphatunk hiteles

³ Vienna Institute of Archaeological Science, Dr. Matthias Mehofer elemzése.

képet az ötvözetek összetételéről. Az eredményeket ugyanis már az optikailag nem felismerhető korróziós jelenségek is jelentősen befolyásolhatják.

A vizsgálati körülmények bemutatása

A vizsgálatokat az érmét nem tartalmazó Szeged-Kiskundorozsma-Hosszúhát 595. sír ezüsből készült leletein, valamint a Szeged-Kiskundorozsma-Hosszúhát-halom 100. sírjából származó négy érmén végeztük el. Ezen kívül bevontuk az elemzésbe olyan ezüstpénzek publikált adatait is, amelyek a 9–10. században a Kárpát-medencében előfordultak. A kiskundorozsmai 595. sírből kiválasztott tárgyak kapcsán összehasonlításként további 33 tárgyat választottunk ki, melyek a kiskundorozsmai lelőhely tágabb környezetéből, a mai Csongrád megye területéről származnak. Bevontuk még a vizsgálatba a hencidai 10. századi temetőtöredék 5. sírjának lószerszámvereteit is, részben azért, mert azt az eddigi kutatások egyöntetűen korai emlékek határozták meg (összefoglaló jelleggel, a korábbi irodalommal: SCHULZE-DÖRLAMM 1992, 414–416; RÉVÉSZ 1996, 234), részben a Csongrád megyei bronz lószerszámveretekkel való összehasonlítás céljából.

A Szeged-Kiskundorozsma-Hosszúhát 595. sír megvizsgált tárgyai között volt több kisméretű, aranyozott felületű öntött ezüst veret, egy karperec és egy aranygyűrű (*1. táblázat*). Az aranyleletek között ez utóbbin túl a Szeged-Óthalom, V. homokbánya 187. sírből is megvizsgáltunk néhány aranylemezt.

A Kiskundorozsma-Hosszúhát-halom 100. sírből előkerült 18 érme öt különböző típusba tartozik. Ezeket a tárgyakat Franciaországban és Itáliában verték 888 és 950 között (BENDE-LÖRINCZY-TÜRK 2002, 384). A sírban való helyzetük változatos volt: míg két érme a halotti szemfedőt, addig a többi az övet és a lábbelit díszítette. A különböző itáliai pénzverdekben készült darabok Berengar, Provence-i Hugo és Lothar uralkodásának idejéből származnak, a francia denárok meghatározása töredékességük miatt nem volt megállapítható.

A mikro-XRF módszerrel a mintákban azonosítható a kémiai elemek jelentős része, illetve a detektált elemek egymáshoz viszonyított tömegszázalékos aránya. A mikro-XRF módszer lényege, hogy az irányított röntgensugár útjába helyezett mintában indukálódott másodlagos fluoreszcens sugárzás a detektorban a minta kémiai elemösszetételére jellemző röntgenspektrumot hoz létre. A röntgenspektrum az egyes elemekre jellemző intenzitásvonalakból áll, amelyek elemzésével lehetővé válik a minta elem-

tartalmának kvalitatív és fél kvantitatív vizsgálata. A fókuszált röntgensugár használata akár 0,3 mm átmérőjű mérési felület elemzését is lehetővé teszi. A mérési paraméterek: EAGLE III. (Röntgenanalitik GmbH): Rh-röntgenszó (Oxford Instruments, 40 kV-a I/I mA), EDAX Si(Li)-detektor, (148 eV -MnKa): optika: monokapilláris, 0,3 mm fókusszal. Gerjesztési feszültség: 40 kV, anódáram: 125 μ A., t: 500Lsec. A mennyiségi kiértékelés standard mintákkal történt. Az analízist a leletek minden egyes részén, lehetőség szerint frissen tisztított ponton végezték. Rutinszerű eljárás volt az egyes mérési pontokon három mérés elvégzése a kiugró értékek beazonosítása miatt. Az adatok elemzése során az egyes mérési helyekre meghatározott számtani középértékek lettek felhasználva. Ez az adatpontok számának csökkentése mellett az eredmények és a vonatkozó diagramok megbízhatóságát is növelte. A adatok abszolút bizonytalansága a főelemekre vonatkozóan általában 2–5%, a mellék és a nyomelemekre vonatkozóan 5–15%.

A kémiai elemek szerepe a készítőtechnikában

A vizsgált régészeti leletek kémiai elemösszetétele nagyban hozzájárulhat az adott lelet készítési technikájának és a különböző leletek egymáshoz való viszonyának feltárásához. Mivel a vizsgálatba bevont leletek nagy részében az ezüst főösszetevőként szerepel, ezért szükséges részletesebben szólni általában az ezüst leletek készítési technikájáról és az ezüst mellett a fő-, mellék- és nyomelem mennyiségben előforduló kémiai elemekről.

Az ezüst tiszta fém állapotában puhasága miatt nem igazán alkalmas díszítmények és érmék készítésére, ezért kis mennyiségben más fémmel, pl. rézzel ötvözik, hogy célzott megmunkálással, melegítéssel és/vagy lehütéssel elnyerje a kívánt formát és tulajdonságokat (BREPOHL 1992). Ugyanakkor már a természetben előforduló ezüstércben is fellelhetők kis mennyiségben bizonyos egyéb összetevők, úgymint az arany, ólom, réz és bizmut, amelyek később az elkészített tárgyakban is megtalálhatók (RAUB 1995, 256). Az ezüst ólomércekből való kivonásakor, vagy más fontos fémmegmunkálási folyamatok, mint pl. a kupelláció során ismételtlen nagyobb mennyiségű ólom kerül a tárgyba.

Az ezüstöt az ún. kupelláció alkalmazásával már az ókorban 0.3–0.5% Cu rézhányadig meg tudták tisztítani (MC KERRELL-STEVENSON 1972; KOHLMAYER 1994; BAYLEY 2008). Az 1% fölötti rézmennyiség általánosságban szándékosan hozzáadott

fémadaléknak számít (WANHILL 2003, 51), amely arra szolgál, hogy a napi használat számára egy egyébként puha ezüstötvözetet kovácsolással edzhetővé tegyenek. Ehhez azonban már néhány százalék is elegendő. A vizsgált tárgyak némelyikénél megfigyelt jóval magasabb rézmennyiség (átlagosan 28 tömegszázalék) inkább akadályozza a precíziós mechanikai átalakítást, öntött technikával készített ezüst tárgyakkal azonban igen hasznos, mert lényegesen csökkenti az ezüst olvadáspontját (BREPOHL 1992, 41–47). A legalacsonyabb olvadási hőmérséklet, 779°C 72% ezüst és 28% réz keverékével érhető el. Ez az olvadáspont-minimum a hőmérsékletgörbén, amellyel szemben az ötvözet-összetétel áll, eutektikumként⁴ van jelölve. Ez az eutektikus ötvözet ugyan szilárd, viszont rideg és mechanikai átalakításra csak korlátozottan alkalmas. Ennél több vagy kevesebb réz tartalmú ötvözetek esetében az olvadáspont ismét magasabb.

Ólomtartalom. Kis mennyiségű ólom csaknem minden antik ezüsttárgyban kimutatható. Miután az ezüstöt többnyire ólomércből vonták ki és ráadásul ólmozó olvasztással tisztították, az ólom jelenléte kb. 1%-ig várható. Egy statisztikai kimutatás szerint a 95%-nál több ezüstöt tartalmazó antik ezüstötvözetekben alig fordul elő 1.2%-nál magasabb ólom-mennyiség (WANHILL 2003, 13).

Aranytartalom. Eltekintve attól az aranyozástól, amelyet higanytartalma alapján kivétel nélkül tűzaranyozásként azonosíthatunk, az ezüstötvözetek is tartalmaznak egy bizonyos (kis mennyiségű) aranyhányadot, mivel az ezüst kivonásánál, illetve a kupellálással történő tisztításakor kémiaiilag mindkét nemesfém egyformán viselkedik. Az aranytartalom ezekben az esetekben többnyire 1% alatt marad, de ettől jelentősen magasabb is lehet, ha aranyozott fémek újrafelhasználásával kell számolnunk. Az újrafelhasználás nélküli készítési techni-

kát feltételezve, az arany egyfajta nyomjelző is lehet a tárgy provenienciájának vizsgálatában.

Bizmuttartalom. A bizmut olyan fém, amely járulékosan ezüst- és ólomércben is előfordul. Antik ezüstötvözetekben gyakran 1.5%, vagy ennél magasabb jelenlét mérhető (GALE–STÖS–GALE 1981). Ezek az értékek azonban továbbra is alacsonynak tekinthetők, így az ezüstnek, mint nyersanyag-nak az ötvöstechnikai tulajdonságait észrevehetően nem befolyásolják. A nemzetközi kutatások alapján tehát elmondható, hogy a nyersanyagban a jelenléte vélhetően a primer ércek szennyezésének köszönhető. A bizmuttartalom — mint ahogyan a többi vizsgált fémikus elem is — érlelőhelytől függ és lelőhelyenként eltérő nagyságú. A kupellálás során a bizmut ugyan megoszlik az ezüst és az ólom(II)-oxid között, a kiindulási anyagban lévő nagyobb bizmutmennyiség azonban a későbbi ezüst ötvözetben is magasabb értékben marad meg (MC KERRELL–STEVENSON 1972), így a kupellációs eljárás alá vetett ezüstben jellemző a bizmut 1%-ot nem meghaladó jelenléte.

Cinktartalom. Az ezüstben ritkán található cink. Magas réztartalmú ezüstötvözet színét az ezüst felületi dúsításán kívül más módon is lehet javítani, mégpedig cink hozzáadásával. A régi arany- és ezüstműves irodalom 2–5% cinket ajánl (STERNER–RAINER 1930, 94). A cink felhasználása ugyanakkor számos okból javítja az ezüstötvözetek öntéstechnikai tulajdonságait is. A tanulmány elején említett gnadendorfi és más lelőhelyekről előkerült honfoglalás kori sírleleteken végzett vizsgálatsorozat kimutatta, hogy a cinkben gazdag ötvözetek használata az öntéssel készült tárgyakra korlátozódott. Ez a vizsgálatsorozat magas réztartalmat mutatott ki, ugyanakkor mindig cinkkel és/vagy ónnal való kölcsönhatásban, amely arra utal, hogy a réz ezeknél a tárgyakkal bronz, illetve sárgaréz formájában került az alapanyagba.

A MÉRÉSEK EREDMÉNYEI

A vizsgált leletek mikro-XRF módszerrel végzett elemösszetétel adatait, kiegészítve a leletekre vonatkozó legfontosabb információkkal az *1. táblázat* foglalja össze. Az elemösszetétel adatok tömeg-

százalékban (%) vannak megadva. Elemösszetétel szempontjából a főbb csoportok meghatározásához elkészítettük a leletek Ag(ezüst) – Cu(réz) diagramját (*1. kép 1*). Az ábrán jól látszik, hogy a le-

⁴ Az eutektikum a megfelelő összetételű olvadékból közvetlenül kristályosodik, legalább két fázis alkotta heterogén szövetelem. Az eutektikum lehet kettő-, három- vagy többfázisú. Minden eutektikumra jellemző, hogy kisebb hőmérsékleten olvad, mint azok a komponensek, melyekből létrejött, e tulajdonságánál fogva az öntéssel feldolgozható anyagokban gyakori.

letek többsége egy jól meghatározott egyenesen, az úgynevezett hígítási vonalon helyezkedik el egy viszonylag széles tartományban.

A leletek elemösszetétele alapján megkülönböztetünk arany, réz és ezüst alapú ötvözeteket. Mivel az érmék az *1. táblázat* 74. sorszámú darabjától tekintve (ami II. Konstantin bizánci császár érmeje) mind ezüst ötvözetnek tekinthetők, így a továbbiakban külön főcsoportként kezeljük azokat. A réz ötvözeteken belül a cink, ón és ólomtartalom alapján további két alcsoportot sikerült elkülöníteni. Az első csoportba a bronznak tekinthető veretek kerültek, míg a második csoportba tartozók sárgaréznak tekinthetők. A vizsgálatok kapcsán érdemes kiemel-

ni, hogy a hígítási vonalon a réztartalomban 23.9–28.0% között a folyamatosság megszűnik. Az itt megfigyelt hiány magyarázata lehet, a korábban már említett, a réztartalom fémolvadáspontot befolyásoló hatása. A vereteken belül anyagösszetétel szempontjából elkülönülő három csoportot (arany, ezüst, réz) az *1. táblázatban* külön jelöltük.

A továbbiakban az egyes csoportok, az arany, a bronz, illetve a sárgarézt, végül pedig az ezüst alapú ötvözetből készült tárgyak vizsgálatából levonható következtetéseket mutatjuk be, majd az ezüst veretek és az ezüstérmék egymással való összevetésének lehetőségeit tárgyaljuk.

AZ ARANYÖTVÖZETŰ 10. SZÁZADI TÁRGYAK VIZSGÁLATA

Aranyötvözetek Szeged-Kiskundorozsma-Hosszúhát 595. sírból

Az 595. sírban egy lemezes szerkezetű, kék színű üvegbetétes, különösen gyűrűkarikáját tekintve nagyméretű aranygyűrű (*40. kép 3*) volt a halott jobb markában (*1. táblázat 1a–c*). A gyűrű foglalatában egy kék, enyhén sérült betét volt. Utóbbi a mikroszkóp alatt eredetileg átlátszó anyagnak tűnt és kalcium-nátrium (mész-nátron) üveggént lehetett beazonosítani, melyet rézzel és kobalttal kékre színezték. A gyűrű karikája és a foglalata réztartalmú arany-ezüst ötvözetből áll, amelynek ~70%-a arany, ~22%-a ezüst és ~8.5%-a réz. További ötvöző elemeket nem lehetett kimutatni. A gyűrűkarika és a foglalat közötti forrasztás egy nagyobb réztartalmú arany-ezüst ötvözetből készült, míg magán a foglalon lévő forraszhely 80%-ot meghaladó ezüsttartalmú forrasztással készült. A rombusz alakú préselt veret (*35. kép 3–12*) 85.6% aranyat, 11.1% ezüstöt, és 3.3% rezt tartalmazó aranyalapú ötvözetből (*1. táblázat 2*) készült (GREIFF 2011, 483).

Az aranyötvözetek összehasonlítása

Az aranyötvözetek csoportjába két darab lemezes szerkezetű gyűrű (*1. táblázat 1a–c és 23a–c*), egy préselt rombusz alakú veret (*1. táblázat 2*), illetve lemezből kivágott szemfedő, rozetta alakú pré-

selt veret, valamint egy kisszíjvég (*1. táblázat 45a–c*) tartozik. A mikro-XRF módszerrel a leletek Cu (3.04–9.48%), Ag (11.1–49%) és Au (43.9–85.6%) tartalmát sikerült meghatározni, amelyek széles koncentráció-tartományban helyezkednek el. A leletek elemösszetételének a vizsgálata alapján elmondható, hogy az arany- és az ezüsttartalom közel függvényeszerű ($r_{\text{Pearson}} = -0.987$, $\sigma < 0.001$), de negatív kapcsolatot mutat, amelyből arra lehet következtetni, hogy az ötvözet elkészítésénél nagy tisztaságú ezüst és arany nyersanyagot használtak fel. Ha a vizsgált elemek közös nyersanyagból vagy alapanyagból származnak, akkor az egymáshoz viszonyított elemarányuk közel állandó. Emiatt, ha az egyik elem mennyisége nő a vizsgált tárgyban, akkor a másik elem mennyisége is nőni fog. Ebben az esetben a vizsgált elemek között pozitív kapcsolat figyelhető meg és a kapcsolat erőssége szolgálat információt a közös nyersanyagból való származás mértékére. Ha a kapcsolat negatív, akkor abból arra következtethetünk, hogy a vizsgált elemek eltérő nyersanyagból származnak, hiszen ebben az esetben, ha az egyik elem tömegszázalékos aránya nő, akkor a másik elem aránya csökkeni fog. A réz- és az aranytartalom között erős negatív sztochasztikus kapcsolat ($r_{\text{Pearson}} = -0.880$, $\sigma < 0.05$) figyelhető meg. Ez alól kivételt képez az egyik gyűrű (*1. táblázat 1c*) forrasztási helyének vizsgálata, amely magas ezüsttartalmú forrasztásanyagból készült. A réz- és ezüsttartalom között a kapcsolat gyenge,⁵ de po-

⁵ A korreláció értékei alapján a változók közötti lineáris kapcsolat jellege: $r = -1$ vagy 1 , ha a kapcsolat függvényeszerű; $-1 < r \leq -0.75$ vagy $0.75 \leq r \leq 1$, ha erős sztochasztikus a kapcsolat; $-0.75 < r \leq -0.5$ vagy $0.5 \leq r \leq 0.75$, ha közepes sztochasztikus a kapcsolat; $-0.5 < r \leq -0.25$ vagy $0.25 \leq r \leq 0.5$, ha gyenge sztochasztikus a kapcsolat és $-0.25 < r < 0.25$, ha nincs kapcsolat a két változó között. Továbbá a fémleletek esetében a közös eredetet a pozitív korreláció jelzi.

zítív sztochasztikus kapcsolatot ($r_{\text{Pearson}}=0.5$, $\sigma<0.2$) mutat, alacsony szignifikancia szint mellett. Ebből arra következtethetünk, hogy az ezüst mellett a réz nagy része más alapanyagból származik. A tanulmányban elvégzett statisztikai elemzésnél az Origin Pro2015 szoftvert alkalmaztuk.

Az egyes tárgyak összehasonlításából levonható további következtetések:

- A Kiskundorozsma-Hosszúhát 595. sírjában megtalált gyűrű és a rombusz alakú préselt veret (*I. táblázat 1a–c*, *2*) vizsgálati helyei elemösszetételben jelentős eltérést mutatnak egymástól.

- A Szeged-Bojárhalom 3. sírból származó gyűrű (*I. táblázat 23a–c*) foglalatához, valamint a gyűrűkarikához tartozó mérési pontokon az elemösszetételek között eltérés figyelhető meg. Így ezen tárgy esetében elképzelhető, hogy a különböző részek eltérő alapanyagból készültek.
- A Szeged-Öthalom, V. homokbánya 187. sírjából származó aranytárgyak (*I. táblázat 45a–c*) hasonló elemösszetételt mutatnak, így nem zárható ki, hogy az eltérő funkcióban felhasznált aranytárgyakat azonos nyersanyagból, egyazon lemezből vágták ki.

A BRONZBÓL ÉS A SÁRGARÉZBŐL KÉSZÍTETT 10. SZÁZADI TÁRGYAK VIZSGÁLATA

Bronzból, vagyis réz alapú ötvözetből készült leleteket vizsgáltunk a Szeged-Bojárhalom 3. sírból, annak huzalkarperceit (*I. táblázat 24–26*), valamint rozettás lószerszámvereteket Bördány-Kistemplomtanya 1. sírból (*I. táblázat 46–47*). Míg cink-, ólom- és óntartalom szempontjából sárgaréznek tekinthetők a Szeged-Kiskundorozsma-Hosszúhát 595. sír lábperce (*I. táblázat 3*) és a Hencida-Szerdekhalm 5. sír öntött rozettás díszű lószerszámveretei (*I. táblázat 43–44*). A Halimba-Cseres 606. számú 10–11. századi sírban feltárt római érme (*I. táblázat 74*) az összetétele alapján a rézérc jellegzetességeit mutatta és feltételezhető, hogy egyéb ötvözőelem hozzáadása nélkül a bányászott ércből készítették, így a csoport többi darabjától eltér, emiatt azt kivettük az összehasonlításból.⁶

A primer szulfidércek zónájában a réz legfontosabb, nyersanyagként leggyakrabban felhasznált ásványa a kalkopirit (CuFeS_2), a fakóérc-félék (tennantit $\text{Cu}_{12}\text{S}[\text{AsS}_3]_4$, tetraedrit $\text{Cu}_{12}\text{S}[\text{SbS}_3]_4$) és az enargit-luzonit ($\text{Cu}_3\text{AsS}_4, \text{Cu}_3\text{SbS}_4$) társasága. E réz-szulfidok mellett galenit (PbS), szfalerit (ZnS), pirit (FeS_2) és sok más Ag-, Bi-, Ni-, Sb-, As-tartalmú szulfidásvány is előfordulhat, sokszor a rézásványokkal olyan szoros összenövésben, hogy elkülönítésük még a mai technológiák alkalmazásával is körülményes (MOLNÁR 2008).

Emiatt az egyes kémiai elemek korreláció vizsgálata adhat további információt a felhasznált alapanyagra, ércekre vonatkozóan. A korreláció vizsgálat a Sn–Ni ($r_{\text{Pearson}}=0.942$, $\sigma<0.05$) és a Sn–Pb ($r_{\text{Pearson}}=0.850$, $\sigma<0.001$) elempároknál mutatott pozitív erős sztochasztikus kapcsolatot. A veretek Sn–

Ni és Sn–Pb diagram alapján tendenciaszerű összefüggései egyértelműen kivethetők (*I. kép 2*; *2. kép 1*), viszont az alacsony mintaszám miatt csak feltételezni lehet a közös eredetet.

A fő- és mellékelemeket figyelembe véve a következő megállapításokat lehet tenni:

- A Szeged-Bojárhalom 3. sírból való karkötők (*I. táblázat 24–26*) elemösszetétele nagyfokú hasonlóságot mutatott. Mind a két ékszer önbronznak tekinthető és feltételezhető, hogy nyersanyaguk azonos forrásból származott.
- A Bördány-Kistemplomtanya 1. sír rozettás lószerszámveretei (*I. táblázat 46–47*) az összetételük alapján azonos alapanyagból készülhettek.
- A Szeged-Bojárhalom 3. sírból való karkötők (*I. táblázat 24–26*) és a bördányi lószerszámveretek (*I. táblázat 46–47*) az összetételük alapján (*I. kép 1*, *2. kép 1*) egy csoportot alkothatnak, így az egymáshoz közel fekvő lelőhelyek esetében korábban nem ismert kapcsolat feltételezhető. Hasonló jelenség figyelhető meg a Szeged-Kiskundorozsma-Hosszúhát 595. sírjában megtalált lábperce (*I. táblázat 3*) és a Hencida-Szerdekhalm 5. sír (*I. táblázat 43–44*) veretei esetében, igaz a leletek kapcsolata kevésbé egyértelmű az Sn–Pb diagram alapján (*2. kép 1*).
- Érdekes összevetésre adott lehetőséget a hencidai lószerszámveretek vizsgálata is (*I. táblázat 43–44*). Az egyik lószerszámveretet ugyanis az aranyozott-, a másikat pedig az ezüstözött felületű darabok (RÉVÉSZ 1996, 235) közül választottuk ki. Az eltérő felületi kialakítás ellenére a kiválasztott mérési pontok tekintetében,

⁶ Hasonlóan nem szerepel az elemzésben a Szeged-Kiskundorozsma-Hosszúhát 720. sírból származó csüngő (*I. táblázat 4*) sem, mivel a temetkezést később a radiokarbon vizsgálatok a késő bronzkorra datálták.

a tárgyak között nagyobb hasonlóság figyelhető meg (1. táblázat 43a, 44a), mint az ugyanazon veret mérési pontjai között (1. táblázat 43a–b mérési pont, valamint 44a–b mérési pont), (illet-

ve ld. 1. kép 2; 2. kép 1). Mindez arra utal, hogy a vizsgált bronztárgyak anyagösszetétele ugyanazon veretek tekintetében sem minden esetben homogén.

A 10. SZÁZADI EZÜSTÖTVÖZETŰ TÁRGYAK VIZSGÁLATA

Ebben a csoportban 34 darab tárgyat vizsgáltunk, amelyeknél sok esetben a tárgyak különböző felületeiről is rendelkezésre állnak elemösszetétel adatok. A leletek a fő-, mellék- és nyomelemek tekintetében nagyfokú változatosságot mutatnak Cu (3.44–63.80%), Ag (33.2–91.5%), Au (0.3–2.3%), Pb (0.23–2.93%).

Az érmékhez hasonlóan az ezüst-réz esetében is közel függvényyszerű ($r_{\text{Pearson}} = -0.998$, $\sigma < 0.001$) kapcsolat figyelhető meg, míg a többi elempár esetében gyenge sztochasztikus, vagy nincs kapcsolat a két változó között. Az érmékkel ellentétben a leletek cinktartalma a legtöbb esetben meghaladta a módszerre jellemző detektálási határt. Emiatt a réz-cinktartalom közötti kapcsolat vizsgálata a felhasznált nyersanyagra (sárgaréz) vonatkozóan szolgáltatathat információt. A réz- és cinktartalom gyenge pozitív sztochasztikus kapcsolatot mutatott a teljes sokaságra vonatkozóan ($r_{\text{Pearson}} = 0.469$, $\sigma < 0.001$), amely nem támasztja alá kizárólag a sárgaréz, mint alapanyag felhasználását. Az óntartalom minden esetben detektálási határ alatt maradt és a réz- és ólomtartalom közötti korreláció gyenge és negatív ($r_{\text{Pearson}} = 0.26$, $\sigma < 0.05$) volt. Így az esetleges bronz, mint alapanyag felhasználásra nem lehetett információt szolgáltatni.

A Szege-d-Kiskundorozsma-Hosszúhát 595. sír ezüst alapú ötvözetből készült leletei

Az 595. sír ötvözet-analízisre kiválasztott kilenc ezüst tárgy (1. táblázat 5–13) kivétel nélkül magas, illetve nagyon magas réztartalmat mutat, amely mennyiségileg és rendszerében is túlmutat egy véletlenszerű vagy természetes szennyeződésen. Az ötvözetekben egyéb adalékanyagok súlyhányaduk 1.5%-ánál nagyobb mennyiségben nincsenek jelen, ezért az ötvözetek fő tulajdonságait, vagyis az olvadáspontot, az edzhetőséget, a szilárdságot és a színt elsősorban az ezüsthöz kevert réz határozta meg. Az ezüst és a réz között lineáris összefüggés van, ahol

a két elem adatai is egymással összefüggésben vannak.

A réztartalom 14.0–50.7% között van jelen a vizsgált leletekben és az ezüsttel egy jól meghatározott „hígítási” vonalat eredményez. Mindebből az a következtetés vonható le, hogy a réz az adott tárgy ötvözet tulajdonságainak meghatározó komponensét alkotta.

Miután az ezüstöt többnyire ólomércből vették ki és ráadásul ólmozó olvasztással tisztították, az ólom jelenléte kb. 1%-ig várható. A vizsgált sírban lévő tárgyak ólomtartalma 0.23%–1.86% között változik. Két lelet kivételével (1. táblázat 9a, 14a) a tárgyak ólomtartalma minden esetben meghaladja az 1.1%-ot.

A vizsgált sír ezüsttárgyai a 0.3–0.8% közötti aranytartalommal megfelelnek az antik ezüsttárgyak szokásos megoszlási mintájának, s egyben arra is utalnak, hogy ezen tárgyak esetében nem valószínű, hogy aranyozott fémtárgyak újraöntéséből állították elő a tárgyakat.

A vizsgált tárgy bizmut-tartalma széles skálán mozgott (<0.05%–0.28%). Egyes tárgyban a szokásosnál magasabb: 0.2–0.3% körüli bizmut mennyiséget mértünk (lábbeliveretek: 1. táblázat 11–12; kéttagú csüngő: 1. táblázat 30b, 32b; karperec: 1. táblázat 13). Érdemes azonban azt is kiemelni, hogy a fentebb említett öt tárgyban mért bizmut-tartalom eltérő mennyiségű volt, így azok azonos nyersanyagból való készítése ezen elem alapján nem támasztható alá.

A karperec (1. táblázat 13) a maga 1.01%-os középértékével a legtöbb cinket tartalmazó tárgy a megvizsgált szege-d-kiskundorozsmai leletek közül. Ahogy azt korábban említettük, a cink hozzáadásával az ezüstötvözet színét és öntéstechnikai tulajdonságait is kedvezően lehet befolyásolni. Annak ellenére, hogy a tárgyak cinktartalma alacsony, a réz- és cinktartalom között közepes és pozitív ($r_{\text{Pearson}} = 0.71$, $\sigma < 0.01$) kapcsolat figyelhető meg. Ez utalhat arra, hogy bizonyos tárgyaknál a cink az olvadáshoz adott sárgarézből származik.

Az elemzésbe bevont további ezüstitárgyak vizsgálati eredményei

A vizsgálatba további, főleg Csongrád megyei honfoglalás kori leleteket választottunk ki, hogy a szeged-kiskundorozsmai sírok ezüst alapú ötvözetből készült tárgyait szélesebb regionális kitekintésben is tudjuk értékelni.

Az érmék esetében sikerrel alkalmazott Au/Cu–Ag/Cu elemarányok felhasználásával elkészített diagramok közül az egyik (5. kép 2) azt a tartományt mutatja, amelyben a tárgyak nagy része csoportosul. Annak ellenére, hogy elemösszetétel szempontjából a veretek összetétele széles skálán mozog, három jól elkülöníthető egyenes mentén rendeződnek az adatok.

A vizsgálat eredményei és az ábrák is jól mutatják, hogy a kiválasztott leletek közül a Szentese-Derekegyházi oldal D-3 tábla 5. sírból származó vékony, préselt veretek a legjobb minőségűek, ezüsttartalmuk a legmagasabb (1. táblázat 17–18). Ugyanezen sír öntött tárgyainak az ezüstminősége már jóval gyengébb (1. táblázat 15–16, 21–22), és a hajfonatkorongok is több ötvöző anyagot tartalmaznak (1. táblázat 19–20). A sír két hajfonatkorongja esetében az is megfigyelhető, hogy azok nem csak kialakításukat tekintve esnek közel egymáshoz, hanem az anyagösszetételük tekintetében is nagy hasonlóságot mutatnak. Az Au/Cu–Ag/Cu diagram esetében hasonló következtetés vonható le, mint a veretek Pb–Au arányainál (4. kép 2). A diagramon (5. kép 2) a különböző leletegyüttesekhez kapcsolódó trendvonalak is láthatók. Az első egyenesen a szeged-kiskundorozsma-hosszúhátú temető 595. és 600. sírjából származó leletek foglalnak helyet, másodikon a szeged-bojárhalmi 3. sír, míg a harmadik trendvonal mentén a derekegyházi 5. sírből és a Kömpöcről származó leletek helyezkednek el.

Az érmék esetében alkalmazott Pb–Au elemarány vizsgálatát a veretek kapcsán is ábráztuk (4. kép 2). Az ábra jól mutatja azt is, hogy néhány kivételtől eltekintve a szeged-kiskundorozsmai, a szeged-bojárhalmi és a derekegyházi lelőhelyekről származó veretek jól elkülönülő csoportot alkotnak.

Tekintettel arra, hogy az ezüst, mint alapanyag is tartalmaz kis mennyiségben aranyat, továbbá az ezüst kivonásánál, illetve a kupellálással történő tisztításakor kémiaiilag mindkét nemesfém egyformán viselkedik, így az ezüstötvözet aranytartalma szintén felhasználható provenienciavizsgálatban. Mivel az ezüstöt többnyire ólomércből vonták ki és

ráadásul ólmozó olvasztással tisztították, emiatt az ólom jelenléte kb. 1%-ig várható. Az öntési folyamatok során hozzáadott esetleges ólom viszont jelentősen torzíthatja az ólomtartalom által hordozott provenienciájára vonatkozó információt.

Mindezek alapján felvetődik annak a lehetősége, hogy az adott lelőhelyekhez, illetve sírokhoz köthető és a vizsgálat alá vont fémtárgyak nyersanyaga azonos forrásból származott. Ez pedig felveti annak a lehetőségét, hogy az adott síroknak az ékszerállománya azonos műhelyből, műhelyekből vagy ötvöskeze alól kerülhetett ki. Utóbbi megállapítás egyben azt a korábbi véleményt is támogatja, mely szerint a ruházat díszítményei néhány esetben nem darabonként, hanem egyszerre kerültek a ruházatra. Tehát egyszeri készítés részei voltak a különböző díszítmények, melyek az ékszerekkel azonos műhelyből kerülhettek ki. Azonban hangsúlyoznunk kell, hogy ha a tárgy elkészítéséhez felhasználtak korábbi fémtárgyat is, illetve az alapanyagot nem pusztán képlékennyé tették, hanem magas hőmérsékleten, folyós állapotban teljesen átolvastották, akkor a kémiai elemarányokban olyan mérvű torzulás következhet be egyes esetekben, mely lehetetlenné teszi a tárgy alapanyagának eredetére vonatkozó vizsgálatot.

Az ékszerek és a ruhadíszítések kialakítása alapján általában meg lehet határozni, hogy az adott tárgyat préseléssel vagy öntéssel készítették-e. Úgy véljük, hogy az adott díszítmény készítési eljárása összefüggésben van az alapanyag összetételével is, mivel a két említett készítési módhoz eltérő mechanikai tulajdonságokkal bíró nyersanyag a megfelelő. Az egyes mechanikai tulajdonságokat (mint az olvadáspontot vagy a keménységet) pedig az anyagösszetétel (is) nagyban meghatározta. A kiválasztott, a megmunkálás szempontjából kedvező tulajdonságok elérését a korabeli ötvösök az ezüst/réz arány optimális kialakításával segítették elő. A vizsgálatok alapján azonban sem az elem párok vizsgálata, sem a Cu, Ag, Au, Pb, Bi tartalom főkomponens analízise (PCA) nem mutatott lényeges különbséget az egyes alcsoportok és a készítőtechnika között.

Érmék a Szeged-Kiskundorozsma-Hosszúhát-halom 100. sírjából

A sírban feltárt 18 pénzéből vizsgált négy észak-itáliai eredetű érme kronológiailag 888 és 950 közé keltezhető (BENDE–LÖRINCZY–TÜRK 2001, 384), melyek Berengar, Provence-i Hugo és Lothar veretei. Mind a négy pénzt Itáliában verték, Berengar, Provence-i Hugo, valamint fiának Lotharnak a

denárát Milánóban; míg Hugo királynak a fiával Lotharral együtt kibocsátott pénzét a páviai pénzverő műhelyben készítették (1. táblázat 64–67).

A négy érme eltérő összetételű, bár Berengar (1. táblázat 64) és Lothar (1. táblázat 67) itt szereplő veretei hasonlóak egymáshoz: 7.1% és 4.9%-os réztartalmuk jelentősen alacsonyabb, mint a többi érme esetében. A bennük lévő ezüst mennyisége: 91.0% és 93.5% szintén nem áll messze egymástól. Mindkettőben van ólom és arany összehasonlítható nagyságrendben.

A Provence-i Hugo (1. táblázat 65) által kibocsátott pénz 13.5%-os réz- és 87.7%-os ezüsttartalmával egyértelműen elkülönül az előbbiektől, azonban arany-, ólom- és bizmuttartalma alapján kevésbé különül el. A legtöbb réz a Provence-i Hugo és Lothar által közösen kibocsátott érmében (1. táblázat 66) található: 23.7% rézmennyiséghez képest csupán 74.5% ezüst van benne. Egy aranyból, ólomból és bizmutból álló másodrendű elemspektrum itt is jelen van. Ezek az érmék mindenestre finomságuk tekintetében nagyon messze állnak a fentebb bemutatott bizánci, Számánida, de a francia és a 11. századi magyar pénzeketől is.

Az ezüstérmék vizsgálata

EBBE a csoportba 26 darab ezüstérme tartozik, melyek közül 12 db dirhem és 14 darab érme pedig nyugat-európai és bizánci pénzverdékben készült. A dirhemekre és a nyugat-európai érmék egy részére jellemző, hogy magas ezüsttartalommal rendelkeznek ($A_{g\text{dirhem}}=95.3\text{--}99.1\%$, $A_{g\text{bizánci-nyugati érmék}}=91.0\text{--}98.2\%$), amely alól kivételt jelent három itáliai (1. táblázat 61, 65–66) érme. Utóbbi érmék gyenge minőségére vonatkozó mérési eredmények a mérési módszerből is származhatnak, amint azt a későbbi, mikro-XRF és PIXE módszerrel kapott elemösszetételt összehasonlító (CSEDREKI ET AL. 2015, 1. táblázat) eredményei is mutatják a Burgundiai (II.) Rudolf által kibocsátott pénz ezüsttartalmára vonatkozóan. Provence-i Hugo érméinek gyenge minőségét azonban mind a két mérési módszer megerősíti; mindez pedig arra is utalhat, hogy az I. Berengar bukását követő háborús időszak Itáliában komoly gazdasági és pénzügyi következményekkel járhatott. Az egymással is versengő utódok (Provence-i Hugo, II. Rudolf, Ivreai Berengar) harcai kihatottak a pénz minőségére is; így a Liudprand elbeszéléséből ismert pénzrontás folyamata (KOVÁCS 2011, 54, 123. No. 66.; LŐRINCZY–TÜRK 2011, 439) minden bizonnyal nem II. Berengar ural-

kodásával kezdődött és nem is annak „galád természetéből” adódott, hanem egy kényszerű folyamat része volt (RIZZOLLI–PIGOZZO 2015, 48–50). Fontos azonban megjegyezni azt is, hogy az eddigi mérési eredmények alapján a pénzrontás és a gyengébb minőségű érmék kibocsátása mellett egyes időszakokban, vagy egyes pénzverő helyeken később is készítették jó minőségű dénárokat; amint azt a szeged-kiskundorozsma-hosszúhátú 100. sír II. Lothar denárának elemösszetétele is jelzi (1. táblázat 67).

Az érmék vizsgálatát először a fő- és mellék-elemek közötti korreláció feltárásával kezdtük. Ez alapján elmondható, hogy a réz- és az ólomtartalom között közepes és pozitív ($r_{\text{Pearson}}=0.692$, $\sigma<0.001$) a kapcsolat, amely utalhat a közös származásra. Az arany- és bizmuttartalom között közepes és negatív ($r_{\text{Pearson}}=-0.643$, $\sigma<0.001$), az ólom- és ezüsttartalom között közepes és negatív ($r_{\text{Pearson}}=-0.744$, $\sigma<0.001$), míg a réz- és ezüsttartalom között negatív függvényszerű ($r_{\text{Pearson}}=-0.994$, $\sigma<0.001$) kapcsolat van. Az ólom- és aranytartalom között gyenge és pozitív ($r_{\text{Pearson}}=0.320$, $\sigma<0.150$) sztochasztikus kapcsolat figyelhető meg alacsony szignifikancia szint mellett. A korreláció vizsgálat alapján általánosságban elmondható, hogy a vizsgált érméket ezüst alapanyagból készítették réz és ólom hozzáadásával. Mivel a vizsgálatba bevont érmék típus és származási hely szempontjából is eltérő képet mutattak, így a korábbi megállapítás csak általános jellemzésnek tekinthető.

Az elem párokat megvizsgálva az Au/Cu és Ag/Cu kombinációval sikerült a legjobb csoportosítást elvégezni (2. kép 2). A grafikonon látható, hogy a dirhemek és a nyugat-európai (egyéb) érmék elkülönülő csoportot alkotnak. Továbbá két elkülönülő trendvonalon rendeződnek, amely alól kivételt képeznek a Sárospatak-Baksahomok 1. sír dirhemei (1. táblázat 50, 52, 59) és a Szeged-Csongrádi út 1. sírből ismert bizánci miliaresion (1. táblázat 70). A Szeged-Csongrádi út 1. sírjából előkerült bizánci ezüstpénz a dirhemektől és a dénároktól is külön esik. Sajátos jelenség, hogy az egyazon uralkodó, egyazon helyen vert dirhemei is eltérő ötvözőanyaggal bírnak. Naszr ibn Ahmad Szamarkandban vert dirhemei közül többet is vizsgáltunk (1. táblázat 54, 59). Addig, míg a Máramaros megyei kincsleletbe tartozó 932-es dirhem (1. táblázat 54) minőségét tekintve a majdnem egykorú Sásban vert érmehez hasonló összetételű (1. táblázat 55), addig az emír uralkodásának kezdetén vert érmék (1. táblázat 52, 59) magasabb ezüst- és kisebb réztartalommal bírnak (akár

Mervben, akár Szamarkandban készültek), mint a fentebb említett, az uralkodása későbbi fázisában készített dirhemek. E jelenség mögött azonban nem feltétlenül állapítható meg bármiféle történelmi tendencia (új bányák, eltérő ötvözés, szándékos pénzrontás, stb.),⁷ akkor sem, ha tudjuk, hogy Naszr uralkodása a Számánida emirátus fénykorába esett (FREY 1975, 141–143; BONNER 2011, 344–345). Emellett jól látható, hogy az ezüstérméknek a fentebbi módszerrel mért tisztasága valamelyest egyenetlen, hiszen a legtisztább Számánida érme, Naszr emír apja, a 914-ben meggyilkolt Ahmad 911–912-ben Sásban vert érméje (*1. táblázat 50*), míg a szintén általa korábban veretett szamarkandi és sási érmék (*1. táblázat 49, 51*) egyáltalán nem különböznek a többi (így az ő apja Iszmáil vagy fia a már említett Naszr uralkodása későbbi periódusában vert) Számánida érmétől. A vizsgálatok jól mutatják azt is, hogy hasonló minőségű ezüstpénzt vertek a Számánida kereskedelmi kapcsolatok egyik fő célterületén, a volgai Bolgár Fejedelemségben is (*1. táblázat 56–58*), amely terület kiemelt partnere volt az emírségnek (NOONAN 2001; KOVALEV 2002; VALEEV 2013).

A nyugat-európai denárok minősége néha jóval gyengébb volt, mint a muszlim és a bizánci pénzéké (*2. kép 2*). Az összetételük tekintetében azonban viszonylag egységes csoportot alkotnak, s minőségük alapján e csoportba sorolhatók azok a 11. századi magyar denárok is, melyek a halimbai temetőből kerültek el (*1. táblázat 71–73*).

Valamivel gyengébben kirajzolódó csoportosulás figyelhető meg az adatok alapján elkészített ólom-arany (Pb–Au) grafikonon (*3. kép 1*). Ennek a csoportosításnak előnye viszont, hogy mivel a két elem között csupán gyenge sztochasztikus kapcsolat figyelhető meg, így a csoport-varianciára vonatkozó információ kevésbé torzul, mint az erős kapcsolatot mutató ezüst-réz esetében.

Az érmék Pb–Au grafikonját felhasználva további alcsoportok különíthetők el. Az európai érméken belül az itáliai és a korai magyar denárok például szépen elkülönülnek egymástól. A többi esetben az alacsony mintaszám miatt nem lehet biztos következtetést levonni, ezért további vizsgálatok szükségesek a nyugat-európai érmeleletek egyes alcsoportjainak jellemzéséhez, noha az itáliai és a francia érmék között mutatkoznak különbségek. Az eddigi vizsgálatok alapján az azonban jól megfigyelhető,

hogy míg a legfinomabb ezüstérméket a bizánciak és Számánidák verték, addig a leggyengébb minőségű érméi a 9–10. századi Itáliát uraló fejedelmeknek voltak; s utóbbiakhoz viszonyítva jóval finomabb minőségű darabokat készítettek a francia királyok és a 11. századi Árpád-házi uralkodók is. Az érmék Pb–Au grafikonja (*3. kép 1*) kapcsán, mely jól elkülöníthető csoportokra osztja szét a különböző érmetípusokat, felvetődik annak a lehetősége, hogy ez az elkülönítés azzal is magyarázható, hogy a muszlim és a Kárpát-medencei érmék esetében a nyersanyag bányászott, míg a nyugat-európai darabok esetében inkább a korábbi fém tárgyak beöntése képezte a nyersanyagot.

Ezt az elképzelést támasztja alá az érmék arany- és ezüsttartalma alapján elkészített grafikon (*3. kép 2*), melyen jól látszik, hogy a Kárpát-medencei és muszlim érmék jól behatárolható arany- és ezüsttartalommal rendelkeznek. Ezzel szemben a nyugat-európai érmék mindkét kémiai elem szempontjából heterogén képet mutatnak, amelynek egyik magyarázata a korábban említett újraöntés lehet.

További következtetések vonhatók le, ha figyelembe vesszük a tárgyak Ag/Au és Ag/Cu elemarányait. Az elemarányokat származási hely szerinti felbontásban bemutató grafikonon (*4. kép 1*) jól látható, hogy a Sásból származó dirhem (*1. táblázat 51*) rendelkezik a legalacsonyabb aranytartalommal. Ez az ábra azonban arra is rámutat, hogy nem állapítható meg nyilvánvaló kapcsolat az érmék készítési ideje és ezüsttartalmuk között. Az Ag/Au és Ag/Cu arányok azonban az érmék olyan finom csoportosítását teszik lehetővé, melynek révén szintén jól kirajzolódnak az eltérő származási helyhez (bányához?) köthető darabok. A 13 darab dirhem 4 különálló csoportot alkot a 3 volgai bolgár érmével együtt, mely utóbbiak dirhem utánszámokként tekinthetők. Míg azonban az itáliai, a francia és a magyar pénzek belső csoportjai is egy-egy jól körühatárolható sávba esnek, lényegesen szélesebb mezőt ölelnek fel a bizánci és a muszlim dirhemek. E tekintetben különösen a Sásban készített darabok az érdekesek, melyek egymástól is jelentős távolságra esnek, de jelentős eltérést mutatnak egymástól a szamarkandi dirhemek is (*1. táblázat 49, 54, 59*), mely arra utalhat, hogy ezekben a pénzverdékben eltérő bányákból származó alapanyagot is használhattak.

⁷ A Számánida területen működő érckitermelésre és kereskedelmi kapcsolatokra vonatkozóan áttekintő jelleggel: NEGMATOV 1998, 82–85.

Az ezüstveretek és az ezüstérmék egymással való összehasonlítása

A honfoglalás kori vereteket és ékszereket általában ezüsből készítették kis mennyiségű réz hozzáadásával (KÓBOR 2004; MEHOFER–GREIFF 2006; CSEDREKI ET AL. 2012). A vizsgált tárgyak összetétele azonban ettől eltérő módon, néha nagyon magas réztartalommal bír, s az egyes tárgyak nem egységesek a rézmennyiség tekintetében. A megszokottnál jóval szélesebb skálán mozog: a tiszta vagy magas ezüst ötvözetből (90% feletti ezüsttartalom, 6% réztartalom és mellékelemek) készített tárgyaktól a 32% és 63% közötti réztartalmú eutektikumokig. Ez egy nagyon széles ötvözet skála, ami eddigi megfigyeléseink szerint nem volt szokványos a kora középkori nyugat-európai és bizánci ékszerek esetében.

A Szeged-Kiskundorozsma-Hosszúhát 595. sír tárgyainál regisztrált rézmennyiség kevéssel az „eutektikus összetétel” felett és alatt van (ami az összes vizsgálatba bevont tárgy esetében is igaz). Ezt bizonyítja a sírből vizsgált pártaveret is (1. táblázat 5), mert amíg egy tiszta ezüst tárgynak az olvadáspontja 961°C-on van, addig egy olyan 21%-os réztartalmú ezüstötvözet, mint amilyenek a pártaveret is tekinthető, már 780°C körül eléri az olvadáspontot, ami pedig megfelel az említett „eutektikus összetétel” minimális olvadási hőmérsékletének. Más tárgyak esetében, mint a sírhoz kapcsolódó kaftánveretnél (1. táblázat 6), az előbbinél jóval magasabb, 46%-os a réz aránya. A réz ilyen magas jelenléte az olvadáspontot 850°C-ra emeli, amely azonban még mindig alacsonyabb, mint a tiszta ezüst olvadáspontja. Az eutektikumok ezüstben gazdag felén foglal helyet a sírhoz kapcsolódó övveret 14%-os réztartalommal (1. táblázat 7), amelynek kb. 880°C az olvadáspontja.

Összefoglalva tehát elmondható, hogy a sírhoz kapcsolódó ezüstötvözetek olvadáspontjai e két fentebb érték (780–880°C) között mozognak. Az így kialakult eutektikum az alacsonyabb olvadáspont mellett azonban jelentősen ridegebb anyagkeménységgel és rossz mechanikai nyújthatósággal járt együtt, ellentétben a tiszta ezüsből, illetve az alacsony réztartalmú ezüsből álló készítményekkel. Ez utóbbi ötvözetek hidegen jól alakíthatóak és a megmunkálás utolsó fázisaként használt lehűtéssel jól edzhető darabok; azonban ezzel együtt rosszabbul önthetőek, mint a fentebb említett eutektikus nyersanyagból készítek. A szeged-kiskundorozsmai 595. sír kilenc elemzett ezüsttárgya közül azon-

ban egyiknek sem kisebb a réztartalma 13%-nál, vagyis nem sorolhatóak e második csoportba. A szeged-kiskundorozsmai leletek közül az elsődleges régészeti meghatározás szerint két tárgyat lemezből (1. táblázat 5–6) préseléssel, míg a többi öntéssel készítették. Itt azonban az eltérő készítőtechnikájú tárgyak anyagösszetételében nem mutatkozott jelentős különbség, mindegyik megvizsgált veret esetében olyan ötvözetekről van tehát szó, amelyeknek az öntési tulajdonságai jobbak. Noha a hidegalakításnak (így a préselésnek, kalapálásnak) elvileg jobban megfelelnek a magasabb ezüsttartalmú nyersanyagok.

Az eutektikus alapanyag azonban nem csak a veretekre jellemző. Az érmék között is van olyan példány (pl. Burgundi Rudolf páviai veretű denára: Cu 13.9% [1. táblázat 61], Provence-i Hugo milánói denára: Cu 13.5% [1. táblázat 65], Provence-i Hugo és Lothar páviai denára: Cu 23.7% [1. táblázat 66]), amelyek ötvözete sokkal inkább megfelel az öntéstechnikai előállítási módnak, mint a pénzveréshez szükséges magas mechanikai alakíthatósági képességnek. A fenti megfigyelések arra figyelmeztetnek bennünket, hogy vannak esetek, amikor az anyagösszetételi adatok nem esnek egybe az alakíthatósági igényekkel.

Az ezüstötvözet mechanikai és öntéstechnikai sajátosságai mellett annak színe is a benne található rézmennyiség függvénye. A 20%-os rézarány esetén az ezüstötvözet színe észrevehetően sárgásfehérbe hajlik (BREPOHL 1992, 44). A honfoglalás kori ezüsttárgyak felületén jól elkülöníthető az ezüstszínű és az aranyozott részek váltakozó ritmusa, ám a magas réztartalmú ezüstök sárgás árnyalata megtörte. A sárgásfehér alapszín kevésbé tűnhetett kontrasztosnak az arany mellett, mint a tiszta vagy kevés réztartalmú ezüst esetében. Az ötvösök az ezüsttárgyak többségét már akkoriban is savban vagy speciális sóoldatban pácolhatták annak érdekében, hogy a felületen lévő szennyeződést eltávolítsák. Ez a művelet különösen fontos volt akkor, ha valamilyen formában hőbehatással járó munkafázist is végeztek a tárgyon. A tisztítás hatására a réz a felületről kioldódik, ennek következményeként pedig az ezüst ugyanott feldúsul, 10–50 µm rétegvastagságúvá válik (STERN 2003, 33). Az ötvösök gyakran fehérítésnek nevezik ezt a módszert, mivel ennek hatására egy vékony felületi ezüstréteg alakul ki a tárgyak felszínén. Az így kialakított ezüstréteg pedig már alkalmas lehet arra, hogy a felület a sárgásfehér színű nyersanyaghoz képest fehérebb megjelenésű legyen, akár csak a tisztább ezüsttárgyak

esetében. A magas réztartalmú, újraöntött ezüstermékek vizsgálatai azonban azt mutatták, hogy már maga az öntési eljárás is létrehozhatott egy ilyen ezüstben gazdag felületi réteget (BECK ET AL. 2003, 563), mely a fehéritéshez hasonló rétegvastagságot eredményezett, így a felületi kezelés esetében meg kell különböztetnünk kétféle eljárást is.

Ezen eljárások alkalmazása (akár szándékos, akár véletlenszerű megléte) abból is jól megállapítható, ha a vizsgált tárgyakon elvégzett mérések minta-előkészítés előtti és utáni értékeit összevetjük. Az összehasonlító eredményt a szeged-kiskundorozsmai 595. sír karperecén (1. táblázat 13), a kaftánvereten (1. táblázat 6) és a pártavereten (1. táblázat 5) készítettük el, mely alátámasztotta az ezüstben fel-dúsult felületi réteg jelenlétét.

A Szeged-Kiskundorozsma-Hosszúhát lelőhelyről megvizsgált sírmellékletek kapcsán már a korábbi vizsgálatok felvetették azt a kérdést, hogy a 100. sír érméi nyersanyagként szolgálhattak-e az 595. sír díszjeinek előállításához. A 10. századi díszítmények és érmék már publikált anyagösszetételi vizsgálatainak adatai kapcsán is felmerült hasonló kérdés. Ha megvizsgáljuk a leletek Ag/Pb–Cu diagramját bemutató ábrát (6. kép 1) akkor a réz szempontjából két különálló csoportot lehet elkülöníteni. Az első csoportba a 28% vagy ezt meghaladó réztartalmú leletek tartoznak, amíg a második csoportba a 24% alatti réztartalmú tárgyak sorolhatók. Az ábrán az is jól megfigyelhető, hogy a vizsgálatba bevont lelet egyike sem tartalmazott 24% és 28% közötti rézmenyiséget. A tárgytipusok készítési technikája, illetve lelőhelyeik összefüggései alapján egyelőre nem sikerült magyarázatot találni arra, hogy az egyes tárgyak esetében miért van hiátus a réztartalomnál 24–28% között, ezért ennek meghatározására még további kutatások szükségesek.

A leletek csoportosítása szempontjából a legjobb eredményt a korábban már sikerrel alkalmazott Au/Cu és Ag/Cu arányok alkalmazásával kapjuk (7. kép 1–2). Itt az ezüst természetes aranytartalma és a hozzáadott réztartalom arányai adnak jól kirajzoló csoportokat. A vizsgált leletek elemösszetétele alapján három jól elkülöníthető anyagcsoportot lehet megfigyelni: a nyugat-európai érmék, a dirhemek és a veretek csoportját. Az eltérő tendenciák a felhasznált ezüst eltérő minőségét jelzik: mi-

nél meredekebb a trend, annál jobb minőségű ezüstit használtak a fémmegmunkálásban (7. kép 1). A dirhemek nyersanyaga rendelkezik a legjobb minőségű ezüsttel, a nyugat-európai érmék az ezüsttartalom tekintetében közepes minőségűeknek tekinthetők, míg a veretek esetében figyelhetjük meg a legkevesebb ezüsttartalmat. A fent említett grafikonok alapján (7. kép 1–2) pedig elkülöníthetőnek tűnnek azok az ezüstveretek is, melyek esetében feltételezhető, hogy csak pénzérmék beolvasztásával készült az adott tárgy (1. táblázat 17–18, 30a, 32a), ezekben az esetekben ugyanis a veretek az érmék, valamint a lapos tendenciát mutató tárgyak között helyezkednek el.

A fenti esetek értékeléséhez elkészítettük a vizsgált ezüst leletekre vonatkozó ólom- és aranytartalom viszonyát bemutató diagramot is (6. kép 2), melynek fontos tanúsága, hogy az itt vizsgált veretek csak érmékből történő készítése nem bizonyítható. Az ábrán jól látható ugyanis, hogy a vizsgált ékszerek arany- és ólomtartalma jelentősen magasabb, mint az érméké és a grafikon alapján a korábban feltételezett érmékből történő öntés a 17–18; 30a; 32a sorszámú tárgyak esetében nem támasztható alá. Mindezek alapján valószínűtlen, hogy ezek a kémiai elemek csak érmékből származnának, vagyis az esetek egy részében nagy valószínűséggel más nyersanyagot is adtak a veretekhez. Mindezek alapján joggal feltételezhető, hogy a tárgyak újraöntéssel történő készítése a vizsgált korszakban általánosan elterjedt módszer volt, melyet korábbi megfigyelések is alátámasztanak (CSEDREKI–KUSTÁR–LANGÓ 2012).

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a honfoglalás kori veretek proveniencia kérdéséhez a vizsgált kémiai elemek és a vizsgálatba bevont leletek számának növelése szükséges, mely munka komoly eredményekkel kecsegtet. Mivel egyes esetekben az öntéstechnológia során az alapanyagra jellemző elemarányokban, sőt az elemtartalomban is nagy változás következethetett be, emiatt a kémiai elemösszetétel alapján történő proveniencia vizsgálat csak korlátozottan alkalmazható az öntéssel készült régészeti leletek esetében. A nyersanyagként felhasznált pénzke veretekben történő kimutatására elsősorban az átkalapálással és/vagy préssel készült 10. századi tárgyak vizsgálata lesz kiemelkedően fontos.

IRODALOM

- BAYLEY 2008: Bayley, J.: *Medieval precious metal refining: Archaeology and contemporary texts compared*. In: *Archaeology, History and Science. Integrating approaches to ancient metals*. Eds.: Martínón-Torres, M. – Rehren, Th. London 2008, 131–150.
- BECK ET AL. 2003: Beck, L. – Reveillon, S. – Bosonnet, S. – Eliot, D. – Pilon, F.: *Experimental evidence of direct silver surface enrichment on silver-copper alloys. Application to the analysis of ancient silver coins*. *Archaeometallurgy in Europe* 2003/2 (2003) 561–568.
- BENDE–LŐRINCZY–TÜRK 2002: Bende L. – Lőrinczy G. – Türk A.: *Honfoglalás kori temetkezés Kiskundorozsma-Hosszúhát-Halomról. — Eine landnahmezeitliche Bestattung von Kiskundorozsma-Hosszúhát-Hügel*. A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve – *Studia Archaeologica* 8 (2002) 351–402.
- BONNER 2011: Bonner, M.: *The waning of empire 861–945*. In: *The New Cambridge History of Islam I. The Formation of the Islamic World Sixth to Eleventh Centuries*. Ed.: Robinson, C. F. Cambridge 2011, 305–359.
<https://doi.org/10.1017/CHOL9780521838238.010>
- BRATHER 2007: Brather, S.: *Counted and weighed silver: the fragmentation of coins in early medieval East Central Europe*. In: *Post-Roman towns, trade and settlement in Europe and Byzantium. 1. The heirs of the Roman West*. Ed.: Henning, J. Berlin–New York 2007, 451–471.
- BREPOHL 1992: Brepohl, E.: *Theorie und Praxis des Goldschmiedens*. Leipzig–Köln 1992.
- BUKO 2007: Buko, A.: „Tribal” societies and the rise of the early medieval trade: archaeological evidence from Polish territories (eight-tenth centuries). In: *Post-Roman towns, trade and settlement in Europe and Byzantium. 1. The heirs of the Roman West*. Ed.: Henning, J. Berlin–New York 2007, 431–450.
- BÜHLER 2006: Bühler, B.: *Studien zur Herstellungstechnik der gegossenen Gürtel- und Säbelbe-schläge*. In: *Das frühungarische Kriegergrab aus Gnadendorf, Niederösterreich*. Hrgs.: Daim, F. – Lauermaun, E. *Monographien des Römisch-Germanisches Zentralmuseum* 64. Mainz 2006, 175–180.
- CSEDREKI ET AL. 2012: Csedreki L. – Kustár R. – Langó P.: *Honfoglalás kori ezüst veretek vizsgálata mikro-PIXE módszerrel. — Micro-PIXE analysis of gilt silver mounts from the Hungarian Conquest Period*. In: *Környezet – Ember – Kultúra. Az alkal-mazott természettudományok és a régészet párbeszéde*. Szerk.: Kreiter A. Budapest 2012, 271–278.
- CSEDREKI ET AL. 2015: Csedreki L. – Langó P. – Türk A.: *Honfoglalás kori ezüst tárgyakon vég-zett XRF és PIXE vizsgálatok összehasonlító módszerrel elemzése — Ergleichende methodische Untersuchung zu XRF- und PIXE- Verfahren bei landnahmezeitlichen Silberfunden*. In: Türk A. – Lőrinczy G. – Marcsik A.: *Régészeti és természettudományi adatok a Maros-torkolat nyugati oldalán a 10. századi történetéhez. — Archäologische und naturwissenschaftliche Daten zur Geschichte des 10. Jahrhunderts des westlichen Ufers der Muresch-Mündung*. Szerk.: Lőrinczy G. – Türk A. Budapest 2015, 353–361.
- FODOR 2009: Fodor, I.: *Ein ungarischer Fund aus dem 10. Jahrhundert in Kasan*. *Acta Orientalia Aca demiae Scientiarum Hungarica* 62 (2009) 303–313.
<https://doi.org/10.1556/AOrient.62.2009.3.4>
- FREY 1974: Frey, R. N.: *The Sāmānids*. In: *The Cambridge History of Iran I. The Period from the Arab Invasion to the Saljuqs*. Ed.: Frey, R. N. Cambridge 1974, 136–161.
<https://doi.org/10.1017/CHOL9780521200936.005>
- GALE–STÓS-GALE 1981: Gale, N. H. – Stós-Gale, Z. A.: *Ancient Egyptian Silver*. *Journal of Egyptian Archaeology* 67 (1981) 193–195.
- GREIFF 2011: Greiff, S.: *A Szeged-Kiskundorozsma, hosszúhátú ezüstleletek ötvöztéchnikai vizsgálata. Adatok a 10. századi fém mellékletek és ezüstpénzek lehetséges összefüggéseiről. — Silberfunde aus Szeged-Kiskundorozsma, Hosszúhát. Eine Legierung technische Diskussion über den möglichen Zusammenhang zwischen Schmuckwaren und Münz-silber im 10. Jahrhundert*. A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve – *Studia Archaeologica* 12 (2011) 481–491.
- GREIFF 2012: Greiff, S.: *Silver grave goods from early Hungarian contexts: technological implications of debased alloy compositions with zinc, tin and lead*. In: *Die Archäologie der frühen Ungarn. Chronologie, Technologie und Methodik*. Hrg.: Tobias, B. RGZM – Tagungen, Band 17 (2012) 241–260.
- GRESITS–GEDAI 2000: Gresits, I. – Gedai, I.: *Chemische Zusammensetzung von Münzen des Frühmittelalters*. In: *Akten XII. Internationaler Numismatischer Kongress, Berlin 1997*. Hrg.: Kluge, B. – Weisser, B. Berlin 2000, 904–905.
- GUSTAFSSON 2013: Gustafsson, B.: *Casting Identities in Central Seclusion Aspects of non-ferrous metalworking and society on Gotland in the Early Medieval Period*. Stockholm 2013.
- HAHN 2006: Hahn, W.: *Die Münzen*. In: *Das frühungarische Kriegergrab aus Gnadendorf, Niederösterreich*. Hrgs.: Daim, F. – Lauermaun, E. *Monographien des Römisch-Germanisches Zentralmuseum* 64. Mainz 2006, 99–106.
- ILISCH–SCHWARZ 2003: Ilisch, L. – Schwarz, F.: *Die Analysen der islamischen Münzen*. In: *Dirham und Rappenpfennig, Mittelalterliche Münzprägung in Bergbauregionen*. Beiheft zur Zeitschrift für Ar-

- chäologie des Mittelalters. Hrsg.: Ilisch, L. – Lorenz, S. – Stern, W. B. – Steuer, H. Bonn 2003, 62–114.
- KLUGE 1991: Kluge, B.: *Deutsche Münzgeschichte von der späten Karolingerzeit bis zum Ende der Salier (ca. 900 bis 1125)*. Monographien des Römisch-Germanisches Zentralmuseum 29. Sigmaringen 1991.
- KÓBOR 2004: Kóbor B.: *A Mindszent-Koszorús-dűlő lelőhely 2. és 3. sírjában feltárt ezüstitárgyak anyagvizsgálata. — Materialuntersuchung der in den Gräbern 2 und 3 des Fundortes Mindszent-Koszorús-dűlő freigelegten Silbergegenstände*. A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve – Studia Archaeologica 10 (2004) 454–757.
- KURUNCZI–LANGÓ 2000: Kurunczi S. – Langó P.: *A Magyar Nemzeti Múzeumban Jászfényszaru lelőhellyel beletározott „honfoglalás kori” karperecek röntgenfluoreszcenciás vizsgálata — X-Ray fluorescent analysis of „Conquest period” bracelets taken into the inventory of the Hungarian National Museum from the provenance of Jászfényszaru*. Heves Megyei Régészeti Közlemények 2. Eger 2000, 207–233.
- KOHLMEYER 1994: Kohlmeyer, K.: *Zur frühen Geschichte von Blei und Silber*. In: *Handwerk und Technologie im Alten Orient*. Internat. Tagung Berlin 12.–15.3.1991. Hrsg.: Wartke, R.-B. Berlin 1994, 41–48.
- KOVÁCS 2011: Kovács L.: *A magyar kalandozások szákmányáról*. Budapest 1911.
- KOVALEV 2002: Kovalev, R. K.: *Dirham Mint Output of samanid Samarqand and its Connection to the Beginnings of Trade with Northern Europe (10th century)*. *Histoire & mesure* 17 (2002) 197–216.
- LANGÓ–TÜRK 2004: Langó P. – Türk A.: *Honfoglalás kori sírok Mindszent-Koszorús-dűlőn. Adatok a sírjefűzős bizánci csatok és a dél-kelet-európai kapcsolattal egyszerű mellkeresztek tipológiájához. — Landnahmezeitliche Gräber in Mindszent – Koszorús-dűlő. Angaben zur typologie der trapezförmigen byzantinischen Schnallen und einfachen Brustkreuze mit Südosteuropäischen beziehungen*. A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve – Studia Archaeologica 10 (2004) 365–457.
- LÖRINCZY–TÜRK 2011: Lőrinczy G. – Türk A.: *10. századi temető Szeged-Kiskundorozsma, Hosszúhátról. Újabb adatok a Maros-torkolat Duna–Tisza közti oldalának 10. századi településtörténetéhez. — Gräberfeld des 10. Jh. in Szeged-Kiskundorozsma, Hosszúhát. Neue Ergebnisse zur Siedlungsgeschichte des 10. Jh. der Region zwischen Donau und Theiß gegenüber der Maros-Mündung*. A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve – Studia Archaeologica 12 (2011) 419–480.
- MC KERRELL–STEVENSON 1972: Mc Kerrell, H. – Stevenson, R. B. K.: *Some analyses of Anglo-Saxon and associated oriental silver coinage*. In: *Methods of Chemical and Metallurgical Investigation of Ancient Coinage*. Royal Numismatic Society Special Publication No. 8. Eds.: Hall, E. T. – Metcalf, D. M. London 1972, 195–209.
- MEHOFER 2006: Mehofer, M.: *Metallurgische Untersuchungen an einem Säbel aus dem ungarischen Reitergrab von Gnadendorf*. In: *Das frühungarische Kriegergrab aus Gnadendorf, Niederösterreich*. Hrsg.: Daim, F. – Lauer mann, E. Monographien des Römisch-Germanisches Zentralmuseum 64. Mainz 2006, 159–174.
- MEHOFER–GREIFF 2006: Mehofer, M. – Greiff, S.: *Archäometrische Analysen an Metallgegenständen aus dem ungarischen Reitergrab von Gnadendorf*. In: *Das frühungarische Kriegergrab aus Gnadendorf, Niederösterreich*. Hrsg.: Daim, F. – Lauer mann, E. Monographien des Römisch-Germanisches Zentralmuseum 64. Mainz 2006, 181–188.
- MOLNÁR 2008: Molnár F.: *Ércék, salakok, fémek*. A Miskolci Egyetem Közleménye A sorozat, Bányászati 74 (2008) 91–111.
- NEGMATOV 1998: Negmatov, N. N.: *The Samanid State*. In: *History of civilizations of Central Asia Volume IV. The age of achievement: A.D. 750 to the end of the fifteenth century I. The historical, social and economic setting*. Eds.: Asimov, M. S. – Bosworth, C. E. Paris 1998, 77–94.
- NOONAN 2001: Noonan, T. S.: *Volga Bulgaria Tenth-Century Trade with Sāmānid Central Asia*. *Archivum Eurasiae Medii Aevi* 11 (2000–2001) 140–218.
- RAUB 1995: Raub, Ch. J.: *The metallurgy of gold and silver in prehistoric times*. In: *Prehistoric Gold in Europe. Mines metallurgy and manufacture*. *Nati ASI Series E*, 280. Eds.: Morteani, G. – Northover, J. P. Dordrecht 1995, 243–259.
- RÉVÉSZ 1996: Révész L.: *Révész L.: Hencida-Szerdekalom*. In: „Öseinket felhozád...” A honfoglaló magyarság. Kiállítási katalógus. Szerk.: Fodor I. Budapest 1996, 233–235.
- RIZZOLLI–PIGOZZO 2015: Rizzolli, H. – Pigozzo, F.: *Der Veroneser Währungsraum Verona und Tirol vom Beginn des 10. Jahrhunderts bis 1516*. Bozen 2015.
- ROBERTS–THORNTON 2014: Roberts, B. W. – Thornton C. P. (Eds.): *Archaeometallurgy in Global Perspective Methods and Syntheses*. New York–Heidelberg–Dordrecht–London 2013.
- SÁNDOR ET AL. 2003: Sándor, Zs. – Gresits, I. – Juhász, M. K.: *X-ray fluorescence analysis of medieval gold coins and jewellery*. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 256/2 (2003) 283–288.
- SCHULZE-DÖRRLAMM 1992: Schulze-Dörflamm, M.: *Untersuchungen zur Herkunft der Ungarn zum Beginn ihrer Landnahme im Karpaten-*

- becken. Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz 35 (1988) 1992, 373–478.
- STERNER-RAINER 1930: Sterner-Rainer, L.: *Die Edelmetall-Legierungen in Industrie und Gewerbe*. Leipzig 1930.
- SZEGEDY 1960: Szegedy, E.: *Beiträge zur Metalltechnik der IX–XI. Jahrhunderte in Ungarn*. Acta Archaeologica Hungarica 12 (1960) 299–330.
- UDA–DEMORTIER–NAKAI 2005: Uda, M. – Demortier, G. – Nakai, I. (Editors): *X-rays for Archaeology*. New York–Heidelberg–Dordrecht–London 2005.
- VALEJEV 2013: Валеев, Р. М.: *Международные торговые связи Болгарских земель в X–XIV вв.* In: Великий Болгар. Ред.: Сидиков, А. Г. Москва–Казань 2013, 94–103.
- WANHILL 2003: Wanhill, R. J. H.: *Ancient silver embrittlement: significances of copper, lead and cold-deformation*. NLR-TP-2003-617. Dezember 2003, National Aerospace Laboratory NLR, Amsterdam 2003. URL: <http://www.nlr.nl/id~2924/>

**UNTERSUCHUNG ZUR MATERIALZUSAMMENSETZUNG
DER LANDNAHMEZEITLICHEN METALLFUNDE IM SPIEGEL IHRER
HERSTELLUNGSTECHNIK UND HERKUNFT DES ROHMATERIALS**

László CSEDREKI – Susanne GREIFF – Péter LANGÓ – Florian STRÖBELE – Attila TÜRK

In der vorliegenden Studie sind die Ergebnisse der Messungen zur Materialzusammensetzung von insgesamt 27 Münzen und 47 Metallbeschlägen zu finden, die mit ED-XRF-Methode sowie mit Untersuchungen vom Typ PIXE erfolgten. Diese wurden seit 2006 fortlaufend in den Laboratorien des RGZM in Mainz und Atomki in Debrecen durchgeführt.

Im Laufe der Untersuchungen stellte sich heraus, dass bei den aus Silberlegierungen hergestellten Funde mitunter ein sehr hoher Kupfergehalt nachzuweisen ist. Die verschiedenen Legierungen des Rohmaterials der Beschläge bewegen sich auf einer breiteren Skala, als die der westeuropäischen und der byzantinischen Schmuckstücke. Eine bewusst erfolgte Legierung konnte man eindeutig nachweisen. Unserer Meinung nach könnte dies mit der beabsichtigten Verarbeitung des Gegenstandes in Zusammenhang stehen: Das einen höheren Kupfergehalt enthaltende Rohmaterial ist geeigneter für den Guss, weniger jedoch für die mechanisch erfolgte Verarbeitung (z. B. Pressen). Das Rohmaterial des Silbers wurde also nicht allein durch die Sparsamkeit mit Edelmetall beeinflusst.

Der Silbergehalt der untersuchten Dirhems ist am höchsten, die westeuropäischen Münzen sind in qualitativer Hinsicht als mittelmäßig zu erachten; im Falle der aus Gräbern stammenden Münzen kann man den niedrigsten Silbergehalt beobachten. Die Untersuchungen zeigen, dass die Beschläge durch das Einschmelzen der Münzen gefertigt wurden, man kann jedoch aufgrund der Untersuchungen zum Blei- und Goldgehalt konstatieren, dass die Mehrheit der von uns untersuchten Beschläge nicht direkt aus Münzen hergestellt wurden, sondern per Umguss früherer Beschläge. Eine eingehende Untersuchung der in kleinerem Umfang vorkommenden, für bestimmte Münzen charakteristischen Verschmutzungen mithilfe von PIXE-Methode wird in Zukunft in manchen Fällen eine Möglichkeit bieten, die als Rohmaterial verwendeten Münzen im Material der Beschläge nachzuweisen. Dies könnte in Zukunft sehr wichtige Daten für die Präzisierung der landnahmezeitlichen Chronologie liefern.

Übersetzt von Angelika O'Sullivan

Sor- szám	RGZM laborszám	Leltári szám	Lelelőhely	Tárgy/Anyag	Technika	Analizált hely állapota	Analizált hely a tárgyon	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Au	Pb	Sn	Bi	Ag
1a	10/39	MFM N 2010.03.08.	SzKH 1 595. sír	gyűrű/aranyövzövet	lemezes	előkészített felület	gyűrűkarika				9.48			70.40				20.10
1b	10/39	MFM N 2010.03.08.	SzKH 595. sír	gyűrű/aranyövzövet	lemezes	előkészített felület	foglalat				7.36			68.30				24.40
1c	10/39	MFM N 2010.03.08.	SzKH 595. sír	gyűrű/arany	lemezes	előkészített felület	összekötő karika/foglalat				7.15			43.90				49
2	10/40	MFM N 2010.03.23.	SzKH 595. sír	rombusz alakú ruhadísz/aranyövzövet	préselt	előkészített felület				3.33				85.60				11.10
3	10/50	MFM N 2010.03.27.	SzKH 595. sír	lábpercec/sárgaréz	huzalék- szer	előkészített felület		0.1	0.39	0.07	88.44	8.12	0.22		0.98	2.39		
4 ²	10/51	MFM N 2010.03.45	SzKH 700 sír	késő bronzkori csín- gő/olombronz	öntött	előkészített felület					21			0.80	1.23		0.11	76.90
5	10/41	MFM N 2010.03.02.	SzKH 595. sír	pártaveret/ezüstöt- vözet	préselt	előkészített felület					46.40			0.37	1.10		0.09	52.10
6	10/42	MFM N 2010.03.06.	SzKH 595. sír	kafianveret/ezüstöt- vözet	préselt	előkészített felület					14	0.41		0.67	1.79			83.00
7a	10/43	MFM N 2010.03.07.	SzKH 595. sír	övvveret/ezüstövzövet	öntött	előkészített felület		0.12						0.60	1.52			82.70
7b	10/43	MFM N 2010.03.07.	SzKH 595. sír	övvveret/ezüstövzövet	öntött	a szegees elő- készítve		0.12			14.80	0.26		0.67	1.61			62.40
8a	10/44	MFM N 2010.03.03.	SzKH 595. sír	veret a hajfonatból/ ezüstövzövet	öntött	előkészített felület					34.50	0.78		0.67	1.47			63.20
8b	10/44	MFM N 2010.03.03.	SzKH 595. sír	veret a hajfonatból/ ezüstövzövet	öntött	a szegees elő- készítve					34.30	0.54		0.52	1.47			66.60
9a	10/45	MFM N 2010.03.04.	SzKH 595. sír	veret a hajfonatból/ ezüstövzövet	öntött	előkészített felület					32.40			0.79	0.23			58.50
9b	10/45	MFM N 2010.03.04.	SzKH 595. sír	veret a hajfonatból/ ezüstövzövet	öntött	a szegees elő- készítve					39.40			0.57	1.54			50.30
10a	10/46	MFM N 2010.03.05.	SzKH 595. sír	veret a hajfonatból/ ezüstövzövet	öntött	előkészített felület					47.10	0.69		0.58	1.32			66
10b	10/46	MFM N 2010.03.05.	SzKH 595. sír	veret a hajfonatból/ ezüstövzövet	öntött	a szegees elő- készítve					31	0.45		0.70	1.71		0.13	81.40
11a	10/47	MFM N 2010.03.19.	SzKH 595. sír	veret a lábbeliről/ ezüstövzövet	öntött	előkészített felület		0.06			15.90	0.17		0.61	1.64		0.20	74.60
11b	10/47	MFM N 2010.03.19.	SzKH 595. sír	veret a lábbeliről/ ezüstövzövet	öntött	a szegees elő- készítve		0.06			22.40	0.23		0.65	1.86		0.20	75.40
12a	10/48	MFM N 2010.03.20.	SzKH 595. sír	veret a lábbeliről/ ezüstövzövet	lemezes	előkészített felület					22	0.23		0.72	1.51		0.18	68.30
12b	10/48	MFM N 2010.03.20.	SzKH 595. sír	veret a lábbeliről/ ezüstövzövet	lemezes	előkészített felület					29.30	0.25		0.52	1.49		0.19	68.70
13	10/49	MFM N 2010.03.24.	SzKH 595. sír	karpercec/ezüstövzövet	lemezes	előkészített felület					28	1.01		0.39	1.64		0.28	79.40
14a	10/52	MFM N 2010.03.34.	SzKH 600. sír	fűlbevaló/ezüstöt- vözet	huzalék- szer	előkészített felület	fűlbevalókarika				18.90	0.18		0.78	0.57		0.15	

¹ A táblázatban szereplő lelelőhely rövidítések: SzKH = Szeged-Kiskundorozsma-Hosszúhát, SzD = Szentes-Derekegyházi oldal, D-3 tábla, SzB = Szeged-Bojárhalom.

² Mivel a radiokarbon vizsgálatok a szerény mellékletű sírt később a késő bronzkor időszakára keltezték, így a tárgy összetételét közöljük, de elemzésünkben nem szerepel.

Sor- szám	RGZM laborszám	Leltári szám	Lelőhely	Tárgy/Anyag	Technika	Analizált hely állapota	Analizált hely a tárgyon	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Au	Pb	Sn	Bi	Ag
14b	10/52	MFMN 2010.03.34.	SzKH 600. sír	fülbevaló/ezüsttö- vőzet	lemez	előkészített felület	gömbdisz				50.70	0.92		0.81	1.64			46
15	10/53	KJM 2010.03.37.	SzD 5. sír	lánc/ezüsttö- vőzet	huzalék- szer	előkészített felület					19.80			1.57	1.74			76.80
16a	10/54	KJM 2010.03.39.	SzD 5. sír	fülbevaló/ezüsttö- vőzet	huzalék- szer és lemez	eredeti felület	fülbevalókarika				12.40			1.21	1.52			84.80
16b	10/54	KJM 2010.03.39.	SzD 5. sír	fülbevaló/ezüsttö- vőzet	huzalék- szer és lemez	előkészített felület	gömbdisz				21.10			1.12	2.12			75.70
17	10/55	KJM 2010.03.44.	SzD 5. sír	veret/ezüsttö- vőzet	présselt	eredeti felület					3.44	0.09		2.05	2.66			91.50
18	10/56	KJM 2010.03.60.	SzD 5. sír	veret/ezüsttö- vőzet	présselt	előkészített felület					5.82	0.24		2.22	1.78			90
19	10/57	KJM 2010.03.40.	SzD 5. sír	lemez	présselt	előkészített felület					23.20	0.19		2.08	1.58			72.80
20	10/58	KJM 2010.03.41.	SzD 5. sír	lemez	présselt	előkészített felület					23.90			1.97	1.52			72.60
21a	10/59	KJM 2010.03.75.	SzD 5. sír	lemez	öntött	előkészített felület	alsó tag				29.20	0.44		1.76	2.93			65.70
21b	10/59	KJM 2010.03.75.	SzD 5. sír	kétfagú csüngős ve- ret/ezüsttö- vőzet	öntött	előkészített felület	felső tag				17.20	0.42		2	2.32			77.90
21c	10/59	KJM 2010.03.75.	SzD 5. sír	kétfagú csüngős ve- ret/ezüsttö- vőzet	öntött	eredeti felület	felső tag csuk- lós része				38	0.63		1.10	2.80			57.30
21d	10/59	KJM 2010.03.75.	SzD 5. sír	kétfagú csüngős ve- ret/ezüsttö- vőzet	öntött	eredeti felület	alsó tag hurkos kapcsolórésze				13	0.46		2.30	2.28			81.80
22	10/60	KJM 2010.03.76.	SzD 5. sír	kétfagú csüngős ve- ret/ezüsttö- vőzet	öntött	előkészített felület	alsó tag hátróldal				18.50	0.49		1.38	2.84			76.80
23a	10/73	MFMN 92.1.6.	SzB 3. sír	gyűrű/aranytö- vőzete	lemez	eredeti felület	gyűrűkarika				4.65			80.90				14.40
23b	10/73	MFMN 92.1.6.	SzB 3. sír	gyűrű/aranytö- vőzete	lemez	eredeti felület	foglalat hátol- dala				5.83			77				17.20
23c	10/73	MFMN 92.1.6.	SzB 3. sír	gyűrű/aranytö- vőzete	lemez	eredeti felület	foglalat oldalsó része				5.66			76.10				18.30
24	10/75	MFMN 92.1.8.	SzB 3. sír	karperce/ónbronz	huzalék- szer	eredeti felület		0.27		0.14	82.08	0.47	0.4		3.5	12.83		0.31
25	10/76	MFMN 92.1.9.	SzB 3. sír	karperce/ónbronz	huzalék- szer	eredeti felület		0.38		0.11	82.18	0.41	0.45		3.36	12.8		0.3
26	10/77	MFMN 92.1.10.	SzB 3. sír	karperce/ónbronz	huzalék- szer	előkészített felület		0.45		0.13	82.08	0.45	0.41		3.27	12.87		0.33
27a	10/61	MFMN 92.1.21.	SzB 3. sír	kétfagú csüngős ve- ret/ezüsttö- vőzet	öntött	előkészített felület	felső tag				17.60	0.27		1.06	1.57		0.16	79.30
27b	10/61	MFMN 92.1.21.	SzB 3. sír	kétfagú csüngős ve- ret/ezüsttö- vőzet	öntött	előkészített felület	alsó tag				15.90	0.38		0.97	1.55		0.15	81.10
28	10/62	MFMN 92.1.23.	SzB 3. sír	veret/ezüsttö- vőzet	öntött	előkészített felület					42	0.35		0.69	1.41		0.13	55.40
29	10/63	MFMN 92.1.22.	SzB 3. sír	veret/ezüsttö- vőzet	présselt	előkészített felület					59.90	0.37		0.34	0.78		0.07	38.60
30a	10/64	MFMN 92.1.17.	SzB 3. sír	kétfagú csüngős ve- ret/ezüsttö- vőzet	öntött	előkészített felület	felső tag				50.60	2.06		0.31	1.60		0.19	45.20

Sor- szám	RGZM laborszám	Leltári szám	Lelőhely	Tárgy/Anyag	Technika	Analizált hely állapota	Analizált hely a tárgyon	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Au	Pb	Sn	Bi	Ag
30b		MFM N 92.1.17.	SzB 3. sír	kétfagú csüngős ve- ret/ezüsttölvözet	öntött	előkészített felület	felső tag füg- gesztője				12	0.54		0.79	2.07		0.26	84.40
30c		MFM N 92.1.17.	SzB 3. sír	kétfagú csüngős ve- ret/ezüsttölvözet	öntött	előkészített felület	alsó tag				6.77	0.12		1.14	1.24		0.12	90.60
31a		MFM N 92.1.19	SzB 3. sír	kétfagú csüngős ve- ret/ezüsttölvözet	öntött	előkészített felület	felső tag				39.90	0		0.84	2.16		0.14	56.90
31b		MFM N 92.1.19.	SzB 3. sír	kétfagú csüngős ve- ret/ezüsttölvözet	öntött	előkészített felület	alsó tag				43.40	0.46		0.83	1.37		0.16	53.70
32a		MFM N 92.1.20.	SzB 3. sír	kétfagú csüngős ve- ret/ezüsttölvözet	öntött	előkészített felület	felső tag				6.74	0.25		1.47	2.36		0.18	89
32b		MFM N. 92.1.20.	SzB 3. sír	kétfagú csüngős ve- ret/ezüsttölvözet	öntött	előkészített felület	alsó tag				9.98	0.23		0.95	2.56		0.24	86.10
33		MFM N 92.1.18.	SzB 3. sír	veret/ezüsttölvözet	öntött	előkészített felület					33.40	0.27		0.91	2.50			62.90
34		MFM N 92.1.11.	SzB 3. sír	veret/ezüsttölvözet	öntött	előkészített felület					46.80	0.45		0.66	2.39		0.17	49.50
35		MFM N 92.1.10.	SzB 3. sír	veret/ezüsttölvözet	öntött	előkészített felület					63.80	0.47		0.32	2.12		0.10	33.20
36		MFM N 92.1.26.	SzB 3. sír	veret/ezüsttölvözet	öntött	előkészített felület					9.19	0.37		1.16	2.07		0.13	87.10
37		MFM N 92.1.28.	SzB 3. sír	veret/ezüsttölvözet	öntött	előkészített felület					37.90	0.38		0.69	1.36			59.70
38a		MFM N 92.1.15.	SzB 3. sír	kétfagú csüngős ve- ret/ezüsttölvözet	öntött	előkészített felület	felső tag				34.10	0.18		1.26	1.11		0.17	63.20
38b		MFM N 92.1.15.	SzB 3. sír	kétfagú csüngős ve- ret/ezüsttölvözet	öntött	előkészített felület	felső tag				41	0.20		1.08	1.48		0.17	56
39a		MFM N 92.1.7.	SzB 3. sír	fülbevaló	öntött	előkészített felület	tű rész				21.30	0.29		1.02	1.73		0.16	75.50
39b		MFM N 92.1.7.	SzB 3. sír	fülbevaló	öntött	előkészített felület	csingó				14	0.23		0.88	2.43		0.11	82.40
40a		MFM N 92.1.16.	SzB 3. sír	veret	öntött	előkészített felület	hurok				14.90	0.38		0.88	1.95		0.16	81.70
40b		MFM N 92.1.16.	SzB 3. sír	veret	öntött	előkészített felület					20	0.42		0.92	1.91		0.15	76.60
41a		MFM N 53.174.3.	Kömpöc	kétfézes ruhakapcsó- ló/ezüsttölvözet	öntött	előkészített felület	kampó (1)				54.50	2.53		0.88	1.50		0.09	40.50
41b		MFM N 53.174.3.	Kömpöc	kétfézes ruhakapcsó- ló/ezüsttölvözet	öntött	előkészített felület	hurok (1)				42.80	1.30		1.40	1.76		0.12	52.60
41c		MFM N 53.174.3.	Kömpöc	kétfézes ruhakapcsó- ló/ezüsttölvözet	öntött	előkészített felület	kampó (2)				45.50	0.85		1.31	1.46		0.07	50.90
41d		MFM N 53.174.3.	Kömpöc	kétfézes ruhakapcsó- ló/ezüsttölvözet	öntött	előkészített felület	hurok (2)				35.60	1.17		1.60	1.80		0.08	59.70
42a		KJM 55.25.1.	Kunszentmártoni út (1899)	rozettás löszerszám- veret/ezüst alapú tölvözet, higany-ara- nyozott	öntött	előkészített felület		0.10			31	1.62		0.76	2.29			64.20
42b		KJM 55.25.1.	Kunszentmártoni út (1899)	rozettás löszerszám- veret/ezüst alapú tölvözet, higany-ara- nyozott	öntött	előkészített felület		0.09			30.30	1.45		0.83	1.83			65.50

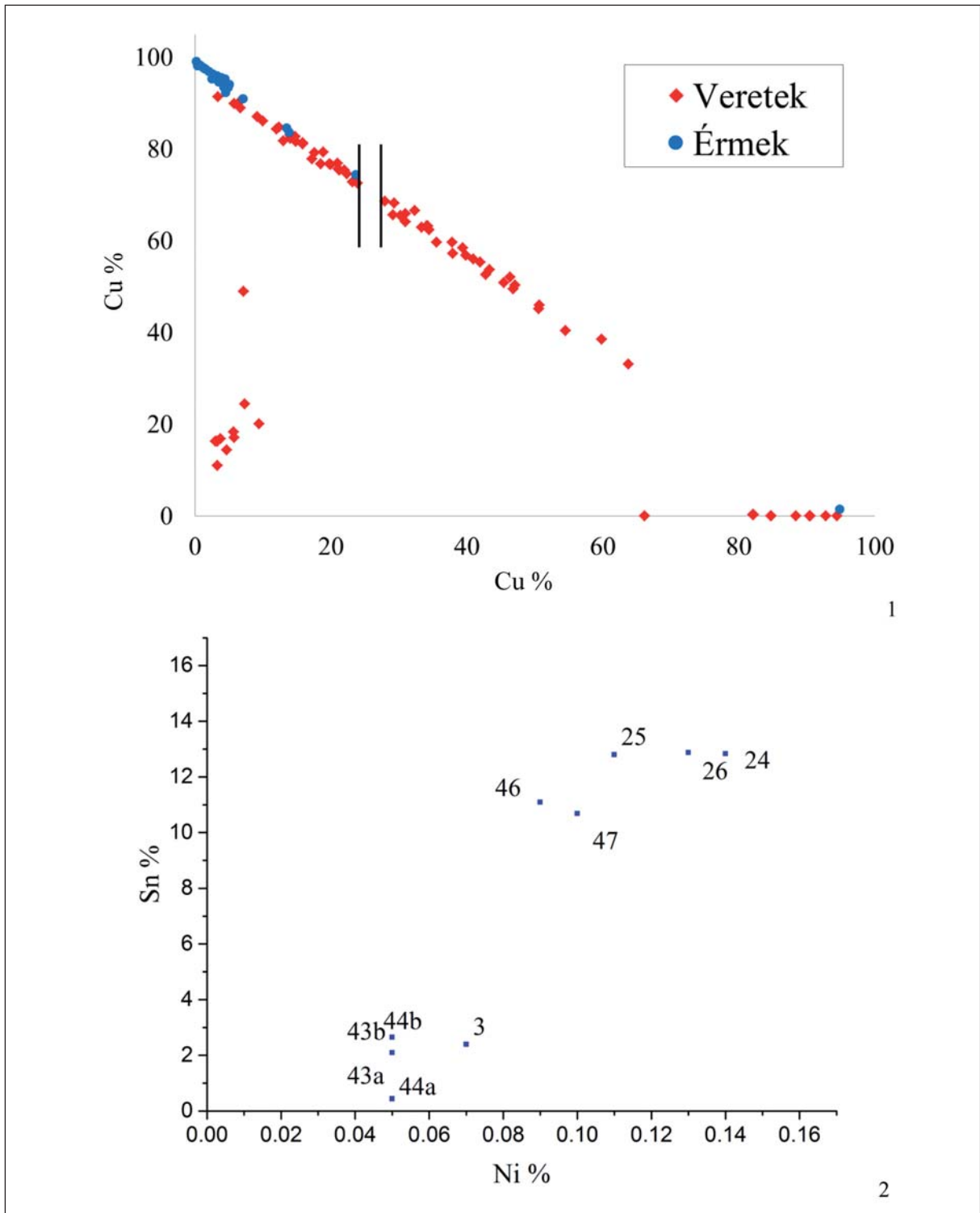
Sor- szám	RGZM laborszám	Leltári szám	Lelőhely	Tárgy/Anyag	Technika	Analizált hely állapota	Analizált hely a tárgyon	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Au	Pb	Sn	Bi	Ag
43a	10/83	MNM N 17/1933.11.	Hencida-Szer- dekhalom 5. sír.	rozettás lószerszá- vet/sárgaréz	öntött	előkészített felület		0.27			90.48	7.47			1.34	0.44		
43b	10/84	MNM N 17/1933.11.	Hencida- Szerdekhalom 5. sír	rozettás lószerszá- vetet/sárgaréz	öntött	előkészített felület		0.33			92.87	1.18	0.15		2.82	2.65		
44a	10/84	MNM N 17/1933.12.	Hencida- Szerdekhalom 5. sír	rozettás lószerszá- vetet/sárgaréz	öntött	előkészített felület		0.25			90.57	7.42			1.33	0.43		
44b	10/84	MNM N 17/1933.12.	Hencida- Szerdekhalom 5. sír	rozettás lószerszá- vetet/sárgaréz	öntött	előkészített felület		0.22			94.48	1.16	0.15		1.89	2.10		
45a	10/77	MFM N 2012.16.1.	Szeged-Óthalom 187.	szemfedőlemezt/ aranyótvözet	lemez	eredeti felület					3.76			79.30				16.90
45b	10/78	MFM N 2012.16.2.	Szeged-Óthalom 187. sír	rozetta alakú vetet/ aranyótvözet	lemez	eredeti felület					3.34			80.30				16.40
45c	10/79	MFM N 2012.16.3.	Szeged-Óthalom 187. sír	kisszjívég alakú aranylemez/aranyöt- vözet	lemez	eredeti felület					3.04			80.60				16.30
46	10/82	MFM N 55.158.3.	Bordány-Kis- templomtanya 1. sír	rozettás lószerszá- vetet/ólombronz	öntött	előkészített felület		0.27		0.09	84.74				3.81	11.09		
47	10/83	MFM N 55.158.4.	Bordány-Kis- templomtanya 1. sír	rozettás lószerszá- vetet/ólombronz	öntött	előkészített felület		0.28		0.10	84.8				4.14	10.68		
48	10/94	MFM N 55.106.1.	Ásothalom-Rívó	Ismáil ibn Ahmad 905–906-ban Balhban vert ezüst dirheme	sajtol						1.20			0.16	0.44		0.42	97.80
49	10/95	MNM N 59.1.26.A.	Sárospatak- Baksahomok 1. sír	Ismáil ibn Ahmad 907–908-ban Andaraban vert ezüst dirheme	sajtol						2.06			0.24	0.68		0.06	97
50	10/96	MNM N 59.1.27.A.	Sárospatak- Baksahomok 1. sír	Ismáil ibn Ahmad 900–901-ben Szamarkandban vert ezüst dirheme	sajtol						0.17			0.59	0.08		0.04	99.10
51	10/97	MNM N 59.2.8.A.	Sárospatak- Baksahomok 2. sír	Ismáil ibn Ahmad 911–912-ben Sásban vert ezüst dirheme	sajtol						1.52			0.08	0.28		0.48	97.60
52	10/98	MNM N 59.2.10.A.	Sárospatak- Baksahomok 2. sír	Naszr ibn Ahmad 911–912-ben Mervben vert ezüst dirheme	sajtol						0.64			0.75	0.25		0.04	98.30
53	10/123	MNM Éremtár RII.11988.	A Máramaros megyei („huszti”) dirhemkincs	Naszr ibn Ahmad 926–927-ben Balhban vert ezüst dirheme	sajtol						3.89			0.24			0.29	95.60
54	10/124	MNM Éremtár RII.12055.	A Máramaros megyei („huszti”) dirhemkincs	Naszr ibn Ahmad 932-ben Szamarkandban vert ezüst dirheme	sajtol						4.42			0.24			0.26	95.30

Sor-szám	RGZM laborszám	Leltári szám	Lelőhely	Tárgy/Anyag	Technika	Analizált hely állapota	Analizált hely a tárgyon	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Au	Pb	Sn	Bi	Ag
55	10/125	MNM Éremtár RII.12094.	A Máramaros megyei („huszti”) dirhemkincs	Naszr ibn Ahmad 933-ban Sásban vert ezüst dirheme	sajtol						2.61			0.24			0.20	96.40
56	10/126	MNM Éremtár RII.12118.	A Máramaros megyei („huszti”) dirhemkincs	Almis, (Silki fia yiltawár, volgai bolgár uralkodó) számanida mintára vert ezüst dirheme	sajtol						3.21			0.22			0.28	96
57	10/127	MNM Éremtár RII.12119.	A Máramaros megyei („huszti”) dirhemkincs	Almis, (Silki fia yiltawár, volgai bolgár uralkodó) számanida mintára vert ezüst dirheme	sajtol						3.74			0.26	0.31		0.21	95.50
58	10/128	MNM Éremtár RII.12121.	A Máramaros megyei („huszti”) dirhemkincs	Almis, (Silki fia yiltawár, volgai bolgár uralkodó) számanida mintára vert ezüst dirheme	sajtol						3.42			0.28	0.39		0.15	95.70
59	10/133	MNM N 55.1.21.A	Sáropatak-Baksahomok 1. sír	Naszr ibn Ahmad 914–915-ben Szamarkandban vert ezüst dirheme	sajtol						0.71			0.33	0.37		0.16	98.40
60	10/85	MFM N 53.43.47.	Deszk-Ujmajor, Ambrushalom 10. sír	II. (Kopasz) Károly (840–874) ezüst denára	sajtol			0.20			4.51	0.25		1.28	1.28		0.08	92.40
61	10/86	KKJM 73.1.28.	Kiskunfélegyháza-Radnóti M. utca 48.	Burgundi Rudolf (922–926) páviai verésű ezüst denára	sajtol						13.90			0.82	1.56			83.70
62	10/87	KKJM 73.1.45.	Kiskunfélegyháza-Radnóti Miklós utca 48.	Odo (888–898) toulouse-i verésű ezüst denára	sajtol						2.47			1.10	0.90		0.09	95.40
63	10/88	KKJM 73.1.21.	Kiskunfélegyháza-Radnóti Miklós utca 48.	Berengar imperator (915–924) páviai verésű ezüst denára	sajtol						4.23	0.18		0.77	1.27			93.60
64	10/89	MFM N 2002.18.4.	Szeged-Kiskundorozsma-Hosszúhát-halom 100. sír	Berengar (888–915) milánói verésű ezüst denára	sajtol						7.06	0.12		0.66	1.09			91
65	10/90	MFM N 2002.18.7.	Szeged-Kiskundorozsma-Hosszúhát-halom 100. sír	Provence-i Hugo (926–945) milánói ezüst denára	sajtol						13.50			0.56	1.18		0.12	84.70
66	10/91	MFM N 2002.18.5.	Szeged-Kiskundorozsma-Hosszúhát-halom 100. sír	Provence-i Hugo és Lothar (931–947) páviai verésű ezüst denára	sajtol						23.70			0.54	1.19		0.06	74.50
67	10/92	MFM N 2002.18.8.	Szeged-Kiskundorozsma-Hosszúhát-halom 100. sír	II. Lothar (946–950) milánói verésű ezüst denára	sajtol						4.86			0.77	0.84		0.06	93.50

Sor- szám	RGZM laborszám	Leltári szám	Lelőhely	Tárgy/Anyag	Technika	Analizált hely állapota	Analizált hely a tárgyon	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Au	Pb	Sn	Bi	Ag
68	10/93	HOM 94.46.11.	Karos-Eperjes- szög, Libatánya II. temető 52. sír	IV. Gyermek Lajos (899–914) mainzi ve- résű ezüst denára	sajtol						3.53			1.16	0.58		0.06	94.70
69	10/99	MFMN 55.83.1.	Kunágota 1. sír	Romanos Lekapenos és VII. Konstantin, valamint Konstan- tin és Stephanos (924–944) ezüst miliaresionja	sajtol						1.47			0.67	0.29		0.11	97.50
70	10/100	MFMN 2004.3.2.	Szeged-Csongrá- di sugárút 1. sír	VII. Konstantin és II. Romanos (948–959) ezüst miliaresionja	sajtol						0.38			1.16	0.19		0.08	98.20
71	10/129	MNMN 55.1.510.A.	Halimba-Cseres 372. sír	I. András (1046– 1060) ezüst denárja (CNH I. 13)	sajtol						5.06			0.32	0.93		0.11	94.10
72	10/130	MNMN 55.1.525.A.	Halimba-Cseres 378. sír	Salamon (1063– 1074) ezüst denárja (CNH I. 22)	sajtol						4.68			0.40	0.60		0.10	94.20
73	10/131	MNMN 55.1.527.A.	Halimba-Cseres 379. sír	Salamon (1063– 1074) ezüst denárja (CNH I. 22)	sajtol						4.55			0.34	0.52		0.29	94.30
74	10/132	MNMN 55.1.837.A.	Halimba-Cseres 606. sír	II. Konstantin (317– 340) Sisciában vert érméje (COH VII. 370) sárgaréz	sajtol			0.11		0.12	94.90		0.20		3.15			1.52
De- tek- tálási határ								0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.1	0.05	0.05	0.25	0.05	0.1

I. táblázat: A vizsgált leletek mikro-XRF módszerrel végzett elemösszetétel adatai, kiegészítve a leletekre vonatkozó legfontosabb információkkal. Az elemösszetétel adatokat tömegszázalékban (%) adtuk meg. A adatok abszolút bizonytalansága tipikusan 2–5% a fő-, mellék- és 5–15% a nyomelemekre vonatkozóan. Az egyes elemekre vonatkozó detektálási határokat a táblázat utolsó sorában tüntettük fel.

Tab. 1: Daten der mit mikro-XRF-Methode erfolgten Untersuchung zur Materialzusammensetzung der Fundstücke, ergänzt mit den wichtigsten Informationen über die Fundstücke. Die Daten zur Materialzusammensetzung sind als Prozengehalt (%) angegeben. Die absolute Unsicherheit beträgt bei den Haupt- und Nebenelementen den typischen 2–5% und 5–15% bei den Spurenelementen. Die Grenzen der Detektion bei bestimmten Elementen sind in der letzten Zeile der Tabelle aufgeführt.

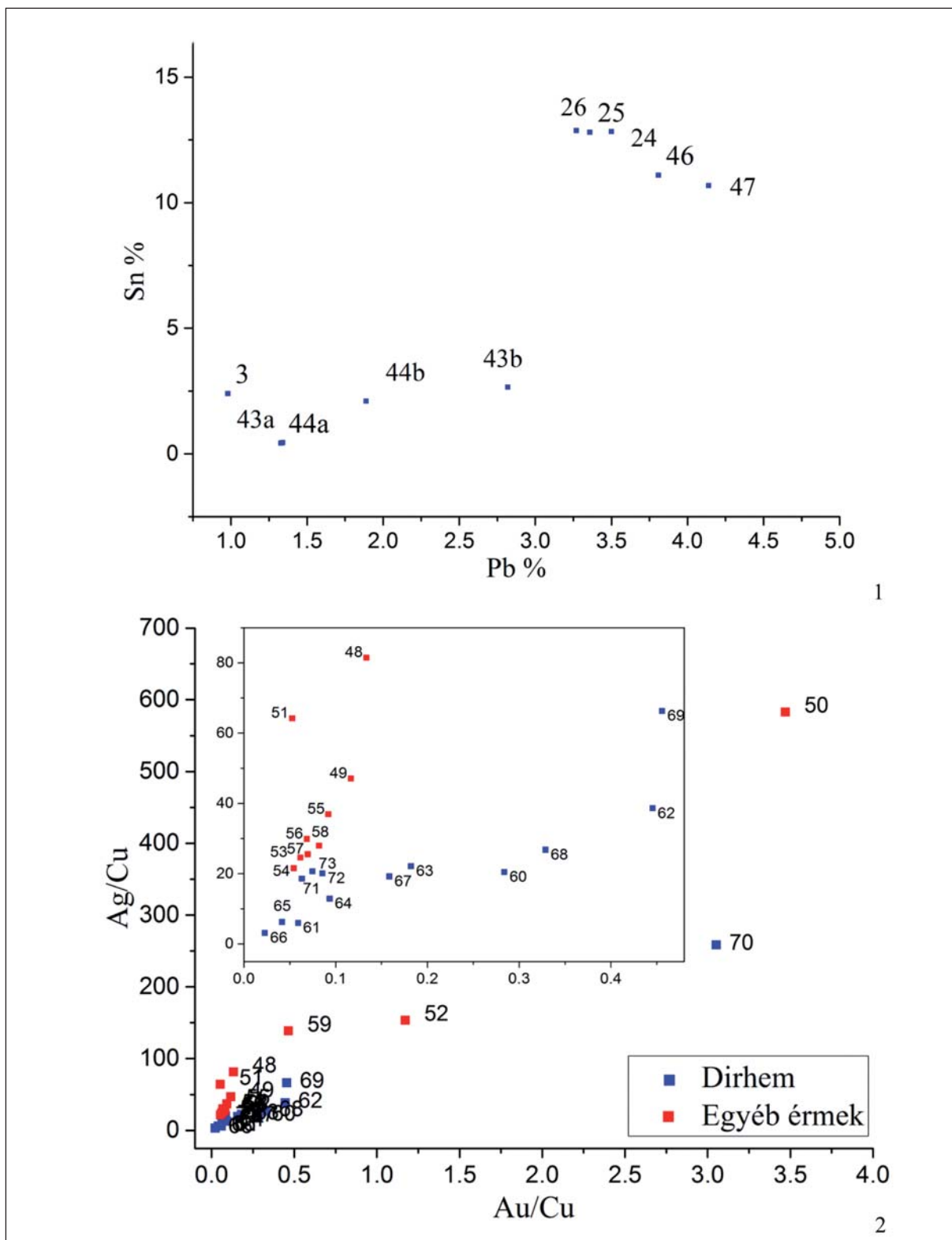


1. kép 1: Az ED-XRF vizsgálatba bevont régészeti leletek ezüst-réz diagramja;

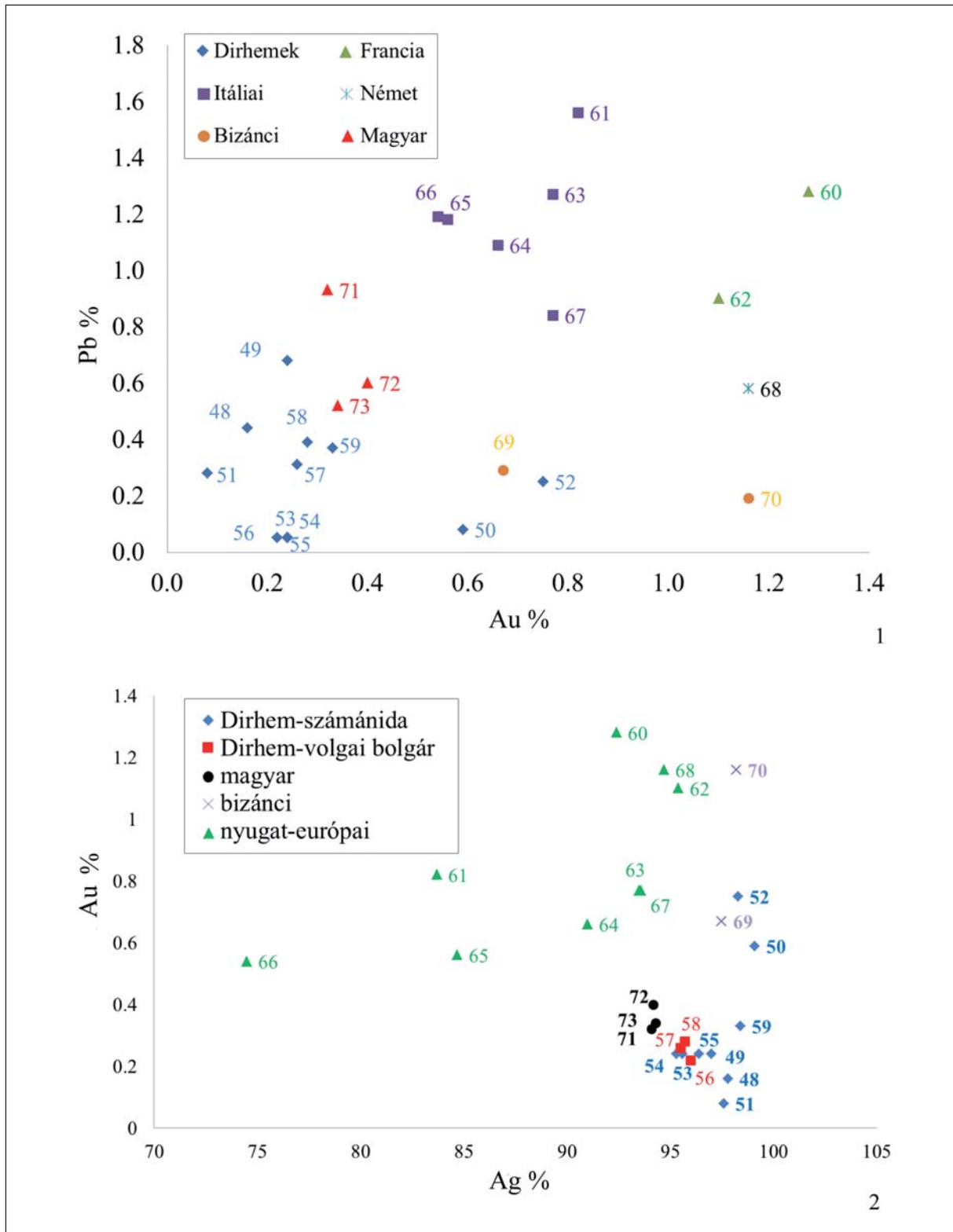
2: Bronz/sárgaréz tárgyak Sn-Ni diagramja

Abb. 1. 1: Silber-Kupfer-Diagramm der mit ED-XRF untersuchten archäologischen Funde;

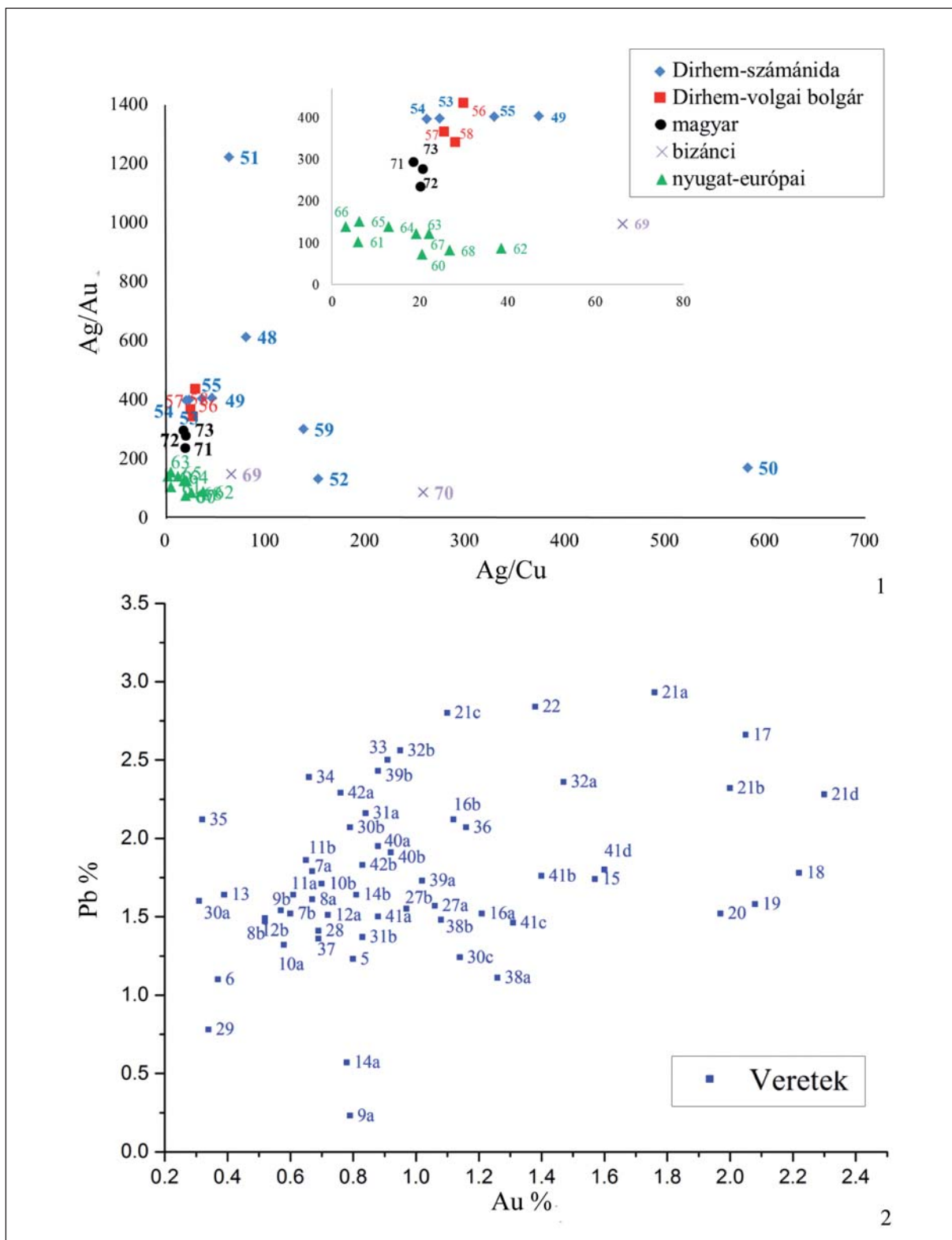
2: Sn-Ni-Diagramm der Bronze-/Messingfunde



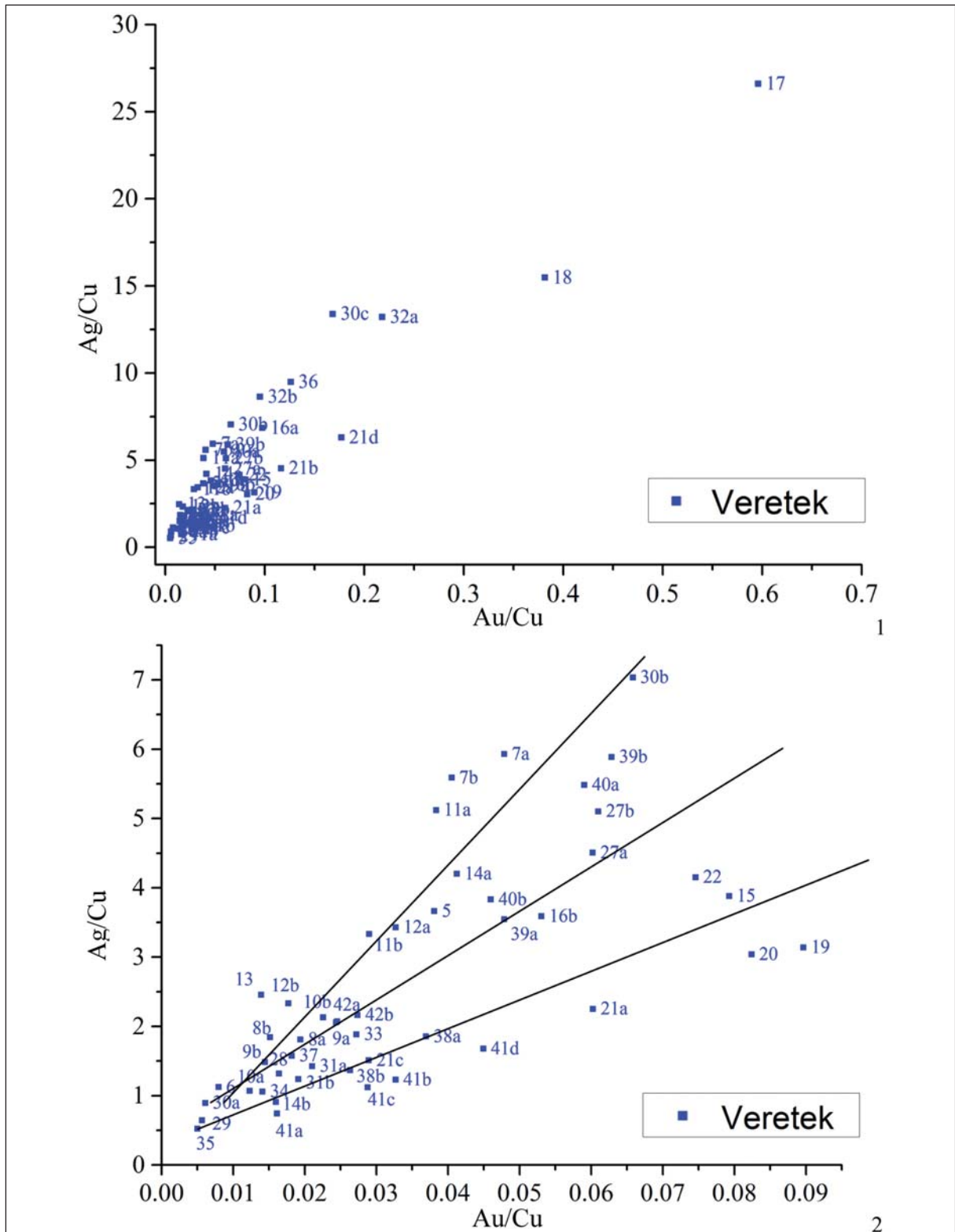
2. kép 1: Bronz/sárgaréz tárgyak Sn-Pb diagramja; 2: Érmék Ag/Cu-Au/Cu diagramja
 Abb. 2. 1: Sn-Pb-Diagramm der Bronze-/Messingfunde; 2: Ag/Cu-Au/Cu-Diagramm der Münzen



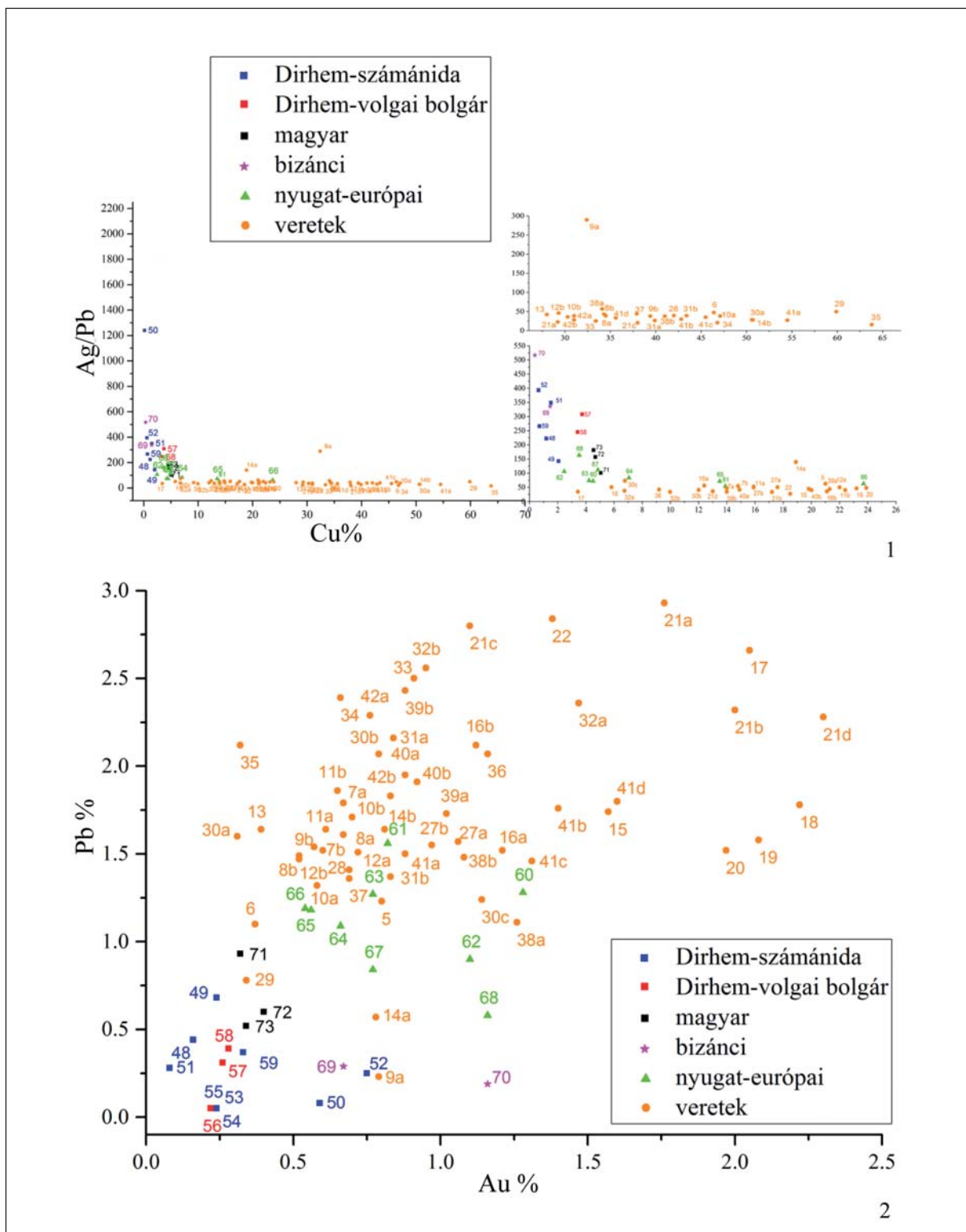
3. kép 1: Érmék Pb–Au diagramja; 2: Érmék Au–Ag diagramja
 Abb. 3. 1: Pb–Au-Diagramm der Münzen; 2: Au–Ag-Diagramm der Münzen



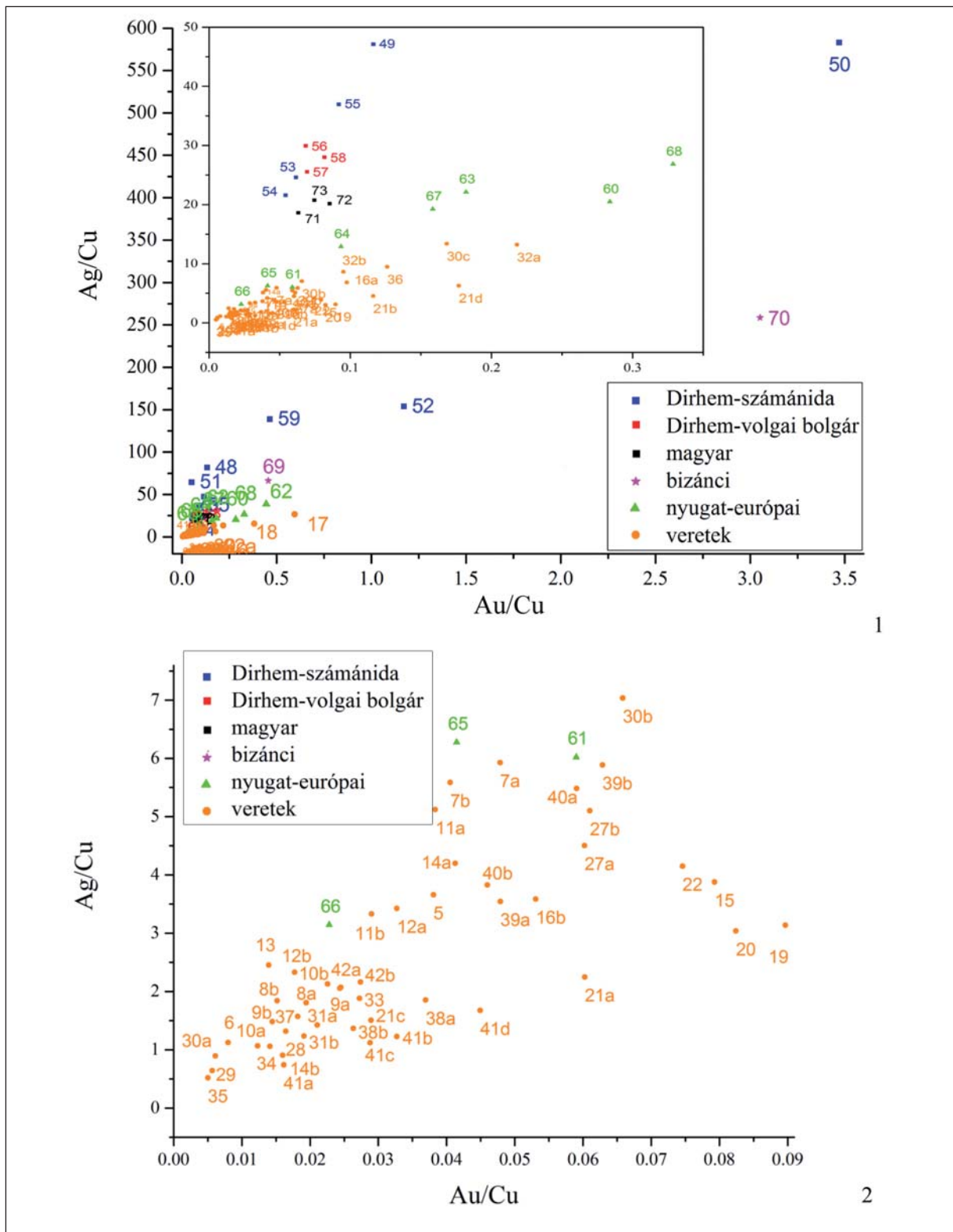
4. kép 1: Az érmék Ag/Au és Ag/Cu diagramja; 2: Veretek Pb–Au diagramja
 Abb. 4. 1: Ag/Au- und Ag/Cu-Diagramme der Münzen; 2: Pb–Au-Diagramm der Beschläge



5. kép 1: Veretek Au/Cu-Ag/Cu diagramja; 2: Veretek Au/Cu-Ag/Cu diagramja
 Abb. 5. 1: Au/Cu-Ag/Cu-Diagramm der Beschläge; 2: Au/Cu-Ag/Cu-Diagramm der Beschläge



6. kép 1: Vizsgálatba bevont leletek Ag/Pb–Cu diagramja; 2: A leletek Pb–Au arányait bemutató diagram
 Abb. 6. 1: Ag/Pb–Cu-Diagramm der untersuchten Funde;
 2: Diagramm zum Pb–Au Verhältnis der Fundstücke



7. kép 1–2: A leletek Ag/Cu és Au/Cu arányait bemutató grafikon
 Abb. 7 1–2: Graphik zum Ag/Cu- und Au/Cu-Verhältnis der Fundstücke