

A HALOMSÍROS KULTÚRA NÉHÁNY DÉL-ALFÖLDI BRONZTÁRGYÁNAK ANALITIKAI VIZSGÁLATA

SÁNTA GÁBOR¹, UZONYI IMRE², CSERHÁTI CSABA³, DARÓCZI LAJOS³

¹Szegedi Tudományegyetem — Móra Ferenc Múzeum Régészeti Tanszék, H-6722 Szeged, Egyetem u. 2, Hungary

E-mail: archeo.santa@gmail.com

²A Magyar Tudományos Akadémia Atommagkutató Intézete, H-4026 Debrecen, Bem tér 18/C, Hungary

E-mail: uzonyi@atomki.hu

³Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Szilárdtest Fizika Tanszék,

H-4026 Debrecen, Bem tér 18, Hungary

E-mails: cserhati@delfin.klte.hu ; ldaroczi@tigris.klte.hu

Abstract

The main point of the complex cultural changes during the transition from Middle to Late Bronze Age was the appearance of Tumulus culture in the Danube-Tisza region. In this culture people buried the dead beneath burial mounds made from stone and soil. According to our present knowledge we believe that the ethnically inhomogeneous Tumulus culture was made homogenous by commerce (especially bronze commerce).

The custom of hiding depots was typical of the final period of Middle Bronze Age called Koszider-phase. During the Tumulus period the practice of hiding depots came to its end, bronze objects were put into graves. It would be important to analyze the relation between the Koszider and Tumulus metallurgy. Were these commercial roots and exchange of goods discontinued during the time of cultural changes?

We chose chiefly the microPIXE and SEM-EDX method for elemental analysis. Examined 6 Tumulus bronze objects came to light from two Bronze Age cemeteries of the Southern Great Plain. Created elemental distribution maps and determined average compositions.

Our project is a long-term investigation including elemental analysis, mineralogical, archaeological and metallurgical researches.

Kivonat

A középső bronzkor végi, késő bronzkori kultúraváltozások legjelentősebb állomása a halomsíros kultúra megjelenése volt hazánk területén. A kultúra nevét jellegzetes temetkezési szokásáról kapta: a halottak sírja fölé kőből, földből halmot emeltek. Mai tudásunk alapján a halomsíros kultúrát soketnikumú, a kereskedelem homogenizáló hatására kialakult egységként képzeljük el. A középső bronzkor záró szakaszára, a koszideri időszakra jellemzőek a fémtárgyak tartalmazó, földbe rejtett kincsleletek. A halomsíros kultúra idejében ez a szokás megszűnik, a fémtárgyak viseleti elemként, mellékletként a sírokba kerülnek. Lényeges kérdés, hogy milyen összefüggés van a koszideri és halomsíros fémművesség között, az addigi kereskedelmi utak, cserekapcsolatok is szétzilálódtak-e a változások idején.

Analitikai vizsgálataink fő módszerül a microPIXE és SEM-EDX elemzést választottuk. 6 db, a Dél-Alföld halomsíros temetőiből előkerült fémtárgyat vizsgáltunk meg, előállítottuk elemtérképeiket, és átlagos összetételüket is megállapítottuk.

Programunk hosszabb távú, mely a fémek analízise mellett régészeti, ásványtani és metallurgiai kutatásokat is magába foglal.

KULCSSZAVAK: HALOMSÍROS KULTÚRA, FÉMTÁRGYAK ANALÍZISE, XRF, MICROPIXE, SEM-EDX, ELEMELOSZLÁS, ÁSVÁNYTANI HÁTTÉR, ARCHEOMETALLURGIA

KEYWORDS: TUMULUS CULTURE, ANALYSIS OF BRONZE OBJECTS, XRF, MICROPIXE, SEM-EDX, DISTRIBUTION OF ELEMENTS, MINERALOGICAL BACKGROUND, ARCHAEOLOGICAL METALLURGY

Bevezetés

A bronzkori (elsősorban késő bronzkori) fémtárgyak archeometriai vizsgálata bő egy évszázadra tekint vissza hazánkban. Az első eredmények Velem-Szentvid késő bronzkori településén előkerült tárgyakhoz kötődnek (Miske 1907, stb. l. még Szabó 1999, további irodalommal). Hosszabb szünet után Mozsolics Amália kezdeményezésére német kutatók végeztek elemzéseket a gyűjteményében lévő középső- és késő bronzkori fémtárgyakon. A vizsgálat eredményei a monográfiákhoz csatoltan láttak napvilágot (Schubert & Schubert 1967, Sangmeister 1973). Az 1990-es évektől egyre nagyobb hangsúlyt kapott a téma, melyben Czajlik Z., Költő L., Ilon G., Szabó G. munkássága a legfontosabb (Czajlik 1996, Czajlik et al. 1995, 1999, Költő 1996, Ilon 2002, Szabó 1999). Ezek a vizsgálatok, melyek a késő bronzkori urnamezős kultúra félkész és késztermékein folytak, sok esetben komoly metallurgiai következtetések levonását tették lehetővé.

Régészeti háttér

A középső bronzkor végi, késő bronzkori kultúraváltozások legjelentősebb állomása a halomsíros kultúra megjelenése volt hazánk területén. Az átalakulás a társadalmi-gazdasági élet nagy részét érintette, és az anyagi kultúrában is tükröződik. A korábbi, döntően letelepült, falusias életmódot folytató, primitív specializációval (fémművesség, kerámia, szakrális szféra), illetve újraelosztó rendszerrel rendelkező ún. "főnökségi társadalmakat" (Reményi 2003) felváltja (éghajlati és egyéb okok miatt: Sümegi 2005) a jellegzetes temetkezési módja után halomsíros kultúrának nevezett régészeti egység. Ez a kultúra Közép- és Nyugat-Európában nagy területen terjedt el, és nem alkotott egységes etnikumot, inkább egy gazdasági-politikai érdekközösségként fogható fel, amelyben a lényeges vonások azonosak voltak, de az alkotó népek különbözőek (Kovács 1995). A középső bronzkor záró szakaszára, a koszideri időszakra jellemzőek a földbe rejtett kincsek. A halomsíros kultúra idejében ez a szokás megszűnik, a fémtárgyakat nem deponálják. Sírjaikban megszorodnak a fémmellékletek. A két korszak bronzai földbe kerülésének társadalmi-hitvilágbeli háttere messzemenően eltérő, bár tipológiailag sok hasonlóság ismerhető fel közöttük. A kutatás fő kérdései a halomsíros kultúra etnikai jellege, az újonnan beköltöző csoportok számaránya, a helyi lakosság továbbélése köré csoportosultak (Csányi 1980, Kemenczei 1968, Kovács 1975).

Korábban nagy hangsúlyt kapott a koszideri kincsek és a kincshorizont fogalmának értelmezése (Mozsolics 1957, Bóna 1958, Bóna 1992b, Kovács 1994a, 1994b, etc.). Kiderült, hogy a kincsek nem egy horizontba, hanem egy hosszabb időszakba keltezhetőek, emiatt nem jelezhetnek egyetlen történeti eseményt, így

elrejtésük okaként is alternatív magyarázatok születtek (Bóna 1992a). Ma úgy látjuk, hogy a koszideri kincsek földbe kerülésének okai eltérőek, leginkább szakrális vagy társadalmi okok állhattak a háttérben (Kovács 1994a). A korszak végén kisebb idegen csoportok behatolása miatt is eláshattak egyes depókat. Újabban az életmód- és településkutatás, a társadalom vizsgálata nagyobb hangsúlyt kapott (Kovács 2000, Sánta 2004a). A középső és későbronzkor határán lezajlott változások körét összefoglalva:

a., Átalakul az anyagi kultúra, a korábbi lokális, jól meghatározott kultúrákat felváltja egy nagyobb egység. Már a koszideri korszak tendenciái is ebbe az irányba hatnak, de a folyamat a Reinecke BB1 és BB2 periódus határán (Kr. e. 1500/1450 környékén, a cal. BC adatok szerint: Kulcsár-V. Szabó 1997) felgyorsul, és más színezetet ölt: a halomsíros kultúra alapjain szerveződnek a közösségek.

b., A korábbi földművelő-állattenyésztő, tell-lakó (tell: több rétegű, intenzív falusias település, a lelőhely dombszerű kiemelkedést alkot) életmódot egy szegmentáltabb, szórtaabb társadalmi-települési rendszer és vélhetően elsősorban állattenyésztő életmód váltja fel. Ez a változás hatalmas jelentőségű, és még ma sem teljesen tisztázott a háttere, bár éghajlati és társadalmi okok egyaránt szerepet játszhattak a folyamatban (Bóna 1992a, Sümegi 2005, Sánta 2004a).

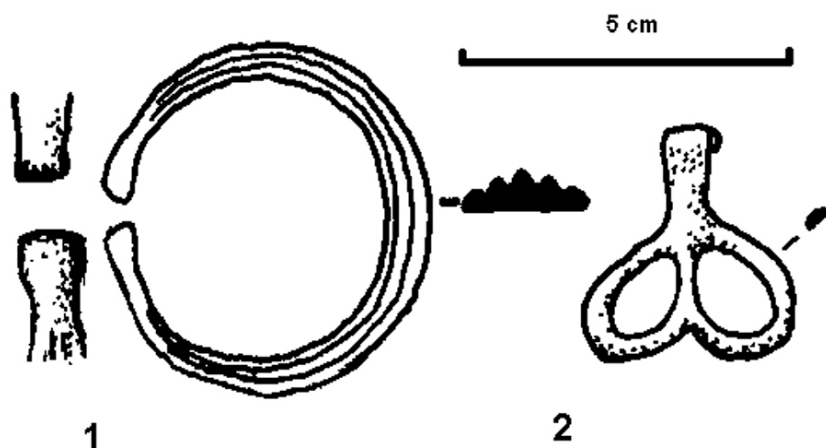
c., A későbronzkor kezdetén a fémművesség többé-kevésbé ugyanazokat a tárgytípusokat állítja elő, a halomsíros kultúraváltás alkalmával inkább csak gazdagodik a gyártott tárgytípusok köre. Nagy jelentőségű, hogy a fémtárgyak földbe rejtésének szokása eltűnik, helyette a sírokba kerülnek a tárgyak, viseleti elemként (ez is a szegmentálódás jele, hisz korábban a kincsek a nagyobb közösségek összetartozását is kifejezték, vagy kifejezheték). Elterjednek, és igen gyakorivá válnak a folyókba dobott fegyveráldozatok (főleg kardok, Szathmári 2005).

d., A temetkezési szokások lokális változásai jól nyomon követhetőek, mégis, a koszideri korszakban elterjedő birituális temetkezési mód (hamvasztás és korhasztás együttes jelentkezése a temetkezési szokásban) marad uralkodó később is. A hamvasztásos és korhasztásos temetkezések aránya utal a középső bronzkori lakosság továbbélésére.

e., A fentiek tükrében változások történtek a szimbolika alrendszerében, a hitvilágban is.

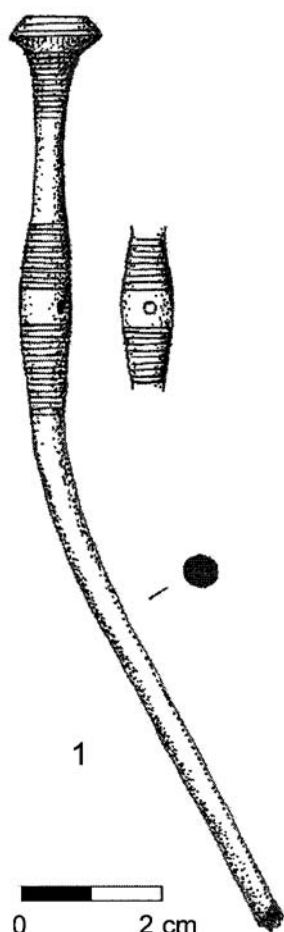
Meg kell jegyeznünk azonban, hogy a halomsíros korszak letűnte után (R BD-HA1 Kr.e. 13-12. sz. körül) újra feltűnik az időlegesen háttérbe szorult madárszimbolika (pl. Ilon 2002), az aszkosz, a tűzikutya és a deponálás szokása. Ezek eredete a korai bronzkorba nyúlik vissza (pl. Ecsedy 1982, 1984, 1995a, 1999, Kovács 1972). Így urnamezős kori felbukkanásuk mégis egyfajta folyamatosságot sugall.

1. ábra



1. Bronz karperec („karperec 1’’)
Zákányszék-Zákány dűlő
2. Bronz csüngő („csüngő’’)
Zákányszék-Zákány dűlő

A fémleletek tipológiai vizsgálata és az ásatási megfigyelések nyomán jól ismerjük a kultúra viseleti (Trogmayer 1965) és temetkezési szokásait, illetve többé-kevésbé felvázolható az időrendje.



2. ábra

Bronz tű („tű’'), Zákányszék-Zákány dűlő

Az analitikai vizsgálatok magukban rejtik azt a lehetőséget, hogy a fém származási helyét rekonstruálhassuk, ami természetesen hozzávetőleg kirajzolja a korabeli kereskedelmi útvonalakat. A halomsíros kultúra dél-alföldi fémleleteit még nem vizsgálták, noha ez a terület a kultúra vizsgálata szempontjából kiemelkedő jelentőségű (Foltiny 1957, Trogmayer 1975).

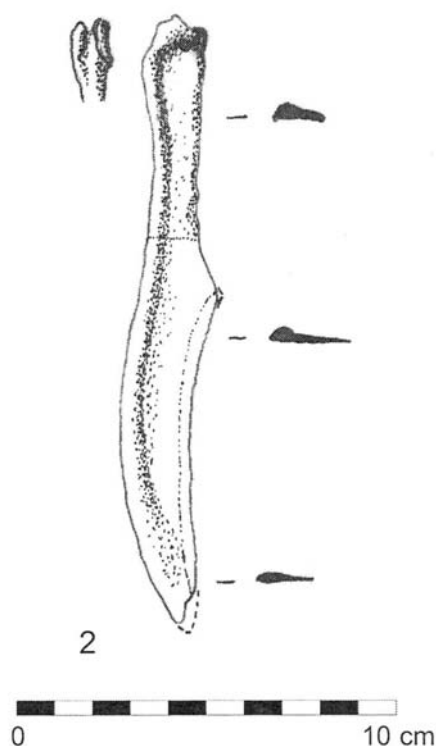
Vizsgálatunk első részében elemzett bronztárgyaink egy része már közölt darab, de két közöletlen karperecet is megvizsgáltunk. Helyesnek látjuk, hogy a tárgyak leírását itt közöljük.

1. Bronz karperec, Zákányszék-Zákány dűlő Ny/69. lh. (Sánta 2004a). Ötbordás, nyitott, pecsétlős (kiszélesedő) végű, vastag, öntött lemezkarperec (**1. ábra 1.**), szántás során kissé sérült, de jó állapotú. Átm.: 50 mm x 55 mm. Patina borítja, néhol vastagabban.

2. Bronz csüngő, Zákányszék-Zákány dűlő Ny/69. lh. (Sánta 2004a). Öntött, egyszerű középtagos, függesztő részén lemezzé kalapált és bepödrött szív alakú csüngő (**1. ábra 2.**). Állapota kiváló. Átm.: 36 mm x 32 mm. Vékony zöld patina borítja, felülete likacsos (**6. ábra**).

3. Bronz tű, Zákányszék-Zákány dűlő Ny/69. lh. (Sánta 2004b). Öntött pecsétfejű tű (**2. ábra**). Feje kúpszelet alakú, aminek rézsútós oldalán három párhuzamosan bekarcolt vonal fut, alatta rovátkolás. Nyaka tölséres, lejjebb megvastagszik, átfűrt. A lyuk alatt és felett vízszintesen, csigavonalszerűen bekarcolt vonalak (rovátkák) láthatók, 12 mm széles sávban. A tárgy töredékes (**10. ábra**), szára görbült. H.: 13 cm. Szé.: 4-5 mm.

4. Bronz kés, Zákányszék-Zákány dűlő Ny/69. lh. (Sánta 2004b). Egyoldalas öntőmintával készült, bronzból öntött kés (**3. ábra**). A penge és a markolat egybeöntött (markolatlapos), a markolat egyenes, vége felé kissé kiszélesedik, vége elkalapált. A penge ívelt, vége felé keskenyedő. Szinte teljesen ép, csak a hegye korrodált kissé. A tárgy hosszának 3/4-ében, az egyik oldalon, erőteljes, félkör átmetszetű borda fut végig.

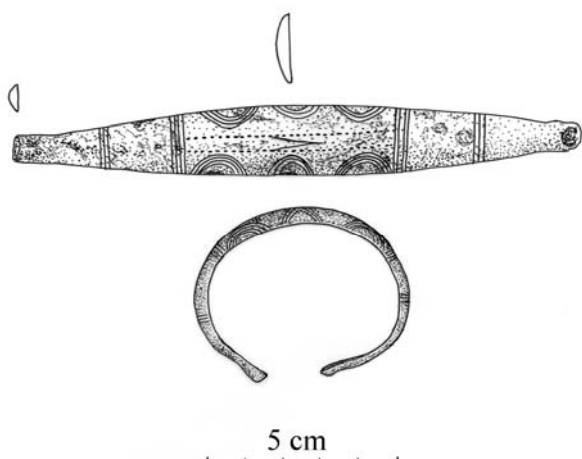


3. ábra

Bronz kés („kés”), Zákányszék-Zákány dűlő

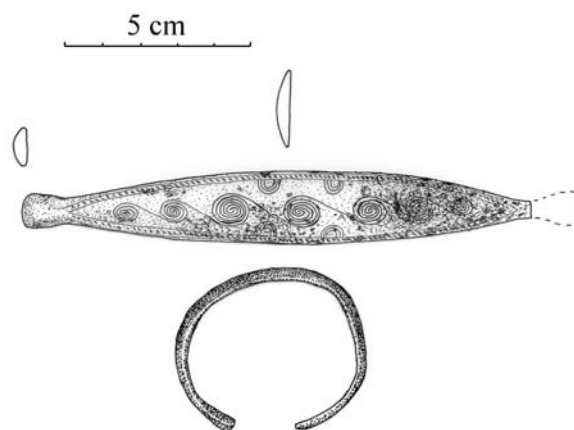
Mikroszkópban párhuzamos sérülésnyomokat (fenésnyomokat?) figyeltünk meg rajta (9. ábra). H.: 16 cm, Szé.: 2,5 cm, V.: 0,8 cm.

5. Bronz karperec, (Mórahalom) - Alsótanya - Királyhalom. Közöletlen síregyüttes. Lelt. sz.: 2/1906. Kőrszelet átmetszetű bronzszalagból készült, nyitott, öntött pántkarperec (4. ábra).



4. ábra

Bronz karperec („karperec 2”). Alsótanya-Királyhalom (Mórahalom), LTSZ.: 2/1906



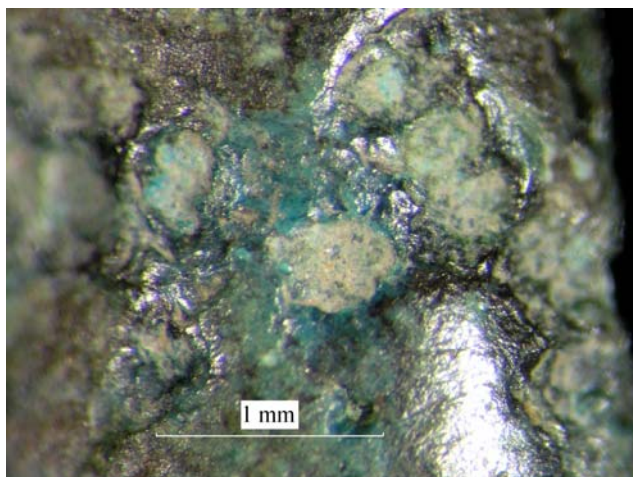
5. ábra

Bronz karperec („karperec 3”). Alsótanya-Királyhalom (Mórahalom), LTSZ.: 1/1906

A bronz szalag középső része párhuzamos szélű, a díszített mezőt lezáró vonalköteg után egyenletesen keskenyedik a pecsétlős végek felé. Állapota jó. Alakja ovális, az egyik végét utólag visszakalapálták, ami során a pecsétlős vég ellaposodott, a karperec belső átmérője csökkent. Az ékszer felületét két darab négyes és két darab hármass, karcolt vonalköteg osztja öt mezőre. A két középső vonalköteg között, a lemez hossz tengelyében kettős, poncolt (hegyes fémesszőkkel beütögetett) pontsor fut végig, melynek két oldalán három-három darab félkör motívum található. A kettős pontsor között, a tárgy hossz tengelyének felezőpontjában egy bekarcolt ék alak látható, mely a binokuláris mikroszkópos megfigyelések szerint recens (7. ábra). A karperec mérete: 57 mm x 46 mm.

6. Bronz karperec, (Mórahalom)-Alsótanya-Királyhalom. Közöletlen síregyüttes. Lelt. sz.: 1/1906. Kőrszelet keresztmetszetű bronzszalagból készült, nyitott, öntött pántkarperec (5. ábra), közepén kiszélesedő, pecsétlős végű. Az egyik végződés letörtött vagy letörték, a karperec eme csonka szárát kissé visszakalapálták (kisebb átmérőjű ékszert gyártottak belőle). Állapota jó. A felületén 7 db egymásba fonódó spirálmotívum látható, a középső két oldalán szimmetrikusan, a tárgy pereménél 2-2, hármass bevésett vonalkötegből kialakított félkör található (8. ábra). A lemez szélén kettős vonalköteg között lapos végű ponttűvel (vésővel) beütögetett irdalás fut. Méretei: 51 mm x 43 mm.

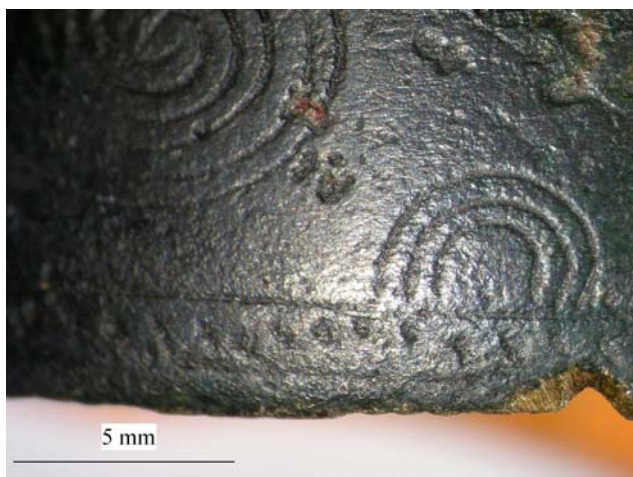
A mérési sorozatban a leleteket - a könnyebb azonosíthatóság érdekében - ideiglenes megnevezésekkel láttuk el. A "csüngő", a "kés", a "tű" megjelölése egyértelmű, a "karperec 1" azonos a 1. 1. képen láthatóval. A "karperec 2" jelölés a 2/1906 sz. tárgyra, a "karperec 3" megnevezés az 1/1906. sz. leletre érvényes.

**6. ábra**

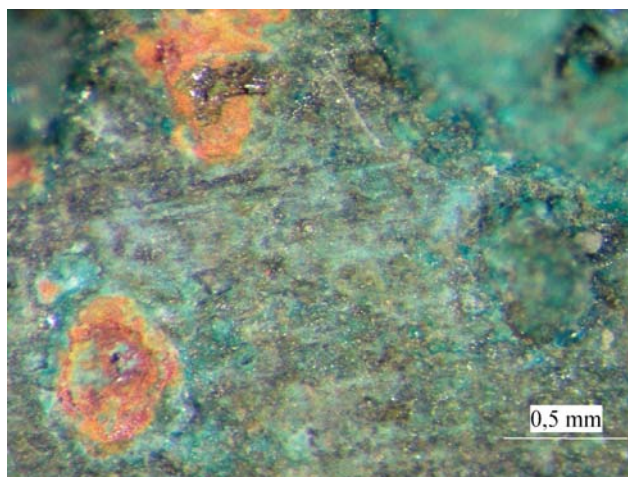
A csüngő felületi korróziója. Sztereobinokuláris mikroszkópos felvétel, 40x-es nagyítás.

**7. ábra**

Recens vajat a 2/1906. sz. karperec („karperec 2”) felületén. Sztereobinokuláris mikroszkópos kép, 8x-os nagyítás.

**8. ábra**

Az 1/1906. sz. karperec („karperec 3”) bevészt díszítésének morfológiája, illetve recens sérülésnyom a tárgy peremén. Sztereobinokuláris mikroszkóp, 8x-os nagyítás.

**9. ábra**

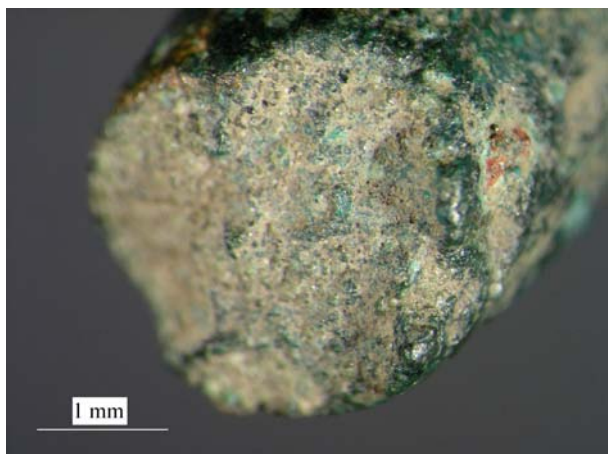
Fenesre utaló párhuzamos vajatok a bronz kés felületén. Sztereobinokuláris mikroszkóp, 56x-os nagyítás.

Kérdésfeltevés

Lényeges kérdés, hogy milyen összefüggés van a két korszak fémművessége között, az addigi kereskedelmi utak, cserekapcsolatok is szétzilálódtak-e a változások idején. A kérdés megválaszolásának alapvető feltétele a bronzanyag kiinduló ásványainak, forrásterületüknek, illetve, - amennyiben lehetőség lesz rá - az alkalmazott gyártástechnológiának a meghatározása. Ez egy többlépcsős folyamat, melynek részeredményei önmagukban is értékelhetők. A forrásterület-azonosításban kulcsszerepet kap a nyomelem-összetétel, illetve a zárványként fennmaradt ércszemcsék vizsgálata.

Programvázlat:

1. Néhány tárgy összehasonlító vizsgálata, zárványok elemzése. Lehetőleg több független mérés elvégzése ugyanarról a tárgyról. Ehhez a szakaszhoz tartozik a felsorolt 6 bronztárgy elemzése.
2. Temetők (Szeged-Bogárczó, Szeged-Tápé) fémanyagának vizsgálata a korábbi tapasztalatok fényében.
3. A leletegyütteseken belüli csoportok megállapítása, elsősorban az arzén és antimon alapján. Ez segíthet azonosítani műhelyköröket.



10. ábra

A bronz tű törésfelületének mikroszkópos képe. Látható, hogy erősen oxidálódott, ami nem recens sérülésre utal. Sztereobinokuláris mikroszkóp, 30x-os nagyítás.

A bányahelyek (minimálisan hegység szerinti) azonosítása a recens nyomelem értékek, a kiindulási ércásványok elterjedésének tükrében.

4. Középső és késő bronzkori kincsek analízise, majd ezek forrásterületének meghatározása.

5. A középső és késő bronzkori lakosság bronz nyersanyag beszerzési útvonalainak feltérképezése, a két időszak fémművességének összehasonlítása.

Programunk nagy ívű és potenciálisan igen eredményes útvonalat vázol fel, melyen belül minimális cél a halomsíros kultúra fémművességének archeometallurgiai vizsgálata. Így az 1-3. pontok lépései szorosan összefüggenek, míg az 4-5. lépés ettől függetlenül is elvégezhető.

Analitikai módszer

A bronztárgyak archeometallurgiai jellemzését a Magyar Tudományos Akadémia Atommagkutató Intézetében valamint a Debreceni Egyetem Szilárdtest Fizika Tanszékén végezzük, korszerű műszeres analitikai eljárásokkal. Az eszközpark egy pásztázó nukleáris mikroszonda berendezésből, energia-diszperzív röntgenanalitikai mérőrendszerből, pásztázó elektron-mikroszondából valamint optikai mikroszkópból áll. Ezen berendezésekre alapozva lehetőség van a minta elemi összetételének, mikrostruktúrájának, kristályszerkezetének valamint felületi korróziós állapotának a vizsgálatára. Az ATOMKI mérőrendszerének valamint az alkalmazott analitikai eljárásoknak a részletes ismertetése korábbi publikációkban (Rajta et al. 1996, Uzonyi et al. 2001, 2005) valamint az Archeometriai Műhely jelen számában megtalálható.

Vizsgálatainkban, a régészeti leletek jellemzésére mind a konvencionális röntgenanalitikai (XRF), proton-indukált röntgenemissziós mikroanalitikai (microPIXE), valamint elektronsugaras mikroanalitikai

(SEM-EDX) eljárásokat alkalmazunk. Az XRF módszer előbbi makroszkópikus méretű felületre vonatkozóan szolgáltat adatokat, így alkalmas a minta átlagos elemi összetételének a meghatározására. A microPIXE és a SEM-EDX technikákkal ezzel szemben az anyag mikrostruktúrája térképezhető fel, és következtetéseket vonhatunk le mind az alkalmazott alapanyagokra, mind a gyártástechnikára vonatkozóan valamilyen szinten.

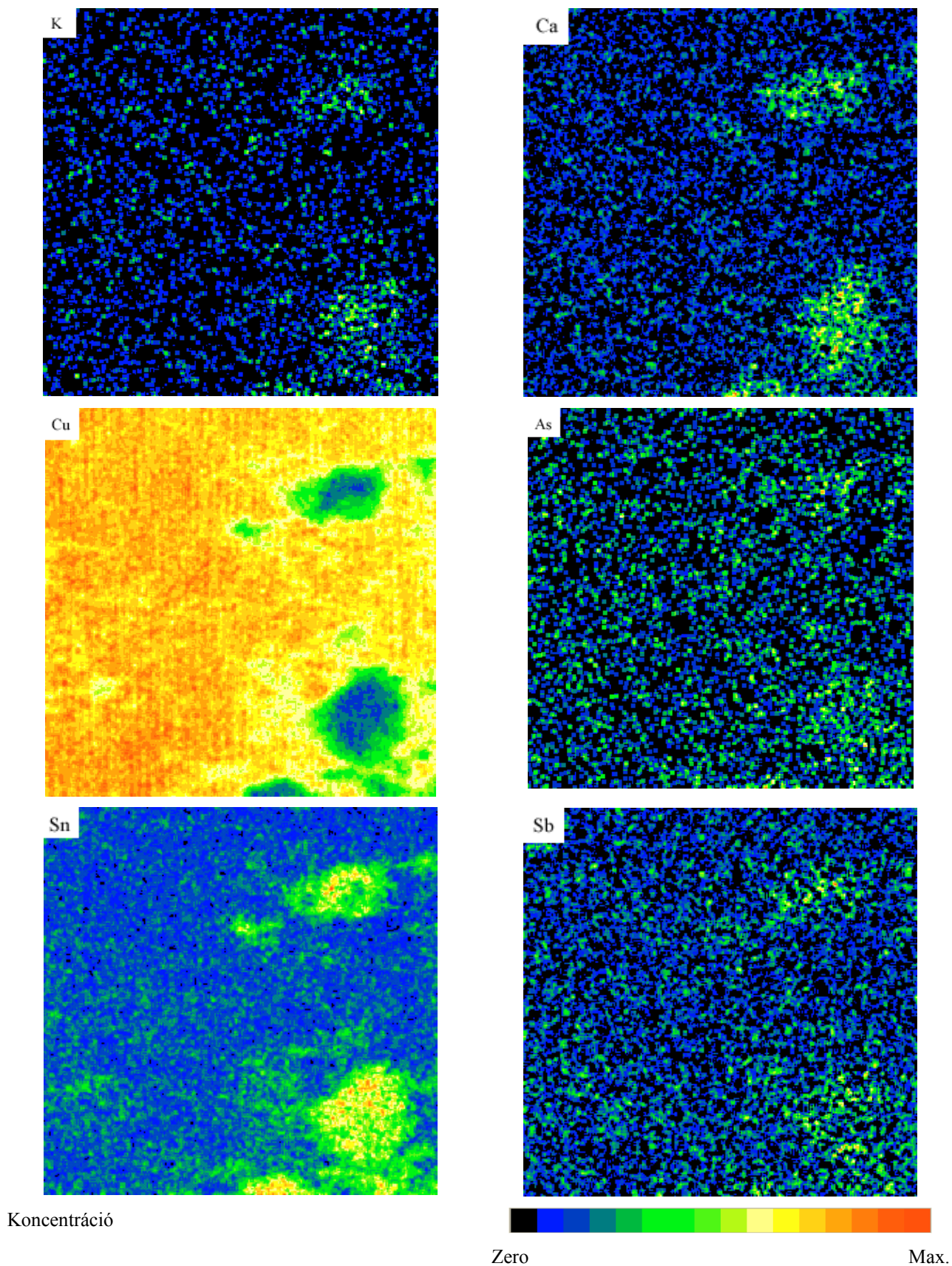
Méréstechnikai szempontból fontosnak tartjuk megemlíteni, hogy archeológiai bronztárgyak esetében a gyártás/hőkezelés/megmunkálás/korróziós effektusok hatására felületi önbedúsulással számolhatunk, és akár több 100 µm vastagságú patinaréteg is kialakulhat. Ezért a méréseket minden esetben a felületi patinaréteg eltávolítása után végeztük el.

A sztereobinokuláris mikroszkópos vizsgálatokat az SZTE Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszékén végeztük.

Geológiai-ásványtani háttér

Mivel a fémek természetes állapotukban leggyakrabban ércek (főleg oxidok, szulfidok és karbonátok) formájában vannak jelen, ezért fontos, hogy keletkezésük körülményeit is részletesebben ismerjük. A réz előfordul termés állapotban is (hazánkban Rudabánya és Recsk környékén), de a bronzkorban már számolhatunk érceinek kohósításával, hiszen ezek sokkal gyakoribbak. A réz elsődleges érce a kalkopirit (CuFeS_2), amely főleg magmás folyamatok befejező szakaszában, az ún. hidrotermális oldatokból válik ki. Másodlagos szulfidásvány a kalkozin (Cu_2S), valamint a fakóércek ($(\text{CuFe})_{12}(\text{AsSb})_4\text{S}_{13}$). Járulékosan ezekhez további rézásványok kapcsolódhatnak, az ún. polimetallikus ércesedésekben (pl. bornit: Cu_5FeS_4 , kovellin: CuS). Az ércelepek kialakulásuk után fejlődésen mennek keresztül. Felszíni rétegükben a vas és a réz szulfidjai oxidálódnak. Ez az ún. oxidációs zóna az idő előrehaladtával egyre mélyebbre hatol. A legfontosabb oxidatív ércek a kuprit (Cu_2O), tenorit (CuO – ritka), a malachit ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$), azurit ($\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$). A felszínközeli kibúvásokban ezek mellett termésváz is található (Cu) (Pásztor et al. 1990, 15. 1.2. kép, Molnár 2008, 94-98). Rézércelepek vulkanikus hegységeink (Börzsöny, Mátra, Zempléni-hegység, tágabb területen az Erdélyi-érchegység és a Gömői-érchegység) területén találhatók elsősorban. A Kárpát-medencéhez közeli, fontos rézlelőhely Mitterberg a Keleti-Alpokban – az innen származó ércek szintén nyersanyagai lehettek a bronzkori fémművességnek. Az egyes területek eltérő összetételű magmatestjei eltérő nyomelem-eloszlású ércesedéseket eredményeztek, amely legkézzelfoghatóbban az egyes járulékos színesfémásványok arányában nyilvánul meg (Janković & Sillitoe 1980).

11. ábra - A csüngőre vonatkozó koncentráció-eloszlások (elemtérképek) színskálás ábrázolással. Pásztázás mérete: 2 mm x 2 mm. Az ábrák alapján jól megfigyelhető az Sn+Sb+(K+Ca +As) elemek korrelációja, mely a gyártás és/vagy a korrózió során végbement elem-összekapcsolódás eredménye.



Ezek, a szintén döntően szulfidos összetételű ércek (az antimon, arzén, ólom, vas és cink a leggyakoribb: antimonit (Sb_2S_3), arzenopirit (FeAsS), galenit (PbS), pirit (FeS_2), szfalerit ($\alpha\text{-ZnS}$)) a rézércekkel keveredve még gondos tisztítás és szétválasztás esetén is okozhatnak szennyezést.

Kérdés, hogy a bronzkorban (de más korszakokban is), külön állították-e elő a rezet és csak később ötvözték, vagy a hasonló kémiai szerkezetű szulfidércek kohósítása együtt történt. Véleményünk szerint az érceket egymástól nem választották el, csak a meddőtől tisztították meg. Így a kohósítás egy, az érckeveréktől, és a kohóban végbemenő folyamatok jellegétől függő összetételű ötvözetet eredményezett (Pásztor et al. 1990, 12-16). Kohósításkor az arzén aránya lecsökken, mivel magasabb hőfokon jó része elszublimál, ennek ellenére minden mintában ki tudtuk mutatni, olykor nem elhanyagolható mennyiségben.

Korábban más bronzkori minták esetében is felfigyeltek erre a jelenségre (Szegedy 1957, Ecsedy 1995b, 32). Ez arra utalhat, hogy az eredeti érckeverék jelentősebb mennyiségben (néhány %) tartalmazott arzénásványt. Az ércesedések geokémiai jellegét megfigyelhetjük a bronzban talált mellékalkotók és nyomelemek arányával, és így közelítőleg megmondhatjuk, mely érces területről származott a réz.

Az ón legfőbb érce a kassziterit (SnO_2). Eredete szintén magmás, de a rézércnél magasabb hőfokon történik a kiválása. A Kárpát-medence rendkívül szegény ónércben, annak legközelebbi jelentős dúsulása Csehországban található, így mindenképp kereskedelem útján kellett beszerezniük a korabeli bronzműveseknek. Járulékosan vas és titán jelenhet meg az ónércben.

A csüngő és a „karperec 1” esetében felvethető, hogy a magasabb, 1-2 % körüli Sb és As tartalom nem csupán a természetes érckeveredés, hanem tudatos ötvözés (hozzákeverés) eredménye. Ezek ércei a Kárpát-övezetben is széles körben fordulnak elő, és a rézérchez keverve hasonlóan viselkednek, mint az ón, az elkészült bronz a legtöbb tulajdonságában megegyezik az ónbronzzal. Ezt a kérdéskört további elemzésekkel alaposan körül kívánjuk járni. (A többalkotós bronzokról, és az egyes ötvözők (Sb, Sn, Pb, Zn) hatásáról lásd Pásztor et al. 1990, 16-17. Összefoglaló ásványtani irodalom: Nesse 2000, Papp 2002, Szakáll et al. 2005, etc.).

Az eredmények diszkussziója, néhány gondolat a metallurgiai eljárásokról

A fent leírt, halomsíros kultúrába sorolt bronztárgyak microPIXE vizsgálatának analitikai részeredményeit összefoglalva az **1. táblázatban** közöljük.

A módszer teljesítő képességének szemléltetésére, a csüngőre vonatkozóan néhány kiválasztott elemterképet is bemutatunk (**11. ábra**). Elemzést jelen esetben csak a közepes és nagyrendszámú elemekre (káliumtól kezdődően) végeztünk. A kisrendszámú elemek kvantitatív meghatározásához a felület megfelelő előkészítése, polírozása szükséges, melyre a későbbiekben lehetőségünk lesz. Tervezzük komplementer analitikai XRF vizsgálatok elvégzését is mintánként több pontban, részben a heterogenitásból adódó hibák csökkentése érdekében, részben további nyomelemek kimutatása céljából. Az adatbázis kiterjesztésével, nő az esélye a felvetett régészeti probléma megválaszolásának, két korszak féművessége közötti kapcsolatok/változások kimutatásának.

A SEM-EDX módszerrel kapott eredmények a **2-3. táblázatban** és a **12-15. ábrán** láthatók. A vizsgálatok a Debreceni Egyetemen készültek. A polírozott felület dendrites struktúrája igazolja a tárgy öntését, melyet hideg megmunkálás nem követett (Szabó 1999, 335, 3. kép).

A bronz alapanyag (86-87% Cu és ~10% Sn) szürke zárványai (**13, 14. ábra**) összetételükben (20,18% S, 4,5% Fe, 48,63% Cu, atom%) Cu_2S -nek (kalkozin) vagy Cu_5FeS_4 -nek (bornit) felelnek meg. Lehetséges, hogy a kalkozinos érc pirit szennyeződése okozza a vastartalmat (Czajlik et al. 1999, 40) – ennek eldöntését további vizsgálatoktól várhatjuk. A világos zárványok analízise C-O-Cu-Pb összetételt mutat. Hasonló eredményeket kaptak az urnamezős kultúra bronztárgyain végzett korábbi mérésekben is (Czajlik et al. 1999, 40, Fig 2., Fig. 3., Szabó 1999, 11. kép).

Az alapanyagban is jelen lévő szenet a szulfidos ércek redukív kohósítása számlájára írjuk: az oxigén eltávolítása (a fém színítése) faszélen hevítéssel történik. Mivel csak oxidos érc színeztető faszénes redukcióval, a szulfidokat oxidokká kellett alakítani, azaz pörkölésre volt szükség. A réz és más színesfémek ércei már 800° C alatt oxidálódnak, s ezt a hőmérsékletet a bronzkorban könnyen elérhették (a kerámia égetése hasonló, ill. magasabb hőmérsékletet igényel). A kohóban történő hevítés során az érc előbb oxidálódik, majd a hőmérséklet további emelésével redukálódik, végül megolvad (a kohászati eljárásokhoz lásd Pásztor et al. 1990, 12-16, Molnár 2008). A salakképzés szilikátos és karbonátos anyagokkal történik (Ecsedy 1982, 82, 1995b, 35, Pásztor et al. 1990, 16).

A forrásterületről ilyen kevés minta alapján nem sokat mondhatunk, de a polimetallikus összetétel talán erdélyi középhegységbeli ércre utal (Cioflicka & Vlad 1980, 69).

1. táblázat - Bronztárgyak microPIXE vizsgálati eredményei 2 mm x 2 mm pásztázott felületre vonatkoztatva

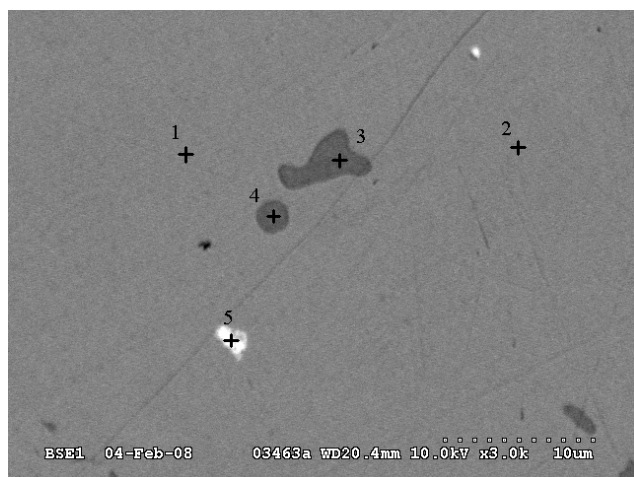
	Elemek koncentrációja (g/g%)											
	Csüngő		Karperec-1		Karperec-2 (2/1906)		Karperec-3 (1/1906)		Kés		Tű	
	Konc.	Hiba	Konc.	Hiba	Konc.	Hiba	Konc.	Hiba	Konc.	Hiba	Konc.	Hiba
K	0.12	0.05	0.06	0.03	0.06	0.06	0.06	0.04	0.06	0.03	0.05	0.04
Ca	0.32	0.05	0.15	0.04	0.56	0.06	0.31	0.05	0.17	0.04	0.14	0.04
Ti	-	-	0.01	0.00	-	-	-	-	0.01	0.00	-	-
Cr	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Mn	0.01	0.00	0.01	0.00	-	-	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Fe	0.23	0.01	0.08	0.01	0.57	0.01	0.07	0.00	0.07	0.00	0.18	0.01
Ni	0.32	0.01	0.29	0.01	0.33	0.01	0.31	0.01	0.24	0.01	0.37	0.01
Cu	84.41	0.49	90.62	0.54	83.47	0.50	87.02	0.51	89.90	0.52	88.09	0.53
Zn	0.23	0.04	0.21	0.04	0.22	0.04	0.24	0.04	0.22	0.04	0.23	0.04
As	0.81	0.02	0.54	0.02	0.62	0.02	0.56	0.02	0.40	0.02	0.75	0.02
Se	0.01	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00
Br	-	-	0.03	0.01	0.03	0.01	0.04	0.01	0.04	0.01	0.03	0.01
Sr	-	-	0.01	0.00	0.02	0.01	-	-	-	-	0.01	0.00
Ag	-	-	0.05	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-
Sn	12.17	0.06	5.84	0.05	13.40	0.07	10.38	0.06	7.99	0.05	9.56	0.06
Sb	1.12	0.17	1.86	0.10	0.22	0.20	0.59	0.15	0.66	0.12	0.32	0.14
Pb	0.21	0.07	0.16	0.06	0.42	0.07	0.36	0.06	0.20	0.05	0.17	0.08

2. táblázat - A 12. ábrán számokkal jelzett pontokban mért értékek

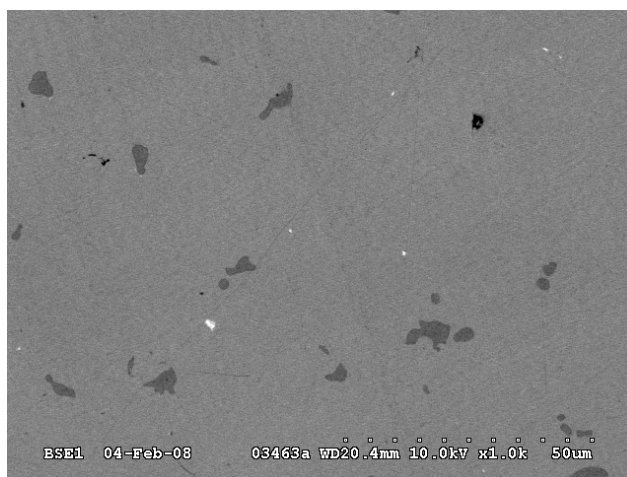
Mérési pont	Elemek koncentrációja (atom%)						
	C	O	S	Fe	Cu	Sn	Pb
1	10.71	-	-	-	83.60	5.69	-
2	21.34	-	-	-	74.38	4.28	-
3	26.69	-	20.18	4.50	48.63	-	-
4	25.45	-	19.66	3.35	51.54	-	-
5	63.07	10.02	-	-	12.10	-	14.81

3. táblázat - A 12. ábrán számokkal jelzett pontokban mért értékek

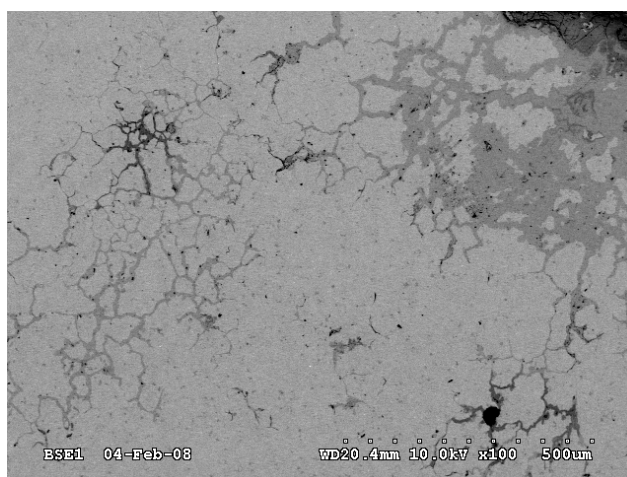
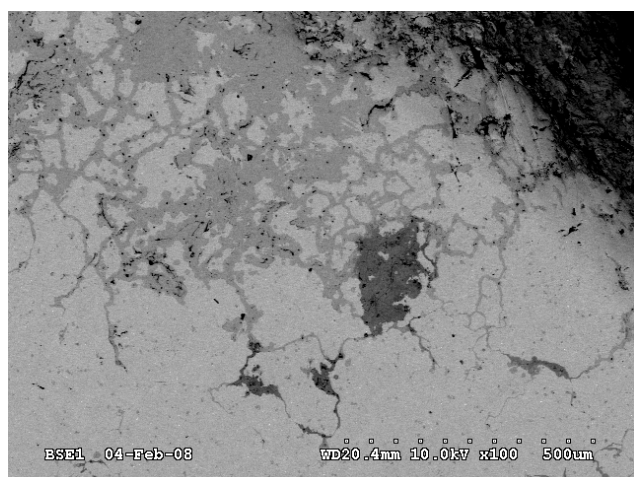
Mérési pont	Elemek koncentrációja (g/g%)						
	C	O	S	Fe	Cu	Sn	Pb
1	2.1	-	-	-	86.9	11.0	-
2	4.7	-	-	-	86.1	9.3	-
3	7.4	-	15.0	5.8	71.7	-	-
4	6.9	-	14.3	4.3	74.4	-	-
5	15.9	3.4	-	-	16.2	-	64.5

**12. ábra**

A csüngő felületének SEM-EDX vizsgálatnak alávetett területe. A számok a 2. táblázatban közölt mérési pontokat jelölik. 3000x-es nagyítás.

**13. ábra**

A csüngő polírozott felületének struktúrája 1000x-es nagyítással. Jól láthatóak a szürke és fehér zárványok a világosszürke alanyanyagban.

**14-15. ábra**

A felület dendrites struktúrája 100x nagyításban.

Összefoglalás

Rövid ideje indult kutatásunk első néhány mérése során kidolgoztuk a mintavizsgálat nem roncsoló, megbízható adatokat szolgáltató módszerét. A microPIXE és SEM-EDX vizsgálatok sok kérdést vetettek fel a régészeti korú bronztárgyak elemzésével kapcsolatban (pl. korrózió, felületi óndúsulás), de egyszersmind hasznos adatokat szolgáltatottak (polimetallikus összetétel, ásványzárványok).

Eredményként könyvelhetjük el a halomsíros kultúra néhány bronztárgya összetételének megállapítását. A SEM-EDX mérés a csüngőn lehetővé tette, hogy a metallurgiai eljárásra vonatkozó következtetéseket vonjunk le. Összefüggést találtunk az urnamezős kultúra fémművességével, de ennek pontos természetét még nem látjuk. Jelen cikknek nem célja messzebb vezető régészeti-történeti következtetések korai

levonása. Érzékeltetni kívántuk a módszereinkben rejlő lehetőségeket, továbbá tájékoztatást adtunk tervezett munkánkról.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak az M041939, M36324, OTKA valamint a GVOP-3.2.1.-2004-04-0402/3.0 pályázatok keretében kapott támogatásokért.

Irodalom

BÓNA, I. (1958): Chronologie der Hortfunde vom Koszider-Typus. *AAH* 9 211-243.

BÓNA, I. (1992a): Bronzezeitliche Tell-kulturen in Ungarn. In: MEIER-ARENDT, W.: *Bronzezeit in Ungarn. Forschungen in Tell-Siedlungen an Donau und Theiss*. Frankfurt am Main, 9-42.

- BÓNA, I. (1992b): Bronzeguss und Metallbearbeitung bis zum Ende der Mittlere Bronzezeit. In: MEIER-ARENDT, W.: *Bronzezeit in Ungarn. Forschungen in Tell-Siedlungen an Donau und Theiss. Frankfurt am Main*, 48-65.
- CIOFLIKA, G. & VLAD, S (1980): Copper Sulphide Deposits Related to Laramian Magmatism in Romania. In: JANKOVIĆ & SILITOE eds. *European Copper Deposits*. Belgrade. 67-72.
- CSÁNYI, M. (1980): Árokka körülvev sírok a halomsíros kultúra jánoshidai temetőjében - Graves surrounded by ditches in the Jánoshida cemetery of the tumulus grave culture. *ArchÉrt* **107** 153-165.
- CZAJLIK, Z. (1996): Ein spätbronzezeitliches Halbfertigprodukt: Der Gusskuchen. Eine Untersuchung anhand von Funden aus Westungarn. *ArchA* **80** 165-180.
- CZAJLIK, Z.-MOLNÁR, F.-SÓLYMOS, K. G. (1995): Angaben zu den spätbronzezeitlichen Metallrohmaterialversorgung am Velem-St. Veit Berg (Westungarn). *Archäologie Österreichs* **6** 30-35.
- CZAJLIK, Z.-MOLNÁR, F.-SÓLYMOS, K. G. (1999): On the Origin of Late Bronze Age Semi-products Found at Celldömölk-Sághegy According to Electron-microprobe (EPMA) Studies. *CommArchHung* 35-46.
- ECSEDEY, I. (1982): Ásatások Zók-Várhegyen (1977-82). Előzetes jelentés. *JPMÉ* **27** 59-105.
- ECSEDEY, I. (1984): Őskori leletek Dunaszekcső-Várhegyről. *JPMÉ* **29** 89-125.
- ECSEDEY, I. (1995a): A bronzkor kezdete. In: MARÁZ, B. (szerk.): *A bronzkor kincsei Magyarországon*. Pécs 14-18.
- ECSEDEY, I. (1995b): Rézkori hagyományok és a bronzkori technika kezdetei. In: MARÁZ, B. (szerk.): *A bronzkor kincsei Magyarországon*. Pécs 31-37.
- ECSEDEY, I. (1999): Zók-Várhegy. *Egy szőlőhegy évezredei*. Zók, 1999.
- FOLTINY, I. (1957): A halomsíros és lausitzi kultúrák nyomai Szeged környékén - Spuren der Hügelgräber und der Lausitzer Kultur in der Umgebung von Szeged. *RégFüz* **4**.
- ILON, G. (2002): Későbronzkori kincslelet Szombathelyről. Napbárka szimbólumok a Kárpát-medencei urnamezős kultúra lemeztárgyain. *Savaria* **27** 119-147.
- JANKOVIĆ, S. & SILITOE, R. H. (eds.) (1980): *European Copper Deposits*. Belgrade.
- KEMENCZEI, T. (1968): Adatok a halomsíros kultúra vándorlásának kérdéséhez. *ArchÉrt* **95** 159-186.
- KOVÁCS, T. (1972): Askoi, Bird-Shaped Vessels, Bird-Shaped Rattles in Bronze Age Hungary. *Folia Archaeologica* **23** 7-28.
- KOVÁCS, T. (1975): Historische und Chronologische Fragen des Überganges von der mittleren- zur spätbronzezeit in Ungarn. *AAH* **27** 297-317.
- KOVÁCS, T. (1994a): Újabb adatok a mészbetétes kerámia kultúrájának fémművességéhez. *A Veszprém Megyei Múzeumok Közleményei*, **19-20** 119-132.
- KOVÁCS, T. (1994b): Zwei Vollgriffschwerter von Hajdúsámson-Apa Typ aus dem Donau-Theiss-Zwischenstromgebiet. *Folia Archaeologica* **43** 51-69.
- KOVÁCS, T. (1995): A középső bronzkor: a virágkor. In: MARÁZ, B. (szerk.): *A bronzkor kincsei Magyarországon*. Pécs, 18-24.
- KOVÁCS, T. (2000): Neue Angaben und Beobachtungen zur Untersuchung der Gesellschaftsstruktur der Hügelgräberkultur im Karpatenbecken. *AAH* **51** 97-109.
- KÖLTŐ, L. (1996): Néhány nagy antimontartalmú bronzkori bronztárgy röntgenemissziós analízise. *Pápai Múzeum Évkönyve* **6** 83-88.
- KULCSÁR, G. & V. SZABÓ, G. (1997): Kronológia. In: HAVASSY, P.: *Látták Trója kapuit. Bronzkori leletek a Közép-Tisza vidékéről*. Gyulai Katalógusok **3**. Gyula, 154-155.
- MOZSOLICS, A. (1957): Archaeologische Beiträge zur Geschichte der grossen Wanderung. *AAH* **8** 119-156.
- MISKE, K. (1907): *Velem Szt. vidi őstelep*. I. Wien, 1907.
- MOLNÁR, F. (2008): Ércék, salakok, fémek. In: SZAKÁLL, S. (szerk.): *Az ásványok és az ember a mai Magyarország területén a XVIII. század végéig. Fókuszban az ásványi anyag*. Tudományos konferencia (2007. márc. 2.). Geotudományok. A Miskolci Egyetem Közleménye A sorozat, Bányászat, **74**. 91-111.
- NESSE, W. D. (2000): *Introduction to Mineralogy*. New York - Oxford.
- PAPP, G. (2002): *A Kárpát-övezetben felfedezett ásványok, kőzetek és fosszilis gyanták története*. Budapest.
- PÁSZTOR, G.-SZEPESSY, A.-KÉKESI, T. (1990): *Színesfémek metallurgiája*. Tankönyvkiadó, Budapest.
- RAJTA, I., I. BORBÉLY-KISS, I., MÓRIK, GY., BARTHA, L., KOLTAY, E. & KISS, Á. Z. (1996): The new Atomki scanning proton microprobe. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* **B 109** 148-153.
- REMÉNYI, L. (2003): Megjegyzések a Kárpát-medence középső bronzkori "virágkorának" kérdéséhez. *Ősrégészeti Levelek* **5** 51-64.
- SANGMEISTER, E. (1973): Die Bronzen des Hortfundhorizontes von Ópályi. Ergebnisse der Spektralanalytischen Untersuchungen. In:

MOZSOLICS, A. (1973): *Bronze- und Goldfunde des Karpatenbeckens. Depotfundhorizonte von Forró und Ópályi*. Akadémiai Kiadó, Budapest.

SÁNTA, G. (2004a): Sánta G.: A halomsíros kultúra leletei Zákányszék határában. *MFME-StudArch* **X**. 53-80.

SÁNTA, G. (2004b): Bronzkori sír Zákányszék határában - Adatok a halomsíros kultúra fémművességéhez. *Ősrégészeti Levelek* **6** 40-47.

SCHUBERT, F. - SCHUBERT, E. (1967): Spektralanalytische Untersuchungen von Hort- und Einzelfunden der Periode BIII. In: MOZSOLICS, A. (1967): *Bronzefunde des Karpatenbeckens. Depotfundhorizonte von Hajdúsámson und Kosziderpadlás*. Akadémiai Kiadó, Budapest.

SÜMEGI, P. (2005): Polgár-Kenderföld bronzkori tell környezettörténeti, éghajlati és paleovegetációs rekonstrukciója és összehasonlító régészeti geológiai értékelése. *Kézirat*, 2005.

SZABÓ, G. (1999): Adatok a velemi késő bronzkori ónbronzok archaeometallurgiai vizsgálataihoz. - Beiträge zu den Archäometallurgischen Untersuchungen der spätbronzezeitlichen Zinnbronzen von Velem. *Savaria* **24/3** 329-357.

SZAKÁLL, S., GATTER, I. & SZENDREI, G. (2005): *A magyarországi ásványfajok*. Budapest. 2005.

SZATHMÁRI, I. (2005): Folyókból előkerült kardleletek a Magyar Nemzeti Múzeum gyűjteményében. *CommArchHung* 143-166.

SZEGEDY, E. (1957): Die Metalltechnologie der Depotfunde von Alsónémedi und Pusztaszentkirály. *AAH* **8** 157-158.

TROGMAYER, O. (1965): A férfi és női viselet nyomai a tápéi bronzkori temetőben. - Reste der Männer- und Frauentrach in dem bronzezeitlichen Gräberfeld von Tápé. *FolArch* **17** 51-63

TROGMAYER, O. (1975): Die bronzezeitlichen Gräberfeld bei Tápé. *FontesArchHung*.

UZONYI, I., RAJTA, I., BARTHA, L., KISS, Á. Z. & NAGY, A. (2001): Realization of the simultaneous micro-PIXE analysis of heavy and light elements at a nuclear microprobe. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* **B 181** 193-198.

UZONYI, I. & SZABÓ, GY. (2005): PIXEKLIM-TPI - a software package for quantitative elemental imaging with nuclear microprobe. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* **B 231** 156-161.