

# Archeometriai Műhely

**2024.**  
**XXI. évfolyam 4. szám**

# Archeometriai Műhely

elektronikus folyóirat



Kiadja a Magyar Nemzeti Múzeum

Felelős kiadó: Hammerstein Judit, általános főigazgató helyettes

Szerkesztő: Szilágyi Veronika

A szerkesztőbizottság tagjai:

Bajnóczi Bernadett, Bartosiewicz László, Bárány Annamária, Kasztovszky Zsolt,  
Kiss Viktória, Kolláth Ágnes, Kürtösi Brigitta Mária, Major István,  
Mateovics-László Orsolya, Molnár Mihály, Péterdi Bálint, Székely Balázs,  
Török Béla, Zöldföldi Judit

Alapító szerkesztő: T. Biró Katalin

Tiszteleti (alapító) tagok: Ilon Gábor, Járó Márta, Sümegi Pál, Svingor Éva, Szakmány György, T. Biró Katalin

Örökös alapító tag: Svingor Éva (1948-2020)

ISSN: HU ISSN 1786-271X

URN: urn:nbn:hu-4106

## Tartalom / Contents

### Archeometriai Műhely / Archaeometry Workshop No. 2024/4.

**Archeometriai módszerek és esettanulmányok a bronzkor kutatásában Magyarországon c. előadónap a HUN-REN BTK Régészeti Intézetével és a Magyar Régészeti és Művészettörténet Társulattal társrendezve / Presentations of the "Archaeometric methods and case studies in the Hungarian Bronze Age research" conference co-organised with the Archaeological Institute of Research Centre for Humanities, HUN-REN, and the Hungarian Society of Archaeology and Art History**

*A kötet szerkesztői / eds.: Kiss Viktória, Szilágyi Veronika*

#### Cikkek / Articles

KISS Viktória	:	<a href="#">Archeometriai módszerek alkalmazása a bronzkor kutatásában Magyarországon / Application of archaeometric methods in the Hungarian Bronze Age archaeology</a>	313-338
MELIS Eszter	:	<a href="#">Radiokarbon adatok a Dunántúl középső bronzkori abszolút kronológiájához Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek lelőhelyről / Radiocarbon data for the absolute chronology of the Middle Bronze Age in Western Hungary at the site Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek</a>	339-358
PÉTERDI Bálint, PRISKIN Anna, SÁGI Tamás	:	<a href="#">Csanádpalota–Földvár késő bronzkori lelőhely kőzetanyagú leleteinek archeometriai vizsgálata I.: nyersanyageloszlás, andezit nyersanyagok (előzetes eredmények) / Archaeometric study of the lithic finds of the Late Bronze Age site Csanádpalota–Földvár (Hungary) – part I: raw material distribution, andesite raw materials (preliminary results)</a>	359-380
TARBAY Gábor, MARÓTI Boglárka	:	<a href="#">Leaded bronze spearhead from Budakeszi-Őzvölgy-tető ‘hoard a’ / Ólmos lándzsa a Budakeszi-Őzvölgy-tető ‘A depóból’</a>	381-394
SÁNTA Gábor, ŠMIT, Žiga	:	<a href="#">Dél-alföldi koszideri és halomsíros bronztárgyak elemzési adatainak újraértékelése / Re-evaluation of metal analyses of Koszider period and Tumulus Culture bronze objects from the Southern Great Plain (SE Hungary)</a>	395-422
	:	<a href="#">1. melléklet / Appendix 1.</a>	2 p.
	:	<a href="#">2. melléklet / Appendix 1.</a>	2 p.
GYÖNGYÖSI Szilvia, SZABÓ Géza, BARKÓCZY Péter, KISNÉ CSEH Julianna	:	<a href="#">A vértesszőlősi bronzkori kincslelet archeometallurgiai vizsgálata / Archaeometallurgical examination of the bronze hoard and stray-find pendant of Vértesszőlős</a>	423-444
	:	<a href="#">1. melléklet / Appendix 1</a>	9 p.
PÁSZTOR Emília, SZILÁGYI Veronika, GERBER Dániel, GÉMES Anett, HAJDÚ Tamás, HAJDUNÉ DARABOS Gabriella, HELTAI Botond, HORVÁTH Anikó,	:	<a href="#">Archeometriai vizsgálatok a Sükösd–Árpás-dűlői bronzkori temetőből – előzetes eredmények / Archaeometric investigations of the Bronze Age cemetery at Sükösd–Árpás-dűlő – preliminary results</a>	445-482

ILLÉS Levente,  
KÁROLY Istvánné,  
KOVÁCS Zoltán,  
KULCSÁR Gabriella,  
MAJOR István,  
MERKL Máté Róbert,  
SÁNDORNÉ KOVÁCS  
Judit, SIPOS Enikő,  
SÜMEGI Pál,  
SZAKMÁNY György,  
SZÉCSÉNYI-NAGY  
Anna, SZOLDÁN Zsolt,  
T. BIRÓ Katalin, KISS  
Viktória

: [Melléklet 1-6 / Appendix 1-6](#)

**6 p.**

\*

### ***Közlemények / Other communications***

- ILON Gábor : [Könyvismertetés: Diaconu, Vasile & Gafincu, Alexandru \(eds.\): The Bronze Age in Eastern Europe: multidisciplinary approaches / An unusual book review: Diaconu, Vasile & Gafincu, Alexandru \(eds.\): The Bronze Age in Eastern Europe: multidisciplinary approaches.](#) **483-486**
- RICHTER Éva : [Könyvismertetés: Lise Bender Jørgensen – Joanna Sofaer – Marie Louise Stig Sørensen: Creativity in the Bronze Age Understanding Innovation in Pottery, Textile, and Metalwork Production. / Book review: Lise Bender Jørgensen – Joanna Sofaer – Marie Louise Stig Sørensen: Creativity in the Bronze Age Understanding Innovation in Pottery, Textile, and Metalwork Production.](#) **487-489**
- ILON Gábor : [Kamilla és az archeometria. A „Kamilla, a fény leánya – Ruha teszi a nőt? Bronzkori divatirányzat vagy kulturális hovatartozás?” című kiállítás ürügén](#) **490-492**

**ARCHEOMETRIAI MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA A BRONZKOR  
KUTATÁSÁBAN MAGYARORSZÁGON**  
**APPLICATION OF ARCHAEOMETRIC METHODS IN THE HUNGARIAN  
BRONZE AGE ARCHAEOLOGY\***

KISS Viktória<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> HUN-REN Bölcsészettudományi Kutatóközpont, Régészeti Intézet, Budapest

E-mail: [kiss.viktoria@abtk.hu](mailto:kiss.viktoria@abtk.hu)

### **Abstract**

*The primary research method of European and, within that, Hungarian prehistoric archaeology has been the typological analysis of ceramic, stone and metal objects. In addition to this, the examination of the raw material of copper and bronze objects was applied soon, already in 1850. After the turn of the 19<sup>th</sup>–20<sup>th</sup> centuries, then occasionally in the 1960s and 1970s, and from the 1990s onwards, the application of archaeometric methods became an increasingly widespread practice in Hungary, also affecting the Bronze Age period. In the last two decades, thanks to the development of isotopic and DNA methods and their integration into archaeological research – as part of the third scientific revolution – bioarchaeological analyses of human and animal remains expanded the research possibilities of the period under study. The present study reviews the research results of dating and material testing in Hungary, and partly in the Central European region, focusing on the bioarchaeological and environmental archaeological research of the period, as well as the discovery of finds.*

### **Kivonat**

*Az európai, és ezen belül a hazai őskori régészettudomány kezdeteitől elsődleges kutatási módszer a kerámia-, kő- és fémtárgyak tipológiai elemzése. Ezt kiegészítve hamarosan, már 1850-ben megjelent a réz- és bronztárgyak nyersanyagának vizsgálata. A századfordulót követően, majd az 1960-as és 1970-es években esetenként, az 1990-es évektől pedig egyre szélesebb körben vált gyakorlattá az archeometriai módszerek alkalmazása Magyarországon a bronzkor időszakát is érintve. Az utóbbi két évtizedben az izotópos és DNS vizsgálatok fejlődésének és a régészeti való integrálódásának köszönhetően – a harmadik tudományos forradalom részeként – az emberi és állati maradványok biorégészeti elemzése bővítették ki a korszak kutatási lehetőségeit. Jelen tanulmány a kormeghatározás és az anyagvizsgálatok magyarországi, és érintőlegesen a közép-európai régióra vonatkozó kutatási eredményeit tekinti át, kitérve a korszak biorégészeti és környezetrégészeti kutatására, valamint a leletfelderítésre is.*

KEYWORDS: ARCHAOMETRY, BRONZE AGE, RAW MATERIAL, PRODUCTION TECHNIQUE, CHRONOLOGY, BIOARCHAEOLOGY, NON-DESTRUCTIVE FIELD SURVEY

KULCSSZAVAK: ARCHEOMETRIA, BRONZKOR, NYERSANYAG, KÉSZÍTÉSTECHNIKA, KRONOLÓGIA, BIORÉGÉSZET, RONCSOLÁSMENTES TEREPI KUTATÁS

### **Előszó**

Az Archeometriai Műhely és a BTK Régészeti Intézete, továbbá a Magyar Régészeti és Művészettörténet Társulat közösen szervezett archeometriai konferenciáján, 2023. júniusában (**1. ábra**) a fém-, kerámia-, kő-, üveg- és borostyánkő tárgyak archeometriai kutatása mellett a radiokarbon kormeghatározás, valamint a stabilizotópos és archeogenetikai elemzések újabb eredményeiről számoltak be

és résztvevők. Az elhangzott előadások egy részéből elkészült tanulmányok az Archeometriai Műhely jelen számában kerülnek közlésre. Az alábbi áttekintés elsősorban a magyarországi bronzkori emlékeket érintő anyagvizsgálatokat és a kormeghatározással összefüggő eddigi eredményeket foglalja össze, röviden kitérve a biorégészeti, a bronzkori lelőhelyek felderítéséhez kapcsolódó és környezetrégészeti kutatásokra.

---

\* How to cite this paper: KISS, V., (2024): Archeometriai módszerek alkalmazása a bronzkor kutatásában Magyarországon / Application of archaeometric methods in the Hungarian Bronze Age archaeology [in Hungarian with English abstract], *Archeometriai Műhely* XXI/4 313–338.  
doi: [10.55023/issn.1786-271X.2024-027](https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2024-027)



**1. ábra:** Az Archeometriai Műhely és a BTK Régészeti Intézete, továbbá a Magyar Régészeti és Művészettörténeti Társulat által szervezett 2023. június 20-i archeometriai konferencia plakátja (készítette: Szabó Nóra)

**Fig. 1:** Poster of the archaeometric conference on 20 June 2023 organized by the Archeometriai Műhely, the Archaeological Institute of Research Centre for Humanities, and the Hungarian Society of Archaeology and Art History (poster made by Nóra Szabó)

## Bevezetés

A régészettudományban az őskori időszak hármast (kőkorszak, bronzkorszak, vaskorszak) felosztását a dán Christian Jürgensen Thomsen 1836-ban napvilágot látott munkájától számítjuk. E rendszert a magyarországi tudományos közvéleménnyel Érdy (Lutzenbacher) János ismertette meg 1847-ben, az Akadémiai Értesítőben megjelent tanulmányában. Az európai, és ezen belül a hazai őskori régészeti kutatás elsődleges módszere ennek nyomán a kerámia-, kő- és fémtárgyak tipológiai vizsgálata lett (Vékony 2003). Nem sokkal ezután, 1850-ben készült el a Kárpát-medencei bronztárgyak első archeometriai elemzése (Kubinyi 1861). A századfordulón, majd a világháborúkat követő időszak után az 1960-as és 1970-es években, illetve az 1990-es évektől egyre több anyagvizsgálatot végeztek Magyarországon a bronzkor időszakát is érintve fém-, kő-, kerámia-, borostyánkő- és üveg-/fajansztárgyakon (Wosinsky 1904; Schubert & Schubert 1967; Beck & Sprincz 1981; T. Biró 1995). Az akkor alkalmazott módszerek és eredmények áttekintésére jó lehetőséget nyújtott az 1997. áprilisban, Veszprémben megrendezett Országos Archeometriai Konferencia, melyet a Magyar Tudományos Akadémia Veszprémi Területi Bizottsága keretében működő, 1997-ben egyesült Iparrégészeti, illetve Archeometriai

Munkabizottság szervezte meg. Az előadások három nagy témakör, a leletfelderítés, a kormeghatározás és az anyagvizsgálatok köré csoportosultak, s egyben előkészítették a következő évi nemzetközi találkozót (Bartosiewicz & Költő 1998). Az 1998-ban Budapesten megrendezett 31. Nemzetközi Archeometriai Szimpózium (Archaeometry '98) újabb mérföldkő volt a bronzkorkutatás szempontjából is, hiszen az elhangzott 72 előadás és több mint 200 poszter anyagából számos érintette ezt az időszakot (T. Biró 1998; T. Biró & Jerem 2002).

A 2004-ben elindított Archeometriai Műhely című folyóirat első tíz évében a legtöbb említett témakörhöz kötődő elemzésekről olvashattunk; a bronzkort érintő kutatásokat több mint 20 cikk képviselte, a második legtöbbet tárgyalt korszaként (Ilon 2014; Kiss 2014). Az utóbbi két évtizedben az izotópos és DNS vizsgálatok fejlődésének és a régészettudományba való integrálódásának köszönhetően – a harmadik tudományos forradalomnak is nevezett folyamat részeként – az emberi és állati maradványok biorégészeti elemzési lehetőségei bővítették ki e korszak vizsgálati módszereit is (Bánffy 2013; Kristiansen 2014; Anders 2016).

## Anyagvizsgálatok

### Fémvizsgálatok

A bronzkor kutatása szempontjából talán legfontosabbnak tekinthetők a bronz összetételére vonatkozó vizsgálatok. Az első hazai fémelemzést 1850-ben Szabó József végezte el Kisterenye-Hársashegy leletein. Ezt követően Loczka József és Wartha Vince is vizsgáltak bronztárgyakat a bronzötvözet réz és ón összetevőinek százalékos arányát pontosan meghatározva (Kubinyi 1861; Miske 1907). Már a korai leletgyűjtésekben felfigyeltek a fémművességhez köthető tárgyak, például az öntőformák és öntőleplenyek nagy számára is. Mindezek nyomán Hampel József és Miske Kálmán a 19. század végén és a 20. század elején vázolta a Kárpát-medencének a bronzkori európai cserekereskedelmi hálózatban játszott szerepét, kitérve a magyarországi réz- és aranynyersanyag-források jelentőségére (Hampel 1886–1896; Miske 1907). A későbbiekben a Mozsolics Amália (1967) tipológiai kutatásait kiegészítő, Szegedy Emil és Hegedűs Zoltán által végzett spektrumanalitikai elemzésekkel folytatódott a kutatás. A nagykállói bronzkincsek elemzése a réz és ón összetevő mellett a nyomelemek (antimon, arzén, nikkel, vas) százalékos arányára is kiterjedt. A megvizsgált öntőleplenyek nyers, ötvözetlen réznek bizonyultak, míg a kész tárgyak 3,7–5,4% ónt tartalmaztak, eszerint a réz és ón ötvöztetését helyben végezheték. A bronztárgyak eltérő nyersanyagból, tiszta rézércből, illetve fakóérces eredetű réznyersanyagból készültek, eszerint a kincs tárgyai valószínűleg hosszabb ideig tartó gyűjtés eredményeként kerültek a leletgyűjtésbe. Az ekkoriban elvégzett vizsgálatok során több módszertani újítást is alkalmaztak. Ezek közé tartozik, hogy a nagykállói II. kincs megtalálását követően Mozsolics Amália a depó edényének betöltéséből a Magyar Nemzeti Múzeum restaurátorműhelyében porszivóval távolította el a földet, ennek segítségével fényképen is rögzítve a bronztárgyak *in situ* helyzetét. Az elvégzett metallográfiai elemzéssel a nyersanyag összetevői

mellett kimutathatóvá vált az öntött, dendrites szövetszerkezet (Mozsolics & Hegedűs 1963; összefoglalóan: Szabó 2013; V. Szabó 2019). Hasonlóan jelentősek voltak a korszakban Maria Novotná kutatásai, amelyek a Garam vidéki nyersanyagforrások fontosságára hívták fel a figyelmet (Novotná 1955).

Az egyre gyarapodó összeurópai fémelemzési adatokat 1960-as években induló stuttgarti *Studien zu den Anfängen der Metallurgie* (SAM) projekt hatalmas vizsgálatsorozata igyekezett rendszerbe foglalni és értelmezni. A projekt 22 000 réz- és bronztárgy (Junghans et al. 1968; Sangmeister 1973; Junghans et al. 1974), valamint 5300 aranytárgy (Hartmann 1970, 1982) nyersanyag-összetétele alapján több csoportot térképezett fel. Magyarországról 2722 színesfém tárgyat vontak be az elemzésbe (2. ábra). A számos réznyersanyag-csoport, valamint az ólomizotópos elemzések (Gale & Stos Gale 1992) eredményei kezdetben nehezen voltak értelmezhetők. Ezzel összefüggésben a szakmai vitákat egyre csökkenő érdeklődés követte, és az eredmények csak jóval később épültek be a hazai szakirodalomba.

Az 1990-es években élénkült meg újra a nemzetközi (Pernicka 1995; Schalk 1998) és hazai fémvizsgálatok (összefoglalóan Czajlik 2012; Kiss 2012a; Szabó 2013). Magyarországon elsősorban Ilon Gábor, Költő László, Kis-Varga Miklós, Szabó Géza, Czajlik Zoltán és munkatársai folytatták a bronznyersanyag vizsgálatokat (Költő & Kis-Varga 1992), de a kutatások más irányokban is előre haladtak. Ilon Gábor a nagyobb számú öntőformát tartalmazó települések alapján a dunántúli késő bronzkori fémműves központokat térképezte fel, majd további munkái során a Kárpát-medence térségében előkerült öntőformák összegyűjtésével körvonalazta a bronzművesség fejlődését a kora, középső és késő bronzkor időszakában (Ilon 1992a, 1992b, 2006). Csupán két tanulmány foglalkozott az öntőformák nyersanyagának elemzésével is (Bíró 1995; Péterdi 2004).



**2. ábra:** Ismeretlen lelőhelyű bronzkori tőr a Magyar Nemzeti Múzeum gyűjteményében SAM mintavételi fúrással (fotó: MNM archívuma)

**Fig. 2:** Bronze Age dagger with sampling points in the framework of SAM project, unknown locality, Prehistoric Collection of the Hungarian National Museum (photo: HNMA Archives).

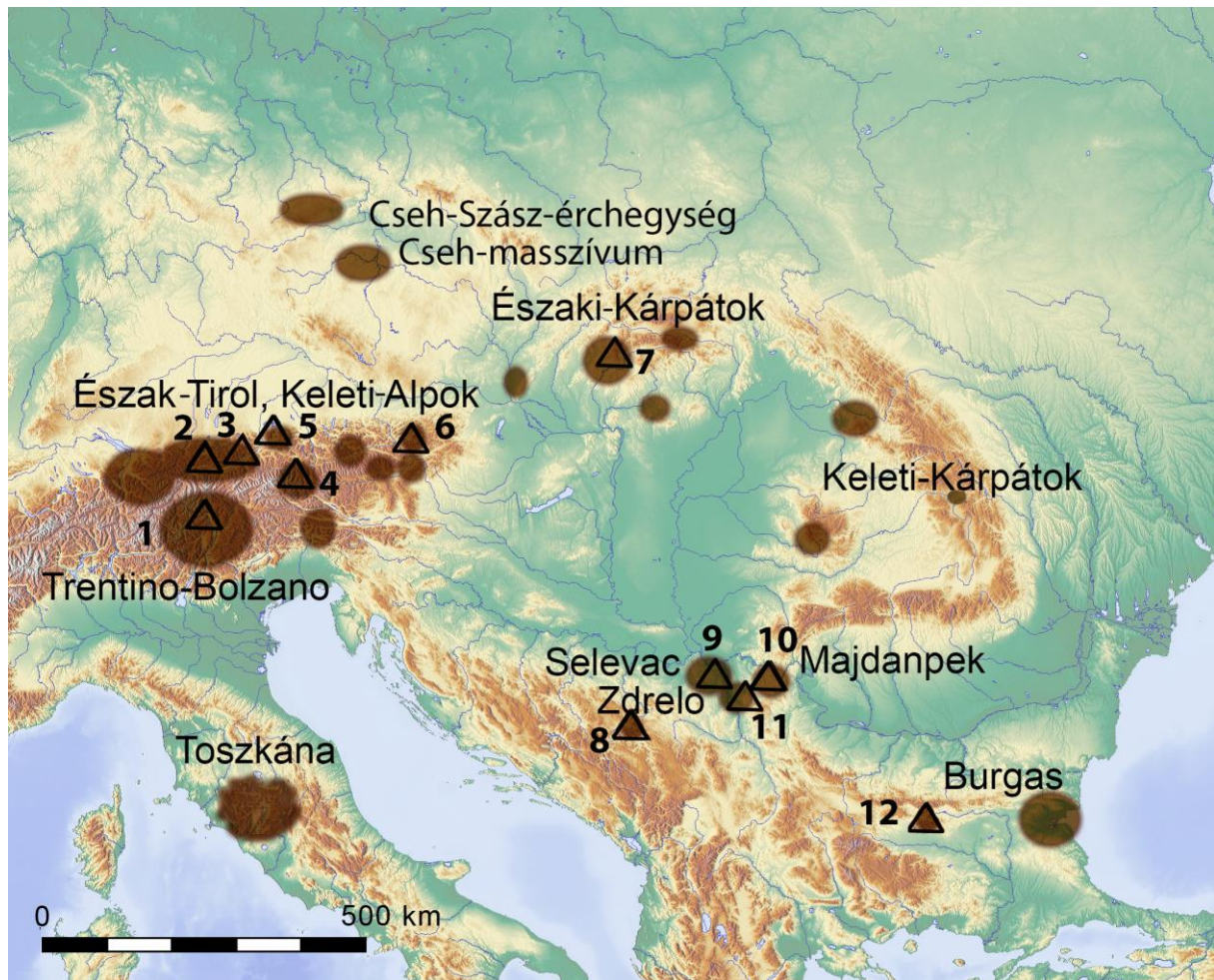
Czajlik Zoltán a felhasznált nyersanyaghoz legközelebb álló öntőlempények/félkész nyersanyagformák vizsgálata alapján foglalta össze a térség fémnyersanyag-forgalmáról rendelkezésre álló ismereteket. A kelet-alpi (például a jólismert mitterbergi) bányák mellett hangsúlyozta a mai Besztercebánya és Dobsina közelében, valamint az Erdélyi-érchegység kevésbé kutatott rézérc lelőhelyeinek jelentőségét (Czajlik 1996; Czajlik et al. 1999; Czajlik 2012). Szabó Géza számos, a késő bronzkori urnamezős kultúra időszakában készült fémtárgy készítéstechnikai elemzését végezte el metallográfiai vizsgálatok segítségével. Utóbbiak tanúsága szerint a ma ismert fémmegmunkálási eljárások mindegyikét (öntés, hideg-meleg megmunkálás, hőkezelés) alkalmazták a korszakban, ami a tapasztalatokon alapuló magasszintű mester-ségbeli tudást tükrözi. A nyersanyagvizsgálatok kapcsán felhívta a figyelmet a bronztárgyak inhomogenitására, és a felszíni, korróziós rétegben végzett fémvizsgálatok mód-szertani problémáira (Szabó 1996, 1999, 2001, 2012, 2013).

Az utóbbi két évtizedben folytatódott a bronzkori fémtárgyak nyersanyagösszetételének roncsolásmentes (pXRF, PGAA, PIXE, TOF-ND) és roncsolásos (ED-XRF, OM és SEM-EDS) módszerekkel történő vizsgálata (Sánta 2011; Czajlik 2012; Kiss 2012a; Dani 2013; Kiss 2014; Maróti et al. 2017; Szathmári 2017; Jankovits 2021; Tarbay et al. 2021; Maróti & Káli 2021; Sánta & Šmit 2024, ebben a kötetben; Gyöngyösi et al. 2024, ebben a kötetben; a módszerekről összefoglalóan Szabó et al. 2019, 1. táblázat). A fő- és nyomelemek koncentrációjának meghatározása és az ólomizotópos elemzések lehetőséget nyújtanak a réz és ón nyersanyag provenienciameghatározására, vagyis a Kárpát-medence tágabb térségében, a mai Szerbia, Románia, Szlovákia, illetve Ausztria és Észak-Olaszország területén az őskorban művelt bányahelyekkel (3. ábra) való kapcsolat kimutatására. Az újkőkorból a Szerbia (Majdanpek) és Bulgária (Ai Bunar) térségéből ismert rézbányák ércei voltak egyeduralgok a mai Észak-Olaszországtól az Alföldön át Skandi-náviáig (Siklósi et al. 2015; Nørgaard et al. 2019, 2021; Brozio et al. 2023; Artioli et al. 2016, 2024). Csak az utóbbi évek feltárásainak köszönhetően vált ismertté, hogy Majdanpek közelében, a mai Bor térségében megtalálható rezes bronzkorban is kitermelték (Mehöfer et al. 2021). A Garam völgyi érclelőhelyek – amelyekre M. Novotná felhívta a figyelmet a javaréz kori csákányok arzén- és antimon tartalmú nyersanyaga kapcsán – művelése az ólomizotópos adatok ellentmondásossága miatt sokáig csak a közép-európai kora bronzkor első felétől, Kr. e. 2100/2000 tájától volt bizonyítható (Schreiner 2007; Duberow et al. 2009), annak ellenére, hogy az úrvölgyi (Špania-Dolina, Szlovákia) bányavágatokból az Aunjetitz-kultúra (Kr. e. 2200–1600) kerámiája mellett a középső rézkori Ludanice-kultúra (Kr. e. 4300–3800)

leletanyaga is előkerült (Točík & Žebrák 1989; Žebrák 1995; Czajlik 2012; Garner & Stöllner 2021). Így jelentős eredmény, hogy a legújabb ólomizotópos vizsgálatok e bányavidék érceiből készült tárgyakat azonosítottak Nyugat-Magyarország középső rézkori leletanyagában (Siklósi et al. 2022), miközben az Alföldön továbbra is a Balkánról származó import réztárgyak voltak használatban (Siklósi & Szilágyi 2019). A Garam vidéki fakőérces rézforrás dominánssá vált Közép-Európa kora bronzkorában (a magyarországi kora bronzkor utolsó fázisától): az ólomizotópos vizsgálatok alapján ehhez kötik a nagy arzén-, antimon- és ezüst-tartalmú *Ösenring* fémtípust, amelynek használata Skandináviáig megfigyelhető. Ezzel részben párhuzamosan egy nagyobb arzén- és nikkeltartalmú fémtípus (ún. *Einheitskupfer*) is elterjedt, amelyből a koszideri korszak bronzleletei, illetve az Aunjetitz/Únětice-kultúra nebrai kincsének tárgyai készültek. Ez utóbbi fémtípus forrását a Keleti-Alpokban Salzburgtól délre, Mitterberg térségéből ismert rézérc bányákhoz kapcsolja a kutatás, ahol a bányászat nyomait a Kr. e. 16–14. századra kelteznek a radiokarbon dátumok (Schubert & Schubert 1967; Liversage 1994; Krause 2003; Kiss 2009, 2012a; Duberow et al. 2009; Pernicka et al. 2016a, 2016b; Kovács et al. 2019; Radivojević et al. 2019; Nørgaard et al. 2021; Brozio et al. 2023; Artioli et al. 2024; vö. még Gyöngyösi et al. 2024, ebben a kötetben). Az eddig publikált, magyarországi bronzkori bronztárgyakat (Hajdúsámson, Százhalombatta, Téglás) érintő ólomizotópos elemzések ugyanezen két réztípus és -forrás jelentőségét igazolták (Pernicka 2013; Pernicka et al. 2016a; Ling et al. 2023). A Mitterberg-től nyugatra fekvő, ausztriai Inn-völgy és a délkelet-alpi (mai északolaszországi) régió bányavidékének szerepe is egyre jobban ismert Közép- és Észak-Európa bronzkori emlékéanyagában (Ling et al. 2019; Gavranović et al. 2022; Artioli et al. 2024). Kevesebb információ áll rendelkezésre a Vihorlat–Gutin hegység, illetve az Erdélyi-érchegység rézlelőhelyeinek őskori műveléséről (Czajlik 2012; Pernicka et al. 2016a; Quinn & Ciugudean 2018; Nessel & Pernicka 2020; Berger et al. 2022). Új eredményekkel szolgálhat a Kárpát-medencei réz nyersanyag-kereskedelmének szélesebb időhatárok között való, diakrón vizsgálata (Kiss & T. Romhányi 2023).

Az ón lelőhelyeit érintő legújabb kutatások megállapításai szerint folyóból mosott, másodlagos forrásokból származott a bronz fő ötvözője nemcsak Cornwall térségében, hanem a szerbiai Cserhegységben és a Cseh-Szász-érchegységben is (Haustein et al. 2010; Nessel et al. 2018; Powell et al. 2018). A mai németországi Nebra mellett előkerült égbolt korong ötvözetének elkészítésére Cornwallból érkező ónt használtak (Haustein et al. 2010). A Kárpát-medencében eddig a szerbiai és a Cseh-Szász-érchegység önforrásaival való kapcsó-





**3. ábra:** Réznyersanyag lelőhelyek és az őskorban művelt bányák (Δ) Közép- és Délkelet-Európában Czajlik 2012; Radivojević et al. 2019, Brozio et al. 2023 nyomán): 1. Trentino, 2. Schwaz-Brixlegg, 3. Glemmtal, 4. St. Veit, 5. Mitterberg-Bischofshofen, 6. Eisenerz, 7. Špania Dolina, 8 Jarmovac, 9. Ždrelo, 10. Majdanpek, 11. Rudna Glava, 12. Ai Bunar.

**Fig. 3:** Copper ore deposits, Chalcolithic and Bronze Age copper mines (Δ) in Central and Southeastern Europe (after Czajlik 2012, Radivojević et al. 2019; Brozio et al. 2023): 1. Trentino, 2. Schwaz-Brixlegg, 3. Glemmtal, 4. St. Veit, 5. Mitterberg-Bischofshofen, 6. Eisenerz, 7. Špania Dolina, 8 Jarmovac, 9. Ždrelo, 10. Majdanpek, 11. Rudna Glava, 12. Ai Bunar.

latot mutatták ki, emellett előtérbe került a Gölnic/Hlinec (Szlovákia) folyó régiója (Czajlik 2012; Powell et al. 2018; Powell et al. in prep).

A készítésestechnikai vizsgálatok az öntést követő megmunkálás (hideg-meleg alakítás, hőkezelés) részleteire világítanak rá (Barkóczy et al. 2011; Müller 2011; Kiss et al. 2013; Mödlinger et al. 2013, Szabó 2013; Kiss et al. 2015a; Szabó et al. 2019). A használati nyomok azonosítása tárgybiográfiai és eseményrégészeti szempontú kérdésekre is választ adhat, például, hogy az eszközöket, fegyvereket és ékszereket használták-e a deponálás előtt, vagy a hamvasztás folyamatában a sírban talált tárgyak mindegyike máglyára került-e (Tarbay 2016; Tarbay 2017; Kovács et al. 2019; V. Szabó 2019; Tarbay & Maróti 2022; Szabó 2022; Tarbay & Maróti 2023; Gyöngyösi et al. 2024, ebben a kötetben; Tarbay & Maróti 2024, ebben a kötetben).

A fémműves műhelyek azonosításában kiemelten nagy szerepet játszanak az öntőformák (Péterdi 2004; Müller 2006; Kienlin 2007; Dani 2013; Garbacz-Klempka et al. 2017; Müller 2018; Gavan 2020; Ilon 2022; Melis in print).

A Kárpát-medencei rézkori és bronzkori aranytárgyak hazai, roncsolásmentes XRF (4. ábra) és PIXE vizsgálatának köszönhetően egyre jobban körvonalazhatók a nyersanyag használatban megfigyelhető változások (Csedreki & Dani 2011; Szathmári et al. 2019, 2024; Tarbay & Maróti 2022; Kiss et al. in print). A térség nagyszámú, középső bronzkori aranyékszereinek zöme a Hartmann által elkülönített, 20% fölötti ezüsttartalmú A3 csoportba sorolható (Hartmann 1968, 1970, 1982). Izotópos vizsgálatok segítségével sikerült e csoporton belül elkülöníteni az angliai Cornwall térségének másodlagos forrásaihoz köthető, hasonlóan nagy ezüst-



**4. ábra:** Bronzkori arany karpánt PIXE és hajkarika pXRF mérése (fotó: Kertész Zsófia, Maróti Boglárka).

**Fig. 4:** PIXE measurement of a Bronze Age golden armband and handheld XRF measurement of a Bronze Age golden hair ring (photo: Zsófia Kertész, Boglárka Maróti).

tartalmú aranyból készült tárgyakat (A3D csoport néven; Borg 2010; Borg et al. 2019). A többi, A3 csoportba sorolt ékszer lelőhelyei leginkább a Kárpát-medencében sűrűsödnek, eredetüket azonban egyelőre nem lehet az Erdélyi-érhegységben a római kortól kitermelt, vagy a középkori aranybányászatáról híres Körmöcbánya térségében megtalálható elsődleges és másodlagos aranyérc lelőhelyekhez kötni (Ciugudean 2012; Kiss 2012a; Borg et al. 2019; Szathmári et al. 2024). Több tanulmánynak köszönhetően mára jobban ismertek a középső bronzkori arany hajfonatkarikák viaszveszejtéses öntésének és formai kialakításának, illetve a hasonló korú, gazdagon díszített, 300 grammos arany karpántok készítésének és díszítésének részletei (Hänsel & Weiherman 2000; Szathmári et al. 2019; 2024; Tarbay 2022; Tarbay & Lukács 2022; Dani & Kiss 2024; Dani et al. 2024). A középső és késő bronzkori előkelők aranyékszereinek régészeti és technológiai elemzése, valamint a deponálási szokások vizsgálata kibővíti a nemesfém tárgyak készítőiről és megrendelőiről eddig rendelkezésre álló ismereteket (Ilon 2015a; V. Szabó & Czukor 2017; V. Szabó 2019).

A mives bronz- és aranytárgyakat készítő fémművesek műhelyei és temetkezései régóta foglalkoztatják a kutatókat (Bátora 2002, 2009; Sofaer 2010; Nessel 2012; P. Fischl et al. 2013a; Nørgaard 2014; Peška 2016; Melis 2019; Gavan 2020; Molloy & Mödlinger 2020). Eltérő tudásszintjük elkülönítésére a készítéstechnikai vizsgálatok alapján Michael Kuijpers az amatőr, kézműves, mester és virtuóz kategóriák elkülönítését javasolta (Kuijpers 2017).

#### Kerámiavizsgálatok

A bronzkori kerámiát érintő első archeometriai vizsgálatok között említendő a dunántúli mészbetétes edények díszítésében megfigyelhető mészberakás elemzése; ennek során Wartha Vincze azt állapította meg, hogy a mészbetét anyaga nagyrészt égetett csont (Wosinsky 1904). A későbbi tanul-

mányok alapján a mészbetét összetétele többféle „receptre” utal a Nyugat-Magyarországtól a Vaskapuig terjedő térségben, a Kr. e. 3000 és 1500 közötti évszázadokban élt közösségeknél (Kostolac- és Vučedol-kultúrától az aldunai mészbetétes kerámia kultúrájáig): az égett (emlős) csont mellett kvarc, kalcit és dolomit hozzáadására (Roberts et al. 2008; Kreiter & Tóth 2010; Szabó & Hajdu 2011; Sofaer & Roberts 2016).

A korszak első komplex archeometriai kerámia vizsgálatai az 1980-as évek végén és az 1990-es évek elején születtek meg hazánkban a késő halomsíros–korai urnamezős kultúra szénbeépüléses, illetve bauxittal dúsitott anyagú edényei, és más késő bronzkori és kora vaskori kerámia részleteinek megismerését célozva (Varga et al. 1989; Gherdán et al. 2002; Ilon & Varga 1994). A későbbiekben számos vizsgálat érintette az alföldi teltek és a Dunántúl kora és középső bronzkori edény-művességét, és a késő bronzkori kerámiát (Kreiter 2006; Gherdán 2007, 2009; Kreiter 2007a, 2007b; Kreiter et al. 2007; Budden & Sofaer 2009; Kreiter & Tóth 2010; Antoni et al. 2011; Udvardi & Radics 2011; Mihály & Sándorné-Kovács 2011; Kreiter et al. 2020; Szeverényi et al. 2021).

A kerámia készítésének munkafolyamata terén az edénykészítési technikák (pl. hurka- vagy laptechnika) tanulmányozása (Gucsi 2006; Kreiter 2006; Kreiter 2007b; Budden & Sofaer 2009; Kreiter 2010; Sofaer & Budden 2013) mellett a felhasznált agyag és a soványító anyagok petrográfiai és röntgenfluoreszcens módszerrel végzett geokémiai vizsgálatai révén történtek előrelépések. Utóbbi elemzések bizonyították, hogy általában a települések közvetlen közeléből (<2 km) származó nyersanyagból készítették az edényeket a bronzkor kezdetétől a kései fázisig, és a soványító anyagok között legjellemzőbb a kerámiazúzalék (grog) használata, de kvarcítvakavicsos soványítás is előfordul (Kreiter 2006, 2007a, 2007b; Kreiter et al. 2007; Gherdán 2007, 2009; Budden & Sofaer 2009; Kreiter & Tóth 2010; Antoni et al. 2011; Kreiter et

al. 2020; Szeverényi et al. 2021). Néhány esetben, például Berettyóújfalu-Herpály középső bronzkori tell-településén kimutathatóvá vált a helyi, Ottomány-Gyulavarsánd-kultúrára jellemző kerámiastílushoz tartozó, de messzebből, legalább 35 km távolságból, a Körös mentéről beszerzett edények megléte is (Gherdán et al. 2007; Bernardini et al. 2024; Golitko et al. 2024). Más esetekben, többek között Dunaújvárosban és Tószezen viszont a formájukban és díszítésükben idegen, de helyi anyagú edények hívták fel a figyelmet távolabbról érkező, és a közösségbe betelepülő egyénekre és/vagy csoportokra (Reich 2006; Vicze 2011; Kiss 2012c; Bodnár et al. 2014). A kerámia kiégetésének hőfoka általában 650–850°C között határozható meg (Michelaki 2008; Kreiter 2010; P. Fischl et al. 2013a; Dani & Kulcsár 2019).

Az utóbbi időszakban az edények funkciójával, a használati kopásokkal és a kerámia másodlagos égésével is több tanulmány foglalkozott (**5. ábra**). Tárgybiográfiai és eseményrégészeti megközelítéssel sikerült meghatározni például a hamvasztás során a halotti máglyára került kerámiák eredeti helyzetét; a szervesanyag maradványok elemzése révén pedig jobban meghatározható egyes edénytípusok funkciója (pl. szoptatóedények, pácoló edények; Nyíri 2013; Fülöp & Váczi 2016; Gucsi & Szabó 2018; Dunne et al. 2019; Gucsi 2020; Polányi 2022; Szabó 2023). Az említett megfigyelések és kísérleti régészeti módszerek révén árnyalható az a korábbi elképzelés is, amely szerint kizárólag a temetkezés számára készült edények kerültek a korszak sírjaiba (Gucsí & Szabó 2018; Fülöp & Gucsi 2023; Gucsi 2023).

A specializáció kérdésköre a kerámia készítésével kapcsolatban is fontos vizsgálati szempontokat vet fel. Több tanulmány szolgált jó kiindulópontokkal a fazekasok tudásszintje, mester és inas „kezek” azonosításához, vagy a kerámia készítésében a gyerekek részvételének kimutatásához (Budden & Sofaer 2009; Sofaer et al. 2010; P. Fischl et al. 2013a; Fülöp 2016; Gucsi & Szabó 2018; Gucsi 2023).

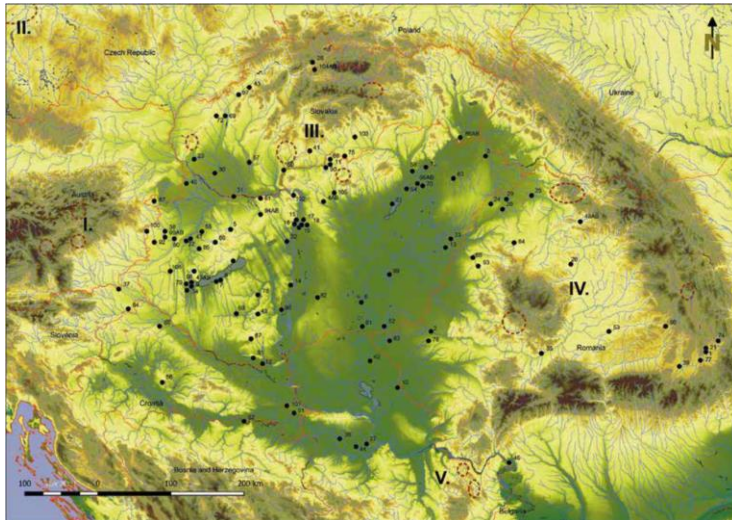
### Kőeszközök vizsgálata

A pattintott kő sarlópengék és nyílhegyek helyét a középső bronzkor 2. felétől átvették a mindennapokban a bronzból öntött sarlók és nyílhegyek. Ezzel összefüggésben kevés tanulmány érinti a pattintott kőeszközöket, pedig a bakonyi radiolaritok, illetve a tokaji obszidián kereskedelme ebben az időszakban is utal a dunántúli és alföldi közösségek közötti kereskedelemre (T. Biró 1996; Horváth 2004a; 2009, 2012, 2017). A csiszolt szerszámkövek között az őrlés szerszámjai (őrlőkövek, marokkövek, mozsarak) tovább is használatban maradtak (Bátora 1994; Horváth 2000, 2004b; Sofaer et al. 2010; Priskin 2022). A kőeszközök nyersanyagának vizsgálata általában helyi (1–5 km) és regionális (150–520 km) kőzetek használatát mutatta ki (T. Biró 1995, 1996; Horváth et al. 2000, 2016; Horváth 2004b, 2017; Péterdi 2004; Müller 2018; Péterdi et al. 2024, ebben a kötetben). Az újabb, nyugat- és közép-európai kutatások a használati nyomok vizsgálata során bronzal vagy arannyal érintkező, fémművesek által használt szerszámkövek használatát tárták fel (Garbacz-Klempka et al. 2017; Crellin et al. 2022; Müller et al. 2023; Melis in print).



**5. ábra:** Késő bronzkori edények; 1. közepes mértékű másodlagos égést mutató urna, az aljon megfigyelhető kerek fekete folt jelzi, hogy az edény álló helyzetben került fel a máglyára, Jobbágyi-Hosszú-dűlő (Fülöp & Váczi 2016, 3. kép nyomán); 2. erős másodlagos égés nyomait mutató edény, nyaka deformálódott, peremén egy régebbi csorbulással (használati nyommal), Balatonendréd-Öreghegy, 234. sír, 4. edény (Gucsí 2020, Fig. 4 nyomán).

**Fig. 5:** Late Bronze Age pottery; 1. Medium-sized, secondary burnt urn, the circular black patch on the base indicates that the vessel was vertically positioned on the pyre, Jobbágyi-Hosszú-dűlő (after Fülöp & Váczi 2016, Picture 3); 2. Vessel showing signs of severe secondary burning with an older chip on its rim, and its neck became distorted, Balatonendréd-Öreghegy, grave 234, vessel no. 4. (after Gucsi 2020, Fig. 4)



**6. ábra:** Késő bronzkori öntőformák elterjedése a Kárpát-medencében (Ilon 2022, Fig. 3).

**Fig. 6:** Distribution of Late Bronze Age moulds in the Carpathian Basin (Ilon 2022, Fig. 3).



**7. ábra:** Borostyán gyöngysor és csillag alakú fajanszgyöngyök a jászdózsai 2. kincsből (fotó: Makrai Péter, Damjanich János Múzeum).

**Fig. 7:** Amber necklace and star-shaped faience beads from the Jászdózsai hoard no. 2 (photo: Péter Makrai, Damjanich János Museum).

Hasonló jelentőségű módszer az őrlőkövek felszínén megtalálható fitolitok vizsgálata (Pető 2009; Priskin 2022). Az öntőformák legújabb gyűjtése (**6. ábra**) a fémművesség specializációja és központosítása kérdéskörének elemzését is lehetővé teszi (Gavan 2020; Ilon 2022).

A régészeti kőeszközök összehasonlító közetgyűjteményének, és a nagyműszeres vizsgálati eredményeknek adatbázisban való közzététele előremutató fejlesztés (Farkas-Pető & Horváth 2014; T. Biró et al. 2021, 11. ábra).

#### Borostyánkő- és üvegyöngyök vizsgálata

A Magyarországon előkerült bronzkori sírokban, kincsleletekben is megtalálható presztízs tárgyak a borostyánkő- és fajansz-, illetve üvegyöngyök. Az 1960-as évektől végzett anyagvizsgálatok az európai borostyánkő leletek döntő többségének balti eredetét mutatták ki (Beck & Sprincz 1981; Sprincz & Beck 1981). Az “észak aranyának” is nevezett balti borostyánkő (szukcinit) nyersanyag – a bronz kereskedelméhez hasonlóan – a folyóvölgyeket követő útvonalakon jutott el a közép- és dél-európai régiókba (Kneisel & Müller 2011; Ernée 2016; Jaeger 2016). A Kárpát-medence

térségében más, borostyánkővekhez hasonló kopál változatok is ismertek, például a Veszprém térségében megtalálható ajkait, vagy a romániai rumenit, így felmerült a kérdés, hogy a nehezen megszerezhető balti borostyánkőveket ezekkel helyettesíthették-e a bronzkori közösségek (Horváth 1999; Czebreszuk 2007). Legújabbán lengyel–magyar együttműködés eredményeként a korábbiánál jóval több, összesen 52 lelőhelyről sikerült összegyűjteni a magyarországi bronzkori borostyánkő ékszereket. Ezek közül a megvizsgált 12 kora, középső és késő bronzkori lelőhelyről származó gyöngyök infravörös spektroszkópiái (FTIR) elemzése újabb bizonyítékokkal szolgált a kora bronzkor 2. fázisától a Balti-tenger partvidékéről származó borostyánkő cserekereskedelméről a Kárpát-medence térségében (**7. ábra**, Jaeger et al. 2023). Az ajkait mintával való összevetés alapján az utóbbi nyersanyag használata nem mutatható ki, aminek magyarázatát az is adhatja, hogy az ajkait természetes előfordulása kréta kori kőzetrétegekben, nagy mélységben található (Botfalvai et al. 2021). Az eddigi leletek arra utalnak, hogy a borostyánkőgyöngyök kész formában érkeztek, hiszen nyers borostyán tömbök eddig nem kerültek elő a leletanyagban. Az újabb

bronzkori település feltárásokon (pl. Kakucs-Turján mögött, Százhalombatta-Földvár) és egy kincsleletben (Takácsi-Református-erdő-dűlő) *in situ* is előkerült apró borostyánkőgyöngyök a szitalásos és flotálásos ásatási technikák fontosságára hívják fel a figyelmet (Horváth 1999; Jaeger et al. 2023).

Az üvegyártás technológiája Egyiptomban és Mezopotámiában jelent meg a Kr. e. 2. évezredben. Az első, magyarországi bronzkori üvegleleteket érintő archeometriai vizsgálatok a bakonyi késő bronzkori halomsírokból előkerült üvegyöngyökön készültek (Jankovits 1992; Varga 1992). Ennél korábbra keltezhetők a Kárpát-medence kora és középső bronzkori sírjaiból ismert üveges anyagú, többes tagolású, illetve négyszögletes, csillag alakú kékes színű gyöngyök (**7. ábra**), melyeket általában fajanszgyöngynek, de olykor pasztagyöngynek nevez a kutatás (Bátora 1995; Józsa et al. 1999). Az apró fajanszgyöngyöket térségünkben általában az Észak- és Dél-Európát összekötő távolsági kereskedelem bizonyítékának tartották, amely révén a balti borostyánkő és az égei bronzkori közösségek területéről származtatott (az egyiptomi fajanszok nyomán készült) gyöngyök az adriai partvidéktől északra vezető kapcsolatok révén a Kárpát-medence régiójában cseréltek gazdát (Kovács 1979; Horváth 2004a; Primas 2008). A tovább fejlődött technológiának köszönhetően a késő bronzkori Európa számos térségében ismertek kék alkáli üvegyöngyök, pl. a mükénéi kultúra vagy a halomsíros és urnamezős kultúra sírjaiban, valamint hasonló korú skandináviai temetkezésekben és Észak-Olaszország késő bronzkori falvaiban (Venclová et al. 2011; Henderson 2013; Varberg et al. 2016).

A Hódmezővásárhely-Kopáncs középső bronzkori temetkezéséből származó fajanszgyöngyök petrográfiai vizsgálata azt állapította meg, hogy nyersanyaguk kvarchomok volt (Józsa et al. 1999). Utóbbi 1700 °C-os olvadáspontját alkáli elemeket tartalmazó “folyósító” anyagok, sók hozzáadásával a korszak kerámia- és fémművésegy gyakorlatában már elérhető 1200–1100 °C-ra csökkentették. Az észak-olaszországi bronzkori gyöngyök elemzése alapján a korai (Kr. e. 1700–1450) fajansz ékszerek és a késő bronzkori üvegyöngyök is az ún. kevert alkáli vagy LMHK típusba sorolhatók (kis magnézium- és nagy kálium-tartalmú anyag; Angelini et al. 2005). Ezt a nyersanyagot több mint 30 európai lelőhelyen megtalálták, ami a típus helyi eredetét támasztja alá. A Frattésinában előkerült műhely is a helyi gyártás bizonyítéka (Venclová et al. 2011, Fig. 1). A kis magnézium-tartalmú üvegeknél valószínűleg ásványi eredetű adalékokból származhatnak az alkáli elemek (nátron üveg), míg az egyiptomi eredetű technológiát követő kelet-mediterrán térség nagy magnézium-tartalommal (2–6%) jellemezhető ékszerei esetében sótartalmú növények elégetéséből nyert növényi hamu azonosítható “folyósító” adalékként. A hazai késő

bronzkori üvegyöngyök prompt-gamma aktivációs analitikai (PGAA) vizsgálata azt állapította meg, hogy ezek nagy magnézium-tartalma a mükénéi kultúra üvegeihez hasonlít, így hasonló készítményekkel vagy a Kelet-Mediterráneumból érkező félkész üvegöntvény-nyersanyag importjával lehet számolni, melyekből másodlagos üvegtisztító műhelyek állították elő az apró gyöngyöket (Ilon & Kasztovszky 2016; Mengyán et al. 2023).

### **Kormeghatározás**

A bronzkori relatív kronológia naptári keltezését lehetővé tevő abszolút dátumok a 20. század végén váltak nagyobb számban elérhetővé. Az első, 99 dátumból álló magyarországi bronzkori radiokarbon adatsor a kora és középső bronzkori tell-települések kutatását összefoglaló kiállítás katalógusában látott napvilágot (Raczky et al. 1992; Forenbacher 1993). Ezek segítségével pontosíthatóvá vált a kora bronzkor kezdete, amely a korábban elfogadott Kr. e. 1900-as dátum helyett Kr. e. 2600/2500-ra módosult. A zömmel külföldi laborokban készült első hazai, bronzkori konvencionális <sup>14</sup>C dátumok után az ATOMKI debreceni laboratóriumának köszönhetően lassan szaporodni kezdtek a már itthon (is) készült keltezési adatok (összefoglalóan P. Fischl & Kulcsár 2011; Kulcsár 2011; Kiss 2012b; Ilon 2015b; Kiss et al. 2015b). A rézkor és bronzkor között beiktatásra került egy (Kr. e. 2800–2600 közé eső) átmeneti fázis (Heyd et al. 2013; Jaeger & Kulcsár 2013). A leggyakrabban használt időrend szerint a Kárpát-medencei kora bronzkor Kr. e. 2600/2500–2000 közé keltezhető, a középső bronzkor végét és a késő bronzkor kezdetét pedig Kr. e. 1500/1450 körülre teszi a kutatás (P. Fischl et al. 2013b; P. Fischl et al. 2015). Az egyre több hazai bronzkori radiokarbon adat elérhetőségében jelentős szerepe van az új debreceni AMS laboratórium adta lehetőségeknek (Molnár et al. 2012). Ennek is köszönhető, hogy újabban több tanulmány látott napvilágot a kora és középső bronzkor, valamint a halomsíros kultúra időszaka abszolút keltezésére vonatkozó adatsorokkal (Szabó 2017; Csányi 2019; Czajlik et al. 2019; Ilon 2019; Kiss et al. 2019; Staniuk 2021). A datálás pontosításában a Bayes-modellezéshez (Melis 2024, ebben a kötetben) hasonlóan fontos eredményekkel járhat a sírok DNS vizsgálatából származó biológiai rokonsági adatoknak a radiokarbon keltezéssel való összevetése (Massy et al. 2022; Gerber et al. 2023; Kiss et al. 2023).

Az égett csontok radiokarbon vizsgálata sokáig eredménytelen volt, mivel a nagy hőmérséklet hatására a csont – általában korhatározásra használt – szerves (kollagén) állománya megsemmisül. Az utóbbi évtizedekben sikerült továbbfejleszteni azt az eljárást, amellyel a csont szövetlen széntartalmának (a bioapatitnak is nevezett kalcium-foszfátba ágyazott karbonátnak) a keltezése sikeresen elvégezhető. A módszer lényege annak felismerése,

hogy a 600 °C fölött elhamvasztott csontban ez a szervesen összetevő átkristályosodik, s bár az égés miatt kis mennyiségben marad fenn, de stabilabbá válik, és már 2 grammnyi mennyiség esetén is alkalmas AMS radiokarbon vizsgálatra. J. N. Lanting és munkatársai 2001-ben publikálták a groningeni laborban készült nagyobb mintasorozatot, amelynek során régészeti korú hamvasztott csontmaradványok radiokarbon keltezését végezték el más anyagú, pl. faszén minták alapján már ismert abszolút dátumokkal összehasonlítva (Lanting et al. 2001, Table 1–3). Bár a hamvak vizsgálatának eredményei legtöbbször jól megfeleltek a várt kornak, esetenként eltérések is megfigyelhetők; ezzel is összefügg, hogy az utóbbi évtizedig csak a régészeti abszolút dátumok 6%-a származik hamvasztásos temetkezésekből (Olsen et al. 2008, 2013; Zazzo & Saliège 2011; Snoeck et al. 2014). Az utóbbi években a magyarországi bronzkorra keltezhető hamvasztásos maradványokból is készültek sikeres tandem-keltezések, vagyis a hamvasztott csont mellett azonos sírből származó faszén vagy égetetlen csont kollagén párhuzamos datálása a pontosság tesztelésének céljával. Fontos módszertani szempont, hogy a megfelelő keltezéshez – FTIR elemzéssel megállapított – magas hőfokon kiégett minták használatára van szükség (Dani et al. 2019; Major et al. 2019).

### **Leletfelderítés és környeztrégészet**

Az ismert lelőhelyek kiterjedésének pontosításában jelentős a szisztematikus, roncsolásmentes kutatások, így az intenzív és extenzív terepbejárások, felmérések, a légi-, LIDAR és műholdfelvételek szerepe. A LIDAR felvételek például az erdővel fedett területek vizsgálatát teszik lehetővé. A geodéziai felmérés eredményeként 3D domborzatmodell hozható létre az adott területről (Mesterházy 2013; P. Fischl et al. 2016).

A terepbejárás eredmények mellett a geofizikai felmérés is számos értékes adattal szolgálhat a bronzkori települések és környezetük kutatásában, melyek segítségével kijelölhető a később ásatással is vizsgálni kívánt terület, vagy éppen információ nyerhető a feltárással érintett területen kívül elhelyezkedő régészeti jelenségekről (Kőszegi & Farkas 2007; Bertók & Gáti 2014; P. Fischl et al. 2016; Szabó 2016; Melis et al. 2023) és az egykori őskörnyezetről (Bóka & Martyin 2008; Pető 2009; Gyucha et al. 2013; Ilon et al. 2016; Jaeger et al. 2018; Szilas & Tóth-Farkas 2023). Az utóbbi években a topográfiai kutatások megújítását célzó munkák során az érintett módszerek több fontos összefoglalása született meg, többek között a bronzkor hajnalára keltezhető kurgánok, a középső bronzkori tell-települések körül elhelyezkedő síktelepek, a bronzkori kincsleletek felderítése vagy a korszak fémkeresős terepi kutatásai kapcsán (V. Szabó 2019; Czajlik 2022; Dani et al. 2017; Ilon 2022; Saláta et al. 2023; Kovács & Pető 2024).

A régészeti lelőhelyek körül végzett környezet-történeti és környeztrégészeti, geoarcheológiai kutatások a bronzkor időszakát érintően is új lendületet kaptak az utóbbi évtizedekben, több mikrorégióban végzett talajfúrásokkal, pollenelemzésekkel, esetenként archeobotanikai, archeozoológiai és komplex régészeti adatgyűjtéssel kiegészülve (a teljesség igénye nélkül: Gál et al. 2005; Zatykó et al. 2007; Ilon et al. 2011; Sümegi et al. 2015; P. Fischl et al. 2016; Ilon et al. 2016).

### **Biorégészet**

A biorégészet legfontosabb forrását az emberi és állati maradványok jelentik. Az archeozoológiai vizsgálatok nemcsak az állattartás és táplálkozás, hanem a temetkezési rítus és a csont- és agancseszközök jobb megismerését teszik lehetővé (Choyke 1984; Bartosiewicz 1996; Vörös 1996). A korszak egyik fontos kérdése a ló háziasítása és használatba vételének részletei (Bozi & Szabó 2022, további irodalommal).

A csontok embertani elemzése révén meghatározható az egykor élt ember neme és életkora. Paleopatológiai vizsgálatokkal kideríthető, hogyan élt és végzett-e megerőltető munkát, milyen betegségei voltak (K. Zoffmann 1999; Hajdu 2008; Köhler 2011; K. Zoffmann & Hajdu 2017). A hamvasztás során aprózódott csontmaradványokból is megállapítható az elhunyt neme, életkora, és egyes betegségek megléte, ahogyan az utóbbi évtizedek nagyobb hamvasztásos temetőfeldolgozásai bizonyítják (Kalicz-Schreiber et al. 2010; Ilon et al. 2011; Szabó & Hajdu 2011; Szeverényi et al. 2020).

A csontvázas temetkezések embertani vizsgálatát kiegészítő stabilizotópos és DNS vizsgálatokból újabban már azt is megtudhatjuk, hogy milyen ételeket evett, másutt született-e, mint ahol eltemették, vagy megállapítható-e rokonság az együtt eltemetettek között (összefoglalóan Anders 2016; Kiss et al. 2021). A biorégészeti kutatások a viselkedéstudományi, környezeti és társadalmi szempontokkal kiegészítve bioszociális régészeti elemzésre is lehetőséget adnak (Bánffy 2013; Zvelebil & Pettitt 2013).

Az utóbbi években megismert esettanulmányokból a stabilizotópos és DNS vizsgálatok alapján kirajzolódik a bronzkori társadalom néhány jellegzetesége, például a vérségi, kiscsaládi egységek és a patrilokális, exogám házassági szokások rendszere (Gerling et al. 2012; Frei et al. 2015, 2017; Knipper et al. 2017; Mittnik et al. 2019). Utóbbi bizonyítéka például, hogy az anyai ági genetikai vonalak változatosabbak, mint az apai vonalak (Gerber et al. 2023; Kiss et al. 2023, Fig. 6). A stroncium és oxigén stabilizotópos elemzés a hamvasztásos temetkezések esetében is lehetőséget nyújt a nem helybenszületett egyének kimutatására (Cavazzuti et al. 2019, 2021). A szén- és nitrogénizotópos vizs-

gálatok eredményei a növényi és állati maradványokkal összevetve a bronzkori emberek táplálkozásának jobb megismerését is lehetővé teszik (részletesebben: Pásztor et al. 2024, ebben a kötetben). Az anyai öröklődésű mitokondriális leszármazási vonalak mellett az apai Y-kromoszómális vonalak (haplocsoportok) vizsgálata, illetve a teljes genom szintű elemzés választ adhat arra, hogy a bronzkori régészeti kultúrák és a hozzájuk kapcsolt kulturális jelenségek mögött kimutathatók-e genetikailag hasonló vagy eltérő gyökerű népcsoportok. A ma elérhető eredmények szerint a bronzkor első ezer évében alapozódik meg a mai Európa genetikai képe, mely az immáron jelen levő három fő komponens, a középső kőkor (mezolitikum) vadászó-gyűjtögetői, a mai Törökország és a Balkán felől bevándorló újkőkori földművesek és a kelet-európai sztyeppéről a 3. évezred közepén, vagyis a bronzkor hajnalán érkezett pásztorok régióként eltérő arányú keveredéséből jött létre. Ritka esetekben a fertőző megbetegedések, például a lepra, pestis, hepatitis B pontosabb azonosítására is van mód molekuláris biológiai elemzés segítségével (Kiss et al. 2021; Gerber et al. 2023 további irodalommal). A régészeti kultúra, valamint a biológiai és nyelvi csoportok azonosítása terén azonban megfelelő óvatosság szükséges, ahogyan arra több tanulmány is felhívta a figyelmet (Heyd 2017; Eisenmann et al. 2018; Brück 2021; Maran 2022). Az egykori társadalom modellezésekor a természettudományok és humán tudományok (a történettudomány mellett kulturális antropológia, néprajz, szociológia) érvrendszerének integrálásával lehet helyes következtetésekre jutni.

Az életmód rekonstruálása mellett épen megőrződött koponyák esetében az egyének megjelenésének vizualizációja, szobrászi és számítógépes, háromdimenziós arckonstrukciók készítése is lehetővé válhat. Jó megtartású DNS adatoknak köszönhetően ezt kiegészíthetik a fenotípusos jellegek, például a pigmentáció (szemszín, hajszín, bőrtónus) meghatározása (Kustár et al. 2020; Kustár et al. 2022; Gerber et al. 2023).

Az utóbbi évtizedben jelentős előrelépések történtek a közép-európai bronzkori textilek vizsgálatában, növényi és állati textil maradványok felderítésével (néhány példát említve: Bergerbrant 2007; Bergfjord et al. 2012; Grömer 2016; Frei et al. 2017). A magyarországi bronzkori emléanyagban egyelőre csak néhány, fémkorrózió által megőrzött töredék, vagy kerámia felületére nyomódott textil lenyomat (Nagy 2013; Gucci & Szabó 2018, Fig. 9; Kiss et al. 2017; Pásztor et al. 2024, ebben a kötetben), valamint az orsógombok és szövöszéknehezékek vizsgálatára került sor (Bergerbrant 2018).

### **Műszeres háttér**

Az utóbbi húsz évben a multidiszciplináris kutatások fejlődésének és az elhivatott szakembe-

reknek köszönhetően folyamatosan fejlődött a hazai laboratóriumi háttér. Míg számos elemzést korábban csak nemzetközi együttműködésben lehetett elvégezni, az archeometriai kutatásokban résztvevő hazai egyetemek (ELTE TTK, Miskolci Egyetem, Debreceni Egyetem) és az egykori MTA Kutatóközpontok (ma HUN-REN Atomki, Energiatudományi Kutatóközpont, Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont) műszerparkja mellett további intézményekben is végeznek archeometriai kutatásokat az utóbbi évtizedben (Szabó et al. 2019, 2. táblázat). A HUN-REN BTK Régészeti Intézetében is rendelkezésre állnak leletdiagnosztikai vizsgálatokra és terepi kutatásra alkalmas műszerek (<https://ri.abtk.hu/hu/8-aktualis/457-mikroszkopos-vizsgalatok-a-regeszeti-intezetben>). Az ELTE BTK Régészettudományi Intézetében megalakult az Archeometria, Régészeti Örökség és Módszertan Tanszék (<https://regeszet.elte.hu/content/archaeometriai-labor-main-cont.c3c.1125?m=6550>). A MNM KK NRI Archeometriai Laborban talajmikromorfológiai vizsgálat, kőeszközök, építőanyagok és kerámiák, fém- és üvegtárgyak, egyéb szerves, továbbá szerves anyagok összetétel-elemzésére van lehetőség. Mindemellett meg kell jegyezni, hogy a vizsgálatok továbbra is költségesek, és a különböző diszciplínák művelői között még ma sem rutinszerű az együttműködés.

### **Összegzés**

A bemutatott módszereknek köszönhetően a bronzkorban használt kerámia, kő, fém és egyéb tárgyak nyersanyagvizsgálata alapján a korábbiánál jobban körvonalazhatók a lokális, regionális és interregionális kapcsolatok, valamint a készítési folyamatok (*chaîne opératoire*). A tárgybiográfiai megközelítés a fém és kerámia tárgyak sokrétű életére is rávilágíthat. A biorégészeti vizsgálati eredmények a bronzkori kapcsolatok természetét, például a nyersanyagforgalom és a mobilitás összefüggéseit tárhatják fel, pontosabb választ adva a régi kérdésre: kereskedelem vagy mobil közösségek állhatnak-e a fegyverek, ékszerek és kerámia edények által kirajzolt hálózatok mögött. A specializáció vizsgálata a bronzkori kerámia-, fém-, kő- és csonttárgyak készítésével kapcsolatban egyaránt fontos szempontokat vet fel a bronz- és aranyművesek, fazekasok eltérő tudásszintjei, a mester és inas „kezek” azonosításához.

A radiokarbon dátumok tekintetében a továbblépés irányát a finomabb kronológia felé az adatok modellezése jelentheti: egy-egy lelőhelyről származó nagyobb sorozatok Bayes-elemzésével, vagy a sírok DNS vizsgálatából származó biológiai rokonsági adatok és a radiokarbon dátumok összevetésével.

A települések és temetők feltárása során fontos a mintavételek protokolljának ismerete és betartása.

A több lelőhelyen alkalmazott szitálásos és flotálásos ásatási technikák előnyeire hívják fel a figyelmet a települési jelenségekből előkerülő apró halcsontok és borostyánkőgyöngyök. Ezt követően elengedhetetlen a minták helyes tárolása, megfelelő hőmérséklet és páratartalom mellett. Jelentős fejlesztés a régészeti kőeszközök összehasonlító köztegyűjteményének, és a kőeszközök nagyműszeres vizsgálati eredményeinek adatbázisa. A tanulmányokban publikált mintavételi adatok és elemzési eredmények a szakemberek számára elérhető hasonló, online adatbázisokban való rögzítése egyre fontosabb követelmény. Így az elkészült vizsgálatokra épülve könnyebben tervezhetővé válhatnak az újabb kutatási célkitűzések és projektek.

### Köszönetnyilvánítás

Jelen tanulmány az Archeometriai módszerek és esettanulmányok a bronzkor kutatásában Magyarországon címmel a HUN-REN BTK Régészeti Intézetben megrendezett előadónapon elhangzott előadás szerkesztett változata. Az előadónap megrendezését az MTA Lendület programja támogatásával létrejött MTA–BTK Lendület Mobilitás Kutatócsoport (LP 2015-3/2015-2023), míg a cikk elkészülését az MTA–BTK Lendület Bázis Kutatócsoport (LP 2023-8) támogatta. Az 1. ábra fotójáért T. Biró Katalinnak, a 6. ábra felhasználásának lehetőségéért a szolnoki Damjanich János Múzeum munkatársainak tartozom hálával. Köszönet illeti a tanulmány lektorait, Ilon Gábort és Szilágyi Veronikát is, akik segítséget nyújtottak jelen összefoglalás (a korlátozott terjedelem mellett) minél teljesebbé tételére.

### A szerző tudományos közreműködése

**Kiss Viktória** Eredeti és javított kézirat, Vizualizáció.

### Irodalom

ANDERS A. (2016): Újkőkori nőtörténet – bioszociális régészet Polgáron. *Tisicum* **25** 15–24.

ANGELINI, I., ARTIOLI, G., BELLINTANI, P. & POLLA, A. (2005): Protohistoric vitreous materials of Italy: from early faience to final bronze age glasses. In: COOL, H. ed., *Annales of 16<sup>th</sup> AIHW Congress*. London, 32–36.

ANTONI J., CSUPOR I. & UDVARDI B. (2011): Régi fazekasok öreg cserepei. Adalékok a korabronzkori fazekassághoz. In: KVASSAY J. ed., *Évkönyv és jelentés a Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat 2009. évi feltárásairól*. Budapest, 137–161.

ARTIOLI, G., ANGELINI, I., NIMIS, P. & VILLA, I.M. (2016): A lead-isotope database of copper ores from the Southeastern Alps: A tool for the investigation of prehistoric copper metallurgy. *Journal of Archaeological Science* **75** 27–39.

<https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.09.005>

ARTIOLI, G., ANGELINI, I., CANOVARO, C., KAUFMANN, G. & VILLA, I.M. (2024): Lead isotopes of prehistoric copper tools define metallurgical phases in Late Neolithic and Eneolithic Italy. *Nature Scientific Reports* **14** 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54825-z>

BÁNFFY, E. (2013): Német–magyar bioarcheológiai kutatási program az MTA BTK Régészeti Intézetben. *Magyar Régészet* **2013** 1–6.

BÁTORA, J. (1994): Hunting in the Early Bronze Age in Slovakia. *Pamiatky a Múzea* **1994/4** 11–12.

BÁTORA, J. (1995): Fayance und Bernstein im nördlichen Karpatenraum während der Frühbronzezeit, In: HÄNSEL, B. Hrsg., Handel, Tausch und Verkehr im bronze- und früheisenzeitlichen Südosteuropa. *Prähistorische Archäologie in Südosteuropa* **11** München–Berlin, 187–196.

BÁTORA, J. (2002): Contribution to the problem of „craftsmen” graves at the end of Aeneolithic and in the Early Bronze Age in Central, Western and Eastern Europe. *Slovenská Archeológia* **50** 179–228.

BÁTORA, J. (2009): Metallurgy and Early Bronze Age Fortified Settlements in Slovakia. *Slovenská Archeológia* **57** 195–219.

BARKÓCZY P., KOVÁCS Á. & P. FISCHL K. (2011): Réz és bronz leletek metallográfiai és metallurgiai vizsgálatai. *Archeometriai Műhely* **VIII/4** 293–304.

BARTOSIEWICZ, L. (1996): Bronze Age animal keeping in Northwestern Transdanubia, Hungary. *Pápai Múzeumi Értesítő* **6** 31–42.

BARTOSIEWICZ, L. & KÖLTŐ, L. (1998): *Archaeometrical Research in Hungary II*. Magyar Nemzeti Múzeum és Somogy Megyei Múzeumok Igazgatósága, Budapest-Kaposvár-Veszprém, 322 pp.

BECK, C.W. & SPRINCZ, E. (1981): A szegedi Móra Ferenc Múzeum bronzkori borostyánkőgyöngyeinek eredete. *Archaeologiai Értesítő* **108** 206–210.

BERGER, D.; BRÜGMANN, G., BUNNEFELD, J.-H. & PERNICKA, E. (2022): Identifying mixtures of metals by multi-isotope analysis: Disentangling the relationships of the Early Bronze Age swords of the Apa–Hajdúsámson type and associated objects. *Archaeometry* **64** 44–74. <https://doi.org/10.1111/arc.12714>

BERGERBRANT, S. (2007): *Bronze Age Identities: Costume, Conflict and Contact in Northern Europe 1600–1300 BC*. Stockholm Studies in Archaeology **43** Bricoleur Press, Stockholm, 232 pp.



- BERGERBRANT, S. (2018): Creativity and spindle whorls at the Bronze Age tell of Százhalombatta–Földvár, Hungary. In: JØRGENSEN BENDER, L., SOFAER, J. & SØRENSEN, M.L.S. eds., *Creativity in the Bronze Age understanding innovation in pottery, textile, and metalwork production*. Cambridge University Press, Cambridge, 91–98.  
<https://doi.org/10.1017/9781108344357.033>
- BERGFJORD, C., MANNERING, U., FREI, K., GLEBA, M., SCHARFF, A.B., SKALS, I., HEINEMEIER, J., NOSCH, M.-L. & HOLST, B. (2012): Nettle as a distinct Bronze Age textile plant. *Nature Scientific Reports* **2** 664.  
<https://doi.org/10.1038/srep00664>
- BERNARDINI, F., DE MIN, A., VELICOGNA, M., ROFFET-SALQUE, M., KISS, V., KASZTOVSZKY, Z., MARÓTI, B., SZILÁGYI, V., MELIS, E. & LEGHISSA, E. (2024): Provenance, technology and possible function of Gáta–Wieselburg vessels from the Trieste Karst (northeastern Italy). *Archaeometry* **66(5)** 1016–1035. <https://doi.org/10.1111/arc.12953>
- BERTÓK G. & GÁTI Cs. (2014): *Régi idők – új módszerek*. Archaeolingua, Budapest – Pécs, 171 pp.
- T. BIRÓ, K. (1995): Lithic implements of Gó, NW Hungary; evidence of stone casting moulds production: preliminary results. In: MANIATIS, Y., HERZ, N., BASIAKOS, Y. eds., *The study of Marble and Other Stones used in Antiquity*. Asmosia III Athens: Transactions of the 3<sup>rd</sup> International Symposium of the Association for the Study at Marble and Other Stones used in Antiquity. Archetype, Athen, 51–56.
- T. BIRÓ, K. (1996): Késő bronzkori kőeszközök Németbánya határából. *Pápai Múzeumi Értesítő* **6** 219–234.
- T. BIRÓ K. (1998): Beszámoló a 31. Nemzetközi Archeometriai Szimpóziumról. *Iparrégészeti és Archeometriai Tájékoztató* **15–16** 5–7.
- T. BIRÓ K. & JEREM, E. (2002): *Archaeometry 98. Proceedings of the 31<sup>st</sup> Symposium, Budapest, April 26–May 3 1998*. BAR IS **1043** Oxford.
- T. BIRÓ K., HEGEDŰS P. & SZILÁGYI K. (2021): Kigyla – A „Csiszolt kőeszköz és szerszámkő nyersanyagok nagyműszeres vizsgálata a Kárpát-medence és környezete őskori távolsági és regionális kereskedelmi hálózatának feltérképezéséhez” c. NKFIH projekt adatbázisa. *Archeometriai Műhely* **XVIII/3** 261–272.  
<https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2021-019>
- BODNÁR CS., KREITER A., MAY Z., PÁNCZÉL P. & TÓTH M. (2014): Mészbetétes kerámia az Alföldön – helyi vagy idegen? In: KISS, V., KULCSÁR, G., V. SZABÓ, G. & VÁCZI, G. szerk., *A bronzkor kutatásának helyzete Magyarországon*. A 2014. december 17-18-án rendezett konferencia előadásainak kivonatai. MTA BTK Régészeti Intézet/ELTE BTK Régészettudományi Intézet, Budapest, 82.
- BÓKA G. & MARTYIN E. (szerk.) (2008): *Körös-menti évezredek – Régészeti ökológiai és településtörténeti kutatások a Körös-vidéken*. Gyulai Katalógusok **13** Gyula, 192 pp.
- BORG, G. (2010): Warum in die Ferne schweifen? Geochemische Fakten und geologische Forschungsansätze zu Europas Goldvorkommen und zur Herkunft des Nebra-Goldes. In: BERTEMES, F. & MELLER, H. eds., *Der Griff nach den Sternen. Wie Europas Eliten zu Macht und Reichtum kamen*. 5<sup>th</sup> Archaeological Conference of Central Germany, February 16-21, 2005 in Halle (Saale). Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle 11. Halle (Saale), 735–750.
- BORG, G., PERNICKA, E., EHSER, A., LOCKHOFF, N., CAM, G.S. & SMALE, V.C. (2019): From distant lands – Provenance studies of natural gold in comparison to the gold of the Sky Disc of Nebra. In: BERTEMES, F. & MELLER, H. eds., *Der Aufbruch zu neuen Horizonten. Neue Sichtweisen zur europäischen Frühbronzezeit*. Abschlussstagung der Forschergruppe FOR550 vom 26. bis 29. November 2010 in Halle (Saale). Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle (Saale) Band 19. Halle (Saale) 55–78.
- BOTFALVI, G., MAKÁDI, L., GÁSPÁR, G. & ÖSI, A. (2021): A unique Late Cretaceous dinosaur locality in the Bakony-Balaton Geopark of Hungary (Iharkút, Bakony Mts.). *Geoconservation Research* **4** 2.  
<https://doi.org/10.30486/gcr.2021.1922052.1081>
- BROZIO, J. P., STOS-GALE, Z., MÜLLER, J., MÜLLER-SCHEEBEL, N., SCHULTRICH, S., FRITSCH, B., JÜRGENS, F. & SKORNA, H. (2023): The origin of Neolithic copper on the central Northern European plain and in Southern Scandinavia: Connectivities on a European scale. *PLoS ONE* **18** e0283007.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283007>
- BUDDEN, S. & SOFAER, J. (2009): Non-discursive Knowledge and the Construction of Identity Potters, Potting and Performance at the Bronze Age Tell of Százhalombatta, Hungary. *Cambridge Archaeological Journal* **19** 203–220.  
<http://dx.doi.org/10.1017/S0959774309000274>
- CAVAZZUTI, C., SKEATES, R., MILLARD A. R., NOWELL, G., PETERKIN, J., BERNABÒ BREA, M., CARDARELLI, A. & SALZANI, L. (2019): Flows of people in villages and large centres in Bronze Age Italy through strontium and oxygen isotopes. *PLoS ONE* **14** e0209693.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209693>

CAVAZZUTI, C., HAJDU, T., LUGLI, F., SPERDUTI, A., VICZE, M., HORVÁTH, A., MAJOR, I., MOLNÁR, M., PALCSU, L. & KISS, V. (2021): Human mobility in a Bronze Age Vayta 'urnfield' and the life history of a high-status woman. *PLoS One* **16** e0254360.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254360>

CHOYKE, A.M. (1984): An analysis of bone, antler and tooth tools from Bronze Age Hungary. *Mitteilungen des Archäologischen Instituts der Ungarischen Akademie der Wissenschaften* **12/13** 13–57.

CIUGUDEAN, H. (2012): Ancient gold mining in Transylvania: The Roşia Montană – Bucium Area. *Caiete ARA* **3** 219–232.

CRELLIN, R., TSORAKI, C., STANDISH, C., PEARCE, R., BARTON, H., MORRIS, S., HARRIS, O. (2022): Materials in movement: Gold and stone in process in the Upton Lovell G2a burial. *Antiquity* **97** 1–18.

<https://doi.org/10.15184/aqy.2022.162>

CSÁNYI M. (2019): Kik voltak ők és honnan jöttek? Abszolút időrendi adatokból leszűrhető következtetések a jánoshidai késő bronzkori temetőben. *Tisicum* **27** 47–64.

CSEDREKI, L. & DANI, J. (2011): A hencidai rézkori aranykincsen végzett PIXE vizsgálatok tanulságai. *Archeometriai Műhely* **VIII/4** 285–291.

CZAJLIK, Z. (1996): Ein spätbronzezeitliches Halbfertigprodukt: Der Gusskuchen. Eine Untersuchung anhand von Funden aus Westungarn. *Archaeologica Austriaca* **80** 165–180.

CZAJLIK, Z. (2012): *A Kárpát-medence fémnyersanyag-forgalma a későbronzkorban és a vaskorban*. ELTE Bölcsészettudományi Kar, Budapest, 171 pp.

CZAJLIK, Z., (2015): Luftbildarchäologische Forschungen im Komitat Borsod-Abaúj-Zemplén (Ungarn). In: ILON, G. & SZATHMÁRI, I. eds., *An der Grenze der Bronze- und Eisenzeit. Festschrift für Tibor Kemenczei zum 75. Geburtstag*, Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest, 53–66.

CZAJLIK Z. (2022): *A terepi kirándulástól a domborzatmodellig. Bevezetés a régészeti topográfiába*. L'Harmattan Kiadó, Budapest, 212 pp.

CZAJLIK, Z., MOLNÁR, F. & G. SÓLYMOS, K. (1999): On the Origin of Late Bronze Age Semiproducts found at Celldömölk-Sághegy according to Electronmicroprobe Studies. *Communicationes Archaeologicae Hungariae* **1999** 35–47.

CZAJLIK, Z., FEJÉR, E., NOVINSZKI-GROMA, K., JÁKY, A., RUPNIK, L., F. SÖRÖS, Zs., BÖDÖCS, A., CSIPPÁN, P., DARABOS, G., GERGÁCS, R., GYÖRKÖS, D., HOLL, B., KIRÁLY, G., KÜRTHY, D., MARÓTI, B., MERCZI, M., MERKEL, M., NAGY, B., PUSZTA, S., SZÖLLŐSI, B.Sz., VASS, B. & CZIFRA, Sz. (2019): Traces of prehistoric land use on the Süttő plateau. In: ČRESNAR, M. & MELE, M. eds., *Early Iron Age Landscapes of the Danube region*. Archaeolingua, Graz–Budapest, 185–219.

CZEBRESZUK, J. (2007): Amber Between the Baltic and the Aegean in the Third and Second Millennia BC (an Outline of Major Issues). In: GALANAKI, I., TOMAS, H., GALANAKIS, Y. & LAFINEUR, R. eds., *Between the Aegean and Baltic Seas. Prehistory Across Borders*. Proceedings of the International Conference Bronze and Early Iron Age—Interconnections and Contemporary Developments between the Aegean and the Regions of the Balkan Peninsula, Central and Northern Europe. University of Zagreb, 11–14 April 2005. Université de Liège, Liège, 363–69.

DANI, J. (2013): The Significance of Metallurgy at the Beginning of the Third Millennium BC in the Carpathian Basin. In: HEYD, V., KULCSÁR, G. & SZEVEŘÉNYI, V. eds., *Transitions to the Bronze Age. Interregional interaction and socio-cultural change in the third Millennium BC Carpathian Basin and neighbouring regions*. Archaeolingua, Budapest, 203–231.

DANI, J. & KISS, V. (2023): Gold & goldsmithing of the Otomani–Füzesabony Cultural Complex. In: LÓPEZ PADILLA, J.A., RISCH, R. & DANI, J. eds., *Dinastias. Los primeros reinos de la Europa prehistórica*. Museo Arqueológico de Alicante, Alicante, 247–250.

DANI J. & KULCSÁR G. (szerk.) (2019): *CRAFTER. Európai kézművesség a bronzkorban és ma / Crafting Europe in the Bronze Age and Today*. Kiállítási katalógus / Exhibition catalogue. Déri Múzeum, Debrecen, 60 pp.

DANI J., MÁRKUS G., KULCSÁR G., HEYD, V., WŁODARCZAK, P., ZITNAN, A. & PEŠKA, J. (2017): A „Yamnaya Impact Project” régészeti topográfiai tanulságai. In: BENKŐ E., BONDÁR M. & KOLLÁTH Á. szerk., *Magyarország Régészeti Topográfiája. Múlt, Jelen, Jövő*. MTA BTK Régészeti Intézet, Budapest, 137–150.

DANI, J., KULCSÁR G., MAJOR, I., MELIS, E., PATAY, R., SZABÓ, G., VÁCZI, G. & KISS, V. (2019): Case studies for the dating of Bronze Age cremation burials from Hungary. In: PALINCAŞ, N. & PONTA, C.C. eds., *Bridging Science and Heritage in the Balkans: Studies in archaeometry, cultural heritage restoration and conservation*. Proceedings of the Fifth Balkan Symposium of

- Archaeometry 2016, Sinaia, Romania. Archaeopress, Oxford, 29–37.
- DANI J., BACSKAI I., BÁLINT M., KISS V., KERTÉSZ ZS., & SZIKSZAI Z. (2024): Óskori aranyékszerek a solti Tételhegyről. In: SZENTPÉTERI J. szerk., *Castrum Tetel Program II. Kutatások a solti régióban (2005–2023)*. Martin Opitz Kiadó, Budapest, 61–72.
- DUBEROW, E., PERNICKA, E. & KRENN-LEEB, A. (2009): Eastern Alps or Western Carpathians: Early Bronze Age. Metal within the Wieselburg culture. In: KIENLIN, T.L. & ROBERTS, B. eds., *Metals and societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway*. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie **169** Habelt, Bonn, 336–349.
- DUNNE, J., REBAY-SALISBURY, K., SALISBURY, R.B., FRISCH, A., WALTON-DOYLE, C. & EVERSHED, R.P. (2019): Milk of ruminants in ceramic baby bottles from prehistoric child graves. *Nature* **574** 246–248.  
<https://doi.org/10.1038/s41586-019-1572-x>
- ERNÉE, M. (2016): Eine vergessene Bernsteinstrasse? Bernstein und die klassische Aunjetitzer Kultur in Böhmen. In: CELLAROSI, P.L., CHELLINI, R., MARTINI, F., MONTANARO, A.C., SARTI, L. & CAPOZZI, R.M. eds., *The amber roads the ancient cultural and commercial communication between the peoples*. Millenni studi di archeologia preistorica **13** Roma, 85–105.
- FARKAS-PETŐ, A. & HORVÁTH, T. (2014): Archaeometric database of archaeological stone tools. A suggestion for new data processing method. *Archeometriai Műhely* **XI/2** 103–114.
- P. FISCHL, K. (2023): *Bronze Age Landscape at Gelej. Archaeological Researches at Gelej-Pincehát, Gelej-Kanális dűlő and Gelej-Beltelek dűlő*. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie, Bonn, 391 pp.
- P. FISCHL K. & KULCSÁR G. (2011): Tiszán innen, Dunán túl. A kora bronzkor kérdései a kiskundorozsmai temető kapcsán. *Móra Ferenc Múzeum Évkönyvei – Studia Archaeologica* **12** 59–90.
- P. FISCHL K., KISS V. & KULCSÁR G. (2013): „Ahány ház, annyi szokás”? Specializált háztartások a Kárpát-medencei kora és középső bronzkorban. *Ősrégészeti Levelek* **13** 255–269.
- P. FISCHL, K., KISS, V., KULCSÁR, G. & SZEVEÉNYI, V. (2013): Transformations in the Carpathian Basin around 1600 B.C. In: MELLER, H., BERTEMES, F., BORK, H.R. & RISCH, R. eds., *1600 – Kultureller Umbruch im Schatten des Thera-Ausbruchs? 4. Mitteldeutscher Archäologentag vom 14. bis 16. Oktober 2011 in Halle (Saale)*. Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt – Landesmuseum für Vorgeschichte, Halle (Saale), 355–371.
- P. FISCHL, K., KISS, V., KULCSÁR, G. & SZEVEÉNYI, V. (2015): Old and new narratives for the Carpathian Basin around 2200 BC. In: MELLER, H., ARZ, H.W., JUNG, R. & RISCH, R. eds., *2200 BC – A climatic breakdown as a cause for the collapse of the old world?* 7<sup>th</sup> Archaeological Conference of Central Germany. October 23–26, 2014 in Halle (Saale). Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt – Landesmuseum für Vorgeschichte, Halle (Saale), 503–523.
- P. FISCHL, K., KIENLIN, T.L. & PUSZTAI, T. (2016): Bronze Age settlement research in the Southern Borsod Region. *Magyar Régészet* **2016 Nyár** 1–8.
- FORENBAHER, S. (1993): Radiocarbon dates and absolute chronology of the central European Early Bronze Age. *Antiquity* **67** 218–256.
- FREI, K.M., MANNERING, U., KRISTIANSEN, K., ALLENTOFT, M.E., WILSON, A.S., SKALS, I., TRIDICO, S., NOSCH, M.L., WILLERSLEV, E., CLARKE, L. & FREI, R. (2015): Tracing the dynamic life story of a Bronze Age Female. *Nature Scientific Reports* **5** 1-7.  
<https://doi.org/10.1038/srep10431>
- FREI, K. M., VILLA, C., JØRKOV, M.L., ALLENTOFT, M.E., KAUL, F., ETHELBERG, P., REITER, S., WILSON, A. S., TAUBE, M., OLSEN, J., LYNNERUP, N., WILLERSLEV, E., KRISTIANSEN, K. & FREI, R. (2017): A matter of months: High precision migration chronology of a Bronze Age female. *PLoS ONE* **12(6)** e0178834.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178834>
- FÜLÖP K. (2016): Különleges késő bronzkori gyermeksíró és miniatúr edénykészlete. *Tisicum* **25** 121–131.
- FÜLÖP K.GY. & GUCSI L. (2023): A fazék, mint főzőedény. A főzés használati nyomainak vizsgálata a kísérleti régészet eszközeivel. *Magyar Régészet* **2023 Tél** 50–61.  
<https://doi.org/10.36245/mr.2023.4.1>
- FÜLÖP K. & VÁCZI G. (2016): A késő bronzkori hamvasztásos temetkezés: összetett esemény kevés maradvánnyal. *Magyar Régészet* **2016 Tavasz** 1–7.
- GÁL, E., JUHÁSZ, I. & SÜMEGI, P. (eds.) (2005): Environmental archaeology in North-Eastern Hungary. *Varia archaeologica Hungarica* **19** Budapest, 426 pp.
- GALE, N.H. & STOS-GALE, Z.A. (1992): Lead Isotope studies in the Aegean (The British Academy Project). *Proceedings of the British Academy* **77** 63–108.

- GARNER, J. & STOLLNER, Th. (Hrsg.) (2021): *Das Grantal und sein Umfeld (Slowakisches Erzgebirge) Nutzungsstrategien eines sekundären Wirtschaftsraums während der Bronzezeit*. Der Anschnitt, Beiheft 47 Bochum, 248 pp. <https://doi.org/10.46586/DBM.228>
- GAVAN, A. (2020): Metalworking as a Craft in Bronze Age Europe: The Organization of Metal Production Within Tell Settlements in the Carpathian Basin. In: BLUM, S.W.E., EFE, T., KIENLIN, T.L. & PERNICKA, E. eds., *From Past to Present: Studies in Memory of Manfred O. Korfmann*. Studia Troica Monographien 11 Bonn, 459–484.
- GARBACZ-KLEMPKA, A., KWAK, Z., ŽAK, P. L., SZUCKI, M., ŚCIBIOR, D., STOLARCZYK, T. & NOWAKET, K. (2017): Reconstruction of the Casting Technology in the Bronze Age on the Bases of Investigations and Visualisation of Casting Moulds. *Archives of Foundry Engineering* 17 184–190. <https://doi.org/10.1515/afe-2017-0113>
- GERBER, D., SZEIFERT, B., SZÉKELY, O., EGYED, B., GYURIS, B., GIBLIN, J.I., HORVÁTH, A., KÖHLER, K., KULCSÁR, G., KUSTÁR, Á., MAJOR, I., MOLNÁR, M., PALCSU, L., SZEVEÉNYI, V., FÁBIÁN, SZ., MENDE, B. G., BONDÁR, M., ARI, E., KISS, V., & SZÉCSÉNYI-NAGY, A. (2023): Interdisciplinary analyses of Bronze Age communities from Western Hungary reveal complex population histories. *Molecular Biology and Evolution* 40 msad182. <https://doi.org/10.1093/molbev/msad182>
- GERLING, C., BÁNFFY, E., DANI, J., KÖHLER, K., KULCSÁR, G., PIKE, A., SZEVEÉNYI, V. & HEYD, V. (2012): Immigration and transhumance in the Early Bronze Age Carpathian Basin: the occupants of a kurgan. *Antiquity* 86 1097–1111. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00048274>
- GHERDÁN, K. (2009): 7000 év kerámiai–Vörs, Máriaasszony-sziget őskori kerámialeleteinek archeometriai összehasonlító vizsgálata területi kitekintéssel. *Archeometriai Műhely* VI/4 31–36.
- GHERDÁN, K., SZAKMÁNY, Gy., WEISZBURG, T. & ILON, G. (2002): Petrological investigation of Bronze and Iron age ceramics from West Hungary: Vaskeresztes, Velem, Sé, Gó. In: KILIKOGLU, V., HEIN, A. & MANIATIS, Y. eds., *Modern Trends in Scientific Studies on Ancient Ceramics*. Papers presented at the 5<sup>th</sup> European Meeting on Ancient Ceramics, Athens, 1999. BAR International Series 1011 Oxford, 305–312.
- GHERDÁN, K., SZAKMÁNY, G., TÓTH, M., T. BIRÓ, K., & KISS, V. (2007): Archaeometric studies on Early Bronze Age pottery from Vörs-Máriaasszony-sziget. *Archeometriai Műhely* IV/2 21–32.
- GOLITKO, M., RIEBE, D.J., KREITER, A., DUFFY, P.R. & PARDITKA, GY. (2024): Exploring the limits of the provenience postulate: chemical and mineralogical characterization of Bronze Age ceramics from the Great Hungarian Plain. *Archaeological and Anthropological Sciences* 16 1–24. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4577871/v1>
- GRÖMER, K. (2016): *The Art of Prehistoric Textile Making. The development of craft traditions and clothing in Central Europe*. Austrian Science Fund, Wien, 546 pp.
- GUCSI, L. (2006): Rézkori és kora bronzkori kerámiákon végzett technikai megfigyelések. In: HOLLÓ, Sz.A. & SZULOVSKY, J. szerk., *Az agyagművesség évezredei a Kárpát-medencében*. MTA Veszprémi Akadémiai Bizottság, Budapest–Veszprém, 7–18.
- GUCSI, L. (2020): Methods of Identification for Ceramics with Traces of Secondary Burning and their Occurrences in Mortuary and Ritual-related Assemblages. *Dissertationes Archaeologicae Supplement* 3 215–240. <https://doi.org/10.17204/dissarch.suppl3.215>
- GUCSI, L. (2023): Biography of ceramics found in the Late Bronze Age cemetery of Gelej. In: P. FISCHL, K. ed., *Bronze Age Landscape at Gelej. Archaeological researches at Gelej-Pincehát, Gelej-Kanális dűlő and Gelej-Beltelek dűlő*. Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie, Bonn, 339–412.
- GUCSI, L., & SZABÓ, N. (2019): Examination and possible interpretations of a Middle Bronze Age structured deposition. *Dissertationes Archaeologicae* 3(6) 217–285. <https://doi.org/10.17204/dissarch.2018.217>
- GYÖNGYÖSI Sz., SZABÓ G., BARKÓCZY P. & KISNÉ CSEH J. (2024): A vértesszőlősi középső bronzkori kincslelet archeometallurgiai vizsgálata. *Archeometriai Műhely* XXI/4 423–444. <https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2024-032>
- HARTMANN, A. (1970): *Prähistorische Goldfunde aus Europa. Spektralanalytische Untersuchungen und deren Auswertung*. Studien zu den Anfängen der Metallurgie 3 Berlin, 130 pp.
- HARTMANN, A. (1982): *Prähistorische Goldfunde aus Europa II*. Studien zu den Anfängen der Metallurgie 5 Berlin, 155 pp.
- HAUSTEIN, M., GILLIS, C. & PERNICKA, E. (2010): Tin Isotopy: A New Method for Solving Old Questions. *Archaeometry* 52 816–32. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2010.00515.x>
- HÄNSEL, B. & WEIHERMANN, P. (2000). Ein neu erworbener Goldhort aus Karpatenbecken im

Berliner Museum für Vor- und Frühgeschichte. *Acta Praehistorica et Archaeologica* **32** 7–29.

HEYD, V. (2017): Kossina's smile. *Antiquity* **91(356)** 348–359.

<https://doi.org/10.15184/aqy.2017.21>

HEYD, V., KULCSÁR, G. & SZEVERÉNYI, V. (eds.) (2013): *Transition to the Bronze Age: Interregional Interaction and Socio-Cultural Change in the Third Millennium BC Carpathian Basin and Neighbouring Regions*. Archaeolingua, Budapest, 360 pp.

HENDERSON, J. (2013): Glass and faience. In: FOKKENS, H. & HARDING, A. eds., *The Oxford Handbook of the European Bronze Age*. Oxford University Press, Oxford, 492–500.

HORVÁTH, T. (1999): Contribution to the study of Hungarian amber finds. *Savaria* **24** 277–289.

HORVÁTH, T. (2000): Az őrlés folyamata és szerszámai az őskor időszakában Magyarországon. In: ILON G. szerk., *Válogatás a Berzsenyi Dániel Főiskola régésztechnikusainak és a József Attila Tudományegyetem régész hallgatóinak tanulmányaiból*. Panniculus. **B.2.** PANNICVLVS Régiség-tani Egylet, Szombathely, 101–143.

HORVÁTH T. (2004a): Néhány megjegyzés a vatyai kultúra fémművességéhez – Technológiai megfigyelések a kultúra köeszközsein. *Communicationes Archaeologicae Hungariae* **2004** 11–64.

HORVÁTH, T. (2004b): Előzetes jelentés a Kaposvár-61. út 1. lelőhely középső bronzkori településének kőanyagáról. In: NAGY, E.Gy., DANI J. & HAJDÚ Zs. szerk., *MOMOSZ II Óskoros Kutatók II. Összejövetelének konferenciakötete*. Déri Múzeum, Debrecen, 2000. november 6-8. Debrecen, 108–113.

HORVÁTH T. (2009): Pattintással készült eszközök kronológiai szerepe a kora- és középső bronzkor folyamán. *Tisicum* **19** 413–433.

HORVÁTH, T. (2012): The Chronological Role of Chipped Stone Implements in the Early and Middle Bronze Ages. In: JAEGER, M., CZEBRESZUK, J. & P. FISCHL, K. eds., *Enclosed Space. Open Society. Contact and Exchange in the Context of Bronze Age Fortified Settlements in Central Europe*. Studien zur Archäologie in Ostmitteleuropa **9** Poznań–Bonn, 117–166.

HORVÁTH, T. (2017): The stone implements and wrist-guards of the Bell Beaker cemetery of Budakalász (M0/12 site). *Vjesnik Arheoloskog Muzeja u Zagrebu* **50/1** 71–118.

<https://hrcak.srce.hr/191998>

HORVÁTH T., KOZÁK M. & PETŐ A. (2000): Újabb adatok a középső bronzkor kőiparához-Bölcske-Vörösgyír bronzkori tell-település kőnya-

gának komplex (petrográfiai, régészeti) feldolgozása. *Wosinsky Mór Múzeum Évkönyve* **21** 61–107.

HORVÁTH T., FARKAS-PETŐ A., FARKAS I., MIHÁLY J. & PÉTERDI B. (2016): Füzesabony-Öregdomb bronzkori tell-település kőanyaga. *Agria* **49** 29–94.

ILON G. (1989): Adatok az Északnyugat-Dunántúl későbronzkorának bronzművességéhez. *Pápai Múzeumi Értesítő* **2** 15–32.

ILON, G. (1992a): Keiftubarren ingot from an Urngrave Culture settlement at Gőr-Kápolnadomb (C. Vas). *Acta Archaeologica Scientiarum Hungaricae* **44** 239–259.

ILON, G. (1992b): A településszerkezet és a fémművesség kapcsolatáról az Északnyugat-Dunántúl későbronzkorában. In: SOMFAI, B. szerk., *A Dunántúl településtörténete*. **IX** MTA VEAB, MTA PAB, Veszprém, 9–22.

ILON G. (2006): Bronzezeitliche Gussformen in dem Karpetenbecken, In: KOBAL, J. ed., *Bronzezeitliche Depotfunde – Problem der Interpretation Materialien der Festkonferenz für Tivodor Lehocky zum 175. Geburtstag*. Ushhorod 5.–6. Oktober 2005. Ushhorod, 273–301.

ILON G. (2014): 10 éves az Archeometriai Műhely. *Archeometriai Műhely* **XI/1** 77–80.

ILON G. (2015): Aranykincs a Velemi Szent Vidről. *Archaeolingua Series Minor* **36** Budapest, 248 pp.

ILON, G. (2015): Zeitstellung der Urnenfelderkultur (≈1350/1300–750/700 BC) in West-Transdanubien. Ein Versuch mittels Typochronologie und Radiokarbonaten. In: REZI, B., NÉMETH, R. & BERECKI, S. eds., *Bronze Age Chronology in the Carpathian Basin*. Proceedings of the International Colloquium from Târgu Mureş 2–4 October 2014. Bibliotheca Mvsei Marisiensis Ser. Archaeologica **VIII** Târgu Mureş, 223–296.

ILON, G. (2019): Die Entstehung und Zeitstellung der Hügelgräberkultur (≈1650/1600–≈1350/1300 BC) in Westtransdanubien. Ein Versuch mittels Typochronologie und Radiokarbonaten. In: BÁNFFY, E. & P. BARNA, J. Hrsg., „*Translacum Pelsonem*”. *Prähistorische Forschungen in Südwestungarn (5500–500 v. Chr.)*. Castellum Pannonicum Pelsonense Bd. **7** Budapest, Leipzig, Keszthely, Frankfurt/M., Rahden/Westf., 253–327.

ILON, G. (2022): Casting moulds in the Bronze Age of the Carpathian Basin: a catalogue of sites and finds. *Antaeus* **38** 72–90.

ILON, G. & KASZTOVSZKY, ZS. (2016): Nyugat-magyarországi késő bronzkori üveggyöngyök vizsgálata. *Archeometriai Műhely* **XIII/1** 55–68.

- ILON G. & VARGA I. (1994): Bauxit a későbronzkori kerámiában? *Veszprém Megyei Múzeumok Közleményei* **19/20** 133–140.
- ILON G., SÜMEGI P., NÁFRÁDI K. & TÖRŐCSIK T. (2011): Temetkezési időpont meghatározása a zanati urnamezős korú temetőben pollenanalitikai módszerrel. In: ILON, G., SÜMEGI, P., TÓTH, G., NÁFRÁDI, K., PERSAITS, G., PÁLL, D.G., TÖRŐCSIK, T., NYERGES, É., MIHÁLY, J., SÁNDORNÉ KOVÁCS, J., RADICS, A. & UDVARDI, B. eds., *Szombathely–Zanat késő urnamezős korú temetője és a lelőhely más ő- és középkori emlékei. Természettudományos vizsgálatokkal kiegészített anyagközlés*. VIA Kulturális örökségvédelmi kismonográfiák **2** Budapest, Magyar Nemzeti Múzeum–Nemzeti Örökségvédelmi Központ, 280–285.
- ILON G., BARTOSIEWICZ L. & GALIK A. (2016): Kutatási hagyomány és a halászat régészeti vizsgálata a Kisalföldön. *Magyar Régészet* **2016 Téli** 1–13.
- JAEGER, M. (2016): Middle Bronze Age amber finds in Hungary. In: CELLAROSI, P.L., CHELLINI, R., MARTINI, F., MONTANARO, A.C., SARTI, L., CAPOZZI, R. M. eds., *The amber roads the ancient cultural and commercial communication between the peoples*. Museo fiorentino di preistoria "Paolo Graziosi", Firenze, 205–215.
- JAEGER, M. & KULCSÁR, G. (2013): Relative and absolute chronology of the Vatyá culture. A case study. Kakucs-Balla-domb. *Acta Archaeologica Scientiarum Hungaricae* **64** 289–320. <https://doi.org/10.1556/AArch.64.2013.2.2>
- JAEGER, M., KULCSÁR, G., TAYLOR, N. & STANIUK, R. (eds.) (2018): *Kakucs-Turján Middle Bronze Age multi-layered fortified settlement in Central Hungary*. Studien zur Archäologie in Ostmitteleuropa / Studia nad Pradziejami Europy Środkowej **18** Poznań/Bonn, 241 pp.
- JAEGER, M., KULCSÁR, G., MELIS, E., STRÓŻYK, M., PISZORA, P., CSÁNYI, M., CSUVÁR-ANDRÁSI, R., P. FISCHL, K., GUBA, SZ., PAP, E., PÁSZTOR, E., PATAY, R., SZATHMÁRI, I., SZILAS, G., ČIVILYTĚ, A. & KISS, V. (2023): Baltic amber in the Hungarian Bronze Age. New data and current stage of research. *Sprawozdania archeologiczne* **75/2** 137–186. <https://doi.org/10.23858/SA/75.2023.2.3500>
- JANKOVITS, K. (1992): Spätbronzezeitliche Hügelgräber von Bakonyjákó. *Acta Archaeologica Hungarica* **44** 261–343.
- JANKOVITS, K. (2021): A Bronze Hoard from Pusztasárkánytó (Mosdós-Sárkánytó puszta) and a Grave Assemblage from Rákasi (County Somogy) in the Piarist Museum in Budapest. *Communicationes Archaeologicae Hungariae* **72** 1–20. <https://doi.org/10.1556/072.2021.00001>
- JÓZSA S., V. SZABÓ, G. & SZAKMÁNY, Gy. (1999): A Hódmezővásárhely–Kopáncs 2. sírból előkerült “fajansz” gyöngyök spektográfiai vizsgálatáról. *Ősrégészeti Levelek* **1** 22–23.
- JUNGHANS, S., SANGMEISTER, E. & SCHRÖDER, M. (1968): *Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas. Die Materialgruppen beim Stand von 12000 Analysen*. Studien zu den Anfängen der Metallurgie **2** Bd. 1–3. Berlin, 175, 174, 490 pp.
- JUNGHANS, S., SANGMEISTER, E. & SCHRÖDER, M. (1974): *Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas*. Studien zu den Anfängen der Metallurgie **2** Bd. 4. Berlin, 406 pp.
- KALICZ-SCHREIBER, R., KALICZ, N., VÁCZI, G., HÄNSEL, B. & HEUBNER, B. (2010): Ein Gräberfeld der Spätbronzezeit von Budapest-Békásmegyer. L’Harmattan – ELTE Régészeti Intézet, Budapest, 548 pp.
- KIENLIN, T.L. (2007): Von den Schmieden der Beile: Zu Verbreitung und Angleichung metallurgischen Wissens im Verlauf der Frühbronzezeit. *Prähistorische Zeitschrift* **82** 1–22. <https://doi.org/10.1515/PZ.2007.001>
- KISS, V. (2009): The Life Cycle of Middle Bronze Age Bronze Artefacts from the Western Part of the Carpathian Basin. In: KIENLIN, T.L. & ROBERTS, B.W. eds., *Metals and Societies. Studies in Honour of Barbara S. Ottaway*. Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie **169** Bonn, 328–335.
- KISS V. (2012a): Arany, réz és bronztárgyak kutatása a középső bronzkorig – az archeometallurgia aktuális kérdései. *Archeometriai Műhely* **IX/2** 61–73.
- KISS V. (2012b): Megjegyzések a magyarországi kora és középső bronzkor relatív és abszolút keltezésének kérdéseire. In: KOLOZSI B. szerk., *ΜΩΜΟΣ IV. „Őskoros Kutatók” IV. Össze-jövetelének konferenciakötete*. Hajdú-Bihar Megyei Múzeumok Igazgatósága, Debrecen, 215–250.
- KISS, V. (2012c): Middle Bronze Age Encrusted Pottery in western Hungary. *Varia Archaeologica Hungarica* **27**. Budapest, 447 p.
- KISS V. (2014): Régészeti fém-tárgyak kutatásának új eredményei és kérdései Magyarországon. *Archeometriai Műhely* **XI/3** 169–176.
- KISS, V. & F. ROMHÁNYI, T. (2023): Raw material trade and/or itinerant artisans? Data for a diachronic study of the trade in copper raw materials and finished products in the Carpathian

Basin. *Acta Archaeologica Scientiarum Hungaricae* **74** 415–436.

<https://doi.org/10.1556/072.2023.00023>

KISS V., BARKÓCZY P. & VÍZER ZS. (2013): A zalaszabari bronzkincs archeometallurgiai vizsgálatának előzetes eredményei. *Gesta* **12** 72–82.

KISS, V., KASZTOVSZKY, ZS., KÁLI, GY., MARÓTI, B., PUSZTAINÉ FISCHL, K., HORVÁTH, E. & SZABÓ, G. (2015a): Non-destructive analyses of bronze artefacts from Bronze Age Hungary using neutron-based methods. *Journal of Anatomical Atomic Spectrometry* **30** 685–693. <https://doi.org/10.1039/C4JA00377B>

KISS, V., FÁBIÁN, SZ., HAJDU, T., KÖHLER, K., KULCSÁR, G., MAJOR, I., SZABÓ, G. (2015b): Contributions to the relative and absolute chronology of the Early and Middle Bronze Age in western Hungary based on the radiocarbon dating of human bone. In: REZI, B., NÉMETH, R. & BERECZKI, S. eds., *Bronze Age Chronology in the Carpathian Basin*. Proceedings of the International Colloquium from Târgu Mureş, 2-4 October 2014, Bibliotheca Musei Marisiensis, Seria Archaeologica **VIII** Mega, Târgu Mureş, 23–36.

KISS V., PÁSZTÓKAI-SZEŐKE J. & WEISZ B. (2017): Mixtura texturalis. Ember és textil a Kárpát-medencében. *Magyar Régészet* **2017 Tavasz**.

KISS, V., CSÁNYI, M., DANI, J., P. FISCHL, K., KULCSÁR, G. & SZATHMÁRI, I. (2019): Chronology of the Early and Middle Bronze Age in Hungary: New results. In: PAVÚK, P. ed., *Reinecke's Heritage. Terminology, Chronology and Identity in Central Europe Between 2300 and 1600 BC*. Proceedings of the Humboldt Kolleg 12-15. June 2017, Křtiny, Czech Republik. *Studia Hercynia* **23** 173–197.

KISS, V., CZENE, A., CSÁNYI, M., DANI, J., FÁBIÁN, SZ., FISCHL, K.P., GERBER, D., GIBLIN, J.I., HAJDU, T., KÖHLER, K., MELIS, E., MENDE, B. G., PATAY, R., SZABÓ, G., SZÉCSÉNYI-NAGY, A., SZEVEÉNYI, V. & KULCSÁR, G. (2021): Módszerek és lehetőségek a bronzkori közösségek kutatásában: A Lendület Mobilitás Kutatócsoport biorégészeti elemzési eredményei (2015–2020). *Magyar Régészet* **2021 Ősz** 30–42. <https://doi.org/10.36245/mr.2021.3.3>

KISS, V., KULCSÁR, G., GIBLIN, J., HAJDU, T., HORVÁTH, A., MAJOR, I., MOLNÁR, M., PALCSU, L., SZÉCSÉNYI-NAGY, A. & P. FISCHL, K. (2023): Middle Bronze Age cemeteries in Gelej. In: P. FISCHL, K. ed., *The Late Bronze Age cemetery from Gelej*. Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie **391** Bonn, 65–85.

KISS, V., ANGYAL, A., CSÁNYI, M., DANI, J., JAEGER, H., KERTÉSZ, ZS., KULCSÁR, G., SZIKSZAI, Z., TARBAY, J. G. & TÁRNOKI, J.

(in print): Message in the bottle – Re-analysis of the Middle Bronze Age hoards from Jászdózsza (Eastern Hungary). In: HARRIS, S. SÖRMAN, A., GOLDBERG, M., KNIGHT, M. & MACIEJWSKI, M. eds., *The Archaeology of Hoards through Assembling, Mixed Materials and Fragmentation*. Brepols, Turnhout, in print.

KNEISEL, J. & MÜLLER, J. (2011): Produktion, Distribution, Konsumption und die Formation sozialer Unterschiede in frühbronzezeitlichen Gesellschaften Mitteleuropas. In: HANSEN, S. & MÜLLER, J. eds., *Sozialarchäologische Perspektiven: Gesellschaftlicher Wandel 5000–1500 v. Chr. zwischen Atlantik und Kaukasus*. Tagung 15.–18. Oktober 2007 Kiel. Archäologie in Eurasien. Berlin, 295–324.

KNIPPER, C., MITTNIK, A., MASSY, K., KOCIUMAKA, C., KUCUKKALIPCI, I., MAUS, M., WITTENBORN, F., METZ, S. E., STASKIEWICZ, A., KRAUSE, J. & STOCKHAMMER, P.W. (2017): Female exogamy and gene pool diversification at the transition from the Final Neolithic to the Early Bronze Age in central Europe. *PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences* **114** 10083–10088. <https://doi.org/10.1073/pnas.1706355114>

KOVÁCS T. (1979): A bronzkor Magyarországon. Hereditas, Budapest, 141 pp.

KOVÁCS, G. & PETŐ, Á. (2024): Antropogén üledékek és kerámiák vékonycsiszolatában leggyakrabban előforduló növényi maradványok vizsgálata. *Archeometriai Műhely* **XXI/1** 45–58. <https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2024-006>

KOVÁCS R.L., GYÖNGYÖSI SZ., BARKÓCZY P., JUHÁSZ L., SZABÓ G. & KISS V. (2019): Technológiai megfigyelések kora és középső bronzkori fém tárgyakról. In: VICZE M. & KOVÁCS G. szerk., *MOMΩ X, Őskoros Kutatók X. Ősszejövetelének konferenciakötete, Őskori technikák, őskori technológiák*. Marica Múzeum, Százhalombatta, 187–197.

KÖHLER K. (2011): A harang alakú edények népe Szigetszentmiklós-Felső-ürge hegyi dűlő lelőhelyen feltárt temetőjének embertani vizsgálati eredményei. *Anthropologiai Közlemények* **52** 55–76.

KÖLTŐ, L. & KIS-VARGA, M. (1992): A Pápai Helytörténeti Múzeum néhány későbronzkori leletének röntgenemissziós analitikai vizsgálata. *Acta Musei Papensis* **3-4** 81–84.

KŐSZEGI Á. & FARKAS Cs. (2007): Előzetes felszíni kutatások (szisztematikus terepbejárás, geofizikai felmérés) és a megelőző feltárás eredményeinek összevetése a Vát–Bodon-tábla nevű lelőhely kapcsán. *Savaria* **31/1** 263–278.

KRAUSE, R. (2003). *Studien zur kupfer- und frühbronzezeitlichen Metallurgie zwischen*

*Karpatenbecken und Ostsee*. VML Vlg Marie Leidorf, Rahden/Westfalen, 338 pp.

KREITER, A. (2006): Kerámia technológiai vizsgálatok a Halomsíros kultúra Esztergályhorvát-alsóbárándpusztai településéről: hagyomány és identitás. *Zalai Múzeum* **15** 149–170.

KREITER, A. (2007a): *Technological choices and material meanings in Early and Middle Bronze Age Hungary: understanding the active role of material culture through ceramic analysis*. BAR-IS, Oxford, 1604, 264 pp.

KREITER, A. (2007b): Kerámia technológiai tradíció és az idő koncepciója a bronzkorban (Ceramic technological tradition and the concept of time in the Bronze Age). *Ősrégészeti Levelek* **8-9** 146–166.

KREITER A. (2009): Késő bronzkori kerámiák makroszkópos és petrográfiai vizsgálata. In: KVASSAY J. szerk., *Település- és temetőfeltárás Dunaszentgyörgy határában a 6 sz. főút 121 + 650 – 124 + 800 km szakasza között, a rehabilitációs munkálatokat megelőző régészeti feltárások (2007) eredményei*. VIA – Kulturális Örökségvédelmi Kismonográfiák **1** Budapest, 88–114.

KREITER A. (2010): II.3.B. Kerámiavizsgálat. In: PETŐ Á. & KREITER A. szerk., *Mikroszkóppal a régészet szolgálatában*. A Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat Alkalmazott Természettudományi Laboratóriumában végzett természet- és környezet-tudományos vizsgálatok bemutatása. Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat, Budapest, 66–77.

KREITER, A., BAJNÓCZI, B., SIPOS, P., SZAKMÁNY, GY. & TÓTH, M. (2007): Archaeometric examination of Early and Middle Bronze Age ceramics from Százhalombatta-Földvár, Hungary. *Archeometriai Műhely* **IV/2** 33–46.

KREITER A., FÜLÖP K. & GUCSI L. (2020): *Késő bronzkori halotthamvasztás rekonstruálása*. Magyar Nemzeti Múzeum, Szakmai munka. <https://mnm.hu/hu/cikk/keso-bronzkori-halotthamvasztas-rekonstrualasa>

KREITER A. & TÓTH M. (2010): A dunántúli mészbetétes kultúra kerámiáinak petrográfiai vizsgálata, és az inkrusztáció összetételének meghatározása röntgen pordiffrakciós vizsgálattal Mernye-Nagy-árok lelőhelyről. In: KVASSAY J. & BEÉNYESY K. szerk., *Évkönyv és jelentés a Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat 2008. évi feltárásairól*. Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat, Budapest, 299–319.

KRISTIANSEN, K. (2014): Towards a new paradigm? The Third Science Revolution and its Possible Consequences in Archaeology. *Current Swedish Archaeology* **22** 11–34. <https://doi.org/10.37718/CSA.2014.01>

KUBINYI F. (1861): Magyarországon talált kő- és bronzkori régiségek. *Archaeologiai Közlemények* **2** 81–113.

KUIJPERS, M.H.G. (2017): The Bronze Age, a World of Specialists? Metalworking from the Perspective of Skill and Material Specialization. *European Journal of Archaeology* **21** 1–22. <https://doi.org/10.1017/ea.2017.59>

KULCSÁR, G. (2011): Untangling the Early bronze age in the Middle Danube valley. In: KOVÁCS, GY. & G. KULCSÁR, G. eds., *Ten Thousand Years along the Middle Danube. Life and Early Communities from Prehistory to History*. Varia Archaeologica Hungarica **26** 179–210.

KUSTÁR Á., HAJDU T., FÜLÖP K. & KISS V. (2020): Arcok a bronzkorból. *Határtalan Régészet* **2020/3** 30–33.

KUSTÁR, Á., GERBER, D., FÁBIÁN, SZ., KÖHLER, K., MENDE, B.G., SZÉCSÉNYI-NAGY, A. & KISS, V. (2022): Facial reconstruction of an Early Bronze Age woman from Balatonkeresztúr (W-Hungary). *Antaeus* **38** 13–32.

LANTING, J. N., AERTS-BIJMA, A. T., VAN DER PLICHT, J. (2001): Dating of cremated bones. *Radiocarbon* **43** 249–254. <https://doi.org/10.1017/S0033822200038078>

LING, J., GRANDIN, L., HJÄRTHNER-HOLDAR, E., MELHEIM, L., STOS-GALE, Z., VICZE, M. & TARBAY, J.G. (2023): Moving metals, V: Százhalombatta revisited: The question of shared copper sources between Scandinavia and Hungary 1700–1500 BC. *Social Science Research Network* (preprint posted 16.01.2023). <https://doi.org/10.2139/ssrn.4325935> .

LIVERSAGE, D. (1994). Interpreting composition patterns in ancient bronze: the Carpathian Basin. *Acta Archaeologica (Copenhagen)* **65** 57–134.

MAJOR, I., DANI, J., KISS, V., MELIS, E., PATAY, R., SZABÓ, G., HUBAY, K., FUTÓ, I., HUSZÁNK, R. & MOLNÁR, M. (2019): Adoption and evaluation of a sample pre-treatment protocol for radiocarbon dating of cremated bones at HEKAL. *Radiocarbon* **61** 159–171. <https://doi.org/10.1017/RDC.2018.41>

MASSY, K., FRIEDRICH, R., MITTNIK, A. & STOCKHAMMER, P.W. (2022): Pedigree-based Bayesian modelling of radiocarbon dates. *PLOS ONE* **17** e0270374. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270374>

MARÓTI, B., HARSÁNYI, I. & KASZTOVSZKY, ZS. (2017): Non-destructive analysis of bronze objects from Füzesabony-Öregdomb. *Communicationes Archaeologicae Hungariae* **2017** 81–84. <https://doi.org/10.54640/CAH.2017.81>



- MARÓTI, B. & KÁLI, GY. (2021) Non-destructive characterization of bronze objects from Ráksi and the Pusztasárkánytő depot find. *Communicationes Archaeologicae Hungariae* **72** 21–25. <https://doi.org/10.1556/072.2021.00002>
- MEHOFER, M., GAVRANOVIĆ, M., KAPURAN, A., MITROVIĆ, J. & PUTICA, A. (2021): Copper production and supra-regional exchange networks – Cu-matte smelting in the Balkans between 2000 and 1500 BC. *Journal of Archaeological Science* **129** 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2021.105378>
- MELIS E. (2019): „Fémműves sírok” a Kárpát-medence kora és középső bronzkorában. In: VICZE M. & KOVÁCS G. szerk., *ΜΩΜΟΣ X. Őskoros Kutatók X. Összejövetelének konferenciakötete Őskori technikák, őskori technológiák*. „Matrica” Múzeum, Százhalombatta, 231–254.
- MELIS, E. (2024): Radiokarbon adatok a Dunántúl középső bronzkori abszolút kronológiájához Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek lelőhelyről. *Archeometriai Műhely* **XXI/4** 338–358. <https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2024-028>
- MELIS, E. (in print): New data on the metallurgists’ burials in the Early and Middle Bronze Age of the Carpathian Basin (2500–1500 BC). In: NØRGAARD, H., STROZYK, M., GARBACZ-KLEMPKA, A. & CZEBRESZUK, J. eds., *Moulding the World. Craftsmen and Craftsmanship between the Baltic and the Carpathians in the Light of Archaeometallurgical Research (2600-500 BC)*. Muzeum Archeologiczne w Poznaniu, Poznań.
- MELIS, E., KISS, V., KULCSÁR, G., SERLEGI, G. & VÁGVÖLGYI, B. (2022): Bronze Age micro-regional settlement investigations in the locality of Nagycenk (Northwestern Hungary). *Antaeus* **38** 33–79.
- MENGYÁN Á., HRABÁK Z., SZ. OSVÁTH ZS. & BAJNÓCZI B. (2023): „Lápisz lazuli a kemencéből”: a bronzkori üvegyártás kezdetei. *Határtalan Régészet* **8/3** 66–69.
- MESTERHÁZY G. (2013): Regionális léptékű terepbejárás módszertani lehetőségeinek vizsgálata Magyarországon. *Archaeologiai Értesítő* **138** 265–279. <https://doi.org/10.1556/archert.138.2013.10>
- MICHELAKI, K. (2008): Making pots and potters in the Bronze Age Maros Villages of Kiszombor-Új-Élet and Klárafalva-Hajdova. *Cambridge Archaeological Journal* **18** 355–380. <https://doi.org/10.1017/s0959774308000413>
- MIHÁLY J. & SÁNDORNÉ KOVÁCS J. (2011): FTIR spektroszkópiai vizsgálatok a zanati temető kerámiatöredékeiről. In: ILON, G., SÜMEGI, P., TÓTH, G., NÁFRÁDI, K., PERSAITS, G., PÁLL, D.G., TÖRÖCSIK, T., NYERGES, É., MIHÁLY, J., SÁNDORNÉ KOVÁCS, J., RADICS, A. & UDVARDI, B. eds., *Szombathely–Zanat késő urnamezős korú temetője és a lelőhely más ő- és középkori emlékei. Természettudományos vizsgálatokkal kiegészített anyagközlés*. VIA Kulturális örökségvédelmi kismonográfiák **2** Budapest, Magyar Nemzeti Múzeum–Nemzeti Örökségvédelmi Központ, 181–185.
- MISKE, K. (1907): *A Velem Szent Vidi őstelep I. A harácsolts leletek leírása*. Károly Konegen, Bécs, 160 pp.
- MITTNIK, A., MASSY, K., KNIPPER, C., WITTENBORN, F., PFRENGLE, S., BURRI, M., CARLICHI-WITJES, N., DEEG, H., FURTWÄNGLER, A., HARBECK, M., VON HEYKING, K., KOCIUMAKA, C., KUCUKKALIPCI, I., LINDAUER, S., STASKIEWICZ, A., THIEL, A., WAHL, J., HAAK, J., PERNICKA, E., SCHIFFELS, S., STICKHAMMER, P.W. & KRAUSE, J. (2019): Kinship-based social inequality in Bronze Age Europe. *Science* **366** 731–734. <https://doi.org/10.1126/science.aax6219>
- MOLLOY, B. & MÖDLINGER, M. (2020): The Organisation and Practice of Metal Smithing in Later Bronze Age Europe. *Journal of World Prehistory* **33** 169–232. <https://doi.org/10.1007/s10963-020-09141-5>
- MOLNÁR M., RINYU L., JANOVICS R., MAJOR I. & VERES M. (2012): Az új debreceni AMS laboratórium bemutatása. *Archeometriai Műhely* **IX/3** 147–160.
- MOZSOLICS, A. (1967): *Bronzefunde des Karpatenbeckens. Depotfundhorizonte von Hajdúsámson und Kosziderpadlás*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 280 pp.
- MOZSOLICS A. & HEGEDŰS Z. (1963): Két nagyállói bronzlelet és a telekoldali bronzlelet vizsgálata. *Archaeologiai Értesítő* **90** 252–262.
- MÖDLINGER, M., KÁLI, GY., KASZTOVSZKY, Z., KOVÁCS, I., PICCARDO, P., SZILÁGYI, V. & SZŐKEFALVI-NAGY, Z. (2013): Archaeometallurgical characterization of the earliest European metal helmets. *Materials Characterization* **79** 22–36. <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2013.02.007>
- MÜLLER R. (2006): A Várvölgy-Nagy-Lázhegyen feltárt későbronzkori magaslati településrészlet szerkezete. *Zalai Múzeum* **15** 189–201.
- MÜLLER R. (2011): Keménységvizsgálatok a Várvölgy-Nagy-Lázhegy-i késő bronzkori eszközökön. In: KÖVÁRI K. & MIKLÓS Zs. szerk., *„Fél évszázad terepen”, Tanulmánykötet Torma István tiszteletére 70. születésnapja alkalmából*. MTA Régészeti Intézete, Budapest, 211–225.

MÜLLER R. (2018): A Dunántúl legnagyobb későbronzkori magaslati telepe: Várvölgy, Nagyláz-hegy. In: HEINRICH-TAMASKA O. & WINGER D. eds., *7000 év története: Fejezetek Magyarország régészetéből*. Verlag Bernhard Albert Greiner, Remshalden, 81–88.

MÜLLER, J., DELGADO-RAACK, S., ESCANILLA, N., KIENLE, N., KNEISEL, J., CZEBRESZUK, J., SZMYT, M. & SCHÜRMAN, U. (2023): First evidence for the forging of gold in an Early Bronze Age Site of Central Europe (2200–1800 BCE). *Journal of Archaeological Science: Reports* **47** 10374. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2022.103748>

NAGY, M. (2013): Der südlichste Fundort der Gáta-Wieselburg-Kultur in Zsenyebánya/Schottergrube, Komitat Vas, Westungarn. *Savaria* **36** 75–173.

NESSEL, B. (2012): Metallurgen im Grab-Überlegungen zur sozialen Einstufung handwerklicher Spezialisten. In: KIENLIN, T.L. & ZIMMERMANN, A. eds., *Beyond Elites. Alternatives to Hierarchical Systems in Modelling Social Formations*. International Conference at the Ruhr-Universität Bochum, Germany, October 22–24, 2009. *Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie* **215** 423–432.

NESSEL, B. & PERNICKA, E. (2020): Aspects of metal supply between Central Europe and the Carpathian Basin in the Early and Middle Bronze Age. In: MARAN, J., SORIN-CHRISTIAN, A., BAJENARU, R. & HANSEN, S. eds., *Objects, Ideas and Travelers. Contacts between the Balkans, the Aegean and Western Anatolia during the Bronze Age and Early Iron Age*. Conference to the Memory of Alexandru Vulpe. 10<sup>th</sup>-13<sup>th</sup> November 2017, Tulcea, Romania. *Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie* **350** Tulcea, 357–367.

NESSEL, B., BRÜGMANN, G., BERGER, D., FRANK, C., MARAHRENS, J. & PERNICKA, E. (2018): Bronze production and tin provenance – new thoughts about the spread of metallurgical knowledge. In: ARMADA, X.-L., MURILLO-BARROSO, M. & CHARLTON, M. eds., *Metals, minds and mobility. Integrating scientific data with archaeological theory*. Oxbow Books, Oxford, 68–84.

NØRGAARD, H.W. (2014): The Bronze Age Smith as Individual. In: GINN, V., ENLANDER, R. & CROZIER, R. eds., *Exploring Prehistoric Identity in Europe: our construct or theirs?* Oxbow Books, Oxford, 97–102.

NØRGAARD, H.W., PERNICKA, E. & VANDKILDE, H. (2019): On the trail of Scandinavia's early metallurgy: Provenance, transfer and mixing. *PLoS ONE* **14**(12) e0227504.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219574>

NØRGAARD, H.W., PERNICKA, E. & VANDKILDE, H. (2021): Shifting networks and mixing metals: Changing metal trade routes to Scandinavia correlate with Neolithic and Bronze Age transformations. *PLoS ONE* **16**(6) e0252376. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252376>

NOVOTNÁ, M. (1955): Medené nástroje problém najstaršej ŕažby medi na Slovensku (Kupfergeräte und das Problem der ältesten Kupfergewinnung in der Slowakei). *Slovenská Archeológia* **3** 70–100.

NYÍRI B. (2013): Domb tetején kicsi ház – egy kora bronzkori házbelső edénykészletének vizsgálata Dunaujváros-Rácdomb tell telepéről. *Ősrégészeti Levelek* **13** 163–177.

OLSEN, J., HEINEMEIER, J., BENNIKE, P., KRAUSE, C., HORNSTRUP, K.M. & THRANE, H. (2008): Characterisation and blind testing of radiocarbon dating of cremated bone. *Journal of Archaeological Science* **35** 791–800. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.06.011>

OLSEN, J., HEINEMEIER, J., HORNSTRUP, K.-M., BENNIKE, P., & THRANE, H. (2013): 'Old wood' effect in radiocarbon dating of prehistoric cremated bones? *Journal of Archaeological Science* **40** 30e34. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.05.034>

PÁSZTOR E., SZILÁGYI V., GERBER D., GÉMES, A., HAKDU, T., HAJDUNÉ DARABOS G., HELTAI B., HORVÁTH A., ILLÉS L., KÁROLY I., KOVÁCS Z., KULCSÁR G., MAJOR I., MERKL M., MÁTÉ R., SÁNDORNÉ KOVÁCS J., SIPOS E., SÜMEGI P., SZAKMÁNY GY., SZÉCSÉNYI-NAGY A., SZOLDÁN ZS., T. BIRÓ K. & KISS V. (2024): Archeometriai vizsgálatok Sükösd-Árpás-dűlő bronzkori temetőből – Előzetes eredmények. *Archeometriai Műhely* **XXI/4** 445–482. <https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2024-033>

PERNICKA, E. (1995): Gewinnung und Verbreitung der Metalle in prähistorischer Zeit. *Jahrbuch der Römisch-Germanische Zentralmuseum* **37** 21–129. <https://doi.org/10.11588/jrgzm.1990.1.72999>

PERNICKA, E. (2013): Analyses of Early Bronze Age metal objects from the Museum Debrecen, Hungary. *Gesta* **12** 48–55.

PERNICKA, E., NESSEL, B., & MEHOFER, M. (2016a): Lead Isotope Analyses of metal objects from the Apa hoard and other Early and Middle Bronze Age items from Romania. *Archaeologia Austriaca* **100** 57–86. <https://doi.org/10.1553/archaeologia100s57>

PERNICKA, E., LUTZ, J. & STÖLLNER, TH. (2016b). Bronze Age copper produced at Mitterberg, Austria, and its distribution. *Archaeologia Austriaca* **100** 19–55.

<https://doi.org/10.1553/archaeologia100s19>

PEŠKA, J. (2016): Graves of Metallurgists in the Moravian Beaker Cultures. In: GUERRA DOCE, E. & LIESAU VON LETTOW-VORBECK, C. eds., *Analysis of the Economic Foundations Supporting the Social Supremacy of the Beaker Groups*. Proceedings of the XVII UISPP World Congress, 1–7 September, Burgos, Spain. Archaeopress, Oxford, 1–17.

PÉTERDI B. (2004): Bronzkori és vaskori öntőformák petrográfiai vizsgálata. In: ILON G. szerk., *ΜΩΜΩΣ III. Őskoros Kutatók III. Összejövetelének konferenciakötete. Halottkultusz és temetkezés*. Szombathely-Bozsok, 2002. október 7–9. Vas Megyei Múzeumok Igazgatósága, Szombathely, 487–525.

PÉTERDI B., PRISKIN A. & SÁGI T. (2024): Csanádpalota-Földvár késő bronzkori lelőhely közetanyagú leleteinek archeometriai vizsgálata I: nyersanyageloszlás, andezit nyersanyagok (előzetes eredmények). *Archeometriai Műhely XXI/4* 359–380. <https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2024-029>

PETŐ Á. (2009): A fitolitkutatás szerepe az öskörnyezetben és a környezet régészetben, valamint hazai alkalmazásának lehetőségei. *Archeometria Műhely VI/2* 15–29.

POLÁNYI, T. (2022): The rise of idiôtês: Micro-politics of death and community reproduction in Bronze Age Hungary. *Journal of Anthropological Archaeology* **68** 101445. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2022.101445>

POWELL, W., BANKOFF, A., MASON, A., MATHUR, R., BULATOVIĆ, A. & FILIPOVIĆ, V. (2018): Tin Sources and Regional Trade in the Bronze Age of Southeast Europe: Evidence from Tin Isotopes. In: ALEXANDROV, S., DIMITROVA, Y., POPOV, H., HOREJS, B. & CHUKALEV, K. eds., *Gold and Bronze. Metals, Technologies and Networks in the Eastern Balkans during the Bronze Age*. National Archaeological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, 141–149.

PRIMAS, M. (2008): Bronzezeit zwischen Elbe und Po: Strukturwandel in Zentraleuropa 2200–800 v. Chr. *Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie* **150** Bonn, 267 pp.

PRISKIN, A. (2022): The analysis of Bronze Age macrolithic tools: a case study from Csanádpalota-Földvár (Southeastern Hungary). *Antaeus* **38** 251–272.

QUINN, C. & CIUGUDEAN, H. (2018): Settlement placement and socio-economic priorities: Dynamic landscapes in Bronze Age Transylvania. *Journal of Archaeological Science: Reports* **19** 936–948.

<https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.05.046>

RACZKY, P., HERTELENDI, E. & HORVÁTH, F. (1992): Zur absoluten Datierung der bronzezeitlichen Tell-Kulturen in Ungarn. In: MEIER-ARENDRIT, W. ed., *Bronzezeit in Ungarn. Forschungen in Tell-Siedlungen an Donau und Theiss*. Main Museum f. Vor- u. Frühgeschichte Frankfurt, Frankfurt am Main, 42–47.

RADIVOJEVIĆ, M., ROBERTS, B.W., PERNICKA, E., STOS GALE, Z., MARTINÓN TORRES, M., REHREN, T., BRAY, P., BRANDHERM, D., LING, J., MEI, J., VANDKILDE, H., KRISTIANSEN, K., SHENNAN, S.J. & BROODBANK, C. (2019): The Provenance, Use, and Circulation of Metals in the European Bronze Age: The State of Debate. *Journal of Archaeological Research* **27** 131–185. <https://doi.org/10.1007/s10814-018-9123-9>

REICH, C. (2006): *Das Gräberfeld von Szeremle und die Gruppen mit inkrustierter Keramik entlang mittlerer und unterer Donau*. Berliner Beiträge zur Vorund Frühgeschichte **13.1–2** Teil 1: 341, Teil 2: 221 pp.

ROBERTS, S., SOFAER, J. & KISS, V. (2008): Characterization and textural analysis of Middle Bronze Age Transdanubian inlaid wares of the Encrusted Pottery Culture, Hungary: a preliminary study. *Journal of Archaeological Science* **35** 322–330. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.03.013>

SALÁTA, D., GYULAI, F., TÓTH, F.M., SZILAS G. & PETŐ, Á. (2023): Régészeti növénytani adatok a Rákospatak völgye bronzkori környezet-rekonstrukciójához Budapest–Bartl J. u. 2. régészeti lelőhely adatai alapján. *Archeometriai Műhely XX/1* 77–92. <https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2023-005>

SANGMEISTER, E. (1973): Die Bronzen des Hortfundhorizontes von Ópályi. Ergebnisse der spektalanalytischen Untersuchungen. In: MOZSOLICS, A. *Bronze- und Goldfunde des Karpatenbeckens. Depotfundhorizonte von Forró und Ópályi*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 215–249.

SÁNTA G. (2011): Koszideri és halomsíros bronztárgyak komplex vizsgálata – összetétel, fázisok és korróziós felületek. *Archeometriai Műhely VIII/4* 305–320.

SÁNTA G. & ŠMIT, Ž. (2024): Dél-alföldi koszideri és halomsíros bronztárgyak elemzési adatainak újraértékelése. *Archeometriai Műhely XXI/4* 395–422. <https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2024-031>

SCHALK, E. (1998): Die Entwicklung der prähistorischen Metallurgie im nördlichen Karpatenbecken. Eine typologische und metallanalytische Untersuchung. *Internationale Archäologie, Natur-*

*wissenschaft und Technologie* 1 Marie Leidorf, Rahden/Westfalen, 178 pp.

SCHREINER, M. (2007): Erzlagerstätten im Hronal, Slowakei: Genese und prähistorische Nutzung. *Forschungen zur Archäometrie und Altertumswissenschaft* 3 Marie Leidorf, Rahden/Westfalen, 292 pp.

SCHUBERT, F. & SCHUBERT, E. (1967). Spektralanalytische Untersuchungen von Hort und Einzelfunden der Periode B III. In: MOZSOLICS, A. ed., *Bronzefunde des Karpatenbeckens. Depotfundhorizonte von Hajdúsámson und Kosziderpadlás*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 185–189.

SIKLÓSI, ZS. & SZILÁGYI, M. (2019): New data on the provenance of copper finds from the Early-Middle Copper Age of the Great Plain. *Archaeological and Anthropological Sciences* 11 5275–5285. <https://doi.org/10.1007/s12520-019-00867-8>

SIKLÓSI, ZS., PRANGE, M., KALICZ, N. & RACZKY, P. (2015): New Data to the Provenance of Early Copper Finds from the Great Hungarian Plain. In: HANSEN, S., RACZKY, P., ANDERS, A. & REINGRUBER, A. eds., *Neolithic and Copper Age between the Carpathians and the Aegean Sea. Chronologies and Technologies from the 6th to the 4th Millennium BCE*. International Workshop Budapest 2012. Archäologie in Eurasien 31 Habelt Verlag, Bonn, 57–92.

SIKLÓSI, ZS., HORVÁTH, E., VILLA, I.M., NISI, S., MOZGAI, V., BAJNÓCZI, B., CSIPPÁN, P., HORNOK, P. & KISS, P. (2022): The provenance of the raw material and the manufacturing technology of copper artefacts from the Copper Age hoard from Magyaregres, Hungary. *PLoS ONE* 17 e0278116. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278116>

SNOECK, C., BROCK, F. & SCHULTING, R. J. (2014): Carbon Exchanges between Bone Apatite and Fuels during Cremation: Impact on Radiocarbon Dates. *Radiocarbon* 56 591–602. <https://doi.org/10.2458/56.17454>

SOFAER, J. & BUDDEN, S. (2013): Many hands make light work: potting and embodied knowledge at the Bronze Age tell at Százhalombatta, Hungary. In: STIG SØRENSEN, M.S. & REBAY-SALISBURY, K. eds., *Embodied Knowledge. Perspectives on Belief and Technology*. Oxbow Books, Oxford, 117–127.

SOFAER, J. & ROBERTS, S. (2016): Technical innovation and practice in Eneolithic and Bronze Age encrusted ceramics in the Carpathian Basin, Middle and Lower Danube. *Archaeologisches Korrespondenz Blatt* 46 479–496.

SOAFER, J. with contributions by BECH, J-H., BUDDEN, S., CHOYKE, A., ERIKSEN, B. V.,

HORVÁTH, T., KOVÁCS, G., KREITER, A., MUHLENBOCK, C., STICKA, H.-P. (2010): Technology and Craft. In: EARLE, T. & KRISTIANSEN, K. eds., *Organizing Bronze Age Societies. The Mediterranean, Central Europe, and Scandinavia compared*. Cambridge University Press, Cambridge, 185–217.

SPRINCZ, E. & BECK, C.W (1981): Classification of the Amber Beads of the Hungarian Bronze Age. *Journal of Field Archaeology* 8 469–485. <https://doi.org/10.1179/009346981791504879>

STANIUK, R. (2021): Early and Middle Bronze Age Chronology of the Carpathian Basin Revisited: Questions Answered or Persistent Challenges? *Radiocarbon* 63 1525–1546. <https://doi.org/10.1017/RDC.2021.83>

SÜMEGI P., BEDE Á. & SZILÁGYI G. (2015): Régészeti geológiai, geoarcheológiai és környezettörténeti elemzések Régészeti lelőhelyeken. A földtudományok és a régészet kapcsolata. *Archeometriai Műhely* XII/2 135–149.

V. SZABÓ G. (2019): Bronzkori kincsek Magyarországon. Földbe rejtett fegyverek, eszközök, ékszerek nyomában. *Hereditas Archaeologica Hungariae* 3 283 pp.

V. SZABÓ G. & CZUKOR P. (2017): Késő bronzkori arany lábvert Szeged határából. *Magyar Régészet* 2017 Nyár 1–9.

SZABÓ G. (1996): Az urnamezős kultúra fémművessége a régészeti kísérletek tükrében. *Pápai Múzeumi Értesítő* 6 265–276.

SZABÓ G. (1999): Adatok a velemi késő bronzkori ónbronozok archaeometallurgiai. *Savaria* 24/3 329–357.

SZABÓ G. (2001): Újabb eredmények és módszerek a Kárpát-medence késő bronzkori tárgyainak archaeometallurgiai vizsgálataiban. In: DANI J., HAJDÚ Zs. & NAGY E.Gy. szerk., *ΜΩΜΟΣ I. „Fiatal Őskoros Kutatók” I. Összejövetelének konferenciája*. Debrecen, 1997. november 10-13. Debrecen, 225–250.

SZABÓ G. (2012): A Kárpát-medencei archaeometallurgiai kutatások eredményei, aktuális kérdései a 21. század elején különös tekintettel a bronz- és vasgyártás társadalmi hátterének változásaira. *Archeometriai Műhely* IX/2 75–96.

SZABÓ G. (2013): A dunántúli urnamezős kultúra fémművessége az archaeometallurgiai vizsgálatok tükrében. *Specimina Electronica Antiquitatis –Libri* 1, Pécs. [http://okor.tti.btk.pte.hu/files/tiny\\_mce/SEAL/SEAL\\_1\\_GSzabo\\_archaeometallurgy.pdf](http://okor.tti.btk.pte.hu/files/tiny_mce/SEAL/SEAL_1_GSzabo_archaeometallurgy.pdf)

SZABÓ, G. (2017): Problems with the periodization of the Early Bronze Age in the Carpathian Basin in the light of the older and recent AMS

radiocarbon data. *Archeometriai Műhely* **XIV/2** 99–116.

SZABÓ, G. (2022): The bronze hoard from Mucsi. *Antaeus* **38** 187–212.

SZABÓ G. & HAJDU T. (2011): A mészbetétes edények díszítésének szimbolikája a bonyhádi vegyes rítusú bronzkori temető embertani leleteinek feldolgozása tükrében. *Anthropologiai Közlemények* **52** 85–108.

SZABÓ, G., BARKÓCZY, P., GYÖNGYÖSI, SZ., KASZTOVSZKY, ZS., KÁLI, GY., KISS, Z., MARÓTI, B. & KISS, V. (2019): The possibilities and limitations of modern scientific analysis of Bronze Age artefacts in Hungary. *Archeometriai Műhely* **XVI/1** 1–11.

SZABÓ M. (2016): *Régészet madártávtól. Fejezetek a Pécsi Légitégészeti Téma 20 éves történetéből.* Archaeolingua, Budapest, 304 pp.

SZABÓ, N. (2023): Egy edénytől a közösségig. Különleges bronzkori edénytípus funkciójának vizsgálati lehetőségei. *Magyar Régészet* **12(1)** 50–58. <https://doi.org/10.36245/mr.2023.1.1>

SZATHMÁRI I. (2017): On the metallurgy of the Füzesabony Culture. Bronze finds and casting moulds from the Füzesabony Bronze Age tell settlement. *Communicationes Archaeologicae Hungariae* **2017** 51–79.

SZATHMÁRI, I., MARÓTI, B., TARBAY, J. G. & KISS, V. (2019): Bronzkori arany hajkarika leletek vizsgálatáról a Magyar Nemzeti Múzeum gyűjteményéből. In: BARTOSIEWICZ, L., T. BIRÓ, K., SÜMEGI, P. & TÖRŐCSIK, T. szerk., *Mikroszkóppal, feltárásokkal, mintavételezéssel, kutatásokkal az archeometria, a geoarcheológia és a régészet szolgálatában. Tanulmányok Ilon Gábor régész 60 éves születésnapjára.* GeoLitera, Szeged, 291–315.

SZATHMÁRI, I., MARÓTI, B., TARBAY, J. G. & KISS, V. (2024): Archaeological and Archaeometallurgical Analyses of Bronze Age Gold Hair-Rings from the Collection of the Hungarian National Museum and the British Museum. In: JUNG, R. & POPOV, H. eds., *Searching for Gold. Resources and Networks in the Bronze Age of the Eastern Balkans.* Austrian Academy of Sciences Press, Vienna, 381–306.

SZEVERÉNYI, V., KREITER, A., DANI, J., GUCSI, L., KISS, V., KULCSÁR, G., SKODA, P. & SZATHMÁRI, I. (2021): The Middle Bronze Age Füzesabony pottery style of the Carpathian Basin. In: VUČKOVIĆ, V., FILIPOVIĆ, V., STOJANOVIĆ, B. & RISCH, R. eds., *Crafting pottery in Bronze Age Europe: the archaeological background of the CRAFTER project.* Regional Museum of Paraćin, Paraćin, 49–69.

SZILAS, G. & TÓTH FARKAS, M. (szerk.) (2023): *MOZMOΣ 11. Környezet és ember. Óskoros Kutatók XI. Összejövetele konferenciakötete.* 2019. április 10–12. BTM Aquincumi Múzeum Ősrégészeti Tanulmányok **3** Budapest, 171 pp.

TARBAY J.G. (2016): Kopott markolatú kardok... A gyopárosfürdői késő bronzkori kardlelet a legújabb kutatások tükrében. *Mozaikok Orosháza és vidéke múltjából* **2016** 3–25.

TARBAY, J. (2017): Late Bronze Age Hoard from Oltárc Márki Hill. Analysis of prehistoric manipulations, selective fragmentation and non-ritual violence. *Zalai Múzeum* **23** 73–137.

TARBAY J. G. (2022): The Essence of Power: A Middle Bronze Age Gold Armlet from Tápióbicske (Central Hungary). *Communicationes Archaeologicae Hungariae* **2020** 19–55. <https://doi.org/10.54640/CAH.2020.19>

TARBAY, J.G. & LUKÁCS, B. (2022): Observations on the production technology of the Tápióbicske and Abrudbánya gold armlets. *Communicationes Archaeologicae Hungariae* **2020** 57–70. <https://doi.org/10.54640/CAH.2020.57>

TARBAY J. G. & MARÓTI B. (2022): Handheld XRF Analysis of Gold Armlets With Crescent-Shaped Terminals from the Prehistoric Collection of the Hungarian National Museum. *Communicationes Archaeologicae Hungariae* **2020** 71–80. <https://doi.org/10.54640/CAH.2020.71>

TARBAY, J.G. & MARÓTI, B. (2023): Preliminary handheld XRF Analysis of Late Bronze Age Metal finds from the Budakeszi-Őzvölgy-tető Site (Pest County, Hungary). *Archeometriai Műhely* **XX/1** 23–36. <https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2023-002>

TARBAY G. & MARÓTI B. (2024): Leaded bronze spearhead from Budakeszi-Őzvölgy-tető Hoard A. *Archeometriai Műhely* **XXI/4** 381–394. <https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2024-030>

TARBAY J. G., MARÓTI B., KISS, Z., KÁLI, Gy. & SZENTMIKLÓSI, L. (2021): Non-destructive analysis of a Late Bronze Age hoard from the Velem-Szent Vid hillfort. *Journal of Archaeological Science* **127** 105320. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2020.105320>

TOČÍK, A. & ŽEBRÁK, P. (1989): Ausgrabungen in Špania Dolina-Piesky. Zum Problem des zeitlichen Kupferbergbaus in der Slowakei. In: HAUPTMANN, A., PERNICKA, E. & WAGNER, G.A. eds., *Archäometallurgie der Alten Welt. Beiträge zum Internationalen Symposium Old World Archaeometallurgy.* Deutsches Bergbaumuseum, Heidelberg, 71–78.

UDVARDI B. & RADICS A. (2011): Restaurálás közbeni megfigyelések a zanati temető kerámiáin.

In: ILON, G., SÜMEGI, P., TÓTH, G., NÁFRÁDI, K., PERSAITS, G., PÁLL, D.G., TÖRŐCSIK, T., NYERGES, É., MIHÁLY, J., SÁNDORNÉ KOVÁCS, J., RADICS, A. & UDVARDI, B. eds., *Szombathely–Zanat késő urnamezős korú temetője és a lelőhely más ős- és középkori emlékei. Természettudományos vizsgálatokkal kiegészített anyagközlés*. VIA Kulturális örökségvédelmi kismonográfiák **2** Budapest, Magyar Nemzeti Múzeum–Nemzeti Örökségvédelmi Központ, 175–180.

VARBERG, J., GRATUZE, B., KAUL, F., HASLUND HANSEN, A., ROTEA, M. & WITTENBERGER, M. (2016): Mesopotamian glass from Late Bronze Age Egypt, Romania, Germany, and Denmark. *Journal of Archaeological Science* **74** 184 – 194.

<https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.04.010>

VARGA I. (1992): Későbronzkori üveggyöngy Bakonyjákóról. *Pápai Múzeumi Értesítő* **3–4** 97–99.

VARGA I., MOLNÁR Zs., NAGYNÉ CZAKÓ I. & ILON G. (1989): Németbánya későbronzkori kerámiái a természettudományos vizsgálatok tükrében. *Pápai Múzeumi Értesítő* **2** 39–48.

VENCLOVÁ, N., HULÍNSKÝ, V., HENDERSON, J., CHENERY, S., ŠULOVÁ, L. & HLOŽEK, J. (2011): Late Bronze Age mixed-alkali glasses from Bohemia. *Archeologické rozhledy* **63** 559–585.

VÉKONY G. (2003): A régészeti terepkutatás története Magyarországon. In: VISY, ZS. főszerk., *Magyar régészet az ezredfordulón*. Teleki László Alapítvány, Budapest, 15–21.

VICZE, M. (2011): *Bronze Age Cemetery at Dunaujváros-Duna-dűlő*. L'Harmattan, Budapest 2011, 486 pp.

VICZE, M. & SØRENSEN STIG, M.L. (2023): Living in a Tell: Memory and Abandonment. Százhalombatta-Földvár Phase I (Late Koszider). *Archaeologia Hungarica* **55** – **SAX 4** Budapest, 288 pp.

VÖRÖS I. (1996): Németbánya késő bronzkori település. *Pápai Múzeumi Értesítő* **6** 209–218.

WOSINSKY M. (1904): *Az őskor mészbetétes díszítésű agyagművészete*. Magyar Tudományos Akadémia, Szekszárd, 166 pp, 150. t.

ZATYKÓ, CS., JUHÁSZ, I. & SÜMEGI, P. (eds.) (2007): *Environmental archaeology in Transdanubia*. *Varia archaeologica Hungarica* **20** Budapest, 214 pp.

ZAZZO, A. & SALIÈGE, J-F. (2011): Radiocarbon dating of biological apatites: a review. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **310** 52–61.

<https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.12.004>

ŽEBRÁK, P. (1995): The traces of the primary mining of non-ferrous metals in Slovakia. In: JOVANOVIĆ, B. ed., *Ancient mining and metallurgy in Southeast Europe*. Archaeological Institute Beograd monographs **27** Archaeological Institute, Bor, 13–21.

K. ZOFFMANN, Zs. (1999): Anthropological data of the transdanubian prehistoric population in the Neolithic, the Copper, the Bronze and the Iron Ages. *Savaria* **24/3** 33–49.

K. ZOFFMANN, Zs. & HAJDU, T. (2017): A survey of Bronze Age populations in the Carpathian Basin based on classical anthropological methods. In: KULCSÁR G., SZABÓ G., KISS V. & VÁCZI G. eds., *State of the Hungarian Bronze Age Research. Proceedings of the conference held between 17<sup>th</sup> and 18<sup>th</sup> of December 2014*. MTA BTK Régészeti Intézet, ELTE BTK Régészettudományi Intézet, Budapest, 251–276.

ZVELEBIL, M., & PETTITT, P. (2013): Biosocial archaeology of the Early Neolithic: synthetic analyses of human skeletal remains from the LBK cemetery of Vedrovice, Czech Republic. *Journal of Anthropological Archaeology* **32** 313–329.

<https://doi.org/10.1016/j.jaa.2012.01.011>

# RADIOKARBON ADATOK A DUNÁNTÚL KÖZÉPSŐ BRONZKORI ABSZOLÚT KRONOLÓGIÁJÁHOZ GYŐR-MÉNFOCSANAK-SZÉLES-FÖLDEK LELŐHELYRŐL

## RADIOCARBON DATA FOR THE ABSOLUTE CHRONOLOGY OF THE MIDDLE BRONZE AGE IN WESTERN HUNGARY AT THE SITE GYŐR-MÉNFOCSANAK-SZÉLES-FÖLDEK\*

MELIS Eszter<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> HUN-REN Bölcsészettudományi Kutatóközpont, Régészeti Intézet, Budapest

E-mail: [melis.eszter@abtk.hu](mailto:melis.eszter@abtk.hu)

### Abstract

Compared to the increasing number of radiocarbon dates from the Early and Middle Bronze Age in the Carpathian Basin, <sup>14</sup>C measurements published from the Transdanubian region are particularly underrepresented, and there was a maximum of nine dates per single site from this period. Conventional radiocarbon dates, often made of charcoal, indicated a coincidence between the dating of the Kisapostag culture (or earliest Transdanubian Encrusted Pottery) of the end of the Early Bronze Age and the early Tumulus culture of the final phase of the Middle Bronze Age, between 2000–1600 BC in Western Hungary. In this context, it is particularly relevant to summarise and analyse 16 AMS data from the Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek site in North-western Transdanubia. Based on the Bayesian analysis of the <sup>14</sup>C data from the site, the turn of Early Bronze Age 3 and Middle Bronze Age 1 Period in Hungary can be dated between 1985–1830 cal BC. Furthermore, there is a coeval development of the Kisapostag/Encrusted Pottery and the Gáta–Wieselburg/Aunjetitz pottery between 2000–1750 BC on the site. The 2σ probability calibrated AMS data from Ménfőcsanak, however, confirm that communities of early Tumulus culture could have been appeared in the Transdanubian region before 1600 BC. A more precise absolute chronology can be outlined in the future on the basis of considerably more AMS data from the same site, preferably stratified in relation to each other.

### Kivonat

A Kárpát-medencei kora és középső bronzkori radiokarbon adatok növekvő számához képest a Dunántúlról publikált <sup>14</sup>C mérések különösen alulreprezentáltak, valamint egy-egy lelőhelyről maximum kilenc adattal számolhatunk a korszakból. A gyakran faszénből készült konvencionális radiokarbon adatok a kora bronzkor végi Kisapostag-kultúra (vagy legkorábbi mészbetétes kerámia kultúrája) és a középső bronzkor végére tehető korai halomsíros kultúra keletkezésének összecsúsztatását mutatták körülbelül Kr. e. 2000–1600 között. Ebben a kontextusban kiemelkedően fontos az Északnyugat-Dunántúlon található Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek lelőhely 16, különböző kerámiastílusokhoz köthető AMS adatának összefoglalása és elemzése. A magyarországi kora bronzkor 3. és középső bronzkor 1. váltását a lelőhelyről származó <sup>14</sup>C-ek Bayes-modellje alapján 1985–1830 cal BC közé tehetjük. Ezen kívül a Kisapostag/mészbetétes és a Gáta–Wieselburg/Aunjetitz kerámia fejlődésében időbeli párhuzamosság tapasztalható a 2000–1750 BC közötti időszakban. A ménfőcsanaki 2σ valószínűséggel kalibrált AMS adatok ugyanakkor azt az álláspontot erősítik, hogy a korai halomsíros anyagi kultúrájú közösségek 1600 BC-t megelőzően megjelenhettek a dunántúli térségben. Pontosabb abszolút kronológiát lényegesen több, egy lelőhelyről származó, lehetőség szerint egymással rétegtani viszonyban álló AMS adat alapján lehet a továbbiakban felvázolni.

KEYWORDS: AMS DATING, ABSOLUTE CHRONOLOGY, RELATIVE CHRONOLOGY, EARLY AND MIDDLE BRONZE AGE, BAYESIAN ANALYSIS, KDE PLOT

KULCSSZAVAK: AMS KELETZÉS, ABSZOLÚT KRONOLÓGIA, RELATÍV KRONOLÓGIA, KORA ÉS KÖZÉPSŐ BRONZKOR, BAYES-ELEMZÉS, KERNEL SŰRŰSÉG ELOSZLÁS

\* How to cite this paper: MELIS, E., (2024): Radiokarbon adatok a Dunántúl középső bronzkori abszolút kronológiájához Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek lelőhelyről / Radiocarbon data for the absolute chronology of the Middle Bronze Age in Western Hungary at the site Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek [in Hungarian with English abstract], *Archeometriai Műhely* XXI/4 339–358.

doi: [10.55023/issn.1786-271X.2024-028](https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2024-028)

## ***A magyarországi középső bronzkor abszolút kronológiájáról***

A radiokarbon „forradalom” a magyarországi bronzkor történetét is átírta, a hagyományos Kr. e. 1900-as kezdő dátum (Bóna 1958, 223) helyett annak kezdetét Kr. e. 2600/2500 körülre keltezve, a középső bronzkor végét pedig a Kr. e. 1350 körüli évszám helyett jelenleg Kr. e. 1500/1450 körülre datálhatjuk (Raczky et al. 1992; Kiss 2012b; Kulcsár 2013; Jaeger & Kulcsár 2013; Kulcsár & Szeverényi 2013). A 2010-es évek közepén a <sup>14</sup>C adatok nagyobb szériái alapján megkérdőjeleződött, hogy a Reinecke-féle kronológián alapuló közép-európai kora bronzkori fázisok és a középső bronzkor kezdete (RB A1a-b, RB A2, RB B), azaz a magyarországi késő bronzkor mennyire választhatók szét időben. Emellett az abszolút időhatárok módosítása is felmerült: a közép-európai kora bronzkor kezdetének Kr. e. 2150-re, a középső bronzkor (RB B1) elejének Kr. e. 1700-ra keltezésével (Stockhammer et al. 2015). Az utóbbi években azonban minden fázisra kiterjedő, reprezentatív mintaszámmal és az adatok nagy valószínűségű modellezésével igazoltak találtak az RB A1, A2 és B1 váltását az anyagi kultúrában és temetkezésekben egyaránt a dél-németországi és svájci területeken (Brunner et al. 2020).

A magyarországi bronzkort illetően az 1992-es tell-katalógushoz készült először nagyobb számban radiokarbon mérés, amelyek még gyorsító tömegspektrométer (AMS) nélküli, tág időintervallumú adatok voltak, így a középső bronzkor utolsó, koszideri periódusának meglehetősen hosszú időszakát (1950/1900–1500/1450 BC) valószínűsítették (Raczky et al. 1992; Jaeger & Kulcsár 2013, 312, Fig. 21). A Dunántúlról származó, elsőként Ilon Gábor által publikált korai, gyakran faszénből készült konvencionális adatok a kora bronzkori Kisapostag-kultúra (vagy legkorábbi mészbetétes kerámia kultúrája; Szabó 2010; Hajdu et al. 2016) és a középső és késő bronzkor fordulójára tehető halomsíros kultúra időszakának összecsúsztatását mutatták körülbelül Kr. e. 2000–1600 között (Ilon 1991; Ilon 1998-99; Kiss et al. 2015). A Dunántúl legnyugatabbi részein elterjedt Gáta–Wieselburg-kultúra első magyarországi radiokarbon adatai ugyancsak Ilon Gábor zsenyei feltárásából kerültek közlésre (Nagy 2013). Az AMS adatok száma a Dunától nyugatra lévő magyarországi térségben a Lendület Mobilitás kutatócsoportnak köszönhetően gyarapodott jelentősen, amelyek alapján a kora és középső bronzkor váltása Kr. e. 2000/1900 körüli időszakra tehető, a középső bronzkor utolsó, 3. periódusa pedig Kr. e. 1600 és Kr. e. 1450 között valószínű (Kiss et al. 2015; 2019).

Ugyanakkor a Kárpát-medencei kora és középső bronzkori radiokarbon adatok közelmúltban megjelent gyűjtése alapján továbbra is jól látható a

dunántúli terület nagyságához képest a publikált <sup>14</sup>C adatok alulreprezentáltsága; egy-egy lelőhelyről maximum kilenc adattal számolhatunk (a harang alakú edények kultúrájának néhány temetőjét – Budakalász-Csajerszke és Budapest-Békásmegyer – is beleértve ebbe a térségbe) (Staniuk 2021, Fig. 1, Fig. 4, Fig. 7). A Vörs-máriasszonyszigeti nyíltszíni kispostagi település kivételével nagyobbrészt csontvázas temetkezések datáltak ebből a korszakból és régióból (Medzihradzky et al. 2009, 24, Table 1). Ebben a kontextusban érdemes az Északnyugat-Dunántúlon található Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek lelőhely 16 kora és középső bronzkori, különböző kerámiastílusokhoz köthető AMS adatát közzétenni és összefoglalni.

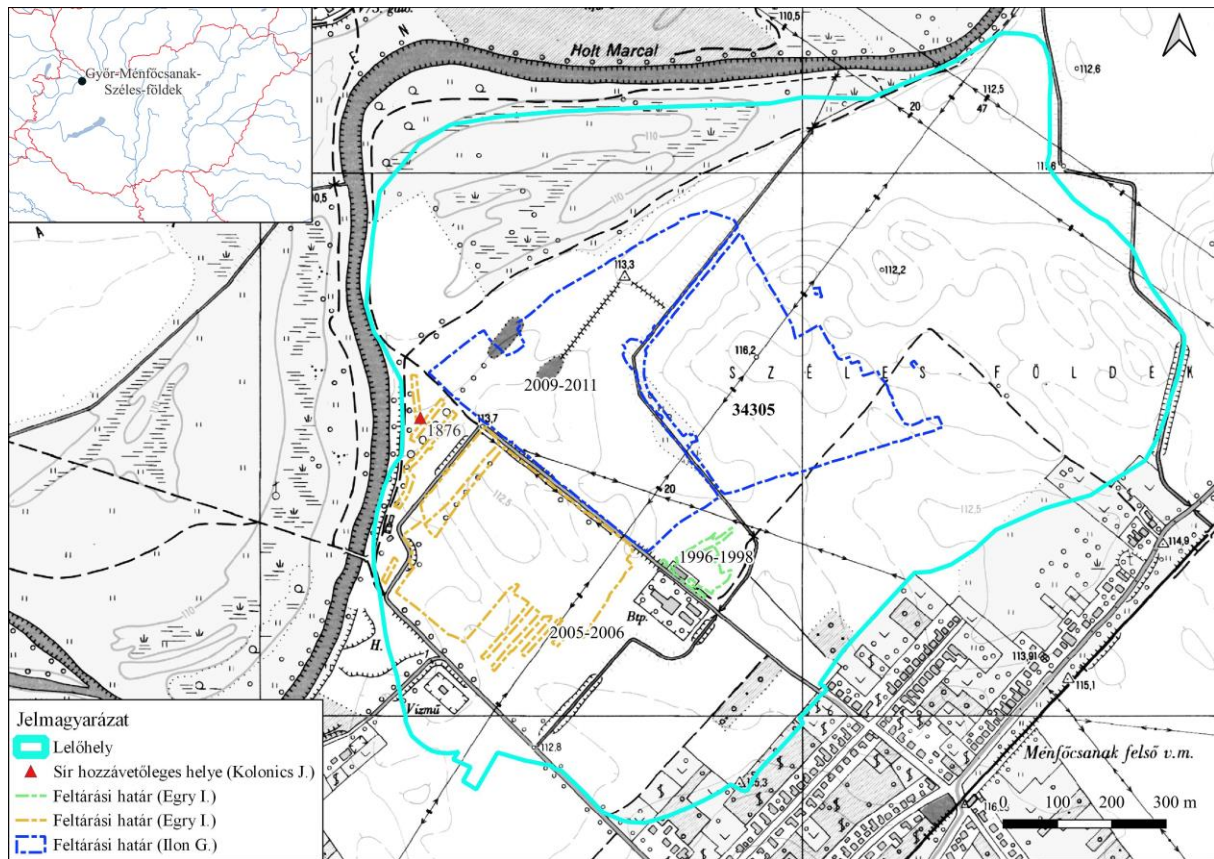
### ***Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek lelőhely***

Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek (34305) lelőhely Magyarország északnyugati részén, a Kisalföldön, Győrtől 6 km-re DNY-ra, közigazgatásilag a megyeszékhelyhez tartozó Ménfőcsanak településrész határában található (**1. ábra**). A lelőhelytől északnyugat felé kanyarodó, jelenleg Holt-Marcalnak nevezett Rába szakasz alakította ki a Szeles-dombnak vagy Széles-földeknek nevezett, a szabályozás előtt nyugat és északkelet felől mocsaras ártéri rétekekkel határolt hordalékkúpot. A terület a Marcal és Rába egykori torkolata, valamint a Rába és a Mosoni (vagy Kis)-Duna összefolyása közt félúton található, a lelőhely nyugati határát tulajdonképpen a folyószabályozás előtti Rába meder határozza meg. A lelőhely északi határánál torkollik bele a Pándzsa patak a Rábába (jelenleg Holt-Marcalba). A kistájak alapján a Csornai-sík és a Pápa-Devecseri sík találkozásánál fekszik (Dövényi 2010, 314, 326).

A mintegy 150 ha-os Széles-földek lelőhelyet északkelet-délnyugati irányban szeli ketté a 83. sz. főút, amelynek nyomvonala e szakaszon az ásatások tanúsága szerint a római korig biztosan visszavezethető, de az őskorban is használhatták, mivel nedvesebb időszakokban itt volt a Rába és a mocsarak között dél fele vezető egyetlen járható útvonal (Figler 1996, 10). A lelőhely elsősorban a korai kelta temetkezések miatt ismert, más korszakokra kiterjedő szerteágazó kutatástörténetétől itt eltekintenek (összefoglalásait ld. Takács 2006, 537–540; Tankó 2020, 18–25). Jelen tanulmány a kora és középső bronzkorral kapcsolatos adatokra szorítkozik.

A 19. századtól a győri bencések gyűjteményébe Ménfőcsanokról bekerülő régészeti leletek közül származik a Holt-Marcal közelében, Kolonics János birtokán 1876-ben előkerült gazdag, kora bronzkor végi temetkezés, amely a leírás alapján csontvázas rítusú lehetett. Ez a későbbi feltárások során ma Eperföldeknek nevezett területen lokalizálható (**1. ábra** 1876; Mithay 1941, 6, III. t. 1–7; Egry 2007, 29).





**1. ábra:** Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek lelőhely és a tanulmányban vizsgált  $^{14}\text{C}$  minták feltárási területei

**Fig. 1:** The Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek site and the excavation areas of the  $^{14}\text{C}$  samples analysed in the study

A Holt-Marcaltól távolabb délkelet felé, 1960-ban a ménfőcsanak-i Tsz istállóiként használt épületeknél kutatás közben középső bronzkor végi csontvázas sírt találtak (Egry 2004, 122, 1–2. térkép, 9. kép 4). Ugyanezen a területen, az akkor már Málnatar-tósító- és Savanyító üzemként működő épületek közt 1967 áprilisában hamvasztásos sírra bukkantak, álszinórdíszes, azaz Litzenkerámiával (Kovács 1997, 297).

1990–1991-ben az M1 autópálya Győrt elkerülő szakaszának és lehajtóinak megelőző feltárása (Szeles-dűlő) során kora bronzkori gödrökön, valamint a dunántúli mészbetétes kerámia kultúrája (DMKK) településén kívül hamvasztásos sírjai kerültek elő (Tomka 1994, 380, 4. ábra; Figler 1996, 10–11). Az autópálya ásatás során az ékezet véletlen elhagyása miatt nyerte a lelőhely Szeles-dűlő elnevezést, ami aztán a területen jellemző élénk széljárás miatt egy darabig használatban maradt (Takács 2006, 537–540; Bíró et al. 2021, 43, 34. j.). A különböző építkezésekhez kapcsolódóan feltárt lelőhelyrészek eltérő neveket (pl. Szeles-dűlő, 83. út, Bevásárlóközpont, Eperföldek) kaptak, amelyek végül 2011-ben összevonásra kerültek, Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek néven. Az M1 nyomvonalán felfedezett középső bronzkori temető a 83. sz. főút Ménfőcsanakot elkerülő új

nyomvonalán, az ún. Szeles II. gázvezeték és Ménfőcsanak-Bevásárlóközpont feltárási felületein is folytatódott (Vaday 1996–97, 222; Vaday 1997, 11; Egry et al. 1997; Kiss et al. 2011). Így ez a DMKK egyik legnagyobb sírszámú (kb. 170 sír) eddig ismert temetője (Kiss 2004, 249). A 83. sz. úttól délkeletre található az egykori „Savanyító” területe, ahol a 1960-as években előkerültek kívül 1996–1998-ban további hét zsugorított, korai halomsíros csontvázas sírt tártak fel (1. ábra 1996–1998; Egry 2004, 122, 133, 1–2. térkép). A 83. sz. úttól északnyugatra 2004-ben M. Egry Ildikó végzett szondázást. Ettől délnyugatra, az Eperföldeknek nevezett lelőhelyrészen ugyancsak M. Egry Ildikó végzett 2005–2006-ban próbaásatást (1. ábra 2005–2006). Ez utóbbi területen a Kisapostag-kultúra gödrein kívül, három zsugorított csontvázas kora-középső bronzkori temetkezés került elő, aranytüvel, függesztő edénnyel és egy kis csuporral (Egry 2007, 30–31, 5. kép).

Munkám súlypontja a lelőhely középső részén, 2009–2011-ben Ilon Gábor feltárási során előkerült kora és középső bronzkori településnyomok, valamint temetkezések abszolút kronológiai értékelése. E feltárási területet (1. ábra, 2009–2011) a Pándzsa patak szabályozott mellékága szeli ketté derékszögben.

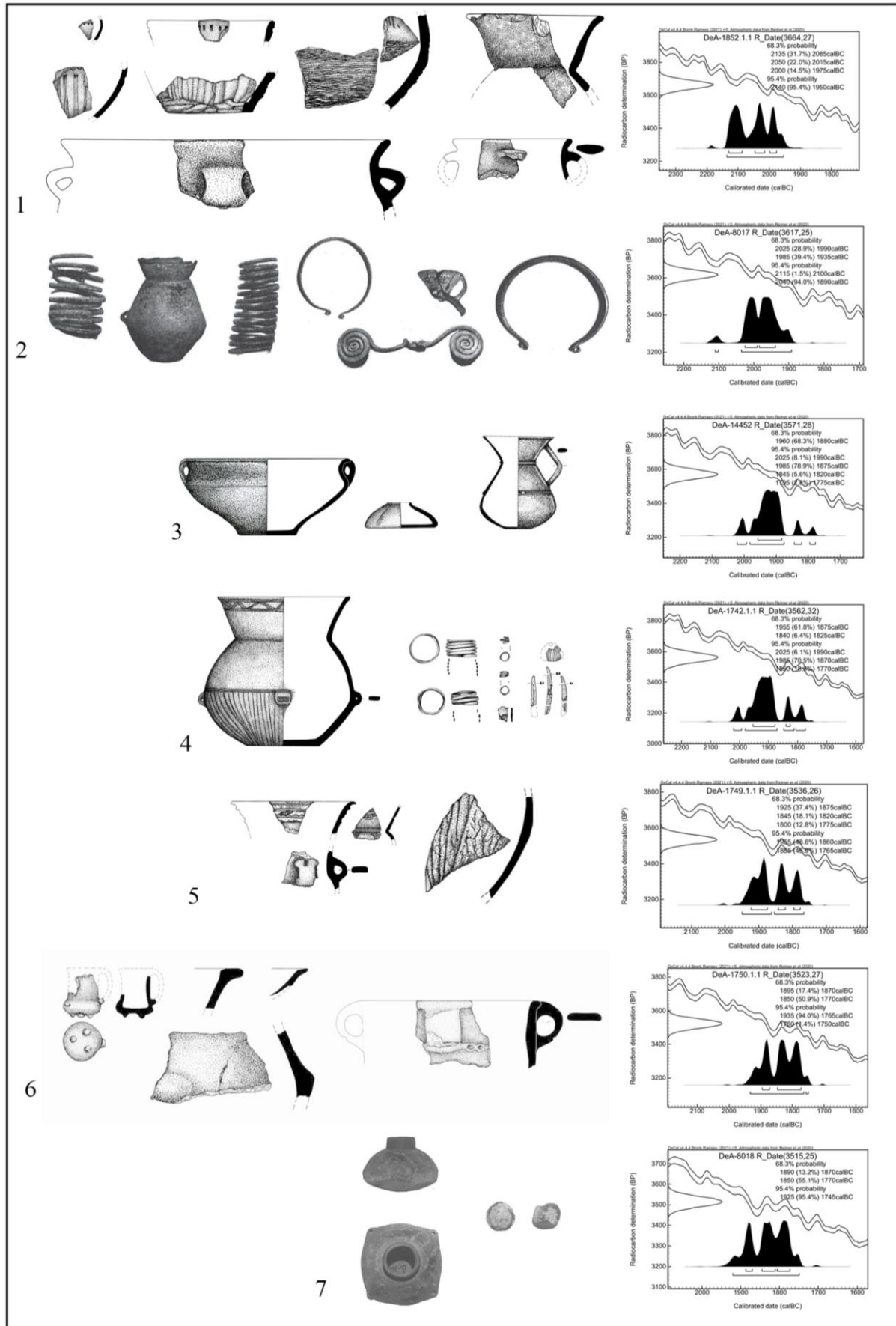
**1. táblázat:** Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek lelőhely kora és középső bronzkori radiokarbon adatai az első publikációjuk és a mérést finanszírozó projektek adataival. A mérések kalibrálása és modellezése az IntCal20 görbe (Reimer et al. 2020) alapján az OxCal v 4.4.4. programmal készült (az eredményeket öt évre kerekítve; Bronk Ramsey 2009a).

**Table 1:** Early and Middle Bronze Age radiocarbon dates at the site of Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek with references of their first publication and funding projects. The measurements were calibrated and modelled using the IntCal20 curve (Reimer et al. 2020) with OxCal v4.4.4 (results rounded by 5 years, Bronk Ramsey 2009a).

Feltárási év, ásatásvezető/ adatgyűjtő	Obj./STR /Leltári szám	Kontextus	Relatív kronológiai fázis	Régészeti kultúra/ kerámiastílus	Minta anyaga	Mérés kódja	BP adat	±	Kalibrált naptári kor (cal BC, 95,4%)	Modellált radiokarbon adat (cal BC, 95,4%)	Hivatkozás	Projekt
2009-2011, Ilon Gábor	7356	gödör	kora bronzkor 3.	Kisapostag	állatcsont	DeA-1852.1.1	3664	272	2140-1950	2120-1920	közöletlen	Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek, bevásárlóközpont építése
1876, Kolonics János	53.76.7.	csontvázas sír	kora bronzkor 3.	Kisapostag	embercsont	DeA-8017	3617	252	2115-1890	2030-1910	közöletlen	Lendület Mobilitás
2009-2011, Ilon Gábor	8464	hamvasztásos sír	kora bronzkor 3.	Kisapostag	faszén	DeA-1742.1.1	3562	322	2025-1770	2025-1885	Melis 2013, 4-5, 9. kép.	Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek, bevásárlóközpont építése
2009-2011, Ilon Gábor	9146	csontvázas sír	középső bronzkor 1.	Gáta-Wieselburg	embercsont	DeA-14452	3571	28	2025-1775	1955-1815	Szécsényi-Nagy et al. in átalakulások genomikai kutatása a Kárpát-medence 4000 éves őstörténetéből	Lendület Mobilitás, Kulturális
2009-2011, Ilon Gábor	3548	gödör	középső bronzkor 1.	késő kisapostagi korai mészbetétes	állatcsont	DeA-1749.1.1	3536	26	1955-1765	1940-1810	közöletlen	Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek, bevásárlóközpont építése
2005, Egy Ildikó	971	csontvázas sír	középső bronzkor 1.	Gáta-Wieselburg	embercsont	DeA-8018	3515	25	1925-1745	1925-1800	Szécsényi-Nagy et al. in átalakulások genomikai kutatása a Kárpát-medence 4000 éves őstörténetéből	Lendület Mobilitás, Kulturális
2009-2011, Ilon Gábor	6250	hamvasztásos sír	középső bronzkor 1.	késő kisapostagi korai mészbetétes	szenült mag	DeA-9039	3515	60	2025-1685	1890-1805	Dani et al. 2019, Table 1; Major et al. 2019a, Table 3.	Lendület Mobilitás
2009-2011, Ilon Gábor	6250	hamvasztásos sír	középső bronzkor 1.	késő kisapostagi korai mészbetétes	szenült mag	DeA-9038	3490	50	1950-1640	1890-1805	Major et al. 2019a, Table 3.	Lendület Mobilitás

**1. táblázat:** folyt.  
**Table 1:** cont.

Feltárási év, ásatásvezető/ adatgyűjtő	Obj./STR /Leltári szám	Kontextus	Relatív kronológiai fázis	Régészeti kultúra/ kerámia stílus	Minta anyaga	Mérés kódja	BP adat	±	Kalibrált naptári kor (cal BC, 95,4%)	Modellált radiokarbon adat (cal BC, 95,4%)	Hivatkozás	Projekt
2009-2011, Ilon Gábor	6250	hamvasztásos sír	középső bronzkor 1.	késő kisapostagi- korai mészbetétes	hamvak	DeA- 9429	3450	30	1885-1640	1890-1805	Dani et al. 2019, Table 1; Major et al. 2019a, Table 3.	Lendület Mobilitás
2009-2011, Ilon Gábor	7219	gödör	középső bronzkor 2.	idősebb DMKK	állat- csont	DeA- 1751.1.1	3478	26	1885-1695	1865-1695	közöletlen	Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek, bevásárlóközpont építése
2009-2011, Ilon Gábor	10695	csontvázas sír	középső bronzkor 2.	Gáta-Wieselburg	ember- csont	DeA- 1744.1.1	3496	26	1895-1740	1860-1740	Melis 2015, Fig. 2.	Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek, bevásárlóközpont építése
2009-2011, Ilon Gábor	7182	gödör	középső bronzkor 2/3.	halomsíros	állat- csont	DeA- 1750.1.1	3523	27	1935-1750	1850-1745	közöletlen	Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek, bevásárlóközpont építése
1996-1998, Egry Ildikó	919	csontvázas sír	középső bronzkor 3.	halomsíros	ember- csont	DeA- 14659	3296	27	1620-1505	1620-1510	Szécsényi- Nagy et al. in prep.	Lendület Mobilitás, Kulturális átalakulások genomikai kutatása a Kárpát-medence 4000 éves őstörténetéből
2009-2011, Ilon Gábor	7765/7900	áldozati gödör	középső bronzkor 3.	halomsíros	ember- csont	DeA- 1854.1.1	3293	26	1620-1505	1615-1505	Ilon 2014, Abb. 5.	Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek, bevásárlóközpont építése
2009-2011, Ilon Gábor	7765	áldozati gödör	középső bronzkor 3.	halomsíros	állat- csont	DeA- 1753.1.1	3269	27	1615-1455	1615-1505	Ilon 2014, Abb. 5.	Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek, bevásárlóközpont építése
1996-1998, Egry Ildikó	1046	csontvázas sír	középső bronzkor 3.	halomsíros	ember- csont	DeA- 14660	3271	27	1615-1455	1615-1500	Szécsényi- Nagy et al. in prep.	Lendület Mobilitás, Kulturális átalakulások genomikai kutatása a Kárpát-medence 4000 éves őstörténetéből



2. ábra: Aláírás a következő oldalon / Fig.2: Caption on the next page

**2. ábra:** Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek keltezett leletanyagok és kontextusukból származó radiokarbon adatok. 1: STR 7356 kispostagi gödör (rajz: Binder Hajnalka), 2: Kolonics-tag kispostagi sír (Mithay 1941, III. t. 1-7 alapján), 3: STR 9146 Gáta–Wieselburg temetkezés (rajz: Binder Hajnalka), 4: STR 8464 kispostagi sír (rajz: Binder Hajnalka), 5: STR 3548 késő kispostagi–korai mészbetétes fázisú gödör (rajz: Binder Hajnalka), 6: STR 7182 halomsíros gödör (Ilon 2019, Taf. 3. alapján), 7. 971. obj. Gáta–Wieselburg (?) temetkezés (Egry 2007, 5. kép alapján).

**Fig. 2:** Dated assemblages at Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek and radiocarbon dates from their context. 1: Feature 7356, pit, Kisapostag culture (drawing: Hajnalka Binder), 2: Kolonics-tag, burial, Kisapostag culture (after Mithay 1941, III. t. 1-7), 3: Feature 9146, burial Gáta–Wieselburg culture (drawing: Hajnalka Binder), 4: Feature 8464, burial, Kisapostag culture (drawing: Hajnalka Binder), 5: Feature 3548, pit, Late Kisapostag–Early Encrusted Pottery Phase (drawing: Hajnalka Binder), 6: Feature 7182, pit, Tumulus culture (after Ilon 2019, Taf. 3.), 7: Feature 971, burial Gáta–Wieselburg (?) culture (after Egry 2007, 5. kép).

A 27,7 ha területű, sok korszakos ásatásból 28 őskori mintából volt lehetőségünk radiokarbon mérésre az MNM NÖK intézményi keretei közt. Ezek közül nyolc radiokarbon adat származott a vizsgált kora bronzkor vége–késő bronzkor eleje közötti időszakból. 2015-től a Lendület Mobilitás projekt biorégészeti vizsgálataihoz kapcsolódóan további nyolc sikeres  $^{14}\text{C}$  mérést végeztek a debreceni ATOMKI HEKAL Laboratóriumában, a lelőhely 1876., 1998., 2005 és 2009–2011. évi leletanyagaiból. A település és síranyagok a kora bronzkor 3. és a középső bronzkor 3. közötti időszak tipokronológiai spektrumát reprezentálják, a radiokarbon adatok mintegy fele került eddig közlésre (Melis 2013; Ilon 2014; Melis 2015; Dani et al. 2019; Ilon 2019; Major et al. 2019a).

### *A vizsgált minták és kontextusuk*

Míg a Dunántúlról korábban közölt kora és középső bronzkori radiokarbon mérések jelentős részben faszénből készültek (Ilon 1991; Medzihradzky et al. 2009), Győr-Ménfőcsanak-Széles-földekről egyedül az STR 8464 hamvasztásos kispostagi sír adata származik faszén mintából (Melis 2013). A jelen tanulmány tárgyául szolgáló adatok nagy része (a 16-ból 12) ember- és állatsontból kinyert kollagénből készült (Major et al. 2019b). Ezen kívül az STR 6250 temetkezést a hamvasztott maradványok radiokarbon keltezésére irányuló vizsgálatokba volt lehetőségünk bevonni, mivel az urnából szenült magvak is feltárással és keltezésre kerültek (Dani et al. 2019; Major et al. 2019a). A lelőhelyről vizsgált mindegyik radiokarbon mérés az ATOMKI gyorsító tömegspektrométeres (AMS) laboratóriumában készült (Molnár et al. 2013a; 2013b). A közölt és közöletlen adatok egyaránt az IntCal20 kalibrációs görbe alapján az OxCal v4.4.4. programmal kerültek kalibrálásra, az eredményeket öt évre kerekítve (**1. táblázat, 2-3. ábra**; Bronk Ramsey 2009a; Reimer et al. 2020).

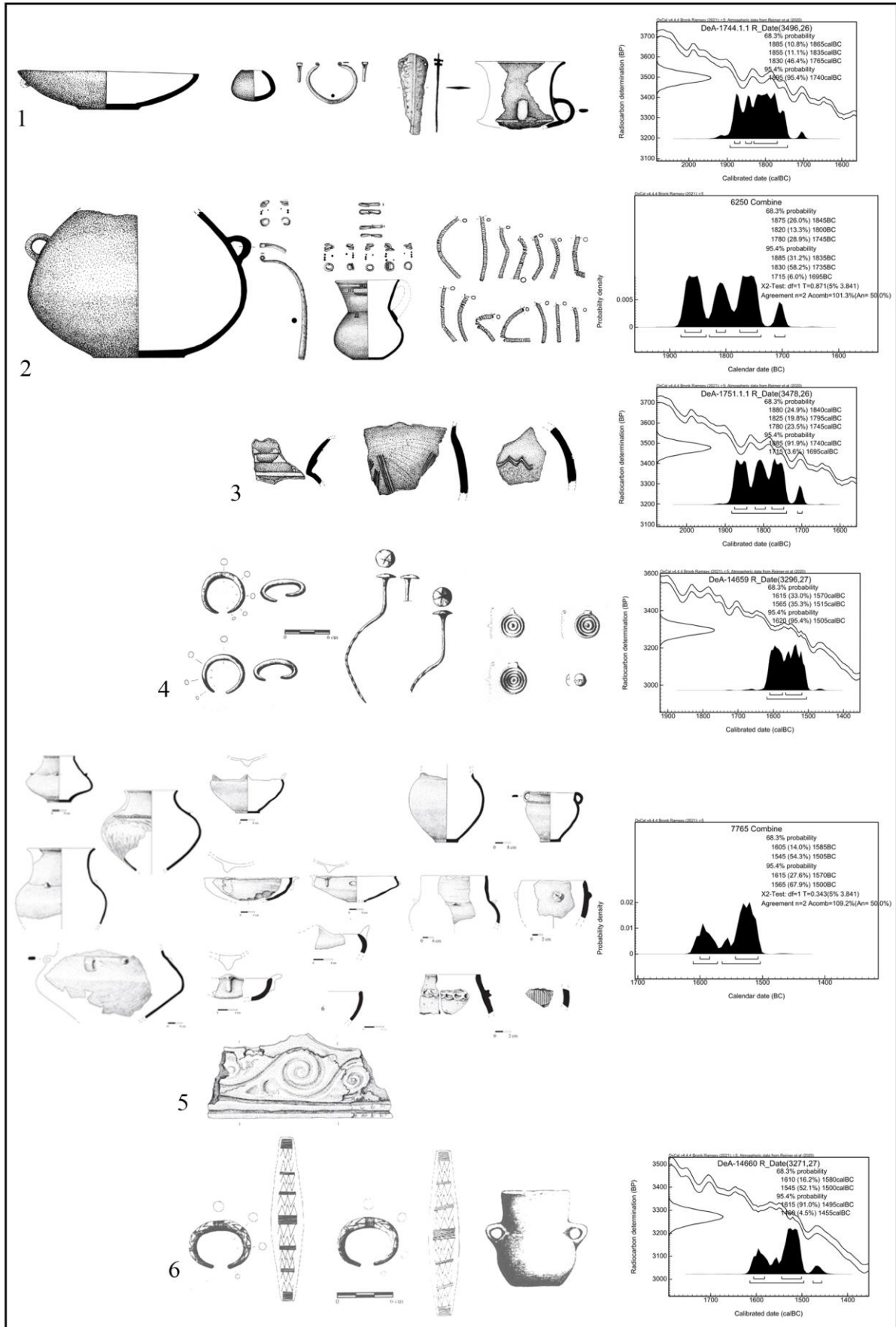
A Lendület Mobilitás projekt biorégészeti vizsgálataihoz kapcsolódóan sikerült fellelnünk a 19. század végén, Ménfőcsanak határából, a Holt-Marcál közeléből beszolgáltatott kispostagi sír emberi maradványait (RFM ltsz. 53.76.7), amelyek Köhler Kitti meghatározása szerint egy 3–4 éves gyermekhez tartoztak (Melis et al. 2020, 100). A koponya-

tető és hosszú csontok genetikai és stabilizotópos vizsgálatra ugyan nem voltak alkalmasak, egy  $^{14}\text{C}$  mérés azonban készült, amely megerősítette a kora bronzkor végi, régészeti keltezését (2115 [95,4%] 1890 cal BC; **1. táblázat, 2. ábra 2**).

A 2009–2011. közötti ásatás leletanyagából mind temetkezésekből, mind településjelenségekből volt lehetőségünk radiokarbon mérés elvégzésére. Előre kell bocsájtani, hogy a minták kiválasztását nemcsak az anyagi lehetőségek korlátozták, hanem a kora és középső bronzkori jelenségek erős bolygatottsága is: a későbbi korszakok (főként kelta, római kori és recens) jelenségei gyakran metszették a bronzkori beásásokat, amely a csont- és szerves anyag maradványok keveredését okozhatta. Ezért törekedtünk különálló objektumok mintavételezésére, bár a településjelenségekből többnyire egyedi állatsontok keltezésére volt mód.

A legkorábbi bronzkori adatnak a lelőhelyről egy kispostagi gödör állatsontból készült mérése bizonyult (STR 7356, 2140 [95,4%] 1950 cal BC; **1. táblázat, 2. ábra 1**). A lelőhely legmagasabban fekvő részén található, amorf, sekély gödörből mészbetéttel kitöltött, csekélyebb mennyiségű, tekerceselt pálcikával és beböködéssel díszített kerámia került elő, a nagyobb mennyiségű házi kerámián fészülés, zsinegbenyomkodás (Melis 2011, 184–185; Gucsi 2023, 16–19) és fröcskölt, ujjbehúzkodással durvított felszín egyaránt előfordult. A leletanyag klasszikus kispostagi, illetve részben a késő kispostagi–korai mészbetétes fázis felé mutató jellegzetességei (Torma 1972; Honti – Kiss 1996) mellett az abszolút kronológiai adat meglehetősen korainak tűnik, bár  $2\sigma$  valószínűséggel reprezentálja a kora bronzkor 3. időszakát.

A 2009–2011. évi feltárással északnyugati részén előkerült kispostagi és késő kispostagi–korai mészbetétes fázisú hamvasztásos temetkezések közül a két „leggazdagabb” sír radiokarbon keltezése áll rendelkezésre. Az STR 8464 két réz karpereccel, aranyhuzal hajkarikákkal, vaddisznó-fog- és kagylóékszerekkel ellátott temetkezés vékony tekerceselt pálcikás, mészbetétes díszítésű urnája a klasszikus kispostagi kerámiastílus példája, amelyet egy  $^{14}\text{C}$  mérés 2025 (95,4%) 1770 cal BC közé datált (**2. ábra 4**; Melis 2013).



3. ábra: Aláírás a következő oldalon / Fig.3: Caption on the next page

**3. ábra:** Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek keltezett leletanyagok és kontextusukból származó radiokarbon adatok. 1: STR 10695 Gáta–Wieselburg temetkezés (rajz: Binder Hajnalka), 2: STR 6250 késő kisapostagi–korai mészbetétes fázisú temetkezés (rajz: Binder Hajnalka), 3: STR 7219 idősebb DMKK gödör (rajz: Binder Hajnalka), 4: 919. obj. halomsíros temetkezés (Egry 2004, 3. kép alapján), 5: Válogatás az STR 7765 halomsíros áldozati gödör leletanyagából (Ilon 2014, Abb. 8, Abb. 10, Abb. 11, Abb. 13 alapján), 6: 1046. obj. halomsíros temetkezés (Egry 2004, 5. kép alapján).

**Fig. 3:** Dated assemblages at Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek and radiocarbon dates from their context. 1: Feature 10695, burial, Gáta–Wieselburg culture (drawing: Hajnalka Binder), 2: Feature 6250, burial, Late Kisapostag–Early Encrusted Pottery Phase (drawing: Hajnalka Binder), 3: Feature 7219, pit, older Transdanubian Encrusted Pottery Culture (drawing: Hajnalka Binder), 4: Feature 919, burial, Tumulus culture (after Egry 2004, 3. kép), 5: Feature 7765, sacrificial pit, selection of the Tumulus culture material (after Ilon 2014, Abb. 8, Abb. 10, Abb. 11, Abb. 13), 6: Feature 1046, burial, Tumulus culture (after Egry 2004, 5. kép).

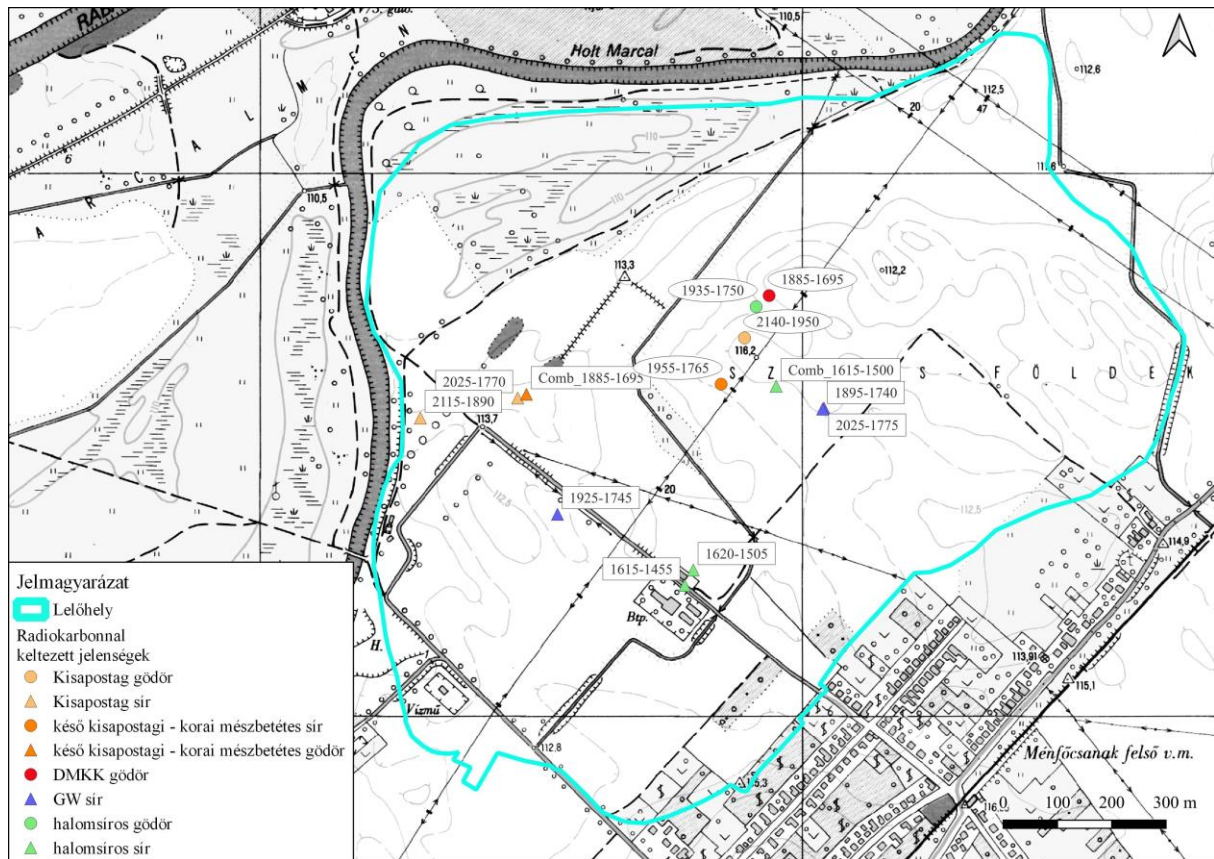
Az STR 6250 késő kisapostagi–korai mészbetétes fázisú, réz/bronz mellékletekben gazdag, női temetkezésből három mérésre volt lehetőségünk a hamvak keltezésére irányuló vizsgálatok kapcsán: a kalcinátumból kinyert bioapatitból, és az urnából előkerült szenült magból alacsonyabb és magasabb hőfokon (Tóth et al. 2016; Major et al. 2019a; Dani et al. 2019). A három mérés kombinált adata – elsősorban a hamvasztott csontok datálási problémáiból adódóan – a Kisapostag-kultúránál későbbi keltezésre utal (1885 [95,4%] 1695 cal BC; **1. táblázat, 3. ábra 2**). A Pándzsa mellékág túloldalán feltárt STR 3548 gödör széles tekecselt pálcikás és eszközbenyomkodásos, késő kisapostagi–korai mészbetétes fázisú díszkerámiáját a temetkezésnél némileg korábbi adat keltezte (1955 [95,4%] 1765 cal BC, **1. táblázat, 2. ábra 5**).

A DMKK tipokronológiai felosztása alapján a következő kerámiastílust az idősebb DMKK jelenti (Kiss 2009; Kiss 2012a, 17–78), amelynek egy szegényesebb kerámiaanyagú méhkasos település-gödörből volt alkalmunk radiokarbon mérésre (STR 7219, 1885 [95,4%] 1695 cal BC; **1. táblázat, 3. ábra 3**). Ugyanakkor ebből a jelenségből 11, közelebről nem meghatározható halpikkely származott és egy ki nem kelt libatojásból származó apró töredék publikált (Ilon et al. 2016, 1. táblázat; Tugya et al. 2022, 272, Fig. 4.1). Az idősebb DMKK gödörből származó  $2\sigma$  valószínűségű, kalibrált, kerekített  $^{14}\text{C}$  adat megegyezik az STR 6250, kerámia alapján késő kisapostagi–korai mészbetétes fázisú temetkezés kombinált adatával (**1. táblázat; 4. ábra**), amely az egyes kerámiastílusok időbeli párhuzamosságára utalhat, ugyanakkor figyelembe kell venni, hogy a hamvasztott csontok mérése több esetben fiatalabb adatot eredményezett (vö. Dani et al. 2019; Major et al. 2019a).

A hamvasztásos temetkezéseken kívül középső bronzkori, csontvázas temetkezések is előkerültek a lelőhelyen. A 2009–2011. évi ásatás során feltárt hat, délnyugat-északkeleti tájolású csontvázas sír leletanyagában a Gáta–Wieselburg- és Aunjetitz-kultúra jellegzetességei fordultak elő (Melis 2015; Melis 2016; Tóth et al. 2016, 741–743, 747–748).

Bár egy kisebb sírcsoportról van szó, az STR 9146 Gáta–Wieselburg kerámiát tartalmazó férfi sír és az STR 10695 törrel, pödrött végű bronz karpereccel és Aunjetitz jellegű edényekkel eltemetett gyermeksír a középső bronzkor két külön periódusát képviselheti. A két  $^{14}\text{C}$   $2\sigma$  kalibrált adata közt kisebb átfedés tapasztalható, a BP adatuk több mint 120 évvel tér el (2025 [95,4%] 1775 és 1895 [95,4%] 1740 cal BC, **1. táblázat, 2. ábra 3, 3. ábra 1**). Az M. Egry Ildikó feltárásán 2005–2006-ban előkerült csontvázas temetkezések rítusa és egyes tárgyai (arany tokosfejű tű [*Hülsenkopfnadel*], bütykös kis fazék) alapján ugyancsak a Gáta–Wieselburg/Aunjetitz-körhöz köthetők (Egry 2007, 30, 5. kép; Melis 2017, 20–21). A 971. objektum számú csontvázas sírből származó „párnaalakú” függesztő edény analógiái a Hatvan-kultúrában találhatók meg (**2. ábra 7**; Kalicz 1968, 153, 170, Taf. LXXIV, 1a-b, 3a-b, Taf. CXI, 2a-b; Melis 2011, 189), amelynek kontaktzónája az Aunjetitz anyagi kultúrájú közösségekkel Győr-Ménfőcsanaktól kissé északkeletre, a Szlovákiával közös nyugat-kelet irányú Duna szakasz mentén található. A Szécsényi-Nagy Anna „Kulturális átalakulások genomikai kutatása a Kárpát-medence 4000 éves őstörténetéből” és a Lendület Mobilitás projekt együttműködésének biológiai vizsgálatainak kapcsán készült radiokarbon adat megerősítette a – Hajdu Tamás meghatározása szerint – női sír középső bronzkor első felére való keltezését (**1. táblázat, 2. ábra 7**).

A 2009–2011. évi ménfőcsanaki feltárás halomsíros kultúrához köthető, többféle kontextusból (település, áldozati gödör, depó) származó leletanyagával Ilon Gábor foglalkozott, és tette közzé több tanulmányban (Ilon 2014; 2017; 2018; 2019). A közölt leletanyag a középső bronzkor 3. és a késő bronzkori időszak közötti folyamatos átmenetet mutatja. A Magyarád-kultúrához és a korai halomsíros leletanyaghoz sorolható bütyöklábas bögrék már a középső bronzkorban megjelentek a lelőhelyen. Az STR 7182 számú gödör leletanyaga ugyan a halomsíros kultúra emlékeként közölt (Ilon 2017; Ilon 2019, 266, Taf. 3), a kis gödörből előkerült állatcsontból származó radiokarbon mérés a középső bronzkor



**4. ábra:** A radiokarbonnal keltezett kora és középső bronzkori jelenségek helyzete Győr-Ménfőcsanak-Szélesföldeken

**Fig. 4:** Location of radiocarbon dated Early and Middle Bronze Age features at the site of Győr-Ménfőcsanak-Szélesföldek

első felére utal (1935 [95,4%] 1750 cal BC, **1. táblázat, 2. ábra 6**), hasonlóan a nagydémi adatokhoz (Ilon 1998-99). Ezt a kiugró adatot a ménfőcsanaki mérések sorában okozhatja korábbi állatsont belekeveredése a jelenségbe, így nem feltétlen a vele egy kontextusból előkerült halomsíros jellegű kerámianyagot keltezi, azaz *outlier*-ként is értelmezhető (Bronk Ramsey 2009b, 1023). Ezen individuális, szemétködör kontextusából származó adat alapján a halomsíros kultúra megjelenése a középső bronzkor 2. időszaka folyamán a lelőhelyen egyelőre kérdéses.

Az Ilon Gábor által áldozati gödörként értelmezett, nagy mennyiségű, korai halomsíros jellegű kerámianyagot (bütykös vállú urnák, csücskös peremű tálak stb.) és spirálmotívumos épületdísz tartalmazó leletgyűttesből, egy nagyobb edény töredékeibe helyezett 5–8 éves gyerekcsontvázából és az innét előkerült állatsontból is készült és publikált radiokarbon mérés még a feltárási büdzsé terhére (**1. táblázat, 3. ábra 5**; Ilon 2014, Abb. 3, Abb. 5). Ennek 1615 (95,4%) 1500 cal BC közé tehető kombinált, kalibrált radiokarbon adata megfelel a relatív kronológiai keltezésnek (középső bronzkor 3., RB B1). Ugyanebből az időszakból, a Győr-Ménfőcsanak-Savanyító lelőhelyrészen az M.

Egry Ildikó által feltárt és közölt csontvázás rítusú, koszideri típusú bronzokkal (sarlós tük, tüskés bordás csüngők, tömör karperecek) ellátott temetkezések datálására Szécsényi-Nagy Anna „Kulturális átalakulások genomikai kutatása a Kárpát-medence 4000 éves őstörténetéből” és a Lendület Mobilitás projekt együttműködése révén nyílt mód (Egry 2004; Szécsényi-Nagy et al. in prep). A két temetkezés  $2\sigma$  kalibrált BC adatai ugyancsak középső bronzkor végi kelteztést erősítik meg (1620 [95,4%] 1505 cal BC, 1615 [95,4%] 1455 cal BC; **1. táblázat, 3. ábra 4, 6**).

Össességében Győr-Ménfőcsanak-Szélesföldeken a kora és középső bronzkor vége közti időszakban több megtelepedési fázissal számolhatunk: a kora bronzkor 3. periódusát a klasszikus tekercselt pálcikás, mészbetetes díszítésű Kisapostag kerámia képviseli. A középső bronzkor 1 és 2. időszakában a késő kisapostagi–korai mészbetetes fázis és idősebb DMKK kerámia mellett a Gáta–Wieselburg és Aunjetitz jellegű kerámia, valamint csontvázás temetkezések is megjelentek a lelőhelyen. Ezen eltérő kerámiastílusú és temetkezési szokású közösségek egykorúságára a csontvázás sírokból származó késő kisapostagi–korai mészbetetes fázisú vagy idősebb DMKK kerámia, és a telepjelenségek-



ben együttes előfordulásuk utal (Melis 2014, 9. kép; Melis 2015, 349, Tab. II, 2; Melis 2017, 18–20). A középső bronzkor 3., ún. koszideri periódusát a korai halomsíros kultúra leletanyaga reprezentálja több feltárási területről.

### ***Az adatok abszolút kronológiai elemzése***

A ménfőcsanakai kalibrált radiokarbon adatok térképre vitelével a következőket állapíthatjuk meg (**4. ábra**). A legkorábbi, a kerámiadísztásban a mészbetétes kitöltést még nem alkalmazó korai kisapostagi stílus jelenségei ugyan előkerültek az 1990–1991. évi és 2009–2011. évi feltárásokon (Torma 1972; Figler 1996; Melis 2023, 76–79), ezek kontextusából azonban nem áll rendelkezésre <sup>14</sup>C adat. A klasszikus kisapostagi kerámiastílust reprezentáló jelenségek a Pándzsa-patak mellékágának mindkét oldalán előkerültek, így Kr. e. 2100-tól viszonylag nagy területen detektálhatóak a kora bronzkor 3. és a középső bronzkor emlékei. A lelőhely két enyhébb magaslátán (113 tszf. m és 116 tszf. m) időben párhuzamosan, folyamatosan vagy visszatérően lehet számolni kora-középső bronzkori településekkel és temetkezési helyekkel, mindegyik esetben a kerámiastílusok keveredése figyelhető meg.

A 2009–2011. évi feltárás északnyugati részén található kisapostagi településnyomok és temetkezések összefügghetnek a 2005–2006. évi eperföldéki ásátás kisapostagi telepjelenségeivel és a Kolonics-tagról a 19. század vége óta ismert sírlelettel (Egry 2007, 15). Intenzívebb megtelepedésre utalnak a Pándzsa mellékágtól délkeletre (a 116 m tszf. környéke) feltárt kora-középső bronzkori település- és temetőnyomok. A klasszikus Kisapostag időszakról lehetett itt a megtelepedést megfigyelni, ugyanakkor a késő kisapostagi–korai mészbetétes fázisban nagyobb település intenzitással számolhatunk. Az idősebb DMKK jelenségek kizárólag a 116 m tszf. magasság környékén csoportosultak. Ugyanakkor a Kisapostag/DMKK körtől eltérő Gáta–Wieselburg/Aunjetitz jellegű közösség megtelepedése azonosítható a 2009–2011. évi feltárás délkeleti és északnyugati részén hat csontvázas sír és 14 telepjelenség alapján (Melis 2014; Melis 2015). A kalibrált radiokarbon adatok egymás mellett élő, eltérő anyagi kultúrájú közösségekre utalnak a 113 és 116 m tszf. magasságú kiemelkedések környékén Kr. e. 2150/2100–1750/1700 között.

A halomsíros időszak telepjelenségei a 2009–2011. évi feltárási felületen közel ugyanazokon a területeken jelentkeztek, mint a korábbi kora és középső bronzkori időszaké, koncentrációjuk a délkeleti, magasabban fekvő részen figyelhető meg (Tóth et al. 2016, 5. kép; Ilon 2019, Abb. 2b). A korai halomsíros kontextusból rendelkezésre álló <sup>14</sup>C adatok a Pándzsa mellékág mindkét oldaláról

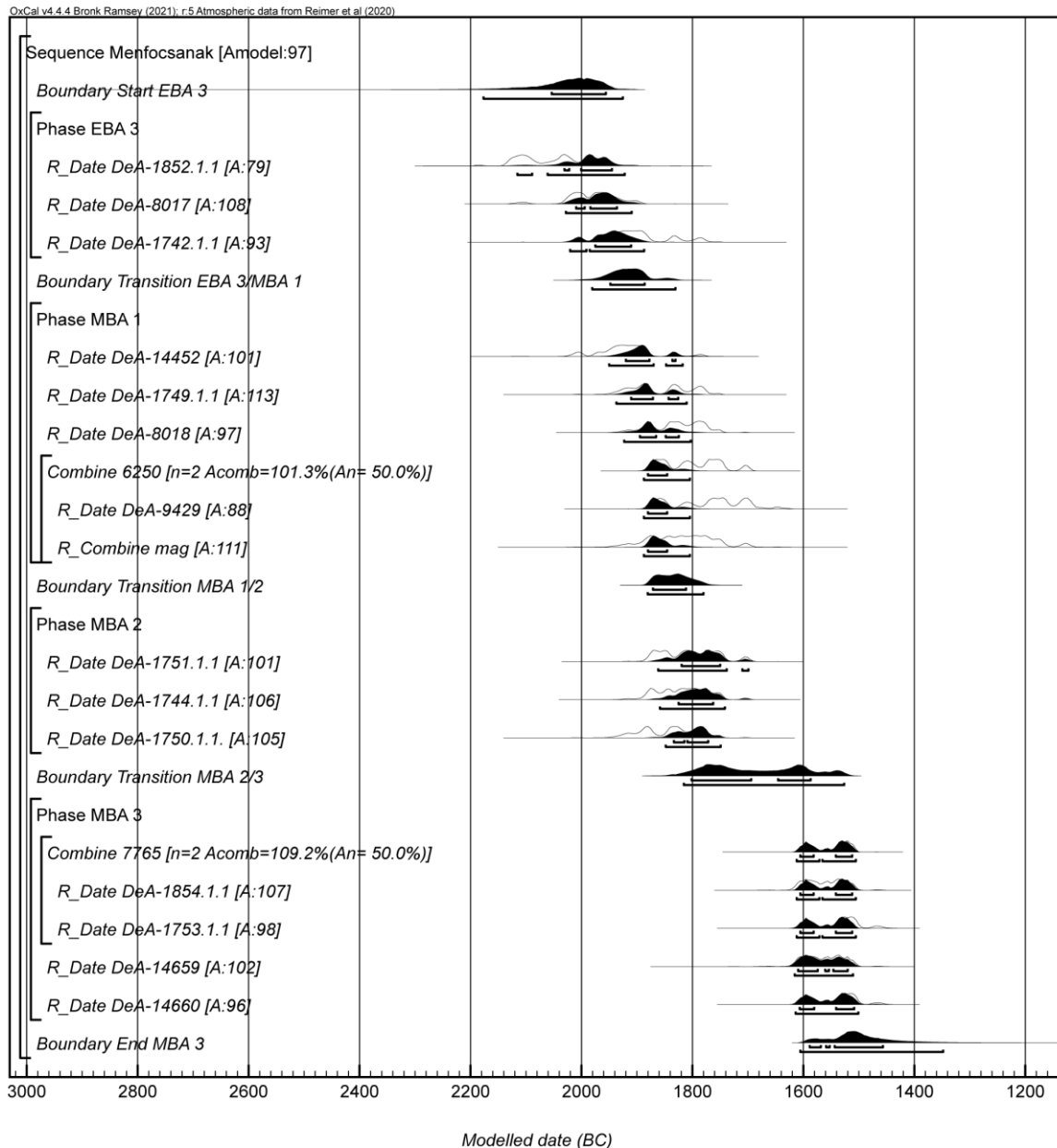
származnak, és az STR 7182 kiugró adata kivételével a többi középső bronzkori radiokarbon adattól mintegy 80–100 évvel elkülönülnek.

A közel 700 évet reprezentáló, a lelőhelyről biztos régészeti kontextusból származó adatokat kétféle megközelítéssel elemeztem OxCal v4.4.4 programmal: egyrészt Bayes-elemzéssel, másrészt a kerámiastílusok adatait Kernel sűrűség eloszlás függvényvel összegeztem (**1. táblázat, 5-6. ábra**; Bronk Ramsey 2009a; Bronk Ramsey 2017).

A radiokarbon adatok Bayes-féle modellezésének lényege, hogy az adatok értelmezésébe bevonjunk egyéb, rendelkezésre álló régészeti információkat (Bronk Ramsey 2009a; Siklósi & Lőrinczy 2021, 248–249; Oross et al. 2023, 497–499). A modell statisztikai konzisztenciáját, azaz, hogy a kalibrált és modellezett radiokarbon adatok mennyire felelnek meg egymásnak, a megegyezési index mutatja meg, amely 60% vagy nagyobb érték esetén fogadható el matematikailag (Bronk Ramsey 2009a, 356–357). A másik módszert, a KDE függvényt radiokarbon adathalmazok összegzésére és a valószínűségi eloszlás sűrűségének vizsgálatára használják, miközben eltávolítják a kalibrációs görbe egyenetlenségeit (Bronk Ramsey 2017). Az egymástól időben független <sup>14</sup>C adatsorok összesítésére az utóbbi időben mind területi, mind tipokronológiai csoportok esetében alkalmazzák a kora és középső bronzkor keltezésénél e módszert (Brunner et al. 2020; Staniuk 2021).

A középső bronzkori Dunántúl területéről eddig elsősorban individuális radiokarbon adatok közlésére és statisztikai értékelésére, illetve összehasonlítására van példa (Kiss et al. 2015; Szabó 2017; Kiss et al. 2019). A korszak közép- és kelet-magyarországi tell- és többretegű települések rétegeiből származó <sup>14</sup>C adatok Bayes-modellezése főként a középső bronzkor 2. és 3. periódusainak keltezését pontosította az utóbbi időben (Jaeger & Kulcsár 2013; Jaeger et al. 2018; Kienlin et al. 2019, 204–213; Daróczy et al. 2022). A kora bronzkor első felének 15 abszolút adata alapján a Bayes-modell és tipokronológia ellentmondónak bizonyult, amely a Makó-kultúra utolsó fázisának revidálását tette szükségessé (Kulcsár & Szeverényi 2013, 71–75).

A Győr-Ménfőcsanak-Széles-földekről származó 16 radiokarbon adat a kora és középső bronzkori Dunántúl vonatkozásában jelentősnek mondható, azonban stratigráfiai viszonyaik hiányában a kontextusukból származó leletanyag tipokronológiai értékelésére lehet támaszkodni elemzésük során. Az adatokat az egymást követő, a kora bronzkor és a középső bronzkor vége közötti négy megtelepedési fázisra készített, 97% megfelelési indexű Bayes-moddellel elemeztem, amely némileg pontosította a lelőhely abszolút kronológiáját.



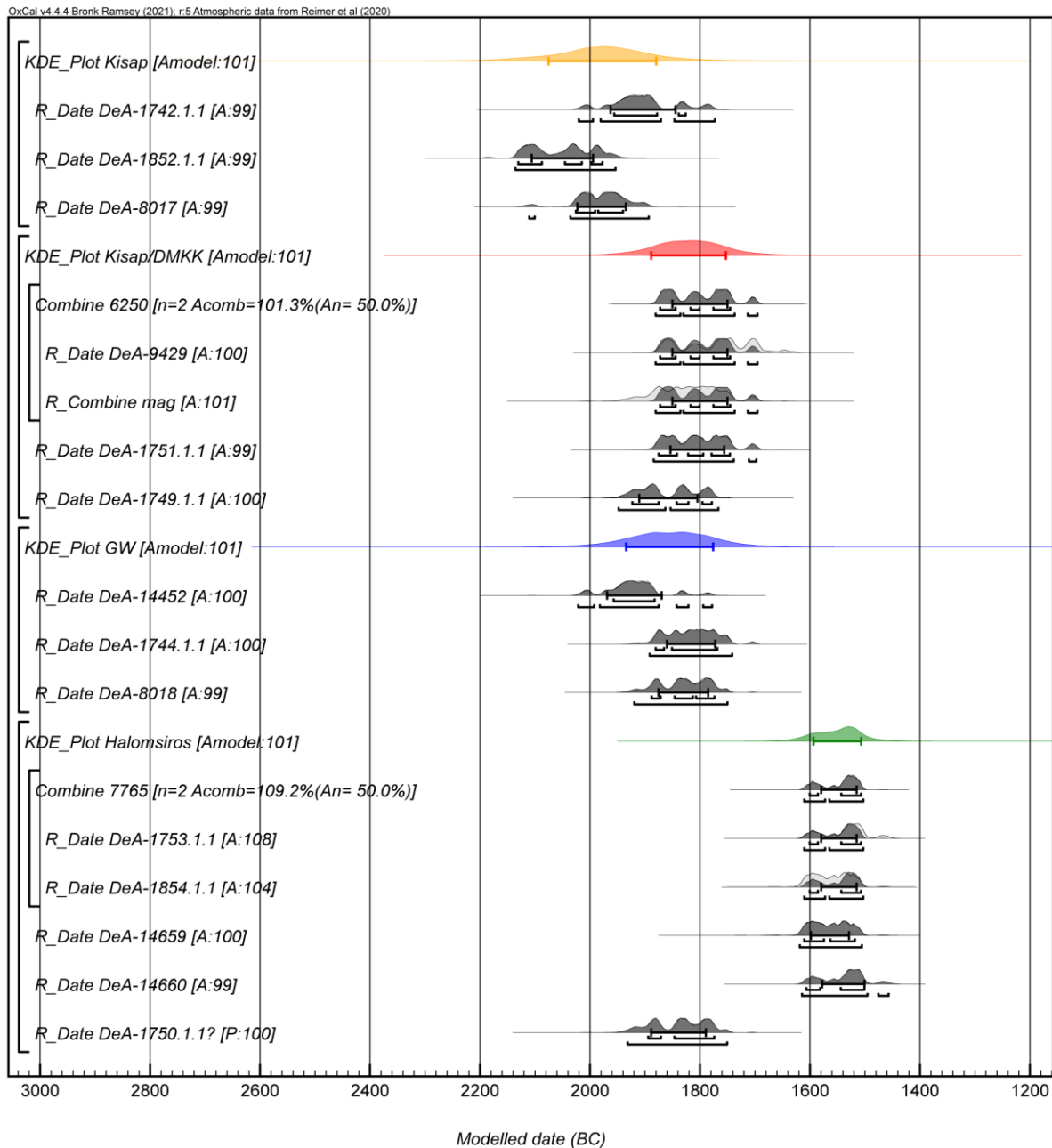
**5. ábra:** Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek radiokarbon adatainak Bayes-modellje a magyarországi kora és középső bronzkor relatív kronológiai fázisai alapján (Bronk Ramsey 2009a; Reimer et al. 2020).

**Fig. 5:** Bayesian model of the radiocarbon dates of the Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek based on the relative chronological phases of the Early and Middle Bronze Age in Hungary (Bronk Ramsey 2009a; Reimer et al. 2020).

A Bayes-modellbe integrált három adat alapján a kora bronzkor 3. kezdete 2170 (95,4%) 1930 cal BC közé tehető, a kora és középső bronzkor átmenete pedig 1985 (95,4%) 1830 cal BC között valószínű a lelőhelyen. Hat adat elemzése a középső bronzkor 1. és 2. 1885 (95,4%) 1765 cal BC közötti váltására utal. A középső bronzkor 2. és 3. átmenetének időbeli elkülönítése problematikus, mivel a középső bronzkor 2. időszakából csak két biztos és egy kérdéses adat áll rendelkezésre (vö.

**1. táblázat, 5. ábra).** A biztosan középső bronzkor 3. időszakára tehető négy adat 1610 (95,4%) 1365 cal BC közötti időszakban szóródik.

A lelőhelyen a kerámiastílusok egyidejű használatát a középső bronzkor folyamán több jelenség leletanyaga megerősíti. A különböző kerámiastílusok adatainak így egymástól független elemzésére törekedtem, összesítésükre a KDE függvény alkalmazásával (**6. ábra**; Bronk Ramsey 2017; Staniuk 2021).



**6. ábra:** Győr-Ménfőcsanak-Széles-földeken megfigyelt kora és középső bronzkori kerámiastílusok radiokarbon adatainak KDE elemzése (Bronk Ramsey 2017; Reimer et al. 2020).

**Fig. 6:** KDE plot of radiocarbon dates relating to Early and Middle Bronze Age pottery styles observed at Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek (Bronk Ramsey 2017; Reimer et al. 2020).

A ménfőcsanaki lelőhelyen a kisapostagi kerámiastílus a KDE elemzés adatai alapján  $1\sigma$  valószínűséggel 2080–1880 cal BC közé tehető. A kisapostagi és DMKK kerámiastílus átfejlődése 1880–1740 cal BC között a legvalószínűbb, öt adat alapján. Mindkét Kisapostag/DMKK kerámiastílussal átfednek a Gáta–Wieselburg/Aunjetitz körhöz sorolható temetkezések adatai, amelyek a legvalószínűbben 1940–1780 cal BC közé tehetőek a KDE elemzés eredményeképpen. A korai halomsíros kultúra jelenségei a 1600–1500 cal BC közötti időszakot reprezentálják  $1\sigma$  valószínűséggel a lelő-

helyen, amennyiben az STR 7182 gödör adatát *outlier*-ként értelmezzük.

### Értékelés

A ménfőcsanaki lelőhely  $^{14}\text{C}$  adatairól a kora bronzkor végi és középső bronzkori Dunántúl abszolút kronológiájával való összevetés alapján a következőket állapíthatjuk meg. A Kisapostag-kultúra (vagy legkorábbi mészbetétes kerámia kultúrája) időszakát a Balaton környéki feltárásokból publikált radiokarbon adatok meglehetősen tág és kései

időintervallumra keltezték (2010–1630 cal BC között, Medzihradsky et al. 2009, Table 1; Horváth 2014, 576, Table 19; Kiss et al. 2015, 28–30, Fig. 7). A bonyhádi temető Kisapostag 1., vagy Bonyhád 1. fázisú (=korai Kisapostag) két csontváz temetkezéséből összesen öt radiokarbon adat látott napvilágot, ebből a négy Debrecenben készült adat  $2\sigma$  valószínűséggel 2030–1880 cal BC közötti időszakra utal, míg a Mannheimben végzett mérés 2140–1950 cal BC közötti adatot eredményezett (Kiss et al. 2015, 31–32, Fig. 11, Fig. 12; Hajdu et al. 2016, 356). Bár Ménfőcsanakról e korai, mészbetétes kitöltést még nem alkalmazó kerámia-stílushoz köthető radiokarbon adat nem áll rendelkezésre, a klasszikus, tekerceselt pálcikás, mészbetéttel kitöltött kisapostagi kerámiát 2080–1880 cal BC-re keltezhetjük, amely a korábbi adatoknál szűkebb időszakra utal.

A késő kisapostagi–korai mészbetétes fázis szentgáli barlangból származó adata még későbbi (1740–1550 BC; Ilon 1991; Kiss et al. 2015, 29, Fig. 7). A ménfőcsanaki radiokarbon adatok alapján is ez a fázis időben kevésbé választható szét az idősebb DMKK kerámia-stílustól.

A Gáta–Wieselburg-kultúra köréből Zsennyéről és Nagycenkéről négy, illetve öt radiokarbon adat ismert (Nagy 2013; Gömöri et al. 2018; Melis et al. 2022, Tab. 2, Fig. 11). Mindkét lelőhely adatai (1950 [95,4%] 1620 cal BC – Kiss et al. 2019, Fig. 4; 2110 [95,4%] 1770 cal BC – Melis et al. 2022, Tab. 2) nagyrészt átfednek a ménfőcsanaki középső bronzkori csontváz temetkezések adataival, a zsennyei temető mintegy 100 évvel később lehetett használatban, Nagycenk határában pedig korábban kezdődhetek a temetkezések. Mindenesetre a Gáta–Wieselburg jellegű temetkezések 2050/2000–1750/1700 BC közötti keltezése valószínű.

A halomsíros kultúrából elsőként a meglepően korai nagydéli (nem-AMS) adatok kerültek közlésre a régióból, bár ezek  $2\sigma$  valószínűséggel több, mint 300 évet ölelnek fel (1940–1610 cal BC; Ilon 2014, Abb. 5). A ménfőcsanaki áldozati gödörből és csontváz temetkezésekből származó új dátumok jól reprezentálják a középső bronzkor végi, 1600–1500 BC közötti keltezést. A ménfőcsanaki lelőhely adatainak körében 1750/1700 és 1650/1600 BC között tapasztalható hiátus a mintavételezés egyenetlenségéből fakadhat: fiatalabb vagy kései mészbetétes kontextusból nem volt alkalmunk radiokarbon mérésre. Ugyanakkor más DMKK és Vátya lelőhelyeken is megfigyelhető törés a radiokarbon adatokban 1700–1600 BC között. A bonyhádi temető kései mészbetétes temetkezéseiből származó mérések például 1660–1450 cal BC közötti időszakra utalnak (Kiss et al. 2019, 187–191, Fig. 4, Fig. 11).

A magyarországi kora bronzkor 3. és középső bronzkor 1. váltását a ménfőcsanaki  $^{14}\text{C}$  adatok Bayes-elemzése alapján 1985–1830 cal BC közé tehetjük, ami a kora–középső bronzkor korábban felvetett 1900 BC körüli váltását erősíti meg (Kiss et al. 2015, 32; Szabó 2017, 106). A Kisapostag/mészbetétes és a Gáta–Wieselburg/Aunjetitz kerámia fejlődésében egy lelőhelyen belül is időbeli párhuzamosság tapasztalható a 2000–1750 BC közötti időszakban. A ménfőcsanaki, kevésbé reprezentatív abszolút kronológiai adatok a késő kisapostagi–korai mészbetétes fázis és az idősebb DMKK-ra jellemző kerámia-stílus egyidejű használatának lehetőségét vetik fel.

A magyarországi középső bronzkor végének 1500/1450 BC körüli keltezése az általánosan elfogadott a kutatásban (Jaeger & Kulcsár 2013; Fischl et al. 2013). Ugyanakkor újabb radiokarbon adatok szériái a középső bronzkori többrétegű, illetve tell-települések utolsó fázisát a Kr. e. 17. század első felére, közepére keltezték (Jaeger et al. 2018, Table 1; Daróczy et al. 2022, 45–50). A ménfőcsanaki  $2\sigma$  valószínűséggel kalibrált AMS adatok azt az álláspontot erősítik, hogy a korai halomsíros anyagi kultúrájú közösségek 1600 BC-t megelőzően megjelentek a dunántúli térségben (Szabó 2017; Ilon 2019, 301–306; Kiss et al. 2019, 191).

Ugyanakkor fontos felhívni a figyelmet, hogy pontosabb abszolút kronológiát a dél-németországi és svájci területekhez hasonló kiterjedt adatgyűjtés (Stockhammer et al. 2015; Brunner et al. 2020), és lényegesen több AMS adat alapján lehet a későbbiekben felvázolni. Emellett kiemelkedően fontos az egy lelőhelyről származó, egymással stratigráfiai viszonyban álló radiokarbon adatok szériáinak elemzése. A ménfőcsanaki lelőhelyen a recens és későbbi korszakok bolygatásai megnehezítették a zárt kontextusból származó mintavételt, valamint kevés stratigráfiai adat áll rendelkezésre a nagy kiterjedésű, horizontális település és kisebb sírcsoportok jellegéből adódóan.

### **Köszönetnyilvánítás**

Mindenekelőtt köszönöm Ilon Gábor ásatásvezetőnek, valamint Kiss Viktória és Szécsényi-Nagy Anna vezető kutatóknak a részben közöletlen radiokarbon adatok közzétételének lehetőségét. A mérések elvégzését ezúton is köszönöm az ATOMKI munkatársainak, Major Istvánnak és Molnár Mihálynak. Köhler Kittinek a Kolonics-tagról származó emberi maradványok antropológiai meghatározásáért, Hajdu Tamásnak az eperföldeki sírok embertani vizsgálatáért vagyok hálás. A Ménfőcsanak-széles-földeki 2009–2011-ben feltárt földminták, növényi maradványok archeobotanikai elemzését az MNM NÖK laborjában Kenéz Árpádnak és Pető Ákosnak ezúton is köszönöm. A tanulmány elkészülését a MTA–BTK Lendület Mobilitás, valamint az MTA–BTK Lendület Bázis

Kutatócsoport (vezető kutató: Kiss Viktória) támogatta.

Az 1. és 4. ábra Magyarország EOTR Topográfiai Felmérés 1:10.000 méretarányú, 63-121 (2002) és 73-343 (1979) számú szelvényeinek felhasználásával, dr. Almási Győző helyettes államtitkár BTK RI/2-1/2024 számú engedélye alapján készült, állami alapadatok felhasználásával.

### ***A szerző tudományos közreműködése***

**Melis Eszter** Kutatásvezetés, Módszertan, Kísérlet-vezetés, Adatkezelés, Eredeti és javított kézirat, Vizualizáció.

### ***Irodalom***

BÍRÓ Sz., MELIS E., MOLNÁR A., TOMKA P. & UJVÁRI F. (2021): Győr területének története az államalapításig. In: HORVÁTH R. szerk., *Győr története I.: A kezdetektől 1447-ig*. Győr, Dr. Kovács Pál Könyvtár és Közösségi Tér, 13–46.

BRONK RAMSEY, C. (2009a): Bayesian Analysis of Radiocarbon Dates. *Radiocarbon* **51/1** 337–360. <https://doi.org/10.1017/S0033822200033865>

BRONK RAMSEY, C. (2009b): Dealing with outliers and offsets in radiocarbon dating. *Radiocarbon* **51/3** 1023–1045. <https://doi.org/10.1017/S0033822200034093>

BRONK RAMSEY, C. (2017): Methods for summarizing radiocarbon datasets. *Radiocarbon* **59/6** 1809–1833. <https://doi.org/10.1017/RDC.2017.108>

BRUNNER, M., von FELTEN, J., HINZ, M. & HAFNER, A. (2020): Central European Early Bronze Age chronology revisited: A Bayesian examination of large-scale radiocarbon dating. *PLoS ONE* **15/12** e0243719. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243719>

DANI, J., KÖHLER, K., KULCSÁR, G., MAJOR, I., MELIS, E., PATAY, R., SZABÓ, G., HAJDU, T., HUBAY, K., FUTÓ, I., HUSZÁNK, R., MOLNÁR, M. & KISS, V. (2019): Case Studies on the Dating of Bronze Age Cremation Burials in Hungary. In: PALINCAŞ, N. & PONTA, C. eds., *Bridging Science and Heritage in the Balkans: Studies in archaeometry, cultural heritage restoration and conservation*. Oxford, Archaeopress, 29–37.

DARÓCZI, T., CSÁNYI, M., TÁRNOKI, J., NAGY, F. & OLSEN, J. (2022): Túrkeve-Terehalom in the Eastern Carpathian Basin. Bronze Age multi-stratified site provides high-precision chronology with continental implications. *Praehistorische Zeitschrift* **98/1** 136–190. <https://doi.org/10.1515/pz-2022-2024>

DÖVÉNYI Z. (2010): *Magyarország kistájainak katasztere*. Budapest, MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, 876 pp.

EGRY I. (2004): Halomsíros temető Győr-Ménfőcsanak-Bevásárlóközpont területén. In: ILON G. szerk., *ΜΩΜΟΣ III. Óskoros kutatók III. összejelentésének konferenciakötete: Halottkultusz és temetkezés. Szombathely–Boszok 2002. okt. 7–9*. Szombathely, Vas Megyei Múzeumok Igazgatósága, 121–137.

EGRY I. (2007): Előzetes beszámoló a Győr-Ménfőcsanak, Eperföldéken végzett megelőző feltárásokról (2005–2006). In: KISFALUDI J. szerk., *Régészeti Kutatások Magyarországon 2006*. Budapest, Kulturális Örökségvédelmi Hivatal és a Magyar Nemzeti Múzeum, 27–52.

EGRY I., SZÖNYI E. & TOMKA P. (1997): Győr – Ménfőcsanak-Bevásárlóközpont. *Régészeti Füzetek Ser.I. No.49*. 72–73.

FIGLER A. (1996): Adatok Győr környékének bronzkorához. Bronzkori kultúrák Győr környékén. *Acta Musei Papensis – Pápai Múzeumi Értesítő* **6** 7–29.

FISCHL, K., P., KISS, V., KULCSÁR, G. & SZEVEÉNYI, V. (2013): Transformations in the Carpathian Basin around 1600 B.C. In: MELLER, H., BERTEMES, F., BORK, H.R. & RISCH, R. Hrsg., *1600 – Kultureller Umbruch im Schatten des Thera-Ausbruchs? 4. Mitteldeutscher Archäologentag vom 14. bis 16. Oktober 2011 in Halle (Saale)*. Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt – Landesmuseum für Vorgeschichte, Halle (Saale). 355–371.

GUCSI L. (2023): Kora és középső bronzkori textildíszes kerámiákon lévő textildíszek makroszkópos tipológiai rendszerének kidolgozása. Miskolci Egyetem, Bölcsészettudományi Kar, Történettudományi Intézet, Östörténeti és Régészeti Tanszék, *OTDK Dolgozat*, 41 pp.

HAJDU, T., GYÖRGY-TORONYI, A., PAP, I., ROSENDAHL, W. & SZABÓ, G. (2016): The chronology and meaning of the Transdanubian encrusted pottery decoration. *Praehistorische Zeitschrift* **91** 353–368. <https://doi.org/10.1515/pz-2016-0024>

HONTI Sz. & KISS V. (1996): Középső bronzkori leletek Somogy megyéből *Somogyi Múzeumok Közleményei* **12** 17–37.

HORVÁTH, T. (2014): The Prehistoric Settlement at Balatonőszöd–Temetői-dűlő. The Middle Copper Age, Late Copper Age and Early Bronze Age Occupation. *Varia Archaeologica Hungarica* **29** Budapest, Archaeolingua, 733 pp.

- ILON G. (1991): A Szentgál–Mecsek-hegyi Kő-lik barlang régészeti emlékei. Előzetes jelentés, *A Tapolcai Városi Múzeum közleményei* **2** 83–95.
- ILON G. (1998-99): A bronzkori halomsíros kultúra temetkezései Nagydém-Középrépusztán és a hegyközi edénydepót. A késő magyarádi és a korai halomsíros kultúra leletei az Észak- és Nyugat-Dunántúlon. *Savaria – A Vas Megyei Múzeumok értesítője* **24** 239–276.
- ILON, G. (2014): Opfergrube der Hügelgräberkultur in der Gemarkung von Ménfőcsanak. Spiralornament auf einem Tonfrieseines Gebäudes. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **65** 5–42. <https://doi.org/10.1556/AArch.65.2014.1.1>
- ILON, G. (2017): Zapfenfußgefäße als Zeugen der westtransdanubischen Genese der Hügelgräberkultur. In: KULCSÁR, G., V. SZABÓ, G., KISS, V. & VÁCZI, G. eds., State of the Hungarian Bronze Age Research – Proc. of the conference held between 17<sup>th</sup> and 18<sup>th</sup> of December 2014. *Ősrégészeti Tanulmányok II* Budapest, 395–421.
- ILON, G. (2018): Frauenschmuck als Abzeichen des Ranges? Einweiterer Bronzefund aus Ménfőcsanak. *Folia Archaeologica* **57** 19–34.
- ILON, G. (2019): Die Entstehung und Zeitstellung der Hügelgräberkultur (1650/1600–1350/1300 BC) in Westtransdanubien. Der Versucheiner Stufengliederung mittels Typochronologie und Radiokarbonaten. In: BARNA, J.P. & BÁNFFY, E. szerk., „Trans Lacum Pelsonem” Prähistorische Forschungen in Südwestungarn (5500–500 v. Chr.) *Castellum Pannonicum Pelsonense* **7** Keszthely, 253–327.
- ILON, G., BARTOSIEWICZ, L. & GALIK, A. (2016): Kutatási hagyomány és a halászat régészeti vizsgálata a Kisalföldön. *Magyar Régészet. Online magazin* **2016 Tél** 1–13. [https://files.archaeolingua.hu/2016T/Upload/Ilon\\_H16T.pdf](https://files.archaeolingua.hu/2016T/Upload/Ilon_H16T.pdf)
- JAEGER, M. & KULCSÁR, G. (2013): Relative and absolute chronology of the Vátya culture. A case study. Kakucs-Balla-domb. *Acta Archaeologica Scientiarum Hungaricae* **64** 289–320. <https://doi.org/10.1556/AArch.64.2013.2.2>
- JAEGER, M., STANIUK, R., MÜLLER, J., KULCSÁR, G. & TAYLOR, N. (2018): History of Bronze Age Habitation. In: JAEGER, M., KULCSÁR, G., TAYLOR, N. & STANIUK, R. eds., Kakucs-Turján Middle Bronze Age multi-layered fortified settlement in Central Hungary. *Studien zur Archäologie in Ostmitteleuropa / Studian ad Pradziejami Europy Środkowej* **18** Poznań and Bonn, Rudolf Habelt, 97–118.
- KALICZ, N. (1968): Die Frühbronzezeit in Nordostungarns. *Archaeologia Hungarica* **45** Budapest, Akadémiai Kiadó, 202 pp.
- KIENLIN, T.L., LIE, M.A. & FISCHL, K.P. (2019): Emőd-Nagyhalom. A Non-Invasive Approach to the Multi-phase Enclosure and Outer Settlement of a Bronze Age Tell Site in North-eastern Hungary. In: FISCHL, K.P. & KIENLIN, T.L. eds., *Beyond Divides – The Otomani-Füzesabony Phenomenon*. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie, **345**, Bonn, Verlag Dr. Rudolf Habelt GmbH, 195–229.
- KISS V. (2004): Megfigyelések a mészbetétes kerámia kultúrája temetkezési szokásairól és társadalmáról. In: ILON G. szerk., *ΜΩΜΟΣ III. Őskoros kutatók III. összejelentésének konferenciakötete. Halottkultusz és temetkezés. Szombathely – Bozsok 2002. október 7–9.* Szombathely, Vas Megyei Múzeumok Igazgatósága, 243–266.
- KISS V. (2009): A bronzkori kerámia-készlet változásairól. A mészbetétes kerámia kultúrája tipológiai vázlat. *Tisicum* **19** 155–174.
- KISS, V. (2012a): Middle Bronze Age Encrusted Pottery in Western Hungary. *Varia Archaeologica Hungarica* **27** Budapest, Archaeolingua, 447 pp.
- KISS, V. (2012b): Central European and Southeastern Alpine Influences upon Western Transdanubia's Early and Middle Bronze Age. In: ANREITER, P., BÁNFFY, E., BARTOSIEWICZ, L., MEID, W. & METZNER-NEBELSICK, C. eds., *Archaeological, Cultural and Linguistic Heritage – Festschrift for Erzsébet Jerem in Honour of her 70<sup>th</sup> Birthday*. Budapest, Archaeolingua, 321–335.
- KISS V., VADAY A. & FÁBIÁN Sz. (2011): Ménfőcsanak-83. út sok-korszakos lelőhelyének feldolgozása. Analysis of the multi-period site of Ménfőcsanak road n. 83. OTKA jelentés. [online] (Frissítve 2009. március 31.) Elérés: <<http://nyilvanos.otka-palyazat.hu/index.php?menuid=930&num=47072>> [Látogatva 2013. január 5.]
- KISS, V., FÁBIÁN, Sz., HAJDU, T., KÖHLER, K., KULCSÁR, G., MAJOR, I. & SZABÓ, G. (2015): Contributions to the relative and absolute chronology of the Early and Middle Bronze Age in western Hungary based on the radiocarbon dating of human bone. In: NÉMETH, R.E. & REZI, B. eds., *Bronze Age Chronology in the Carpathian Basin. Proceedings of the International Colloquium from Târgu Mureş, 2-4 October 2014.* *Bibliotheca Musei Marisiensis, Seria Archaeologica* **8** Târgu Mureş, Mega, 23–36.
- KISS, V., CSÁNYI, M., DANI, J., P. FISCHL, K., KULCSÁR, G. & SZATHMÁRI, I. (2019):

Chronology of the Early and Middle Bronze Age in Hungary: New results. In: PAVÚK, P. ed., Reinecke's Heritage. Terminology, Chronology and Identity in Central Europe between 2300 and 1600 BC. *Studia Hercynia* **23**. Prague, 173–197.

KOVÁCS, T. (1997): Das Grab von Ménfőcsanak. Ein Beitrag zu transdanubischen Denkmälern der Vorhügelgräberzeit. In: BECKER, C., DUNKELMANN, M.L., METZNER-NEBELSICK, C., ROEDER, M. & TERŽAN, B. Hrsg., Xpóvoç. Beiträge zur prähistorischen Archäologie zwischen Nord- und Südosteuropa. Festschrift für Bernhard Hänsel. *Internationale Archäologie – Studia honoraria* **1**, Espelkamp, 297–301.

KULCSÁR, G. (2013): Glimpses of the Third Millennium BC in the Carpathian Basin. In: ANDERS, A., KULCSÁR, G., KALLA, G., KISS, V. & V. SZABÓ, G., szerk., Moments in Time: Papers Presented to Pál Raczky on His 60<sup>th</sup> Birthday. *Ősrégészeti Tanulmányok* **1** Budapest, L'Harmattan, 643–660.

KULCSÁR, G. & SZEVEÉNYI, V. (2013): Transition to the Bronze Age: Issues of Continuity and Discontinuity in the First Half of the Third Millennium BC in the Carpathian Basin. In: HEYD, V., KULCSÁR, G. & SZEVEÉNYI, V. eds., *Transitions to the Bronze Age*. Budapest, Archaeolingua, 67–92.

MAJOR, I., DANI, J., KISS, V., MELIS, E., PATAY, R., SZABÓ, G., HUBAY, K., FUTÓ, I., HUSZÁNK, R. & MOLNÁR, M. (2019a): Adoption and evaluation of a sample pre-treatment procedure for radiocarbon dating of cremated bones at HEKAL. *Radiocarbon* **61/1** 159–171.  
<https://doi.org/10.1017/RDC.2018.41>

MAJOR, I., FUTÓ, I., DANI, J., CSERPÁK-LACZI, O., GASPARIK, M., JULL, A.J.T. & MOLNÁR, M. (2019b): Assessment and Development of Bone Preparation for Radiocarbon Dating at HEKAL. *Radiocarbon* **61/5** 1551–1561.  
<https://doi.org/10.1017/rdc.2019.60>

MEDZIHRADESKY, Zs., FŰKÖH, L., BERZSENYI, B., BIRÓ, K. T., KOVÁCS, Zs.E., BRADÁK, B. & SVINGOR, É. (2009): Environmental Reconstruction of Vörs-Máriaaszonysziget, a multiperiod archaeological site in SW Hungary. In: MOREAU, J.-F., ANGER, R., CHABOT, J. & HERZOG, A., eds., Proceedings / Actes ISA 2006. 36th International Symposium on Archeometry 2–6 May 2006, Quebec City, Canada. *Cahiers d'archéologie du CELAT*, no. **25**, *Série archéométrie* **7**, Québec, 21–25.

MELIS E. (2011): Adatok a Tokod-csoport nyugati elterjedéséhez. *Arrabona* **49** 179–200.

MELIS E. (2013): Adalékok a kora bronzkori viselethez egy Ménfőcsanak-Széles-földeken feltárt hamvasztásos sír alapján. *Magyar Régészet* **2013 ősz** 1–3.

[https://files.archaeolingua.hu/20130/Upload/Melis\\_H130.pdf](https://files.archaeolingua.hu/20130/Upload/Melis_H130.pdf)

MELIS E. (2014): A ménfőcsanaki középső bronzkori település nyugati típusú leletegyüttese. *Communicationes Archaeologicae Hungariae* **2014** 37–69.

MELIS E. (2015): Inhumation burials from the Early Bronze Age in Győr – Ménfőcsanak. In: BÁTORA, J. & TÓTH, P., eds., Keď bronz vystriedalmeď. Zborník príspevkov z XXIII. medzinárodného symposia „Staršia doba bronzová v Čechách, na Morave a na Slovensku“ Levice 8.–11. októbra 2013. *Archaeologica Slovaca Monographiae Communicationes Tomus XVIII* Bratislava–Nitra, 339–354.

MELIS E. (2016): Középső bronzkori, csontvázas rítusú temetkezés Győr Ménfőcsanak, Széles-földekről. In: KVASSAY J., szerk., *Régészeti kutatások Magyarországon 2011–2014*. Budapest, Forster Gyula Nemzeti Örökségvédelmi és Vagyongazdálkodási Központ és Magyar Nemzeti Múzeum, 51–61.

MELIS, E. (2017): Research Questions Regarding the Early and Middle Bronze Age in North-Western Transdanubia (Hungary). In: KULCSÁR, G., V. SZABÓ, G., KISS, V. & VÁCZI, G., eds., State of the Hungarian Bronze Age Research. Proceedings of the conference held between 17th and 18th of December 2014. *Ősrégészeti Tanulmányok II* Budapest, Robinco Kft., 13–28.

MELIS E. (2023): Az Északnyugat-Dunántúl a kora bronzkor végétől a koszideri periódusig. *Doktori disszertáció*, ELTE BTK, Budapest.  
<https://doi.org/10.15476/ELTE.2023.038>

MELIS, E., HAJDU, T., KÖHLER, K. & KISS, V. (2020): Children in the territory of Western Hungary during the Early and Middle Bronze Age: the recognition of developmental stages in the past. In: REBAY-SALISBURY, K. & PANY-KUCERA, D., Ages and Abilities: The Stages of Childhood and their Social Recognition in Prehistoric Europe and Beyond. *Childhood in the Past Monograph Series* **9** Oxford, Archaeopress, 85–106.

MELIS, E., KISS, V., KULCSÁR, G., SERLEGI, G. & VÁGVÖLGYI, B. (2022): Bronze Age microregional settlement investigations in the locality of Nagycenk (Northwest Hungary). *Antaeus* **38** 33–80.

MITHAY S. (1941): *Bronzkori kultúrák Győr környékén*. Győr, Pósa Tamás Nyomdai Müintézete, 36 pp.

- MOLNÁR, M., RINYU, L., VERES, M., SEILER, M., WACKER, L. & SYNAL, H.-A. (2013a): Environ MICADAS: a mini <sup>14</sup>C AMS with enhanced Gas Ion Source Interface in the Hertelendi Laboratory of Environmental Studies (HEKAL), Hungary. *Radiocarbon* **55/2-3** 338–344. <https://doi.org/10.1017/S0033822200057453>
- MOLNÁR, M., JANOVICS, R., MAJOR, I., ORSOVSZKI, J., GÖNCZI, R., VERES, M., LEONARD, A.G., CASTLE, S.M., LANGE, T.E., WACKER, L., HAJDAS, I. & JULL, A.J.T. (2013b): Status report of the new AMS C-14 preparation lab of the Hertelendi Laboratory of Environmental Studies, Debrecen. Hungary. *Radiocarbon* **55/2** 665–676. <https://doi.org/10.1017/S0033822200057829>
- NAGY, M. (2013): Der südlichste Fundort der Gáta-Wieselburg-Kultur in Zsenyie-Kavicsbánya / Schottergrube, Komitat Vas, Westungarn. *Savaria – A Vas Megyei Múzeumok értesítője* **36** 75–173.
- OROSS, K., JAKUCS, J., SOMOGYI, K., RÁCZ, P., KÖHLER, K. & BONDÁR, M. (2023): A Baden-komplexum síregyütteseinek abszolút kormeghatározása a Kárpát-medence nyugati területein. In: BONDÁR, M. szerk., *Késő rézkori temetkezések régészeti és bioarcheológiai elemzése*. Budapest, HUN-REN Bölcsészettudományi Kutatóközpont, Régészeti Intézet, MTA Kiváló Kutatóhely, 493–556.
- RACZKY, P., HERTELENDI, E. & HORVÁTH, F. (1992): Zur absoluten Datierung der bronzezeitlichen Tell-Kulturen in Ungarn. In: MEIER-ARENDE, W. ed., *Bronzezeit in Ungarn. Forschungen in Tell-Siedlungen an Donau und Theiss*. Frankfurt am Main, Museum für Vor- und Frühgeschichte, 42–47.
- REIMER, P.J., AUSTIN, W.E.N., BARD, E., BAYLISS, A., BLACKWELL, P.G., BRONK RAMSEY, C., BUTZIN, M., CHENG, H., EDWARDS, R.L., FRIEDRICH, M., GROOTES, P.M., GUILDERSON, T.P., HAJDAS, I., HEATON, T.J., HOGG, A.G., HUGHEN, K.A., KROMER, B., MANNING, S.W., MUSCHELER, R., PALMER, J.G., PEARSON, C., VAN DER PLICHT, J., REIMER, R.W., RICHARDS, D.A., SCOTT, E.M., SOUTHON, J.R., TURNEY, C.S.M., WACKER, L., ADOLPHI, F., BÜNTGEN, U., CAPANO, M., FAHRNI, S.M., FOGTMANN-SCHULZ, A., FRIEDRICH, R., KÖHLER, P., KUDSK, S., MIYAKE, F., OLSEN, J., REINIG, F., SAKAMOTO, M., SOOKDEO, A. & TALAMO, S. (2020): The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon* **62/4** 725–757. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
- SIKLÓSI, Zs. & LŐRINCZY, G. (2021): Methodological and interpretational problems in the dating of 6–7th centuries AD on the Great Hungarian Plain: Comments to Sándor Gulyás, Csilla Balogh, Antónia Marcsik and Pál Sümegi: Simple calibration versus Bayesian modeling of archeostatigraphically controlled 14C ages in an early Avar age cemetery from SE Hungary: results, advantages, pitfalls. *Archeologiai Értesítő* **146/1** 247–255. <https://doi.org/10.1556/0208.2021.00014>
- STANIUK, R. (2021): Early and Middle Bronze Age Chronology of the Carpathian Basin Revisited: Questions Answered or Persistent Challenges? *Radiocarbon* **63/5** 1525–1546. <https://doi.org/10.1017/RDC.2021.83>
- STOCKHAMMER, P.W., MASSY, K., KNIPPER, C., FRIEDRICH, R., KROMER, B., LINDAUER, S., RADOSAVLJEVIC, J., WITENBORN, F. & KRAUSE, J. (2015): Rewriting the Central European Early Bronze Age Chronology: Evidence from Large-Scale Radiocarbon Dating. *PLoS ONE* **10/10** e0139705. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139705>
- SZABÓ G. (2010): A Dunántúli mészbetétes edények népe kultúrájának kialakulása és belső időrendje a Bonyhádon feltárt temetőrészlet tükrében. *Wosinsky Mór Múzeum Évkönyve* **32** 101–128.
- SZABÓ, G. (2017): Problems with the periodization of the Early Bronze Age in the Carpathian Basin in light of the older and recent AMS radiocarbon data. *Archeometriai Műhely* **14/2** 99–116.
- SZÉCSÉNYI-NAGY, A., MALLICK, S., ROHLAND, N., OLALDE, I., MELIS, E., MENDE, B. G., CHERONET, O., HAJDU, T., KÖHLER, K., PAPAC, L., DANI, J., TESCHLER-NIKOLA, M., NOVAK, M., ERNÉE, M., DOBEŠ, M., VELEMÍNSKÝ, P., ŠEFČÁKOVÁ, A., JELÍNEK, P., BALEN, J., BARTÍK, J., BEDIĆ, Z., CSENGERI, P., DAŇOVÁ, K., DOMBORÓCZKI, L., CSÁNYI, M., ECSEDY, I., EGRY, I., HUTINEC, M., KIRÁLY, Á., FÁBIÁN, Sz., FARKAŠ, Z., FISCHL, K., P., HONTI, Sz., ILON, G., KALLI, A., KRZNARIĆ ŠKRIVANKO, M., MARTON, T., McCLURE, S., MOLNÁR, E., NAGY, M., PÁLFI, Gy., PREMUŽIĆ, Z., TURK, P., TÓTH, G., REZI-KATÓ, G., SERLEGI, G., RAJIĆ ŠIKANJIĆ, P., ŠLAUS, M., SOLTER, A., SOMOGYI, K., SZABÓ, G., SZATHMÁRI, I., THURZO, M., VYROUBAL, V., ZAVODNY, E., HAAK, W., PINHASI, R., KULCSÁR, G., KISS, V. & REICH, D. (in prep): Genomic History of the Bronze Age Carpathian Basin. *Nature Communications*.
- TAKÁCS M. (2006): A Ménfőcsanak – Szeles dűlői lelőhelyen 1990–91-ben feltárt, Árpád-kori veremházak. *Arrabona* **44/1** 537–566.



TANKÓ K. (2020): Kelta falu Győr határában. A ménfőcsanaki késő vaskori település. *Studien zur Eisenzeit im Ostalpenraum* 2. Budapest, 320 pp.

TOMKA P. (1994): Az M1 autópálya Győrt elkerülő szakaszának régészeti feltárásai. *Közlekedésépítés és Mélyépítéstudományi Szemle XLIV/9* 378–384.

TORMA I. (1972): A kisapostagi kultúra telepe Balatongyörökön. *Veszprém Megyei Múzeumok Közleményei* 11 15–34.

TÓTH G., MELIS E. & ILON G. (2016): A ménfőcsanaki feltárás (2009–2011) bronzkori leletanyagának embertani és azokkal összefüggő régészeti eredményei. In: CSÉCS T. & TAKÁCS M., szerk., *Beatus homo qui invenit sapientiam. Ünnepi kötet Tomka Péter 75. születésnapjára*. Győr, Lekri Group Kft., 737–755.

TUGYA, B., ĐURKOVIČ, É. & ILON, G. (2022): Eggshell remains in the Bronze Age and Early Iron Age material of finds at Ménfőcsanak–Szélesföldek. *Archeometriai Műhely* 19 267–278. <https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2022-018>

VADAY A. (1996-97): Ménfőcsanak – 83-as út. *Archaeologiai Értesítő* 123-124 222.

VADAY A. 1997. Győr-Ménfőcsanak. *Régészeti Füzetek Ser.I. No.48* 11.



# CSANÁDPALOTA–FÖLDVÁR KÉSŐ BRONZKORI LELŐHELY KŐZETANYAGÚ LELETEINEK ARCHEOMETRIAI VIZSGÁLATA I.: NYERSANYAGELOSZTLÁS, ANDEZIT NYERSANYAGOK (ELŐZETES EREDMÉNYEK)

## ARCHAEOLOGICAL STUDY OF THE LITHIC FINDS OF THE LATE BRONZE AGE SITE CSANÁDPALOTA–FÖLDVÁR (HUNGARY) – PART I: RAW MATERIAL DISTRIBUTION, ANDESITE RAW MATERIALS (PRELIMINARY RESULTS)\*

PÉTERDI, Bálint<sup>1,\*</sup> , PRISKIN, Anna<sup>2</sup>  & SÁGI, Tamás<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága, Földtani Szolgálat, Gyűjteményi Osztály, Budapest

<sup>2</sup> Déri Múzeum, Debrecen

<sup>3</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földrajz- és Földtudományi Intézet,  
Közettan-Geokémiai Tanszék, Budapest

\* E-mail: [peterdi.balint@gmail.com](mailto:peterdi.balint@gmail.com)

### Abstract

*The aim of our work is the petrographic and geochemical investigation of stone artefacts from the Late Bronze Age site Csanádpalota–Földvár (Hungary); and to draw basic conclusions about the provenance of the raw materials. In this study, preliminary results are reported about the overall raw material distribution and the results of the detailed petrographic and geochemical investigation of the andesite raw materials.*

*The archaeological site Csanádpalota–Földvár is situated in the south-eastern part of Hungary, in Csongrád-Csanád County, in the outskirts of Csanádpalota, 500 m south of the city, crossing the Hungarian-Romanian border. The intensive study of the settlement has been started between 2011-2013 during the full-area preventive exploration on the trail of the M43 motorway. The east-west directed section covers nearly 120.000 m<sup>2</sup> and has cut through the Late Bronze Age fortification (1350–1100 BC). In the Late Bronze Age settlement macrolith finds were found in 45 features (pits, ditches), altogether 238 pieces. Among them 100 pieces of stone tools can be found, the further stone material cannot be classified typologically, only in a petrographic point of view.*

*The macroscopic definition and grouping are uncertain in many cases due to the advanced surface weathering of most of the finds. The finds contain a large number of pebble-derived specimens. Based on their petrologic properties, they were classified together with similar raw materials, except quartzite pebbles.*

*Most of the finds actually made of rocks (47%) are sandstones and sandstone-gravels with various colours and grain sizes. The group of mica schists and micaceous quartzite raw materials makes up 17% though the macroscopic definition of some of them is uncertain. Among the finds macroscopically specified as volcanites (16%) the thin-section studies verified basic metamorphites too. Quartzite gravels occur in large numbers (13%). Beside them some other metamorphites (gneiss, phyllite), granite-granitoide and limestone artefacts occur.*

*In the present study the results of the detailed petrographic investigation of some raw materials selected for provenance-research (biotite-bearing pyroxene andesite, biotite free pyroxene andesites, biotite-amphibole-andesite) are presented. Beside these petrographic observations, only preliminary results are communicated here without the precise designation of the raw material sources of the finds. Nevertheless, some notes can be taken in the present state of the investigation.*

*The results form a part of a research programme at analysing and comparing the stone artefacts of intensively researched fortified and horizontal settlements using the same methodology, and on the basis of these results determining the economic role of the different settlement types.*

---

\* How to cite this paper: PÉTERDI, B.; PRISKIN, A. & SÁGI, T., (2024): Csanádpalota–Földvár késő bronzkori lelőhely kőzetanyagú leleteinek archeometriai vizsgálata I.: nyersanyageloszlás, andezit nyersanyagok (előzetes eredmények) / Archaeometric study of the lithic finds of the Late Bronze Age site Csanádpalota–Földvár (Hungary) – part I: raw material distribution, andesite raw materials (preliminary results) [in Hungarian with English abstract], *Archeometriai Műhely* XXI/4 359–380.  
doi: [10.55023/issn.1786-271X.2024-029](https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2024-029)

## Kivonat

*Munkánk célja a Csanádpalota–Földvár késő bronzkori lelőhelyről előkerült kőzetanyagú leletek kőzettani és geokémiai vizsgálata; a nyersanyagok származási helyére vonatkozó következtetések levonása. Cikkünkben előzetes eredményeket közlünk a leletanyag nyersanyag-megoszlásáról, valamint az andezit nyersanyagok részletes kőzettani és geokémiai vizsgálatának eredményeiről.*

*Csanádpalota–Földvár Magyarország délkeleti részén, Csongrád-Csanád vármegyében, Csanádpalota határában, a várostól 500 méterre délre, a magyar-román határt átívelve található. A 460 hektáros település intenzív kutatása a 2011-2013 között az M43 autópálya nyomvonalán végzett teljes felületű megelőző feltárás során indult meg. A Ny-K-i irányú, közel 12 hektár kiterjedésű szelvény keresztülvágta a késő bronzkori erődítést, amely a Kr. e. 1350–1100 közötti időszakra datálható. A késő bronzkori településen 45 objektumból (gödrök, árkok) került elő makrolit leletanyag, összesen 238 darab. A leletanyagban 100 db eszköz található, a további kőanyag a töredékessége miatt tipológiailag nem, csak petrográfiailag értékelhető.*

*A leletek nagy részének előrehaladott felszíni mállása miatt a makroszkópos meghatározás és csoportba sorolás sok esetben bizonytalan. A nagy mennyiségű kavicseredetű példányt a hasonló nyersanyagú leletekkel közös csoportosításban tárgyaljuk.*

*A valóban kőzet nyersanyagú leletek legnagyobb része (47%-a) változatos színű és szemcseméretű homokkő, illetve homokkőkavics. 17%-ot tesz ki a csillámpala és csillámok kvarcit nyersanyagok csoportja, bár ezek egy részének makroszkópos meghatározása bizonytalan. A makroszkóposan vulkanit (andezit, bazalt, bazaltos andezit) nyersanyagúnak határozott leletek (16%) vékonycsiszolatos vizsgálata során bázisos metamorfitek jelenlétét is igazoltuk. A nagy számban előforduló kvarcit kavicsok (13%) mellett néhány egyéb metamorfitek (gneisz, fillit), gránit-granitoid és mészkő anyagú lelet is megtalálható.*

*Jelen cikkben néhány proveniencia-kutatás szempontjából kiválasztott nyersanyag – biotitos és biotitmentes piroxénandezitek, biotit-amfibolandezit – részletes kőzettani bemutatása mellett előzetes eredményeket közlünk, nem vállalkozva a leletanyagban előforduló nyersanyagok eredetének feltárására. Mindazonáltal néhány megállapítás már a kutatás jelenlegi fázisában is megtehető a potenciális forrásokkal kapcsolatban.*

*Az eredmények részét képezik annak a kutatási programnak, amelynek célja, az intenzíven kutatott erődített (pl. Medgyesegyháza–Lagzi-dűlő lelőhely), illetve horizontális települések (pl. Csanádalberti–Fekete-halom lelőhely) kőeszköz leletanyagának azonos módszerrel történő elemzése, összehasonlítása, és ezek alapján a különböző településtípusok gazdasági szerepének meghatározása.*

KEYWORDS: GRINDING STONE, QUERNSTONE, ANDESITE, RAW MATERIAL DISTRIBUTION, LATE BRONZE AGE, CSANÁDPALOTA–FÖLDVÁR (HUNGARY)

KULCSSZAVAK: ÖRLŐKŐ, ANDEZIT, NYERSANYAG-MEGOSZLÁS, KÉSŐ BRONZKOR, CSANÁDPALOTA–FÖLDVÁR

Rövidítések a mikroszkópos felvételeken / Abbreviations on the photomicrographs: amf: amfibol/amphibole; amf-cp: amfibol kumuloporfir/amphibole-cumuloporphy; bio: biotit/biotite; cc: kalcit/calcite; cpx: klinopiroxén /clinopyroxene; hem: limonit-hematit aggregátum/limonite-hematite aggregate; ilm: ilmenit/ilmenite; incl: zárvány/inclusion; ol: olivin/olivine; opx: ortopiroxén/orthopyroxene; pl: plagioklász/plagioclase; pl-cp: plagioklász kumuloporfir/plagioclase cumulo porphy; pl-px-cp: plagioklász-piroxén kumuloporfir/plagioclase-pyroxene cumulo porphy; ps(ol): olivin utáni pszeu domorfóza/pseudomorph after olivine; px: piroxén/pyroxene; px-cp: piroxén kumuloporfir/pyroxene cumulo porphy; px-pl-cp: piroxén-plagioklász kumuloporfir/pyroxene-plagioclase cumulo porphy; ves: hólyagüreg/vesicle

## Bevezetés: régészeti háttér, korábbi kutatások

Csanádpalota–Földvár Magyarország délkeleti részén, Csongrád-Csanád vármegyében, Csanádpalota határában, a várostól 500 méterre délre, a magyar-román határt átívelve található (1. ábra). A nagy kiterjedésű (mintegy 460 hektáros) őskori település kutatása az 1980-as években indult meg, ekkor azonban még nem lokalizálták a teljes területét, hanem extenzív terepbejárások során több

pontról gyűjtöttek késő bronzkori leletanyagot (Szatmári 1984). A lelőhely kutatása 2005-ben lépett a következő szakaszába, ekkor történtek az épülő M43 számú autópályához kapcsolódó előzetes terepbejárások, melyek során sikerült azonosítani a település központi, ovális területét (Szalontai 2012). A település intenzív kutatása a 2011-2013 között az autópálya nyomvonalon végzett teljes felületű megelőző feltárás során indult meg. A Ny-K-i irányú, közel 12 hektár kiterjedésű szelvény keresztülvágta a késő bronzkori erődítést (2. ábra).



**1. ábra:** Csanádpalota elhelyezkedése; **a)** Dél-Magyarországon, **b)** lelőhely (Csanádpalota–Földvár) légi fotón (Priskin 2022 nyomán módosítva).

**Fig. 1:** Location of Csanádpalota; **a)** in South Hungary, **b)** Aerial photo of the site Csanádpalota–Földvár (modified after Priskin 2022).



**2. ábra:** Az ásatási szelvény (vörös terület) Csanádpalota–Földvár lelőhelyen (Priskin 2022): vörös pontok: makrolit leletanyagot tartalmazó késő bronzkori objektumok.

**Fig. 2.:** The excavated section (red area) at Csanádpalota–Földvár site (Priskin 2022): red dots: Late Bronze Age features with macrolithic materials.

A feltárás során 1000 régészeti objektum látott napvilágot. A késő bronzkoriak mellett fiatalabb régészeti korszakok leletanyaga is előkerült (római császárkor, avar kor, Árpád-kor). A három ásatási idény alatt a késő bronzkori földvár erődítés-rendszeréhez tartozó 96 régészeti jelenség került feltárássra, melyből 29 árok és árokszakasz, az erődítés központi részébe való bejutást biztosító kapu cölöpszerkezetének maradványai, továbbá 64 késő bronzkori leletanyagot tartalmazó gödör (Szeverényi et al. 2014). A datáló értékű leletek vizsgálata alapján a lelőhely korát a Kr. e. 1350–1100 közötti időszakra, a késő bronzkor középső fázisára, az ún. pre-Gáva kulturális fázisra helyezhetjük.

A késő bronzkori településen 45 régészeti jelenségből került elő makrolit leletanyag, összesen 238 darab. A kőanyag értékelése egy többlépcsős vizsgálati módszertan alapján történt (Risch 1995), amely során a metrikus adatok felvétele, a töredékesség meghatározása, a morfológiai jellegzetességek és a kopásnyomok elemzése történt meg.

A leletanyagban 100 darab szerszámkő található, a további kőanyag a töredékessége miatt tipológiailag nem, csak petrográfiailag értékelhető.

A tipológiai értékelés (Priskin 2022) alapján őrlőlápok, marokkövek, őrléshez és porításhoz használt kőlapok, csiszolókövek, fenő- és csiszolókövek, ütőkővek, simítók és többfunkciójú eszközök találhatók a leletanyagban.

Kutatásunk kapcsolódik a különböző településtípusok – erődített (pl. Medgyesegyháza–Lagzdülő lelőhely), illetve horizontális települések (pl. Csanádalberti–Fekete-halom lelőhely) – korabeli gazdasági szerepének meghatározását célzó programba (OTKA FK 135805, Település és gazdaság a késő bronzkori Kelet-Magyarországon). Ennek keretében a települések makrolit leletanyagainak azonos módszerekkel történő vizsgálata, összehasonlítása zajlik.

Távlati cél a lelőhely kőzet nyersanyagú leleteinek provenienciavizsgálata, amelyhez részletes kőzettani és geokémiai vizsgálatokat tervezünk, támaszkodva az elmúlt években publikált, elsősorban magyarországi régészeti lelőhelyeken előkerült szerszámkövek nyersanyag eredetével foglalkozó irodalomra (például: Szakmány 1996, Szakmány & Nagy 2005; Szakmány et al. 2008, 2011; Piros 2010; Péterdi 2011, 2012; Horváth & Péterdi 2012; Péterdi & Horváth 2014; Starnini et al. 2015; Péterdi et al. 2009, 2014, 2016, 2017, 2018, Miklós et al. 2021). A Domszóló község (Mátra) határában található nyersanyag-kitermelő, őrlő- és malomkőkészítő műhelyek piroxénandezit nyersanyagának régészeti elterjedése is intenzíven kutatott terület

(T. Biró & Péterdi 2011; Péterdi et al. 2016; 2017, 2018; Péterdi & Czifra 2024). Bár Csanádpalota nagy távolságra fekszik a Mátrától, a nyersanyagok összehasonlítása céljából a makroszkóposan vulkanitnak (andezitnek, bazaltos andezitnek, bazaltnak) határozott nyersanyagok, mint potenciálisan kapcsolódó nyersanyagok részletes kőzettani és geokémiai vizsgálatával kezdtük meg a leletanyag feldolgozását.

### *Vizsgálati módszerek*

A leleteket makroszkópos (szabad szemmel és kézi nagyítóval végzett) vizsgálatokkal csoportosítottuk. A csoportba sorolás azonban sok esetben bizonytalan a leletek nagy többségének mállottsága miatt. A részletes kőzettani vizsgálatokat a vulkanit, illetve metamorfit nyersanyagú lelet-csoportok kiválasztott példányain kezdtük meg, amelyekből vékonycsiszolatok készültek a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága (korábban: Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat) Földtani és Laboratóriumi Osztályán. A vékonycsiszolatokat kőzettani (polarizációs) mikroszkóppal vizsgáltuk. A mikroszkópos vizsgálatok eredményét (ásványos összetétel, kőzetszövet) geokémiai vizsgálatokkal (teljeskörű kémiai elemzésekkel) egészítettük ki, amelyek az SZTFH (korábban: MBFSZ) Földtani és Laboratóriumi Osztályán készültek, Jobin Yvon ULTIMA 2C típusú ICP-OES és ELAN DRC II típusú ICP-MS segítségével (feltárás: porított átlagminta LiBO<sub>2</sub>-ömlesztéssel).

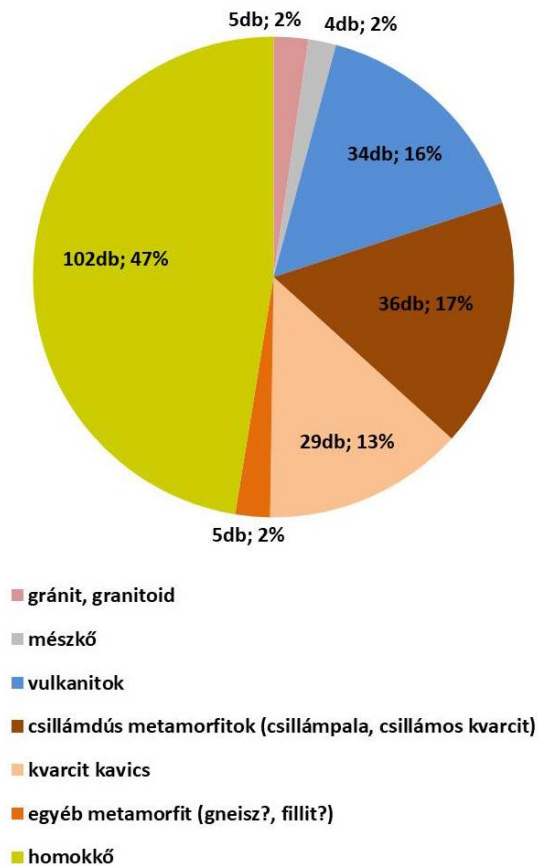
A kapott adatokat a szakirodalomban közölt elemzések adataival vetettük össze.

### *Makroszkópos csoportok, nyersanyagmegoszlás*

A leletek túlnyomó többségének felszíne mállott (sőt nagyon mállott), ezért a makroszkópos meghatározás és csoportosítás sok esetben bizonytalan. Az előzetesen kőzetanyagúnak tartott leletek 9%-a bizonyult a makroszkópos vizsgálat alapján egyéb – tapasztás, patics, kerámia, konkrécio – anyagúnak. A következőkben a százalékos értékek a fennmaradó, valóban kőzetanyagú leletanyagokra vonatkoznak (100% = 215 db, **3. ábra**).

A leletanyag ötödét (44 db, 20%) kavicseredetű példányok alkotják, ezeket anyaguk alapján a hasonló nyersanyagokkal közös csoportokba soroltuk, csak a kvarcit kavicsokat (és ezek töredékeit) soroltuk külön csoportba.

A vizsgált leletanyag legnagyobb része homokkő, illetve homokkőkavics (102 db, 47%), (ideértve az enyhén metamorf kvarchomokkő kavicsokat is). A leletek 16%-át (34 db) határozottuk makroszkóposan vulkanitnak.



**3. ábra:** A Nyersanyagok megoszlása közettípus szerint, makroszkópos tulajdonságok alapján (N=215 db).

**Fig. 3.:** Distribution of raw materials based on macroscopic properties (N=215 pcs).

Makroszkóposan metamorf nyersanyagcsoportokba soroltuk a leletek 32%-át (70 db), ezen belül az alábbi csoportokat állítottuk fel: csillámpala és csillámos kvarcit (36 db, 17%), kvarcit kavics (29 db, 13%) és egyéb metamorfitek (gneisz?, fillit? – 5 db, 2%). Néhány gránit-granitoid (5 db, 2%) és mészkő (4 db, 2%) anyagú lelet is található a leletanyagban.

Meg kell jegyeznünk, hogy a leletek között kilenc zacskónyi elkülönítetten begyűjtött aprószemcsés törmelék is található, amelyek közül 3 zacskónyi mállott granitoid-törmelék. Ezeket a fenti csoportosításnál nem vettük figyelembe.

### **A fontosabb makroszkópos csoportok rövid jellemzése**

#### **Homokkövek és homokkőkavicsok (102 db, 47%):**

A homokkövek főként csiszolókövek, őrlőkövek nyersanyagául szolgáltak, de előfordul ütőkő és fenőkő is a leletanyagban. Zömük közepesen vagy

erősen mállott felületű. Változatos színűek: a legtöbb példány szürke, világosszürke, de vörös, illetve kifakult vörös homokkövek is megtalálhatók a leletanyagban. Szemcseméretük szintén változatos: legnagyobb mennyiségben finom- és középszemcsés homokköveket találunk, amelyek többnyire jól osztályozottak. Ezek mellett előfordulnak nagyon finom szemcsés és rosszul osztályozott, uralkodóan durvaszemcsés, akár kavicsos homokkövek is. A kvarchomokkövek mellett a csillámos (muszkovit tartalmú) homokkövek is gyakoriak. Néhány polimikt anyagú homokkő is előfordul: ezek vulkáni kőzet-törmeléket, vulkáni ásványtörmeléket, illetve biotitot tartalmaznak. A homokkövek általában kevés kötőanyagot tartalmaznak, leggyakrabban kovát vagy limonitot-hematitot. Karbonátos, illetve szericites kötőanyagú homokkövek is előfordulnak. Néhány példány anyagában kissé egymásba nyomódott kvarcselemcsék is felfedezhetőek.

#### **Vulkanitok (metavulkanitok) és ezek kavicsai (34 db, 16%):**

Vulkanitokból túlnyomórészt őrlőkövek készültek. A vulkanitok között főként andeziteket (23 db) és bazaltokat, bazaltos andeziteket (6 db) találunk. A finomszemcsés változatok pontos besorolása makroszkóposan bizonytalan: vékonycsiszolatos vizsgálatokkal bázisos metamorfitek nyersanyagok (2 db) jelenlétét is igazoltuk. Ezek mellett mállott, közép- durvaszemcsés savanyú-neutrális összetételű (kvarc-, illetve horzsakő-tartalmú) tufák (3 db) is találhatóak a leletanyagban.

#### **Csillámdús metamorfitek (csillámpala, csillámos kvarcit) és ezek kavicsai (36 db, 17%):**

Makroszkóposan csillámpalának (24 db) és csillámos kvarcitnak (5 db) határozott nyersanyagok. A leletek állapota (elsősorban az előrehaladott mállás) miatt 7 darab ebbe a csoportba sorolt lelet határozása bizonytalan. Ezekből a nyersanyagokból főleg csiszolókövek készültek.

### **Mikroszkópos vizsgálatok**

A polarizációs mikroszkópos vizsgálatokat a makroszkóposan vulkanit-nyersanyagúnak besorolt példányokon kezdtük meg. Többféle andezit mellett bazalt és metavulkanit-nyersanyagok meglétét sikerült igazolnunk. Jelen munkánkban az andezit nyersanyagok részletes közettani vizsgálatának eredményeit közöljük.

#### **Biotitos piroxénandezit:**

A részletesen vizsgált leletek közül ebbe a típusba tartozik az Ő.2012.16.5043. leltári számú nyersanyag-töredék (**4/a ábra**).



**4. ábra** Biotitos piroxénandezit nyersanyagtöredék (azonosító: Ö.2012.16.5043.):

**a)** fotó; **b)** mikroszkópos felvétel (1 nikol): szöveti kép (porfíros-kumuloporfíros-pilotaxitos szövet); **c)** mikroszkópos felvétel (keresztezett nikolok): szöveti kép, plagioklász-, piroxén- és biotit fenokristályok, piroxén- és plagioklász kumuloporfir, alpanyag; **d)** mikroszkópos felvétel (keresztezett nikolok): szöveti kép (porfíros-kumuloporfíros-pilotaxitos szövet).

**Fig. 4.** Unworked fragment made from biotite-bearing pyroxene andesite (identifier: Ö.2012.16.5043.):

**a)** photo; **b)** photomicrograph (plane-polarized light): textural image (porphyritic-cumulo-porphyritic-pilotaxitic texture); **c)** photomicrograph (cross-polarized light):textural image, plagioclase, pyroxene and biotite phenocrysts, pyroxene and plagioclase cumulo-porphyr, groundmass; **d)** photo-micrograph (cross-polarized light): textural image (porphyritic-cumulo-porphyritic-pilotaxitic texture).

Porfíros, kumuloporfíros pilotaxitos szövetű, a fenokristályok mérete 0,5–2 mm között van, a kumuloporfírok között nagyobbak (3–4 mm nagyságúak) is vannak. A fenokristályok között plagioklászok, nagyméretű (akár 2 mm-es) ortopiroxén és kisebb orto- és klinopiroxén-kristályok mellett a 0,5 mm-t meghaladó méretű biotitok is megtalálhatók (**4. ábra**).

A plagioklász fenokristályokra jellemző a polyszintetikus ikresedés, de kettős- és átnövési ikrek és zónásság is előfordul (**4/c, 5/a ábra**).

A nagyméretű piroxén fenokristályok ortopiroxének, általában opak (magnetit) -zárványosak

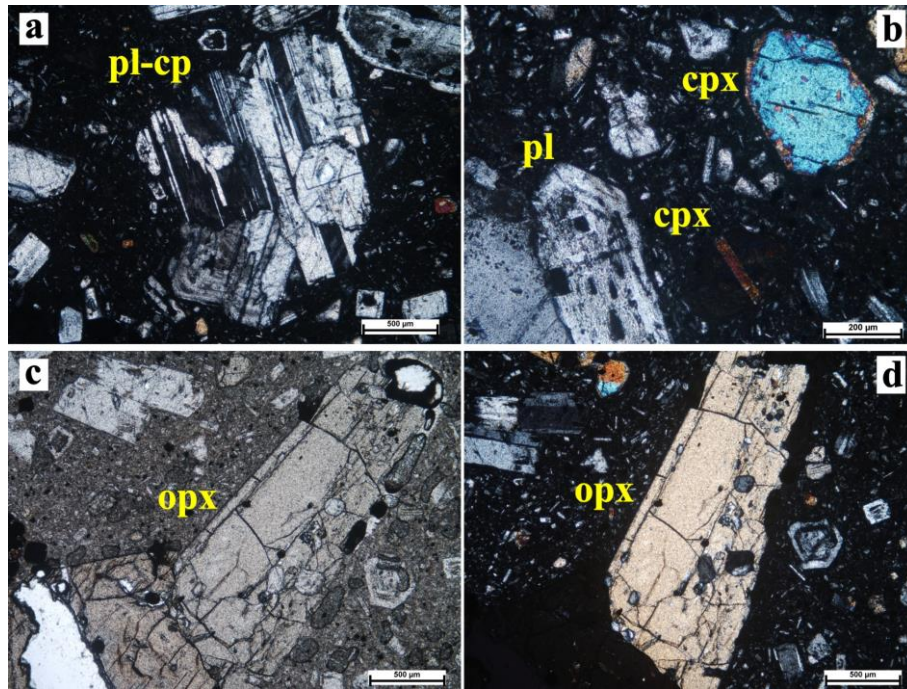
(**5/c-d ábra**). A kisebb fenokristályok között ortopiroxének és klinopiroxének is megtalálhatók. A klinopiroxén fenokristályok között polyszintetikus ikresedés is előfordul (**4/b-d, 5/b ábra**).

Plagioklász-, piroxén- és plagioklász-piroxén kumuloporfírok is találhatóak a kőzetben (**5/a, 6. ábra**).

A biotit fenokristályok szegélye opacitosodott (**7. ábra**).

Az alpanyagban kőzetüveg mellett főként plagioklászok és opakásványok (magnetit) találhatóak.



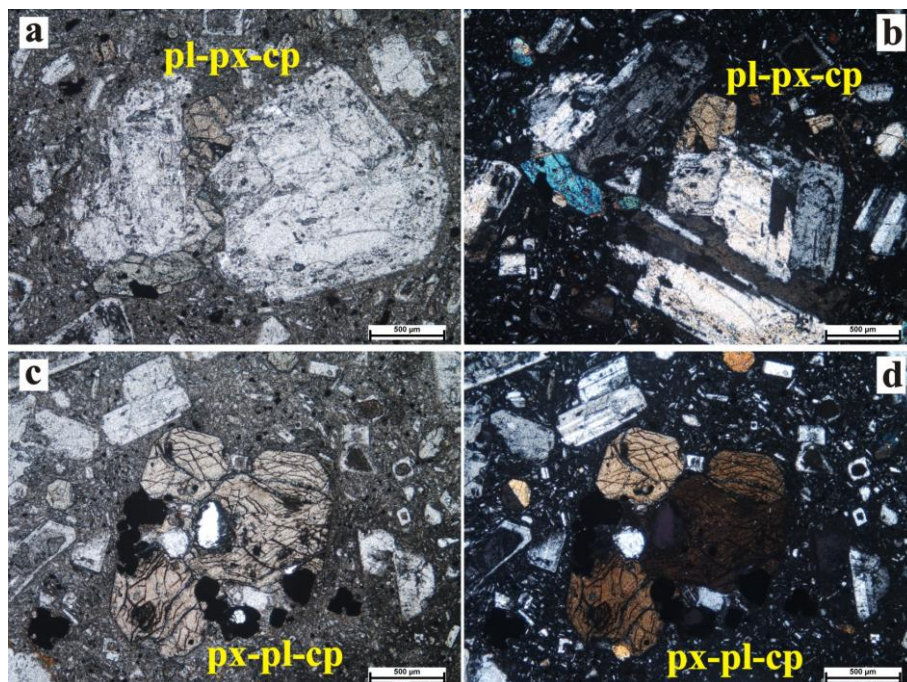


**5. ábra** Biotitos piroxénandezit nyersanyagtöredék (azonosító: Ö.2012.16.5043.):

**a)** mikroszkópos felvétel (keresztezett nikolok): plagioklász kumuloporfir poliszintetikus ikres plagioklász fenokristályokkal; **b)** mikroszkópos felvétel (keresztezett nikolok): plagioklász- és klinopiroxén fenokristályok; **c)** mikroszkópos felvétel (1 nikol): opakzárványos ortopiroxén fenokristályok; **d)** mikroszkópos felvétel (keresztezett nikolok): opakzárványos ortopiroxén fenokristályok.

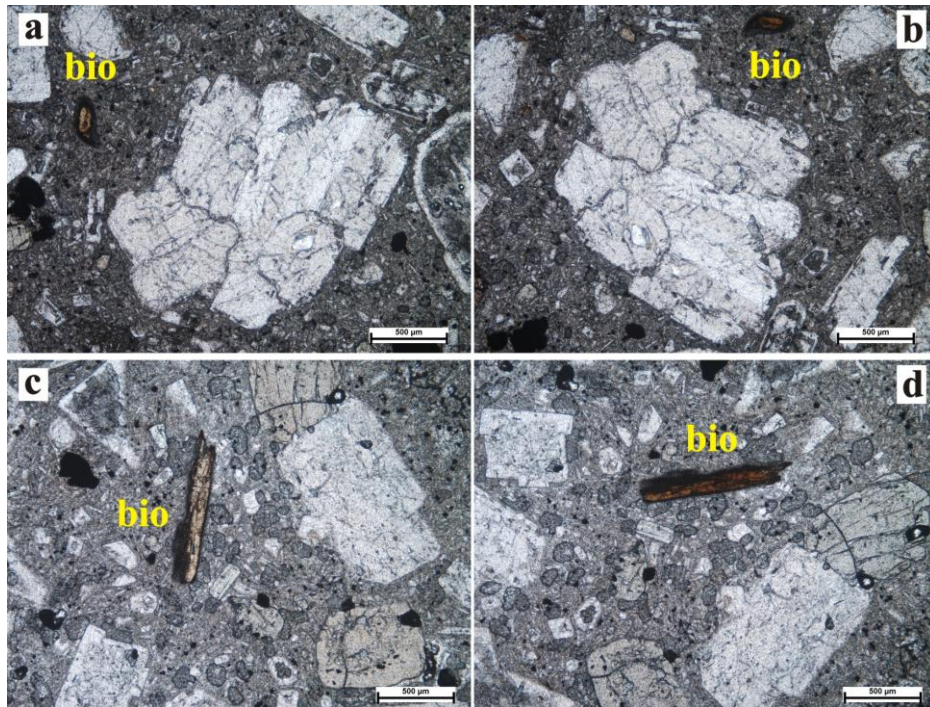
**Fig. 5.** Unworked fragment made from biotite-bearing pyroxene andesite (identifier: Ö.2012.16.5043.):

**a)** photomicrograph (cross-polarized light): plagioclase cumuloportyr with plagioclase phenocrysts with polysynthetic twinning; **b)** photomicrograph (cross-polarized light): plagioclase and clinopyroxene phenocrysts; **c)** photomicrograph (plane-polarized light): orthopyroxene phenocrysts with opaque inclusions; **d)** photomicrograph (cross-polarized light): orthopyroxene phenocrysts with opaque inclusions.



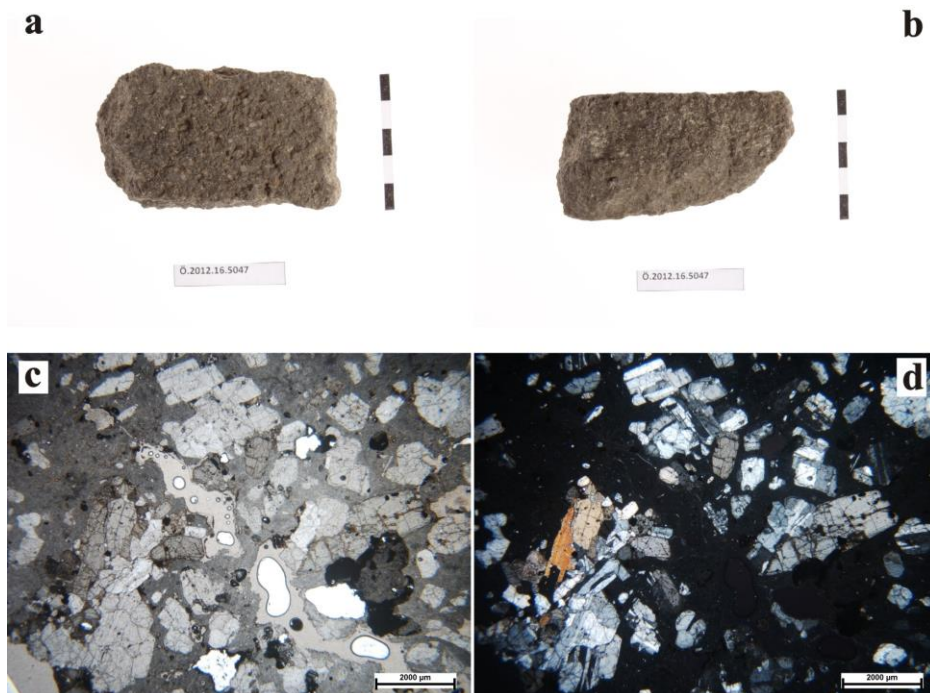
**6. ábra** Biotitos piroxénandezit nyersanyagtöredék (azonosító: Ö.2012.16.5043.): plagioklász-piroxén kumuloporfirrok; mikroszkópos felvételek: **a)** és **c)** 1 nikol; **b)** és **d)** keresztezett nikolok.

**Fig. 6.** Unworked fragment made from biotite-bearing pyroxene andesite (identifier: Ö.2012.16.5043.): plagioclase-pyroxene cumuloportyr; photomicrographs: **a)** and **c)** plane-; **b)** and **d)** cross-polarized light.



**7. ábra** Biotitos piroxénandezit nyersanyagtöredék (azonosító: Ö.2012.16.5043.): opacitosodott szegélyű, erősen pleokróos biotit kristályok; mikroszkópos felvételek (1 nikol).

**Fig. 7.** Unworked fragment made from biotite-bearing pyroxene andesite (identifier: Ö.2012.16.5043.): biotite crystals with strong pleochroism and opacitic rim; photomicrographs (plane-polarized light).



**8. ábra** Piroxénandezit (1. változat) nyersanyagú kőlap (porító) töredéke (azonosító: Ö.2012.16.5047.):

**a-b)** fotó; **c)** mikroszkópos felvétel (1 nikol): szöveti kép (porfíros-kumuloporfíros hialopilites szövet): nagyméretű kumuloporfírok, hólyagüregek; **d)** mikroszkópos felvétel (keresztezett nikolok): szöveti kép (porfíros-kumuloporfíros hialopilites szövet): nagyméretű kumuloporfírok, hólyagüregek.

**Fig. 8.** Netherstone fragment made from pyroxene andesite (1<sup>st</sup> variant) (identifier: Ö.2012.16.5047.):

**a-b)** photo; **c)** photomicrograph (plane-polarized light): textural image (porphyritic-cumuloporphyritic hyalopilitic texture): large size cumulo porphyrs, vesicles; **d)** photomicrograph (cross-polarized light): textural image (porphyritic-cumuloporphyritic hyalopilitic texture): large size cumulo porphyrs, vesicles.

**Piroxénandezit, 1. változat:**

A részletesen vizsgált leletek közül ebbe a típusba tartozik az Ő.2012.16.5047. leltári számú porítás-hoz használt kőlap (8/a-b ábra).

Porfíros, kumuloporfíros hialopilités szövetű, a fenokristályok mérete 0,5–2 mm között van, a kumuloporfírok mérete eléri az 5–6 mm-t is. A fenokristályok között plagioklászok, orto- és klinopiroxének találhatók. (8. ábra)

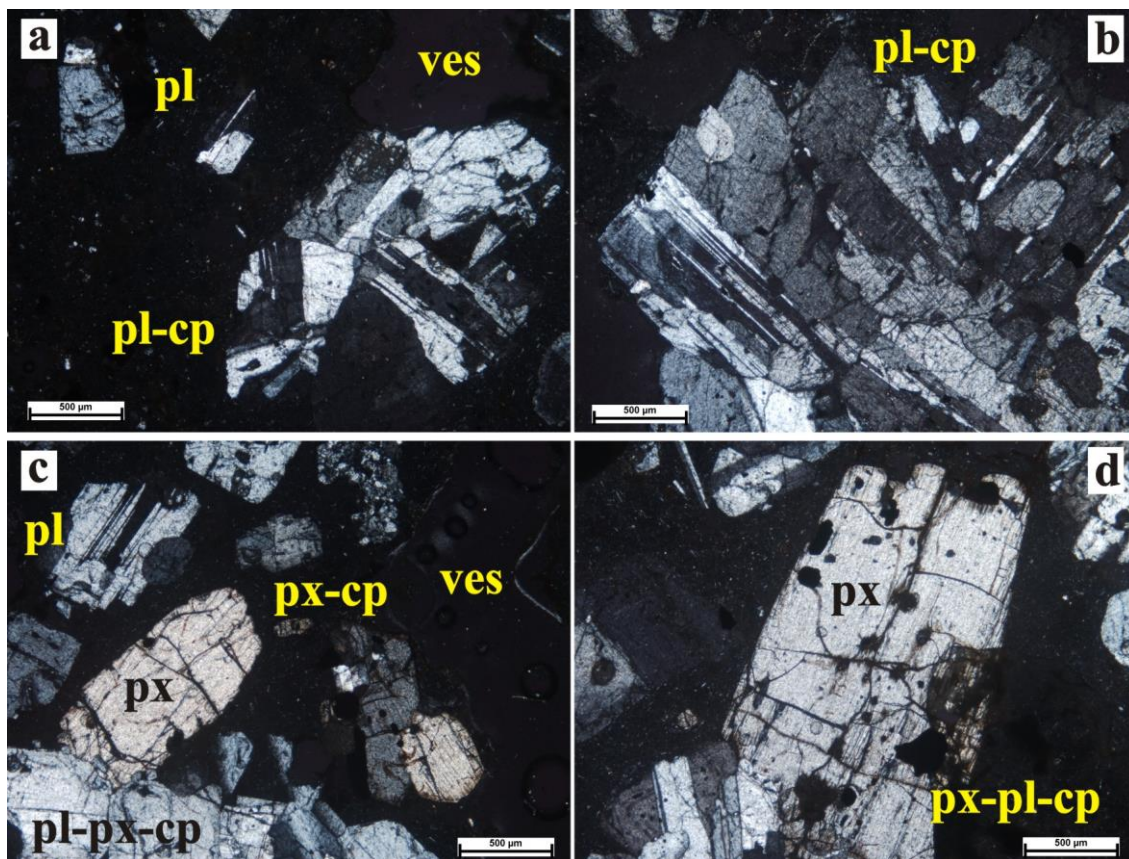
A plagioklász fenokristályokra jellemző a polyszintetikus és a kettős és átnövési ikresedés, valamint a zónásság is. (9/a-b ábra)

A nagyobb piroxén kristályok opak zárványosak (9/c-d ábra). A klinopiroxén fenokristályok között polyszintetikus ikresedés is előfordul (10/b ábra). A piroxén fenokristályokhoz kötődő magnetitek között vannak mállott, hematitosodott példányok is.

Ebben a nyersanyagban is megtalálhatók plagioklász-, piroxén- és plagioklász-piroxén kumuloporfírok (10. ábra). A magányos fenokristályok között a plagioklászok aránya magas, a piroxének főként kumuloporfírokban jelennek meg.

Ebben a nyersanyagban különböző közetzárványok is találhatóak: az egyiket szinte csak apró plagioklászok alkotják, a másik apró plagioklász-, piroxén- és opakásványokból áll. Utóbbiban a magnetitek jelentős része hematitosodott (11/a-c ábra).

Az alapanyagot szinte teljesen közetűveg alkotja, nagyon apró plagioklász lécek és néhány opakásvány (magnetit, ilmenit) mellett. Ez a nyersanyag hólyagüreges (8/c-d, 9/a, c, 11/d ábra).

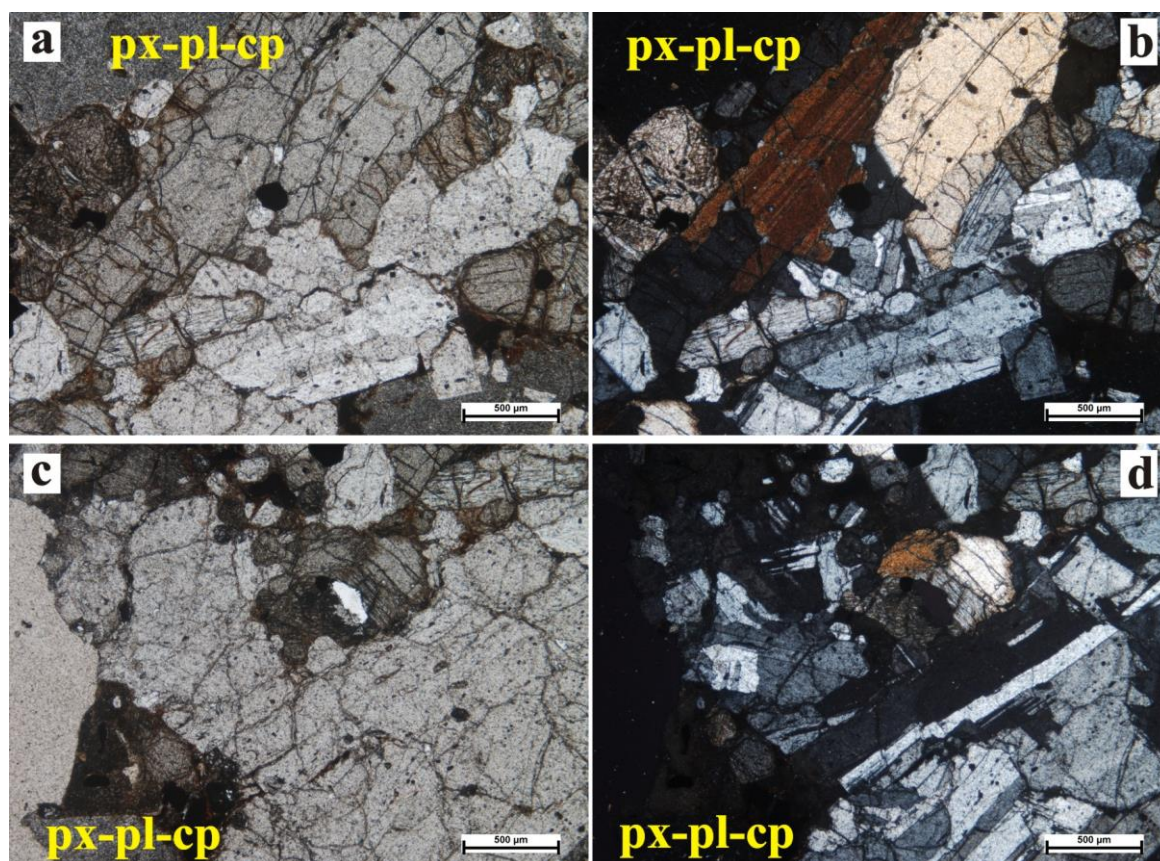


**9. ábra** Piroxénandezit (1. változat) nyersanyagú kőlap (porító) töredéke (azonosító: Ő.2012.16.5047.), mikroszkópos felvételek (keresztetett nikolok):

a) plagioklász kumuloporfir, plagioklász fenokristály és hólyagüreg; b) plagioklász kumuloporfir polyszintetikus ikres és zónás plagioklász fenokristályokkal; c) piroxén kumuloporfir, plagioklász-piroxén kumuloporfir, hólyagüreg; d) opakzárványos piroxén fenokristály piroxén-plagioklász kumuloporfirban.

**Fig. 9.** Netherstone fragment made from pyroxene andesite (1<sup>st</sup> variant) (identifier: Ő.2012.16.5047.), photomicrographs (cross-polarized light):

a) plagioclase cumulo porphyry, plagioclase phenocryst and vesicle; b) plagioclase cumulo porphyry with plagioclase phenocrysts with polysynthetic twinning and zonation; c) pyroxene cumulo porphyry, plagioclase-pyroxene cumulo porphyry, vesicle; d) pyroxene phenocryst with opaque inclusions in a pyroxene-plagioclase cumulo porphyry.



**10. ábra** Piroxénandezit (1. változat) nyersanyagú kőlap (porító) töredéke (azonosító: Ö.2012.16.5047.):

**a)** mikroszkópos felvétel (1 nikol): piroxén-plagioklász kumuloporfir poliszintetikusán ikres piroxén fenokristállal; **b)** mikroszkópos felvétel (keresztezett nikolok): piroxén-plagioklász kumuloporfir poliszintetikusán ikres piroxén fenokristállal; **c)** mikroszkópos felvétel (1 nikol): piroxén-plagioklász kumuloporfir (a **10/a-b**. részábrákon látható kumuloporfir másik része); **d)** mikroszkópos felvétel (keresztezett nikolok): piroxén-plagioklász kumuloporfir (a **10/a-b**. részábrákon látható kumuloporfir másik része).

**Fig. 10.** Netherstone fragment made from pyroxene andesite (1<sup>st</sup> variant) (identifier: Ö.2012.16.5047.):

**a)** photomicrograph (plane-polarized light): pyroxene-plagioclase cumulo porphyry with pyroxene phenocryst with polysynthetic twinning; **b)** photomicrograph (cross-polarized light): pyroxene-plagioclase cumulo porphyry with pyroxene phenocryst with polysynthetic twinning; **c)** photomicrograph (plane-polarized light): pyroxene-plagioclase cumulo porphyry (another part of the cumulo porphyry shown on **Fig. 10/a-b**); **d)** photomicrograph (cross-polarized light): pyroxene-plagioclase cumulo porphyry (another part of the cumulo porphyry shown on **Fig. 10/a-b**).

### Piroxénandezit, 2. változat:

A részletesen vizsgált leletek közül ebbe a típusba tartozik az Ö.2012.16.5191. leltári számú csiszoló-ütőkő (**12/a ábra**).

Porfíros, kumuloporfíros pilotaxitos szövetű, a fenokristályok mérete nem haladja meg a 2 mm-t. A kumuloporfírok mennyisége lényegesen kevesebb, mint a korábban bemutatott csoportokban (gyakorlatilag elhanyagolható) és méretük is kisebb, mint a legnagyobb magányos fenokristályoké. (**12/b ábra**)

A fenokristályok között plagioklászok, orto- és klinopiroxének találhatók (**12/b-d ábra**).

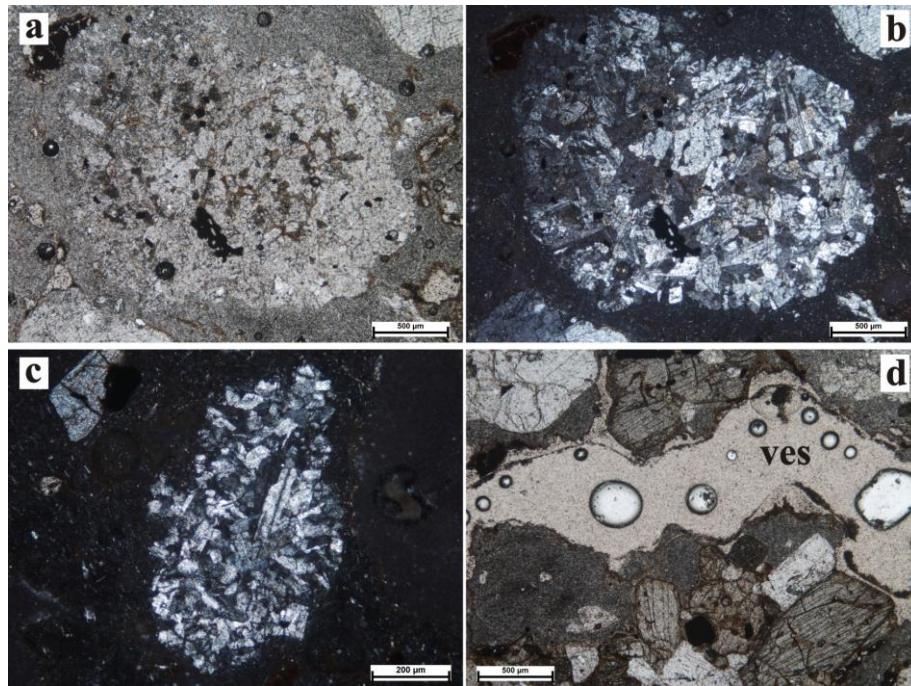
A plagioklász fenokristályokra ebben a változatban is jellemző a poliszintetikus és a kettős és átnövési ikresedés, valamint a zónásság is. Sok plagioklász

fenokristály zárványos maggal és zárványmentes, továbbnövekedett szegéllyel rendelkezik. Egyes plagioklász fenokristályok szegélye visszaoldódott. (**12/c-d, 13/a-c ábra**)

A nagyobb piroxén kristályok opak zárványosak. A piroxén fenokristályok jelentős részét hasadás, illetve repedések mentén limonitos-hematitos erek járóják át. Visszaoldódás a piroxén fenokristályokon is megfigyelhető. (**12/c-d, 13/c-d ábra**)

Az alpanyagban kőzetüveg mellett főként plagioklászok és opakásványok (magnetit) található, utóbbiak mennyisége nagyobb, mint az 1. változatban.

Néhány 100–200 µm méretű olivin utáni pseudo-morfóza is megfigyelhető (**13/e-f ábra**).

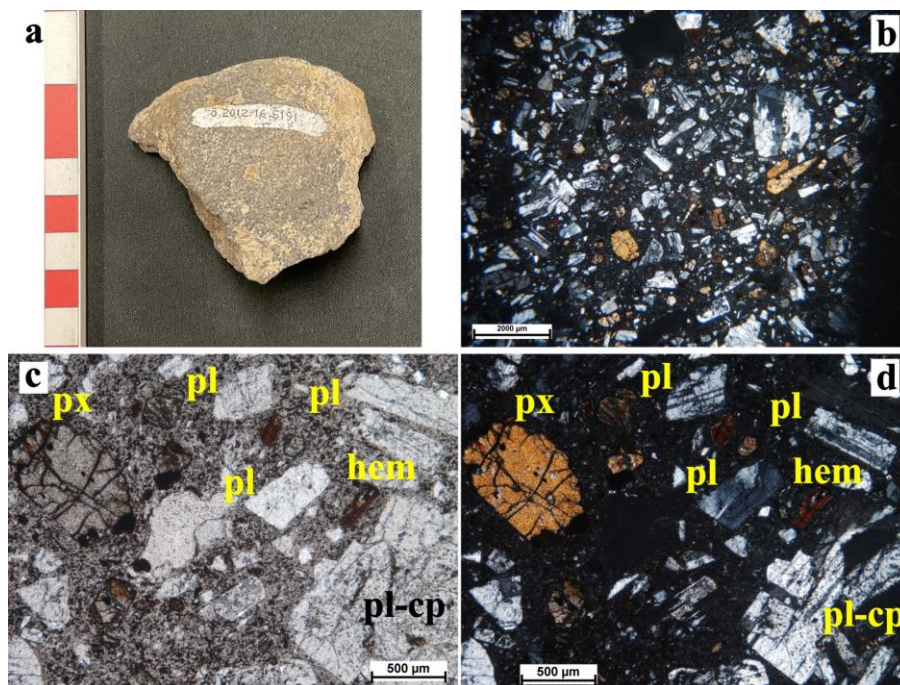


**11. ábra** Piroxénandezit (1. változat) nyersanyagú kőlap (porító) töredéke (azonosító: Ö.2012.16.5047.):

**a)** mikroszkópos felvétel (1 nikol): kőzetzárvány (apró plagioklász-, piroxén- és opakásványok); **b)** mikroszkópos felvétel (keresztezett nikolok): kőzetzárvány (apró plagioklász-, piroxén- és opakásványok); **c)** mikroszkópos felvétel (keresztezett nikolok): kőzetzárvány (apró plagioklász kristályok); **d)** mikroszkópos felvétel (1 nikol): hólyagüreg.

**Fig. 11.** Netherstone fragment made from pyroxene andesite (1<sup>st</sup> variant) (identifier: Ö.2012.16.5047.):

**a)** photomicrograph (plane-polarized light): xenolith (small plagioclase, pyroxene and opaque minerals); **b)** photomicrograph (cross-polarized light): xenolith (small plagioclase, pyroxene and opaque minerals); **c)** photomicrograph (cross-polarized light): xenolith (small plagioclase crystals); **d)** photomicrograph (plane-polarized light): vesicle.

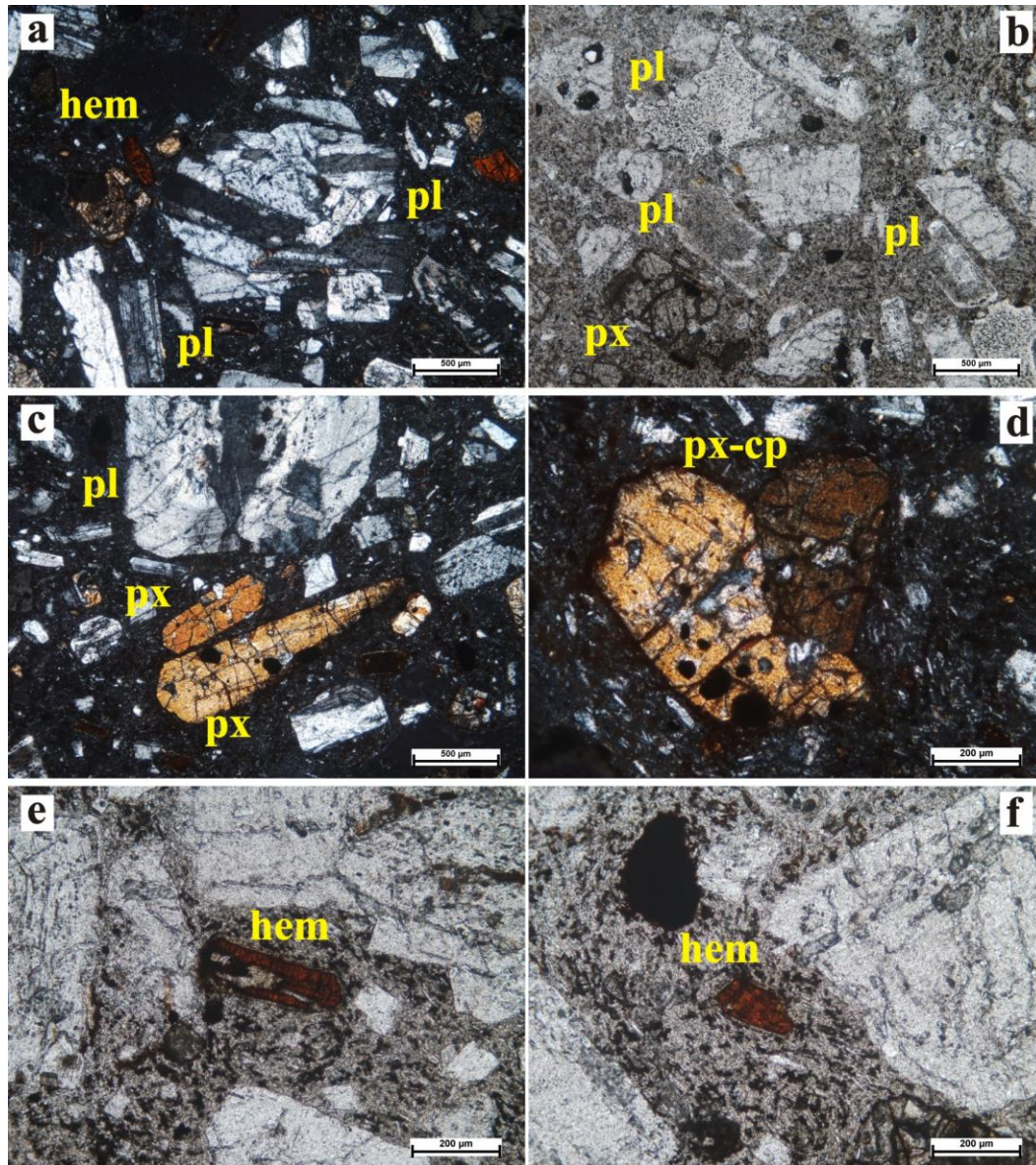


**12. ábra** Piroxénandezit (2. változat) nyersanyagú csiszoló/ütőkő töredéke (azonosító: Ö.2012.16.5191.):

**a)** fotó; **b)** mikroszkópos felvétel (1 nikol): szöveti kép (porfirok-kumuloporfirok pilotaxitos szövet); **c)** mikroszkópos felvétel (1 nikol): piroxén- és plagioklász fenokristályok, izolált limonit-hematit aggregátumok (olivin utáni pszeudomorfózák); **d)** mikroszkópos felvétel (keresztezett nikolok): piroxén- és plagioklász fenokristályok, izolált limonit-hematit aggregátumok (olivin utáni pszeudomorfózák).

**Fig. 12.** Abrader/hammer stone fragment made from pyroxene andesite (2<sup>nd</sup> variant) (identifier: Ó.2012.16.5191.):

**a)** photo; **b)** photomicrograph (plane-polarized light): textural image (porphyritic-cumuloporphyritic pilotaxitic texture); **c)** photomicrograph (plane-polarized light): pyroxene and plagioclase phenocrysts, isolated limonite-hematite aggregates (pseudomorphs after olivine); **d)** photomicrograph (cross-polarized light): pyroxene and plagioclase phenocrysts, isolated limonite-hematite aggregates (pseudomorphs after olivine).

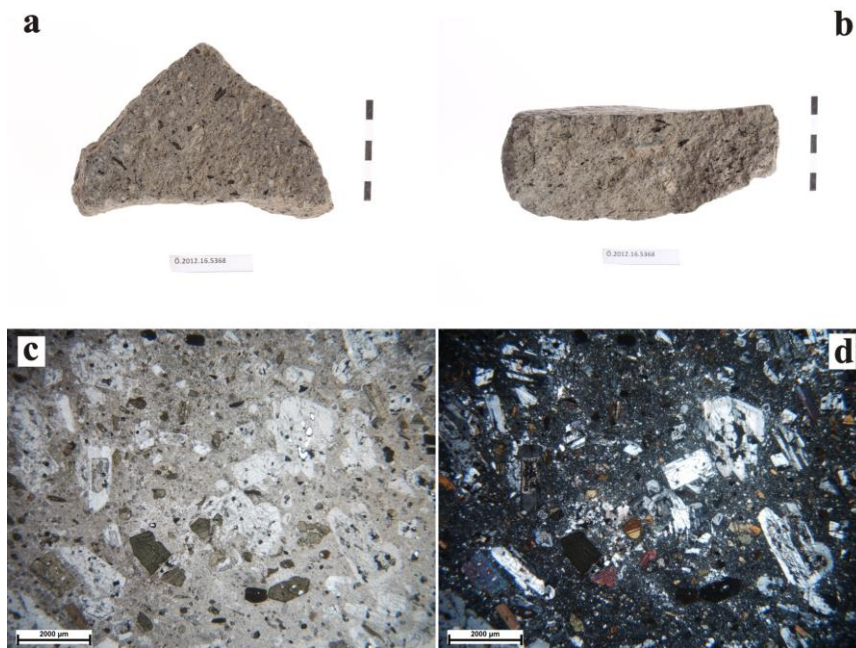


**13. ábra** Piroxénandezit (2. változat) nyersanyagú csiszoló/ütőkő töredéke (azonosító: Ó.2012.16.5191.):

**a)** mikroszkópos felvétel (keresztezett nikolok): plagioklász fenokristályok, izolált limonit-hematit aggregátumok (olivin utáni pszeudomorfózák); **b)** mikroszkópos felvétel (1 nikol): plagioklász fenokristályok zárványos maggal és zárványmentes szegéllyel, piroxén fenokristály; **c)** mikroszkópos felvétel (keresztezett nikolok): opakzárványos piroxén fenokristályok, zónás plagioklász fenokristály zárványos maggal; **d)** mikroszkópos felvétel (keresztezett nikolok): piroxén kumuloporfir; **e-f)** mikroszkópos felvétel (1 nikol): izolált limonit-hematit aggregátum (olivin utáni pszeudomorfóza).

**Fig. 13.** Abrader/hammerstone fragment made from pyroxene andesite (2<sup>nd</sup> variant) (identifier: Ó.2012.16.5191.):

**a)** photomicrograph (cross-polarized light): plagioclase phenocrysts, isolated limonite-hematite aggregates (pseudomorphs after olivine); **b)** photomicrograph (plane-polarized light): plagioclase phenocrysts with inclusion-rich core and inclusion-free rim, pyroxene phenocryst; **c)** photomicrograph (cross-polarized light): pyroxene phenocrysts with opaque inclusions, zoned plagioclase phenocryst with inclusions in the core; **d)** photomicrograph (cross-polarized light): pyroxene cumulo porphyry; **e-f)** photomicrograph (plane-polarized light): isolated limonite-hematite aggregate (pseudomorph after olivine).

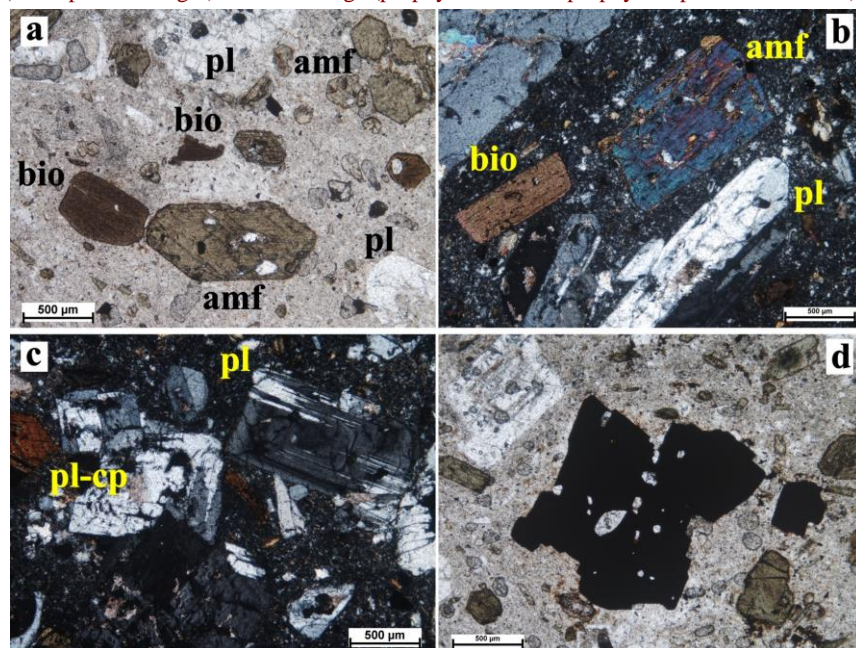


**14. ábra** Biotit-amfibolandezit nyersanyagú őrlőkő töredék (azonosító: Ö.2012.16.5368.):

**a-b)** fotó; **c)** mikroszkópos felvétel (1 nikol): szöveti kép (porfíros-kumuloporfíros pilotaxitis szövet); **d)** mikroszkópos felvétel (keresztezett nikolok): szöveti kép (porfíros-kumuloporfíros pilotaxitis szövet).

**Fig. 14.** Grinding stone fragment made from biotite amphibole andesite (identifier: Ö.2012.16.5368.):

**a-b)** photo; **c)** photomicrograph (plane-polarized light): textural image (porphyritic-cumuloporphyritic pilotaxitic texture); **d)** photomicrograph (cross-polarized light): textural image (porphyritic-cumuloporphyritic pilotaxitic texture).



**15. ábra:** Biotit-amfibolandezit nyersanyagú őrlőkő töredék (azonosító: Ö.2012.16.5368.):

**a)** mikroszkópos felvétel (1 nikol): zárványos biotit-, amfibol- és plagioklász fenokristályok; **b)** mikroszkópos felvétel (keresztezett nikolok): zárványos biotit-, amfibol- és plagioklász fenokristályok; **c)** mikroszkópos felvétel (keresztezett nikolok): plagioklász kumuloporfir, poliszintetikus ikres, zónás plagioklász fenokristály; **d)** mikroszkópos felvétel (1 nikol): magnetit kumuloporfir.

**Fig. 15.:** Grinding stone fragment made from biotite amphibole andesite (identifier: Ö.2012.16.5368.):

**a)** photomicrograph (plane-polarized light): biotite, amphibole and plagioclase phenocrysts with inclusions; **b)** photomicrograph (cross-polarized light): biotite, amphibole and plagioclase phenocrysts with inclusions; **c)** photomicrograph (cross-polarized light): plagioclase cumulo porphyry, plagioclase phenocryst with polysynthetic twinning and zonation; **d)** photomicrograph (plane-polarized light): magnetite cumulo porphyry.

**Biotit-amfibolandezit:**

A részletesen vizsgált leletek közül ebbe a típusba tartozik az Ő.2012.16.5368. leltári számú őrlőlap (**14/a-b ábra**).

Porfíros, kumuloporfíros pilotaxitos szövetű, a fenokristályok mérete 0,5–2 mm-es (**14/c-d ábra**). 5–10 mm-es kumuloporfírok is találhatóak a kőzetben (**17–18. ábra**), amelyekben akár 6–8 mm-es plagioklász kristályok is előfordulnak. A fenokristályok között plagioklászokat, zöldamfibolt, biotitot és opakásványt (magnetitet) találhatunk (**15. ábra**).

A plagioklász fenokristályokra jellemző a – helyenként igen sűrű – poliszintetikus ikresedés, és a nagy mennyiségű folyadékzárvány, valamint az elszórtan, illetve erek mentén megjelenő karbonátosodás (**15/c, 17. ábra**). Egyes plagioklász fenokristályok zárványmentes továbbnövekedett szegéllyel rendelkeznek.

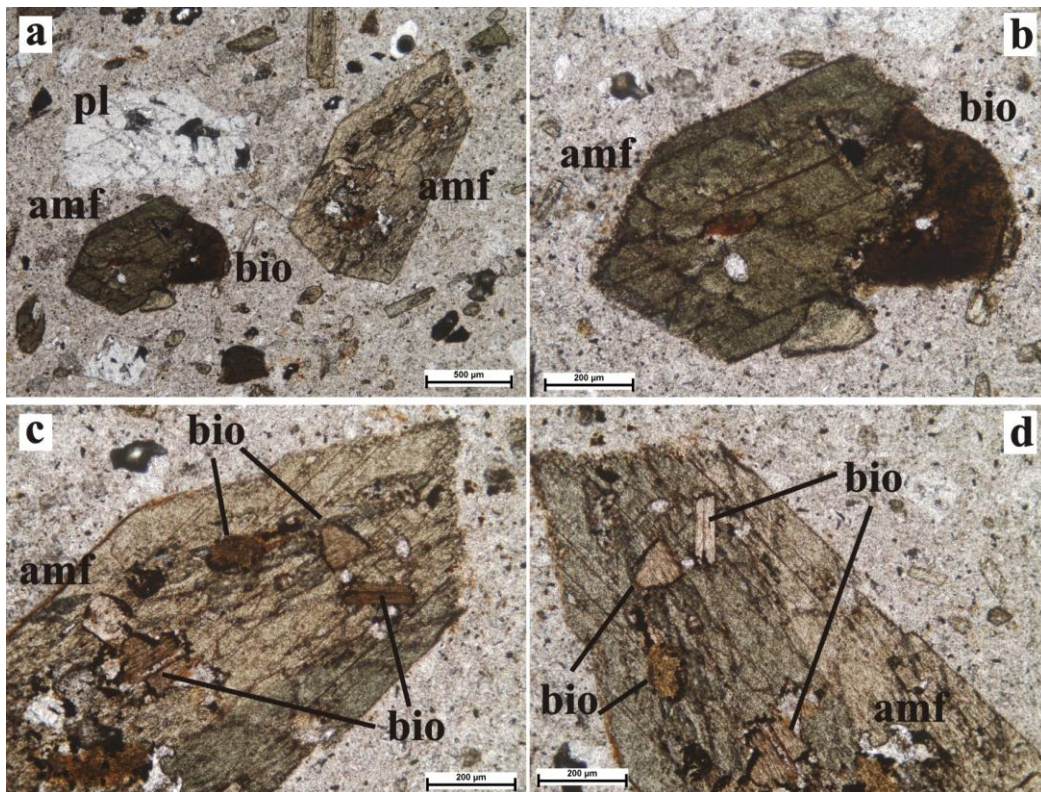
A zöld-barna pleokroizmusú amfibol fenokristályok gyakran zárványosak (földpát- és biotitzárványok), mállottak: hasadás mentén és zárványok körül opacitosodás, limonitosodás figyelhető meg (**15/a-b, 16. ábra**).

A biotit fenokristályok kisebb méretűek az amfiboloknál, sokak szegélye opacitosodott illetve visszaoldódott. Biotit rovására növekedő amfibol is megfigyelhető (**15/a-b, 16. ábra**).

A plagioklász kumuloporfírok egyes részein – a karbonátosodás mellett – káliföldpátosodás is észlelhető (**17. ábra**).

Az amfibol kumuloporfírban nagy méretű amfibolkristály és kisebb, poliszintetikus ikres amfibolok is találhatóak (**18. ábra**).

Az alapanyagban kőzetüveg mellett főként plagioklász és opakásványok találhatóak.



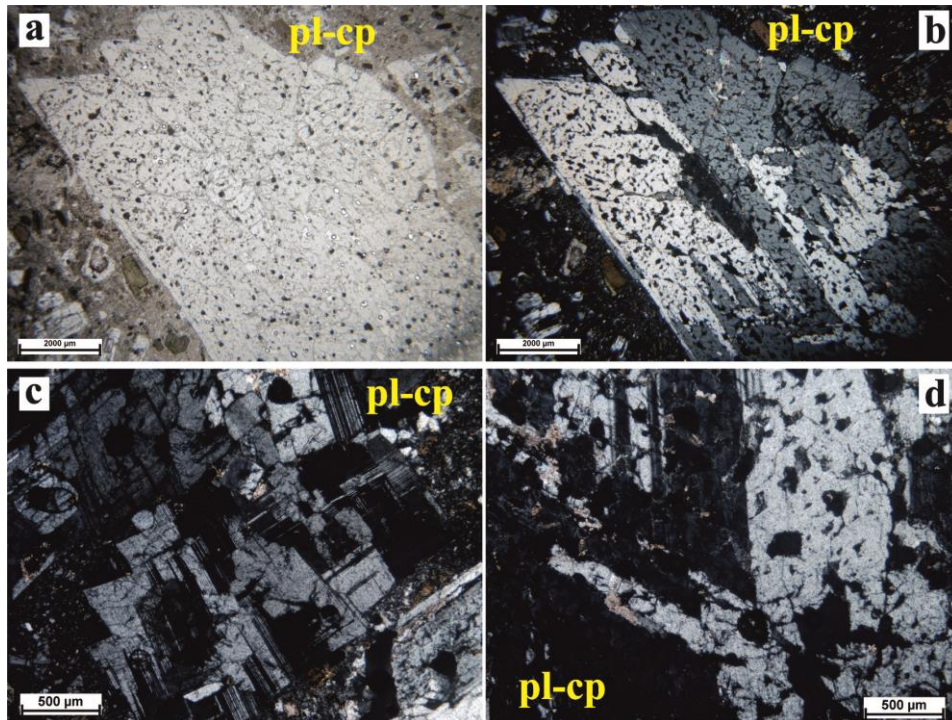
**16. ábra:** Biotit-amfibolandezit nyersanyagú őrlőkő töredék (azonosító: Ő.2012.16.5368.):

**a)** mikroszkópos felvétel (1 nikol): biotit és biotit utáni amfibol, biotitzárványos amfibol fenokristály, zárványos plagioklász fenokristály; **b)** mikroszkópos felvétel (1 nikol): biotit és biotit utáni amfibol, biotitzárványos amfibol fenokristály (**16/a** részéről nagyítva); **c)** biotitzárványos amfibol fenokristály (**16/a** részéről nagyítva); **d)** mikroszkópos felvétel (1 nikol): biotitzárványos amfibol fenokristály (**16/c** részéről látható fenokristály diagonális állásban).

**Fig. 16.** Grinding stone fragment made from biotite amphibole andesite (identifier: Ő.2012.16.5368.):

**a)** photomicrograph (plane-polarized light): biotite and amphibole replacing biotite, amphibole phenocryst with biotite inclusions; **b)** photomicrograph (plane-polarized light): biotite and amphibole replacing biotite, amphibole phenocryst with biotite inclusions (zoom from **Fig. 16/a**); **c)** photomicrograph (plane-polarized light): amphibole phenocryst with biotite inclusions (zoom from **Fig. 16/a**); **d)** photomicrograph (plane-polarized light): amphibole phenocryst with biotite inclusions (the phenocryst on **Fig. 16/c** in diagonal position).

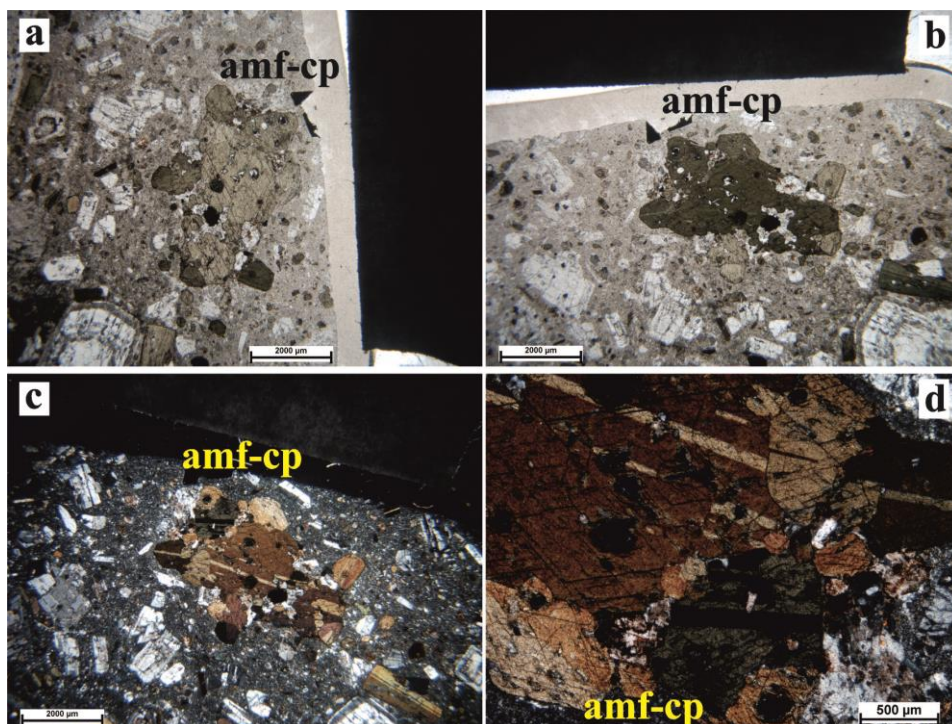




**17. ábra** Biotit-amfibolandezit nyersanyagú őrlőkő töredék (azonosító: Ö.2012.16.5368.):

**a-d)** mikroszkópos felvétel (**a:** 1 nikol, **b-d:** keresztezett nikolok): plagioklász kumuloporfir részletei.

**Fig. 17.** Grinding stone fragment made from biotite amphibole andesite (identifier: Ö.2012.16.5368.): **a-d)** photomicrograph (**a:** plane-polarized light, **b-d:** cross-polarized light): parts of a plagioclase cumuloportyr



**18. ábra** Biotit-amfibolandezit nyersanyagú őrlőkő töredék (azonosító: Ö.2012.16.5368.):

**a-d)** mikroszkópos felvétel (**a-b:** 1 nikol, **c-d:** keresztezett nikolok): amfibol kumuloporfir részletei.

**Fig. 18.** Grinding stone fragment made from biotite amphibole andesite (identifier: Ö.2012.16.5368.): **a-d)** photomicrograph (**a-b:** plane-polarized light, **c-d:** cross-polarized light): parts of an amphibole megacryst

### Teljesközet kémiai vizsgálatok (ICP-AES, ICP-MS)

Teljesközet kémiai vizsgálatokat hat kiválasztott lelet (köztük 3 piroxénandezit) anyagán végeztünk, amelyekből régészeti információ megsemmisítése nélkül lehetőség volt a vékonycsiszolatok elkészítéséhez szükséges mennyiségnél több mintát venni. A

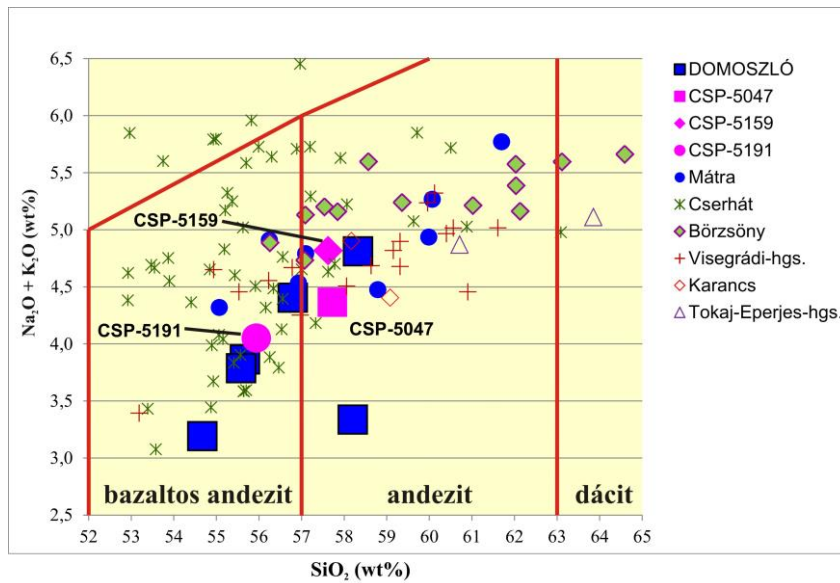
vizsgált piroxén andezitek teljesközet kémiai összetételét az **1. táblázat** tartalmazza. A mikro-szkóposan piroxén andezitnek határozott leletek nyersanyaga a TAS (total alkali silica) diagramon (Le Bas et al. 1986) a bazaltos andezit – andezit mezők határán helyezkedik el: egy az előbbi mezőben, kettő az utóbbiban (**19. ábra**).

**1. táblázat:** A teljesközet kémiai (főelemek: ICP-OES, nyomelemek és ritkaföldfémek: ICP-MS) elemzések eredményei.

**Table 1.:** Results of the bulk-rock chemical (major elements: ICP-OES, minor and rare earth elements: ICP-MS) analyses.

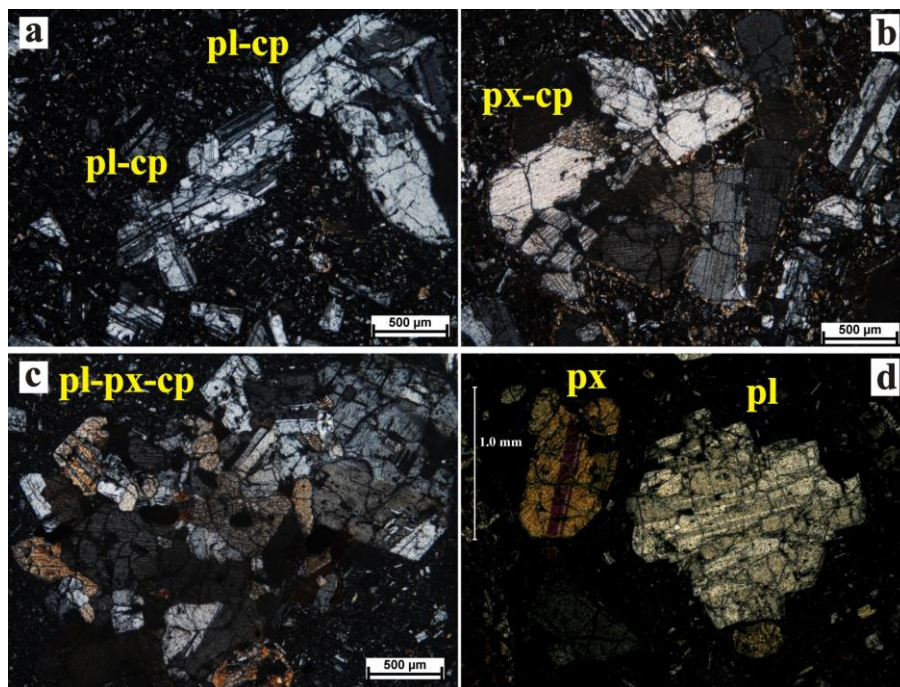
Leltári szám / inventory number	Ő.2012.16.5047.	Ő.2012.16.5159.	Ő.2012.16.5191.
minta azonosító / sample ID	CSP-5047	CSP-5159	CSP-5191
tipológiai besorolás / typology	kőlap (porító) / netherstone	marokkó / handstone	csiszoló/ütőkő / abrader/hammerstone
nyersanyag (raw material)	piroxénandezit / pyroxene andesite		
<b>Főelemek (t%) / major elements (w%)</b>			
SiO <sub>2</sub>	57,0	56,7	55,8
TiO <sub>2</sub>	0,808	0,676	1,03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,2	20,4	18,1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,09	1,20	1,07
FeO	5,15	4,44	7,65
MnO	0,125	0,081	0,152
MgO	6,72	7,79	7,30
CaO	3,51	1,57	3,52
Na <sub>2</sub> O	1,77	2,49	2,31
K <sub>2</sub> O	2,54	2,25	1,73
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<0,50	<0,50	<0,50
SO <sub>3</sub>	nd	nd	nd
BaO	0,051	0,047	0,040
SrO	0,032	0,029	0,029
CO <sub>2</sub>	<0,3	<0,3	<0,3
-H <sub>2</sub> O	0,36	0,42	0,25
+H <sub>2</sub> O	1,52	1,76	0,95
<b>Nyomelemek (ppm) / minor elements (ppm)</b>			
Rb	105	85,6	52,2
Y	28,2	29,7	28,3
Zr	158	153	142
Nb	10,3	11,4	9,29
Mo	2,43	13,7	18,5

<b>Leltári szám / inventory number</b>	Ő.2012.16.5047.	Ő.2012.16.5159.	Ő.2012.16.5191.
<b>minta azonosító / sample ID</b>	CSP-5047	CSP-5159	CSP-5191
<b>tipológiai besorolás / typology</b>	kőlap (porító) / netherstone	marokkő / handstone	csiszoló/ütőkő / abrader/hammerstone
<b>nyersanyag (raw material)</b>	piroxénandezit / pyroxene andesite		
<b>Cd</b>	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Sn</b>	5,59	3,14	2,01
<b>Sb</b>	0,41	0,36	0,36
<b>Cs</b>	5,76	5,02	2,03
<b>Hf</b>	4,00	3,64	3,56
<b>Ta</b>	0,92	0,89	0,80
<b>W</b>	2,05	2,42	2,40
<b>Tl</b>	0,55	0,31	0,29
<b>Pb</b>	13,8	15,3	10,5
<b>Bi</b>	<0,25	<0,25	<0,25
<b>Th</b>	9,35	8,34	6,08
<b>U</b>	2,20	1,86	1,26
<b>Ritkaföldfémek (ppm) / rare earth elements (ppm)</b>			
<b>La</b>	27,0	27,0	20,2
<b>Ce</b>	53,6	51,5	39,2
<b>Pr</b>	6,78	6,52	5,17
<b>Nd</b>	26,7	25,2	20,8
<b>Sm</b>	5,87	5,64	4,92
<b>Eu</b>	1,17	1,27	1,25
<b>Gd</b>	5,22	5,08	4,58
<b>Tb</b>	0,89	0,90	0,84
<b>Dy</b>	5,15	5,20	4,96
<b>Ho</b>	1,06	1,08	1,05
<b>Er</b>	2,98	3,01	3,04
<b>Tm</b>	0,44	0,44	0,46
<b>Yb</b>	2,79	2,86	2,94
<b>Lu</b>	0,42	0,45	0,45



**19. ábra** Teljes kőzet kémiai összetétel: TAS (total alkali silica) diagram (Le Bas et al. 1986): domoszlói nyersanyagminták; régészeti leletek (biotitmentes piroxénandezit 1. és 2. változat); geológiai minták a közeli andezites vulkáni hegységekből (irodalmi mérési eredmények: Korpás 1998; Karátson et al. 2000, 2007; Póka et al. 2004; Harangi et al. 2007; Karátson 2007; Péterdi et al. 2009)

**Fig. 19.** Bulk rock chemistry: TAS (total alkali silica-) diagram (Le Bas et al. 1986): Domoszló andesites; archaeological finds (biotite free pyroxene andesite 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> variant); geological samples from the nearby andesitic volcanic mountains (data from literature: Korpás 1998; Karátson et al. 2000, 2007; Póka et al. 2004; Harangi et al. 2007; Karátson 2007; Péterdi et al. 2009)

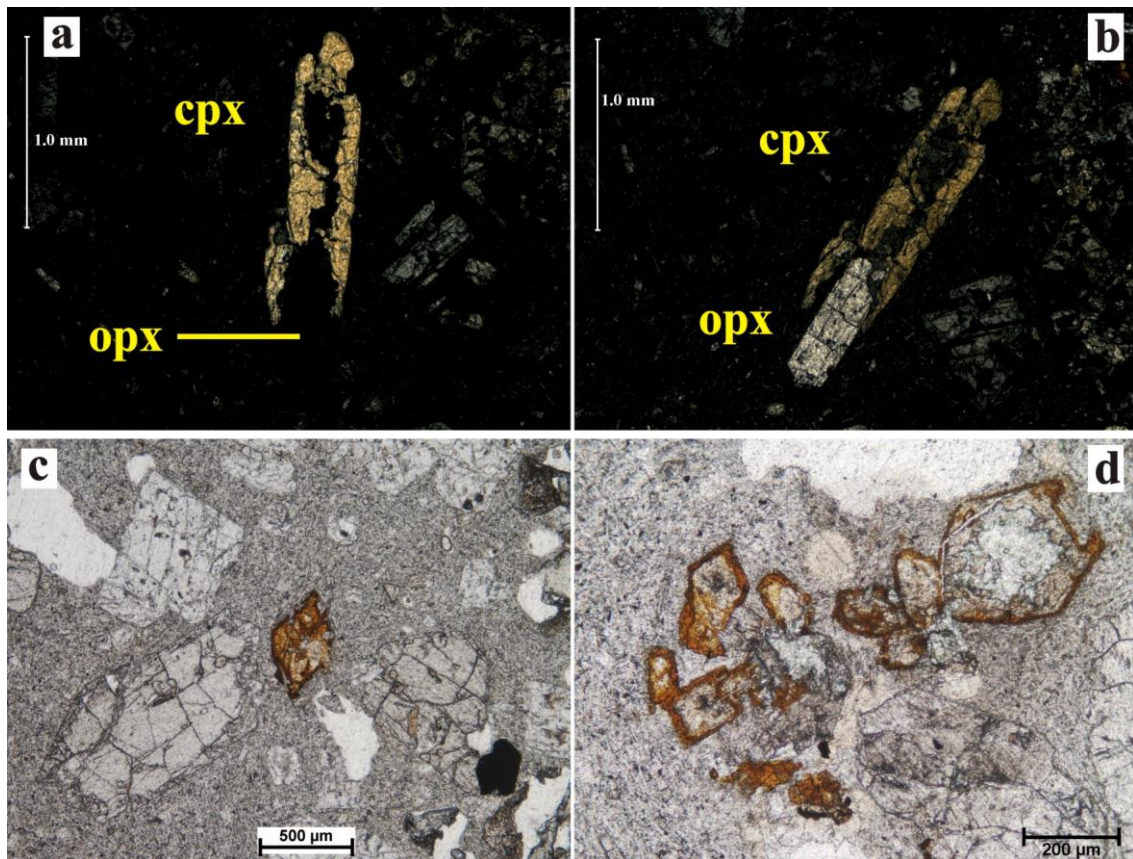


**20. ábra** Mikroszkópos felvételek (keresztezett nikolok) a domoszlói nyersanyagból:

**a)** plagioklász kumuloporfirók (Péterdi et al. 2016); **b)** piroxén kumuloporfir (Péterdi et al. 2016); **c)** plagioklász-piroxén kumuloporfir (Péterdi et al. 2016); **d)** poliszintetikusan ikresedett klinopiroxén fenokristály (T. Bíró & Péterdi 2011).

**Fig. 20.** Photomicrographs (cross-polarized light) from the Domoszló raw materials:

**a)** plagioclase cumulo porphyrs (Péterdi et al. 2016); **b)** pyroxene cumulo porphyrs (Péterdi et al. 2016); **c)** plagioclase-pyroxene cumulo porphyrs (Péterdi et al. 2016); **d)** clinopyroxene phenocryst with polysynthetic twinning (T. Bíró & Péterdi 2011).



**21. ábra** Mikroszkópos felvételek a domoszlói nyersanyagból (Péterdi et al. 2016):

**a)** mikroszkópos felvétel (keresztezett nikolok): ortopiroxén fenokristály, klinopiroxén továbbnövekedéssel: az ortopiroxén fenokristály kioltási helyzetben van; **b)** mikroszkópos felvétel (keresztezett nikolok): ortopiroxén fenokristály, klinopiroxén továbbnövekedéssel; **c)** mikroszkópos felvétel (1 nikol): izolált limonit-hematit aggregátum (olivin utáni pszeudomorfóza); **d)** mikroszkópos felvétel (1 nikol): limonit-hematit aggregátumok (olivin utáni pszeudomorfózá) csoportja.

**Fig. 21.** Photomicrographs from the Domoszló raw materials (Péterdi et al. 2016):

**a)** photomicrograph (cross-polarized light): orthopyroxene phenocryst with a clinopyroxene overgrowth, the orthopyroxene phenocryst is in absence; **b)** photomicrograph (cross-polarized light): orthopyroxene phenocryst with a clinopyroxene overgrowth; **c)** photomicrograph (plane-polarized light): isolated limonite-hematite aggregate (pseudomorph after olivine); **d)** photomicrograph (plane-polarized light): group of limonite-hematite aggregates (pseudomorphs after olivine).

### **Diszkusszió, további kutatási irányok**

Jelen cikkben néhány proveniencia-kutatás szempontjából kiválasztott nyersanyag részletes kőzet-tani bemutatása mellett előzetes eredményeket közlünk, nem vállalkozva a leletanyagban előforduló nyersanyagok eredetének feltárására, mindazonáltal néhány megállapítás már a kutatás jelenlegi fázisában is megtehető.

A biotitmentes piroxén andeziteket – a nagy távolság ellenére – összehasonlítva a korábban részletesen bemutatott (T. Biró & Péterdi 2011; Péterdi et al. 2016, 2017) domoszlói nyersanyag-típusokkal, amelyek régészeti elterjedésének kutatását is megkezdjük a korábbi években (Péterdi et al. 2016, 2018; Péterdi & Czifra 2024), elmondható, hogy a Csanádpalota–Földvár lelőhelyen napvilágot látott leletek nyersanyaga a sok hasonlóság mellett lényeges eltéréseket is mutat a domoszlói típusokhoz képest.

Az 1. piroxénandezit változatban megjelennek a domoszlói nyersanyagokra is jellemző kumuloporfirok (**20. ábra**), és a domoszlói 2. típushoz hasonlóan hiányoznak az olivin utáni pszeudomorfózá, de a csanádpalotai régészeti leletek nyersanyagában lényegesen nagyobb a piroxén fenokristályok mennyisége.

A 2. piroxénandezit változatban megtalálhatók a domoszlói 1. típusra jellemző olivin utáni pszeudomorfózá (**21/c-d ábra**), de a kumuloporfirok szinte hiányoznak (és méretük is kisebb, mint a legnagyobb magányos fenokristályoké).

Mindkét Csanádpalotán előforduló változattól (**21/a-b ábra**) hiányoznak a domoszlói nyersanyagokra jellemző ortopiroxén-klinopiroxén továbbnövekedések.

Teljeskörlet kémiai összetételük alapján a piroxénandezit nyersanyagok jól illeszkednek a domoszlói nyersanyagok teljeskörlet kémiai összetételéhez

**(19. ábra).** Korábbi kutatásaink alapján azonban ez a tény csak annak megállapítására elegendő, hogy a szóba jöhető nyersanyagforrások közül Domoszló sem zárható ki kőzetkémiai alapon, mivel a saját korábbi vizsgálataink és irodalmi adatok (Korpás 1998; Karátson et al. 2000, 2007; Póka et al. 2004; Harangi et al. 2007; Karátson 2007; Péterdi et al. 2009, 2016, 2018) alapján a magyarországi hegységek andezitjeinek, bazaltos andezitjeinek összetételi tartományai jelentős mértékben átfednek egymással.

A biotit-amfibolandezit nyersanyag amfibol és plagioklász kumuloporfirjaiban található igen nagyméretű (akár 6–8 mm-es) kristályok és a plagioklász kumuloporfirrok káliföldpátosodása jól azonosítható bélyegek, amik elősegíthetik a nyersanyagforrás későbbi beazonosítását.

A leletanyagban nagy a kavicsok, kavicsstöredékek aránya: több mint 20%. A kvarcit kavicsok mellett homokkő-, andezit-, metamorfit kavicsok is előfordulnak. Ez a tény és a lelőhely földrajzi elhelyezkedése azt a feltételezést erősíti, hogy a nyersanyagok fontos forrása lehetett a Maros-völgy kavicsanyaga (és más, ma Romániában található lelőhelyek).

A leletanyagban előforduló nyersanyagok nagyon hasonlítanak a Gorzsa késő neolit tell telepen napvilágra került szerszámkövek között előforduló nyersanyagokra, amelyek forrását szintén a Maros-völgyben (szürke és lilás-vöröses homokkővek, fehér metahomokkővek, karbonátos kötőanyagú homokkővek, granitoidok, kvarc- és kvarcit kavicsok, metadolerit, metagabbró), illetve más erdélyi lelőhelyeken valószínűsítik (Erdélyi-középhegység: neutrális vulkanitok, mészkő, fehér metahomokkővek, karbonátos kötőanyagú homokkővek, granitoidok; Déli-Kárpátok: csillámpala). (Szakmány et al. 2008, 2009, 2011; Piros 2010; Starnini et al. 2015, Miklós et al. 2021)

A jövőben tervezzük a fentebb bemutatott nyersanyagok közül elsősorban a bazaltok és a biotit-amfibolandezit részletes összehasonlító vizsgálatát potenciális nyersanyagforrások anyagával (pl. a bánsági bazaltokkal), amelyekhez további kőzetkémiai, valamint ásványkémiai (EPMA) vizsgálatokat tervezünk.

## Összefoglalás

Cikkünkben a magyar-román határon fekvő Csanádpalota–Földvár nagy kiterjedésű régészeti lelőhely késő bronzkori (pre-Gáva időszak, Kr. e. 1350–1100 között) leletgyűttesének makrolit leletanyagával foglalkozó kőzettani és geokémiai kutatásaink első, előzetes eredményeit közöljük. Az M43-as autópálya nyomvonalának 2011–2013 közötti megelőző feltárása során 45 késő bronzkori objektumból 238 előzetesen kőzetanyagúnak tartott lelet került napvilágra, amelyek közül 23 db a

részletes makroszkópos vizsgálat alapján egyéb – tapasztás, patics, kerámia, konkreció – anyagúnak bizonyult. A fennmaradó 215 db kőzetanyagú között 100 db tipológiailag is meghatározható eszköz (szerszámkő) volt.

A makrolit leletanyag (215 db) nyersanyagmegoszlása változatos. Hasonló arányban (13–17%-ban) fordulnak elő makroszkóposan vulkanitnak, csillámdús metamorfitnak, illetve kvarcit kavicsnak határozott nyersanyagú leletek, míg a legnagyobb nyersanyagcsoportot a homokkővek és homokkőkavicsok alkotják (47%). Fentiek mellett kisszámú egyéb metamorfit (gneisz, fillit), gránit-granitoid és mészkő is előfordul a nyersanyagok között. A kavicseredetű eszközök és tipológiailag nem besorolható leletek aránya feltűnően nagy, több mint 20%.

Részletes kőzettani (vékonycsiszolatos) és geokémiai vizsgálatokkal a makroszkóposan vulkanitnak határozott nyersanyagok provenienciájának kutatását kezdtük meg.

Jelen cikk keretei között nem vállalkoztunk a nyersanyagforrások pontosabb meghatározására. Az eredmények értékelésének jelen fázisában az alábbi megállapítások tehetők:

A biotitmentes piroxénandezit nyersanyagok néhány lényeges tulajdonságukban hasonlítanak a korábban bemutatott domoszlói (Mátra hegységi) nyersanyagokra, azonban lényeges eltéréseket is mutatnak, mindezek alapján nem köthetők a domoszlói kitermelő- és műhely-lelőhelyekhez.

A régészeti lelőhely földrajzi elhelyezkedése és a kavicseredetű leletek nagy száma alapján a nyersanyagok fontos forrása lehetett a Maros-völgy kavicsanyaga is.

A leletanyagban előforduló nyersanyagok nagyon hasonlítanak a Gorzsa késő neolit tell telepen napvilágra került szerszámkövek között előforduló nyersanyagokra, amelyek forrását szintén a Maros-völgyben, illetve más erdélyi lelőhelyeken valószínűsítik.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk Szakmány Györgynek az összehasonlító anyagokért és az értékes konzultációs lehetőségekért. A Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságának és a K-131814, valamint az FK 135805 számú NKFIH (OTKA) projekteknek a vizsgálatok elvégzéséhez nyújtott segítségéért vagyunk hálásak.

## A szerzők tudományos közreműködése

**Péterdi Bálint** Kutatásvezetés, Adatkezelés, Formai elemzés, Pályázás, Kísérletvezetés, Módszertan, Kísérleti munkák, Ellenőrzés, Vizualizáció, Eredeti és javított kézirat. **Priskin Anna** Kutatásvezetés, Adatkezelés, Formai elemzés, Pályázás,

Kísérletvezetés, Módszertan, Vizualizáció, Eredeti kézirat, Javított kézirat. **Sági Tamás** Kutatásvezetés, Adatkezelés, Formai elemzés, Pályázás, Kísérletvezetés, Módszertan, Ellenőrzés, Vizualizáció, Eredeti és javított kézirat.

### Irodalom

HARANGI, Sz., DOWNES, H., THIRLWALL, M. & GMÉLING, K. (2007): Geochemistry, Petrogenesis and Geodynamic Relationships of Miocene Calc-alkaline Volcanic Rocks in the Western Carpathian Arc, Eastern Central Europe. *Journal of Petrology* **48** 2261–2287.

<https://doi.org/10.1093/petrology/egm059>

HORVÁTH T. & PÉTERDI B. (2012): Csiszolt kőszközők, őrlőkővek, egyéb megmunkált és megmunkálatlan kőzetanyagú leletek. In: HORVÁTH T. szerk., *Balatonöszöd-Temetői dűlő őskori településrészei. A középső rézkori, késő rézkori és kora bronzkori települések*. MTA BTK Régészeti Intézet, Budapest. p. 403–526. [online] (<http://real.mtak.hu/2959>)

KARÁTSON, D., MÁRTON, E., HARANGI, Sz., JÓZSA, S., BALOGH, K., PÉCSKAY, Z., KOVÁCSVÖLGYI, S., SZAKMÁNY, Gy. & DULAI, A. (2000): Volcanic evolution and stratigraphy of the miocene Börzsöny mountains, Hungary: an integrated study. *Geologica Carpathica* **51** 325–343.

KARÁTSON D. (2007): *A Börzsönytől a Hargitáig. Vulkanológia, felszínfejlődés, ősföldrajz*. TYPOTEX, Budapest, 463 pp.

KARÁTSON, D., OLÁH, I., PÉCSKAY, Z., MÁRTON, E., HARANGI, Sz., DULAI, A., ZELENKA, T. & KÓSIK, Sz. (2007): Miocene volcanism in the Visegrád Mountains (Hungary): an integrated approach to regional volcanic stratigraphy. *Geologica Carpathica* **58** 541–563.

KORPÁS L. szerk., (1998): *Magyarázó a Börzsöny és a Visegrádi-hegység földtani térképéhez 1:50000*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 216 pp.

LE BAS, M.J., LE MAITRE, R.W., STRECKEISEN, A. & ZANETTIN, B. (1986): A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali-Silica Diagram. *Journal of Petrology* **27** 745–750.

<https://doi.org/10.1093/petrology/27.3.745>

MIKLÓS D.G., SZAKMÁNY Gy., JÓZSA S., STARNINI E. & HORVÁTH F. (2021): Vörös homokkő nyersanyagú szerszámkövek Hódmezővásárhely-Gorzsa késő neolitik (Tisza kultúra) tell település leletanyagában. *Archeometriai Műhely* **XVIII/3** 209–236.

PÉTERDI B., SZAKMÁNY Gy., JUDIK K. & DOBOSI G. (2009): Bazaltos andezit nyersanyagú

szarmata szerszámkövek kőzettani és geokémiai vizsgálata (Üllő 5. lelőhely). *Archeometriai Műhely* **VI/2** 43–60.

PÉTERDI B. (2011): *Szerszámkövek és csiszolt kőszközők archeometriai vizsgálatának eredményei (Balatonöszöd-Temetői dűlő lelőhely, késő rézkor, bádeni kultúra)*. Közöletlen PhD-dolgozat, ELTE TTK FFI Közöttan-Geokémiai Tanszék, Budapest, 157 pp.

PÉTERDI B. (2012): Balatonöszöd – Temetői dűlő rézkori lelőhely homokkő nyersanyagú kőszközeinek kőzettani és geokémiai vizsgálata. *Archeometriai Műhely* **IX/4** 265–286.

PÉTERDI, B. & HORVÁTH, T. (2014): 3.3.9. Ground stone and other unworked stone artefacts. In: HORVÁTH, T. ed., *The Prehistoric Settlement at Balatonöszöd – Temetői-dűlő. The Middle Copper Age, Late Copper Age and Early Bronze Age Occupation*. *Varia Archaeologica Hungarica* **XXIX** Archaeolingua, Budapest, 379–403.

PÉTERDI B., JUDIK K. & DOBOSI G. (2014): Bazaltos lapillitufa anyagú őrlőkővek kőzettani és geokémiai vizsgálata (Balatonöszöd – Temetői dűlő lelőhely). *Archeometriai Műhely* **XI/2** 115–126.

PÉTERDI B., T. BIRÓ K., TÓTH Z., BERTALAN É., HORVÁTH Zs., FREILER Á., BEKE Zs. & BUDAI F. (2016): Domszló: őrlő- és malomkő nyersanyagkitermelőhely és műhely a Mátrában: Első régészeti elterjedés-vizsgálatok. *Archeometriai Műhely* **XIII/4** 219–236.

PÉTERDI, B., T. BIRÓ, K. & TÓTH, Z. (2017): Chapter Seven. Domszló: Grinding Stone and Millstone Production Centre in Hungary. Preliminary Results. In: PEREIRA, T., TERRADAS, X. & BICHO, N. eds., *The Exploitation of Raw Materials in Prehistory: Sourcing, Processing and Distribution*. Cambridge Scholars Publishing, Newcastle upon Tyne, 90–97.

PÉTERDI B., T. BIRÓ K., TÓTH Z., BAJKAI R., TÓTH I. & BENDŐ Zs. (2018): Új gombok a domszlói andezit kabáthoz: avar kori malomkövek Hajdúnánásról. *Archeometriai Műhely* **XV/2** 135–148.

PÉTERDI B. & CZIFRA Sz. (2024): Szolnok – Milléri-holtág part I-II. többkorszakú lelőhely őrlőkőleletei archeometriai vizsgálatának előzetes eredményei – új adatok a domszlói piroxénandezit nyersanyag régészeti elterjedéséhez. *Archeometriai Műhely* **XXI/2** 131–148.

<https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2024-012>

PIROS L. (2010): *Homokkő nyersanyagú kőszközők, szerszámkövek archeometriai vizsgálata, Gorzsa (DK-Magyarország)*. Közöletlen diplomamunka. ELTE TTK FFI Közöttan-Geokémiai Tanszék, Budapest, 89 pp.

PÓKA, T., ZELENKA, T., SEGHEDI, I., PÉCSKAY, Z. & MÁRTON, E. (2004): Miocene volcanism of the Cserhát Mts (N Hungary): Integrated volcano-tectonic, geochronologic and petrochemical study. *Acta Geologica Hungarica* **47** 221–246.

<https://doi.org/10.1556/AGeol.47.2004.2-3.7>

PRISKIN, A. (2022): The analysis of Bronze Age macrolithic tools: a case study from Csanádpalota-Földvár, Southeastern Hungary. *Antaeus* **38** 141–161.

RISCH, R. (1995): *Recursos naturales y sistemas de produccion en el Sudeste de la Peninsula Iberica entre 3000 y 1000 ANE*. Tesis Doctoral. Departament d'Història de les Societas Precapitalises I d'Antropologia Social Universitat Autònoma de Barcelona. Bellaterra. 601 pp.

STARNINI, E., SZAKMÁNY, Gy., JÓZSA, S., KASZTOVSZKY, Zs., SZILÁGYI, V., MARÓTI, B., VOYTEK, B. & HORVÁTH, F. (2015): Lithics from the Tell Site Hódmezővásárhely-Gorzsa (Southeast Hungary): Typology, Technology, Use and Raw Material Strategies during the Late Neolithic (Tisza Culture). In: HANSEN, S., RACZKY, P., ANDERS, A. & REINGRÜBER, A. eds., *Neolithic and Copper Age between the Carpathians and the Aegean Sea. Chronologies and technologies from the 6<sup>th</sup> to the 4<sup>th</sup> millenium BCE* (Archäologie in Eurasien Band 31). Bonn: Habelt, 105–128.

SZAKMÁNY, Gy. (1996): Results of the petrographical analysis of some samples of the ground and polished stone assemblage. In: MAKKAY, J., STARNINI, E. & TULOK, M. eds., *Excavations at Bicske-Galagonyás (part III). The Notenkopf and Sopot-Bicske cultural phases. Società per la Preistoria e Protostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia, Quaderno 6*, 224–241. Trieste.

SZAKMÁNY Gy. & NAGY B. (2005): Balatonlelle–Felső-Gamász lelőhelyről előkerült késő rézkori vörös homokkő őrlőkövek petrográfiai vizsgálatának eredményei. *Archeometriai Műhely* **II/3** 13–21.

SZAKMÁNY Gy., STARNINI E., HORVÁTH F., SZILÁGYI V. & KASZTOVSZKY Zs. (2008): Gorzsa késő neolitik tell településről előkerült kőeszközök archeometriai vizsgálatának előzetes eredményei (Tisza kultúra, DK Magyarország). *Archeometriai Műhely* **V/3** 13–26.

SZAKMÁNY, Gy., STARNINI, E., HORVÁTH, F., SZILÁGYI, V. & KASZTOVSZKY, Zs. (2009): Investigating trade and exchange patterns during the Late Neolithic: first results of the archaeometric analyses of the raw materials for the polished and ground stone tools from Tell Gorzsa (Southeast Hungary). In: ILON G. szerk., *Nyersanyagok és*

*kereskedelem. Kőszeg, 2009. március 19–21. Proceedings of the 6th meeting for the researchers of prehistory. Raw materials and trade Kőszeg, 19–21 March, 2009. MOMQΣ Óskoros Kutatók VI. összejövedele, Szombathely*, 369–383.

SZAKMÁNY, Gy., STARNINI, E., HORVÁTH, F. & BRADÁK, B. (2011): Investigating trade and exchange patterns in Prehistory: preliminary results of the archaeometric analyses of the stone artefacts from tell Gorzsa (Southeast Hungary). In: TURBANTI-MEMMI, I. ed., *Proceedings of the 37<sup>th</sup> International Symposium on Archaeometry, 12<sup>th</sup>-16<sup>th</sup> May 2008, Siena, Italy*, Springer, 311–319. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-14678-7\\_45](https://doi.org/10.1007/978-3-642-14678-7_45)

SZALONTAI Cs. (2012): Egy eddig ismeretlen földvárőről Csanádpalota határában. In: LISKA A. & SZATMÁRI I. szerk., „Sötét idők rejtélyei” (6-11. századi régészeti emlékek a Kárpát-medencében és környékén). [*Tempora Obscura* **3**], Békéscsaba. 275–296.

SZATMÁRI I. (1984): *Csanádpalota határának régészeti topográfiája*. Közöletlen egyetemi szakdolgozat, JATE, Szeged, 140 pp. Móra Ferenc Múzeum Régészeti Adattára: 976–84.

SZEVEÉNYI V., PRISKIN A. & CZUKOR P. (2014): Csanádpalota – Juhász T. Tanya (M43-55. lh.) késő bronzkori erődített település feltárása: előzetes jelentés a 2011-2013. évi ásatások eredményeiről. *A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve Új Folyam* **1** 29–54.

T. BIRÓ K. & PÉTERDI, B. (2011): Domszóló-Pipis: Őrlőkő és malomkő készítő műhely a Mátrában. In: TÓTH E. & VIDA I. szerk., *Corolla museologica Tibor Kovács dedicata*. Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest, 523–534.



# LEADED BRONZE SPEARHEAD FROM BUDAKESZI-ŐZVÖLGY-TETŐ ‘HOARD A’

ÓLMOS LÁNDZSA A BUDAKESZI-ŐZVÖLGY-TETŐ “A DEPÓBÓL” •

TARBAY, János Gábor<sup>1</sup>  & MARÓTI, Boglárka<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Department of Archaeology, Scientific Directorate, National Institute of Archaeology, Hungarian National Museum, Hungarian National Museum Public Collection Centre, Múzeum körút 14–16, H-1088, Budapest, Hungary, [tarbay.gabor@hnm.hu](mailto:tarbay.gabor@hnm.hu)

<sup>2</sup>Nuclear Analysis and Radiography Department, HUN-REN Centre for Energy Research, Konkoly-Thege Miklós út 29–33, H-1121, Budapest, Hungary, [maroti.boglarka@ek.hun-ren.hu](mailto:maroti.boglarka@ek.hun-ren.hu)

## Abstract

*Hoard A from the Budakeszi-Őzvölgy-tető (site ID: 93179) contains a spearhead that is typologically common, but, in its technological characteristics, it reveals a unique biography of the short life of defective castings. In our work, we have subjected this artefact to prompt gamma activation analysis (PGAA) and neutron radiography (NR) to clarify our previous results of metalwork wear analysis and the qualitative elemental compositional data provided by on-site X-ray Fluorescence (XRF) measurement series. The results of these two analytical techniques provided a more accurate picture of the short use-life of this weapon. The PGAA showed a specific elemental composition for the spearhead, with copper (55 m%) and lead (21 m%) as its main components, in addition to high levels of antimony (9.1 m%) and 2.7 m% of tin. This result is in good agreement with the elemental compositional pattern of contemporaneous Ha B1 finds from Transdanubia and its adjacent regions analysed so far. Due to its high lead content, this alloy might indeed pose a risk during casting (e.g., lead segregation phenomenon) or during use as an object, such as reduced resistance to wear and use. However special this alloy may seem; it may not necessarily have caused the defective casting of the object alone. The neutron radiography images of the casting defects showed shrinkage porosity, and a better visualised horizontal mismatch of the cast sides, indicating that these defects had originated in casting preparation and occurred at the moment of casting. The combined occurrence of these casting defects can be attributed to several reasons. The most likely is that the moulds and cores were not properly preheated, which could have triggered the formation of gas and metal vapour in the casting during the casting process. The resulting solid cast object, completely useless as a weapon, was probably first sorted into the raw material stock of the foundry and then deposited in a twin ritual bronze hoard, which contained finished products and used objects of various object-biographical phases as part of a larger set of defective castings and castings.*

## Kivonat

*A Budakeszi-Őzvölgy-tetőről származó A kincs (lelőhely azonosító: 93179) egy olyan lándzsahegyet tartalmaz, mely tipo-kronológiai sajátosságai alapján átlagos, technológiai jellemzőit tekintve viszont egy különleges tárgybiográfiáról, a hibás öntvények rövid életútjáról ad számot. Munkánkban ezt a leletet prompt gamma aktivációs analízisnek és neutron radiográfiai vizsgálatnak vetettük alá annak érdekében, hogy pontosítsuk a korábbi használati nyom elemzési eredményeinket és a kézi XRF széria által szolgáltatott kvalitatív összetételi adatokat. A két új vizsgálat hozzájárult ahhoz, hogy pontosabb képet vázolhassunk fel ennek a fegyvernek a be nem teljesült használati életútjáról. A PGAA alapján a lándzsahegy különleges összetétellel bír, fő összetevője réz (55 m/m%) és ólom (21 m/m%), amely mellett nagy mennyiségben tartalmaz antimont (9,1 m/m%) és 2,7 m/m% értékben önt. Ez az elemösszetételi mintázat alapvetően jól illeszkedik a Dunántúl és környező régiók esetén vizsgált, hasonló korú, Ha B1-es leletek elemösszetételi sajátosságaihoz. Bármennyire is különlegesnek hathat ez az ötvözet; mely elsősorban a magas ólomtartalom miatt valóban rejthet kockázatokat az öntés során (pl. ólom szegregáció jelensége) vagy a tárgy használata esetén, mint a kopásnak és használatnak való ellenállóság csökkenése; mégsem feltétlenül ez okozhatta a tárgy hibás öntését. A neutronradiográfias felvételeken látható öntvényhibák, mint a zsugorodási porozitás vagy a módszer által jobban megjelenített öntvény oldalak osztósík menti vízszintes elcsúszása mind arról tanúskodnak, hogy ezek a hibák valószínűleg az öntés előkészítéséből erednek és az öntés pillanatában jöhettek létre. Számos lehetőség állhat ezeknek az öntési*

---

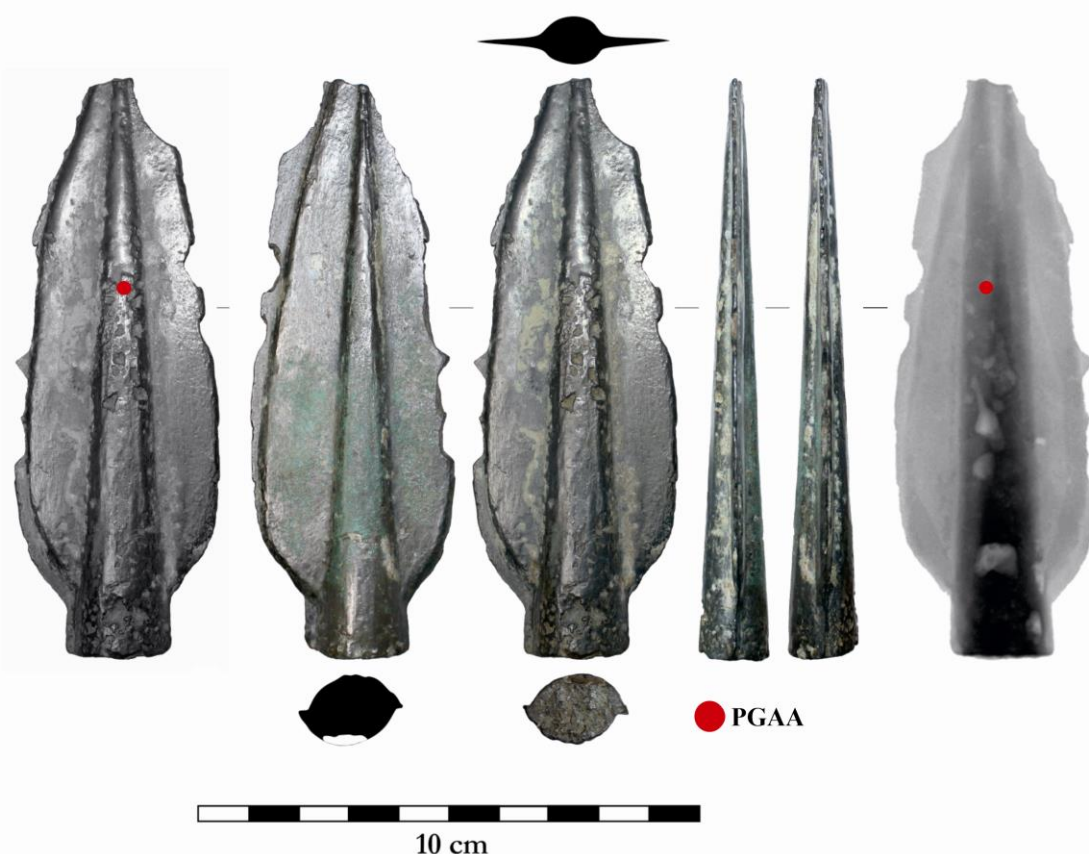
• How to cite this paper: TARBAY, J.G. & MARÓTI, B., (2024): Leaded bronze spearhead from Budakeszi-Őzvölgy-tető ‘hoard A’ / Ólmos lándzsa a Budakeszi-Őzvölgy-tető “A depóból”, *Archeometriai Műhely* **XXI/4** 381–394.

doi:[10.55023/issn.1786-271X.2024-030](https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2024-030)

hibáknak az együttes létrejötte mögött. A legvalószínűbb, hogy a nem megfelelően előmelegített öntőformák és öntőmag beindíthatta a gáz és fémgőz képződést az öntvényben az öntés során. Az eredmény egy fegyverként teljesen használhatatlan, tömörre öntött tárgy lett, melyet valószínűleg először az öntőműhely fémnyersanyag készletébe válogattak, majd egy nagyobb hibás öntvényekből és öntecsekből álló készlet részeként egy készterméket és különböző tárgy-biográfiai fázisú használt tárgyakat tartalmazó, kettős rituális bronzkincsben deponáltak.

KEYWORDS: PROMPT GAMMA ACTIVATION ANALYSIS (PGAA), NEUTRON RADIOGRAPHY (NR), LATE BRONZE AGE (HA B1), HIGH LEAD CONTENT, DEFECTIVE CASTINGS

KULCSSZAVAK: PROMPT GAMMA ACTIVÁCIÓS ANALÍZIS (PGAA), NEUTRON RADIOGRÁFIA (NR), KÉSŐ BRONZKOR (HA B1), MAGAS ÓLOMTARTALOM, HIBÁS ÖNTVÉNYEK



**Fig. 1.:** Photos and Neutron radiogram of the No. 1 spearhead from Budakeszi-Őzvölgy-tető Hoard A and its part measured by PGAA

**1. ábra:** A Budakeszi-Őzvölgy-tető A depóból származó, 1. számú lándzsa fényképei, neutron radiogramja és PGAA-val mért része

### Introduction

In the Late Bronze Age Hoard A from the Budakeszi-Őzvölgy-tető site (Site ID 93179), a technologically special spearhead was deposited (**Fig. 1**). This object, named No. 1, was found on the north-western edge of the sondage trench containing the hoard, at the edge of the heap, partly under stones, in a layer where as-cast socketed axes and plano-convex ingots were deposited. Typologically, this weapon is nothing special. It has a regular leaf-shaped blade and a conical socket.

Similar spearheads can be classified into Tiberius Bader's C variant of Group A3, which can be dated between Br D and Ha B based on its parallels all around the Carpathian Basin and beyond. Belonging to a weapon style group widely distributed in space and prevalent for an enormous amount of time, the object is difficult to date (Bader 2015, 376, Tab. 1.16). Spearhead No. 1's chronological position is rather given by the time of deposition of the Budakeszi A Hoard, which is Ha B1 based on the thorough analyses of all finds from this assemblage (Tarbay 2022, 33–34, Fig. 2.11).

The metalwork wear analysis (MWA) (see the method in Dolfini & Crellin 2016) of the artefact revealed casting defects like mismatching, presumed solid casting, shrinkage, and flashing. Its uncharacteristically short socket can be considered as an incomplete defect as well, instead of a conscious design (Tarbay 2022, 56, Pl. 56.A–B). Thus, from a technological point of view, this object is not common at all. An MWA re-analysis of all the available Transdanubian spearheads within the framework of *The Technology, Use and Manipulation of Weapons from the Late Bronze Age Transdanubia* research project between 2020 and 2024 showed that only a few finds exhibit comparable technological phenomena and can be classified as unused as-casts or defected castings. Based on the observation of the No. 1 spearhead's surface, hypotheses have been proposed on the formulation of these defects (Tarbay 2022, 56). However, essential archaeometallurgical data on the inner structure and elemental composition of the artefact was not available at that time, and its interpretation was also restricted by the limited capacity of the MWA. However, these data are invaluable in refining defect characterization, interpreting the cause of these phenomena, and formulating an opinion about what the craftsman's choice was for alloying and how such an object was created in the first place. As part of the second phase of the Budakeszi hoard's evaluation, a complete preliminary XRF series has been done on the entire assemblage to identify trends in the hoards' elemental composition and potential objects for further in-depth characterization by advanced analytical techniques. This series has been published and serves as a basis for our future project concerning the evaluation of the Budakeszi

A and B hoards (Tarbay & Maróti 2023). For the No. 1 spearhead, the choice fell into prompt gamma activation analysis (PGAA), a non-destructive and non-invasive bulk analytical technique to refine XRF elemental composition results. The XRF measurement provided data on the composition of the objects' patina, suggesting that the find has no typical Cu-Sn alloy content, but it failed to precisely characterise quantitatively its bulk composition. Because the No. 1 spearhead exhibited the traces most identical to shrinkage porosity, we assumed that defects could have formed in the inner structure of the object; therefore, neutron radiography was performed on the entire find to gain a more accurate 2D image of these phenomena. In this paper, the results of these new analyses are presented, with particular attention to the questions of alloy choice and the interpretation of casting defects.

### *Prompt Gamma Activation Analysis*

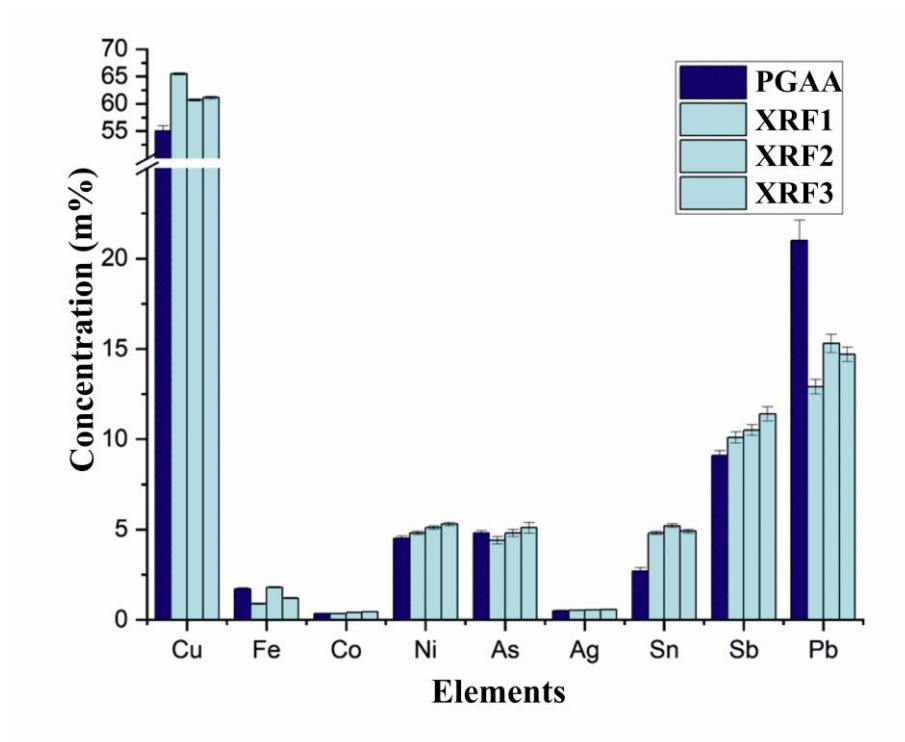
The spearhead was analysed using the PGAA technique in the Budapest Neutron Centre (BNC) (Szentmiklósi et al. 2010, 501–505). The cross-section of the neutron beam was set to 5 mm<sup>2</sup> to achieve the appropriate count rate during the spectrum acquisition. The measured part is located about 40 mm from the tip of the object, where the thickness of the spearhead is 5 mm (Fig. 1). Thus, the results represent the average bulk composition of the irradiated volume which was 10 mm<sup>3</sup>. The spectrum evaluation and concentration calculation were performed using HyperLab (Szentmiklósi et al. 2024) and ProSpeRo software (Révay 2009), respectively. The PGAA results are listed in

**Table 1.**

**Table 1.:** Chemical composition result of the No. 1 spearhead from Budakeszi-Özvölgy-tető hoard A (Inv. No. 2021.8.1) in mass percentage (m%) together with standard deviation (std (±)), and with the relative uncertainty in percentage (unc%) determined with PGAA method.

**1. táblázat:** A Budakeszi-Özvölgy-tető A depóból származó, 1. számú lándzsahegy (ltsz. 2021.8.1) PGAA módszerrel mért kémiai összetétele, tömegszázalékban (m%), a standard (std (±)) és a százalékban kifejezett relatív hibát (unc%) feltüntetve.

Element	Detection limit (m%)	m%	std (±)	unc%
Cu	0.9	55	0.94	1.7
Fe	0.5	1.7	0.07	4.
Co	0.05	0.35	0.013	3.6
Ni	0.03	4.5	0.13	2.9
As	0.1	4.8	0.13	2.8
Ag	0.06	0.500	0.025	5.
Sn	0.4	2.7	0.2	7.
Sb	0.26	9.10	0.28	3.1
Pb	1.9	21	1.0	5.



**Fig. 2.:**  
Comparison of the bulk PGAA and handheld XRF results.

**2. ábra:**  
A PGAA tömbi és a kézi XRF eredményeinek összehasonlítása.

Handheld XRF measurements were performed earlier on the object, see Appendix 1 of Tarbay and Maróti (Tarbay & Maróti 2023), XRF measurement ID 1–3. (<https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2023-002.app1>). The most striking differences occurred in the Cu, Sn and Pb concentrations, which were 60.7–65.5, 4.8–5.2 and 12.9–15.3 m%, using the XRF technique, respectively. The Cu concentration in the bulk is 10–18 m% less than in the surface, while the Pb content is 37–63 m% more in the bulk. The Sn results obtained using handheld XRF were about two times the amount determined with PGAA (see Fig. 2.).

### Neutron Imaging

A neutron radiography experiment was performed in the NIPS-NORMA facility (Kis et al. 2015) of the BNC. The dimensions of the artefact exceeded the field of view of the NORMA imaging facility which is 40×40 mm<sup>2</sup>. Therefore, five projections were taken at six different positions each, to cover the whole object. The image processing included the following steps: first, all pictures were stacked or grouped according to their types (dark current image, open beam image, open beam image with object. By taking the medians of the recorded sets of images, the outliers could be successfully removed. In this study, a Fiji routine (Z-functions; Image/Stacks/Z Project...)

(<https://imagej.net/imagej/z-functions>;

Szentmiklósi et al. 2021) was used. Afterwards, the median of the raw 2D projections (i.e., transmitted intensity) was corrected with the median of the open beam image and the dark beam image using the following formula (1). These calculations have been carried out on each pixel of the images. This procedure is called normalization.

$$\frac{I}{I_0} = \frac{I_{tr} - I_{dc}}{I_{ob} - I_{dc}} \quad (1)$$

Where:

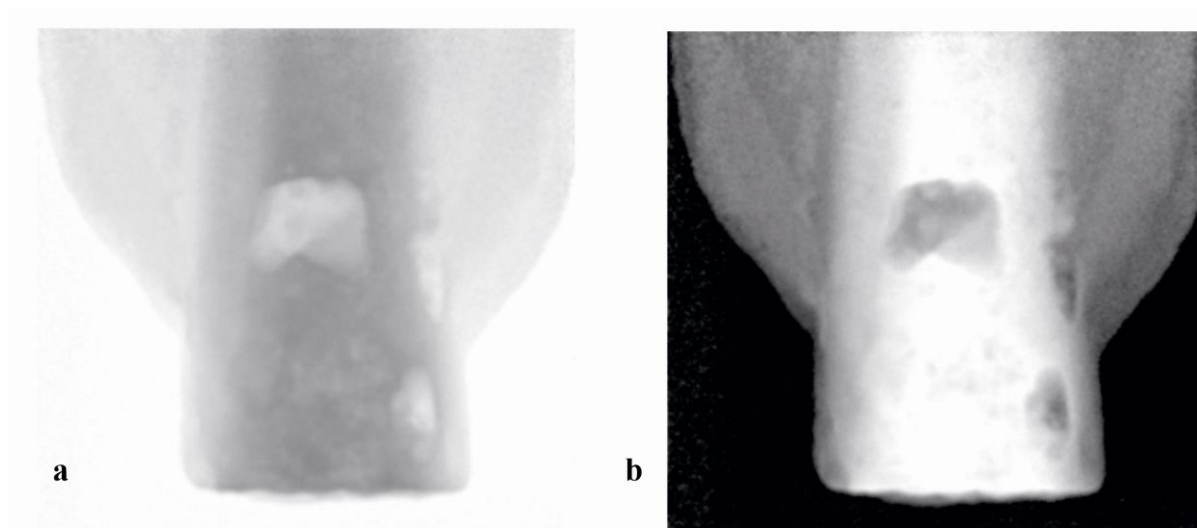
$I_{tr}$  – transmitted intensity

$I_0$  – incoming intensity

$I_{ob}$  – intensity of the open beam

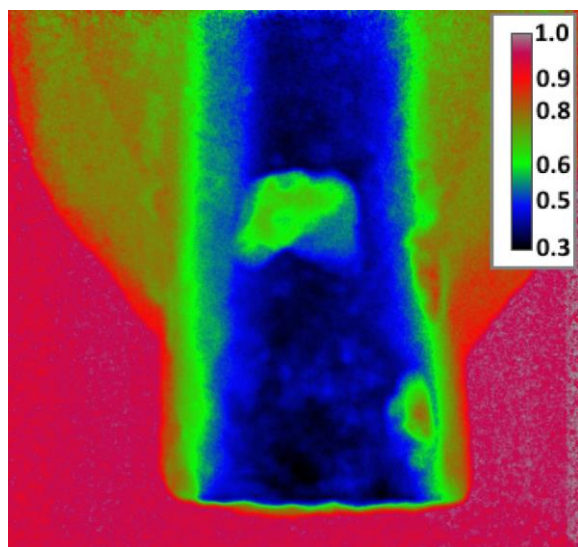
$I_{dc}$  – dark current of the camera, when the neutron beam is closed

Fig. 3. shows the transmitted image, and the normalized image using formula (1). The value of the brightest pixels is 1. These are the areas, where the object was not in the beam path and the neutron beam reached the camera unchanged. To visualize the inclusions better, we can compute the negative logarithm of the normalized image. In this case, the structure and shape of the inclusions are more noticeable.



**Fig. 3.:** **a)** normalized (transmission) and **b)** negative logarithm (attenuation) image. In the normalized image the pixel values range from 0 to 1. The lower values correspond to darker, while the higher values to brighter pixels. In the negative logarithm image, the darkest pixels have 0 value, while the brighter pixels have larger grayscale values, and these correspond to the parts that are thicker and/or have larger neutron attenuation.

**3. ábra:** **a)** normalizált (transzmissziós) és **b)** negatív logaritmus (attenuációs) kép. A transzmissziós kép esetén a pixelek értéke 0 és 1 közötti. A kisebb értékekhez sötétebb, míg a nagyobbakhoz világosabb pixelek tartoznak. A negatív logaritmus képen a legsötétebb pixelek értéke 0, míg a világos pixelekhez nagyobb szürkescála értékek tartoznak. Ez utóbbiak a tárgy azon részeihez tartoznak, amelyek vastagabbak, vagy nagyobb neutrongyengítő tulajdonságokkal rendelkeznek.

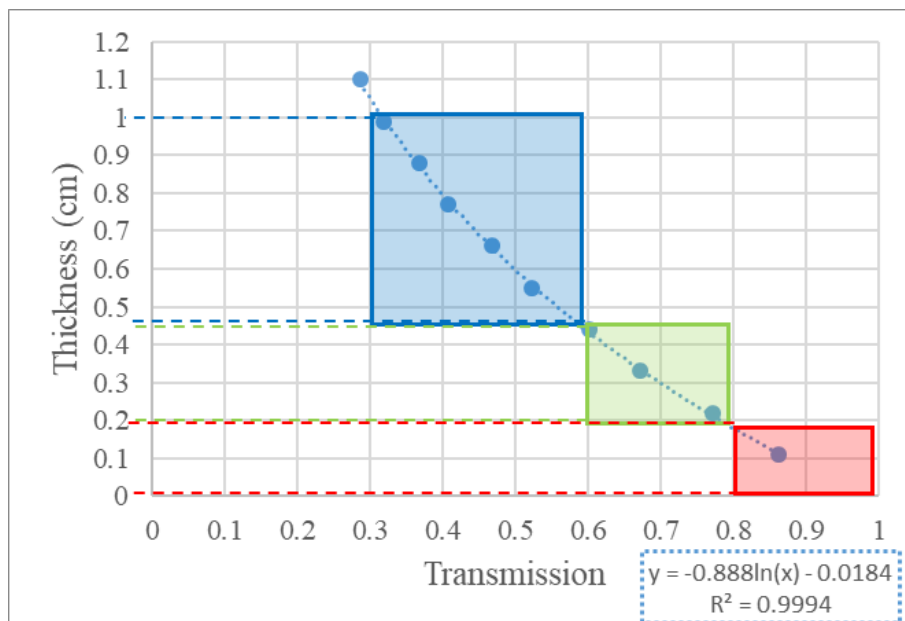


**Fig. 4.:** Rainbow-coloured version of Fig. 3a. The corresponding transmission values are depicted on the scale in the upper right corner.

**4. ábra:** A 3.a ábra RGB szivárvány-színezett változata. A jobb felső sarokban levő skálán a színekhez tartozó transzmissziós értékek láthatók.

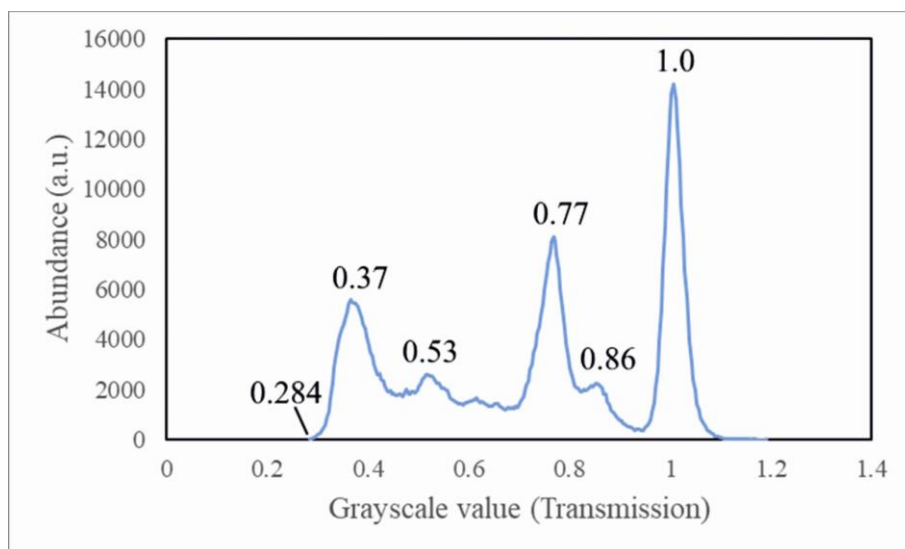
The transmission values can be visualized more manifest if the Image/Lookup Tables/Rainbow RGB module (Rainbow RGB; <https://imagej.net/imaging/color-image-processing>) is used (see Fig. 4.). The calibration bar was created using an open-source macro named CalibrationBarMacros (Calibration Bar Macro; <https://imagej.nih.gov/ij/macros/CalibrationBarMacros.txt>). The magenta-coloured parts are where the beam intensity did not change, thus, transmission (TR) is equal to 1. The red-coloured, the green-coloured and the blue-coloured parts correspond to TR values of 0.8–0.99, 0.6–0.79 and 0.3–0.59, respectively.

Prior information is needed on the constituents of the object to estimate its thickness. Considering that the spearhead is pure copper, the following estimation can be done for the thicknesses of its various parts (see Fig. 5.). Pure copper sheets of known thickness were placed in the neutron beam after one another. After performing the normalization of each image, their thickness versus TR is depicted. If the object is pure copper, the red, green, and blue parts have thicknesses of about 0.1–2.0 mm, 2.1–4.5 mm, and 4.6–10 mm, respectively, based on these preliminary data.



**Fig. 5.:**  
Transmission of pure copper sheets of different thicknesses.

**5. ábra:**  
Különböző vastagságú rézlemezek transzmissziója.



**Fig. 6.:**  
Grayscale value histogram of Fig. 3a.

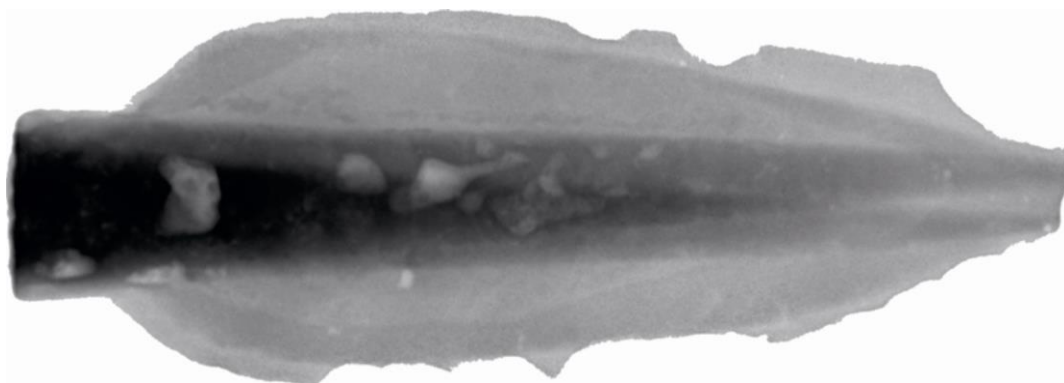
**6. ábra:**  
A 3.a ábra szürke skálaértékek hisztogramja.

From the PGAA results, it is known that the spearheads' two major components are Cu and Pb. In an earlier study, the linear attenuation coefficients ( $\Sigma_n$ ) of the Budapest NIPS/NORMA facility were determined for the elements Cu, Sn and Pb (Szentmiklósi et al. 2021). The experimental  $\Sigma_n$  value for copper is  $1.17 \pm 0.04$ .

Considering that the object is macroscopically homogeneous, and simplifying the composition to Cu, Sn and Pb, an atomic ratio of 8.75:2.3:10.2 is obtained. Using the mixing rule ( $0.875 \times 1.17 + 0.023 \times 0.19 + 0.102 \times 0.36 = 1.06 \pm 0.06$ ) the change in the overall linear attenuation coefficient can be calculated. This is about a 10% decrease in the overall neutron attenuation of the object, not considering the other constituents that have also lower attenuation than copper. From the grayscale value histogram, i.e., the abundance of the grayscale values (Fig. 6.), it is apparent that the

lowest grayscale value is 0.284. Considering that the object is pure copper, the thickness here is 11 mm. This means that the thickest part of the object from this projection angle is at least  $11 \times 1.1 = 12.1$  mm. Using a caliper it was obtained that the greatest thickness of the object is 14.2 mm. The difference can be due to the missing components not considered in the calculation of the  $\Sigma_n$ , the presence of air inclusions, as well as the diffuse scattering due to the large sample size, resulting in additional intensity, and apparently reduced thickness.

To reconstruct the radiography image of the entire object, the Plugins/Stitching/MosaicJ module of the Fiji routine was used (MosaicJ Plugin; <http://bigwww.epfl.ch/thevenaz/mosaicj/>). The normalized images were converted to 8-bit and were fed to the MosaicJ. The reconstructed radiogram is depicted in Fig. 7.



**Fig. 7.:** Neutron radiogram of the No. 1 spearhead processed using 2D projections taken at six different positions and reconstructed using MosaicJ plugin

**7. ábra:** Az 1. számú lándzsahegy hat különböző pozícióban készült 2D projekciók felhasználásával, MosaicJ plugin-nal rekonstruált neutron radiogramja

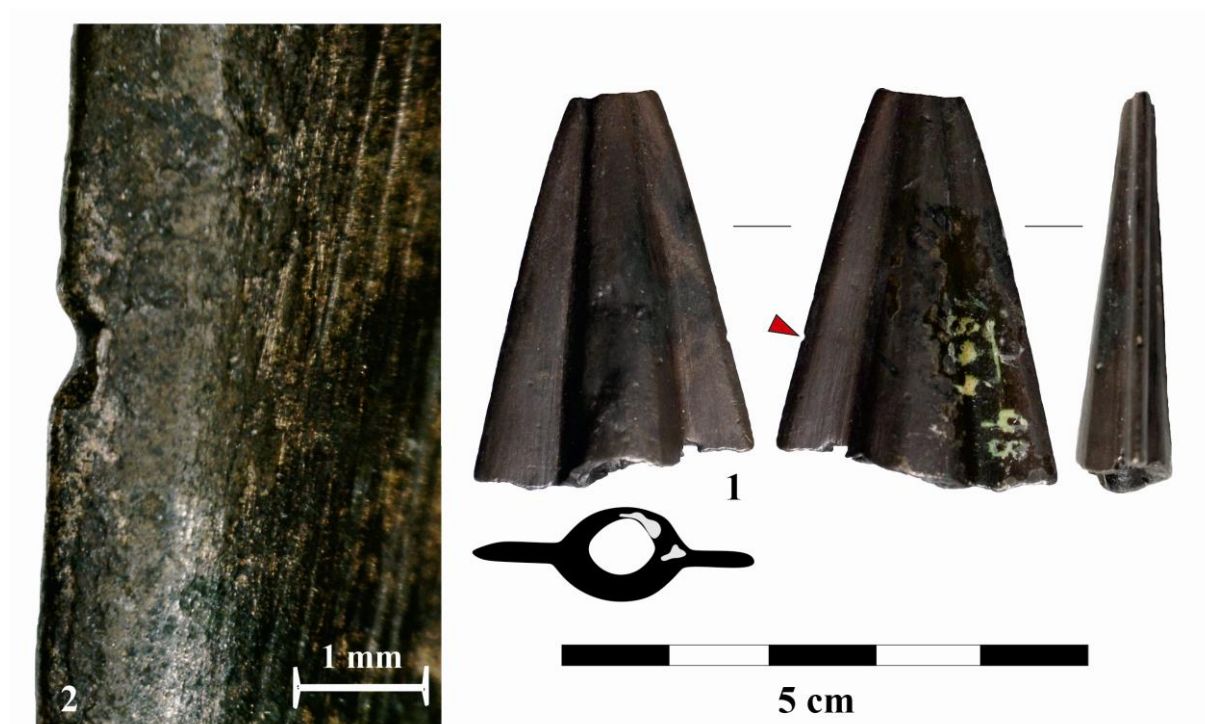
Along its longitudinal axes, numerous amorphous and elongated bubble-like pores can be observed in the spearhead that are most probably caused by shrinkage porosity. The image also illustrates the mismatch defect along the cutting edge of the spearhead. It is also well observable in the image that the weapon is a solid cast, with no casting core trapped inside its socket part.

### Discussion

Weapon production in the Late Bronze Age was a conscious process. The choice of alloy materials influences the physical capabilities of the weapon, like its resistance to wear, toughness, and plasticity. Weapon design and style were also not the result of a random process; those were affected by workshop traditions, local tastes, and probably negotiation between the craftsman and the ‘customer’ (combatants). The life of the latter literally depended on the quality of the weapon, and the chosen product should fit his or her preferred fighting or hunting style (Horn 2013, 108–109; Gutiérrez Sáez & Lerma 2015, 175; Molloy 2018, 202, 210–211; Molloy & Mödlinger 2020, 201).

In the Late Bronze Age Carpathian Basin, the local material generally consists of products made of binary alloys (Cu–Sn). In the Hungarian prehistoric material, the appearance of ternary bronzes (Cu–Sn–Pb) is documented during the Late Iron Age (Molnár et al. 2012, 255–256, 260, 263; Molnár et al. 2021, 61, 72–73). Changes in the elemental composition of Early Iron Age bronze products are not yet fully known, but during the second half of the Hungarian Late Bronze Age (ca. Ha A2/Ha B1 and Ha B1), there were pronounced changes in the elemental composition of the local bronzes. Besides binary alloy objects with special compositions, which can be either ternary bronzes (mainly Cu–Sn–

Sb and Cu–Sn–Pb) or even quaternary bronzes (Cu–Sn–Sb–Pb), such as the Budakeszi spearhead. As mentioned above, two elements beside Sn play a key role: Sb and Pb (Trampuž Orel 1996, 196–197, 204–210, 211; Liversage & Pernicka 2002; Czajlik 2012, 94–98, 103–104; Molnár et al. 2012, 263–265; Tarbay et al. 2021, 17–19). In the following, we discuss the three elements Sn, Sb and Pb measured above 2 m% in the Budakeszi spearhead. A percentage of around 10 m% Sn is needed for a bronze weapon or tool to be functional and perform its primer function properly during work and combat. Bronze-Age craftsmen, however, did not follow a standard and produced objects with a percentage of Sn determined by the preferences of individual craftsmen, access to tin, aesthetics, and melting preferences, according to Barry Molloy and Marianne Mödlinger (Molloy & Mödlinger 2020, 202–206, Fig. 8). The No. 1 spearhead from Budakeszi-Özvölgy-tető Hoard A has only 2.7 m% bulk Sn content based on the PGAA analysis. In the so-far sampled Transdanubian material, only two spearheads are known with such a low (2–3 m%) Sn content (see Tarbay 2023). One is the spearhead analysed by XRF from the Velem-Szent Vid IA hoard (1.92–2.03 m% Sn, 10.5–11.7 m% Sb) (Miske 1907, Pl. 30.13; Költő, Kis Varga & Maclean 2002, Tab. 2. Velem 52–53). The other object is from Kapuvár with an uncertain date (2.26 m% Sn, 2.96 m% Sb), which was studied by wet chemical analysis back in the 19<sup>th</sup> century (Loczka 1889, 284). But does the lack or low ratio of Sn results in a dysfunctional cast? In the case of the Budakeszi A1 No. 1 spearhead and both the above-mentioned parallels, low Sn content is paired with elevated Sb content (Kapuvár: 2.96 m% Sb; Velem IA 10.5–11.7 m% Sb; Loczka 1889, 284; Költő, Kis Varga & Mclean 2002, Tab. 2. Velem 52–53).



**Fig. 8.:** The high-leaded spearhead tip from Biatorbágy-Herceghalom: **8/1:** the tip and its MWA results, **8/2:** grinding striations and a bow with material displacement (Photo & Microscope-camera images: J. G. Tarbay)

**8. ábra:** A nagy ólomtartalmú lándzsahegy Biatorbágy-Herceghalomról: **8/1:** a lándzsahegy és a fém használati nyomelemzésének eredményei: **8/2:** csiszolásnyomok és ívelt csorbulás nyom, anyagelmozdulással (Fotó & mikroszkóp-kamerafelvételek: Tarbay J. G.)

During the Ha A2/Ha B1 and Ha B1 in Transdanubia and adjoining areas like the present-day territories of Slovenia and Austria, an increase of Sb in bronzes is observed (see in Tarbay 2023; Tarbay & Maróti 2023, with further references). Whether it is an intentional alloying process or the use of a special ingot of copper with high antimony, nickel, and arsenic content, is not entirely clear to us (see Czajlik 2012, 52–53, 96). However, Sb adds many advantageous characteristics to bronze objects, such as expanding solidification to produce detailed cast surfaces, low liquidus temperature, hardening, and colouring effect. Many of those characteristics make it a perfect substitute for tin, and based on its increase in contemporaneous casts, it can be assumed that craftsmen were aware of this material and consciously added it to their products (Maclaen & McDonnel 1996, 79–81). The bulk Sb percentage of the No. 1 spearhead reaches 9.1 m%, which would satisfy the pre-conceptual ideal percentage of Sn alloying, combined with the Sn m% of the find, it is way above the presumed optimal 10 m% (11.8 m% Sb+Sn). Thus, the Sn-Sb alloy combination of the object hypothetically would result in a functional product. Nevertheless, the high lead content of the object, reaching 21 m%, is strange.

Lead has many advantageous characteristics as an alloy, such as high resistance to corrosion, low melting point, and high formability, which contribute to the proper filling of the mould cavity (Percy 1870, 1–10; Scott 1991, 24; Recht 2017, 76–78; Molnár et al. 2021, 70). However, it also has negative effects on the cast, such as reduced durability (Bridgford 2000, 86; Molloy 2011, 69), which can be disadvantageous for a functional combat weapon. Besides, this ratio of lead can increase the chance of lead segregation, rendering the product useless if the lead segregates at the bottom of the cast, which would be the tip of the weapon since it was cast from the direction of the socket (see Harrison et al. 1981; Hughes et al. 1982; Molnár et al. 2021, 67, 73). In order to exclude lead segregation completely, PGAA measurement series should be extended over the entire length of the object to compare whether significant differences in lead content are observed between the top and the bottom of the object from the casting direction. In the Transdanubian Ha B1 material, it is also observable that high-leaded objects are usually not finished products but either different types of ingots or as-cast objects (Liversage & Pernicka 2002; Tarbay et al. 2021;





**Fig. 9.:** Core rising defects: **9/1:** Experimental socketed axe; **9/2:** A socketed axe with core rising defect from Beremend (modified after Tarbay 2018, Pl. 256.4).

**9. ábra:** Öntőmag felemelkedés: **9/1:** Kísérleti tokos balta; **9/2:** Tokos balta öntőmag felemelkedéssel a beremendi depóból (módosítva Tarbay 2018, Pl. 256.4 alapján).

Tarbay & Maróti 2023). An important exception is the spearhead tip fragment from the Biatorbágy-Herceghalom hoard, which also has a high Pb content (16.6 m%) (Liversage & Pernicka 2002, Tab. 2. Inv. no. 1894.1.98). Surprisingly, the new MWA results on this weapon fragment suggest that even if it has pores along its breakage surfaces, it may have been a finished and perhaps even a used product (Fig. 8/1). Along its blade part, vertical grinding striations can be observed, which is a characteristic trace for a finished product spearhead (Fig. 8/2). There is also a small bow (or bulge) with irregular material displacement on its cutting edge, which is a damage type originating from edge-on-edge contact (Bridgford 2000, 105–106; Bell 2019, 153, Fig. 10.1d; Gentile & van Gijn 2019, 137, Fig. 5.F), possibly resulted by binding and twisting motions in fencing based on experiments (see Hermann et al. 2020a, 105, 114, 119–120, Fig. 5.20, Fig. 5.43; Hermann et al 2020b, 1057–1058, 1066–1067, Fig. 9) (Fig. 8/2). The example of the spearhead tip from Biatorbágy-Herceghalom illustrates that high-leaded objects could be functional products if their casting procedure went smoothly. This is something that has not been yet tested with experimental archaeological research. The recent weapon experiments of Gentile and van Gijn have only used objects with low Pb content (2 m%) which were typically combined with an ideal ratio of tin (Gentile & van Gijn 2019, 131–132). The example from Biatorbágy, however, raises the possibility that the atypical alloying combination alone did not cause the object to

become dysfunctional, although to confirm this hypothesis, the capability of weapons with identical alloying ratios should be tested by experimental archaeological work or casting simulations. The cause of the casting defect is not related only to the specific alloy composition of the spearhead. The new neutron radiography results further contributed to the better characterization of the weapons' defects. The 2D images showed no traces of trapped clay, metal, or stone casting core inside the casting. The most likely scenario is that the casting core has been ejected from the mould by the gases and metal vapours produced during the failed casting process, as well as air and gas inclusions formulated inside the casting. We can also observe the results of shrinkage porosity on the surface and inside the cast in the form of elongated cavities (Fig. 7.) which distribute along the line where the casting core was inserted into the moulds. Such defects could be triggered by several causes; one could be the improper drying of casting mould halves and the casting core (see gas and shrinkage porosity in Ersfeld 1990, 18, 20, Fig. 14; Zhang et al. 1995, 607–609; Binggeli 2011, 17–19; Gener 2011, 121). We observed a similar phenomenon while carrying out experimental archaeological casting of socketed axes with Csaba Bíró bronzsmith (Tűzvarázs Művészeti Műhely). The ejection of the casting core was in this case caused by the insufficiently preheated mould and core that contributed to the formation of gases, accompanied by metal splashing, and a partially ejected casting core, the tip of which was fused into the casting,

resulting in an axe which cannot be hafted (Fig. 9/1). Similar solid cast objects from the Late Bronze Age, as well as socketed tools with partially ejected casting core traces, are known in the Carpathian archaeological record (see Tarbay 2022, 56) (Fig. 9/2). It is also possible that the mismatch defect is connected to the core rising defect as well, and in this case, the defect was not only the result of carving non-matching negatives into the mould halves. The energy generated by the formulation of gases and metal vapours can dislocate imprecisely fixed (buried or tied) casting mould halves. The large flash defect, which is technically an extremely large casting seam, a sort of unwanted metallic projection (Bridgford 2000, 122; Quilliec 2007, 406; Molloy & Mödlinger 2020, 196), may also have occurred at this time when the molten metal filled the available space. After removing the No. 1 spearhead from the mould, these flashes were broken off, partly damaging the tip of the weapon. Its original state could be similar to the Nordic fibula found in Stenbro, Denmark (Lindqvist 1924, Fig. 25–26).

The breaking-off of the flashes from the edges is the last trace that provides concrete information about the peri-depositional lifecycle of the object. Since this spearhead was unfit for use due to its solid-cast body being unsuitable for hafting, together with the fact that it does not show any signs of use-wear or abrasion, we are confident that this object was treated as a defective product, even by prehistoric ‘standards’ (Gener 2011). It was probably stockpiled along with other defective products in the foundry as raw material awaiting remelting. However, at some point, it may have been separated from this stock with other objects of the same character and deposited as a set in the Budakeszi A Hoard together with used and usable tools and ornaments of different biographical stages. Thus, the spearhead became something more than a defective object, perhaps a symbolic artefact of its own, substituting a real weapon in the hoarding ritual, or it gained meaning through the selection of the raw material set, which was one component of this votive assemblage from Budakeszi (Tarbay 2022).

### **Conclusions**

In this study, the No. 1 spearhead from Hoard A of the Budakeszi-Özvölgy-tető was analysed. The results of prompt gamma activation analysis and neutron radiography provided new data on the alloy type and the casting defects of the weapon. Our results showed that this spearhead was a defective product that was unsuitable for use as a weapon in combat. The composition of the object was not the Cu-Sn binary alloy common for Late Bronze Age objects, but a Cu-Pb-Sb-Sn multi-component alloy with a remarkably high Pb content at the point measured by PGAA. It may be questioned whether

an object with such a composition was indeed capable of fulfilling its function and had sufficient hardness to be used as a weapon if its casting was successful. To answer this question, experimental archaeological research must be carried out in the future to reveal the combat capabilities and durability of this type of alloy. Based on the results of the MWA of the high-leaded spearhead at Biatorbágy, we do not rule out that this composition, however strange, could have been a proper material to produce a functional weapon. The extent to which the unusual elemental composition, in particular the high lead content, may have contributed to the dysfunctionality of the Budakeszi socketed spearhead is an open question and requires further future investigation as well. Based on the available data, strengthened by the neutron radiography results, the object could also become unusable for its intended function due to production technological shortcomings. These occurred during the preparation for casting and the moment of the casting. The formation of shrinkage porosity probably led to the ejection of the casting core of this spearhead that ultimately resulted in a solid-cast object, unsuitable for hafting. It was left unworked and at some point, during its accumulation life stage, it was selected along with other defective products and raw materials to a ritual hoard for deposition.

### **Contribution of authors**

**János Gábor Tarbay** Conceptualization, Writing – Original Draft, Writing – Review and Editing, Visualization, Funding acquisition. **Boglárka Maróti** Writing – Original Draft, Writing – Review and Editing, Visualization, Investigation, Validation, Data Curation.

### **Acknowledgement**

We are grateful to Attila Forgács, chief forester and discoverer of the Budakeszi-Özvölgy-tető hoards, for contacting the Hungarian National Museum immediately after his discovery. We are also expressing our gratitude to István Vida and László Schilling, and the volunteers of the Community Archaeological Program of the Hungarian National Museum, who assisted with the research in the field.

The analysis of the spearheads has been supported by Project No. 134910 of the PD-OTKA Research Fund. Project No. 134910 has been implemented with the support provided by the National Research, Development, and Innovation Office of Hungary, financed under the PD\_20 funding scheme. The authors thank Attila Király for his proofreading. The authors are grateful to the three reviewers for their helpful comments and advices.

## References

- BADER, T. (2015): Zur Chronologie der Lanzenspitzen im Karpaten-Donau Raum. In: NÉMETH, R. E. & REZI, B. eds., *Bronze Age Chronologie in the Carpathian Basin. Proceedings of the International Colloquium from Târgu Mureş 2–4 October 2014*. Bibliotheca Mvsei Marisiensis Seria Archaologica **8**. Editura Mega. Târgu Mureş, 373–391.
- BINGGELI, M. (2011): Spearheads and Swords – The Making of Bronze Objects. In: UCKELMANN, M. & MÖDLINGER, M. eds., *Bronze Warfare: Manufacture and Use of Weaponry*. British Archaeological Reports International Series **2255**. Hadrian Books Ltd. Oxford, 11–21.
- BRIDGFORD, S.D. (2000): *Weapons, Warfare and Society in Britain 1250 – 750 BC. Volume I*. PhD Thesis – University of Sheffield, Department of Archaeology and Prehistory. Sheffield, **86**, 105–106, 122 pp.
- CZAJLIK Z. (2012): *A Kárpát-medence fémnyersanyag-forgalma a későbronzkorban és a vaskorban*. Komáromi Nyomda és Kiadó Kft., Budapest, 52–53, 96.
- DOLFINI, A. & CRELLIN, J. (2016): Metalwork wear analysis: the loss of innocence. *Journal of Archaeological Science* **66** 78–87. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.12.005>
- ERSFELD, J. (1990): *Formen und Giessen (3. Auflage)*. Restaurierung und Museumstechnik 3. Museum für Ur- und Frühgeschichte Thüringens. Weimar, 18, 20.
- GENER, M. (2011): Integrating Form, Function and Technology in Ancient Swords. The Concept of Quality. In: UCKELMANN, M. & MÖDLINGER, M. eds., *Bronze Age Warfare: Manufacture and Use of Weaponry*. British Archaeological Reports International Series **2255** Hadrian Books Ltd. Oxford, 117–123.
- GUTIÉRREZ SÁEZ, C. & LERMA, I.M. (2015): Traceology on Metal. Use-Wear Marks on Copper-Based Tools and Weapons. In: MARREIROS, J.M., GIBAJA BAO, J.F. & BICHO, N.F. eds., *Use-Wear and Residue Analysis in Archaeology. Manuals in Archaeological Method, Theory and Technique*. Springer, Cham, 171–188.
- HORN, Ch. (2013): Harm's Way. An Approach to Change and Continuity in Prehistoric Combat. *Current Swedish Archaeology* **21** 93–116.
- HARRISON, R.J., CRADDOCK, P.T. & HUGHES, M.J. (1981): A Study of the Bronze Metalwork from the Iberian Peninsula in the British Museum. *Ampurias* **43** 113–179.
- HERMANN, R., CRELLIN, R.J., UCKELMANN, M., WANG, Q. & DOLFINI, A. (2020a): Bronze Age Combat. An experimental approach. *British Archaeological Reports International Series* **2967** Oxford, 105, 114, 119–120.
- HERMANN, R., DOLFINI, A., CRELLIN, R.J., WANG, Q. & UCKELMANN, M. (2020b): Bronze Age Swordmanship: New Lights from Experiments and Wear Analysis. *Journal of Archaeological Method and Theory* **27** 1040–1083. <https://doi.org/10.1007/s10816-020-09451-0>
- HUGHES, M.J., NORTHOVER, J.P. & STANIASZEK, B.E.P. (1982): Problems in the analysis of leaded bronze alloys in ancient artefacts. *Oxford Journal of Archaeology* **1/3** 359–363. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0092.1982.tb00320.x>
- KIS, Z., SZENTMIKLÓSI, L. & BELGYA, T. (2015): NIPS–NORMA station - A combined facility for neutron-based nondestructive element analysis and imaging at the Budapest Neutron Centre, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* **779** 116–123. <https://doi.org/10.1016/j.nima.2015.01.04>
- KÖLTŐ, L., K. VARGA, M. & MACLAEN, P. (2002): Analysis of High Antimony concentration finds with various methods XRF analysis of antimony bronzes. In: JEREM, E. & T. BÍRÓ, K. eds., *Archaeometry 98. Proceedings of the 31<sup>st</sup> Symposium Budapest, April 26 – May 3 1998 II*. *British Archaeological Reports International Series* **1043/II** Archaeopress, Oxford, 405–408.
- LOCZKA J. (1889): Hazai bronzkori tárgyak vegyelemzése. *Mathematikai és Természettudományi Értesítő* **7** 275–291.
- LINDQVIST, S. (1924): Frånbronsåldern. *Fornvännen* **19** 35–48.
- LIVERSAGE, D. & PERNICKA, E. (2002): An industry in crisis? Copper alloy impurity patterns near the end of the Hungarian Bronze Age. In: JEREM, E. & T. BÍRÓ, K. eds., *Archaeometry 98. Proceedings of the 31st Symposium Budapest*. *British Archaeological Reports – International Series* **1043** Archaeopress, Oxford, 417–431.
- MACLAEN, P.I. & McDONNELL, J.G. (1996): New Archaeometrical Investigations of the Bronze in the Carpathian Basin. *Pápai Múzeumi Értesítő* **6** 77–82.
- MOLLOY, B.P.C. (2011): Use-wear analysis and use-patterns of Bronze Age swords. In: UCKELMANN, M. & MÖDLINGER, M. eds., *Bronze Age Warfare: Manufacture and Use of Weaponry*. British Archaeological Reports International Series **2255** Hadrian Books Ltd., Oxford, 67–84.

- MOLLOY, B.P.C. (2018): Conflict at Europe's Crossroads: Analysing the Social Life of Metal Weaponry in the Bronze Age Balkans. In: DOLFINI, A., CRELLIN, R.J., HORN, Ch. & UCKELMANN, M. eds., *Prehistoric Warfare and Violence. Quantitative and Qualitative Approaches*. Springer, Cham, 199–224.
- MOLLOY, B.P.C. & MÖDLINGER, M. (2020): The Organisation and Practice of Metal Smithing in Later Bronze Age Europe. *Journal of World Prehistory* **33** 169–232. <https://doi.org/10.1007/s10963-020-09141-5>
- MOLNÁR, F., CZAJLIK, Z. & MASSE, A. (2012): Analyse archéométrique des bracelets et anneaux de cheville celtiques en bronze mis au jour à Ludas. In: SZABÓ, M., TANKÓ, K. & CZAJLIK, Z. eds., *La Nécropole Celtique à Ludas – Varjú-dűlő*. L'Harmattan. Budapest, 249–265.
- MOLNÁR F., CZAJLIK Z. & MASSE A. (2021): Bronzművesség a vaskorban. A magyarországi késővaskori láb- és karperecek archeometriai vizsgálatának tanulságai. In: CSEH F., KISS V. & SZULOVSKY J. eds., *A nemes- és színesfémek régészete, története és néprajza – The archaeology, history and ethnography of the precious and non-ferrous metals in the Carpathian Basin*. Az anyagi kultúra a Kárpát-medencében **6** Budapest, 61–75.
- PERCY, J. (1870): *The Metallurgy of Lead, including desilverization and cupellation*. John Murray – Albemarle Street, London, 10 pp.
- RECHT, L. (2017): A lead ingot and lead production at Late Bronze Age Hala Sultan Tekke. *Excavation Report* **10** 74–90.
- RÉVAY, Zs. (2009): Determining Elemental Composition Using Prompt  $\gamma$  Activation Analysis. *Analytical Chemistry* **81** 6851–6859. <https://doi.org/10.1021/ac9011705>
- SCOTT, D.A. (1991): *Metallography and Microstructure of Ancient and Historic Metals*. The J. Paul Getty Trust, Archetype Books, Singapore, 24 pp.
- SZENTMIKLÓSI, L., BELGYA, T., RÉVAY, Zs. & KIS, Z. (2010): Upgrade of the Prompt-Gamma Activation Analysis (PGAA) and the Neutron Induced Prompt-gamma Spectroscopy (NIPS) facilities at the Budapest Research Reactor. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **286** 501–505. <https://doi.org/10.1007/s10967-010-0765-4>
- SZENTMIKLÓSI, L., MARÓTI, B. & KIS, Z. (2021): Prompt-gamma activation analysis and neutron imaging of layered metal structures. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* **1011** 165589. <https://doi.org/10.1016/j.nima.2021.165589>
- SZENTMIKLÓSI, L., RÉVAY, Zs., ÖSTÖR, J. & MARÓTI, B. (2024): Improved analytical workflow for prompt-gamma activation analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **333** 3325–3333. <https://doi.org/10.1007/s10967-023-09071-4>
- TARBAY J.G. (2018): *A gyermelyi típusú kincsek és koruk*. PhD Dissertation Eötvös Loránd University, Budapest, Pl. 256.4. <https://doi.org/10.15476/ELTE.2018.167>
- TARBAY, J.G. (2022): *Twin Hoards. Metals and Deposition in the Buda Hills, the Pilis and the Visegrád Mountains during the Late Bronze Age*. *Archaeologia Hungarica* **53**. Hungarian National Museum, Budapest, 33–34, 56.
- TARBAY, J.G., MARÓTI, B., KIS, Z., KÁLI, Gy. & SZENTMIKLÓSI, L. (2021): Non-destructive analysis of a Late Bronze Age hoard from the Velem-Szent Vid hillfort. *Journal of Archaeological Science* **127** 1–25. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2020.105320>
- TARBAY, J.G. & MARÓTI, B. (2023): Preliminary handheld XRF analysis of Late Bronze Age metal finds from the Budakeszi-Özvölgy-tető site (Pest County, Hungary). *Archeometriai Műhely* **XX/1** 23–36. <https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2023-002>
- TARBAY, J.G. (2023): The legacy data of Late Bronze Age elemental composition analyses from Transdanubia. Mendeley Data V3. <https://data.mendeley.com/datasets/s95z5xp5sr/3>
- TRAMPUŽ-OREL, N. (1996): Spectrometric Research of the Late Bronze Age Hoard Finds. In: TERŽAN, B. ed., *Hoards and Individual Metal Finds from the Eneolithic and Bronze Ages in Slovenia II*. Catalogi et monographie 30. Narodni Muzej, Ljubljana, 196–197, 204–211.
- QUILLIEC, T.B. (2007): Technologie des épées à l'Age du Bronze final en Europe atlantique: reconstitution des chaînes opératoires. In: *XXVIe Congrès Préhistorique de France. Avignon 21 – 25 Septembre 2004*. La Société préhistorique française, Avignon, 401–411.
- ZHANG, Y.J., TONG, K.K., CHAN, R. & TAN, M. (1995): Gold Jewellery Casting: Technology Design and Defects Elimination. *Journal of Materials Processing Technology* **48** 603–609. [https://doi.org/10.1016/0924-0136\(94\)01699-2](https://doi.org/10.1016/0924-0136(94)01699-2)

#### Online sources

##### Z-FUNCTIONS:

<https://imagej.net/imaging/z-functions>

(last accessed: 13:35, 07.07.2023).

##### RAINBOW RGB:

<https://imagej.net/imaging/color-image-processing>

(last accessed: 13:35, 07.07.2023).

CALIBRATION BAR MACRO:

<https://imagej.nih.gov/ij/macros/CalibrationBarMacros.txt> (last accessed: 13:35, 07.07.2023).


MOSAICJ PLUGIN:

<http://bigwww.epfl.ch/thevenaz/mosaicj/>  
(last accessed: 13:35, 07.07.2023).



# DÉL-ALFÖLDI KOSZIDERI ÉS HALOMSÍROS BRONZTÁRGYAK ELEMZÉSI ADATAINAK ÚJRAÉRTÉKELÉSE

## RE-EVALUATION OF METAL ANALYSES OF KOSZIDER PERIOD AND TUMULUS CULTURE BRONZE OBJECTS FROM THE SOUTHERN GREAT PLAIN (SE HUNGARY)\*

SÁNTA, Gábor<sup>1</sup> & ŠMIT, Žiga<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>régész, Göd

<sup>2</sup>Faculty of Mathematics and Physics, University of Ljubljana, and Jožef Stefan Institute, Ljubljana, Szlovénia

E-mail: [saga21enator@gmail.com](mailto:saga21enator@gmail.com)

### Abstract

*In 2010-2011, an archaeometallurgical project took place in the University of Szeged, cooperation with the Jožef Stefan Institute (Ljubljana, Slovenia) and the Institute for Nuclear Research of the Hungarian Academy of Sciences (MTA ATOMKI, Debrecen, Hungary), with the support of the CHARISMA/SPIRIT grant of the European Union. The results of measurements carried out at the Jožef Stefan Institute in Ljubljana and ATOMKI, as well as their interpretation, were published in Hungarian and English (Sánta 2011, Sánta 2013, Šmit 2015). Since then, there has been significant methodological progress and an expansion of source material on the topic, so the reinterpretation of the results has become important.*

*The copper raw materials of the 39 examined Bronze Age objects (Figs. 1-2.) are containing As, Sb, Ni, and Ag (Appendix 1). This set was divided into groups using primary component analysis. We were able to separate three groups among them: a group with an average composition (Group 1-1a), a group rich in zinc (Group 2), and a group rich in lead (Group 3, Fig. 3.). The tin content of the objects varies between 4–20 wt%, with an average of 10 wt% (Fig. 4.).*

*Trace element (As, Sb, Ag, Ni) ratios of the examined objects were calculated, and projected onto diagrams of recent literature with the same logarithmic scaling. On the key Ag/Ni diagram, the objects are clearly separated from objects of Mitterberg origin and overlap with the Ag/Ni ratios of ore samples, copper and bronze objects known from the Hron Valley in Slovakia and Trento region in northern Italy (Figs. 6. and 11.).*

*We compared our results with other metal analysis data of the Hajdúsámson–Apa-type finds and Koszider period metals. Among the researchers of the topic, a consensus is beginning to emerge on the intensive Carpathian Basin Early and Middle Bronze Age (until the end of Reinecke Br. A and the beginning of B) mining of the Hron Valley ore deposits, from which most of the metal material of the Northern Bronze Age comes. This presupposes a wide-ranging system of relationships in which some communities of the Carpathian Basin could play a mediating role. Around 1600 BC mining and using of the Mitterberg ores, from which purer and better-quality copper can be smelted, became more important and started to dominate the metal supply of Central Europe until the end of Reinecke Br. D. Our data show that the Tumulus Culture of the Southern Great Plain in Hungary used copper raw material from the Hron Valley and possibly from northern Italy (Trentino) within the investigated period, or possibly some mixture of copper of various origin was used.*

*An early Tumulus culture (B/BI-2) metalwork tradition producing zinc-rich bronzes can also be interpreted as evidence the use of zinc-rich ores and advanced metalworking.*

### Kivonat

*2010-2011-ben zajlott archeometallurgiai projektünk a Szegedi Tudományegyetem, a Jožef Stefan Institute (Ljubljana, Szlovénia) és az MTA Atommagkutató Intézet (MTA ATOMKI, Debrecen) együttműködésében, az Európai Unió CHARISMA/SPIRIT pályázatának támogatásával. A Jožef Stefan Institute-ban (Ljubljana, Szlovénia) és az ATOMKI-ban (Debrecen) végzett mérési eredményeket, valamint interpretációjukat magyar és*

---

\* How to cite this paper: SÁNTA, G. & ŠMIT, Ž., (2024): Dél-alföldi koszideri és halomsíros bronztárgyak elemzési adatainak újraértékelése / Re-evaluation of metal analyses of Koszider period and Tumulus culture bronze objects from the Southern Great Plain (SE Hungary) [in Hungarian with English abstract], *Archeometriai Műhely* **XXI/4** 395–422.

doi: [10.55023/issn.1786-271X.2024-031](https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2024-031)

angol nyelven publikáltuk (Sánta 2011, Sánta 2013, Šmit 2015). Időközben a jelentős módszertani előrehaladás és forrásanyag-bővülés miatt időszerűvé vált az eredmények újraértelmezése.

A 39 db vizsgált bronzkori tárgy alapanyaga As, Sb, Ni, Ag-tartalmú réz (**1. melléklet**). Ezt a halmazt főkomponens-analízissel csoportokra bontottuk. Három csoportot és egy alcsoportot tudunk elkülöníteni köztük: egy átlagos összetételű (1-1a.), egy cinkben (2.), és egy ólomban dús (3.) csoportot (**3. ábra**). A tárgyak óntartalma kb. 4-20 t% között változik, átlagosan 10 t% (**4. ábra**).

A vizsgált tárgyak bizonyos nyomelemeiből (As, Sb, Ag, Ni) képzett aránypárokat a friss szakirodalomban fellelhető azonos skálázású logaritmikus diagramokra vetítettük. A tárgyak a kulcsfontosságú Ag/Ni diagramon egyértelműen elkülönülnek a mitterbergi eredetű tárgytól, és átfedésben vannak a szlovákiai Garam-völgyből és az észak-itáliai Trento környékéről ismert ércminták, réz- és bronztárgyak Ag/Ni arányaival (**6. ábra, 11. ábra**).

Eredményeinket a Hajdúsámson-Apa kör, és a koszideri időszak más fémlemezési adataival hasonlítottuk össze. A téma kutatói körében konszenzus kezd kialakulni a Garam-völgyi érctelepek intenzív kora és középső bronzkori műveléséről, ahonnan az északi bronzkor fémnyaga is javarészt származik. A Trento környéki bányászat egyik fő periódusa a vizsgált korszakban indul és az egész késő bronzkorban jelentős, a nyersanyag a Közép-Balkánon, egészen Észak-Bácskáiig jelen van. Ez széles körű kapcsolatrendszerrel tétel fel, amelyben a Kárpát-medencei közösségek közvetítő szerepet játszhattak. Kr. e. 1600 körül fontosabbá, ill. csaknem kizárólagossá válik a mitterbergi érc bányászata, amelyből tisztább, jobb minőségű réz kohósítható. Adataink alapján a Dél-Alföld Halomsíros kultúrája a vizsgált időszakon belül inkább Garam-völgyi, illetve talán észak-itáliai, vagy esetleg többféle réz nyersanyag keverékét használta.

A cinktartalmú ércekből, cinkben dús bronzokat készítő korai halomsíros (Reinecke Br. B1-2) műhelykör a fejlett fémművesség bizonyítékaként értelmezhető.

KEYWORDS: TRACE ELEMENTS, BRONZE, COPPER PROVENANCE, TUMULUS CULTURE, SE HUNGARY

KULCSSZAVAK: NYOMELEMEK, BRONZ, RÉZ SZÁRMAZÁSI TERÜLETE, HALOMSÍROS-KULTÚRA, DK-MAGYARORSZÁG

## Bevezetés

2010-2011-ben zajlott archeometallurgiai projektünk a Szegedi Tudományegyetem, a Jožef Stefan Institute (Ljubljana, Szlovénia) és az MTA Atommagkutató Intézet (MTA ATOMKI, Debrecen) együttműködésében, az Európai Unió CHARISMA/SPIRIT pályázatának támogatásával. A ljubljana-i és az ATOMKI-ban végzett mérési eredményeket és interpretációjukat magyar és angol nyelven publikálta Sánta Gábor (Sánta 2011, Sánta 2013). A módszerekről és előzetes eredményekről Žiga Šmit írt (Šmit 2015). Ezekben a cikkekben a kutatás 2010-es állapota szerint, leginkább a 20. sz. második felében végzett stuttgarteri mérések és azok különféle interpretációi (Liversage 1994, Krause 2003: Stuttgarter Datenbank) alapján csoportosítottuk a fémtárgyakat, és a nyomelemek koncentrációi alapján próbáltunk választ találni a fém nyersanyag származásának kérdésére. A tárgyak mikro-szerkezetének vizsgálata alapján a készítés technikára és a földbe kerülés óta történt elváltozások (oxidáció, restaurálás) természetére igyekeztem következtetni. A réz(érc) forrásterületét akkor nem sikerült megadni (Sánta 2011, 2013).

Azt követően a réz- és bronztárgyak archeometallurgiai elemzése továbbra is a régészeti kutatás fókuszában maradt, sőt, számos kutatási

projektből születtek áttörést jelentő publikációk (pl. Pernicka 2014, Radivojevic et al., 2018, Berger et al. 2022, Ling et al. 2023).

Ebben a cikkben részletesen bemutatjuk a vizsgálati módszereket, majd a nyomelem-tartalom alapján meghatározzuk a fémtípusokat és jellegzetességeiket. Választ keresünk a fémtípusok közti eltérésre, különösen a nagy cink- és ólomtartalomra. Összevetjük az egyazon sírból előkerült tárgyak összetételét, illetve hibahatáron belül azonos összetételű tárgyakat keresünk.

A cikk legfontosabb fejezete a forrásterület meghatározása, amelyet a nyomelemek arányainak dupla logaritmikus skálán való ábrázolásával, és ezeknek a publikált adatokkal való összehasonlításával végzünk, majd vázoljuk a további kutatási lehetőségeket.

## Módszerek

A PIXE méréseket a Jožef Stefan Intézet Tandetron gyorsítóján végeztük, levegőben haladó 1 mm átmérőjű protonszugarat használva. A nyaláb nagyobb mérete jobb eredményt ad a tárgy átlagos összetételéről, mint egy igen szűk nyaláb, mivel a bronztárgyak nyersanyaga mikroszkopikus skálán inhomogén, benne ön- és ólomdús foltok (pl. térkitöltő fázisok) figyelhetőek meg (Molnár 2008,



108, 7. ábra, Molnár et al. 2021, 63, 1-2. kép). Ezt a jelenséget mi is ki tudtuk mutatni, a réz, az ón eloszlása inhomogén volt, az ólom pedig apró, néhány mikrométeres foltokban jelentkezett (**5/a-c ábra**, Sánta 2011, 3-4. ábra).

A névleges protonenergia 3 MeV volt; azonban egy 8  $\mu\text{m}$ -es kilépő alumínium ablakon és egy 1,2 cm-es légréven való áthaladás után a tényleges energia 2,7 MeV volt. A röntgensugarakat 160 eV-os Si(Li) detektorral vizsgáltuk 5,89 eV-nál. A protonnyaláb és a detektor felé irányuló irány közötti szög  $135^\circ$  volt, de a mért objektumok mindkét irány között félúton voltak, így a protonbecsapódás és a röntgensugár kiindulási szöge  $22,5^\circ$  volt a vízszintes tárgyfelülethez képest.

Az eltérő oxidáltságú tárgyak felületét néhány négyzetmilliméteres területen enyhén políroztuk a mérés előtt, hogy láthatóvá váljon az eredeti fémmag. Az 1 mm átmérőjű ionsugár erre a területre történő pontos irányításához lézermutatót és markeres kamerát használtunk. Az összes tárgynál a mért pontokon három mérést végeztünk egymás után: az egyik 5,7 cm-es légrés volt csak abszorber, egy másik 0,3 mm vastag alumínium fólia abszorberrel, a harmadik egy 15  $\mu\text{m}$ -es kobaltfóliával, amely a rézből eredő röntgensugárzás szelektív abszorberként szolgált.

A mérési idő 400–800 s, a protonáram pedig néhány száz és néhány tized nA között változott. A 0,3 mm-es Al-fóliával végzett mérés jó érzékenységet biztosított a legtöbb réznél nehezebb elemnél, de nem tette lehetővé 0,5 t% alatti vas kimutatását, mivel a K vonalai egybeesnek a réz vonalaival. A réznél könnyebb elemekre való érzékenységet ezután megnöveltük, levegőt használtunk egyedüli abszorberként és csökkentettük a protonáramot. Ezeknek az adatai nem voltak túl jók (főleg a nikkelnél), ezért a 15  $\mu\text{m}$ -es kobaltfóliát szelektív abszorberként használtuk, amely a réz  $K\alpha$  vonalának intenzitását 100-as faktossal csökkentette. Ennek a módszernek a hátránya, hogy a kobalt erős fluoreszcens vonala rakódik rá a mérési adatokra. A három spektrum intenzitásait ezután egyesítettük a bemeneti paraméterek egyetlen halmazává, amelyben a réz  $K\alpha$  vonalait használtuk a normalizálásra: a réznél nehezebb elemeknél az alumínium abszorberen keresztül kapott értékeket használtuk, a réznél könnyebbek esetében a kobalt abszorberrel kapott adatokra támaszkodtunk. A kobalt, mint a rézben lévő nyomelem mennyiségét a levegőn át mért spektrumból számoltuk; ezek a spektrumok ellenőrzésül is szolgáltak a kobalt abszorberrel végzett mérésekhez. A röntgensugárzás intenzitását az AXIL program segítségével, a független paraméterek módszerével számoltuk át koncentrációkra (Šmit et al. 2005). A normalizáláshoz az összes elem összegét egésze-

sítettük; az eljárás során a másodlagos fluoreszcencia-hatásokat is figyelembe vettük. A proton dózist így nem mértük közvetlenül, ugyanakkor etalon-testeken végzett mérések segítettek az abszorber vastagságának pontos meghatározásában. A kobaltfólia vastagságának kísérleti meghatározására volt szükség, mivel 5% bizonytalanság a csillapítási tényezőben, 25%-os bizonytalansághoz vezet az átviteli funkcióban. Ehhez a kalibrációhoz a NIST 1107 sárgaréz szabványt használtuk, amely 0,098 t% Ni-t és 1,04 t% Sn-t tartalmaz. Az így kapott kobalt-vastagság jelentősen változott (17,5  $\mu\text{m}$ -tól a cink vonalak, 25  $\mu\text{m}$ -ig a nikkell vonalak esetében), így két modern érmét is mértünk megadott, 75 t% Cu és 25 t% Ni összetétellel. A kobalt vastagsága ebben az esetben 17  $\mu\text{m}$  volt, közelebb a réz és a cink értékekhez a 1107-esben. Ezután a 17,3  $\mu\text{m}$ -es átlagértékre támaszkodtunk az 1107-esben szereplő Cu, Zn és Sn értékekből, valamint az érmékben szereplő Cu és Ni értékekből származtattunk. Azonban, ez a választás azt jelentette, hogy az 1107-esből levezetett Ni koncentráció 0,17 t% volt, ami 70%-kal nagyobb a megadott értéknél. Ennek a különbségnek a magyarázatát nem találtuk meg; lehetséges oka illesztési hiba alacsony nikkell-intenzitás esetén. A fő elemekre vonatkozó elemzésünk pontossága  $\pm 5\%$  volt. A kis mennyiségben jelenlévő könnyű elemek esetében nő a bizonytalanság: a nikkell esetében 0,3 t% alatti koncentrációknál. Az ezüst és az ón környéki közép-Z elemek pontosságát a számolási statisztikák korlátozzák; a kimutatási határ ebben a régióban körülbelül 0,05 t% az Ag és Cd, valamint körülbelül 0,1 t% az Sn és Sb esetében. (A módszerekkel kapcsolatosan lásd még Šmit et al 2005, Šmit 2015).

### ***A bronztárgyak összetételének általános jellemzői, csoportosításuk***

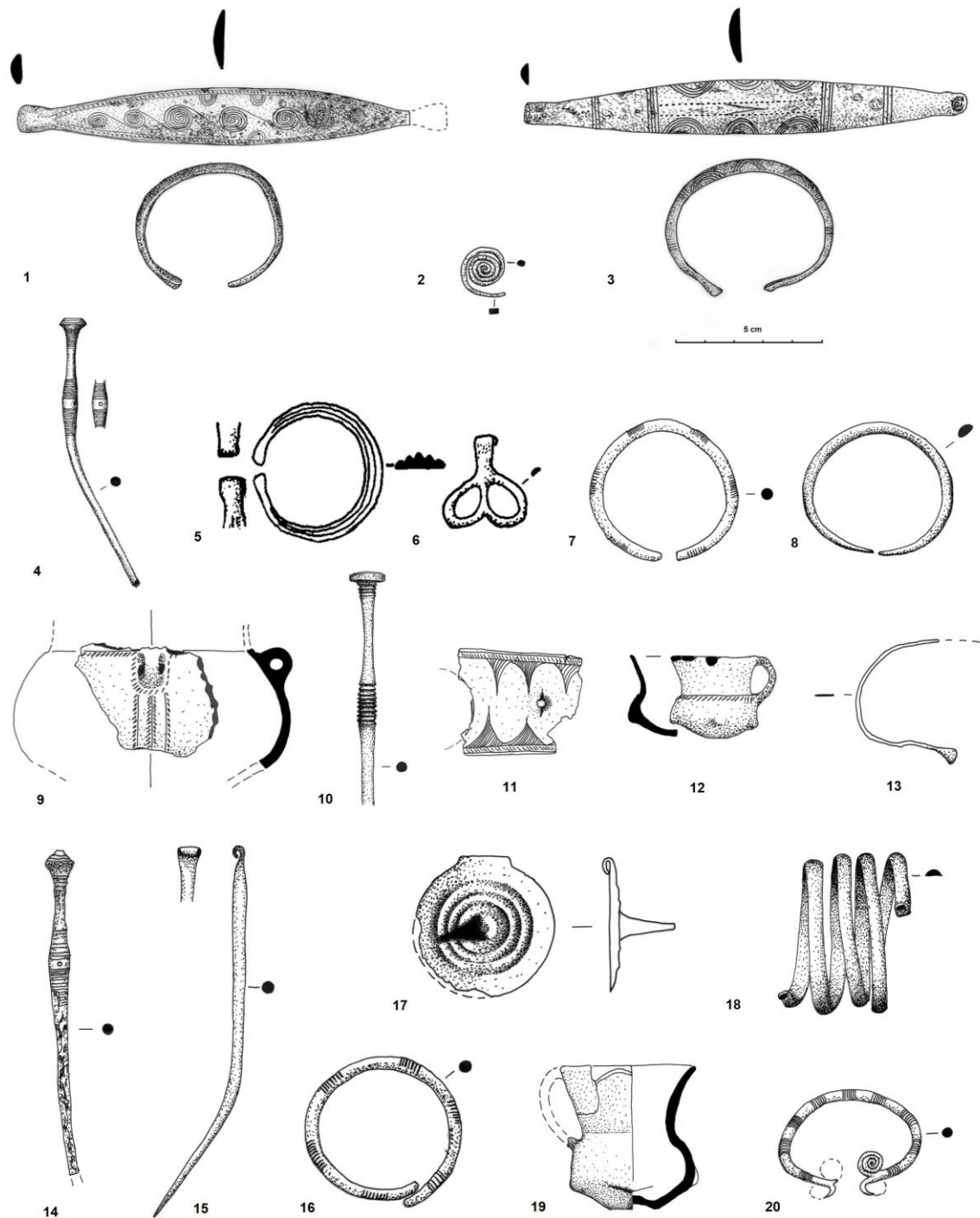
A vizsgálatokra kiválasztott 50 db fémtárgy (**1-2. ábra**) közül 40-et ítéltünk olyan állapotúnak, hogy alkalmasak legyenek a mérésekre, a többi nagyon oxidált volt. Utóbbiak a tápéi temetőből valók, ahonnan egyébként is nagyobb mintaszám állt rendelkezésre, így az oxidáltabb tárgyak figyelmen kívül hagyása az eredményeket érdemben nem befolyásolta. A tárgyak döntő többsége a Halomsíros kultúra régészeti emlékének a része, egy esetben (Csengele-Mételyes, **1/18 ábra 2/17 ábra**) a Vátya-kultúra Koszider-korú temetőjéből származó csüngőt vizsgáltunk. Kronológiai helyzetük a Reinecke B1-től C-ig terjed (Holste B-C2, Hänsel MD I-III, Kárpát-medencei középső bronzkor 3 – késő bronzkor 1, abszolút értékben Kr. e. 1600/1550 – 1400/1350, vö. Kiss et al. 2019, Csányi 2019, O'Shea et al. 2019).



**1. ábra:** A mérésre kiválasztott tárgyak fotói

**Fig. 1.:** Photos of the objects selected for measurement

1/1. Tömörkény-Újmajor, 4/1894, 1/2. Kiskundorozsma-Átokháza dűlő, 53.61.1, 1/3. Ásotthalom-Bilisics, 10/1905/b, 1/4. Kiskunmajsa, 53.50.8, 1/5. Bogárzó B, 1. sír, 53.25.3, 1/6. Bogárzó B, 6. sír, 53.25.9, 1/7. Bogárzó B, 15. sír, 53.25.19, 1/8. Kiskundorozsma-Átokháza dűlő, 53.61.6, 1/9. Kiskundorozsma-Átokháza dűlő, 53.61.3, 1/10. Kiskundorozsma-Átokháza dűlő, 53.61.2, 1/11. Kiskundorozsma-Átokháza dűlő, 53.61.4, 1/12. Rőszke-Sárosvölgy 128/1885/14, 1/13. Nagyszéksós-Oltványi tanya, 53.60.1, 1/14. Nagyszéksós-Oltványi tanya, 53.60.2, 1/15. Ásotthalom-Királyhalom, 1/1906, 1/16. Ásotthalom-Királyhalom, 2/1906, 1/17. Ásotthalom-Királyhalom, 53.137.1, 1/18. Csengele-Mételyes, 80.35.2 1/19. Rőszke-Sárosvölgy 128/1885/18/2, 1/20. Rőszke-Sárosvölgy, 128/1885/18/3, 1/21. Rőszke-Sárosvölgy, 128-134/1885/19, 1/22. Ópusztaszer-Kápolnai erdő, 2001.3.3, 1/23. Szeged-Rókusi téglagyár, 53.135.1, 1/24. Szeged-Alsótanya-Kancsalszél 1/1904, 1/25. Zákányszék-Zákány dűlő, 2011.2.1, 1/26. Ópusztaszer-Kápolnai erdő, 2001.3.2, 1/27. Tápe-Széntglaégető 25. sír, 65.1.47, 1/28. Tápe-Széntglaégető 326. sír, 65.1.409, 1/29. Tápe-Széntglaégető 444. sír, 65.1.578, 1/30. Tápe-Széntglaégető 462. sír, 65.1.597, 1/31. Tápe-Széntglaégető 25. sír, 65.1.46, 1/32. Zákányszék-Zákány dűlő, 2011.2.4, 1/33.) Tápe-Széntglaégető 518. sír, 65.1.693, 1/34. Tápe-Széntglaégető 452. sír, 65.1.918, 1/35. Tápe-Széntglaégető 526. sír, 65.1.707, 1/36. Tápe-Széntglaégető 534. sír, 65.1.717, 1/37. Tápe-Széntglaégető 526. sír, 65.1.705, 1/38. Tápe-Széntglaégető 559. sír, 65.1.738, 1/39. Tápe-Széntglaégető 444. sír, 65.1.573, 1/40. Tápe-Széntglaégető 444. sír, 65.1.575, 1/41. Tápe-Széntglaégető 48. sír, 65.1.78, 1/42. Tápe-Széntglaégető 518. sír, 65.1.691, 1/43. Tápe-Széntglaégető 463. sír, 65.1.603, 1/44. Tápe-Széntglaégető 324. sír, 65.1.396.



**2. ábra:** A mérésre kiválasztott tárgyak egy részének rajzai

**Fig. 2.:** Drawings of some of the objects selected for measurement

2/1. Ásotthalom-Királyhalom, 1/1906, 2/2. Ásotthalom-Királyhalom, 53.137.1, 2/3. Ásotthalom-Királyhalom, 2/1906, 2/4. Zákányszék-Zákány dűlő, 2011.2.2, 2/5. Zákányszék-Zákány dűlő, 2011.2.3, 2/6. Zákányszék-Zákány dűlő, 2011.2.4, 2/7. Kiskundorozsma-Átokháza dűlő, 53.61.2, 2/8. Kiskundorozsma-Átokháza dűlő, 53.61.4, 2/9. Kiskundorozsma-Átokháza dűlő, 53.61. 5, 2/10. Kiskundorozsma-Átokháza dűlő, 53.61.1, 2/11. Kiskundorozsma-Átokháza dűlő, 53.61.3, 2/12. Kiskundorozsma-Átokháza dűlő, 53.61.8, 2/13. Kiskundorozsma-Átokháza dűlő, 53.61.6, 2/14. Szeged-Rókusi téglagyár, 53.135.1, 2/15. Ópusztaszer, Kápolnai erdő, 2000.3.3, 2/16. Ópusztaszer, Kápolnai erdő, 2000.3.2, 2/17. Csengele-Mételyes, 80.35.2, 2/18. Nagyszéksős-Oltványi tanya, 53.60.1, 2/19. Nagyszéksős-Oltványi tanya, 53.17.1, 2/20. Nagyszéksős-Oltványi tanya, 53.60.2

A tárgytipusok zöme ékszer: tűk, karperecek és csüngők (valamint ezek töredékei), lemezöv töredék. Használati tárgyak, így egy kés, valamint két szőrscipesz (pinzetta) is található közöttük. A válogatás fegyverleletei egy tüskés-korongos végű csákány (1/1904, **1/24 ábra**) Alsótanya-Kancsalszélről, és egy négynitszeges markolat-lapos tör Tápé-Széntégláégetőről (**1/36 ábra**), de utóbbiról nem készültek mérések a lelet oxidáltsága miatt.

Fontos módszertani kérdés, hogy a csiszolt felületű teljes minták hogyan vehetőek össze a furatokból vett mintákkal. E. Duberow és munkatársai mindkét módszert alkalmazták egyazon mintaanyagban, eredményeik alapján a töredékek (teljes minták) As- és Sn-tartalma az átlagnál nagyobb, de az Ag- és Ni-tartalom jól korrelál a furatok adataival (Duberow et al. 2009, Fig. 5-7.). Értékelésünk során ezért nagyobb hangsúlyt helyezünk az Ag- és Ni-tartalomra.

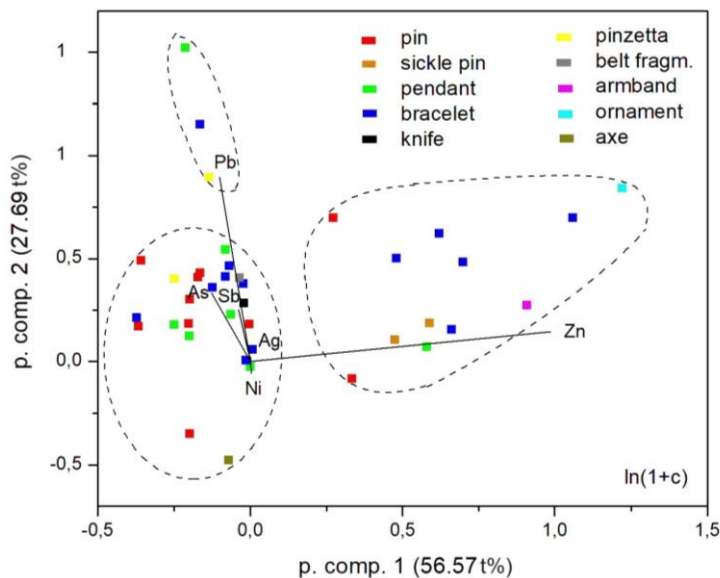
A 40 db vizsgálatra alkalmas tárgy közül egy lunulacsüngő ezüst-réz ötvözet anyagúnak, és tipológiailag szarmata korinak bizonyult (32. sorszám, 53.219.1), ennek a további elemzésétől itt eltekintünk, és a táblákon sem szerepeltetjük.

A 39 tárgy mérési eredményeit bemutató táblázat már közzétettük (Sánta 2011, 1. táblázat, 2013), de szükségesnek látjuk újraközölni. Kiegészítettük a tárgyak eredeti publikációira, abszolút és relatív datálásukra, és a cikk képtábláira történő hivatkozásokkal, emellett néhány helyesírási hibát

is kijavítottunk (**1. melléklet**). A tárgyak rövid leírásait szintén a mellékletben tesszük közzé, a rájuk vonatkozó irodalommal együtt (**2. melléklet**). A táblákon minden kiválasztott tárgy szerepel attól függetlenül, hogy végül történt-e rajta mérés. A közöletlen tárgyak részletes publikálása folyamatban van.

Az elemzések során a tárgyak fő- és nyomelem-tartalmát határoztuk meg. Bizonyos elemek különösen alkalmasak a proveniencia-vizsgálatra, ezek az Au, Ag, Sb, As, Ni és Bi. Más elemek inkább a fémfeldolgozás folyamatáról adnak információkat, pl. Zn, Fe, Cr, Sn, Pb, egyes esetekben azonban ezeket is használják a forrásterület meghatározására (Pernicka, 1999, Table 1., Pernicka, 2014, Table 11.1). A bronzkori fémművesség kutatásában általánosan vizsgált összes nyomelem koncentrációját mértük az arany és a bizmut kivételével. A tárgyak mérési eredményeit főkomponens-analízissel csoportosítottuk, amelyben a fő elkülönítő tényező a cink-, ólom- és ezüsttartalom volt (**3. ábra**; Sánta 2011, 2. ábra, Sánta 2013, 2. ábra, Šmit 2015, Fig. 1. 256-257.).

Korábbi cikkünkben (Sánta, 2011, 307) a tárgyak között négy csoportot különítettünk el a nyomelem-tartalom alapján. Az egyik csoport egyetlen, nagy ezüsttartalmú tárgyat tartalmaz, ez a szarmata kori csüngő, amelyet kizártunk a további vizsgálatból. Így a bronzkori tárgyak között 3 csoportot, valamint jelen újraértékelés során az Ag/Ni arány alapján egy alcsoportot (1a) lehet elkülöníteni.



**3. ábra:** A vizsgált tárgyak csoportosítása főkomponens-analízissel (PCA, nemlineáris khi-négyzet redukciót követve, a koncentrációk logaritmikus transzformációjával), hat elem (Ni, As, Sb, Pb, Zn, Ag) koncentrációja (t%) szerint, a nagy ezüsttartalmú 39. tárgy elhagyásával (újraértékelt ábra, vö. Šmit 2015, 1. ábra). Feliratok: pin - tű, sickle pin - sarlós tű, pendant - csüngő, bracelet - karperec, knife - kés, pinzetta - pinzetta/ szőrscipesz, belt fragm. - lemezöv töredék, armband - kartekercs, ornament - bronzdísz, axe - csákány

**Fig. 3.:** Clustering of the measured objects by primary component analysis (PCA, followed by a non-linear procedure for chi-squared reduction and the concentration were subject to logarithmic transform), according to the concentration (wt%) of six trace elements (Ni, As, Sb, Pb, Zn, Ag). The high Ag sample was omitted from the analysis (re-evaluated figure, compare to Šmit 2015, Fig. 1.)

1. Ónronz tárgyak változó, de kb. 0,5 t% As, Sb, Ni-tartalommal, 0,1 t% körüli Ag-tartalommal, egy esetben Sb nélkül (többnyire Ni/As>Sb>Ag). 23 db tárgy. Igen hasonló az Elka Duberow és munkatársai által a hainburgi és mannersdorfi temetőekben (közép-európai korai, és középső bronzkor, Reinecke A1b-B1) elkülönített 2-es csoporthoz (Duberow et al. 2009, Tab. 2.). A majszai tú (53.50.8, **1/4 ábra**) esetében nem mértünk antimontartalmat, miközben a többi nyomelem mértéke átlagos volt, ezért nem került külön csoportba. Ez a fém utólagos újraolvasztásával függhet össze. Fakóérccek kohósítási és a kinyert réz újraolvasztási kísérleteinél azt találták, hogy az újraolvasztáskor az arzén és az ezüst mennyisége lényegében nem változik, de az antimoné kb. a tizedére csökken (Pernicka 1999, Fig. 3. jobbra).

1a. Alacsony szennyezőanyag-tartalmú nyersanyag (0,37 t% Ni>Sb>As>Ag 0,05 t%) egyetlen tárgyban (bronzcsákány, Szeged-Alsótanya-Kancsalszél, 1/1904, **1/24 ábra**).

2. Cink-dús csoport, 12 tárgy. Jellemzően As, Ni, Sb és Ag-tartalmú nyersanyag gyakorlatilag azonos az 1. csoport anyagával, de kiugró cinktartalommal (0,5–3,2 t%).

3. Ólom-dús csoport, 3 tárgy. Jellemzően As, Ni, Sb és Ag-tartalmú nyersanyag gyakorlatilag azonos az 1. csoport anyagával, de kiugró ólomtartalommal (1,26–2,34 t%).

Tehát a tárgyak alapját képező réz mindenhol azonos, a cink- és ólomdúsulás ezekre rakódik rá.

Az összes tárgy As, Sb, Ni, Ag-tartalmú rézből készült. A nikkelt mennyisége 0,185–0,857 (átlag 0,46) t%, az arzéné 0,144–1,491 (átlag 0,525) t%, az antimoné 0,12–0,93 (átlag 0,47) t%, az ezüsté 0,05–0,27 (átlag 0,12) t%. A vastartalom nagyon alacsony, 0,02–0,56 (átlag 0,21) t%, ez kiváló tisztítási folyamatra utal. A nyomelemek mennyiségének 1 nagyságrendnyi szórása megfelel az érctelep természetesen változatosságának. A 24 tagú főcsoportban (1. csop.) az egyetlen csákányon kívül nem találunk elkülönülő alcsoportokat, a tárgyak szórása természetesen eloszlásának látszik. Ha csak az As, Sb, Ni, Ag mennyiségét tekintjük, úgy a teljes mintasorozat egységes, 1 nagyságrendnyi nyomelem-eloszlással, a Zn- és Pb-tartalmon túl nem mutatható ki más elkülönülő csoport.

Korábban különböző szerzők ezt (az általunk vizsgált mintasoron belül tovább nem osztható) fém típust több más csoportba osztották, illetve nevezték meg: SAM FA/B (Schubert & Schubert 1967), FB1/2 (Sangmeister 1973), Singen réz (Krause 2003, Cl. 34/8), nikkeltartalmú fakóérces vagy Ostalpines Kupfer (Krause 2003, Abb. 39., Duberow et al. 2009, Tab. 2. Cluster 2, 342., Szabó

et al. 2019, Fig. 2.), illetve ASN/AsNi/dasni fém (Liversage 1994).

Fel kell hívni a figyelmet, hogy ezek a klaszteranalízissel létrehozott csoportok, és azok elnevezései nem feltétlen jelentenek egyértelmű bányászati területet vagy kizárólagos kiindulási érctet. Így például a kelet-alpi réz kifejezés mögött álló összetétel önmagában nem jelent mást, mint egy fakóérces rezet nikkeltartalommal, amely több, hasonló geológiájú érctelepéről is származhat. A fakóérces vagy kalkopirités réz kifejezés sem jelenti azt, hogy az érctet csak ezeket az ásványokat tartalmazta, hiszen az legtöbb érctelepben többféle ércásvány van jelen (polimetallikus érctelepek), amelyek makroszkopikus és mikroszkopikus szinten is keverten fordulnak elő (Stöllner, 2018, 88, Fig. 1., Fig. 2/2., Fig. 4/6., Fig. 8., stb.).

A mért nyomelemek polimetallikus telepre utalnak. Ezekben az érctet szükség szerűen többféle ércásvány keverékéből fog állni. Az, hogy a fakóérces, a kalkopirit vagy más rézérc dominálja a keveréket, ill. egyik, vagy másik esetlegesen hiányzik, valamint, hogy milyen kísérő (másodlagos) ércásványok dúsulnak épp a kifejtett érctelepben, meghatározza a kinyert réz nyomelem-eloszlását. A makroszintű inhomogenitások (a telepben lévő szalagszerű, tömzsős, foltos, stb. dúsulások) azt eredményezik, hogy egyazon bányában, azonos telér/érces zóna esetében, akár cm-dm-es skálán változhat az érc összetétele, ha épp egy kalkopiritben, fakóércben, vagy más ásványban dúsabb szakaszt fejtenek ki. Az érc őrlése és összekeverése ezek egy részét elfedi, de a telep fejtése során (főképp horizontálisan) több tíz méteres skálán változó ércösszetételt (vö. Stöllner, 2018, Fig. 1, Fig. 7.) már nem feltétlenül. A nyomelemek érctelepeken belüli variációja így a kinyert fémekben is megjelenik, diagramokon ábrázolva az adatokat, az egyes lelőhelyek között sokszor átfedések alakulnak ki. Ezért lényeges az ólomizotóp-vizsgálat is, bár az adatok közti átfedések bizonyos esetekben ott is jelentősek. A jelenlegi kutatás a nagyfokú variancia és a korábbi klaszterek nem egyértelmű geológiai jelentése miatt inkább a réz nyomelem-összetételére utaló kifejezéseket kezd előnyben részesíteni (pl. pure copper, low- and high-impurities copper, fahlore copper, chalcopirite copper, stb.). Ezek az elnevezések többnyire nem utalnak egyértelműen a kiindulási ércre, legfeljebb annak egy fontos összetevőjére (vö. Pernicka, 2014, Radivojević et al. 2018, stb.).

A nyomelemek alapján a kiindulási érctet egy jelentős komponense arzén- és antimontartalmú fakóérc (tetraedrit-tennantit csoport, főképp tetraedrit:  $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$  és tennantit:  $(\text{Cu},\text{Fe})_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$ ) lehetett. A természetben legtöbbször ezek változó arányú keverékei (szilárd oldatok) jelennek meg, a kristályokban beépült más szennyező elemekkel,

leginkább vassal, ezüsttel és cinkkel együtt. Az arzéntartalom miatt nem zárható ki a szintén gyakori rézérc enargit és luzonit sem (rombos, valamint tetragonális kristályrendszerű  $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ). A kalkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ ) jelenléte a vastartalom miatt szintén feltételezhető, de csak kisebb mértékben. A kiindulási érc nem egyetlen ásvány, hanem egy réztartalmú ásványkeverék lehetett, főképp fakóércekkel és kalkopirittal.

A nikkelt és a 10 mintában jelen lévő kobalt (0,053–0,131 t%) a járulékos ásványokból származtatható, amelyek a rézércekkel keveredve fordulhatnak elő. (Részletesebben I. a forrásterület elemzésénél.)

### ***Nyomelemek viselkedése a kohósítás és újraolvasztás során***

Fontos kérdés, hogy miként viszonyul a kohósítás/tisztítás során nyert nyersrész a kiindulási ércekhez. Kísérleti ércolvasztási és újraolvasztási eredmények alapján tudjuk, hogy redukáló atmoszféra esetén az érc típusra nagyon jellemző nyomelemek (As, Sb, Ni, Ag) aránya a kohósítás és az újraolvasztás/tisztítás során nem változik jelentősen (Tylecote et al. 1977, Pernicka 1999, 165, Fig. 4., Pernicka 2014, 254, Fig. 11.7.). A réz még a tisztítás után is megőrzi az eredeti rézérccel jellemző nyomelem-arányokat (Radivojevic et al. 2018, 139). Oxidáló körülmények között az illékony elemek, pl. arzén, antimon, szelén, jelentős mértékben eltávoznak a rendszerből (Tylecote et al. 1977, fakóércek kísérleti kohósításáról: Haubner & Strobl 2022). Az arzén azonban a rézzel jól ötvöződik ( $\text{Cu}_3\text{As}$ ), így a veszteség, elsősorban redukáló körülmények között, messze nem teljes (Mödlinger et al. 2019, 139, Haubner & Strobl 2022, 5-6.). Az antimon mennyisége jelentősen lecsökkenhet, miközben az arzén aránya többé-kevésbé változatlan marad (Pernicka 1999, Fig. 3. jobbra).

A réz forrásterületének meghatározására legalkalmasabb az ezüst és a nikkelt, mivel ezek aránya a kohósítás és a fémfeldolgozási folyamat során nem vagy alig változik, a kiindulási ércre jellemző marad (Pernicka 2013, 51.).

### ***Ón és újrahasonosítás***

A tárgyak óntartalma 4,2–20,5 t% között változik, átlaga 10 t%, ami az ideális 9:1 ötvözési aránnak felel meg. Jól megfigyelhetőek a felszíni dúsulásra utaló kiugró értékek is, de az adatok többsége 6–12 t% közötti tartományban található (**4. ábra**).

Az ón érc a kassziterit ( $\text{SnO}_2$ ), amely magas hőmérsékleten, mélységi magmás utókritályosodás során keletkezik, a hidrotermás folyamatok révén keletkező színesfém-ércekkel nagyon ritkán fordul elő. Kémiai és mechanikailag ellenálló, kemény, nagy fajszűlyű érc, amely az elsődleges lelőhely lepusztulása után a vízfolyások torlataiban

lerakódik, másodlagosan dúsul (ónkő-torlatok). Legjelentősebb európai lelőhelyei a Cseh-Szász Érchegység és Cornwall, emellett néhány kisebb telepe is van. A bronzkorban kizárólag a torlatok ércét bányászhatták, de ezeknek nem vagy alig maradt fenn régészeti nyoma (Czajlik 2012, 49-50., feltételezett bronzkori bányászati nyomok: Tolksdorf et al. 2019).

Korábbi cikkeinkben vizsgáltuk az ón kérdéskörét is, azt a Cseh-Szász Érchegységből származtattuk (Sánta 2011, 317, Sánta 2013, 81). Az ónizotóp-meghatározáson alapuló proveniencia-vizsgálat egy új és izgalmas kutatási téma, amelyet az utóbbi időszakban megjelent publikációk jeleznek (a teljesség igénye nélkül: Haustein et al. 2010, Balliana et al. 2013, Brüggmann et al. 2017, Nessel et al. 2018, Powell et al. 2018, Powell et al. 2019, Mason et al. 2020).

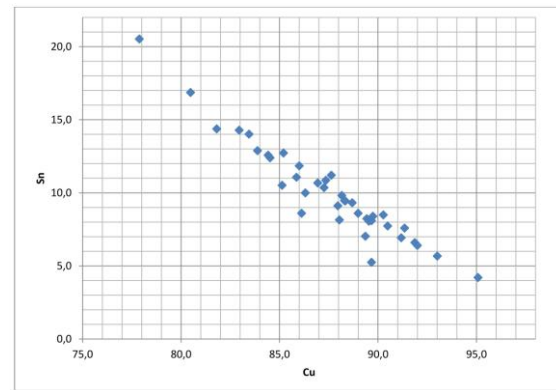
Az Andrea Mason és Wayne Powell vezette kutatócsoport ónizotóp-módszerrel vizsgálta a Balkán és Közép-Európa középső és késő bronzkori (főként Reinecke B – Ha A korú) bronztárgyaiban lévő ón eredetét. A több száz elemzett tárgy között néhány magyarországi is szerepel, ám döntő többségük szerbiai és bulgáriai lelőhelyű. A kutatók több csoportot tudtak elkülöníteni az izotóparányok alapján (Quartiles 1-4). Az 1-es csoport lelőhelyei a Dunától északra csoportosulnak, az izotóparányok alapján ennek az ónnak a forrása a Cseh-Szász Érchegység (Erzgebirge). A 4-es (nehéz) csoportot, amelynek lelőhelyei főképp Szerbiában, a Dunától délre összpontosulnak, egy kisebb helyi ónlelőhely (Mt. Cer és Mt. Bukulja környéke) tudták összekapcsolni, ahol a folyók mentén ónkő-torlatokat fedeztek fel a geológusok (Huska et al. 2014, további irodalommal). Ennek a bányászata és kereskedelme a középső és késő bronzkorban lokális jelentőségű volt. A Duna mentén egyes ónizotóp-arányú (2-3-as csoport) bronztárgyak fordulnak elő, amelyek helyi és érchegységi ónt egyaránt tartalmazhatnak. A 3 magyarországi minta a könnyű és a vegyes csoportban szerepel, így az ón eredete inkább az Erzgebirge (Powell et al. 2018, 146-147., Mason et al. 2020, 11-12.). Csehországi minták elemzésekor azt is kimutatták, hogy a középső bronzkorban (Reinecke A2-B1, 1900-1500 BC) az érchegységi Központi pluton ónércét, míg a késő bronzkorban (Reinecke B2-Ha A, 1500-1100 BC) a Nyugati plutonét bányászták (Powell et al. 2019, 61., Fig. 4.). A Dunától északra lévő szerbiai, erdélyi és közép-európai lelőhelyek ónforrása a késő bronzkorban szintén a Nyugati pluton lehetett, a Központi és Keleti pluton nem valószínű forrás. Bulgária területén is hasonló izotóparányok jellemzőek, de a távolsági kereskedelem a Vaskapu jelentette természeti akadály miatt nem valószínű, és a régió kapcsolatrendszere sem irányul az Érchegység felé. Valószínűleg számolni kell még felderítetlen, kisebb óntorlatokkal Erdélyben, és a

DK-Balkánon is, ahol egy határozott, könnyű ónizotóp-csoport különül el (Mason et al. 2020, 11-12.).

A Szepes-Gömöri (Szlovák-) Érchegység kis kiterjedésű ónlelőhelyeit (Berger et al. 2019, Fig. 1./32.) is számításba vehetjük, de ezeket eddig még senki sem vizsgálta alaposan. A Kassától nyugatra lévő Hnilec-Medvedí potok/Nyilas-Medve-patak környékén végzett geokémiai kutatások Sn-dúsulást mutattak ki az 1960-70-es években, amit a felszínen, kis területen jelentkező pegmatitos és kvarcos-turmalinos telérekben 1–4 mm-es szemcsékben megjelenő kassziterit ( $\text{SnO}_2$ ) okoz (Baran et al. 1970). A későbbi geológiai kutatások tisztázták, hogy ez az anomália egy mélyebben fekvő, idős ónércesedés felszíni kisugárzása (Broska et al. 2002, Kubiš & Broska 2005, Kohút & Stein 2005).

A kutatás többször is felhívta a figyelmet a bronztárgyak felületi óndúsulására, amely a készítés technika vagy a korrózió eredménye is lehet (Duberow et al. 2009, 341, Szabó 2010, 1-3. ábra, Kiss 2012, 67., Dani et al. 2013, 42). A mért 20,5 t%-os legnagyobb, és hasonló óntartalmak ennek a jelenségnek tudhatóak be. Így az óntartalmat csak az egyazon sírból előkerült tárgyak értékelésekor vettük figyelembe, amelyeknél feltehető, hogy földbe kerülésük után nagyon hasonló oxidációs folyamaton mentek keresztül, így legalább a mért értékek aránya jellemző lehet.

A tárgyak újrafelhasználása, feldolgozása, újraolvasztása, keverése (recycling, remelting, mixing) folyamatosan visszatérő probléma. Az egyik fő kérdés, hogy a tárgyak újraolvasztása során milyen mértékű a fémvesztés, másrészt az, hogy milyen gyakran fordul elő a recycling. E. Pernicka érvelése alapján az újraolvasztáskor fellépő fémvesztés kb. 5%, amely kizárja, hogy egy tárgyat generációkon keresztül többször is újrafelhasználjanak. Másrészt, ha a bronztárgyak újrafelhasználása általánosan elterjedt gyakorlat lett volna a bronzkorban, akkor a kutatók nem találnának jelentős összetételbeli eltéréseket sem térben, sem időben az őskor eme szakaszának réz- és bronztárgyai között, mivel az állandó újrafelhasználás és keverés (mixing) szükségszerűen a fémállomány összetételének homogenizációjához, a szélsőséges összetételű tárgyak eltűnéséhez vezetett volna (Liversage 1994, 77, Pernicka 2014, 257-259, Radivojevic et al 2018, 156, Fig. 9.). Tárgyaink összetételében nem látjuk egyértelmű nyomát ilyen homogenizációnak, hiszen jól körülhatárolható csoportokat ismertünk fel, illetve a réz alapanyagban is a nyomelemek egy nagyságrendnyi szóródását látjuk, amely megfelel az érctelepek természetes variációjának. Az ón mennyisége egy nagyságrendnél jóval kisebb skálán változik, ráadásul ennek egy része oxidációs okokra vezethető vissza.



**4. ábra.** A dél-alföldi bronztárgyak óntartalma a réz függvényében (t%)

**Fig. 4.** The tin and copper content (wt%) of the bronze objects from the Southern Great Plain

Az újrafelhasználás során szóba jöhető fémtárgyak egy jelentős része sírmellékletként a földre került, így már nem képezte részét a fém nyersanyag körforgásának, azt újonnan beszerzett fémmel kellett pótolni. (Pernicka 2014, 259). Ugyanakkor Berger et al. (2022) a különböző forrásterületű réz, ón és bronz nyersanyagok alkalmankénti keverését feltételezi, ez a kutatási irány azonban még kezdeti fázisában van. Vagyis az újrafeldolgozás és keverés problémaköre messze nem tekinthető még lezártnak, sőt, új eredmények is várhatóak. A vizsgált mintaanyagokon belül – a kutatás jelen állása alapján – nem számolunk tartós, komoly mértékű és kizárólagos újrafelhasználással és/vagy keveréssel, ez inkább esetleges vagy kismértékű lehetett (pl. régi fémdarabok hozzáadása a friss fémhez).

#### Cink- és ólomdúsulás

A cink kb. 0,5–2 t% közötti dúsulása nagyon jelentős kérdés. Az ebben a csoportban lévő tárgyak (1, 3, 6, 24, 25, 27-33, 39. sz.) tipológiai alapon inkább a korai halomsíros (R BB1-2) időszakra keltezhetőek, illetve lelőhelyeik egy részét a jelen kutatás erre az időszakra keltezi (Bogárzó B, Bilisics, Tömörkény, Röske). Ide tartozik a bilisicsi és tömörkényi sarlós tű, a bogárzói tuskés tutulus, és a röske-sárosvölgyi temető legtöbb vizsgált tárgya.

Megállapítható, hogy a két sarlós tű – Ásotthalom-Bilisics (39., 10/1905b, **1/3 ábra**) és Tömörkény-Újmajor (31., 4/1894, **1/1 ábra**) – összetétele gyakorlatilag teljes mértékben megegyezik (pl. azonos, 0,98 t%-os cinktartalom mutatható ki mindkettőben). Feltételezhetjük, hogy a két sarlós tűt azonos félkész termékéből, egyszerre készítette egyazon mester.

Két teljes sírlelet is van ebben a csoportban: a Kiskundorozsma-átokházi és a Nagyszéksós-Oltványi tanyai sír vizsgált fémtárgyai egy kivétellel cinkdúsulást mutatnak. A Kiskundorozsma-átokházi lelet bronzöv-töredékét (**1/9 ábra**,

**2/11 ábra**) a közeli Nagyszéksóson talált övvel rokoníthatjuk, amelyet további analógiák alapján a Reinecke B2-re kelteztek (Trogmayer 1960, 55). A Nagyszéksós-Oltványi tanyán előkerült lelet kartekeercse (**1/13 ábra**, **2/18 ábra**) általánosabban használt forma. Azonban a kömpöci sírleletben való előfordulása (Trogmayer 1969, 5. kép, 92-93.); a koszideri kincsekben való gyakorisága (Mozsolics 1967, Hänsel 1968), a mellette talált spirálisokban végződő karperec (**2/20 ábra**) és a korai típusú tölcéses nyakú, nyomott gömbös hasú bögre (**2/19 ábra**) miatt ez is inkább a korai halomsíros időszakba sorolható (Reinecke B1-2).

Az Ásotthalom-királyhalmi lelet 3% feletti cinktartalmú bronzspiráljának (**1/17 ábra**, **2/2 ábra**) keltezése nem ilyen pontos, bár a sírlelet két karperecének díszítése kapcsolatba hozható a nagyszéksósi bronzövvvel, így inkább a B2 szakaszba sorolható.

Körvonalazható tehát egy csoport, amelyben korai, ill. korai-klasszikus halomsíros (Reinecke B1-2) tárgyak, erre a korszakra datált temetők és sírleletek találhatóak, még hozzá a Szegedről nyugatra elhelyezkedő Dorozsma-Majsai Homokhátság területén. Ez a kör, térben, és részben időben is elkülönül a tápéi temetőből vizsgált fémtárgyaktól, amelyek közt egyetlen cinkben dús tárgy sem fordult elő.

A cink a kiindulási érc összetételére és a kohászati technológiára vonatkozó információkat adhat.

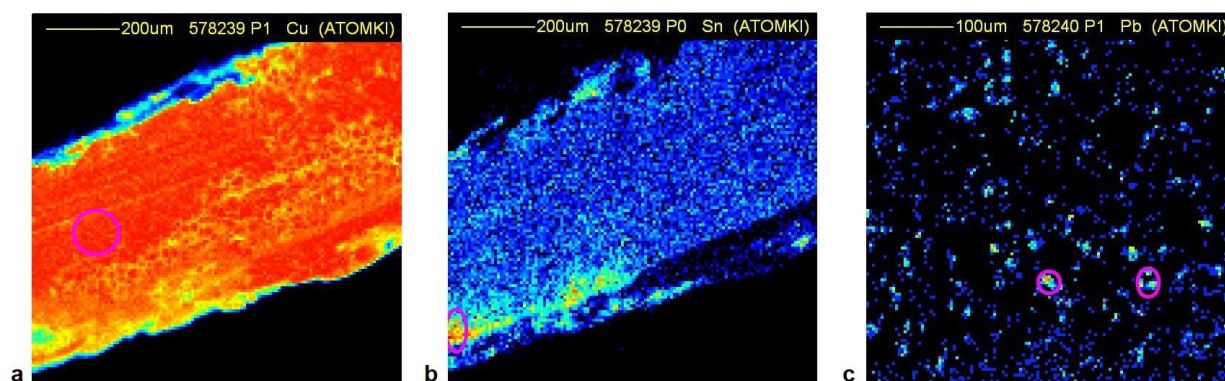
A szulfidos ércok kohósításának kulcsmozzanata a redukció, amikor a pörkölés során kapott oxidokból gáznemű CO hozzáadásával színfém keletkezik, miközben az oxigén eltávozik a rendszerből. Ez a fázis sokkal hatékonyabb, ha az anyag folyékony, olvadt állapotban van. A fém redukciója annál jobb, minél inkább redukáló a kohó atmoszférája. Ilyen,

oxigénben szegény atmoszférában az oxidációra hajlamos fémekből több marad a rézben. Ezek közé tartozik a cink is (Pernicka, 1999, 165-166.).

A rézérc leggyakrabban tartalmaz cinket, mivel a cinkérc (szfalerit, ZnS és oxidációs termékei) az egyik leginkább elterjedt ércásvány, és szinte minden érctelepben jelen van, többnyire nagyobb mennyiségben. A fakóérc is sokszor cinktartalmúak. Magát a cinket nagyon nehéz kohósítani, mivel igen illékony: nagy része már a pörkölés során, cink-oxid gáz formájában eltávozik. A cink jól ötvöződik a rézzel, ezért a rézércben lévő kis mennyiségű szennyezés, megfelelően redukáló atmoszféra esetén benne maradhat a rézben.

A nagyobb cinktartalmat így egy cinktartalmú rézérc kohósítása vagy a belőle nyert cinktartalmú fém újraolvasztás során alkalmazott erősen redukáló atmoszférával, jól kontrollált kohászati folyamattal lehet magyarázni. A magasabb fokú kontroll magasabb szintű fémművelési ismereteket és gyakorlatot is jelenthet. Egy összehasonlító kutatásban azt találták, hogy a réz- és bronztárgyak vas-, cink- és ólomtartalma a rézkor/korai bronzkor és a vaskor között legalább egy nagyságrenddel nőtt, és az elemek varianciája a késztermékben töredékére csökkent. Vagyis a vaskorban egy sokkal egységesebb, jobban kontrollált, magasabb szintű kohászati technika volt jelen (Pernicka 1999, 165-166, Fig. 5.)

A cinktartalmat tehát legjobban egy jellegzetes Zn-tartalmú érc típus és egy korai halomsíros műhelykör, mester-tradíció kombinációja magyarázza. Ez a korai halomsíros periódusra, és a Dorozsma-Majsai Homokhátság egy részére biztosan jellemző, és valószínűleg nincs jelen a későbbi időszakban, a Tisza mentén, a tápéi temető bronzműves-tradíciójában.



**5. ábra:** A 10. sz. tárgy (2011.3.2.) peremi metszetről készült microPIXE elem térképek.

**a)** A réz eloszlása (a karika homogén alapanyagot jelöl), **b)** az ón eloszlása (a karika óndús foltot jelöl), **c)** az ólom eloszlása (a karikák ólomdús foltokat jelölnek).

**Fig. 5.:** MicroPIXE element maps about the edge cross section of object No. 10. (2011.3.2.)

**a)** distribution of copper (circle marks homogenous bronze material), **b)** distribution of tin (the circle marks Sn-enrichment in a spot), **c)** distribution of lead (the circles mark Pb-enrichment in spots).



Nagyon fontos eredmény a két sarlós tű összekapcsolása, ezeket ugyanis szinte biztosan ugyanaz a mester készítette ugyanabból a nyersanyagdarabból.

Priggilitz-Gasteil késő bronzkori (1350–800 BC) fémműves-telepén öt nagy (1–6,5 t%) cinktartalmú tárgyat azonosítottak. Néhány esetben talán tudatosan használták a cinket ötvöző anyagként az ón helyettesítésére. A direkt cinkgyártás nem volt lehetséges a korban, de a Zn- és Cu-ércek együttes kohósításakor sárgaréz (brass, Zn-Cu ötvözet) keletkezhetett. A cinktartalmú fém a stájerországi Arzberg és Liezen környékéről származhat, ahol a telepek oxidációs övezetében elterjedt ásvány a smithsonit ( $ZnCO_3$ ). Utóbbi helyszínen késő bronzkori féművesség nyomait, köztük nagy cinktartalmú salakokat tártak fel. A smithsonitot véletlenül vagy tudatosan összekeverhették a rézércekkel, így természetes Zn-tartalmú ötvözetet kaphattak. Ennek a fémnek a hulladékát újra-felhasználva különféle Zn-tartalmú bronzokat állíthattak elő (Mödlinger et al. 2021, 22, 28–29.). Ezt az érc- és fémforrást mindenképp figyelemre méltónak és további kutatásra érdemesnek találjuk.

Az ólom-dús tárgyak mind klasszikus-késői (R BB2-C) darabok, főleg a tápéi temetőből. 5 t% feletti ólomtartalom biztosan tudatos ötvözésre utal, 1 t% alatt biztosan csak nyomelem ez a fém, a kettő közt esetenként kell vizsgálni (Pernicka, 2014, 256). Számos általunk vizsgált tárgyban van 0,3–0,4 t%-nyi ólom. Úgy véljük, ez a két-három kissé nagyobb ólomtartalmú ékszer nem tudatos ötvözés eredménye, hanem az eltérő összetételű ércekre vezethető vissza, illetve a tisztítás során a salakképzés gondossága is befolyásolja.

A mért kiugró értékek ólomdúsabb foltokkal is magyarázhatóak.

### **Összetétel és tárgytípusok**

A vizsgált tárgyak többségében ékszerek. Összetételükben nincsen specifikus eltérés, az általánosságban elkülönített 3 csoport ismerhető fel köztük.

A használati tárgyak közé 2 pinzetta és egy bronzkés tartozik (17., 21. és 7. tárgy, sorrendben **1/30 ábra**, **1/33 ábra**, **1/25 ábra**). Összetételükben nincs nagy eltérés az alapfémhez képest. A Zákányszék-Zákány dűlői bronzkés (7. tárgy, **1/25 ábra**) nyomelem-összetétele alacsony vastartalmat, és alacsony-közepes óntartalmat mutat.

Két fegyver szerepel a mintasorban, az egyik egy négytűszeges markolatlapos tör Tápé-Széntégláégetőről (65.1.717, **1/36 ábra**), amit erős korrodáltsága miatt nem elemeztünk. A másik egy tuskés-korongos fejű csákány Szeged-Alsótanya-Kancsalszélről (38. tárgy, **1/24 ábra**). Ennek van a legtisztább anyaga az összes vizsgált fémtárgy között, rendkívül alacsony nyomelem-tartalommal.

A vas szinte teljesen hiányzik, arzén, antimon is 0,1 t% körüli (a többi mintában átlagosan 0,5 t% körüli értékek jellemzőek). A cink és az ólom teljesen hiányzik. Ez a nagy tisztaság részben a kohászati folyamat: a nagyon gondos tisztítás, salakképzés eredménye, de a kiindulási érc is szerepet játszik benne. A szennyezőanyagok, pl. az ólom negatívan befolyásolják a vékony bronz-tárgyak, így például a kard- és csákányélek mechanikai tulajdonságait (Pernicka et al. 2016b, 68.). Az ezüsttartalom az összes minta közül ebben a legalacsonyabb, 0,05 t%. A fém összetétele a szlovákiai és a mitterbergi réz összetételének (Ag/Ni diagramon tanulmányozható) szűk érintkezési zónájában található.

Valószínűleg több más korabeli (Reinecke B, Koszider/kora halomsíros) fegyverhez hasonlóan ez is alacsony szennyezőanyag-tartalmú mitterbergi rézből, vagy mitterbergi és Garam-völgyi réz keverékéből készült (Berger et al. 2022 nyomán), és a fém tisztítási folyamata is gondos lehetett.

### **Egyazon sírból előkerült tárgyak összehasonlítása**

Ahol egy sírból több tárgy is szerepelt a minták közt, megnéztük, mennyire hasonló a fém összetétele.

1. Ásotthalom-Királyhalom, sírlelet. Két vésett díszű karperec (1/1906, 11. tárgy, **1/15 ábra**, **2/1 ábra**, 2/1906, 12. tárgy, **1/16 ábra**, **2/3 ábra**) és egy spirálcső (53.137.1, 33. tárgy, **1/17 ábra**, **2/2 ábra**). A karperecek nyersanyaga, óntartalmuk és nyomelemeik mennyisége olyan mértékben egyezik, hogy egészen biztosan ugyanabból a félkész termékből, valószínűleg egyszerre készültek, de eltérő díszítéssel. Eltérés a vastartalomnál látható, ami utalhat az egyik tárgy anyagának utólagos tisztítására, de ez nem feltétlen szükségszerű. A spirális dísz is hasonló összetételű anyagból készült, de eltérő az arányok, nagy a cinktartalom (3,2 t%), így nem ugyanaz a közvetlen kiindulási termék.

2. Kiskundorozsma-Átokháza-dűlő, sírlelet (53.61.1-4, 53.61.6, 24–28. tárgy). A tárgyak összetétele nagy eltéréseket mutat, de az öt tárgy közül négy esetben kimutatható a cink jelenléte, a három karperec esetében ez 1 t% körüli. Két karperec (53.61.4, 27. tárgy, **1/11 ábra**, **2/8 ábra**, és 53.61.6, 28. tárgy, **1/8 ábra**, **2/13 ábra**) valószínűleg azonos nyersanyagból, egyszerre készítettek, és a harmadik (53.61.2, 25. tárgy, **1/10 ábra**, **2/7 ábra**) esetében is nagyon hasonló a nyersanyag. A bronzöv és a tű kicsit eltérő összetétele miatt nem azonos anyagból és/vagy nem ugyanakkor készült.

3. Nagyszéksós-Oltványi tanya, sírlelet. A karterecs (53.60.1, 29. tárgy, **1/13 ábra**, **2/18 ábra**) és a karperec (53.60.2, 30. tárgy, **1/14 ábra**,

**2/20 ábra**) anyaga nagy cinktartalmat (1,8 t% és 2,5 t%) mutat, nagy és kis vastartalom mellett. Az ón mennyisége egyező, 10%-os. Feltételezhetően a két tárgy kiindulási nyersanyaga nem volt azonos, de az egyező óntartalom egyszerre történő ötvöztetésre is utalhat. Az egyaránt nagy cinktartalom a fentebb részletezettek alapján egyazon ércforrás és mester-tradíció körébe sorolja őket.

4. Ópusztaszer-Kápolnai erdő, 5. sír. A hitelesen feltárt sír két vizsgált fémtárgya, egy karperec (2000.3.2, 34. tárgy, **1/26 ábra**, **2/16 ábra**), és egy tű (2000.3.3, 35. tárgy, **1/22 ábra**, **2/15 ábra**) minden fő- és nyomelemében gyakorlatilag egyező összetételű. Azonos forrásterületről, ugyanabból a kohósítási eseményből származó nyersanyagukat, azonos mennyiségű ónnal a nyersanyag útjának egy pontján egyszerre ötvözték, majd ebből a nyersanyagból egyszerre készült a két tárgy.

4. Tápé 25. sír. Egy tűt (65.1.46, 13. tárgy, **1/31 ábra**) és egy karperecet (65.1.47/1. 14. tárgy, **1/27 ábra**) elemeztünk innen, mindkettő hasonló összetételű rézből készült, de az óntartalom, és a nyomelemek mennyisége eléggé eltér. Hasonló forrásterületről származó, de nem azonos félkész termék volt a kiindulási nyersanyag, és/vagy nem azonos időpontban, technológiával készültek.

3. Tápé 444. sír. Egy tűt (65.1.575, 18. tárgy, **1/40 ábra**) és egy karperecet (65.1.578, 19. tárgy, **1/29 ábra**) vizsgáltunk, mindkettő nyersanyaga hasonló, de a karperec kiugróan nagy, 1,8 t% ólomtartalmú. A vas- és az óntartalom is eléggé eltérő, a nyomelemek mennyisége is változó. Nem valószínű, hogy azonos lenne a nyersanyag, de a forrásterületük lehet azonos.

4. Tápé 526. sír: A vizsgált ékszerek (tű/karperec töredék: 65.1.705, 22. tárgy, **1/37 ábra**, és csüngő: 65.1.707, 23. tárgy, **1/35 ábra**) hasonló összetételű rezet tartalmaznak, vastartalmuk alacsony, nikkel- és óntartalmuk nagyjából egyezik, arzén- és antimontartalmuk változó. A nyersanyag azonos forrásterületről ered, gondos salaktalanításon esett át, és a csaknem azonos óntartalom talán egyszerre történő ötvöztetésre utal, mialatt a két tárgy nyersanyaga nem teljesen azonos.

Összefoglalva, az ugyanazon sírokból előkerült tárgyak között többnyire kimutatható valamiféle kapcsolat. Az ásothalom-királyhalmi karperecpár, és a kiskundorozsma-átokháza-dülői karperecek közül kettő, bizonyosan azonos nyersanyagból, egyszerre készült. Ez a két adat talán arra is utalhat, hogy a karperecek, mint személyes tárgyak gyártása

és a tulajdonoshoz való kerülése párban történhetett. Más ékszerek, különösen a tűk és csüngők között nem mindig mutatható ki ilyen szoros kapcsolat, de az ópusztaszer-kápolnai erdei lelet tűje és karperece bizonyosan azonos nyersanyagból, egyszerre készült. Néhány esetben az egyező óntartalmak arra utalnak, hogy a fém nyersanyag technológiai útjának egy bizonyos pontján egyszerre történt az ónnal való ötvöztetés, ez azonban nem biztos, hogy egybeesik a végtermék készítési időpontjával.

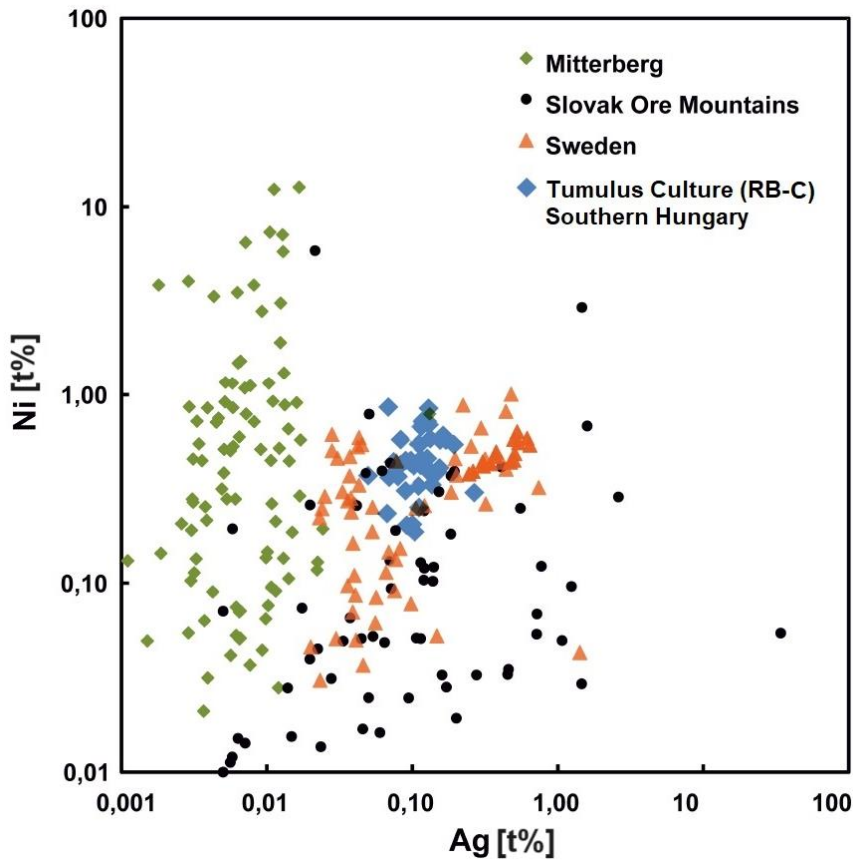
### *Nyomelemek arányai és forrásterület*

A régészeti fémtárgyak kutatásában az egyik legfontosabb kérdés a fém (ez esetben elsősorban a réz) forrásterületének a meghatározása. Miljana Radivojevic és munkatársai, különösképpen Ernst Pernicka, a forrásterület meghatározására egy kétfélecsős folyamatot javasolnak. Egyrészt bizonyos nyomelemek (leginkább az As, Sb, Ni, Ag, Bi) a legalkalmasabbak a proveniencia-analízisre (Pernicka 1999, 170, Table 1., 2013, 48–50, 2014, 247–253, Table 11.1.).

Ezek egymással képzett arányait dupla logaritmikuskálán ábrázoltuk, és összehasonlítottuk a szóba jöhető forrásterületekről származó ércminták elemzési adataival. A különböző forrásterületek érceiben ezeknek az arányai eltérőek, így jó esetben, több nyomelem arányainak megállapításával, az ércsterület viszonylag jól körülhatárolható (a módszerrel részletesen pl. Duberow et al. 2009, 340.).

A forrásterület precíz és megbízható azonosításához legtöbbször elengedhetetlen az ólomizotóp-arányok meghatározása (Pernicka 1999, 163, Radivojevic et al. 2018, 137–140.). Egyes érctelepek esetében a nyomelemek eloszlása azonban jellemzőbb lehet, mint az ólomizotóp-eloszlás. Néhány ilyen ércesedés nyomelem-mintázata homogén, míg az ólomizotóp-arányok varianciája magas (Pernicka 2013, 49., Pernicka et al. 2016b, 67.). További probléma, hogy egyes eltérő ércesedések ólomizotóp-mintázata egymással átfedésben van, ekkor a nyomelem-eloszlás alapján lehet esély az elválasztásukra (Pernicka 2013, 50.).

Elkészítettük az általunk vizsgált dél-alföldi fémleletek (39 db) elemzéseinek nyomelem-arányait mutató diagramokat, majd ezeket az utóbbi időszak egyes releváns publikációiban (Pernicka et al. 2016a, Radivojevic et al. 2018, Mödlinger & Trebsche 2020, Mehofer et al. 2021) megjelent azonos diagramokra vetítettük (**6–11. ábra**).

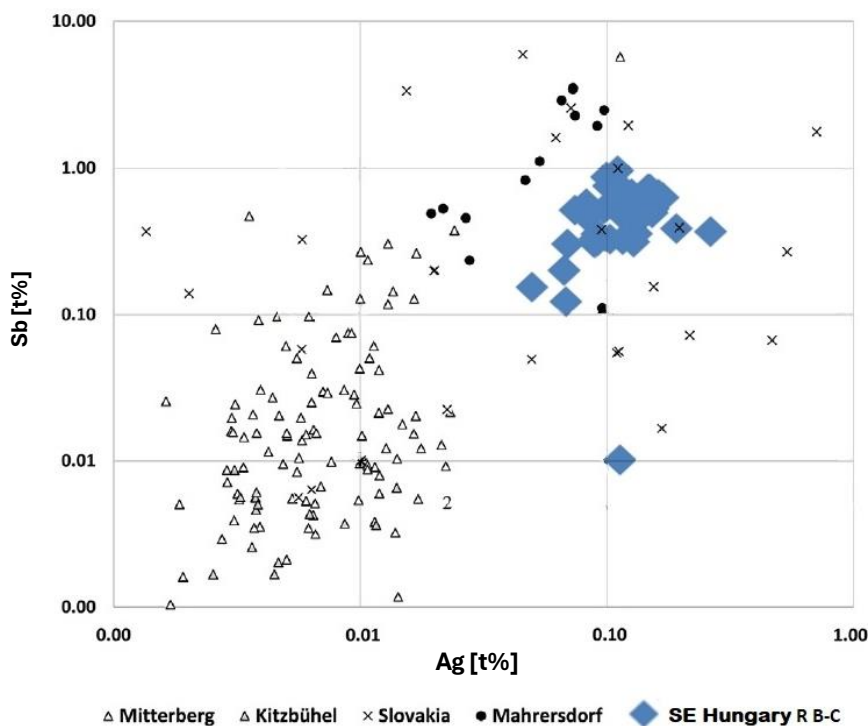


**6. ábra:**

A mért Ag/Ni (t%) arány logaritmikuskálán az általunk vizsgált, DK-Magyarországról származó koszideri és Halomsíros tárgyokban (alapdiagram: Pernicka et al. 2016a, Fig. 23.) Feliratok: Slovak Ore Mountains - Szlovák Érc-hegység, Sweden – Svédország, Tumulus Culture (RB-C) Southern Hungary - halomsíros kultúra (Reinecke B-C) DK-Magyarország

**Fig. 6.:**

The measured Ag/Ni ratio (values in wt%) on a logarithmic scale in the measured Tumulus and Koszider period objects from SE Hungary (basic diagram: Pernicka et al. 2016a, Fig. 23.)

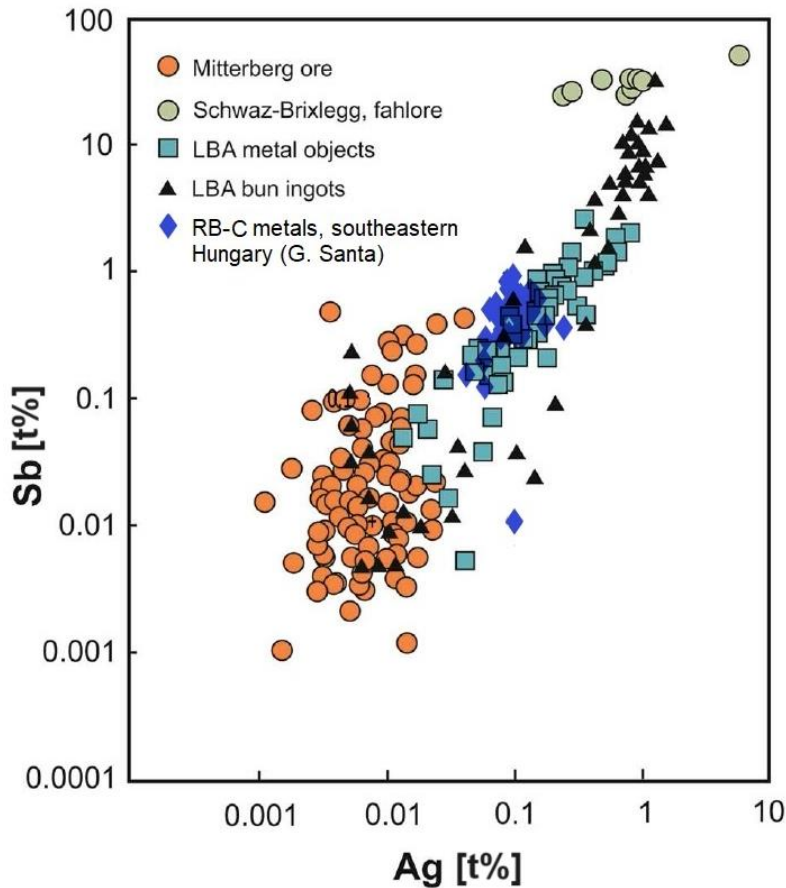


**7. ábra:**

A mért Ag/Sb (t%) arány logaritmikuskálán az általunk vizsgált, DK-Magyarországról származó koszideri és Halomsíros tárgyokban (alapdiagram: Mödlinger & Trebsche 2020, Fig. 7c.). Feliratok: Szlovákia - Szlovákia, SE Hungary R B-C - DK-Magyarország, Reinecke B-C

**Fig. 7.:**

The measured Ag/Sb ratio (values in wt%) on a logarithmic scale in the measured Tumulus and Koszider period objects from SE Hungary (basic diagram: Mödlinger & Trebsche 2020, Fig. 7c.)

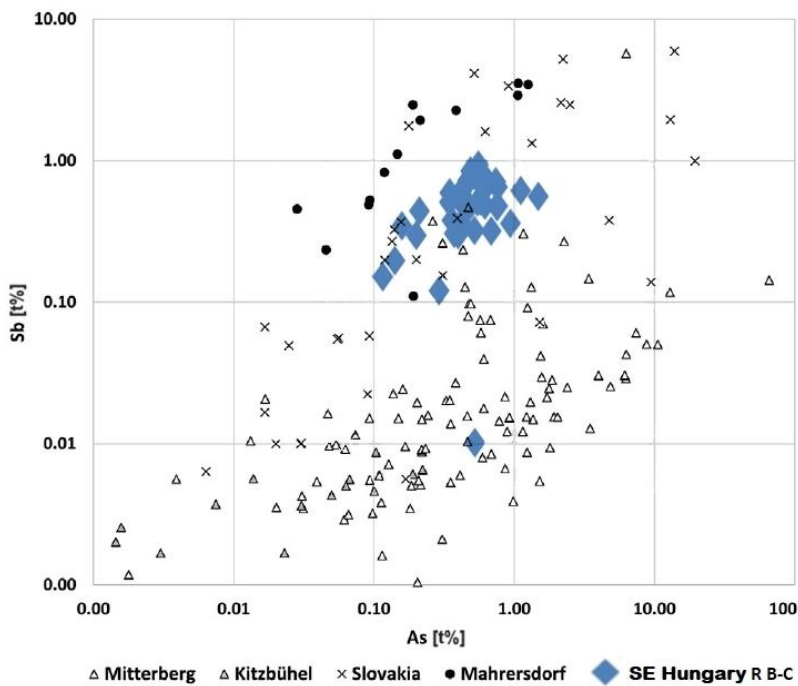


**8. ábra:**

A mért Ag/Sb (t%) arány logaritmusos skálán az általunk vizsgált, DK-Magyarországról származó korszideri és Halomsíros tárgyakban (alapdiagram: Pernicka et al. 2016a, 2016b, Fig. 14.A, Radivojevic et al. 2018, Fig. 11. nyomán). Feliratok: ore - érc, fahlore - fakőérc, LBA metal objects - késő bronzkori fémtárgyak, LBA bun ingots - késő bronzkori öntőleplenyek, RB-C metals, south eastern Hungary (G. Sánta) - Reinecke B-C fémtárgyak, DK-Magyarország (Sánta G.)

**Fig. 8.:**

The measured Ag/Sb ratio (values in wt%) on a logarithmic scale in the measured Tumulus and Korszider period objects from SE Hungary (basic diagram: Pernicka et al. 2016a, 2016b, Fig. 14.A, Radivojevic et al. 2018, Fig. 11.)

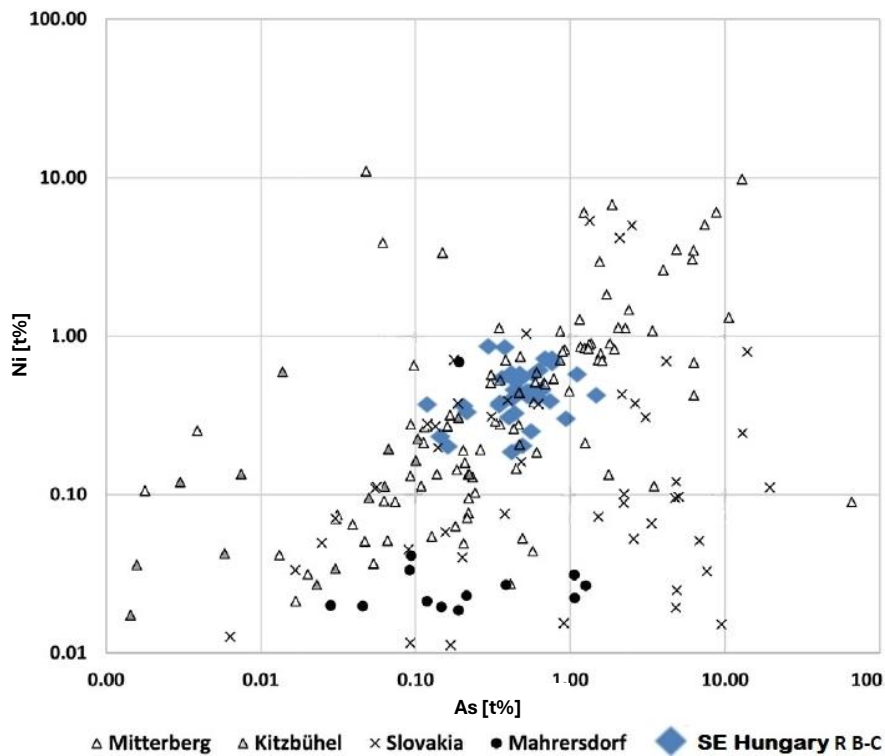


**9. ábra**

A mért As/Sb (t%) arány logaritmusos skálán az általunk vizsgált, DK-Magyarországról származó korszideri és Halomsíros tárgyakban (alapdiagram: Mödlinger & Trebsche 2020, Fig. 7b.). Feliratok: Slovakia - Szlovákia, SE Hungary R B-C - DK-Magyarország, Reinecke B-C

**Fig. 9.:**

The measured As/Sb ratio (values in wt%) on a logarithmic scale in the measured Tumulus and Korszider period objects from SE Hungary (basic diagram: Mödlinger & Trebsche 2020, Fig. 7b.)

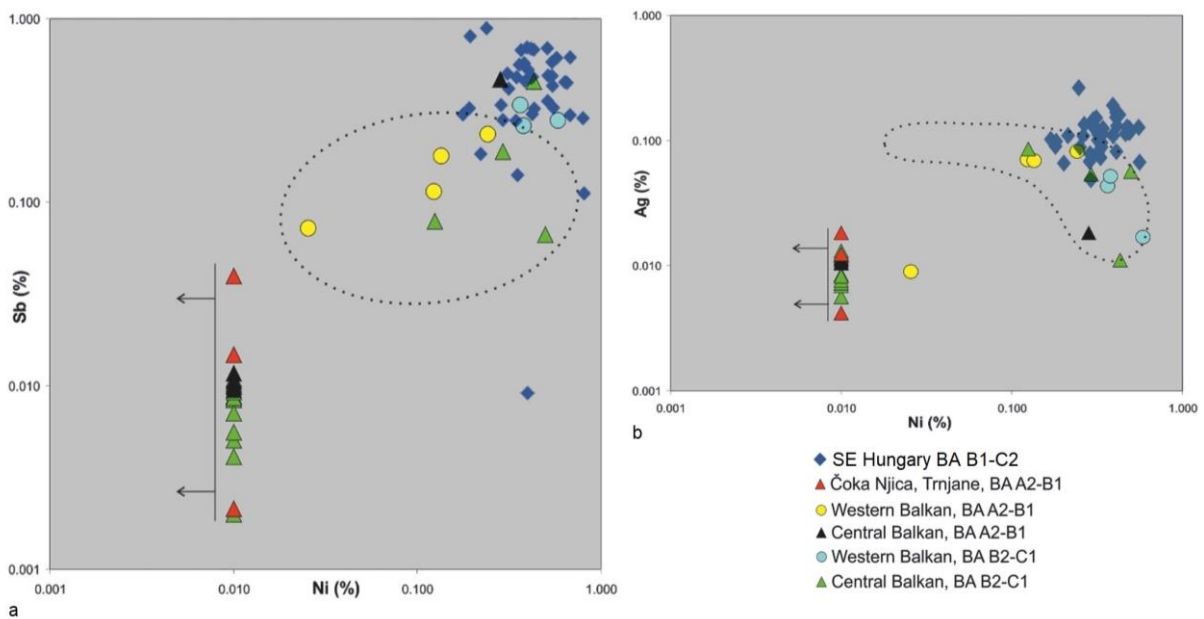


**10. ábra:**

A mért As/Ni (t%) arány logaritmikus skálán az általunk vizsgált, DK-Magyarországról származó koszideri és Halomsíros tárgyakban (alapdiagram: Mödlinger & Trebsche 2020, Fig. 7a.). Feliratok: Slovakia - Szlovákia, SE Hungary R B-C - DK-Magyarország, Reinecke B-C

**Fig. 10.:**

The measured As/Ni ratio (values in wt%) on a logarithmic scale in the measured Tumulus and Koszider period objects from SE Hungary (basic diagram: Mödlinger & Trebsche 2020, Fig. 7a.)



**11. ábra:** A mért Ni/Sb és Ni/Ag (t%) arány logaritmikus skálán az általunk vizsgált, DK-Magyarországról származó koszideri és Halomsíros tárgyakban, a Balkán hasonló korú tárgyaival összehasonlítva (alapdiagram: Mehofer et al. 2021, Fig. 13.). Adataink (a nagyobb ezüsttartalmat leszámítva) közel vannak a Közép- és Nyugat-Balkán Reinecke B2-C korú tárgyainak adataihoz, amelyeket észak-italiai érclőhelyekkel kapcsolnak össze, és elkülönülnek a helyi, bori ércek adataitól. Feliratok: SE Hungary - DK-Magyarország, BA - Bronzkor, Western Balkan - Nyugat-Balkán, Central Balkan - Közép-Balkán.

**Fig. 11.:** The measured Ni/Sb and Ni/Ag ratio (values in wt%) on a logarithmic scale in the measured Tumulus and Koszider period objects from SE Hungary (basic diagram: Mehofer et al. 2021, Fig. 13.). Our data (except for the higher silver content) are close to those of BA B2-C objects from the Central and Western Balkans, which are associated with ore deposits in northern Italy, and are separate from the local Bor ores

A forrásterület szempontjából legfontosabb az Ag/Ni, illetve az Ag/Sb arányt ábrázoló diagram (**6. ábra**, **7. ábra**, **11. ábra**). Előbbi Ernst Pernicka és munkatársai publikációjából származik, amely számos pontos érc- és fémlemezési értéket ad meg (Pernicka et al. 2016a, Fig. 23.). Jól látható, hogy az általunk mért adatok nincsenek fedésben a mitterbergi adatokkal, de jól illeszkednek a szlovákiai Garam-völgyben mért érclemezési adatokhoz (forrásuk: Schreiner 2007, 1. még Schreiner et al. 2012). A minták ezüsttartalma szisztematikusan, egy nagyságrenddel nagyobb a Mitterbergben mért értékeknél, (vö. Pernicka 2013, Fig. 3., Pernicka 2017, Abb. 6.), Ag/Ni arányuk közeli a Svédországból ismert bronztárgyakéhoz (Ling et al. 2023, Fig. 12.). Szintén jó az egyezés a Balkánról mért tárgyak nyomelem-mintázatával is, amelyeket az ólomizotóp-mérések alapján az észak-itáliai Trento környékéről származó rézből készíthettek (Mehofer et al. 2021, Fig. 13-14.).

Az Ag/Sb arány alapján hasonló tendencia rajzolódik ki, az adataink nincsenek átfedésben sem a mitterbergi rendkívül kis ezüsttartalmú, kalkopirit (**7. ábra**), sem a schwaz-brixleggi nagy ezüsttartalmú fakóérces ércsedések adataival (**8. ábra**). A mitterberginél magasabb, de a schwaz-brixlegginél kisebb antimon- és ezüsttartalom a Garam-völgy ércsedéseire jellemző (Mödlinger & Trebsche 2020, Fig. 7c., Ling et al. 2023, Fig 12., Radivojevic et al 2018, Fig. 11.).

A tárgyak alapját képező réz nyomelem-eloszlása jól illeszkedik a szlovákiai Garam-völgy és az észak-itáliai Trento környékének ércsedéséhez. A kelet-alpi Mitterberg ércsedése, eltérő nyomelem-arányai, elsősorban az ezüst/nikkel arány alapján nem valószínű származási hely. Bár a mitterbergi és a szlovákiai ércsedések között van némi átfedés (Pernicka 2013, Fig. 3., 51., Pernicka 2016a, Fig. 23.), az adatainkban jól elkülönül a két régió.

Az As/Sb arány szerint is leginkább a Garam-völgyi értékeknek felelnek meg a mért adataink, de itt részben átfedés tapasztalható a mitterbergi adatokkal (**9. ábra**, Mödlinger & Trebsche 2020, Fig. 7b.). Az As/Ni aránynál a mitterbergi és szlovákiai értékek nagyrészt átfedésben vannak (**10. ábra**, Mödlinger & Trebsche 2020, Fig. 7a.).

A Közép-Balkánról publikált friss eredmények (Mehofer et al. 2021) azt sugallják, hogy Kr. e. 1600 után elterjedt az észak-itáliai, Trentinóból származó réz használata, amelynek nyomelem tartalma nagyobb a mitterberginél, hasonló a Garam-völgyihez, de ezüsttartalma kissé kisebb. Bár ezek az adatok nincsenek teljes összhangban a méréseinkkel (**11. ábra**), ezt a fontos nyersanyagforrást mindenképp számításba kell vennünk. Az idézett cikkben szerepelnek a Sombor, Apatinski puti leletből származó tük, amelyeket a cikkben valamivel 1600 BC után kelteznek, vagyis a mi

leleteinkkel nagyjából egykorúak lehetnek. Ezek a nagyobb nyomelem tartalmú bronzok az ólomizotóp-adataik szerint egyértelműen az észak-itáliai régióból származnak (Mehofer et al. 2021, 9, Table 1, 10\_Som, 11\_Som, 12\_Som).

A kérdés végleges lezárásához szükséges lenne később ólomizotóp-méréseket végezni a cikkünkben elemzett tárgyakon.

### *A forrásterület kérdésének diszkussziója*

Adataink azt sugallják, hogy a Halomsíros-kultúra és a koszideri időszak elemzett tárgyainak réz nyersanyaga a szlovákiai Garam-völgy vagy az észak-itáliai Trento környékének ércsedéseiből származik. A kivételes összetételű majsai tű (53.50.8., 40. tárgy, **1/4 ábra**) és alsótanyai csákány (1/1904, 38. tárgy, **1/24 ábra**) alacsony szennyezőanyag-tartalmát rendre a fém nyersanyag feldolgozása, újraolvasztása, tisztítása során bekövetkező változásokkal; illetve mitterbergi eredetű fémlemez, vagy azzal való keveréssel (Berger et al. 2022) magyarázhatjuk.

Az eredmények geológiai kontextusba illesztéséhez szükségesnek látjuk a szakirodalom alapján a szóba jöhető ércsedések (Garam-völgy/Údolie rieky Hron, Trentino, Mitterberg, Nagybánya/Baia Mare környéke, Erdélyi-érchegység/Apuseni/Metaliferi Mts., Bánság/Banat, Bor) főbb jellemzőit áttekinteni.

Marcus Schreiner (Schreiner 2007, Schreiner et al. 2012) elemzési adatai alapján a Szlovák-Érchegység Garam-völgyi ércsedéseinek (Besztercebánya/Banská Bystrica környékén Úrvölgy/Špania Dolina, Libetbánya/L'ubietová és Pónik/Poniky, Körmöcbánya/Kremnica környéke, Selmecbánya/Banská Stiavnica környéke) fakóérces-kalkopirités rézérc szisztematikusan nagyobb antimon-, arzén- ezüsttartalmat mutat, mint a mitterbergi ércsedéseké, ahol csak az arzén és a nikkel a jellemző nyomelem (Pernicka et al. 2016b, Berger et al. 2022, 59.). Nyomelem-eloszlásaik jellegzetesebbek, mint az ólomizotóparányaik eloszlása, utóbbiak komoly átfedést mutatnak a mitterbergi adatokkal (Schreiner 2007, Schreiner et al. 2012, Pernicka et al. 2016b, 69., Berger et al. 2022, 59.).

A kvarcos telérek szulfidos ércsedést tartalmaznak, ezeket egészen a modern időkig bányászták. Úrvölgy/Špania Dolina és Libetbánya/L'ubietová rézércsedése döntően fakóérces (ezüsttartalmú tetradrit és tennantit) és kalkopirités (változó arányban), de megjelenik bennük bornit, arzenopirit, galenit, szfalerit, pirit, kobaltit, gersdorffit (Czajlik 2012a, 45., Borčinová-Radková et al. 2017, 1092., Luptáková et al. 2016, 180-181.). Libetbánya-Podlipán (L'ubietová-Podlipa) a fakóérc 0,1 t% körüli ezüsttartalmú, ami jól korrelál a fémtárgyainkban mért adatokkal is

(Luptáková et al. 2016, Tab. 2.). Úrvölgy-Homokhegyen (Špania Dolina-Piesky) a tetraedrit szemcsék, foltok vagy akár 10 cm széles tömött erek formájában, kalkopiritrel keverve fordul elő. A régi, középkori meddőhányókról vett érces mintákban a tetraedrit ezüsttartalma 0,15 t% körüli (0,05–0,26 t%, Borčinová-Radková et al. 2017, 1092.), emellett jelentős az arzén (jellemzően 4–9 t% között), a vas (4 t% körül) és a cink (1–2,5 t% között) jelenléte is (Sejkora et al. 2013, 89, Tabulka 1-4.).

A bronztárgyak nikkell- és kobalttartalmát a rézércel együtt megjelenő járulékos ásványoknak lehet tulajdonítani. Az ún. Cu-Ni-Co-Bi-Ag típusú érctelepek jellemzője, hogy ritka geokémiai összetételük miatt az ezekből származó réz nyomelem-eloszlása bizonyos korlátokkal alkalmas az eredet meghatározására. Ilyenek pl. az Úrvölgy/Špania Dolina környéki, bischofshofeni, mitterbergi és schladmingi érctelepek (Czajlik 2012a, 41, 89.). Jellegzetes nikkell-arzén ásvány a gersdorffit (NiAsS), amely a mitterbergi érces területről is ismert (Pernicka 1999, 164, Pernicka 2014, 250). Ez az ásvány a Szepes-Gömöri ércheységben Dobsinán (Dobšiná) nagy mennyiségben van jelen, erről a területről azonban egyelőre nincsenek átfogó ércelemzési adatok (Sánta, 2011, 315, 2013, 80., Kiefer et al. 2020, Ozdín & Kúsik 2018, 74.). A nikkelskutterudit ((Ni,Co,Fe)As<sub>3</sub>) és a kobaltit (CoAsS) is, kis mennyiségben elterjedt járulékos ásvány Libetbányán (L'ubietová, Luptáková et al. 2016), a kobaltit pedig Úrvölgy-Homokhegyen is (Špania Dolina-Piesky, Borčinová-Radková et al. 2017, 1092.).

A nikkelskutterudit Dobsinán (Dobšiná) igen elterjedt, a 19. században itt kerültek elő a világ legnagyobb, 3–4 cm-es kristályai (Ozdín & Kúsik 2018, 76).

Úrvölgy-Homokhegy (Špania Dolina-Piesky) környékén régóta ismertek az őskori rézbányászat régészeti nyomai, elsősorban kőkalapácsok, illetve a lelőhelyen feltárt rézkori és bronzkori kerámia, valamint a zólyomi (Zvolen) lausitzi kincslelet (Točík-Žebrák 1989, Žebrák 1995). A környékről ismert bronzkori ingotok összetétele közeli kapcsolatot mutat az úrvölgyi fakóércekkel (Modarressi-Tehrani et al. 2016, 121.).

A bányászat a leletek és a fémvizelések alapján is a Kr. e. 4. évezredre, a középső rézkorig nyúlik vissza (Modarressi-Tehrani et al. 2016, 110, Slovenské Pravno: a Ludanice kultúra településén talált ércpörkölt, régi horpák, Czajlik 2012a, 45.). Ezt a magyaregresi középső rézkori kincslelet friss elemzési adatai is igazolják (Siklósi et al. 2022, 33–34.). A bochumi Deutsches Bergbau-Museum újabb kutatásai Libetbányán (L'ubietová-Vysoká) fémleletekkel keltezett bányászati területet, Úrvölgy-

Homokhegyen (Špania Dolina-Piesky) valószínűleg őskori bányagödröket tártak fel azon a szűkebb területen, ahol A. Točík és munkatársai ásatásán kőkalapácsok kerültek elő (Modarressi-Tehrani et al. 2015, Garner et al. 2021).

Észak-Itáliában, Trentino tartományban, az Adige folyó mentén (Trento környéke), annak hegyvidéki zónájában jelentős szulfidércesedések vannak, amelyekre a kalkopirités rézérc mellett Zn-Pb-szulfidok jellemzőek. A polimetallikus ércesedés ezüsttartalma is említésre méltó. A rézkortól művelt ércesedést a késő bronzkorban az Adige keleti mellékvölgyei mentén aknázták ki (Czajlik 2012a, 44.). A legfrissebb kutatások a bányászat két fő periódusát a Kr. e. 3. évezred közepére és a késő bronzkorra helyezik, a középkori bányászat a korábbi nyomok jelentős részét felülírta. A Kelet-Alpok más ércelelőhelyeihez képest rosszul kutatott területről nemrégiben széles körű ólomizotóp-adatbázist közöltek (Artioli et al. 2016).

A feltárt ércelemzési helyek radiokarbon dátumai Kr. e. 1450/1400–900 között szórnak, többségük 1400–1200 közé tehető (Silvestri et al. 2019, Fig. 10.).

Alig vannak ércelemzési adatok a Keleti-Kárpátok, Máramaros és az Erdélyi-ércheység (Muntii Metaliferi) területéről. A Vihorlát-Gutin-Lápos vonulat gazdag polimetallikus ércesedéseket tartalmaz, amelyek jelentősége a kiterjedése, kiaknázhatósága miatt Mitterberghez hasonlítható (Czajlik 2012a, 46., Pernicka et al. 2016b, 69.). Középső bronzkor végi, késő bronzkor eleji kiaknázását David Liversage is felvetette (Liversage 1994). A kutatás hiányossága miatt az őskori hasznosítására kevés, főképp indirekt bizonyíték utal: egy meghatározatlan korú salaklelőhely Dragomérfalván (Dragomirești), ércelemzési helyek (Erzsébetbánya/Băiut, Dragomérfalva/Dragomirești), ismeretlen korú bányák (Erzsébetbánya/Băiut), a bányaterületeken előkerült rézcsákány (Nagybánya-Kereszthegy/Baia Mare-Dealul Crucii) és tokos balta (Avasújváros/Orașu Nou, Czajlik 2012a, 46., Czajlik 2012b, 99.).

A térségre jellemző ércesedés tipikus példája a felsőbányai (Baia Sprie, RO) Fő-telér szerkezete. Ez a felszín közelében elsősorban arany- és ezüsttartalmu, bár arzén és antimon is gazdagon megjelenik benne. A telér a mélyebb szinteken ólom-cink-ércesedést tartalmaz. Rézércesedés csak a telér legmélyebb szintjén, több száz méter mélyen jelentkezik (Pernicka et al. 2016b, 69.). A témával Sánta G. is foglalkozott, bemutatva a régió főbb ércesedéseinek geológiai és ásványtani jellegét (Szabó et al. 2022, 26–35., Sánta 2023, 21–29.). A rézérc nagy mélysége kétségessé teszi a felsőbányai telérek bronzkori rézbányászatát. A nagybányai (Baia Mare) érces régió ólomizotópadatai részben átfedésben vannak a szlovákiai és

mitterbergi adatokkal, de elkülönülnek a Cseh-Szász Érchegeység (Erzgebirge) adataitól (Pernicka et al. 2016b, Fig. 15.).

Az Erdélyi-érchegeység (Muntii Metaliferi, pl. Bucsony/Bucium, Verespatak környéke, Veresmező/Poiana Rosie) rézércesedése porfirós típusú, azaz a kőzetben szétszórtan, alacsony koncentrációban van jelen a rézérc, ennek őskori kiaknázása az érc nagy mélysége és nagyon alacsony fémtartalma miatt igen valószínűtlen, csak a modern bányászati technológiával lehetséges (Pernicka et al. 2016b, 69.). Az erről a területről rendelkezésre álló ólomizotóp-arányok eltérnek a fentebbiektől ( $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ : 18,63–19,07,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ : 15,594–15,690,  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ : 38,25–38,81, Macroux et al. 2002, Table 2.). Az aranybányászatot túl Aranyosbányáról ismeretlen korú rézbánya és 32 db olvasztókemence is ismert (Czajlik 2012a, 47.). A romániai Bánság középső részén, Vaskő (Ocna de Fier), Dognácska (Dognecea) környékén jelentős polimetallikus ércesedések vannak. Itt a jura-alsó kréta korú mészkőbe benyomult granodiorit kontaktmetamorf ércesedést hozott létre, amelynek fő ásványai a magnetit és a hematit (vasérc), de a járulékosan keletkezett réz- és színesércnek mennyisége is jelentős (Ciobanu & Cook 2001, 2004). A felszíni kibúvással is rendelkező ércetek kiaknázása a 18. században kezdődött, korábbi művelésük nem ismert. A délebbre lévő Újmoldova (Moldova Noua) rézércesedése is ebbe a kontaktmetamorf övbe illeszkedik, amelynek oxidos érceit már a réz korban fejthették, erre Corneánál kisebb horpák utalnak (Czajlik 2012a, 47.).

A Közép-Balkán és egyben Európa egyik legfontosabb, vizsgált területünkhöz közeli rézércesedési Rudna Glava, Bor, Majdanpek környékén találhatóak. Bor ércesedését a Timok-masszívum felső-kréta korú kőzetben enargit-luzonit ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ) tömzsök és telérek felszíni kibúvási alkotják, amelyek jelentős oxidációs övvel rendelkeznek, fő ásványai a fentiekén kívül a bornit ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ) és a kalkozin ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ). Majdanpek hidrotermás ércesedésének fő ásványai a pirit ( $\text{FeS}_2$ ), kalkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ ) és a bornit (Czajlik 2012a, 47). Ezek őskori kiaknázása régóta ismert, a késő neolitikum és rézkor időszakától, egészen a Kr.e. 3. évezred közepéig az oxidációs övben lévő, felszín közeli, könnyen kitermelhető és kohósítható oxidos érceket termelték. A mélyebben lévő, át nem alakult szulfidos ércek kitermelése, kohósítása nehezebb. Kelet-Szerbia területén az első kézzelfogható nyomok a bronzkori fémfeldolgozásra a Bor környéki Trnjane, Ružana és Čoka Njica lelőhelyekről származnak (salakok, érc- és rézdarabok, kohó). A lelőhelyeken talált ércdarabokban kovellin ( $\text{CuS}$ ), enargit ( $\text{CuAsS}_2$ ) és pirit található kvarcos mátrixban, ezek jól illeszkednek a helyi ércesedés ásványi összetételéhez. A

salakokban megmaradt ércszemcsék SEM-EDS vizsgálata kalkopiritos kiinduló ércre enged következtetni, amely ásvány szintén jelen van a bori ércesedésben (Mehofer et al. 2021, 1-4).

### ***A Kr. e. 1700–1500 közötti időszak fémnyersanyagai***

A vizsgált tárgyak összetételét a térben és időben hozzájuk legközelebb álló leletekkel hasonlítjuk össze. A korai halomsíros időszak az Alföldön már a Kr. e. 16. században, valószínűleg 1600/1550 körül megkezdődhetett (l. Kiss et al. 2019), így a Hajdúsámson köré egy periódussal korábbi, az apai kincs és a koszideri korszak leletei pedig kissé korábbiak vagy egyidősek a vizsgált tárgyaink egy részével. A Halomsíros-kultúra Reinecke B-C periódusban használt jánoshidai temetőjéből kapott friss C-14 adatok a temető használatát a Kr. e. 15. századra teszik (Csányi 2019, 56, 4. grafikon). A Dél-Alföldön az általunk is vizsgált Tápé-Széntégláégető halomsíros temetője Kr. e. 1450–1350 közé keltezhető (O'Shea et al. 2019, Fig. 5., 8.). Szerencsés véletlen, hogy a vizsgálatunkba bevont sírok közül négyből is rendelkezésre állnak radiokarbon dátumok (Tápé 462. sír: 1450 BC, a temető korai időszaka, Tápé 25. és 518. sír: 1400 BC, a temető használatának közepe, Tápé 324. sír: 1350 BC, a temető használatának késői időszaka, l. **1. melléklet**, O'Shea et al. 2019, Fig. 5.).

A késő bronzkori fémművesség során feltűnő jellegzetességek, pl. különleges ötvöző anyagok használata a vizsgált anyagban nem jellemző, anyagunk egyértelműen a vele egyidős és korábbi fémtárgyak összetételével mutat rokonságot, azokkal hasonlítható össze.

A vizsgált területünkről már a stuttgarti nagy őskori fémvizsgálati projekt során is elemeztek tárgyakat. Ezek alapján a bogárzói temetőből elemzett fémek 6–7 t% ónt, 0,5–0,7 t% arzént, 0,1–1 t% antimont, 0,2–0,4 t% nikkelt tartalmaztak, bizmut és ezüst jelenléte nem igazolható. A bilisicsi temetőben talált tárgyak és a Tisza-mederben Szegednél talált lelet 6–10 t% ónt; 3 esetben (bilisicsi karperecek) 0,3 t% körüli ólmot, 0,2–1,65 t% arzént 0,15–1,85 t% antimont 0,37–0,84 t% nikkelt tartalmaztak minimális ezüst (0,05 t% vagy az alatt) jelenléte mellett (Krause 2003, CD-melléklet, Sánta 2011, 311.). Az adatok hasonlóak a most kapott eredményekhez, egyedül az ezüstöt mértük átlagban kicsit nagyobbban. A jellemzett tárgyakat az Einheitskupfer/Ostalpines Kupfer csoportba sorolták. A stuttgarti törzsfán ezek az FB1-2 csoportba tartoznak (Junghans et al. 1968).

A hajdúsámsoni (Reinecke A2/ Mozsolics BIIIa), téglási (Reinecke B1/Mozsolics BIIIb, Koszider) és apai kincsekről a legutóbbi időben számos fémosztétel-, és ólomizotóp-elemzés készült



(Pernicka 2013, Dani et al. 2013, Pernicka et al. 2016b). A téglási kard pengéjének és a csákánynak az összetétele, a nyomelemek (As, Sb, Ag, Ni) terén hasonló a vizsgált mintáink összetételéhez. A hajdúsámsoni és vámospércsi leletek As- és Ni-tartalma hasonló, de az Sb- és Ag-tartalom sokkal alacsonyabb (Pernicka 2013, Table 1-2.). A hajdúsámsoni lelet tárgyainál, és a téglási kard markolatánál arra jutottak, hogy ezek alacsony szennyezőanyag-tartalmú rezének forrása egyértelműen Mitterberg. Ezzel ellentétben a közel egyidősként kezelt téglási kard pengéje és egy vámospércsi csákány reze inkább a Garam-völgyből származik, de nem zárható ki teljesen Mitterberg sem (Pernicka 2013, 54.). Ez utóbbi eredményt erősítette meg a Dani János vezette kutatócsoport is, de felhívta a figyelmet a téglási lelet későbbi datálására, amit a nyomelem-arányok eltérései is alátámasztottak. A tárgyakat hosszabb időszakon keresztül gyűjtötték össze (Dani et al. 2013, 44-45.). A szendrőládi nyakkorongos csákány (A1-es típusú, korai hajdúsámsoni kincshorizont) éléből vett minta nagy ezüst-, arzén és nikkeltartalma (Barkóczy et al. 2011, 295, 1. táblázat) is inkább utal egy fakóérces, talán szlovákiai forrásra, mintsem mitterbergi eredetre.

Az apai lelet (MDI, Reinecke B1/Koszider) nyomelem-mintázata szintén az általunk vizsgálttól eltérő, nagy As- és Ni, de kis Sb- és Ag-tartalmat mutat. Nyomelemeik és ólomizotóp-arányaik arra utalnak, hogy a tárgyak mitterbergi rézből készültek. A térben közeli Nagybánya (Baia Mare, RO) ércesedése az ólomizotóp-arányok tanúsága alapján kizárható (Pernicka et al. 2016b, 69, Fig. 17., 20-21.). A hasonló korú Tărian-i korongos végű csákány és számos más középső és késő bronzkori tárgy (Ösenring-ek, csákányok, török, sarló, Pernicka et al. 2016b, Tab. 4.) vizsgálata során azonban egy nagy ezüst- és változó nikkeltartalmú rézanyagot találtak, amelynek forrásterületét a Garam-völgyben feltételezik (Pernicka et al. 2016b, 78.). Ernst Pernicka és munkatársai arra a következtetésre jutottak, hogy az apai, hajdúsámsoni, téglási kincsek, és más hasonló korú fémtárgyak rézanyaga többféle forrásból származik. A hajdúsámsoni és apai leletek kardjai és csákányai a mitterbergi főtélér (ahogy korábban láttuk, alacsony szennyezőanyag-tartalmú) rezéből készültek, míg más leletek nyersanyaga leginkább a szlovákiai Garam-völgy felé mutat. Felteszik, hogy a technikailag kihívást jelentő tárgyak (kardok, spirális kartekercsek) előállításához jó minőségű nyersanyagot igyekeztek használni, ezért választották a mitterbergi rezet (vö. Nessel & Pernicka 2020, 364.). E. Pernicka és kutatócsoportja azt állítja, nincsen közvetlen kapcsolat a fém kiválasztása és a kész tárgy társadalmi-szimbolikus jelentése között, ahogy azt a tăriani csákány nyersanyaga bizonyítja. A fém nyersanyag beszerzése több forrásból történhetett,

így Mitterbergből, amelynek kiterjedt kereskedelmi hálózata jött létre a közép-európai korai bronzkor végén (Reinecke A2), továbbá a szlovákiai Garam-völgy ércesedéseiből is. Azt is felvetik, hogy néhány tárgyhöz a Nagybánya (Baia Mare) környéki telepek rezét használhatták, amit az ólomizotóp-arányok talán megengednek (Pernicka et al. 2016b, 82.). Az egyes depók tárgyait egyszerre készítették, nagyon hasonló nyersanyagból, és nem gyűjtötték hosszabb időn át (Pernicka et al. 2016b, 78.).

Ez ellentétben áll Dani J. és kutatócsoportja eredményeivel, akik a tárgyak hosszabb idejű összegyűjtésével számolnak, és igazolják, hogy a hajdúsámsoni kardot sohasem használták (Dani et al. 2013, 44-45.).

A délnémet, kelet-alpi bronztárgy-elemzések alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a régióban a helyi kora bronzkor végéig (Reinecke A2, Kr. e. 1600 k.) a „fakóérces réz” (fahlore copper) használata dominál, ekkor azonban megjelenik a sokkal tisztább mitterbergi „kalkopirités” réz (chalcopyrite copper), amely a középső bronzkorban (Reinecke B-C) kizárólagossá válik. A középső bronzkor végén (Reinecke D), késő bronzkorban ismét megjelenik a „fakóérces” fém típus (Pernicka et al. 2016a, Fig. 20., Radivojevic et al. 2018, Fig. 10., Kiss 2020, 317-318., Fig. 3.). A mitterbergi főtélér legintenzívebb használata 1500–1300 BC közé tehető (Pernicka et al. 2016a, Fig. 4-6.).

Bianka Nessel és Ernst Pernicka szintén hangsúlyozzák a mitterbergi eredetű nyersanyag elterjedését a közép-európai korai bronzkor végén. Véleményük szerint ez az alacsony szennyezőanyag-tartalmú („kalkopirités”) réztípus jobb minőségű tárgyak előállítását tette lehetővé, így a kelet-alpi közösségek magasabb fokú specializációját mozdította elő. A korszak elején (1800 BC körül) inkább ingotok, a végén (1600 BC körül) inkább ötvözött kész tárgyak formájában történt a fém kereskedelme. Kr. e. 1650 BC előtt a szlovákiai Garam-völgy fakóérces jellegű, és a mitterbergi kalkopirités réz együttes használata jellemző, később a mitterbergi fém dominánssá válik. Ez a fém már ekkor (a korai Hajdúsámson-Apa kardok időszakában) kész, kidolgozott, de esetleg díszítetlen tárgyak (pl. csákányok), vagy ezek részei (kardpengék, markolatok, szegecsek, stb.) formájában vándorolhatott, amelyeket a végső felhasználás helyén alakítottak végleges formájúra, vagy díszítettek a helyi szokások szerint. A késői típusú Hajdúsámson-Apa kardok már egybeöntött formában készültek, amely magasabb szintű mesterségbeli tudást feltételez. A cikkírók szerint a magas minőségű kardok kiváló nyersanyagot, magasan képzett szakembereket és hatékony munkafolyamatokat igényeltek (Nessel & Pernicka 2020, 364.). A téglási fegyverek származási helye és az ekkor megjelenő, Kárpát-medencére jellemző Zungen-

barrenek jelenléte azonban arra utal, hogy a fentebb vázolt kép csak részben lehet igaz (utóbbi téma részletes kifejtését l. lentebb).

A Hajdúsámson-Apa kör Pb-, Sn- és Cu-izotóparányainak részletekbe menő elemzésével Daniel Berger és munkatársai egy hipotézist állítottak fel, amelynek a lényege a különböző forrásból származó fémek keverése, ill. ezek azonosítási lehetőségei. A Hajdúsámson-Apa körnél a mitterbergi és a szlovákiai Garam-völgyből származó réz nyersanyag használatát, ill. különböző arányú keverését állítják (Berger et al. 2022, 62-70.). Néhány esetben (pl. az alsótanyai csákánynál és a majsai tünél) mi is elképzelhetőnek tartjuk a fém típusok keverését.

Érdekes kép bontakozik ki az északi bronzkor és a Kárpát-medence kapcsolatáról Johan Ling és munkatársai kutatása nyomán. A széles körű fém elemzések alapján egyértelmű, hogy a Kárpát-medencei középső bronzkor II. periódusának végétől intenzív kapcsolat alakult ki a Kárpát-medence és a mai Észak-Németország, Dánia között. Régóta ismert, hogy az ottani kora bronzkor I-III-ba sorolható kardok (pl. Valsømagle, Stensgård, Dystrup, stb., Bunnefeld 2016a, 2016b) tipológiailag nagyon erős kapcsolatot mutatnak a Hajdúsámson-Apa körrel. Az elemzési adatok azt mutatják, hogy ezek a tárgyak döntő részben szlovákiai, Garam-völgyből származó réz nyersanyagból készültek, de szintén megjelenik köztük a mitterbergi fém, illetve cornwalli és észak-olasz kelet-alpi nyersanyag is. A százhalombattai tellen talált fémtárgyak között dominálnak a mitterbergi vagy kevert mitterbergi/Garam-völgyi nyersanyagból álló tárgyak, de egy tiszta réz ingot és a fémfeldolgozásra utaló hulladék összetétele tisztán szlovákiai eredetű tükröz. A szerzők azt állítják, hogy az északi bronzkorral való erős tipológiai és nyersanyagbeli kapcsolat arra utal, hogy a Kárpát-medence és a dél-skandináv régió osztozott a fém nyersanyagforrásokon, a fém beszerzése közös területről történt, azonos kapcsolatrendszerben, amelyben a Kárpát-medencei tellek (különösen Százhalombatta) fontos, esetleg elosztó szerepet tölthettek be (Ling et al. 2023, 21-23.).

Marianne Mödlinger, Peter Trebsche és munkatársai a Prigglitz-Gasteil-i késő bronzkori (1350–800 BC) bányász- és fémművestelepelt kutatták, ahol rézércdarabok, öntőlepenyek, kész-termékek és törött bronztárgyak kerültek elő. A kisebb volumenű helyi bányászat tárgyát a döntően kalkopirit, kiugróan alacsony ólomtartalmú helyi érc képezte, de a fémfeldolgozás során használtak máshonnan származó, legfőképpen szlovákiai, Garam-völgyi rezet is. Ezt a helyi és a környék más kelet-alpi bányáiból származó rézzel, valamint régi, újra felhasznált, törött bronztárgyakkal keverték. A szerzők által felvázolt kép szerint az itteni későbronzkori fémfeldolgozó közösség széles körből szerezte be a réz nyersanyagot, az ellátásban

pedig fő szerepet játszhatott a Garam-völgy (Mödlinger et al. 2021, 26-29.).

A Kárpát-medencei rézbányászat és nyersanyag kereskedelem legújabb, diakrón áttekintésében Kiss V. és Romhányi B. is arra a megállapításra jut, hogy a fakóérces jellegű rézérc használat a korai bronzkor végéig döntő jelentőségű Közép-Európa fémellátásában, Kr. e. 1600 után viszont a kalkopirit érc szinte kizárólagos használata figyelhető meg egészen 1400 környékéig. A késő bronzkorban, különösen annak második felében a fakóérces jellegű rézérc ismételt térnyerése figyelhető meg. Utóbbiak legfontosabb forrása a Garam-völgy ércesedése lehetett. A régióban, bizonytalan ideig tartó hiátus után a középkor végén, a 15. században lendül fel ismét a rézérc termelés, amelynek nagy ezüsttartalma komoly hasznot hozott a bányákat az 1500-as években üzemeltető Thurzó-Fugger-vállalkozásnak (Kiss & Romhányi 2023, 12-15.).

A Balkán hasonló korú (Kr. e. 2000–1500) leleteit Mathias Mehofer és Mario Gavranović kutatócsoportja vizsgálta. Bor érclelőhelyéhez közel három bronzkori településen (Trnjane, Ružana, Čoka Njica) találtak fémfeldolgozásra utaló közvetlen bizonyítékokat: nagy mennyiségű salakot, rézcseppeket és kemencét. A salakokban lévő ércmaradékok és *matte* (rézkohászati köztes termék) elemzése helyi érc feldolgozására utal. A településeket nagyjából Kr. e. 1900–1700 között használták, és nincs jele Kr. e. 1600 utáni aktivitásnak (Mehofer et al. 2021, 2-7.).

A Közép- és Nyugat-Balkán bronztárgyainak elemzésekor alapvetően két nyersanyag típust tudtak elkülöníteni: egy kis szennyezőanyag-tartalmú, egyedül arzénban gazdagabb típust, és egy nagyobb nyomelem tartalmú fém, amiben nikkelt, antimon és ezüst is megjelenik. A kis szennyezőanyag-tartalmú réz összetétele hasonló a Bor környéki Kr. e. 1900–1700 közötti telepeken talált *matte* nyomelem arányaihoz, ólomizotóp-mintázatuk a bori és a szintén helyi, lipai ércesedés ólomizotóparányaihoz hasonló, ez helyi forrásra utal (Mehofer et al. 2021, 8-10, Fig. 12-14.). A korábbi, Br. A2-B1 szakaszok közé keltezhető tárgyak mind ebbe az első csoportba tartoznak. Kr. e. 1600 előtt tehát döntően helyi, a bori és a geokémiailag kevésbé kutatott lipai ércesedésből származik a réz.

Kr. e. 1600 körül jelenik meg a nagyobb nyomelem tartalmú nyersanyag, amely az ólomizotóparányok alapján észak-itáliai eredetű, Trentino környékéről származik (Mehofer et al. 2021, 9-11, Fig. 14.). Ezzel párhuzamosan a Juhor típusú karperecek (a Közép-Balkán jellegzetes tárgytípusa a B2-C időszakban) nyersanyaga még gyakran bori eredetű tisztább fém, ez a helyi fém forgalmának és/vagy termelésének továbbélését mutatja (Mehofer et al. 2021, 9.). Tehát a vizsgált

területünkhöz közel, a B2-C időszakban a helyi, bori réz háttérbe szorulása és az Észak-Itáliából származó nyersanyag növekvő aránya figyelhető meg. Ennek a fémnek a nyomelem-mintázata nagyon hasonlít a mi leleteinkben megfigyelthez (**11. ábra**, Mehoffer et al. 2021, Fig. 12-13., Table 1., pl. 311., 313., 326., 327., 346., 420., 10\_Som, 11\_Som, 12\_Som kódjelű tárgyak).

Valamivel korábbi (Kr. e. 2600–1900) dél-lengyelországi réztárgyak vizsgálata arra vezetett, hogy a fém szlovákiai, Garam-völgyi eredetű, azon belül Úrvölgy/Špania Dolina, Libetbánya/ L'ubietová és Pónik/Poniky a legvalószínűbb forrásterület (Bugaj et al. 2019, 316.).

A félkész termékek és öntőformák kérdéskörével itt nem foglalkozunk részletesen, ezért csak néhány meglévő információt vetünk össze.

A kozideri időszak jellegzetes félkész termékei a Zungenbarrenek (nyelv alakú öntecsek), amelyek használata kizárólag a Kárpát-medencére és csak a kozideri időszakra jellemző. Ezeket ötvözött vagy ötvözetlen formában is készítették, többféle, vélhetően regionális nyersanyagból (Czajlik 2012b, 73, 92, Schubert & Schubert 1967, 189).

Öt, régebben elemzett Zungenbarren közül négy már ötvözött volt, egy nyersrész (Art. Nr. 382. Somogy megye). Kettő nagyobb ezüsttartalmú (0,17 és 0,28 t%), antimon, arzén és nikkeltartalommal (Art. Nr. 6399, Kölesd, Art. Nr. 314, Törökszentmiklós). Ezeket talán a Garam-völgyből származtathatjuk.

Kettő kis ezüsttartalmú, arzénnel és nikkellel, de antimon nélkül (Art. Nr. 382. Somogy megye, Art. Nr. 58. Dunaföldvár). Véleményünk szerint ezek a tárgyak mitterbergi eredetű rézből készültek, különösen a Somogy megyei ötvözetlen Zungenbarren.

Az ötödik kis ezüsttartalom mellett nagyobb nyomelem arányokat mutat (Art. Nr. 200., Sárbogárd). Utóbbi talán többféle réz keveréke vagy forrásterülete eltérő. (Schubert & Schubert 1967, 192-202., elemzési adatok táblázata.)

A fémművesség nyomai gyakoriak a Halomsíros településeken. A leggyakoribb leletek az öntőformák, ezek legutóbb Visegrád-Diósról, Kozármisleny 97. lelőhelyről, Siklós, 2. sz. Téglagyárról, valamint Paks-Gyapa – Rostipusztáról kerültek elő (Mali, 2020, 290-291.). A Halomsíros fémfeldolgozás egyik legfontosabb bizonyítéka a 41 darabos soltvadkerti öntőformadepó (Gzadapusztai 1959, Ilon 2021, Fig. 3/73., Ilon 2022, Fig. 3/82.). Az említetteken kívül még nagyjából egy tucat helyről ismertek a kultúra öntőformái (pl. Hegyeshalom, Keszthely, Siklós, Vát, Gelsesziget, Budapest XI, XIV, Balatonmagyaród, stb., Ilon 2022, Table 2-3.). Félkész és rontott darabokra bukkantak több dunántúli

lelőhelyen (Kozármisleny 97. lh., Hosszúhetény-Ormánd, Mali 2020, 290.), és a Dél-Alföldön is (bronzdarab és olvadék, Üllés, Petőfi-dűlő, kiskunmajsai határ II., Varga 2012, 105-106.). A Siklós 2. sz. Téglagyáron előkerült földbe ástott V/VIIa ház (gazdasági épület) a benne talált szárnyas balta öntőforma és a két nagyméretű kemence miatt esetleg fémműves műhely is lehetett, amit a kerámialeletek alapján a kései halomsíros időszakban használhattak (Mali 2020, 287, 291, 79b. ábra).

### **Összegzés és továbblépés**

Ebben a cikkben a korábbi, 2010-2011-es projektünk (Sánta 2011, Sánta 2013, Šmit 2015) eredményeit értékeltük újra. A 39 tárgy alapanyaga As, Sb, Ni, Ag-nyomelem tartalmú réz. Három csoportot tudunk elkülöníteni köztük: 1-1a. egy átlagos összetételű, 2. egy kiugró cink-, és 3. egy kiugró ólomtartalmú csoportot. Az alapfém nyomelemeinek 1 nagyságrendnyi varianciája megfelel az érctelepeknél tapasztalható természetes változatlanságnak. Valószínűleg nem számolhatunk a fémek széles körű újrafelhasználásával, de esetlegesen előfordulhatott a fémek keverése.

A tárgyak egy csoportja 0,5–2 t% átlagos cinktartalmat mutat. Ezek a Dorozsma-Majsai Homokhátságról, a halomsíros kultúra korai időszakába datált temetőkből (Bogárzó, Röske) származó, illetve tipológiai szempontból is korai típusú tárgyak. Egyfajta kohászati tudás (mester-tradíció?), és/vagy érc/fém típus jellemző a korai halomsíros periódusra (Reinecke B1-2), és a Dorozsma-Majsai Homokhátság egy részére, és az adatok alapján nincs jelen a tápéi temető bronzműves-tradíciójában. A vizsgált két sarlós tűt (Bilicsics, Tömörkény) szinte biztosan ugyanabból a nyersanyagdarabból, ugyanaz a mester készítette.

A Szeged-Alsótanya-kancsalszéli tüskés-korongos csákány anyaga nagy tisztaságú, kis nyomelem-tartalmú réz (1a csoport). Ezt a nagy tisztaságú rezet tudatosan, fejlett kohászati technikával, gondos tisztítással, salaktalanítással, mitterbergi vagy észak-itáliai rézből, vagy azzal való keveréssel hozták létre annak érdekében, hogy a fegyverként használt csákány a legkiválóbb minőségű legyen.

Az ugyanazon sírokból előkerült tárgyak többségénél kimutatható valamiféle kapcsolat a tárgyak között. Az Ásotthalom-királyhalmi, valamint a Kiskundorozsma-Átokháza-dűlői karperecek közül kettő bizonyosan azonos nyersanyagból, egyszerre készült.

A vizsgált tárgyak bizonyos nyomelemeiből képzett aránypárokat releváns publikációkból vett, azonos skálázású diagramokra vetítettük. Ezeket a leleteket egy zárt csoportot alkotnak, ami a kulcsfontosságú Ag/Ni diagramon egyértelműen elkülönül a

mitterbergi eredetű tárgytól, és átfedésben van a szlovákiai Garam-völgyből ismert ércminták, réz- és bronztárgyak Ag/Ni arányaival (**6. ábra**). A nyomelemek alapján a fém észak-itáliai (Trentino) eredete is komolyan számításba vehető (**11. ábra**, Mehofer et al. 2021, Fig. 12-14., Table 1.). A kérdés megnyugtató eldöntéséhez ólomizotóp-vizsgálatokra lenne szükség.

Eredményeinket a Hajdúsámson-Apa kör és a koszideri időszak más fémvizsgálási adataival hasonlítottuk össze. A téma kutatói körében konszenzus van a Garam-völgyi érctelepek intenzív kora és középső bronzkori műveléséről, ahonnan az északi bronzkor fémnyaga is javarészt származik (Schreiner 2007; Duberow et al. 2009; Nessel & Pernicka 2020; Siklósi et al. 2022). Ez széles körű kapcsolatrendszert feltételez, amelyben a Kárpát-medencei közösségek közvetítő szerepet játszhattak. Kr. e. 1600 körül fontosabbá, illetve csaknem kizárólagossá válik a mitterbergi kalkopirités érc bányászata, amelyből tisztább, jobb minőségű réz kohósítható. Vannak arra utaló adatok, hogy a különböző forrásokból származó réz nyersanyagokat keverhették.

Az itt tárgyalt adataink azt mutatják, hogy a Dél-Alföld Halomsíros-kultúrája a vizsgált időszakon belül (Kr. e. 1600/1550–1400/1350) feltehetőleg Garam-völgyi vagy észak-itáliai (Trentino), egy esetben talán mitterbergi, illetve esetleg több forrásból származó kevert réz nyersanyagot használt.

A fém nyersanyag forgalmáról csak sejtéseink lehetnek, a koszideri időszakban a Zungenbarrenek használata volt jellemző, de Halomsíros temetőkből és telepekről nem ismerünk ilyet. A Halomsíros-kultúra fémfeldolgozásának igen fontos bizonyítéka a 41 darabos soltvadkerti öntőforma-depó (Gazdapusztai 1959, Ilon 2021, Fig. 3/73., Ilon 2022, Fig. 3/82.).

A Szepes-Gömöri-érchegység (Dobsina, Rozsnyó környéke), érctelepeiről kevés adattal rendelkezünk, így egyelőre fehér folt a fémnyersanyagok eredetének régészeti kutatásában (Czajlik 2012a, 45., Kiefer et al. 2020, Ozdín & Kúsik 2018, de pl. Schreiner 2007 kutatási területe már nem terjed ki rá). A geológiai szakirodalom feldolgozása, nagy volumenű érc- és fémvizsgálások elvégzése, a régészeti anyag és az érctelepek összevetése, és komoly terepi munka lenne szükséges az előrelépéshez.

A munka közvetlen folytatásaként fontos lenne a megvizsgált tárgyak (vagy egy részük) ólomizotóp-vizsgálata, amely alkalmas lehet a feltételezett forrásterület pontosítására.

Továbblépést jelenthet a nagy Halomsíros temetőkből (Tiszafüred, Jánoshida, Mezőcsát, Jobbágyi, stb.) előkerült fémnyersanyagok korszerű vizs-

gálata, és az egyes sírok fémnyersanyagainak mikroszintű, összehasonlító elemzése. A fémvizsgálások segítségével nyújthatnak a temetők szociális szerkezetének feltárásában is, ha sikerül azonos nyersanyagú tárgyakat, tárgycsoportokat kimutatni. A félkész vagy standardizált termékek, öntőformák, fémnyersanyagokra utaló más bizonyítékok részletesebb vizsgálata is várat magára. Izgalmas lenne végigkövetni a nyersanyag útját az Ipoly és Duna menti lelőhelyek: Komáromszentpéter/Sväty (Dolny) Peter, Ipolyszalka/Salka, Letkés, Üröm, Szécsény, Budapest, Százhalombatta és Sükösd fémleleteinek elemzésén keresztül.

### Köszönetnyilvánítás

Munkánkat az Európai Közösség SPIRIT (Ionnyaláb-technológiával végzett közösségi és ipari kutatások támogatása) projektje, 227012. szerződésszám alatt támogatta.

### A szerzők tudományos közreműködése

**Sánta Gábor** Kutatástervezés, Módszertan, Kísérletvezetés, Adatkezelés, Vizualizáció, Ellenőrzés, Adminisztráció, Pályázás, Eredeti kézirat, Javított kézirat. **Žiga Šmit** Módszertan, Programozás, Validálás, Kísérletvezetés, Formai elemzés, Adatkezelés, Vizualizáció, Pályázás, Javított kézirat.

### Irodalomjegyzék

- ARTIOLI, G., ANGELINI, I., NIMIS, P. & VILLA, I. M. (2016): A lead-isotope database of copper ores from the Southeastern Alps: A tool for the investigation of prehistoric copper metallurgy. *Journal of Archaeological Science* **7** (Nov 2016) 27–39. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.09.005>
- BALLIANA, E., ARAMENDÍA, M., RESANO, M., BARBANTE, C. & VANHAECKE, F. (2013): Copper and tin isotopic analysis of ancient bronzes for archaeometrical investigation: development and validation of a suitable analytical methodology. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **405/9** 2973–2986. <http://dx.doi.org/10.1007/s00216-012-6542-1>
- BARAN, J., DRNŽÍKOVÁ, L. & MANDÁKOVÁ, K. (1970): Sn-W zrudnenie viazané na hnilecké granity. *Mineralia Slovaca* **II/6** 159–165.
- BARKÓCZY P., KOVÁCS Á. & P. FISCHL K. (2011): Óskori réz és bronz leletek metallográfiai és metallurgiai vizsgálata. *Archeometriai Műhely* **VIII/4** 293–303.
- BERGER, D., SOLES, J. S., GIUMLIA-MAIR, A., BRÜGMANN, G., GALILI, E., LOCKHOFF, N. & PERNICKA, E. (2019): Isotope systematics and chemical composition of tin ingots from Mochlos (Crete) and other Late Bronze Age sites in the eastern Mediterranean Sea: An ultimate key to tin provenance? *PLoS ONE* **14/6** e0218326:1–46.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218326>

BERGER, D., BRÜGMANN, G., BUNNEFELD, J.-H. & PERNICKA, E. (2022): Identifying mixtures of metals by multi-isotope analysis: Disentangling the relationships of the Early Bronze Age swords of the Apa-Hajdúsámson type and associated objects. *Archaeometry* **64/1** 44–74.

<https://doi.org/10.1111/arc.12714>

BORČINOVÁ-RADKOVÁ, A., JAMIESON, H., LALINSKÁ-VOLEKOVÁ, B., MAJZLAN, J., ŠTEVKO, M. & CHOVAN, M. (2017): Mineralogical controls on antimony and arsenic mobility during tetrahedrite-tennantite weathering at historic mine sites Špania Dolina-Piesky and L'ubietová-Svätodusná, Slovakia. *American Mineralogist* **102** 1091–1100.

<https://doi.org/10.2138/am-2017-5616>

BROSKA, I., KUBIŠ, M., WILLIAMS, T. & KONEČNÝ, P. (2002): The compositions of rock-forming and accessory minerals from the Gemeric granites (Hnilec area, Gemeric Superunit, Western Carpathians). *Bulletin of the Czech Geological Survey* **77/2** 147–155.

BRÜGMANN, G., BERGER, D. & PERNICKA, E. (2017): Determination of the Tin Stable Isotopic Composition in Tin-bearing Metals and Minerals by MC-ICP-MS. *Geostandards and Geoanalytical Research* **41/3** 437–448.

<http://dx.doi.org/10.1111/ggr.12166>

BUGAJ, U., NEJBERT, K., ILNICZKI, S., WIECIŃSKI, P., ONYSZCZUK, T., GARBACZ, H. & WŁODARCZAK, P. (2019): Copper sulphosalts in early metallurgy (2600-1900 BC) - chemical-mineralogical investigation of artefacts from southern Poland. *Geological Quarterly* **63/2** 302–318.

<http://dx.doi.org/10.7306/gq.1473>

BUNNEFELD, J.-H. (2016a): Crafting Swords. The emergence and production of full-hilted swords in the Early Nordic Bronze Age. *Praehistorische Zeitschrift* **91/2** 379–430.

<https://doi.org/10.1515/pz-2016-0023>

BUNNEFELD, J.-H. (2016b): *Älterbronzezeitliche Vollgriffschwerter in Dänemark und Schleswig-Holstein*. Wachholtz Murmann Publishers, Kiel, 366 pp.

CIOBANU, C.L. & COOK, N.J. (2001): Paragenesis of Cu-Fe ores from Ocna de Fier-Dognecea (Romania), typifying fluid plume mineralization in a proximal skarn setting. *Mineralogical Magazine* **65** 351–372.

CIOBANU, C.L. & COOK, N.J. (2004): Skarn textures and a case study: the Ocna de Fier-Dognecea orefield, Banat, Romania. *Ore Geology Reviews* **24** 315–370.

CSÁNYI M. (2019): Kik voltak ők és honnan jöttek? Abszolút időrendi adatokból leszűrhető következtetések a jánoshidai késő bronzkori temetőben. *Tisicum* **XXVII** 47–64.

CZAJLIK Z. (2012a): *A Kárpát-medence fémnyersanyag-forgalma a későbronzkorban és a vaskorban*. ELTE Bölcsészettudományi Kar kiadványa, Budapest, 171 pp.

CZAJLIK Z. (2012b): A fémnyersanyagok őskori kohósításának nyomai a Kárpát-medencében. *Archeometriai Műhely* **IX/2** 97–104.

DANI J., TÖRÖK Zs., CSEDREKI L., KERTÉSZ Zs. & SZIKSZAI Z. (2013): A hajdúsámsoni kincs PIXE vizsgálatának tanulságai. *Gesta* **XII** 30–47.

DUBEROW, E., PERNICKA, E. & KRENN-LEEB, A. (2009): Eastern Alps or Western Carpathians: Early Bronze Age Metal within the Wieselburg Culture. In: KIENLIN, T.K. & ROBERTS, B. W.: *Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway*. *Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie* **169** Bonn 336–349.

FOLTINY I. (1957): *A Halomsíros és lausitzai kultúrák nyomai Szeged környékén – Spuren der Hügelgräber und der Lausitzer Kultur in der Umgebung von Szeged*. *Régészeti Füzetek* **4** Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest, 74 pp.

GAZDAPUSZTAI, Gy. (1959): Der Gussformfund von Soltvadkert. *Acta Archaeologica Hungarica* **9** 265–288.

GARNER, J., MODARRESSI-TEHRANI, D. & BÁTORA, J. (2017): Bergauf – Bergab – Die Suche nach dem bronzezeitlichen Bergbau. – Do kopce – z kopce – Hledání dolů doby bronzové. *Acta rerum naturalium* **21** 203–224.

GARNER, J., CHEBEN, M., DEMANT, D., MODARRESSI-TEHRANI, D. & ZEILER, M. (2021): Die Montanarchäologischen Untersuchungen im Grantal und Umgebung. In: GARNER, J. & STÖLLNER, T. Hrsg., *Das Grantal und sein Umfeld (Slowakisches Erzgebirge). Nutzungsstrategien eines sekundären Wirtschaftsraums während der Bronzezeit*. Verlag Marie Leidorf GmbH, Bochum, 9–133.

HAUBNER, R. & STROBL, S. (2022): Considerations on Copper Smelting from Fahlores and the Metallurgy of Cu-As Bronzes. *Berg- und Hüttenmännische Monatshefte*, **April 2022** 1-11. <https://doi.org/10.1007/s00501-022-01230-6>

HAUSTEIN, M., GILLIS, C. & PERNICKA, E. (2010): Tin Isotopy—A New Method for Solving Old Questions. *Archaeometry* **52/5** 816–832. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2010.00515.x>

HÄNSEL, B. (1968): *Beiträge zur Chronologie der mittleren Bronzezeit im Karpatenbecken. Teil I.-II.* Bonn, Rudolf Habelt Verlag GMBH. 279 pp.

HORVÁTH, F. (1974-75): Szer plébániatemploma és a település középkori története. *A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve* **1974-75/1** 343–374.

HÖPPNER, B., BARTELHEIM, M., HUIJSMANNS, M., KRAUSS, R., MARTINEK, K.-P., PERNICKA, E. & SCHWAB, R. (2005): Prehistoric copper production in the Inn Valley (Austria), and the earliest copper in central Europe. *Archaeometry* **47/2** 293–315.

<http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-4754.2010.00515.x>

HUSKA, A., POWELL, W., MITROVIĆ, S., BANKHOFF, H. A., BULATOVIĆ, A., FILIPOVIĆ, V. & BOGER, R. (2014): Placer Tin Ores from Mt. Cer, West Serbia, and Their Potential Exploitation during the Bronze Age. *Geoarchaeology* **29** 477–493.

<https://doi.org/10.1002/gea.21488>

ILON, G. (2021): Kérdések, hipotézisek és feladatok a Kárpát-medence bronzkori öntőformáinak kapcsán. – Questions, hypotheses and tasks concerning Bronze Age casting moulds from the Carpathian Basin. In: CSEH, F., KISS, V. & SZULOVSKY, J.: *A nemes- és színesfémek régészete, története és néprajza a Kárpát-medencében: Készítéstechnikai, archeometriai és társadalomtörténeti megközelítések / The Archaeology, History and Ethnography of the Precious and Non-Ferrous Metals in the Carpathian Basin.* Eötvös Loránd Kutatási Hálózat, Bölcsészettudományi Kutatóközpont, Budapest 35–42.

ILON, G. (2022): Casting Moulds in the Bronze Age of the Carpathian Basin. A Catalogue of Sites and Finds. *Antaeus* **38** 143–186.

KIEFER, S., ŠTEVKO, M., VOJTKO, R., OZDÍN, D., GERDES, A., CREASER, R., SZCZERBA, M. & MAJZLAN, J. (2020): Geochronological constraints on the carbonate-sulfarsenide veins in Dobšá, Slovakia: U/Pb ages of hydrothermal carbonates, Re/Os age of gersdorffite, and K/Ar ages of fuchsite. *Journal of Geosciences* **65** 229–247. <http://dx.doi.org/10.3190/jgeosci.314>

KISS, V. (2012): Arany, réz és bronztárgyak kutatása a középső bronzkorig – az archeometallurgia aktuális kérdései. *Archeometriai Műhely* **IX/2** 61–73.

KISS V. (2014): Régészeti fém-tárgyak kutatásának új eredményei és kérdései Magyarországon. – Recent Results and Questions of Metal Finds from Archaeological Context in Hungary. *Archeometriai Műhely* **XI/3** 169–176.

KISS, V. (2020): Transformations of Metal Supply during the Bronze Age in the Carpathian Basin. *Hungarian Historical Review* **9/2** 315–330.

<https://doi.org/10.38145/2020.2.315>

KISS, V. & ROMHÁNYI, B. (2023): Raw material trade and/or itinerant artisans? Data for a diachronic study of the trade in copper raw materials and finished products in the Carpathian Basin. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **74** 415–436.

<https://doi.org/10.1556/072.2023.00023>

KISS V., BARKÓCZY P. & VÍZER Zs. (2013): A zalaszabari kincs archeometriai vizsgálatának előzetes eredményei. *Gesta* **XIII** 72–82.

KISS, V., CSÁNYI, M., DANI, J., P. FISCHL, K., KULCSÁR, G. & SZATHMÁRI, I. (2019): Chronology of the Early and Middle Bronze Age in Hungary. New results. *Studia Hercynia* **XXIII/2** 173–197.

KOHÚT, M. & STEIN, H. (2005): Re–Os molybdenite dating of granite-related Sn–W–Mo mineralisation at Hnilec, Gemeric Superunit, Slovakia. *Mineralogy and Petrology* **85** 117–129.

<https://doi.org/10.1007/s00710-005-0082-8>

KOVÁCS S.T. (1996): Régészeti emlékek. In: PÉTER L. (szerk.): *Röszke földje és népe.* Röszke Község Önkormányzata, Szeged, 25–77.

KRAUSE, R. (2003): *Studien zur kupfer- und frühbronzezeitlichen Metallurgie zwischen Karpatenbecken und Ostsee.* Vorgeschichtliche Forschungen 24. Verlag Marie Leidorf GmbH, Rahden/Westf., 203 pp.

KUBIŠ, M. & BROSKA, I. (2005): The role of boron and fluorine in evolved granitic rock systems (on the example of the Hnilec area, Western Carpathians). *Geologica Carpathica* **56/3** 193–204.

LING, J., GRANDIN, L., HJÄRTNER-HOLDAR, E., MELHEIM, L., STOS-GALE, Z., VICZE, M. & TARBAY, J.G. (2023): Moving metals V: The question of shared copper sources between Scandinavia and Hungary 1700–1500 BC. *Journal of Archaeological Science: Reports* **51** 104198. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2023.104198>

LIVERSAGE, D. (1994): Interpreting composition patterns in ancient bronze: the Carpathian Basin. *Acta Archaeologica (København)* **65** 57–134.

LUTZ, J. & PERNICKA, E. (1996): Energy dispersive X-ray fluorescence analysis of ancient copper alloys: Empirical values for precision and accuracy. *Archaeometry* **38/2** 313–323.

<https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.1996.tb00779.x>

MACROUX, E., GRANCEA, L., LUPULESCU, M. & MILÉSI, J.-P. (2002): Lead isotope signatures of epithermal and porphyry-type ore

deposits from the Romanian Carpathian Mountains. *Mineralium Deposita* **37** 173–184.

<https://doi.org/10.1007/s00126-001-0223-x>

MALI P. (2020): A halomsíros időszak a Kelet-Dunántúlon. *Doktori disszertáció kézirat*, Eötvös Loránd Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kar, Budapest, 523 pp.

[https://www.academia.edu/73990826/A\\_haloms%C3%ADros\\_id%C5%91szak\\_a\\_Kelet\\_Dun%C3%A1nt%C3%BAlon](https://www.academia.edu/73990826/A_haloms%C3%ADros_id%C5%91szak_a_Kelet_Dun%C3%A1nt%C3%BAlon)

MASON, A., POWELL, W., BANKHOFF, H. A., MATHUR, R., PRICE, M., BULATOVIĆ, A. & FILIPOVIĆ, V. (2020): Provenance of tin in the Late Bronze Age Balkans based on probabilistic and spatial analysis of Sn isotopes. *Journal of Archaeological Science* **122** 105181 1–13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2020.105181>

MEHOFNER, M., GAVRANOVIĆ, M., KAPURAN, A., MITROVIĆ, J. & PUTICA, A. (2021): Copper production and supra-regional exchange networks – Cu-matte smelting in the Balkans between 2000 and 1500 BC. *Journal of Archaeological Science* **129** 105378 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2021.105378>

MODARRESSI-TEHRANI, D. & GARNER, J. (2015): New Approaches on Mining Activities in the Slovakian Ore Mountains. *Argenti fodina 2014. Zborník prednášok z medzinárodnej konferencie Argenti fodina 2014 v Banskej Štiavnici*. Slovenské banské múzeum, Banská Štiavnica, 45–57.

MODARRESSI-TEHRANI, D., GARNER, J. & KVIETOK, M. (2016): Copper Production in the Slovak Ore Mountains – New Approaches. In: KÖRLIN, G., PRANGE, M., STÖLLNER, T. & YALCIN, Ü. eds., *From Bright Ores to Shiny Metals. Festschrift Andreas Hauptmann. Der Anschnitt, Beiheft 29*, Bochum 109–123.

MOLNÁR F. (2008). Ércsek, salakok, fémek. *A Miskolci Egyetem Közleményei I. sorozat, Bányászat* **74** 91–111.

MOLNÁR F., CZAJLIK Z. & MASSE A. (2021): Bronzművesség a vaskorban. A magyarországi késő vaskori láb- és karperecek archeometriai vizsgálatának tanulságai. In: CSEH F., KISS V. & SZULOVSKY J. szerk., *A nemes- és színesfémek régészete, története és néprajza a Kárpát-medencében*. Eötvös Loránd Kutatási Hálózat, Bölcsészettudományi Kutatóközpont, Budapest, 61–75.

MOZSOLICS, A. (1967): *Depotfundhorizonte von Hajdúsámson und Kosziderpadlás. Bronzefunde des Karpatenbeckens*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 290 pp.

MÖDLINGER, M. & TREBSCHKE, P. (2020): Archaeometallurgical investigations of a Late Bronze Age hoard from Mahrersdorf in Lower

Austria. *Journal of Archaeological Science: Reports* **33/4** (102476) 1–15.

<https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102476>

MÖDLINGER, M., DE ORO CALDERON, R. & HAUBNER, R. (2019): Arsenic loss during metallurgical processing of arsenic bronze. *Archaeological and Anthropological Science* **11** 133–140.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s12520-017-0534-1>

MÖDLINGER, M., TREBSCHKE, P. & SABATINI, B. (2021): Melting, smelting, and recycling: A regional study around the Late Bronze Age mining site of Prigglitz-Gasteil, Lower Austria. *PLoS ONE* **16/7** e0254096.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254096>

NESSSEL, B. & PERNICKA, E. (2020): Aspects of the Metal Supply between Central Europa and the Carpathian Basin in the Early and Middle Bronze Age. In: MARAN, J., BĀJENARU, R., AILINCĂI, S.-C., POPESCU, A.-D. & HANSEN, S. eds., *Objects, Ideas and Travelers. Contacts between the Balkans, the Aegean and Western Anatolia during the Bronze and Early Iron Age. Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie* **350** Bonn 357–367.

NESSSEL, B., BRÜGMANN, G., BERGER, D., FRANK, C., MARAHRENS, J. & PERNICKA, E. (2018): Bronze production and tin provenance – new thoughts about the spread of metallurgical knowledge. In: ARMADA, X.-L., MURILLO-BARROSO, M. & CHARLTON, M. eds., *Metals, minds and mobility. Integrating scientific data with archaeological theory*. Oxbow Books, Oxford, 67–84. <https://doi.org/10.2307/j.ctv13nb91x.8>

O'SHEA, J.M., PARDITKA, Gy., NICODEMUS, A., KRISTIANSEN, K., SJÖGREN, K-G., PAJA, L., PÁLFI, Gy. & MILAŠINOVIĆ, L. (2019): Social formation and collapse in the Tisza-Maros region: dating the Maros Group and its Late Bronze Age successors. *Antiquity* **93/369** 604–623.

<https://doi.org/10.15184/aqy.2019.40>

OZDÍN, D. & KÚŠIK, D. (2018): Mineralogical Heritage of Slovakia – A Significant Contribution to Knowledge of Minerals in the World. *Slovak Geological Magazine* **18/1** 69–82.

PERNICKA, E. (1999): Trace Element Fingerprinting of Ancient Copper: A Guide to Technology or Provenance? In: YOUNG, S.M.M., POLLARD, A.M., BUDD, P. & IXER, R.A. eds., *Metals in Antiquity. BAR International Series* **792** Oxford 163–171.

PERNICKA, E. (2010): Archäometallurgische Untersuchungen am und zum Hortfund von Nebra. *Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle Band 5* 719–734.

- PERNICKA, E. (2013): Analyses of Early Bronze Age Metal Objects from the Museum Debrecen, Hungary. *Gesta* **XII** 48–55.
- PERNICKA, E. (2014): Provenance Determination of Archaeological Metal Objects. In: ROBERTS, B.W. & THORNTON, C.P. eds., *Archaeo-metallurgy in Global Perspective*. Chapter 11 239–267.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9017-3\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9017-3_11),
- PERNICKA, E., LUTZ, J. & STÖLLNER, T. (2016a): Bronze Age Copper Produced at Mitterberg, Austria, and its Distribution. *Archaeologia Austriaca* **100** 19–55.  
<https://doi.org/10.1553/archaeologia100s19>
- PERNICKA, E., NESSEL, B., MEHOFER, M. & SAFTA, E. (2016b): Lead Isotope Analyses of Metal Objects from the Apa Hoard and other Early and Middle Bronze Age Items from Romania. *Archaeologia Austriaca* **100** 57–86.  
<https://doi.org/10.1553/archaeologia100s57>
- POWELL, W., BANKHOFF, H. A., MASON, A., MATHUR, R., BULATOVIĆ, A. & FILIPOVIĆ, V. (2018): Tin Sources and Regional Trade in the Bronze Age of Southeast Europe: Evidence from Tin Isotopes. In: ALEXANDROV, S., DIMITROVA, Y., POPOV, H., HOREJS, B. & CHUKALEV, K. eds., *Gold and Bronze: Metals, Technologies and Interregional Contacts in the Eastern Balkans during the Bronze Age*. National Archaeological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia 141–149.
- POWELL, W., MATHUR, R., JOHN, J., PRICE, M., BANKHOFF, H. A., TISUCKÁ, M. & GODFREY, L. (2019): Unearthing Europe's Bronze Age Mining Heritage with Tin Isotopes: A Case Study from Central Europe. *European Geologist* **48** 58–62.
- RADIOJEVIĆ, M., ROBERTS, B.W., PERNICKA, E., STOS-GALE, Z., MARTINÓN-TORRES, M., REHREN, T., BRAY, P., BRANDHERM, D., LING, J., MEI, J., VANDKILDE, H., KRISTIANSEN, K., SHENNAN, S. J. & BROODBANK, C. (2018): The Provenance, Use, and Circulation of Metals in the European Bronze Age: The State of Debate. *Journal of Archaeological Research* **27** 131–185. Published online 02 July 2018,  
<https://doi.org/10.1007/s10814-018-9123-9>
- REIZNER J. (1892): A Szeged-röszkei sírleletek. *Archaeologiai Értesítő* **XII** 161–168.
- REIZNER J. (1898): A Tömörkényi (Csongrád m.) bronzleletről *Archaeologiai Értesítő* **XVIII** 265–267.
- SANGMEISTER, E. (1973): Die Bronzen des Hortfundhorizontes von Ópályi. Ergebnisse der Spektralanalytischen Untersuchungen, In: MOZSOLICS, A. Hrg., *Depotfundhorizonte von Forró und Ópályi. Bronze- und Goldfunde des Karpatenbeckens*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 215–249.
- SÁNTA G. (2004a): A halomsíros kultúra leletei Zákányszék határában. *A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve - Studia Archaeologica* **X** 53–80.
- SÁNTA G. (2004b): Bronzkori sír Zákányszék határában. *Ősrégészeti Levelek* **6** 40–47.
- SÁNTA G., UZONYI I., CSERHÁTI Cs. & DARÓCZI L. (2007): A halomsíros kultúra néhány dél-alföldi bronztárgyának analitikai vizsgálata. *Archeometriai Műhely* **4/3** 19–31.
- SÁNTA G. (2011): Koszideri és Halomsíros bronztárgyak komplex vizsgálata – Összetétel, fázisok és korróziós felületek. *Archeometriai Műhely* **VIII/4** 05–320.
- SÁNTA, G. (2013): Metal Analysis of Koszider and Tumulus Culture Bronzes: Contents, Similarities and the Question of Source Area. In: REZI, B., NÉMETH, E.R., & BEREZKI, S. eds., *Bronze Age Crafts and Craftsmen in the Carpathian Basin*. Proceedings of the International Colloquium from Târgu Mures. 5-7 October 2012 77–90.
- SÁNTA G. (2015): A halomsíros kultúra gazdag temetkezése Ásotthalom határából. *Ősrégészeti Levelek* **14** 69–83.
- SÁNTA G. (2023): A Kárpátok antimónitjai. *Geoda* **XXXIII/2** 11–30.
- SCHUBERT, F. & SCHUBERT, E. (1967): Spektralanalytische Untersuchungen von Hort- und Einzelfunden der Periode B-III. In: MOZSOLICS, A. (1967): *Depotfundhorizonte von Hajdúsámon und Kosziderpadlás. Bronzefunde des Karpatenbeckens*. Akadémiai kiadó, Budapest:185–203.
- SCHREINER, M. (2007): *Erzlagerstätten im Hronal, Slowakei. Genese und prähistorische Nutzung*. Verlag Marie Leidorf, Rahden, 274 pp.
- SCHREINER, M., HEYD, V. & PERNICKA, E. (2012): Kupferzeitliches Metall in der Westslowakei. In: KUJOVSKÝ, R. & MITÁŠ, V. eds., *Václav Furmánek a doba bronzová. Zborník k sedemdesiatym narodeninám. Archaeologica Slovaca Monographiae – Communicationes* **13** (Nitra: Archeologický ústav Slovenskej akadémie vied) 355–366.
- SEJKORA, J., ŠTEVKO, M. & MACEK, I. (2013): Příspěvek k chemickému složení tetraedritu z Cu ložiska Piesky, rudní revír Špania Dolina, střední Slovensko. *Bulletin mineralogicko-petrologického oddělení Národního muzea v Praze* **21/1** 89–103.



- SILVESTRI, E., BELLINTANI, P. & HAUPTMANN, A. (2019): Bronze Age copper ore mining and smelting in Trentino (Italy). *Der Anschnitt* **42** 261–278.
- ŠMIT, Ž. (2015): Metal analysis with ion-beam methods. *Archeometriai Műhely* **XII/4** 255–262.
- ŠMIT, Ž., PELICON, P., SIMČIČ, J. & ISTENIČ, J. (2005): Metal analysis with PIXE: the case of Roman military equipment, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* **239** 27–34.
- STÖLLNER, T. (2018): What is an Ore Deposit? Approaches from Geoscience and Archaeology in Understanding the Usage of Deposits. *Metalla* **24/2** 87–110.  
<http://dx.doi.org/10.46586/metalla.v24.2018.i2.87-110>
- SZABÓ G. (2010): Az archaeometallurgiai kutatások gyakorlati és etikai kérdései *Archeometriai Műhely* **7/2** 111–122.
- SZABÓ, G., BARKÓCZY, P., GYÖNGYÖSI, Sz., KASZTOVSZKY, Zs., KÁLI, Gy., KISS, Z., MARÓTI, B. & KISS, V. (2019): The possibilities and limitations of modern scientific analysis of Bronze Age artefacts in Hungary. *Archeometriai Műhely* **XVI/1** 1–11.
- SZABÓ D., SÁNTA G. & NAGY L. (2022): Az Ásványok Háza állandó kiállítása. *Geoda* **XXXII/2** 7–37.
- TYLECOTE, R. F., GHAZNAVI, H. A., & BOYDELL, P. J. (1977). Partitioning of trace elements between the ores, fluxes, slags and metal during the smelting of copper. *Journal of Archaeological Science* **4** 305–333.
- TOLKSDORF, J. F., SCHRÖDER, F., PETR, L., HERBIG, C., KAISER, K., KOCAR, P., FULLING, A., HEINRICH, S., HÖNIG, H., HEMKER, C. (2020): Evidence for Bronze Age and Medieval tin placer mining in the Erzgebirge mountains, Saxony (Germany). *Geoarchaeology* **35/2** 198–216.  
<https://doi.org/10.1002/geo.21763>
- TROGMAYER, O. (1960): A szeged-nagyszéksői bronzöv. – Der Bronzegürtel von Szeged-Nagyszéksós. *A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve* **1960** 53–58.
- TROGMAYER, O. (1969): Középbronzkori leletek Kömpöcről. – Mittelbronzezeitliche Funde von Kömpöc. *A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve* **1969/1** 87–96.
- TROGMAYER, O. (1975): *Das bronzezeitliche Gräberfeld von Tápé. Fontes Archaeologici Hungariae*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 164 pp.
- TOČIK, A. & ŽEBRÁK, P. (1989): Ausgrabungen in Špania Dolina-Piesky. Zum Problem des urzeitlichen Kupfererzbergbaues in der Slowakei. In: HAUPTMANN, A., PERNICKA, E. & WAGNER, G. A. Hrsg., *Archäometallurgie in der Alten Welt*. Symposium Heidelberg, Der Anschnitt, Beiheft 7., Deutsches Bergbau-Museum, Bochum, 71–78.
- TÖMÖRKÉNY I. (1902): Leletek a szegedi határban. *Archaeologiai Értesítő Új folyam* **XXII** 372–376.
- TÖMÖRKÉNY I. (1903): A bilisitsi ásatásokról (Szeged-Alsótanya). *Archaeologiai Értesítő Új folyam* **XXIII** 50–54.
- UZONYI I. (2007): Ionnyaláb és röntgenanalitikai módszerek alkalmazása műtárgyak és régészeti leletek vizsgálatára. *Archeometriai Műhely* **IV/3** 11–18.
- VARGA S. (2012): Üllés határa. Petőfi-dűlő, kiskunmajsai határ II. (KÖH 38398). In: KVASSAY J. & KREITER A. szerk., *Régészeti kutatások Magyarországon 2012 – Archaeological Investigations in Hungary 2012*. Budapest, 2019: 105–106.
- ŽEBRÁK, P. (1995): The traces of the primary mining of non-ferrous metals in Slovakia. In: PETROVIĆ, P. & ĐURĐEKANOVIĆ, S. eds., *Ancient mining and metallurgy in southeast Europe*. Bor: Museum of Mining and Metallurgy, 13–19.



# A VÉRTESSZŐLŐSI BRONZKINCÉS ÉS SZÓRVÁNY CSÜNGŐ ARCHEOMETALLURGIAI VIZSGÁLATA

## ARCHAOMETALLURGICAL EXAMINATION OF THE BRONZE HOARD AND STRAY-FIND PENDANT OF VÉRTESSZŐLŐS •

GYÖNGYÖSI Szilvia<sup>1</sup> ; SZABÓ Géza<sup>2</sup> ; BARKÓCZY Péter<sup>3</sup>  & CSEH Julianna<sup>4</sup> 

<sup>1</sup>Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Debrecen

<sup>2</sup>Wosinsky Mór Múzeum, Szekszárd

<sup>3</sup>Miskolci Egyetem, Anyag- és Vegyészmérnöki Kar, Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc

<sup>4</sup>Tatabányai Múzeum, Tatabánya

E-mail: [szilvia.gyongyosi83@gmail.com](mailto:szilvia.gyongyosi83@gmail.com)

### Abstract

*A total of 74 intact objects and fragments from the hoard of the people of Encrusted Pottery Culture hidden in the ground were brought to the Tatabánya Museum from the site of Vértesszőlős, Sztráda-park (092/2). The jewellery might have been part of the buried clothing of a woman of high social status. Due to the finding circumstances during the metal detector survey, it is probable that the assemblage originally consisted of more than the current number of pieces. Based on the parallels and previous definitions, the additional pendant found in the immediate vicinity of the site might have been a ploughed piece of the bronze treasure, thus this object was included in this archaeometallurgical investigation.*

*The pendant type of the stray-find was previously considered as "anthropomorphic" but it is interpreted in this study as a cow head-shaped pendant with sun disk. The results of archaeological observations and archaeometallurgical studies of the artifact and the bronze treasure together confirmed our earlier assumption that some of the metal objects were treated and could have lived separately for generations until they were actually withdrawn from use. It can also be seen that the hoard finds similar to Vértesszőlős, in terms of function, may have been sacral rather than an accumulation of value. The wide distribution of treasures with almost identical forms of the types of objects hidden together indicate that these artifacts – belonging to the garments that were customised for the occasion and person, even on several occasions, together and separately – were not just simple ornaments but carried a specific meaning and message.*

*A broader chronological interpretation of the type of object interpreted in the study as a cow head-shaped pendant with sun disc also draws attention to the fact that the symbols of the Mother Goddess related to the cow (head, uterus alone or placed on an altar) were more widely known and used not only by the people of the Encrusted Pottery Culture, but also by communities with similar cultural roots.*

### Kivonat

*Vértesszőlős, Sztráda-park (092/2) lelőhelyről a Mészbetétes edények népe földberezített kincsleletéből összesen 74 ép tárgy és töredék került a Tatabányai Múzeumba. Az ékszerek egy magas társadalmi státuszú nő földberezített viseletének a részei lehettek. A fémkeresőzés során talált leletgyűttes előkerülési körülményei miatt mindenképpen számolni kell azzal a lehetőséggel, hogy eredetileg több tárgyból állt az együttes. A közvetlen közelben előkerült, további csüngő esetében a párhuzamok és a korábbi meghatározások alapján felmerült a lehetősége, hogy az esetleg egy elszántott darabja a bronzkincsnek, ezért archeometallurgiai vizsgálatainkba ezt a tárgyat is bevontuk.*

*A vértesszőlősi leletgyűttes és a közelében talált, eddig „antropomorf”-nak tartott, jelen tanulmányban napkorongos tehénfej alakú csüngőként értelmezett tárgyhoz kapcsolódó régészeti megfigyelések és archeometallurgiai vizsgálatok eredményei együttesen megerősítették azt a korábbi feltételezésünket, hogy a*

---

• How to cite this paper: GYÖNGYÖSI, Sz; SZABÓ, G.; BARKÓCZY, P. & CSEH, J., (2024): A vértesszőlősi bronzkincs és szórvány csüngő archaeometallurgiai vizsgálata / Archaeometallurgical examination of the bronze hoard and stray-find pendant of Vértesszőlős (in Hungarian with English abstract), *Archeometriai Műhely* XXI/4 423–444.

doi: [10.55023/issn.1786-271X.2024-032](https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2024-032)

*fém tárgyak egy részét elkülönítve kezelték, a tényleges használatból való kivonásukig akár generációkon át tartó életük is lehetett. Vizsgálataink alapján az is látható, hogy a vértesszőlősi, és a hozzá hasonló összetételű kincsleletek hátterében a funkciót tekintve nem az értékfelhalmozás, hanem a szakralitás állhatott. Az együtt elrejtett tárgy típusoknak a széles területen szinte azonos formavilága azt jelzi, hogy ezek az alkalomra- és személyre szabottan, akár több alkalommal is kiegészített öltözetekhez tartozó leletek együttesen és külön-külön is nemcsak egyszerű díszek voltak, hanem meghatározott jelentést és üzenetet hordoztak.*

*A tanulmányban a napkorongos tehénfej alakú csüngőként értelmezett tárgy típus szélesebb időrendi értelmezése arra is felhívja a figyelmet, hogy az Anyaistenő tehénhez kapcsolódó jelképeit (fej, uterus magában vagy oltárra helyezve) nemcsak a Mészbetétes edények népe, de a hozzájuk hasonló kulturális gyökerű közösségek is szélesebb körben ismerték és használták.*

KEYWORDS: ARCHAOMETALLURGY, ENCRUSTED POTTERY CULTURE, HOARD, ANCIENT ORIENTAL SYMBOLS, METALWORK, SUPPLY OF RAW MATERIALS

KULCSSZAVAK: ARCHAOMETALLURGIA, MÉSZBETÉTES EDÉNYEK NÉPE, KINCSLELET, ÓKORI KELETI SZIMBÓLUMOK, FÉMMŰVESSÉG, NYERSANYAGELLÁTÁS

## Bevezetés

A Tatabányai Múzeum az utóbbi évek régészeti feltárásainak – s nem utolsósorban ajándékozásoknak – köszönhetően számos új és szakmai szempontból is jelentős bronzkori tárggyal gazdagodott. Ezek egy részének archeometallurgiai vizsgálatára sikerült anyagi forrást is találni, s ennek keretében a Mészbetétes edények népe, a korai Halomsíros, valamint az Urnamezős kultúrához tartozó tárgyak vizsgálatát tudtuk megvalósítani (Gyöngyösi et al. 2023). Ezúttal csak a Vértesszőlős, Sztráda-park (092/2) lelőhelyű (1. ábra) középső bronzkori kincslelet (2. ábra) és az esetlegesen ahhoz tartozó csüngő (3. ábra) vizsgálati eredményeit mutatjuk be.

## A lelőhely és környezete

A lelőhely a Dunántúl északi részén, Tata és Tatabánya között, a Gerecse hegység nyugati lábánál a Duna felé kanyarodó Által-ér partján fekszik (1. ábra). A folyami átkelőhöz vezető patak völgy révén földrajzilag stratégiai fontosságú terület, mely a legtöbb régészeti korszakban lakott volt. Így a Makó-Kosihy-Čaka-kultúra (korai bronzkor), Mészbetétes edények népe (középső bronzkor), valamint a Halomsíros és az Urnamezős kultúra (késő bronzkor) is használta a területet. Vértesszőlős neve elválaszthatatlanul összefonódott az őskőkorkutatással, az 1962-ben megkezdődő régészeti feltárások, majd a szabadtéri lelőhely működéséhez kapcsolódó szakmai munka számos új régészeti lelőhely megismerését is eredményezte. Vértes László halála után a feltárásokon asszisztensként dolgozó T. Dobosi Viola lett a szabadtéri bemutatóhely szakmai felelőse. Az ő szakmai nyitottságának és elkötelezettségének köszönhetően kerülhetett be több lelőhely is a „vértesszőlősi régészeti topográfiába”, így ő hívta fel a figyelmünket arra a területre is, ahol a most bemutatásra kerülő emlékműgag előkerült. A bronzkor kutatás számára Vértesszőlős elsősorban középső bronzkori temetőjéről ismert. A kisebb-nagyobb megszakítá-

sokkal 2005-től folytatódó feltárások és helyszíni szemlék eredményeinek köszönhetően újabb telep- és temetőrészletek, valamint bronztárgyak és egy ékszerlelet is gazdagítja a terület bronzkori anyagát (Vadász & Vékony 1979; Kisné Cseh 1999; Pál & Cseh 2013).

A. Pál Gabriella vezetésével 2009-ben, a községtől közvetlenül délnyugatra, az 1-es számú főút és a Budapest-Győr-Bécs vasútvonal közötti területen, az Által-ér 2. teraszán folytak a feltárások (Pál & Cseh 2013, 5–9). Ezek a Koszider időszakban kezdődő Halomsíros temető részletét, egy középső bronzkori jelképes sírt vagy áldozati együttest (?), valamint számos, a humuszolást követő és ellenőrző munkák eredményeként előkerült szórvány ékszert és egy tör töredékét hozták felszínre. A temető eddig feltárt 8 sírja közül három hamvasztásos, egy jelképes, a többi pedig csontvázas sír volt. Az utóbbi sírok mindegyike bolygatott volt, aminek eredményeképpen bronztűk és füles bögrék kerültek elő. A visszapödrött végű és szögfejű tűk mellett a medencétől felfelé ugyancsak bolygatott női sír mellékletei két áttört, feltehetően az övről lecsüngő bronzkorong, két korong fejű tű (az egyik díszített) és a ruhát díszítő bronzpitykék voltak. A szórvány anyagból a Mészbetétes edények népe ismert ékszertípusai mellett/között (fecskefark vagy Ω-alakú csüngők; Szabó 2022a) előkerült egy úgynevezett „antropomorf” csüngő is, spirálcsővecskék, bronzpitykék és egy bronz tör töredéke mellett.

A feltárás a teljes beruházási terület 20–40 cm mélységű lehumuszosásával kezdődött. A humuszedpót és az objektumok közötti kevert felületet is folyamatosan fémkereső műszerekkel vizsgálták, melynek köszönhetően számos, zömében római kori fémtárgy került elő. A megelőző feltárás eredménye mintegy 37 bronzkori objektum – köztük a Mészbetétes edények népe teleprészlete, a korai Halomsíros kultúra halomsírjai –, valamint római és Árpád-kori település részletei (Pál & Cseh 2013, 9–13).



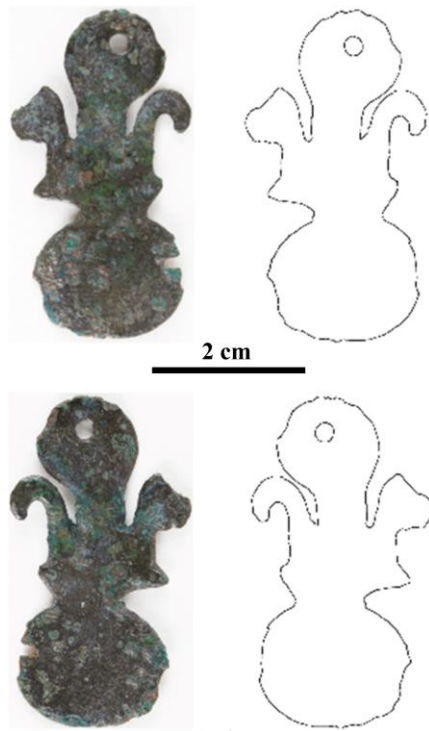
**1. ábra:** Vértesszőlős, Sztrádapark (092/2): a lelőhely és a feltárt területek térképe

**Fig. 1.:** Vértesszőlős, Sztrádapark (092/2): map of the archaeological site and the excavated areas



**2. ábra:** A vértesszőlősi bronzlelet

**Fig. 2.:** Bronze hoard from Vértesszőlős



**3. ábra:**  
Vértesszőlősi szórványlelet.  
Napkorongos tehénfej alakú  
csüngő

**Fig. 3.:**  
Stray-find from Vértesszőlős.  
Cow head-shaped pendant  
with sun disk

A most vizsgált tárgyak közül a bronzcsüngő (3. ábra) a IV. szelvényben, a korai Halomsíros kultúra területén, római épület és Árpád-kori ház környezetében, szórványként került elő. A bronz kincsleletet csak a feltárás befejezése után, a szelvények északi oldalán lévő mezőgazdasági területen – ahol a Mészbetétes és a Halomsíros temető is folytatódik – találták, majd Sándor Lajosnak köszönhetően került 2016-ban a múzeum tulajdonába.

### A vizsgálatba bevont tárgyak

#### Kincslelet

Vértesszőlős, Sztráda-park feltárt területe mellől beszolgáltatott leletegyüttes. A Mészbetétes edények népe Vértesszőlősnél földbe rejtett kincsleletéből összesen 74 ép tárgy és töredék került a Tatabányai Múzeumba, az biztos, hogy legalább még egy további kartekercs tartozott az együtteshez. Az ékszerek egy magas társadalmi státuszú nő földberejtett viseletének a részei lehettek (hasonlóan pl. a muci kincshez: Szabó 2022a). A teljes leletanyagot a mellékletben ismertetjük részletesen (1. melléklet\_1–4. ábra).

A leletegyüttes előkerülési körülményei miatt mindenképpen számolni kell azzal a lehetőséggel, hogy eredetileg több tárgyból állhatott a kincs. A begyűjtött darabok anyaga egységesen bronz. A vértesszőlősi kincslelet tárgytípusainak egy része olyan általános forma, amelyet már a kora bronzkorban is szélesebb területen, hosszabb időn át használtak, mint például a spirálisan tekercselt gyöngyök (Szabó 2010a, 102., 107). Több ékszer

használata viszont inkább csak a Dunától nyugatra jellemző.

A félhold alakú csüngőket Bóna István például a Vátya-kultúra termékeinek tartotta, amit a szomszédos kultúrákban is széles körben átvettek (Bóna 1975, 54–55., 285–286). Így a Mészbetétes edények népe területén a félhold alakú csüngőket is tartalmazó kincsleletek elvileg meglehetősen széles idősávban keltezhetők, a Vátya I. időszaktól a Koszider-periódusig (Vicze 2011, 219., Pl. 75. 11–14; Bóna 1975, 214–220; Mozsolics 1967, 124–125; Kiss 2012, 89; Kiss 2013). A Mészbetétes edények népe fémművességének kutatástörténetét, tipológiai kérdéseit Kiss Viktória az utóbbi években több alkalommal is áttekintette (Kiss 2012, 89–150; Kiss 2013), ezért itt elsősorban a most vizsgált kincslelet ismertetése kapcsán felmerülő, a készítés, használat, esetleges jelentéssel kapcsolatos, eddig kevésbé vizsgált kérdésekre keressük a lehetséges válaszokat.

A most vizsgált kincsleleten belül a félhold-, és az Ω-alakú csüngők (Szabó 2022a, 205) esetében a méretváltozatok alapján az utóbbiakhoz legalább két különböző öntőformát használtak. Az eddig ismert, mintegy kéttucatnyi, hasonló leletegyüttes jellegzetes, következetesen ismétlődő összetétele arra mutat, hogy ezeket nem valamilyen váratlan esemény kapcsán ásták el, hanem rendszerszerűen ismétlődő alkalomhoz kötődően kerültek földbe. Ezt megerősítik az újabban előkerült együttesek is, a Tolnanémedi-típusú kincsek többségét külső területeken, de a települések közelében rejtették el (Kiss 2012, 146–147). Egy széles területen, együtt elrejtett tárgytípusok szinte azonos formavilága azt

jelzi, hogy ezek a leletek együttesen és külön-külön is nem csak egyszerű díszek voltak, hanem meghatározott jelentést és üzenetet hordoztak (Hajdu et al. 2016).

A mészbetétes edényekkel, hamvasztással temetkező közösség leletei között a ritkán előforduló csontvázas sírok feltárásakor tett megfigyelések, az edényeken és a korabeli kis agyagfigurákon megjelenő ornamentika alapján jól látható, hogy a kincsleletben talált tárgyak egy része a fej (pitykék) és a nyak ékszerei (félhold alakú csüngők, spirálisan tekercselt gyöngyök), a tú pedig a ruha összefogására szolgált (Kiss 2012a 111–112; Szabó & Hajdu 2011, Fig. 6–7). Ugyanakkor a visszahajló végű,  $\Omega$ -alakú csüngők a ruházat részei voltak. Ebből a szempontból is érdekes, hogy a mintegy kéttucatnyi ismert kincslelet fej- és nyakékszerei (pitykék, fordított szív-, félhold alakú csüngők, spirálisan tekercselt gyöngyök, bepödrött végű nyakpereg) például a bonyhádi hamvasztásos sírokban (BBQ235J2) is előfordultak (Szabó 2010a, 4. tábla 2; Kovács et al. 2019, 2. ábra). A fecskéfark, vagy  $\Omega$ -alakú csüngők azonban szembetűnően kevés esetben kerültek az elhunyt mellé (Aparhant, Bonyhád, Öreglak, Vörs: Kiss 2012, 103., Pl. 40. 17, Pl. 63. 7–11, 15).

A természeti előképet követő félhold alakú csüngőkkel ellentétben éppen a kultúra-specifikusnak tartott, kiszélesedő, közepén átlukasztott, visszahajló végű, formája alapján újabban  $\Omega$ -alakúnak leírt csüngő a tehén méhét utánozza, s így a termékenységre, születésre, bőségre utal (Szabó 2022a, Fig. 12a–b). Az ékszerforma a Mészbetétes edények népe gazdálkodását is figyelembe véve, a megélhetésükben jelentős szerepet játszó állathoz (Kiss 2012a, 216–217; Dani et al. 2019, Fig. 16) kapcsolódó, gyakran látott és fontos, konkrét természeti előképre vezethető vissza. A pontosabb értelmezést számos mezopotámiai párhuzam és adat segíti. Mezopotámiában a Kr. e. 5. évezred közepétől, az Ubaid periódustól követhetően, ahol Ninhursag, a születésért is felelős anyaistennő jelképeként az ábrázolásokon gyakran látható az állati szervet jelképező  $\Omega$  (Seidl 1989, 202), számos esetben pedig magát az istennőt is már csak egy oltárra helyezett  $\Omega$ -val jelzik (Black & Green 1992, 132., Fig. 109., 119., 138., 146; Steinert 2017). Ezért a kiszélesedő közepén átlukasztott, visszahajló végű csüngők megnevezésére pontosabb és kifejezőbb a nemzetközi irodalomban is értelmezhető *uterus* alakú dísz kifejezés használata, vagy a jelentésére még egyértelműbben utaló omega ( $\Omega$ ) alakú csüngő elnevezés. A régészeti megfigyelések (Kiss 2012a, Fig. 33; Kiss 2019) és az ókori keleti párhuzamok arra mutatnak, hogy ezeket a tárgyakat ruhadíszekként az övről lelógatva, teljesen külön viseleti darabként, az ünnepi, szertartási ruházat részeként hordták (Szabó 2022, Fig. 15–16). Ez egyben azt is jelentette, hogy funkciója nem az

egyénhez, hanem egy szerephez, tisztséghez, közösséghez tartozhatott. A megfejtett jelentés mellett ez lehet a másik oka annak, hogy az általánosan viselt testékszerek és a személyes ruházat kiegészítői (pitykék, fordított szív- és félhold alakú csüngők, spirálisan tekercselt gyöngyök, bepödrött végű nyakperek) a gazdagabb sírokban is előfordulnak. Ugyanakkor az  $\Omega$ -alakú díszekkel kiegészített öltözetek (Kiss 2012a, 147.; Kiss 2019, Fig. 2.1.) és a hozzátartozó jelképek, ékszerek a közösségben kitüntetett, vezető szerepet betöltő nők halálakor nem kerültek a máglyára, azokat külön kezelték, feltehetően a tisztséghez kötődve generációkon át tovább öröklődtek, míg végül feltehetően áldozat céljából a földbe kerültek (Szabó 2022a, 207–209).

A vértesszőlősi tűk fejének kialakítása hasonló az úgynevezett vulva fejű tűkéhez (Vulva-Nadeln: Popescu 1944, tab. XV., 6; Balen-Letunić 1978), melyekre Kiss Viktória hívta fel a figyelmünket. Így alakjuk és díszítésük alapján jól illeszkednek azon tárgyak sorába, amelyek a nőiségre, termékenységre utalnak. A vértesszőlősi kincslelet tüinek pontos párhuzama azonban eddig nem ismert, formailag csak részben hasonló darabokat a „Rautennadeln” (epingles losangiques) tűk között (RB A2a) kereshetjük (David-Elbiali 2000, 153–155., T. 61., Carte 27). Legjobb analógiáit a Koszideri-időszakra datált „Flügelnadeln” tűk csoportjai között (Balen-Letunić 1978, T. I, 1, 4, III. 1-3, 5. stb.; Ložnjak 2001, T 15, 2.; Kovács 1984, 222, Taf. LXIII 9), vagy a Szeremle-csoporthoz sorolt verseci és gomolavai tűk között találjuk meg (Tasić 1996, 151–152, T. VI. 1-2, 4, 7). Szerkezetileg azonban a vértesszőlősi példányok a hiányzó „szárnyak” matt eltérnek a Koszider-időszakra keltezett és Halomsíros kultúra terjeszkedéséhez kötött, Burgenlandtól a Bánátig megfigyelt példányoktól. Ezeket időnként szárnyas (Flügelnadeln) tűknek is nevezik, s így említi Mozsolics Amália a Kölesd-Nagyhangos kincslelet két tárgyát is (Mozsolics 1967, 151., Taf. 32. 7–8). Őt követve ezt a két darabot Balen-Letunić az ausztriai Eisenstadt, Maiersdorf és a szerbiai Popov Salaš leleteivel együtt a vulva fejű tűk első variánsai közé sorolta (Balen-Letunić 1978, 102., T. II. 1., III. 1., IV. 2–3). A tárgyakra tekintve jól látható, hogy formájukat, díszítésüket, de még készítés technológiájukat tekintve is hasonlítanak egymáshoz. Mindössze az altípusra jellemző, öntött, két ívelt, csúcsban találkozó bordapárral díszített fejük végének folytatásában lemezzé kalapált nyúlványuk alakja tér el valamelyest. Ez azonban csak az összeérő bordákkal is jelzeten nagyon gondosan megtervezett, az eredetileg öntőcsapnak használt rész eltérő mértékű megmunkálásával függhet össze, lényegi jelentősége nincs. A tárgytípus leleteinek többsége az eddigi terminológia alapján a kettősszárnyú vulva fejű tűk további alcsoportjaiba tartoznak, amelyek az előzőektől már szerkezetileg is eltérnek. Meg kell

azonban jegyezni, hogy éppen a központi helyen lévő vulva alak alapján mind a formát, mind az esetlegesen kapcsolódó jelentéstartamot tekintve ezeket a szétágazó nyúlványokat sokkal inkább lehet a két petevezeték jelzésének tekinteni, ezt erősítik például a bácskai leletek hegyes, visszahajló végei is (Balén-Letunic 1978, T. IV. 1., V. 3).

A vértesszőlősi kincsleletben talált két vulva fejű tü egyedi sajátossága, hogy az öntőcsap maradványát nem széles lemezzé kalapálták, hanem visszapöd-résével csak egy keskeny befűző részt alakítottak ki rajta, ami szélesebb változatban csak a meiersdorfi leleten van. Figyelembe véve a különböző altípusokhoz tartozó vulva fejű tük elterjedését és időrendjét is, a vértesszőlősi változat egy hasonló tartalmú és megfogalmazású gondolat szélesebb körű megjelenésére utal a Koszider-időszakban (Balén-Letunic 1978, 114., T. VI). Az altípusok között a készítéstechnológia oldaláról mutatkozó nagyon szoros kapcsolat azonos fémműves hagyományokra utal, ugyanakkor a szerkezeti és az apróbb formai különbségek alapján egyfajta területi elkülönülés is megfigyelhető. Ez a tárgytypus szűk időkeretek közötti keltezhetőségével együtt arra mutat, hogy szerkezeti, formai szempontból ugyan a legegyszerűbbnek mondható vértesszőlősi lelet nem tekinthető a vulva fejű tük előképének, csak egy adott időszakban szélesebb körben párhuzamosan megjelenő gondolat viseleti tárgyban (jelen esetben tütípusban) testet öltő helyi variánsának, változatának a Mészbetétes edények népe területén. A vulva fejű tük fejének sajátosságát jelentő bordák jól láthatóan nem csak díszek, de olyan gondosan és hasonló módon megtervezett öntőcsatornák is voltak, amelyek a Mészbetétes edények népe fémművességére nem jellemzők. Ez – a tárgytypus elterjedését is figyelembe véve – arra mutat, hogy a vértesszőlősi kincs e darabja inkább Halomsíros környezetben készülhetett, bár a most vizsgált darab átfűzésre alkalmas nyúlványrészének kialakítása a mészbetéteseknél használt korongfejű tük egyik jellemző részlete. A Mészbetétes edények népe körében kétségtelenül későinek számító típusváltozatról az eddig egyedi előfordulás miatt nehéz eldönteni, hogy a személyes tárgyak közé is tartozhatott, mint arra például a korong fejű tük estében több temetkezés is utal (Kiss 2012, 123), vagy – éppen jelképrendszere miatt is – szorosan a közösség szakrális női felszerelésének része volt.

A Mészbetétes edények népe területének nagysága, hosszú időtartama ellenére viszonylag kevés a vértesszőlősihez hasonló kincs a Kárpát-medencében. Ez arra mutat, hogy egy-egy közösség a funkcióval öröklődően használhatta szertartásaik során ezeket az alkalomra- és személyre szabottan, akár több alkalommal is kiegészített öltözeteket, s csak egy hosszabb használati időt követően rejtették végleg a földbe. Az  $\Omega$ -alakú csüngők funkciójából

következően az ilyen típusú leletegyüttesek teaurálása akár több generáción át is tarthatott, ami miatt az egyes tárgyak készítésének időpontja és az elrejtésük között jelenős különbség lehetett. Feltehetően ez is oka annak a még ma sem lezárható vitának (Kiss 2012, 89), hogy az úgynevezett Tolnanémedi-típusú kincsek még a középső bronzkor második felére (RB A2b–c), vagy már az utóbbi időben meglehetősen szélesre nyitott Koszider-időszakon belül (1700/1600–1450 calBC, RB B) keltezhetők (Szabó 2017). Bóna István következetesen a Koszider-időszak elé keltezte a Tolnanémedi-típusú kincseket (Bóna 1958, 224; 1975, 214–220., 226; 1992a, 41–42), Mozsolics Amália viszont a Koszider-időszak szerves részének tartotta (Mozsolics 1967, 124., Abb. 36). A kutatás lényegében máig e két vélemény mentén oszlik meg (Vadász & Vékony 1979, note 126; Kovács 1994a; 1994b, 159; Honti & Kiss 2013, 750; Kiss 2009, Fig. 7). Az újabb megfigyelések azonban arra hívják fel a figyelmet, hogy a Tolnanémedi-típusú kincsleletek egyes tárgyait az eredeti funkció miatt hosszabb időszakon át készítették, használták, halmozták fel, jelentős részben már a középső bronzkor második felétől (Szabó 2022a, 209). Különösen azokban az esetekben, ahol mintegy új szokásokat, divatot jelezve a korongok és  $\Omega$ -alakú csüngők mellett a félhold alakú csüngők is hangsúlyosabban jelennek meg, az elrejtésükre azonban inkább már a Koszider-időszakon belül kerülhetett sor. Az összetétele alapján a vértesszőlősi kincslelet is ez utóbbiak közé sorolható.

### „Antropomorf” bronz csüngő

Vértesszőlős, Sztráda-park V4. szelvény, szórvány a humuszból. Az alakja alapján a szakirodalomban antropomorf vagy „szarvas” csüngőnek (*Hörnchenanhänger*) nevezett tárgy (összefoglalóan Kiss 2012, 107) szerkezetileg négy jól elkülöníthető részből áll: alul egy korong van, középső harmadában két kisebb oldalirányú kiugrás, azok felett egy-egy hosszabb, felfelé induló, visszanyaradó, hegyes végű nyúlvány van, a jobb oldali formailag kicsit eltér, s a vége is letört. Felső, ugyancsak korongszerű része a felfüggesztéshez áttört. A vizsgált tárgyon jól látható használati kopásnyomok és további sérülések is vannak, az alsó korong széle kissé sérült, a törésfelszín 3 mm széles. Az öntéshibából fakadó egyenetlen felszínén a nemes patina mellett megjelent a fém anyagát támadó aktív korrózió is. Nagyfelbontású fotóján jól megfigyelhető mind a megtalálásakor rajta lévő sérülés, mind pedig az említett egyenetlen felszín kráteressége is. Hossz: 4,4 cm, szélesség: 2,5–2,4–1,3 cm, vastagság: 0,2 cm, súly: 6 g, vizsgálati azonosító: ACS (3. ábra).

A csüngő sajnos szórványként került elő, mind a Mészbetétes edények népe településének, mind pedig a Koszider-időszakban kezdődő Halomsíros



kultúra temető objektumainak területén, így pontos hovatarozása bizonytalan. Használata a Mészbetétes edények népe korai szakaszától a klasszikus időszakig (Öreglaki temetőből származó lelet-együttes) kimutatható, s viselete még a Koszider-időszakban is feltételezhető (Kölesd-Nagyhangos, Včelince; Kiss 2012, 107, 291, Pl. 40. 16). A párhuzamok és a korábbi meghatározások alapján felmerül a lehetősége, hogy a csüngő a bronzkincshez tartozhatott, ezért mostani vizsgálatainkba ezt a tárgyat is bevontuk.

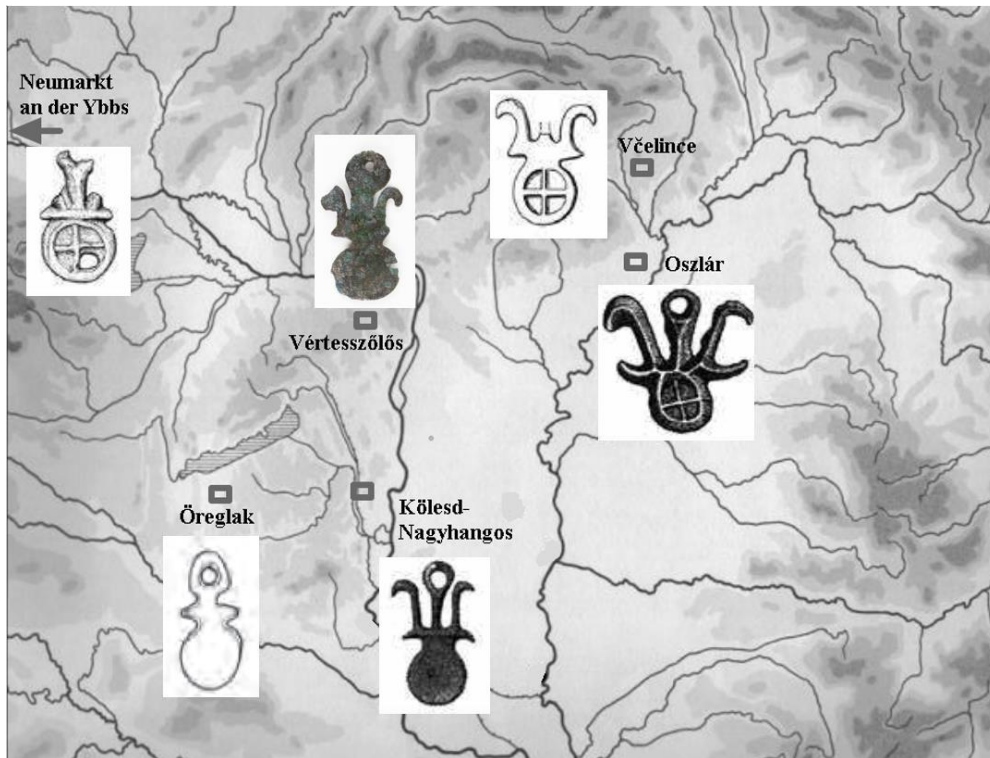
A vértesszőlősi csüngő eddig az egyetlen a kultúra észak-dunántúli csoportjának területéről, legjobb párhuzamai (4 példány) a déli csoporthoz tartozó nagyhangosi kincsben található (Jankovits 2017, 988–990., 992). Szerkezetileg hasonló, de a korongon lévő, a napra utaló kereket kereszt alakban elhelyezett küllők osztják négy részre a szlovákiai Včelince/Méhi és az Oszlár, valamint az ausztriai Neumarkt an der Ybbs közelében előkerült példányokon (Furmanek 1980; Koós 2001; Reiter 2014). Az alsó korong felett hiányzó két kisebb oldalirányú kiugrás miatt az egyszerűbb változatokhoz sorolható három, ugyancsak nagyhangosi lelet, valamint az öreglaki példány is (Jankovits 2017, 991., 993–995) (4. ábra).

A vizsgált csüngőtípust Bóna István a Mészbetétes edények népe jellegzetes ékszerkészítményei közé sorolta (Tolnanémedi-kincsek), s a nőalakot megtestesítő, kultikus, mágikus amulettnek, votív tárgynak tartotta (Bóna 1975, 216, Abb. 22, 3–4). Ezt megerősíteni látszik a Kölesd-Nagyhangos „A” kincsleletben talált három, illetve az ugyanott előkerült „B” leletegyüttesben talált négy darab csüngő (Bóna 1975, 229., Taf. 270. 1-19), valamint a tárgy típus ábrázolása a Vörs-Papkert lelőhelyen a CXXI. sírban talált urnaalakú edény vállán (Honti & Kiss 1998, XI. tábla 1). Ebből a szempontból is érdekes, hogy az ausztriai Neumarkt an der Ybbs 66. sírban, ahol a csüngőtípus viseletét is sikerült megfigyelni: ez a tárgy a hölgy alsó állkapcsa alatt, a nyaki részen volt (Reiter 2014, 371). A temetkezést a Halomsíros kultúra jellegzetes sarló alakú tűi alapján az RB B átmeneti időszakára, a Koszider-horizont korai fázisára keltezik (Reiter 2014, 374). A csüngő felületén végzett XRF elemzés rendkívül nagy, 50,5% óntartama alapján az anyagát fehérbronznak határozták meg (Reiter 2014, 373). Azonban ez a rendkívül óndús összetétel valószínűleg csak a vizsgálati módszer korlátaiból fakad és csak egy vékony felszíni rétegre, s nem a tárgy tényleges tömbi összetételére vonatkozik (Szabó 2010b; Szabó et al. 2019).

Azt már korábban megfigyeltük, hogy a mészbetétes urnák sokszor magát az elhunytat

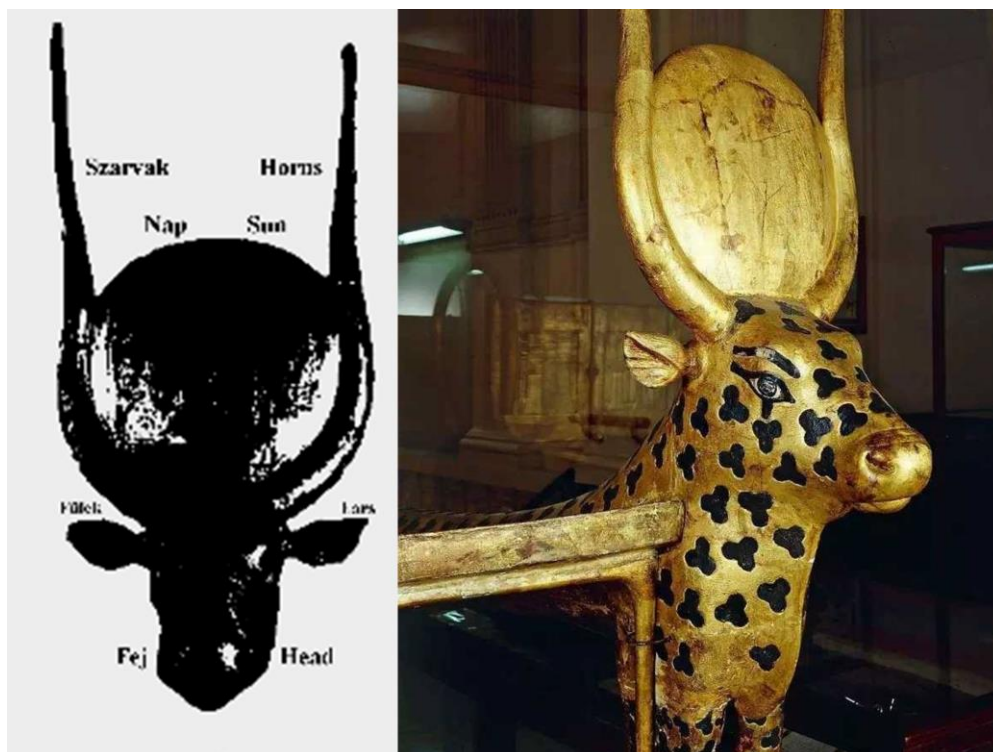
jelenítik meg, a motívumok pedig a közösség által értelmezhető jelrendszerben megfogalmazott üzeneteket (*quasi* annak identitását) közvetítettek az elhunytól (Hajdu et al. 2016). Fontos az a tény, hogy mind az Vörs-Papkernél feltárt mészbetétes urna vállán, mind Neumarkt an der Ybbs 66. sírban a csüngő a nyak tájékán volt, s az utóbbi alapján egyértelműen a női viselethez köthető. Az eddig ismert hasonló tárgyak elterjedési térképére tekintve azonban az is látható, hogy ez az ékszertípus nem tekinthető a Mészbetétes edények népe jellegzetes ékszertípus sajátosságának, elterjedése sokkal szélesebb területen fed le és inkább a Halomsíros kultúrával összefüggő feltételezett vándorlásokhoz köthető a Koszider-időszakban. A nőalakot megtestesítő meghatározás a vértesszőlősi, és a hozzá szerkezetileg legközelebb álló tárgyak esetében is elgondolkodtató. Az alsó korongnak a testtel, a felső két nyúlványnak a karokkal, a kerek akasztó résznek a fejjel való azonosítás logikusnak tűnhet. Ez a megközelítés viszont nem ad választ arra, hogy akkor mivel magyarázható a csüngők középső harmadában, az alsó korong és a felső nyúlványok között a két kisebb oldalirányú kiugrás (3. ábra).

A régészeti leletek alapján jól követhető az a folyamat, mely során a Dél-Mezopotámiában a 4–3. évezredben kiteljesedő szokáselemek, mitológiai motívumok dokumentáltan egységes rendszerévé kiforrva eljutottak az északabbi területekre is (Pogrebova 1992). Ezek hatása aztán – miként más, a gazdálkodáshoz, fémművességhez, stb. köthető elemek – körkörös sugározva, széles körben (vissza)hatottak és elterjedtek a sztyeppén (Carter 1957; Chlenova 1984; Szabó 2017; 2022b, 230–233., 245), és az indoiráni népek több hullámban ismétlődő, ma már genetikai vizsgálatokkal igazolt vándorlásai révén Európában is (Allentoft et al. 2015). Ebbe a folyamatba illesztve a vértesszőlősi és az ahhoz hasonló, eddig ember alakúnak nevezett csüngők is új értelmezést nyerhetnek. A tehén alakjában megjelenő istennők tiszteletének Mezopotámiában és Egyiptomban is számos változata elterjedt. A két terület között a vonatkozó hagyományok tekintetében jelentős átfedés van, ezért a kapcsolódó istenségek jelképeinek áttekintésekor az utóbbi terület hagyatékát is érdemesnek tűnik figyelembe venni. Az Ω-alakú csüngők rávilágítottak arra, hogy azok egy konkrét természeti előképhez, a tehén méhét utánozva a termékenységre, születésre, bőségre utalnak és szorosan kapcsolódnak az ókori keleti jelképek rendszeréhez (Szabó 2022, Fig. 12a–b). Ez alapján felmerül a kérdés, hogy a vértesszőlősi és az ahhoz hasonló csüngők is értelmezhető-e a tehén alakú istennők tisztelete köréhez tartozó ábrázolások alapján a



**4. ábra:** Napkorongos csüngők és elterjedésük (Reiter 2014, Abb.4. alapján)

**Fig. 4.:** Distribution of cow head-shaped pendants with sun disk (based on Reiter 2014, Abb.4.)



**5. ábra** Mehet-Weret istennő sziluettje Tutanhamon fáraó halotti kerevetjének ábrázolása alapján (grafika és kép: <https://egypt-museum.com/funerary-bed-of-tutankhamun-with-mehet-weret/> alapján)

**Fig. 5.:** Silhouette of goddess Mehet-Weret on the funerary bed of pharaoh Tutanhamon (graphic and photo based on <https://egypt-museum.com/funerary-bed-of-tutankhamun-with-mehet-weret/>)

korábbi „szarvas” csüngő (*Hörnchen-anhänger*) elnevezéssel összhangban? A tárgy típusa szerkezeti felépítése szerint hasonlóképpen tagolódik, mint az az ókori Keleten a nap- vagy hold korongját a szarvai közt tartó marhaféjű istenek ábrázolásain látható. Az alsó korong a fejjel, a felette lévő két kis oldalirányú kiugrás a fülekkel, a felfelé induló, a külső oldal felé visszakanyarodó, hegyes végű nyúlvány a szarvakkal, az utóbbiak között lévő, felső, az áttörése alapján a felfüggesztést is szolgáló korongszerű része az égitest korongjával azonosíthatók (**5. ábra**). Ebben az esetben az olyan, egyébként az óskori antropomorf idolk széles körében ismeretlen részlet is értelmezhető, mint az alsó korong feletti, a füleknek megfelelő kiugrások, de maga a küllős kerékkel több esetben a fej helyén nyomtatékosan jelzett napkorong is. A bovidákhoz kapcsolódó, az égitest korongját szarvai között tartó egyiptomi férfi és női istenségek között talán legismertebb a hatalmat és szexuális potenciát megtestesítő Apis, Buchis vagy Mnevis bikák alakja (Wilkinson 2003, 170–174). Esetünkben azonban a Neumarkt an der Ybbs 66. sírban fekvő személy neve is egyértelművé teszi, hogy az  $\Omega$ -alakú csüngőkhöz hasonlóan női jelképről van szó, esetünkben a tehenek ábrázolásai lehetnek relevánsak. A szóba jöhető, a teremtés és a termékenység hatalmát képviselő Bat, Hathor, Hesat, Mehet-Weret és Shentayet istennők között időrendjüket, területi elterjedésüket és jelképeiket tekintve is sokszor jelentős átfedés van. Bat, a nevében is a női erőt jelentő istenség tiszteletére már a predinasztikus időkben is vannak adatok, egyes feltételezések szerint eredete Mezopotámia felé mutat (Wilkinson 2003, 173). Az ugyancsak a korai időktől jelentős szerepet játszó Hathor, Mehet-Weret tehénistennő rokona, egyik neve szerint a „hüvely úrnője” volt, és az anyaság minden mozzanatához kapcsolódva segítette a nőket a fogantatásban, a vajúadásban és a szülésben, de még a túlvilágon is. Ugyanakkor nem csak a szexualitáshoz kapcsolódó örömök, de a tánc, a zene, a bor és sör szeretőjének is tartották, akiről azt gondolták, hogy minden este megkapja a haldokló napot.

Legtöbbször csak a kifelé görbülő szarvai között a nap korongját tartó tehénfejét ábrázolták (Wilkinson 2003, 140–144). A nevében a vadtehenre utaló Hesat tisztelete is a korai időktől követhető, tejet és sört biztosított az emberek számára, de ő volt a király dajkája és a szent Mnevis bika anyja is.

Mehet-Weret, az ősi tehénistennő a teremtés-születés-újjászületés segítője, s amikor maga is feltámadt a teremtés vizéből, akkor megszülte Re napistent, ezért szarvai között a napkoronggal ábrázolják. Shentayet tehénfejű istennő szerepére özvegyet jelentő neve is utal, kultusza Ízisz tiszteletébe olvadt be (Wilkinson 2003, 174–175).



**6. ábra:** Tehénfej alakú medál viselésének módja a Velika Bilozerka 2. kurgán 3. sírjában talált fülbevalón.

**Fig. 6.:** Way of wearing a cow head-shaped pendant, earring from burial no. 3, Kurgan no. 2.

([https://www.researchgate.net/publication/344394542\\_The\\_Han\\_Empire\\_and\\_the\\_Hellenistic\\_World\\_Prestige\\_Gold\\_and\\_the\\_Exotic\\_Horse/figures?lo=102/12/2023](https://www.researchgate.net/publication/344394542_The_Han_Empire_and_the_Hellenistic_World_Prestige_Gold_and_the_Exotic_Horse/figures?lo=102/12/2023))

Jól látható, hogy a tehénfejű istennők a termékenység, születés, elmúlás, újjászületés körforgásához kötődtek, aminek jelképrendszerében együttesen használtak két természeti előképet: a tehenet és a napot. Lényegében ezt a gondolatkört közvetíti felénk a vértesszőlősi tárgy típus is, amelyet a fentiek figyelembevételével pontosabb és kifejezőbb a továbbiakban *napkorongos tehénfej alakú csüngőnek* nevezni. Ezt a meghatározást és a Bilozerka 2. kurgán 3. sírjában feltárt, Kr. e. 4. századra keltezhető, fiatal nőt ábrázoló, valamint a hasonló kercsi arany fülbevalópáron a hölgy nyakában lévő nyakláncon egy tehénfej alakú medál látható (Reeder 1999, Fig. 95) (**6. ábra**).

A tehénfej, mint a nőiség jelképeinek széles körű és időtartamú használatát mutatja például a Tiszaeszlár-Bashalom honfoglalás kori sírban feltárt hajfonatdísz tehénfej alakú veretsora is (Dienes 1972, 42. kép).

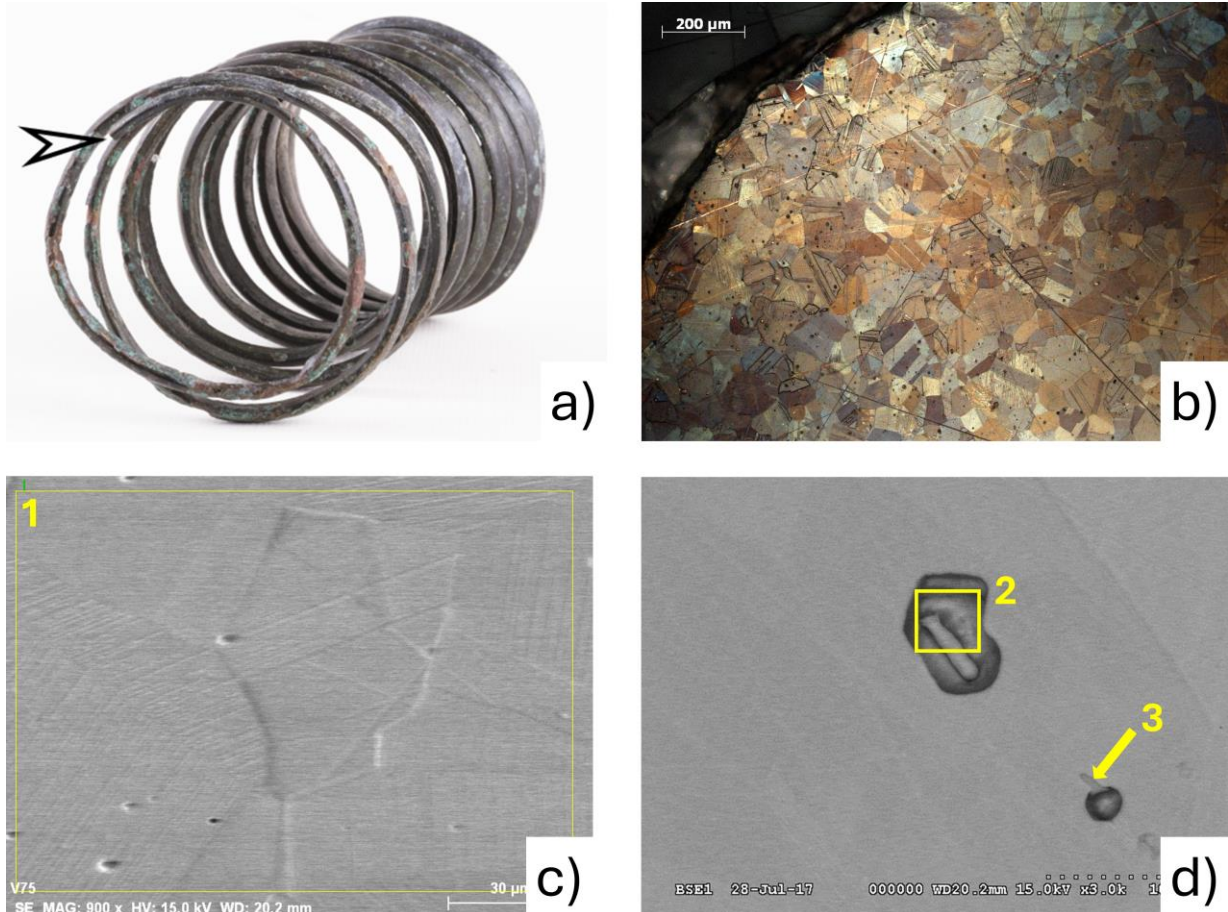
## Vizsgálati módszerek

A metallográfiai vizsgálatok célja a tárgyak kémiai összetételével és mikroszerkezetével kapcsolatos kérdések megválaszolása. A megfigyeléshez és elemzéshez Zeiss AxioImager optikai- és Bruker energiadiszperzív szondával felszerelt Hitachi S4300 CFE pásztázó elektronmikroszkópot (SEM-EDS) használtunk. A SEM-EDS vizsgálat két irányra fókuszál: 1) a minták osztályozása átlagos összetételük alapján, amit területelemzéssel mérünk, és 2) a jelenlévő fázisok azonosítása. A metallográfiai vizsgálat során a mikroszerkezet-elemzés elsősorban a készítés folyamatairól ad tájékoztatást, amely magában foglalja azt a kérdést, hogy öntéssel készült-e a tárgy, az öntés után történt-e képlékeny alakváltozás, esetleg hőkezelés. Ennél is fontosabb, hogy a korróziós folyamatok vizsgálatával nyomon követhetjük a tárgyak életciklusát használat után is. A minták felületét csiszoltuk és políroztuk, majd  $K_2CrO_4$  vizes oldatával marattuk.

A metallográfiai vizsgálatokra különböző típusú tárgyakat választottunk ki, hogy azok eltérő gyártási folyamatai is összehasonlíthatók legyenek. A műtárgyak védelme miatt csak a legszükségesebb esetben vettünk mintát, akkor is törekedve a minimális sérülésre. A leletek kis mérete lehetővé adott arra, hogy a legtöbb esetben úgy ágyazzuk be azokat kétkomponensű, hidegen kötő Dentakryl gyantába, hogy az egyik jellemző pontjuk vizsgálható legyen. A spirálgöngyök és kartekercsek esetében azonban a célzott vizsgálatokhoz szükséges volt a tárgy végének teljes keresztmetszetére kiterjedően mintát venni, hogy a mikroszerkezet-elemzés során a lehetséges gyártási és hőkezelési folyamatok nyomai teljeskörűen követhetők legyenek.

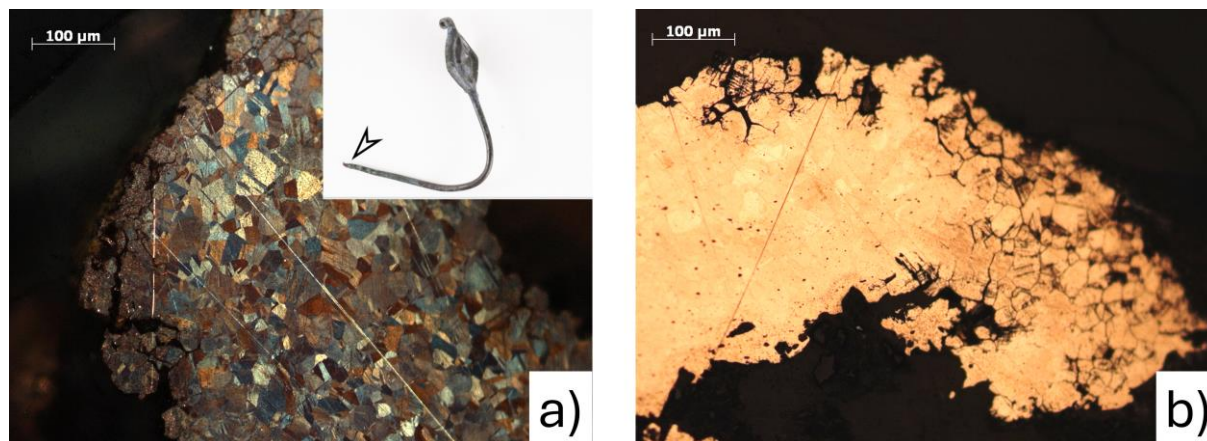
## A vizsgált tárgyak elemzésének eredményei

A kartekercs (minta azonosító: V75; ltsz.: 2015.2.1) ónbronzból készült (7/a ábra), minden egyéb adalékanyag nélkül. Az öntartalma viszonylag nagy, ~12 tömeg% (1. táblázat).



**7. ábra:** A kartekercs (V75) mintavételi helye (a), a mikroszerkezetéről készült felvétel polarizált megvilágításban (b). Közepes szemcseméretű újrakristályosodott szemcsék alkotják a mikroszerkezetet. Az átlagos (c) és lokális (d) EDS elemzés helyéről készült SEM-SE felvételek.

**Fig. 7.:** The arm spiral (V75): (a) sampling point, (b) microphotograph of the microstructure (medium-grained recrystallized) in polarized light, SEM-SE images about position of (c) average and (d) local EDS analyses.



**8. ábra** Vulva fejű tű (V2) mikroszerkezetéről készült felvétel polarizált megvilágításban (a). A kép a mintavétel helyét is mutatja. A világos látóterű megvilágítás (b) a minta korrózióját mutatja.

**Fig. 8.:** The vulva-headed needle (V2): (a) microphotograph of the microstructure in polarized light with the sampling point on the artefact, (b) microphotograph in bright field, showing the corrosion state of the sample.

**1. táblázat:** Az EDS elemösszetétel elemzések eredményei tömeg% egységekben. Az elemzések helyét a hivatkozott ábrák jelölik.

**Table 1.:** Chemical composition by EDS analyses, in wt%. Position of measurements is indicated by the figure numbers.

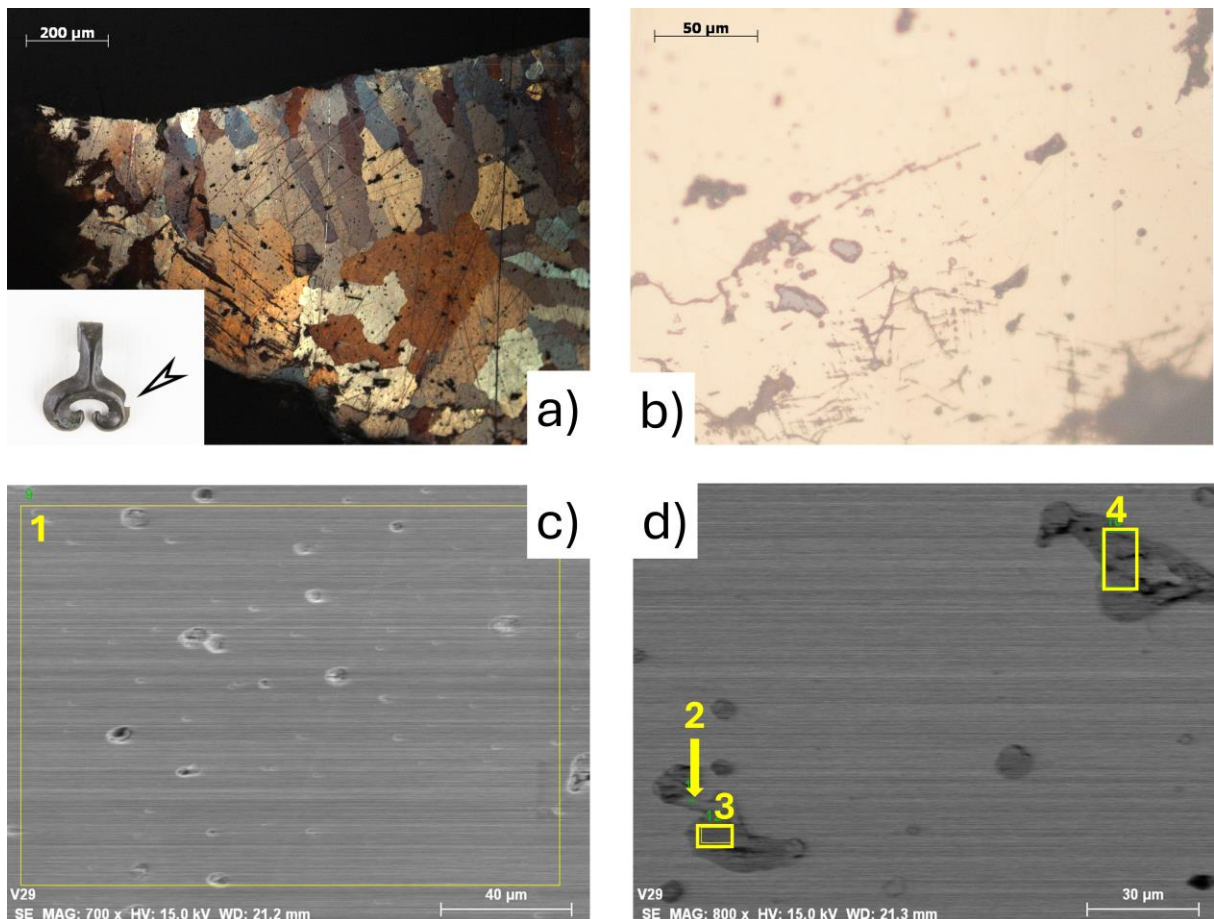
tárgy	elemzés	Al	Si	P	S	Cr	Fe	Ni	Cu	As	Ag	Sn	Sb	Pb	egyéb detektált elemek
V75	7. c ábra, átlag (1)				0,02				87,2			11,41			O, C
	7.d ábra, fázis (2)	0,21	0,21		0,04	0,08		0,12	69,59	0,09		17,74	3,52		O, C
	7.d ábra, fázis (3)		0,33		7,47			0,39	79,59	0,78	0,02	7,58	0,6	2,56	O, C
V2	átlag	0,14	0,26	0,22	0,58			0,15	91,08	0,72		4,33		0,11	O, C
V29	9.c ábra, átlag (1)		0,12		0,54			0,32	91,5	1		5,4			O, C
	9.d ábra, fázis (2)	0,26	0,11		8,35				82,02	0,83		0,42	0,26	1,5	O, C
	9.d ábra, fázis (3)				1,12	0,7			74,32			2,38			O, C
	9.d ábra, fázis (4)				0,72	0,27	0,5	0,33	83,42			3,66			O, C
VSZ40	átlag								84,63	0,42		5,67			O, C
	10.c ábra, fázis (1)	0,15			8,37		0,42	0,05	66,81			3,98			O, C
	10.c ábra, fázis (2)				8,84		1,37	0,29	63,76	0,33		2,31			O, C
VSz64	átlag	0,38	0,26		0,21				76,5			8,97	0,96	1,92	O, C
	11.c ábra, fázis (1)		0,47		15,95				66,47	1,32		2,57			O, C
	11.d ábra, fázis (2)	0,16	0,09	0,26	0,08	1	1,3		82,28	0,68		6,08	0,72	0,6	O, C
	11.d ábra, fázis (3)	0,13	0,28	0,61	0,61	0,49	1,41		18,13	0,69		33,23	3,45	1,46	O, C
VM	12.d ábra, átlag		0,03	0,07	0,07				83,69	0,2	0,47	8,67			O, C
ACS	13.c ábra, átlag (1)		0,2	0,24	0,31				87,68		0,81	9,1			O, C
	13.d ábra, fázis (2)	0,02	0,09	0,01	11,24			0,86	79,12	0,07	0,03	1,36			Ca: 0,83, Ti: 0,53, C, O

Ez a nagy óntartalom nagy keménységet biztosított a tárgynak. Ez a fajta réz-ón ötvözet nagy szilárdságú és hidegmegmunkálás esetén intenzíven keményedik. Ezért a hideg plasztikus deformációhoz nagy erők szükségesek, és a további alakíthatóság az alakváltozás mértékének növekedésével intenzíven csökken. Ez magyarázza az újrakristályosodott szerkezetet (7/b, 7/c ábra). Már kisebb hidegalakítás után is izzításra volt szükség a további deformáció folytatásához. A tárgy típus alakja nagyfokú teljes deformációra utal. Ennek az ötvözetnek a melegkovácsolása repedésekhez vezethet, ezért a célszerű alakváltozási mód a hideg deformáció és a hőkezelések sorozata.

Ennek az ötvözetnek az újrakristályosítási folyamata nagy hőmérsékleti tartományban (400–600 °C) egy gyors folyamat, ami a megfigyelt közepes szemcseméretet (~50 µm) eredményezi. A vékony korróziós réteg miatt szinte a teljes keresztmetszet vizsgálható volt, és csak általános

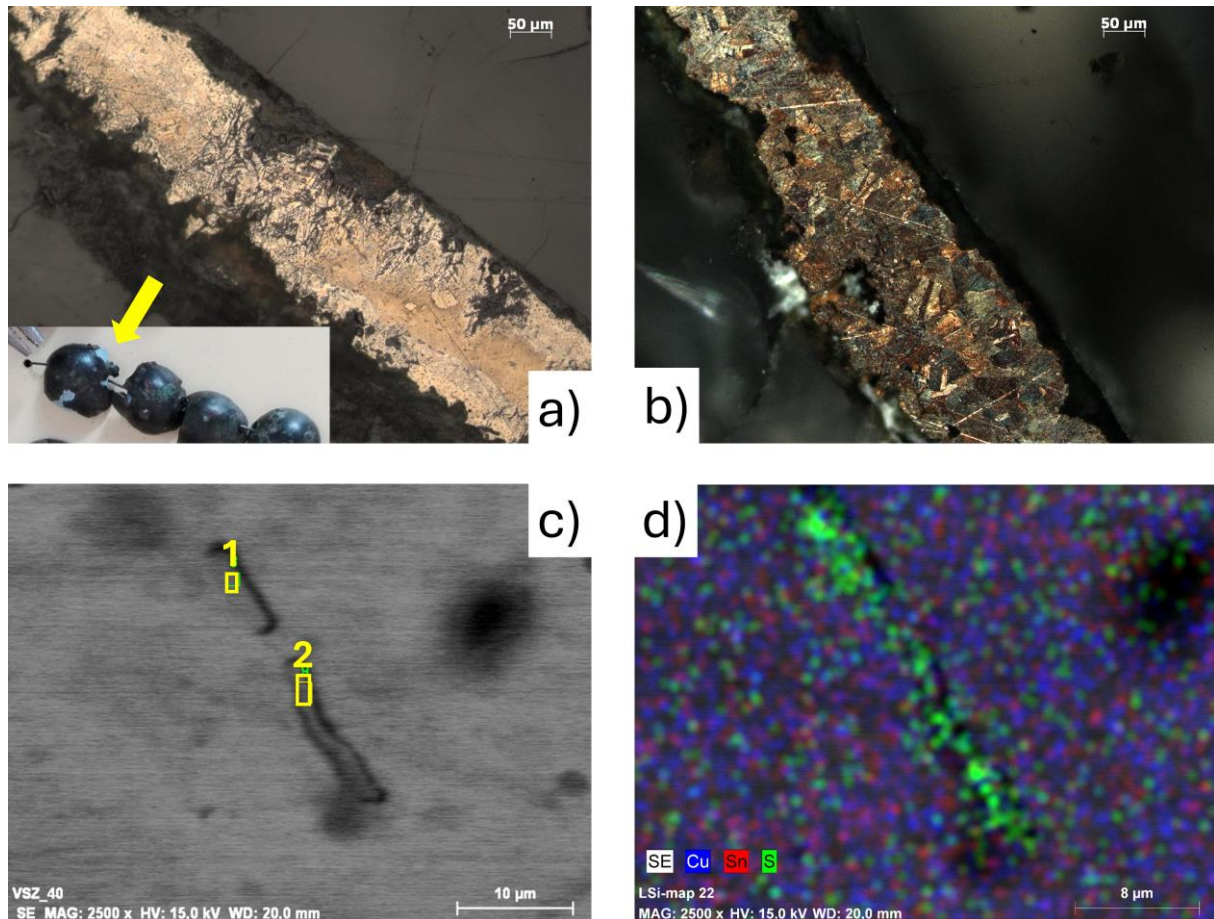
korrózió hatása figyelhető meg. Főleg kisebb, de néhány nagyobb zárvány is látható a mikroszerkezetben. Minden zárvány rézszulfid, alakjuk gömbölyűnek tűnik, de figyelembe kell venni, hogy ezen a metszeten a zárványok keresztmetszete látható, egy merőleges metszet tárná fel a valódi formát (7/d ábra).

A *vulva fejű tű* (minta azonosító: V2, ltsz.: 2015.2.2.1.) ónbronzból készült (8/a ábra), ~4,6 tömeg% óntartalommal (1. táblázat). Ez az ötvözet hidegmegmunkálásra alkalmas, azonban az ötvözet keménysége nagy, és az alakítási keményedés intenzív, ezért a hosszúkás forma kialakításához hőkezelésre, lágyításra volt szükség. A vizsgált metszeten látható újrakristályosodott, kis szemcseméretű (~20 µm) mikroszerkezet nagy újrakristályosítási hőmérsékletet és viszonylag nagyfokú deformációt jelez. Az ón mellett az ötvözet körülbelül együttesen 1 tömeg% arzént és foszfort tartalmaz (1. táblázat).



**9. ábra:** A félhold alakú csüngő (V29) mintavételi helye és a minta mikroszerkezete polarizált megvilágításban (a). Világos látótérben szulfid zárványokat látunk (b). Az átlagos összetétel meghatározás (c) és a zárványok elemzési helyeit (d) a SEM-SE felvételeken jelöltük.

**Fig. 9.:** The crescent-shaped pendant (V29): (a) microphotograph of the microstructure in polarized light with the sampling point on the artefact, (b) microphotograph in bright field, showing sulphide inclusions, SEM-SE images about position of (c) average and (d) inclusions' EDS analyses.



**10. ábra:** A pityke (V40) mintavételi helye és a minta mikroszerkezete világos látótérben (a). A minta korrózió hatásaival erősen terhelt. Polarizált megvilágításban. (b) A mikroszerkezetben újrakristályosodott szemcséket és kis méretű, nyújtott szulfid zárványokat találunk (c: SEM-SE, d: EDS elem térkép).

**Fig. 10.:** The stud (V40): (a) microphotograph of the microstructure in bright field with the sampling point on the artefact, (b) microphotograph in polarized light, showing the evolved corrosion state of the sample. (c,d) Recrystallized microstructure with small, elongated sulphide inclusions (c: SEM-SE, d: EDS element map).

Mindkét összetevő nagy mértékben befolyásolja a mechanikai tulajdonságokat. A korszakban általánosnak tekinthető arzéntartalommal szemben ez a foszfortartalom a vizsgált tárgy sajátosságának tekinthető. A tűn lévő vastag korróziós réteg miatt csak a keresztmetszet középső területe vizsgálható (**8/b ábra**). A lágyított kis szemcseméretű mikroszerkezet és a kémiai összetétel az eredeti keresztmetszetben azonos szemcseszerkezetre utal. A mikroszerkezetben kis méretű rézszulfid zárványok is találhatóak. A fém rész és a korróziós termékek általános korróziós folyamatot mutatnak.

*A félhold alakú csüngő* (minta azonosító: VSZ29; ltsz.: 2015.2.4.9) mikroszerkezetében öntött ónbronzt látható (**9/a ábra**), az Sn tartalom ~5,6 tömeg% (**1. táblázat, 9/c ábra**). Az ón mellett arzén (1,64 tömeg%) és nikkel (0,67 tömeg%) tartalmat mutattunk ki. Ez megegyezik a korszak vizsgált tárgyaira jellemző ötvözetípussal (Kovács et al. 2019). Az arzéntartalom nagyobb hatással van a bronzanyag tulajdonságaira, mint a nikkel-tartalom. A vizsgált metszeten az öntött ötvözetek

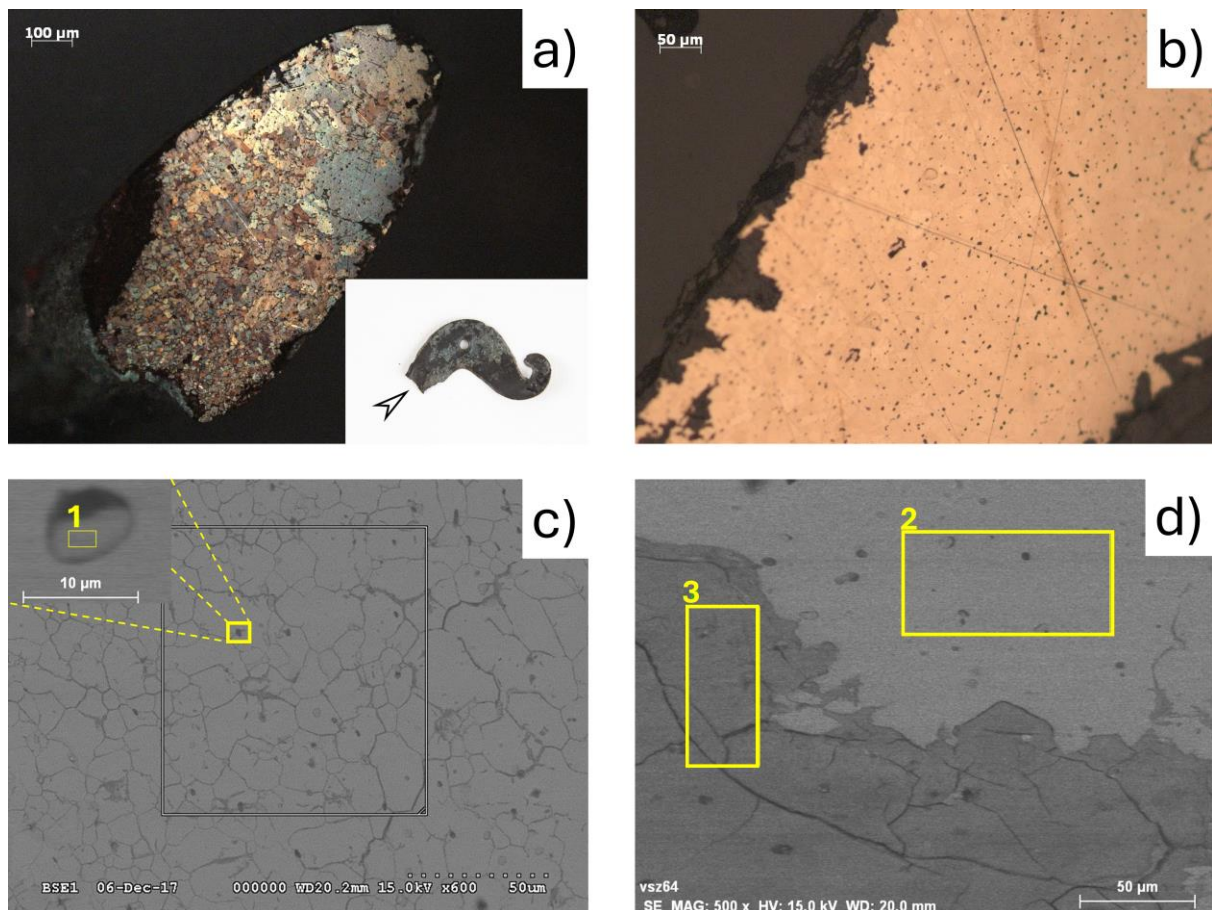
tipikus mikroszerkezete látható (**9/a ábra**). Az öntőformával érintkező felület mellett apró szemcsék figyelhetők meg. A hűlési sebesség itt volt a legnagyobb. A medál méreteiből adódóan a hűlési sebesség a teljes kristályosodási folyamat során is nagy volt, ennek következtében a keresztmetszet nagy részén oszlopos dendrites szerkezet alakult ki. A keresztmetszet közepén durva uniaxiális dendrites szemcsék figyelhetők meg. A tárgy anyagának összetétele a kis óntartalom miatt nem ideális az öntéshez. A nagyobb óntartalom kisebb likvidusz és szolidusz hőmérsékletet jelent. De a vizsgált tárgy kis mérete és formája is arra mutat, hogy a vizsgált ötvözetből öntéssel készült. A tárgy felületén csak egy vékony korróziós réteg látható, ami általános korróziós folyamatra utal. A mikroszerkezetben néhány nagyobb- és több kis gömb alakú rézszulfid zárvány látható (**9/b, 9/d ábra**). A zárványok gömb alakja is nagy hőmérsékletű előállítási technikára utal.

A *bronz pityke* (minta azonosító: VSZ40; ltsz.: 2015.2.5.2.) óntartalma a legkisebb a kincs vizsgált

tárgyai között (3,44 tömeg%) (**1. táblázat, 10/a ábra**). Az ónon kívül kis mennyiségű arzén is kimutatható (0,4 tömeg%). Ez az ötvözet is tipikusnak mondható a vizsgált tárgyak között. Az alacsony óntartalom előnyösnek tekinthető, mivel a dísz előállításához nagy, képlékeny alakváltozásra volt szükség. A kisebb óntartalomból adódó kisebb alakítási keményedés elősegítette a megmunkálást. Ennek ellenére az erős alakítás során hőkezelésre is szükség lehetett, a gyártástechnika utolsó lépése pedig lágyítás volt. Erre utal a mikro-szkópi képen látható újrakristályosodott szemcse-szerkezet (**10/b ábra**). A mikroszerkezetben apró, de megnyúlt rézszulfid zárványok láthatók (**10/c, 10/d ábrák**). A zárványok megnyúlása a képlékeny deformáció következménye. Méretük láthatóan kicsi, így természetükről pontosabb képet ad a SEM-EDS vizsgálat. Az összetétel elemzése megerősíti, hogy ezek valóban rézszulfid zárványok (**10/d ábra**). A nagyobb zárványok megnyúlásából következtetni lehet a teljes képlékeny alakváltozás

mértékére. Ehhez azonban számolnunk kell azzal, hogy a zárványok a fémalakítás és izzítás során széttöredezhettek. A mikroszkópi képen látható, a tárgyra jellemző zárvány formája alapján a pityke valóban nagymértékű teljes deformációval készült. A tárgy felületét csak egy vékony korróziós réteg borította, ami általános korróziós folyamatra utal (**10/a ábra**).

Az  $\Omega$ -alakú csüngő (minta azonosító: VSZ64; ltsz.: 2015.2.3.17) öntéssel készült (**11/a ábra**), azonban a mintavételi területen még az öntési hő okozta szilárdságsökkenés miatt a tárgyat a formából történő kivétel után deformáció érte. Valamilyen utómunkára, formára igazításra lehetett szükség. A mikrofelvételeken (**11/a ábra**) duplex szemcseszerkezet látható. A minta egyik oldalán meglehetősen kicsi, míg a többi részen nagyobb szemcsék épültek fel. A darab alakját és méreteit tekintve ez a duplex szemcseszerkezet akkor alakulhat ki, ha az egyik oldal nagyobb mértékben deformálódott, mint a másik, ami ugyancsak az utólagos formára igazítást



**11. ábra:** Az  $\Omega$ -alakú csüngő töredékéből (VSZ64) vett minta mikroszerkezete polarizált megvilágításban (a) és a mintavétel helye. (b) A világos látótérben látható apró zárványok (c) kémiai összetételét EDS elemzésekkel (helye a BSE felvételeken) hasonlítottuk össze (d) a fémes és korrodált területekkel.

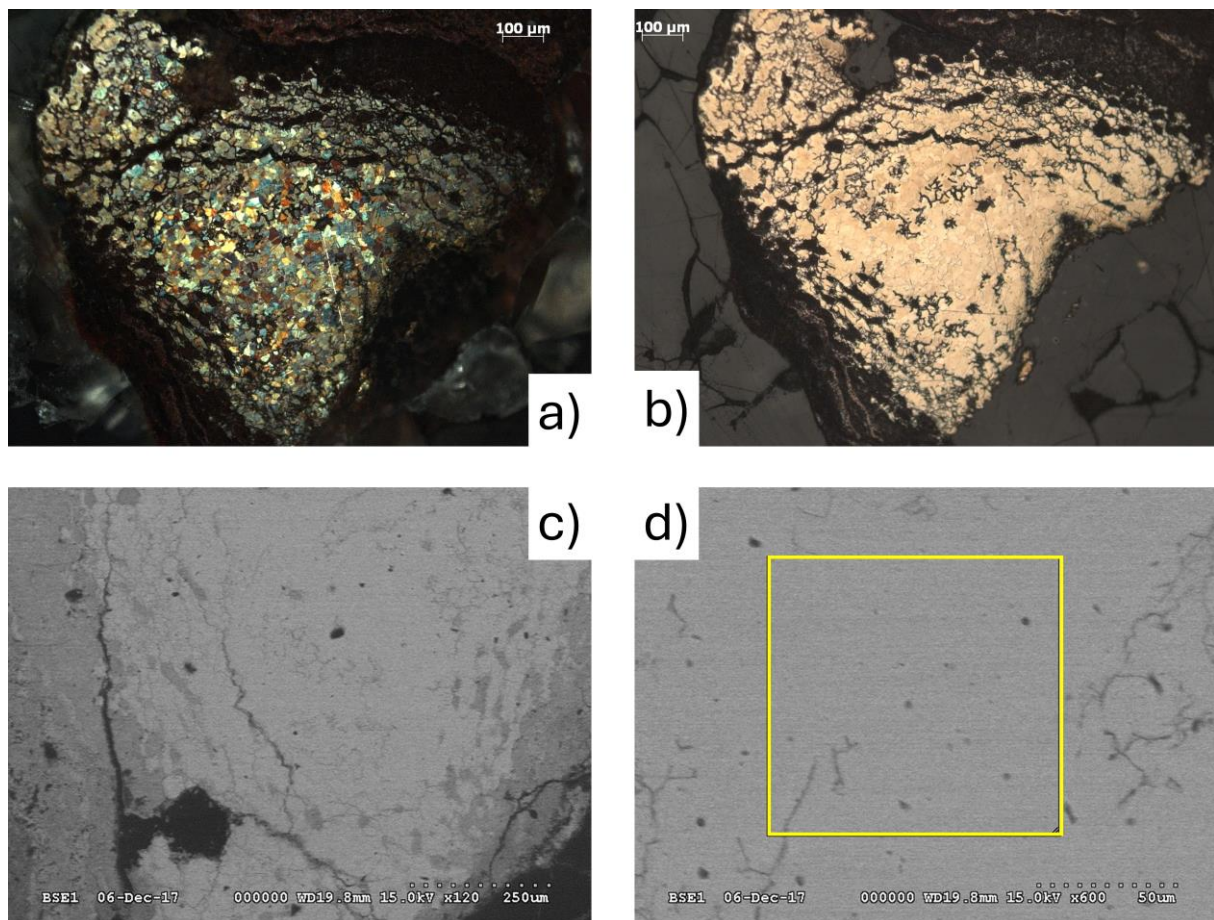
**Fig. 11.:** Fragment of the  $\Omega$ -shaped pendant (VSZ64): (a) microphotograph of the microstructure in polarized light with the sampling point on the artefact, (b) microphotograph in bright field, showing small inclusions. Their EDS-based chemical composition (c, BSE) was compared to the metallic and corroded phases (d, BSE).



támasztja alá. Óntartalma 5,69 tömeg%, ami közepesnek mondható (**1. táblázat**). Ezenkívül kis mennyiségű antimon (0,59 tömeg%) is mérhető volt. Az antimon jelenléte gyakori a vizsgált objektumokban, azonban az ón melletti antimon kimutatása ebben az egy esetben fordult elő. A mikroszerkezetben apró zárványok láthatók (**11/b, 11/c ábrák**). Ezek többsége kisméretű, gömb alakú rézszulfid (**11/c ábra**), azonban a szulfidokon kívül hasonló méretű ólomzárványok is megfigyelhetők. A tárgyat vastag korróziós réteg fedi, ami egyenletes, ez ebben az esetben is általános korróziós folyamatot feltételez. Elemezve a korróziós réteget és a fémcs metsetet kimutatható, hogy milyen nagymértékű az ón dúsulása a korróziós folyamat során (**11/d ábra**).

A spirálgöngy töredékének (minta azonosító: VM, különálló menettöredék) óntartalma ~6,4 tömeg%, ami közepesnek mondható (**12/a ábra**). Kis mennyiségben ólmot, antimont, nikkelt és ezüstöt is tartalmaz (**1. táblázat**). Ezek az összetevők a többi

vizsgált tárgyéhoz hasonló ötvözetre mutatnak. Az óntartalom nagymértékben meghatározza egy tárgy mechanikai tulajdonságait is, mint a szilárdságát és a keménységét. Ez az ötvözet kiválóan alkalmas a hidegalakításra. A tárgytípus formája nagy képlékeny alakváltozást feltételez, melynek mértékét mindig az ötvözet feltételezett alakváltozási keményedéséhez képest kell figyelembe venni. Emiatt vagy a gyártás során, vagy a simítás előtti deformáció (itt a tekercselés) végén lágyították (**12/a ábra**). Emiatt a mikroszkópos felvételen újrakristályosodott szemcseszerkezet látható. A szemcseméret közepes-nagy, ami vagy enyhe deformációt jelez az előmelegítés után, vagy a tárgy hosszabb ideig tartózkodott nagy hőmérsékleten, ahol szemcsedurvulás folyamata növelte a szemcseméretet. A valódi folyamat meghatározását nehezíti a tárgy erős korróziója és a vastag korróziós réteg (**12/b, 12/c ábra**). Az erős korrózió miatt az eredeti keresztmetszetnek csak egy része vizsgálható (**12/b ábra**). A mikroszerkezetben kisméretű zárvá-



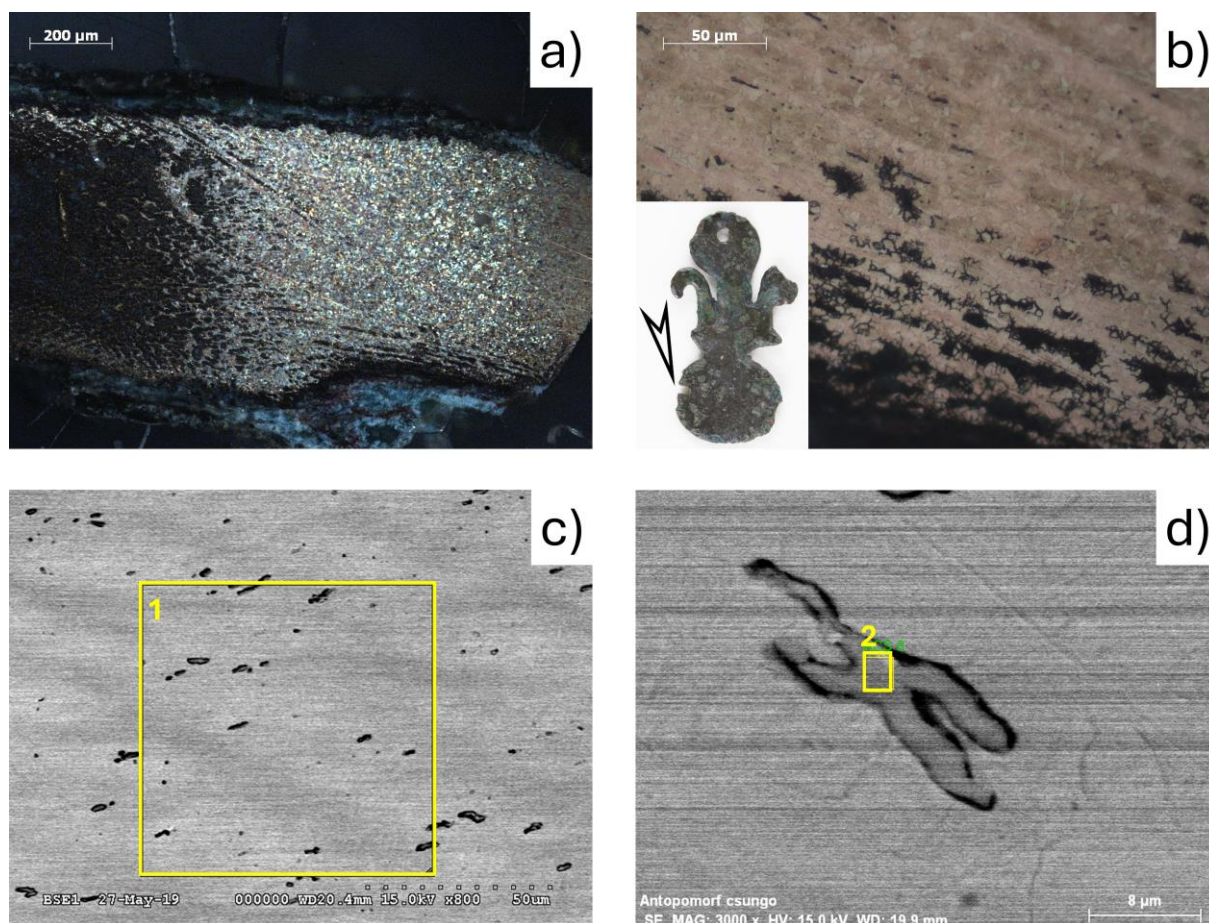
**12. ábra:** Spirálgöngy töredékéből (VM, különálló menettöredék) vett minta optikai mikroszkópi felvétele polarizált megvilágításban (a). Újrakristályosodott szemcseszerkezet látható. A világos látóterű megvilágítás rámutat a korróziós hatásra (b), amit SEM-BSE felvételen is megfigyelhetünk (c). Az átlagos összetétel meghatározását a korrózióval nem terhelt területen végeztük el (d).

**Fig. 12.:** Fragment of a spiral bead (VM): (a) microphotograph in polarized light, (b) in bright field and (c) on SEM-BSE image, showing recrystallized microstructure and the corroded state. (d) EDS analyses of the average were done on uncorroded areas.

nyok figyelhetők meg, amik SEM-EDS analízis alapján réz-szulfidok és ólom-zárványok. Az ólomot a réz szilárd fázisban nem oldja fel, így zárványként szinte tiszta fém formában található. Míg a szulfidok képlékeny alakváltozás következtében megnyúlnak, az ólomfázisok kis méretük és kis olvadáspontjuk miatt szinte mindig gömb alakúak. Esetünkben a bizmuttertartalom az ólomfázisban mérhető és nem a bronz alapanyagban. A kis zárványok között, különösen a korrózióval érintett területen pedig ón-antimon szegregációval kialakuló intermetallikus fázis is található. Ezek az intermetallikus fázisok is kicsik és gömb alakúak. A korróziós folyamat a tekercselés miatt a húzott oldalon intenzívebb, mint az összenyomott oldalon, természeténél fogva feszültségkorróziós folyamatot látunk (12/b, 12/c ábrák). A szemcséken keresztül terjedő repedések sokkal nagyobb területet fednek le, mint az általános korrózió esetében. A repedéshálózat miatt a keresztmetszet nagyobb területén

találkozunk korróziós termékekkel.

Az előzetes szemrevételezés alapján feltételezhető volt, hogy a *napkorongos tehénfej alakú csüngő* (minta azonosítója: ACS) egy utólagosan megmunkált öntvény (13/b ábra). Ezért a mintavételre a forma legnagyobb területét választottuk ki, ahol a megmunkálás hatása érvényesülhet, így a csiszolathoz a mintát a csüngő alsó, korong alakú részének a széléről vettük. A metszeten első ránézésre egy jelentős, ~0,5 mm vastag korróziós réteg figyelhető meg, amelynél a fémmag közötti részén egy sima átmeneti zóna látható (13/a ábra). Nagyobb nagyításban jól látható a kristályosodás során bekövetkezett mikroszegregáció, és az eredeti dendrites szerkezet, illetve az ezen belül kialakult kis újrakristályosodott szemcsék közötti eltérés (13/b ábra). Ez a jelenség csak kismértékű megmunkálásra utal, ami egyben megmagyarázza az átmeneti zóna természetét is.



**13. ábra:** A napkorongos tehénfej alakú csüngőből (ACS) vett minta mikroszerkezetét az (a) felvétel mutatja polarizált megvilágításban. Apró újrakristályosodott szemcsék láthatók. Világos látóterű megvilágításban (b) azonban a mikrodúsulás és a korrózió kiemeli az eredeti, priméren kristályosodott szerkezetet is. (c) A zárványok (SEM-BSE) lokális EDS elemzése (d: SEM-SE) zömében szulfidokat azonosított.

**Fig. 13.:** The cow head-shaped pendant with sun disk (ACS): (a) microphotograph of the microstructure in polarized light, (b) microphotograph in bright field (with the sampling point on the artefact), showing both the recrystallized and the primary microstructure by microenrichments and corrosion. (c) The inclusions (SEM-BSE) proved to be sulphides by EDS analyses (d, SEM-SE).

A korróziós folyamat a dendritágak közötti szegregált zónákban gyorsabb volt, a megmunkálás iránya a dendritek irányára merőlegesen történt, ezért látható a megnyúlt átmeneti zóna is. A tárgy felületén végzett kémiai elemzés esetén világos, hogy az érintett területen a fém kémiai összetételét és a korróziós réteget együtt mérjük. A pontos mérés érdekében a korróziós réteget 0,5 mm mélységben el kell távolítani, ami a mintavételhez hasonlóan érinti a tárgyat. Esetünkben a fém kémiai összetételét a minta fémes területén mértük (13/c ábra, 1. táblázat). Az óntartalom 9,1 tömeg%, ami öntéssel előállított tárgyak esetében általánosnak tekinthető (1. táblázat). Ez az összetétel közel van ahhoz a határhoz, ahol az ónbronzzal még hidegen alakítható. Az ón mellett a kohósítási folyamatból származó kis mennyiségű kén (0,31 tömeg%) és foszfor (0,24 tömeg%) is kimutatható. Az ötvözetben megfigyelt 0,81 tömeg% ezüsttartalom feltételezhető forrása a rézérc. A korróziós réteg kémiai összetételét tekintve az óntartalom itt csaknem megduplázódott (15,6 tömeg%), a foszfor viszont hiányzik a rétegből. A kénszint közel azonos (0,23 tömeg%), az ezüsttartalom pedig erősen megemelkedett 2,35 tömeg%-ra. Számos olyan elemet is észleltünk, amelyeket az alapanyag nem tartalmaz, ezek a környező talajból származhatnak: Mg, Al, Ti, Cr, Mn, Co (1. táblázat). A fő problémát azok a korróziós rétegekben is mért elemek okozzák, amelyek bizonyos ércforrások mutatójaként is értékelhetők (Ni, Fe, Sb és As). Ezek a kis mennyiségben előforduló nyomelemek csak csekély mértékben befolyásolják az ötvözet tulajdonságait. Esetünkben ezek az elemek nem is az alapfémhez kapcsolódtak. A felület és a metszet elemzése az eredetet illetően két teljesen más forrásra mutat, ha a rendkívül nagy ón- és ezüsttartalomnál nem vesszük figyelembe, hogy a mikroszerkezet felületanalitikai módszerrel nem tárható fel. Ebben az esetben a megmunkálás ténye nem tárulna fel és a nagy óntartalom csak az öntési folyamatra utalna. Nagyobb nagyításban az eredetileg szegregálódott fém ón- és ezüstrészecskék megtalálhatók a korróziós rétegben. Ezek a fémek a korróziós reakciók során majdnem tiszta formájukban szegregálódnak, méretük kicsi (1–3  $\mu\text{m}$ ). De ahogy arra már korábban is felhívtuk a figyelmet, a vizsgálati eszközök érzékenységének növekedésével (egyre kisebb felületek vizsgálásával) is együtt járhat az extrém nagy ón- és ezüsttartalom mérése (Szabó et al. 2019), mint esetünkben is.

### Értelmezés

A metallográfiai vizsgálatok értékelésénél a vizsgálat egyrészt az átlagos összetételekre fókuszált. A SEM-EDS elemzés eredményeit a jellegzetes összetételek csoportjainak azonosítására használtuk fel. Másrészt az egyes objektumok összetételét összehasonlítottuk a mikroszerkezeti

jellemzőkkel. A mikroszerkezeti vizsgálatok rávilágítottak a gyártási technikákra, amit összevetve az összetételre vonatkozó eredményekkel még pontosabb képet kaptunk arról, hogyan készítették a tárgyakat.

A korszakra jellemző bronz összetételében ón, antimon, (0,3–0,7 tömeg%), ezüst (0,3–0,7 tömeg%) és arzén (0,4–1 tömeg%) van. Az ezüst mennyisége és jelenléte mindig érdekes kérdés, hiszen egy olyan ötvözetben, amelyben ezüstöt nem mutattak ki, a korróziós termékben szegregáció mutatható ki. Ilyenkor felmerül a kérdés, hogy az ónt, antimont és arzént tartalmazó ötvözet külön csoportot alkot-e vagy sem.

A vértesszőlősi leletekben arzénnel nikkelt, antimonnal arzént figyeltünk meg. Olyan tárgy is volt, amelyben az ónon kívül más elem nem volt kimutatható. Az óntartalom nagy hatással van a mechanikai tulajdonságokra és így a megmunkálhatóságra is, ezért a gyártási technológia vizsgálatánál ezt is figyelembe kell venni. Minél nagyobb az óntartalom, annál nagyobb az ötvözet szilárdsága és annál intenzívebb az alakítási keményedés. A feldolgozhatósági határ ~12 tömeg% óntartalomnál van. A vizsgált tárgyak általános gyártási technikája a hideg képlékeny alakítás és a hőkezelés. A gyártás során öntött elődarabot kell feltételezni, amelyet például kalapá-lással alakítottak. A képlékeny alakváltozás során a bronz keményedik, ezért bizonyos fokú alakítás után szükséges a lágyítás, amit hőkezeléssel lehet elvégezni. Érdekes módon a kincsben minden egyes vizsgált kalapált tárgyat végül kilágyítottak. Erre feltehetően a befejező műveletek megkönnyítése miatt volt szükség. A spirálgöngyök esetében a tárgy típusjából adódóan csak a hidegalakítás és hőkezelés jöhet szóba a készítési technika tekintetében.

Három esetben a tárgy (tű és a két csüngő) öntéssel készült, de a mikroszerkezetük arra utal, hogy utólag kisebb-nagyobb mértékben még alakították őket. Az öntött tárgyak esetében a nagy ötvözet-tartalom könnyebb öntést eredményez. A vértesszőlősi kincsben a közepes óntartalmú  $\Omega$ - és a félhold alakú csüngő, valamint a tű azonos körülmények között nehezebben, a napkorongos tehénfej alakú csüngő 9,1 tömeg% óntartalmával könnyebben önthető volt. A vizsgált kincslelet ékszereinek mikroszerkezetén nem láthatók égésre utaló nyomok, ami arra utal, hogy ezek a tárgyak nem kerültek például a halottal együtt a máglyára, hanem külön helyezték őket a földre. Ez ismét ráirányítja a figyelmet arra, hogy a Mészbetétes edények népe kincsleleteire jellemző  $\Omega$ -alakú csüngők a legtöbb temetőben hiányoznak a sírokból (Szabó 2022a, 203).

A megfigyeléseink arra is rámutatnak, hogy a vizsgált kincset készítő(k) alapanyag-ellátásának a

szervezettsége alacsony volt, nyersanyagként egy kész ötvözetet kaptak, amelyből aztán a vázolt gyártási technikákkal a tárgyakat elkészítették. Az is látszik, hogy kohászati értelemben az alapanyagok terén szélesebb lehetőségeik voltak a fémműve-seknek, mint a gyártási technikákban.

A tárgyak összetételének együttes vizsgálatakor, figyelembe véve a készítési technikára vonatkozó elemzést, több alapanyagcsoportot feltételezhetünk. Az átlagos összetétel elemzést is EDS analízissel végeztük, az összetételre jellemző, azt differenciáló összetevők 0,5–3,0 tömeg% mennyiség között mozognak. Emiatt csak jellemző csoportokat jelölhetünk meg, a csoporton belül további elemzés nem tehető. Az egyik csoport nikkelt, arzént, ezüstöt és antimont tartalmaz jelentékeny mennyiségben. Az ezüst meglétének, dúsulásának és detektálásának a problémáját a tárgyak leírásánál röviden elemeztük, de az megfigyelhető ebben a csoportban, hogy ahol kicsi az ezüst mennyisége ott antimon is kevés detektálható. Kevés arzént (~1 tömeg%) tartalmazó ötvözetcsoporthoz is azonosítható, ahol az arzén mellett más ötvöző nem észlelhető. Ehhez a csoporthoz hasonló az, ahol az említettnél kisebb mennyiségű arzén mellett ezüst is detektálható. Ebben az esetben kérdésként merül fel, hogy ezt a két csoportot külön kell-e kezelni, vagy egyik tekinthető, ismervé az arzén feldolgozás közbeni és az ezüst korróziós viselkedését. Mindenesetre a két csoport alap ötvözetei jelentősen eltérnek egymástól. Emellett az antimon tartalom egy külön csoportot is meghatároz, aminek jellemzője, hogy arzén is detektálható, de nagyon kis mennyiségben. Az antimon forrása alapvetően lehet a réz kohósítás és az ón hozzáadás is. Ennek a csoportnak azonban a számossága olyan kicsi, hogy nem található korreláció sem az óntartalom, sem a réztartalom között. Ezt tekintve mindenképp külön csoportnak kell tekintenünk. Korábbi vizsgálatokkal összevetve az adatok alapján a réz összetevőhöz kell soroljuk az antimontartalmat (Kiss et al. 2013; Gyöngyösi et al. 2023). Összetétel alapján tehát a leletegyüttes anyaga rendkívül inhomogén, a fent leírtak alapján 4 csoportot határozhatunk meg a szokásosan elemzett összetevők alapján.

A napkorongos tehénfej alakú csüngő az ezüst-tartalom mellett nagyon kevés arzént tartalmazó csoportba tartozik. Ebben a csoportban az ezüst-tartalom jelentősnek (~1 tömeg%) mondható. Hasonló ötvözetből készült például a vizsgált spirálgöngy töredék, aminek óntartalma is közel azonos a csüngő óntartalmával.

### **Összefoglalás**

A cikkünkben a vértesszőlősi leletegyüttes 7 jellegzetes tárgyának vizsgálati eredményeit mutatjuk be. A tárgyakból metallográfiai vizsgálatok elvégzéséhez mintát vettünk. A minta mikro-szerkezetét és kémiai összetételét vizsgáltuk optikai

mikroszkópi és elektronmikroszkópi vizsgálatokkal. A kémiai összetételt EDS elemzéssel mértük. Ez alapján hasonlítottuk össze a tárgyakat. A vizsgálat fókuszában a napkorongos tehénfej alakú csüngő állt, aminek a vizsgálat alapján kerestük párhuzamát a leletegyüttes többi tárgyában. Megállapítottuk, hogy a csüngő viszonylag nagy óntartalommal rendelkezik. Ez kedvezett az öntési technikának, az ötvözetet azonban keménnyé teszi. A tárgy a korrózió hatásaival erősen terhelt, de a minta fémes része biztonságosan vizsgálható volt. Itt újrakristályosodott szemcseszerkezetet tárt fel a vizsgálat, azonban a mikrodúsulás még jól kirajzolja a dendrites szerkezetet. Ez arra utal, hogy az öntött fémek kis mértékben, nagy hőmérsékleten alakították. A tárgyat tekintve öntés utáni kikészítést feltételezünk, mint készítési technika. Az így megmaradt dúsulás is felelős a nagymértékű korróziós hatásért.

A vizsgált tárgyak közül a spirálcső, ami alapanyagát és készítés technikáját tekintve hasonló. A bemutatott tárgyakon kívüli vizsgálati eredményeket is figyelembe véve alapján 4 fő alapanyag összetételi csoportot tudunk meghatározni az ötvöző és szennyező elemek meglétét és mennyiségét figyelembe véve. Itt az elemek jelenléte az EDS elemzés pontossága miatt minőségi jelzővé, nem pedig mindenhol meghatározott összetételi tartományt határoztunk meg. A két tárgy ugyanabba az alapanyagcsoportba tartozik, sőt közel azonos ón mennyiséget is mértünk a mintákban. Ebben az esetben is egy viszonylag nagy hőmérsékletű lágyítás történt a tekerceselés előtt.

A többi vizsgált tárgy esetében vagy az alapanyag csoport más, vagy a készítése technika tér el a leírtaktól. Azonban már a bemutatott 7 tárgy is jól tükrözi a tárgyak változatosságát mind alapanyaguk, mind készítése technikájuk alapján.

A vértesszőlősi leletegyüttes és a közelében talált napkorongos tehénfej alakú csüngőhöz kapcsolódó régészeti megfigyelések és archeometallurgiai vizsgálatok eredményei együttesen megerősítették azt a feltételezésünket, hogy a fémtárgyak egy részét elkülönítve kezelték, a tényleges használatból való kivonásukig akár generációkon át tartó életük is lehetett. A tárgyak alapanyagának megfigyelt változatos összetétele kisebb-nagyobb eltérése egyrészt arra mutathat, hogy a díszítményeket nem egyszerre, hanem huzamosabb idő alatt készíthették. Másrészt a jelentősen eltérő alapanyagok felhasználása azt is jelezheti, hogy a Mészbetétes edények népe nem rendelkezett stabil nyersanyagforrásokkal, inkább alkalmi beszerzések révén jutott hozzá a fémhez. A vértesszőlősi napkorongos tehénfej alakú csüngő is egyedi darab, miként az összes hasonló medál is, sőt, még az egy kölesdi helyszínen előkerült hat lelet között sincs két azonos öntőformában készült példány. Ugyanez a jelenség figyelhető meg a jelentéstartalmában is ebbe a körbe tartozó, fésű alakúnak nevezett

csüngők esetében is. Ezek felső részén gyakran a fecskefarok/ $\Omega$ /uterus ábrázolása látható (Kiss 2012a, Fig. 33. 5–7), mintegy az oltárra helyezve, s így a párhuzamok alapján feltételezhető, hogy önmagában is az istennőt hivatott megjeleníteni (Szabó 2022a, 205., Fig. 12 c). A nagyobb sorozatokban készített tárgyak hiánya arra utal, hogy a Mészbetétes edények népe kultúrája területén nem volt jelentősebb központi fémfeldolgozás, inkább kisebb, ideiglenes helyi műhelyekkel, vándorló kézművesekkel lehet számolni, akik a kultúra specifikus fémtárgyait készíthették (Bóna 1975, 214–220; Kiss 2012a Fig. 37.1–2).

A régészeti megfigyelések és az archeometallurgiai vizsgálatok tükrében az is látható, hogy a vértesszőlősi, és a hozzá hasonló összetételű kincsleletek hátterében a funkciót tekintve nem az értékelhalmozás, hanem a szakralitás állt (Szabó 2022, 209., Fig. 15–16). Az együtt elrejtett tárgy-típusoknak a széles területen, szinte azonos formavilága azt jelzi, hogy ezek az alkalomra- és személyre szabottan, akár több alkalommal is kiegészített öltözetekhez tartozó leletek együttesen és külön-külön is nem csak egyszerű díszek voltak, hanem meghatározott jelentést és üzenetet hordoztak. Esetünkben is a jellegzetes, következetesen ismétlődő típus összetétel arra mutat, hogy ezeket nem valamilyen váratlan esemény kapcsán ásták el, hanem rendszeresen ismétlődő alkalomhoz kötődően kerültek földbe. Sajnos, a lelőköri körülmények miatt esetünkben még megbecsülni sem tudjuk, hogy eredetileg még milyen számú és típusú tárgyak tartoztak az együtteshez. A párhuzamok alapján lehetséges, hogy korong alakú csüngők, esetleg úgynevezett fésű alakú csüngő is lehetett az elrejtett tárgyak között. A kölesdi kincslelet összetétele alapján felmerül az is, hogy a lényegében ugyanazon a helyszínen előkerült napkorongos tehénfej alakú csüngő is eredetileg a lelet-együttes része lehetett. Az eddig kifejezetten a Mészbetétes edények népe fémművességére jellemzőnek tartott napkorongos tehénfej alakú csüngők leletösszefüggéseit és elterjedését tágabb keretek között is vizsgálva meglepő kép tárul elénk. A tárgy-típus előfordulásának fele a kultúra elterjedési területén kívül, a Koszider-korú Halomsíros kultúrával összefüggésbe hozható lelőhelyeken került elő. A vértesszőlősi helyszínen mindkét kultúra leletei előfordultak, így a vizsgált csüngő elvileg bármelyikhez tartozhatna – bár a formai variáns alapján valószínűbbnek tűnik a Mészbetétes edények népéhez köthető háttér és ezt erősíti a spirálgöngy ugyancsak ezüstöt tartalmazó, hasonló nyersanyagcsoportba sorolható alapanyaga is. Ugyanakkor a Halomsíros kultúrához köthető környezetben előkerült oldottabb formai variánsok, ahol a napkorongot küllős kerékkel jelzik, arra is felhívják a figyelmet, hogy az őszanya tehénhez kapcsolódó jelképeit (fej, uterus magában vagy oltárra helyezve) nem csak a Mészbetétes edények

népe, de a hozzájuk hasonló kulturális gyökerű közösségek is szélesebb körben ismerték és használták.

### *A szerzők tudományos közreműködése*

**Gyöngyösi Szilvia** Kutatásvezetés, Eredeti és javított kézirat, Vizualizáció. **Szabó Géza** Módszertan, Eredeti és javított kézirat, Vizualizáció. **Barkóczy Péter** Kísérletvezetés, Adatkezelés, Eredeti és javított kézirat. **Cseh Julianna** Kutatásvezetés, Eredeti és javított kézirat.

### *Irodalom*

ALLENTOFT, M.E., SIKORA, M., SJÖGREN, K.-G., RASMUSSEN, S., RASMUSSEN, M., STENDERUP, J., DAMGAARD, P.B., SCHROEDER, H., AHLSTRÖM, T., VINNER, L., MALASPINAS, A.-S., MARGARYAN, A., HIGHAM, T., CHIVALL, D., LYNNERUP, N., HARVIG, L., BARON, J., DELLA CASA, P., DĄBROWSKI, P., DUFFY, P.R., EBEL, A.V., EPIMAKHOV, A., FREI, K., FURMANEK, M., GRALAK, T., GROMOV, A., GRONKIEWICZ, S., GRUPE, G., HAJDU, T., JARYSZ, R., KHARTANOVICH, V., KHOKHLOV, A., KISS, V., KOLÁŘ, J., KRIISKA, A., LASAK, I., LONGHI, C., MCGLYNN, G., MERKEVICIUS, A., MERKYTE, I., METSPALU, M., MKRTCHYAN, R., MOISEYEV, V., PAJA, L., PÁLFI, GY., POKUTTA, D., POSPIESZNY, L., PRICE, T. D., SAAG, L., SABLIN, M., SHISHLINA, N., SMRČKA, V., SOENOV, V.I., SZEVEŘÉNYI, V., TÓTH, G., TRIFANOVA, S.V., VARUL, L., VICZE, M., YEPISKOPOSYAN, L., ZHITENEV, V., ORLANDO, L., SICHERITZ-PONTÉN, T., BRUNAK, S., NIELSEN, R., KRISTIANSEN, K. & WILLERSLEV, E. (2015): Population genomics of Bronze Age Eurasia. *Nature* **52** 167–172.

BALEN-LETUNIĆ, D. (1978): Prilog proučavanju nakita Koszider horizonta u jugoslavenskom Podunavlju (Beitrag zur Erforschung von Ziergebilden des Koszider-Horizontes im donauländischen Jugoslawien. *Vjesnik Arheološkog muzeja u Zagrebu* **10–11** 97–114.

BLACK, J.A. & GREEN, A. (1992): *Green: Gods, Demons and Symbols of Ancient Mesopotamia. An Illustrated Dictionary*. London, British Museum Press. pp. 194.

BÓNA, I. (1958): Chronologie der Hortfunde vom Koszider-Typus. *Acta Archaeologica Academiae Scientiae Hungaricae* **9** 211–243.

BÓNA, I. (1975): Die mittlere Bronzezeit Ungarns und ihre südöstlichen Beziehungen. *Archaeologia Hungarica* **49** pp. 317.

BÓNA, I. (1992): Bronzezeitliche Tell-Kulturen, in: MEIER-ARENDRT, W. Hrsg., *Bronzezeit in*

Ungarn. *Forschungen in Tell-Siedlungen an Donau und Theiss*. Museum für Vor- und Frühgeschichte, Frankfurt am Main, 9–42.

CARTER, D. (1957): *The Symbol of the Beast. The Animal-Style Art of Eurasia*. New York, The Ronald Press, pp. 204.

CHLENOVA, N.L. (1984): Iranskiye prototipy «skifskikh oleney». *Kratkiye soobshcheniya Instituta arkheologii* **178** 3–11.

DANI, J., P. FISCHL, K., KULCSÁR, G., SZEVERÉNYI, V., KISS, V. (2019): Dividing space, dividing society: fortified settlements in the Carpathian Basin (c. 2300–1500 BC). In: MELLER, H., FRIEDRICH, S., KÜBNER, M., STÄUBLE, H., RISCH, R. Hrsg., *Siedlungsarchäologie des Endneolithikums und der frühen Bronzezeit – Late Neolithic and Early Bronze Age Settlement Archaeology*. 11. Mitteldeutscher Archäologentag vom 18. bis 20. Oktober 2018 in Halle (Saale) – 11<sup>th</sup> Archaeological Conference of Central Germany October 18–20, 2018 in Halle (Saale). Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle 20, Halle (Saale), 851–868.

DAVID-ELBIALI, M. (2000): *La Suisse occidentale au II e millénaire av. J.C. Chronologie, culture, intégration européenne*. Cahiers d'archéologie romande **80** Lausanne. pp. 540.

DIENES I. (1972): *A honfoglaló magyarok*. Budapest, Corvina. pp. 135.

FURMANEK, V. (1980): *Die Anhänger in der Slowakei*. Prähistorische Bronzefunde. **3** München, Beck. pp. 61.

GYÖNGYÖSI, Sz., JUHÁSZ, L., BARKÓCZY, P., & CSEH, J. (2018): Surface Phenomena and the Results of Chemical Analysis of Bronze Artefacts. *Materials Science and Engineering* **44/2** 23–31. <https://doi.org/2010.32974.mse.2019.003>

GYÖNGYÖSI, Sz., SZABÓ, G., BARKÓCZY, P., & CSEH, J. (2023): Metallographic investigation of the bronze sword from Vértesszőlős. *ASM International, Metallography, Microstructure, and Analysis* **12** 171–186.

HAJDU, T., GYÖRGY-TORONYI, A., PAP, I., ROSENDAHL, W., & SZABÓ, G. (2016): The chronology and meaning of the Transdanubian encrusted pottery decoration. *Praehistorische Zeitschrift* **91/2** 353–368. <https://doi.org/10.1515/pz-2016-0024>

HONTI Sz. & KISS V. (1998): A mészbetétes kerámia kultúrája korai időszakának leletei Somogy megyében (Funde aus der Mittelbronzezeit im Komitat Somogy). *Somogyi Múzeumok Közleményei* **13** 41–66.

HONTI, Sz. & KISS, V. (2000): Neuere Angaben zur Bewertung der Hortfunde vom Typ Tolnanémedi. *Acta Archaeologica Academiae Scientiae Hungaricae* **51** 71–96.

HONTI, Sz. & KISS, V. (2013): Bronze Hoard from Zalaszabar. New Data on the Study of the Tolnanémedi Horizon – Part 2. In: ANDERS, A., KULCSÁR, G., KALLA, G., KISS, V., V. SZABÓ, G. eds., *Moments in Time: Papers Presented to Pál Raczky on His 60<sup>th</sup> Birthday*. Ósrégészeti Társaság / Prehistoric Society, Eötvös Loránd University, L'Harmattan, Budapest, 521–538.

JANKOVITS, K. (2017): *Die bronzezeitlichen Anhänger in Ungarn*. Studia ad archaeologiam Pazmaniensia. **9** Budapest, Archaeolingua Alapítvány, pp. 329.

KISNÉ CSEH J. (1999): A mészbetétes edények kultúrája lelőhelyei Komárom-Esztergom megyében. *Komárom-Esztergom Megyei Múzeumok Közleményei* **9** 23–88.

KISS, V. (2009): The life cycle of Middle Bronze Age bronze artefacts from the Western part of the Carpathian Basin, In: KIENLIN, T.L. & ROBERTS, B. eds., *Metals and Societies*. Studies in Honour of Barbara S. Ottaway, UPA **169** Bonn, 328–335.

KISS, V. (2012): *Middle Bronze Age Encrusted Pottery in Western Hungary*. *Varia archaeologica Hungarica* **27** Budapest, pp. 447.

KISS, V. (2013): Problems of the Koszider period in Transdanubia. In: VICZE, M.; POROSZLAI, I. & SÜMEGI, P. eds., *Koszider: Hoard, Phase, Period?* Round Table Conference on the Koszider Problem. Matrica Museum, Százhalombatta 61–96.

KISS, V. (2019): Bronze Age anthropomorphic and zoomorphic representations in Hungary, In: BÁNFFY, E. & BARNA, J.P. Hrsg., *Prähistorische Forschungen in Südwestungarn (5500–500 v. Chr.) – Prehistoric Research in South-Western Hungary (5500–500 BC)*. Castellum Pannonicum Pelsonense. **7**. Budapest – Leipzig – Keszthely – Frankfurt/M. – Rahden/Westfalen, 237–251.

KISS V., BARKÓCZY P. & VÍZER Zs. (2013): A zalaszabari bronzkincs archeometallurgiai vizsgálatának előzetes eredményei. *Gesta* **13** 72–82.

KOÓS, J. (2001): Fernbeziehungen zur Zeit einer spätbronzezeitlichen Gemeinschaft Nordostungarns. In: KACSÓ, C. Hrsg., *Der Nordkarpatische Raum in der Bronzezeit*. Symposium Baia Mare 7–10. Oktober 1998. Muzeul Județean Maramureș Bibliotheca Marmatia. Baia Mare, 215–231.

KOVÁCS, T. (1984): Die Vátya-Kultur. In: TASIĆ, N. Hrsg., *Kulturen der Frühbronzezeit des*

*Karpatenbeckens und Nordbalkans*. Belgrád 217–233.

KOVÁCS T. (1994a): Újabb adatok a mészbetétes kerámia kultúrájának fémművességéhez. (Neuere Beiträge zur Metallkunst der Kultur der inkrustierten Keramik). *Veszprém Megyei Múzeumok Közleményei* **28** 119–132.

KOVÁCS T. (1994b): Chronologische Fragen des Überganges von der Mittel- zur Spätbronzezeit in Transdanubien. *Zalai Múzeum* **5** 159–172.

KOVÁCS, R., L., GYÖNGYÖSI, Sz., BARKÓCZY, P., JUHÁSZ, L., SZABÓ, G. & KISS, V. (2019): Technológiai megfigyelések kora és középső bronzkori fém tárgyakról. (Technological observations of Early and Middle Bronze Age metal objects). In: VICZE, M. & KOVÁCS, G. eds., *ΜΩΜΟΣ* **10** Őskori technikák, őskori technológiák. Őskoros Kutatók X. Összejövetelének konferenciakötete. Százhalombatta 184–197.

LOŽNJAK, D. (2001): Nalazišta brončanoga doba na vinkovačkom području - Bronze Age sites in the Vinkovci region. *Prilozi Instituta za arheologiju u Zagrebu* **18** 33–61.

MOZSOLICS, A. (1967): *Bronzefunde des Karpatenbeckens. Depotfundhorizonte von Hajdúsámson und Kosziderpadlás*. Budapest, Akadémiai Kiadó, pp. 280.

PÁL, G. & CSEH, J. (2013): Prehistoric, Roman and Árpád Age excavations on the outskirts of Vértesszőlős. A preliminary report of Vértesszőlős 92/2 site's excavation. *Tatabányai Múzeum Évkönyve* **3** 5–19.

POGREBOVA, M. N. (1992): *Ranniye skify i drevniy Vostok: K istorii stanovleniya skifskoy kultury*. Moskva–Leningrad, Nauka, pp. 259.

POPESCU, D. (1944): *Die frühe und mittlere Bronzezeit Siebenbürgens*. Biblioteca Muzeului Național de Antichități, București, pp. 111.

REEDER, E. D. (1999): *Scythian Gold: Treasures from Ancient Ukraine*. Harry N. Abrams, New York, pp. 352.

REITER, V. (2014): Das Grab mit dem Anhänger Typ Včelince aus Neumarkt an der Ybbs (Bez. Melk). *Archäologisches Korrespondenzblatt*. **44** 369–376.

SEILD, U. (1989): Die babylonischen Kudurru-Reliefs: Symbole mesopotamischer Gottheiten. Freiburg, Switzerland / Göttingen, Germany: Universitätsverlag / Vandenhoeck Ruprecht, p. 272. <https://doi.org/10.5167/uzh-142963>

STEINERT, U. (2017): Cows, women and wombs. In: KERTAI, D. & NIEUWENHUYSE, O. eds., *From the Four Corners of the Earth*. Studies in

Iconography and Cultures of the Ancient Near East in Honour of F. A. M. Wiggermann. *Alter Orient und Altes Testament*. **441** Münster 205–258.

SZABÓ G. (2010a): A Dunántúli mészbetétes edények népe kultúrájának kialakulása és belső időrendje a Bonyhádon feltárt temetőrészlet tükrében. *Wosinsky Mór Múzeum Évkönyve* **32** 101–128.

SZABÓ G. (2010b): Az archaeometallurgiai kutatások gyakorlati és etikai kérdései. *Archeometriai Műhely* **7/2** 99–116.

SZABÓ G. (2017a): Problems with the periodization of the Early Bronze Age in the Carpathian Basin in light of the older and recent AMS radiocarbon data. *Archeometriai Műhely* **14/2** 99–116.

SZABÓ G. (2017b): Eastern myth elements in the West in light of the Nart sagas and the archaeological finds of the Carpathian Basin. *Nartamongæ* **12/1,2** 85–109.

SZABÓ G. (2022a): The bronze hoard from Mucsi: dress ornaments of a high-status woman. *Antaeus* **38** 187–212.

SZABÓ G. (2022b): Palmetta, Karmos paripák, Égberagadó turul, Csodafiúszarvas. Kaukázusi régészeti és néprajzi párhuzamok a honfoglalás kori hitvilágunk és díszítő művészetünk értelmezéséhez. *Ethnographia* **133/2** 215–255.

SZABÓ G. & HAJDU T. (2011): A mészbetétes edények díszítésének szimbolikája a bonyhádi vegyes rítusú bronzkori temető embertani leleteinek feldolgozása tükrében. *Anthropológiai Közlemények* **52** 85–108.

SZABÓ, G., BARKÓCZY, P., GYÖNGYÖSI, Sz., KASZTOVSZKY, Zs., KÁLI, G., KIS, Z., MARÓTI, B. & KISS, V. (2019): The possibilities and limitations of modern scientific analysis of Bronze Age artefacts in Hungary. *Archeometriai Műhely* **16** 1–12.

TASIĆ, N. (1996): Das problem der funde von Szeremle im Banat und ihre Chronologie. In: TASIĆ, N. ed., *The Yugoslav danube basin and the neighbouring regions in the 2<sup>nd</sup> Millenium B. C.* Belgrade-Vrsac 147–162.

VADÁSZ É. & VÉKONY G. (1979): Tata története a jégkorszak végétől a római foglalásig. In: KOVÁCS, E. ed., *Tata története 1. Az őskortól 1727-ig*. Tata, 49–77.



















VICZE, M. (2011): Bronze Age Cemetery at Dunaujváros-Duna-dűlő. *Dissertationes Pannonicae* **4/1** Budapest, pp. 471.

WILKINSON, R. (2003): *The Complete Gods and Goddesses of Ancient Egypt*. Thames and Hudson, London, pp. 256.





**ARCHEOMETRIAI VIZSGÁLATOK A SÜKÖSD-ÁRPÁS-DÜLŐI  
BRONZKORI TEMETŐBŐL – ELŐZETES EREDMÉNYEK**  
**ARCHAEOLOGICAL INVESTIGATIONS OF THE BRONZE AGE CEMETERY AT  
SÜKÖSD-ÁRPÁS-DÜLŐ – PRELIMINARY RESULTS •**

PÁSZTOR, Emília<sup>1\*</sup> ; SZILÁGYI, Veronika<sup>2</sup> ; GERBER Dániel<sup>3</sup> ; GÉMES, Anett<sup>4</sup> ;  
HAJDU, Tamás<sup>4</sup> ; HAJDUNÉ DARABOS, Gabriella<sup>5</sup> ; HELTAI, Botond<sup>3</sup> ;  
HORVÁTH, Anikó<sup>6</sup> ; ILLÉS, Levente<sup>2</sup>; KÁROLY, Istvánné<sup>7</sup>; KOVÁCS, Zoltán<sup>2</sup> ;  
KULCSÁR, Gabriella<sup>8</sup> ; MAJOR, István<sup>6</sup> ; MERKL, Máté Róbert<sup>5,9</sup>; SÁNDORNÉ  
KOVÁCS, Judit<sup>7</sup> ; SIPOS, Enikő<sup>10</sup>; SÜMEGI, Pál<sup>11</sup> ; SZAKMÁNY György<sup>12</sup> ;  
SZÉCSÉNYI-NAGY, Anna<sup>3</sup> ; SZOLDÁN, Zsolt<sup>7</sup> ; T. BIRÓ, Katalin<sup>10</sup>   
& KISS, Viktória<sup>8</sup> 

<sup>1</sup>Türr István Múzeum és Bácskai Művelődési Központ, 6500 Baja, Deák Ferenc utca 1.

<sup>2</sup>HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont, 1121 Budapest, Konkoly-Thege M. út 29–33.

<sup>3</sup>HUN-REN Bölcsészettudományi Kutatóközpont Archeogenomikai Intézet,  
1097 Budapest, Tóth Kálmán utca 4.

<sup>4</sup>ELTE TTK Biológiai Intézet Embertani Tanszék, Budapest, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A

<sup>5</sup>ELTE TTK Környezet-és Tájföldrajzi Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C.

<sup>6</sup>HUN-REN ATOMKI, 4026 Debrecen, Bem tér 18/C.

<sup>7</sup>Nemzeti Szakértői és Kutató Központ, 1087 Budapest, Mosonyi utca 9.

<sup>8</sup>HUN-REN Bölcsészettudományi Kutatóközpont Régészeti Intézet, 1097 Budapest, Tóth Kálmán utca 4.

<sup>9</sup>Kuny Domokos Múzeum, 2890 Tata, Váralja út 1–3.

<sup>10</sup>Magyar Nemzeti Múzeum, 1088 Budapest Múzeum körút 14–16.

<sup>11</sup>SZTE TTK Földtani és Őslénytani Tanszék, 6722 Szeged, Egyetem utca 2–6.

<sup>12</sup>ELTE TTK Középtan-Geokémiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C.

\*E-mail: [pasztoremilia@tolna.net](mailto:pasztoremilia@tolna.net)

## Abstract

*A particularly rich Bronze Age grave of the Tumulus culture was unearthed at the Sükösd–Árpás-dűlő V site in 2020 due to the efforts of contracted volunteers using metal detectors. In the following spring of 2021, the Türr István Museum conducted excavations and unearthed altogether 28 burials from which only 12 contained finds, while in several cases only the location of the inhumation and cremation graves could be detected, as the finds had been destroyed by agricultural activities. This paper presents the results of the complex bioarchaeological (physical anthropological, stable isotopic, aDNA and radiocarbon) analysis of the human remains, as well as archaeological research conducted on the malacological material, soil samples, stone artefact and textile remains recovered from the graves.*

• How to cite this paper: How to cite this paper: PÁSZTOR, E.; SZILÁGYI, V.; GERBER, D.; GÉMES, A.; HAJDU, T.; HAJDUNÉ DARABOS, G.; HELTAI, B.; HORVÁTH, A.; ILLÉS, L.; KÁROLY, I.; KOVÁCS, Z.; KULCSÁR, G.; MAJOR, I.; MERKL, M.R.; SÁNDORNÉ KOVÁCS, J.; SIPOS, E.; SÜMEGI, P.; SZAKMÁNY, Gy.; SZÉCSÉNYI-NAGY, A.; SZOLDÁN, Zs.; T. BIRÓ, K. & KISS, V. (2024): Archeometriai vizsgálatok a Sükösd–Árpás-dűlői bronzkori temetőből – előzetes eredmények / Archaeometric investigations of the Bronze Age cemetery at Sükösd–Árpás-dűlő – preliminary results [in Hungarian with English abstract], *Archeometriai Műhely* **XXI/4** 445–482.

doi: [10.55023/issn.1786-271X.2024-033](https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2024-033)

## Kivonat

Sükösd–Árpás-dűlő V. lelőhelyen a bronzkori halomsíros kultúra különösen gazdag temetkezése került elő 2020-ban. Az azt követő ásatáson, 2021-ben a Türr István Múzeum munkatársai önkéntesek segítségével további 28 sírt tártak fel a lelőhelyen, melyek közül csak 12 (kilenc csontvázas és három hamvasztásos) sír tartalmazott leleteket. A többi esetben csak a sírok helyét sikerült azonosítani, mivel a sekély mélységben megtalált jelenségeket és leleteket a földművelés elpusztította. A tanulmányban a feltárt sírokból előkerült emberi maradványok komplex biorégészeti (embertani, stabilizotópos, archeogenetikai és radiokarbon) vizsgálatának, valamint az előkerült kőlelet, textil maradványok, malakológiai és talajminták eddig elvégzett archeometriai elemzésének eredményeit tesszük közzé.

KEYWORDS: TUMULUS CULTURE, COMPLEX BIOANTHROPOLOGICAL STUDY,  $^{14}\text{C}$  DATING, SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM), PROMPT-GAMMA ACTIVATION ANALYSIS (PGAA), ANTHRACOLOGY, CARPOLOGY

KULCSSZAVAK: HALOMSÍROS KULTÚRA, ÁTFOGÓ BIORÉGÉSZETI VIZSGÁLAT,  $^{14}\text{C}$  KORMEGHATÁROZÁS, PÁSZTÁZÓ ELEKTRONMIKROSKÓPIA (SEM), PROMPT-GAMMA AKTIVÁCIÓS ELEMZÉS (PGAA), ANTRAKOLÓGIA, KARPOLÓGIA



**1. ábra:** Sükösd–Árpás-dűlő V. 1. sír és a részlete a lábtekerccsekkel, tuskés korongcsüngőkkel és a lábánál elhelyezett bögrével, csigákkal és tojás alakú kőtárgy mellékletekkel (fotó: Türr István Múzeum)

**Fig. 1.:** Sükösd–Árpás-dűlő V, grave No. 1 and its detail with the anklets, disc-shaped pendants with central spikes and the mug, snails and egg-shaped stone artefact placed at the feet (photo: Türr István Museum)

## Bevezető

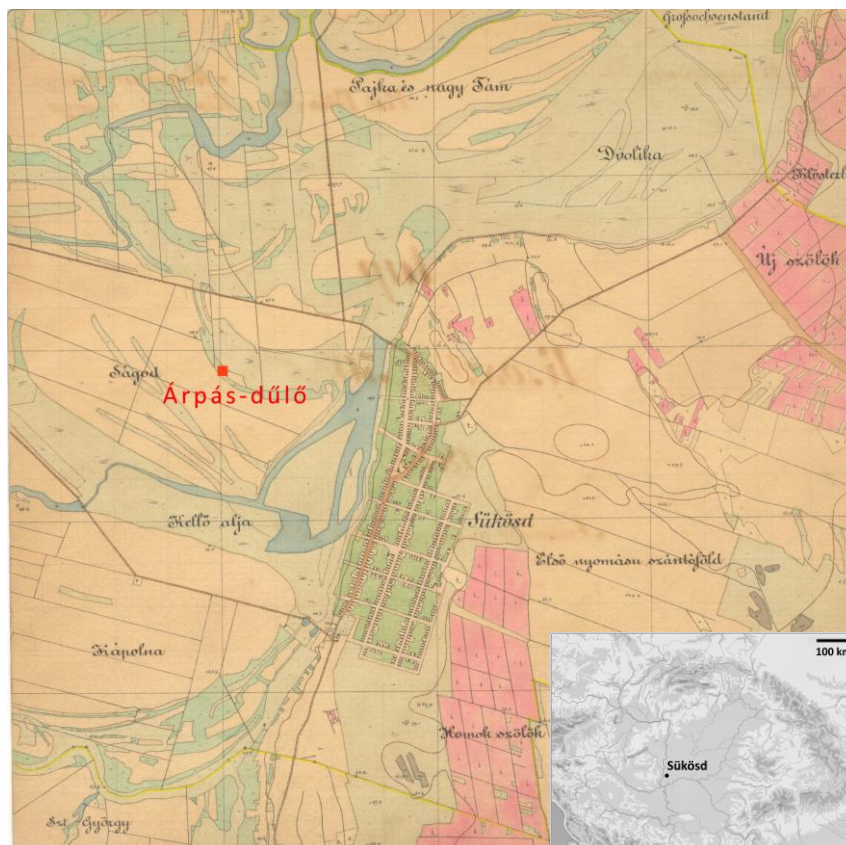
Sükösd–Árpás-dűlő V. lelőhelyen a Türr István Múzeum munkatársai fémdetektorral tevékenykedő önkéntesek munkájának köszönhetően 2020. december 28-án leletmentés keretében tárták fel a bronzkori halomsíros kultúra különösen gazdag ékszer melléklettel ellátott csontvázas sírját. A sírból származó bronz karperecek, a mind a tíz ujjon megtalálható gyűrűk, a nyakban viselt borostyán gyöngyök és a lábtekercs-pár a késő bronzkor kezdetén élt, kiemelkedő társadalmi helyzetű nő mellékletei (**1. ábra**). Számos egykorú kincsleletből előkerültek hasonló ékszertípusok, de nagyon kevés esetben volt mód a viseleti összefüggések megfigyelésére (Mozsolics 1967; Egry 2004; Csányi 2019; Jankovits 2021). Emiatt a sükösdői 1. sír részletes régészeti elemzése rendkívül fontos információkkal járul hozzá a Kárpát-

medencében több mint 3000 évvel ezelőtt élt bronzkori emberek életének és halotti rítusainak megismeréséhez (Pásztor et al. 2022).

A lelőhely Sükösd településtől kb. 1,4 kilométerre nyugatra, a Duna-völgyi-főcsatorna mellett található (**2. ábra**). A területről jelentős bronz leletanyagot is begyűjtöttek az önkéntesek, ezért 2021 márciusában ásatást indított el a múzeum, hogy megmentsék a föld mélyében még rejlő régészeti leleteket. A területen intenzív földművelés folyik, ami már régóta roncsolja a lelőhelyet, ezért az ásatással számos sírnak már csak a feltárását sikerült beazonosítani. A feltárások eredménye 29 sír lett, melyek közül 12 emberi csontokat és mellékleteket is tartalmazott. Ezek közül három hamvasztásos urnasír (22., 27., 28. sír), a többi kilenc pedig ún. nyugított (vagyis háton fekvő helyzetben eltemetett) csontvázas sír volt.

**2. ábra:** A Sükösd–Árpás-dűlő V. lelőhely az 1878-as kataszteri térképen

**Fig. 2.:** Sükösd–Árpás-dűlő V archaeological site on the cadastral map from 1878



A sírokban talált leletek alapján a temető a halomsíros kultúrához köthető közösség temetkezési helyének határozható meg. Elpusztított sírként értékeltünk 17 jelenséget mert bár formájuk és tájolásuk teljesen megegyezett a temető leleteket is tartalmazó sírjaival, sem emberi maradványok, sem leletek nem kerültek elő belőlük. A nagy számú elpusztított sír létezését alátámasztja az a jelentős szórvány bronzkori ékszeranyag is, amit a temető területéről gyűjtöttek az önkéntesek, és amelyek a halomsíros kultúra jellegzetes leletei közé tartoznak. Egyéb jelenségeket, köztük egy egyelőre kérdéses funkciójú, szabályos körárkot és egy eredetileg sírépítményes, rablott sírt is dokumentáltunk, melyeknek kora nem volt megállapítható.

A feltárt temető a leletanyag alapján egy kisebb zárt közösség temetkezési helyének tűnt, ezért a csontvázas sírok esetében genetikai vizsgálattal szerettük volna feltérképezni a lehetséges rokoni viszonyokat. Sajnos a csontok állapota rendkívül rossznak bizonyult (**3. ábra**), ezért a DNS vizsgálatok csak az 1. sír esetében voltak eredményesek, és a radiokarbon kormeghatározás is csak az 1. sírből és a 28. urnasírből nyújtott adatokat (**1. táblázat**).

A stabilizotóp-arány vizsgálatok az eltemetettek étkezési szokásainak és származási helyének kérdéskörére irányultak. A különösen gazdag 1. sír



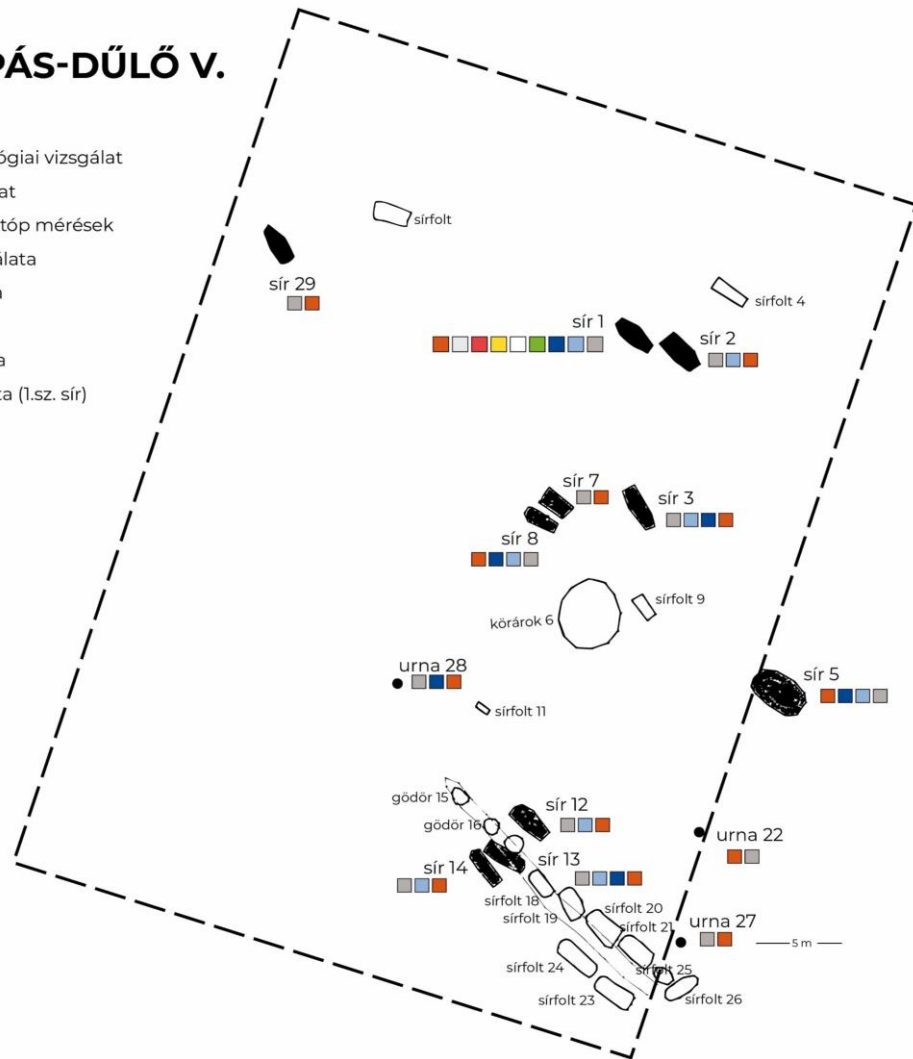
**3. ábra:** Sükösd–Árpás dűlő V., 1. sír koponya csontjai (fotó: Hajdu Tamás)

**Fig. 3.:** Skull bones of grave No. 1, Sükösd–Árpás-dűlő V (photo: Tamás Hajdu)

mellékleteinek textillenymat vizsgálatától azt vártuk, hogy segítséget nyújtanak a halomsíros kultúra előkelő női viseletének rekonstrukciójához. Az anyagvizsgálatok értékes információval szolgálnak a közösség regionális és azon túli kapcsolatrendszeréhez, a környezet rekonstrukciójához, ezen felül a temetkezési rítushoz is, ezért minél több ilyen jellegű vizsgálat elvégzése a kiemelt célok között szerepelt (**4., 5. ábra**).

## SÜKÖSD ÁRPÁS-DÜLŐ V.

- hagyományos antropológiai vizsgálat
- archeogenetikai vizsgálat
- kormeghatározás és izotóp mérések
- textil lenyomatok vizsgálata
- tojás alakú kő vizsgálata
- malakológia
- bögre funkció vizsgálata
- sötét földréteg vizsgálata (1.sz. sír)
- karpológia



**4. ábra:** Sükösd-Árpás-dülő V. lelőhelyen feltárt temető térképe a sorszámozott sírokkal és a belőlük vett mintákon elvégzett vizsgálatok típusa

**Fig. 4.:** Sükösd-Árpás-dülő V site, the map of the cemetery with numbered graves and the type of examination carried out on the samples taken

Fő szempontunk az volt, hogy a lehető legtöbb természettudományos vizsgálatot végezzük el, amire a különböző leletek lehetőséget nyújtanak, hogy ezáltal minél több információt nyerhessünk a sükösd-i bronzkori közösség életmódjáról és kapcsolatrendszeréről. Az alkalmazott módszerekkel és eredményekkel egyúttal összehasonlítható anyagot is kívántunk nyújtani más vizsgálatokhoz, a bronzkori időszak teljesebb megismerése érdekében.

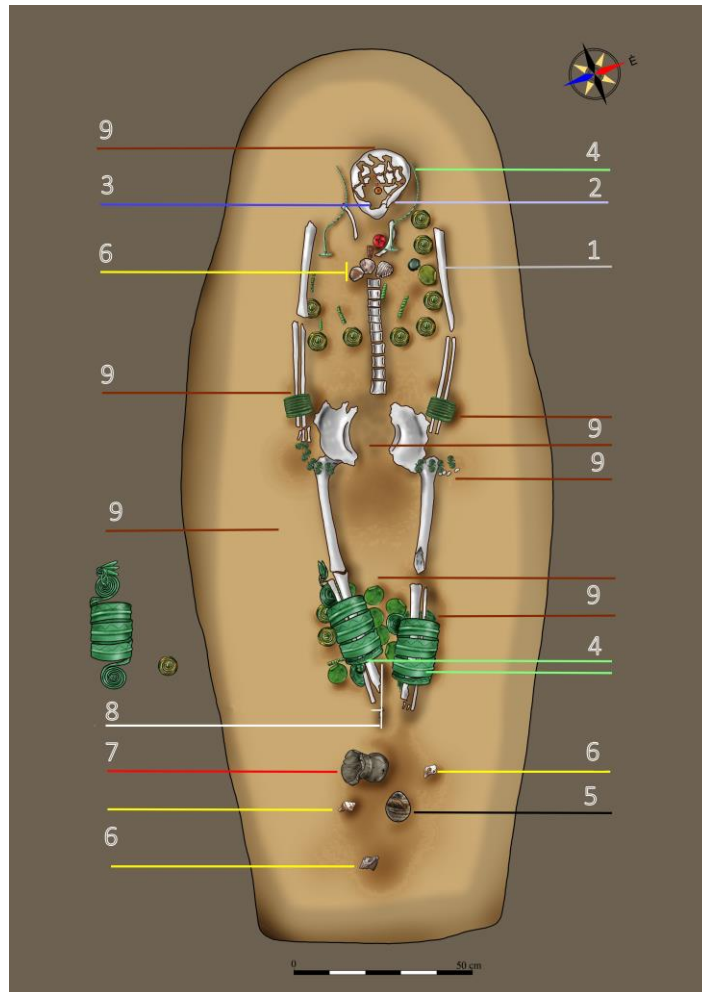
Jelen cikkben a sírokból előkerült emberi maradványok komplex biorégészeti (embertani, stabilizotópos, archeogenetikai és radiokarbon) elemzése, valamint az ásás során vett mintákon, illetve a régészeti leleteken eddig végzett archeometriai vizsgálatok eredményeit tesszük közzé. Az 1. sír nyaklánc borostyán csüngőinek (5. ábra, piros színnel jelölve) anyag- és eredet vizsgálata a poznańi Adam Miczkiewicz Egyetem Európai Kultúra Intézet és a HUN-REN BTK

Régészeti Intézet együttműködése keretében került közlésre. Az már jelenleg is elmondható, hogy minden gyöngy balti borostyánnak bizonyult, eszerint távolsági kereskedelem révén érkezett a sükösd-i közösséghez (Jaeger et al. 2023), ami fontos adat a jelen cikk értelmezési folyamatában is.

Több vizsgálat még nem zárult le, így a fémvizsgálatok eredményeiről később számolunk be.

### Minták

A természettudományos vizsgálatokra a legtöbb mintát az 1. sírből vettük (5. ábra) a leletek tételes leírását lásd: Pásztor et al. 2022). A sír leletgazdagsága ígéretes lehetőséget kínált egy több szempontú tanulmányozásra. A csontváz rossz állapota ellenére is minden tervezett mérés értékelhető eredményt nyújtott.



**5. ábra:** Sükösd–Árpás-dűlő V., 1. sír sírrajza. Zöld színnel jelölve a bronztárgyak, vörössel a borostyán gyöngyök, mellettük fehér színnel a kagyló ékszerek; a lábnál további kagylóékszerek, valamint az edény és a kőből készült tojás alakú tárgy látható. A természettudományos vizsgálatok típusa és a mintavétel helye:

1. klasszikus antropológiai vizsgálat
2. archeogenetikai vizsgálat a koponyacsonton
3. AMS  $^{14}\text{C}$  vizsgálat fogmintából, továbbá  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ;  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ;  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ;  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  és  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotóparány-mérések csont és fogmintákból
4. textillenomatok OM vizsgálat a lábtekereseken és a bal oldali sarlóstűn
5. tojás alakú kőtárgy anyagának MS, PGAA, SEM-EDS vizsgálat
6. malakológiai vizsgálat a csiga és kagyló mellékleteken
7. OM, FTIR, SEM, vizsgálatok a bögre funkciójának kiderítése érdekében
8. a jobb lábszár alatti sötét földréteg OM, FTIR, SEM, SEM-EDS vizsgálat
9. OM, FTIR, SEM, SEM-EDS – karpológiai vizsgálat

**Fig. 5.:** Graphical illustration of Sükösd–Árpás dűlő V, grave No. 1. Bronze objects are in green, amber beads in red, shell jewellery next to them in white; additional shell ornaments, a vessel and an egg-shaped object made of stone are at the feet. The types of scientific investigations and sampling locations:

1. traditional anthropological investigation
2. archaeogenetic analysis of the skull bone
3. AMS  $^{14}\text{C}$  test from tooth sample,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ;  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ;  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ;  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  isotope ratio analyses from bone and tooth samples
4. OM examination of textile impressions on the anklets and the left sickle pin
5. MS, PGAA, SEM-EDS examination of the material of the egg-shaped stone artefact
6. malacological examination of snails and shell pendants
7. OM, FTIR, SEM, SEM-EDS tests to reveal the function of the mug
8. OM, FTIR, SEM, SEM-EDS examination of the dark soil layer under the right leg
9. OM, FTIR, SEM, SEM-EDS – carpological examination

**1. táblázat:** A Sükösd–Árpás-dűlő V. lelőhelyen végzett természettudományos módszerekkel vizsgált leletek listája (módszerrövidítések feloldását lásd a szövegben)

**Table 1.:** List of samples from Sükösd–Árpás-dűlő V archaeological site analysed by scientific methods (abbreviations of methods is in the text)

Minta típusa / sample type	Sírszám / Grave No.	Minta azonosítása / Lab ID	Vizsgálati módszer
humán csontminta	1. sír	csontváz elemei	fizikai antropológiai vizsgálat
	2. sír	csontváz elemei	
	3. sír	csontváz elemei	
	5. sír	csontváz elemei	
	7. sír	csontváz elemei	
	8. sír	csontváz elemei	
	12. sír	csontváz elemei	
	13. sír	csontváz elemei	
	14. sír	csontváz elemei	
	22. sír	hamvasztásos temetkezés csontváz elemei	
	28. sír	hamvasztásos temetkezés csontváz elemei	
	29. sír	gyermek csontváz elemei	
29. sír	felőtt csontváz elemei		
archeogenetikai csontminta	1. sír	GEN156, koponyacsont	archeogenetikai vizsgálat
	2. sír	GEN157, fog, 1% alatti kollagén tartalom	
	3. sír	GEN158, koponyacsont	
	5. sír	GEN159, koponyacsont	
	8. sír	GEN160, koponyacsont	
	12. sír	GEN161, fog	
	13. sír	GEN162, fog	
	14. sír	GEN163, koponyacsont	
kormeghatározásra vételezett minták	1. sír	DeA-33514	<sup>14</sup> C AMS vizsgálat
	3. sír	I/3406/1	(1% alatti kollagén tartalom)
	5. sír	I/3406/2	(1% alatti kollagén tartalom)
	8. sír	I/3406/3	(1% alatti kollagén tartalom)
	13. sír	I/3406/4	(1% alatti kollagén tartalom)
	28. sír	DeA-42306	<sup>14</sup> C AMS vizsgálat
izotóp mérésre vételezett minták	1. sír	I/2871/17 (csont minta)	$\delta^{13}\text{C}$ és $\delta^{15}\text{N}$ izotóp vizsgálat (1% alatti kollagén tartalom)
	3. sír	I/3431/1 (fogak)	(1% alatti kollagén tartalom)
	5. sír	I/3431/2 (fogak)	(1% alatti kollagén tartalom)
	8. sír	I/3431/3 (fogak)	(1% alatti kollagén tartalom)
	13. sír	I/3431/4 (fogak)	(1% alatti kollagén tartalom)
	1. sír	I/2872/14 (fogzománc)	$\delta^{13}\text{C}$ , $\delta^{15}\text{N}$ , $\delta^{18}\text{O}$ , $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ; $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ; $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ; $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ és $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotóp vizsgálatok
	3. sír	I/3431/1 (fogak)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotóp vizsgálat
	5. sír	I/3431/2 (fogak)	
	8. sír	I/3431/3 (fogak)	
	13. sír	I/3431/4 (fogak)	
	28. sír	I/3431/5 égett csont (pars petrosa)	

**1. táblázat, folyt.****Table 1.: cont.**

Minta típusa / sample type	Sírszám / Grave No.	Minta azonosítása / Lab ID	Vizsgálati módszer
sírmelléklet vizsgálatok	1. sír	37., 38. és 2. sírmelléklet, 2 db bronz lábtekeres és 1 db sarlós tű	felületi textil lenyomatok vizsgálata (OM)
	1. sír	47. sírmelléklet, tojás alakú kőtárgy	MS, PGAA, SEM-EDS
	1. sír	51., 51.2., 50., 49., 48., 46., 5/C, 5/A, 4. jelzésű, 9 db csiga és kagyló lelet	malakológia
	1. sír	45. sírmelléklet, bögre töredékein lévő ételmaradványok	OM, FTIR, SEM, SEM-EDS
	1. sír	45. sírmelléklet, bögre belsejéből és aljából származó, 2 db talajminta	
	1. sír	37. jelű minták a jobb lábszár alatti sötét földrétegből: 37/a, lábtekeresnél jobb 37/b, lábtekeresnél jobb 37/c, jobb láb kiemelésénél kiesett 37/d, jobb láb alól kiemelés után	
	1. sír	23 zacskó talajminta	OM, FTIR, SEM, SEM-EDS, karpológiai vizsgálat
	2. sír	2 zacskó talajminta (régészeti korhoz nem köthető)	
	3. sír	9 zacskó talajminta	
	5. sír	6 zacskó talajminta	
	7. sír	8 zacskó talajminta	
	8. sír	7 zacskó talajminta (régészeti korhoz nem köthető)	
	12. sír	4 zacskó talajminta	
	13. sír	12 zacskó talajminta	
	14. sír	7 zacskó talajminta	
	22. sír - urnasír	3 zacskó talajminta	
27. sír	1 zacskó talajminta (régészeti korhoz nem köthető)		
28. sír - urnasír	3 zacskó talajminta		
29. sír	2 zacskó talajminta		

**Vizsgálati módszerek****Biorégészeti vizsgálatok**

A komplex biorégészeti vizsgálatok során az emberi maradványok fizikai antropológiai elemzésével meghatározható az egykor élt ember neme és életkora, általános egészségi állapota; az ezt kiegészítő kémiai és biológiai (stabilizotópos és DNS) vizsgálatokból pedig megállapíthatjuk éltrendi

szokásait; hogy eltemetési helye egyben származási helye is; amennyiben nem, honnan érkezhetett, valamint megállapítható-e rokonság az együtt eltemetettek között.

Az előkerült embertani leletek az ELTE TTK Biológiai Intézetének Embertani Tanszékére kerültek tudományos vizsgálat céljából. Az embertani anyag vizsgálata előtt megtörtént a leletek restaurálása (ragasztása), majd klasszikus

antropológiai és patológiai vizsgálata. A morfológiai nem meghatározása Éry és munkatársai (1963) munkája nyomán történt. Az elhalálozási életkort gyermekek esetében a csontok hossza (Stloukal & Hanaková 1978) és átmérője (Bernert et al. 2008), osszifikációjának mértéke (Schinz et al. 1952), valamint a fogfejlődés (Schour & Massler 1941) és erupció (Ubelaker 1989) alapján becsültük. Felnőttek esetében a koponyavarratok ektokraniális záródását (Meindl & Lovejoy 1985) vizsgáltuk, a fogkopás mértékének figyelembevételével (Smith 1984; Brothwell 1965). A biológiai életkor csoportokat Martin és Saller (1957) szerint különítettük el: neonatus (0–1 év), infans I. (2–6 év), infans II. (7–14 év), juvenis (15–19 év), adultus (20–39 év), maturus (40–59 év), senium (60+ év). A paleopatológiai elváltozások azonosítása Waldron (2009), Nikita (2017) és Buikstra (2019) munkái nyomán történtek. Az anatómiai variációk azonosítását Mann és munkatársai (2016) által leírtak alapján végeztük. A hamvasztásos rítussal eltemetett két egyén csontanyagának elemzése során Chochol (1961), Nemeskéri és Harsányi (1968), Wahl (1982) és Ubelaker (2009) útmutatásai szerint jártunk el.

A HUN-REN Bölcsészettudományi Kutatóközpont Archeogenomikai Intézetében az archeogenetikai feldolgozás során a mintákból **(1. táblázat)** fűrésszel nyertünk ki körülbelül 50 mg csontport, steril körülmények között. Az alacsony read-számú Illumina MiSeq szekvenálás eredménye alapján a minták többsége további vizsgálatokra nem volt alkalmas, mivel az endogén, azaz saját DNS tartalmuk nem érte el az 1%-ot **(1. táblázat, 3. táblázat)**. Az 1. sírből a koponya jobboldali halántékcsontjának sziklacsonti része (pars petrosa ossis temporalis) került porításra, GEN156 mintakód alatt. A csontporból Dabney és munkatársai módszerével (Dabney et al. 2013, Rohland et al. 2018) DNS-t izoláltunk, majd Biomek i5 roboton duplaszálú, részleges UDG kezelésnek alávetett DNS könyvtár készítettünk (Csáky et al. 2020). A GEN156 DNS könyvtár Illumina MiSeq platformon alacsony read-számú szekvenálásra került, majd az endogén DNS tartalom meghatározása után (19,5%) a munkacsoport a mitokondriális DNS-t célzottan vizsgálta *capture* (azaz hibridizációs befogás és dúsítás) módszerrel, ezzel 52,5x átlagos lefedettséget sikerült elérni mitogenom szinten. Később a Twist típusú 1,4 millió egy pontos nukleotid polimorfizmus (SNP) pozíciót megcélzó hibridizációs befogással folytatódott a vizsgálat (Rohland et al. 2022), ami egy költséghatékony teljes genom szintű módszer gyengébb archaikus DNS megtartás esetén. Az eljárást követően a 6G adatmennyiségre újraszekvenált minta már elegendő információ-tartalommal bírt 766 642 SNP megismeréséhez az archeogenetikai kutatásokban általánosan elterjedt 1,24 millió SNP-t tartalmazó panelen. A kapott

szekvenciák tisztaságát ContamMix programmal (Fu et al. 2013) ellenőriztük, a modern DNS-sel szennyezettsége ~1,2%, ami az elfogadott határértéken belül van. Ezek alapján a minta, bár DNS megtartását tekintve a közepes kategóriába tartozik, alapvetően alkalmas a mélyebb szintű populációgenetikai és – korlátozott – fenotípus prediktáló vizsgálatokra. A *PAPline* programcsomag (Gerber et al. 2023) felhasználásával végeztük el a mintához tartozó nyers szekvenátum szűrését, feldolgozását, illetve az alapstatisztikákat úgy, mint endogén DNS tartalom, genetikai nem, szennyezettség elvégzése és a hg19 humán referenciagenomra való illesztése. A fenotípusos vizsgálat a *PAPline* programcsomag *clinvar* eszközeivel zajlott.

A debreceni Atommagkutató Intézet (ATOMKI) Nemzetközi Radiokarbon AMS Kompetencia és Képzési Központjába hat darab minta került radiokarbon kormeghatározásra, valamint öt darab minta szén- és nitrogén izotópos vizsgálatra **(1. táblázat)**. Első lépésként a csonttörédekből a kollagén frakció kivonását végeztük el, a beszárított anyagból 4 mg került elégetésre, majd a megtisztított CO<sub>2</sub> gázból grafit céltárgy készült, aminek <sup>14</sup>C korát Micadas típusú AMS készülékkel mértük meg (Major et al. 2019, Molnár et al. 2012). A kollagénből további minta került elégetésre egy elem-analizátor segítségével, majd a szén és nitrogén stabilizotóp-arányokat online kapcsolt Thermo Finnigan Delta Plus XP típusú tömegspektrométerrel határoztuk meg. A sírokból nem kerültek elő állatcsontok, így állati eredetű mintákat nem volt lehetőség mérni, ezt figyelembe kellett venni a kiértékelésnél.

Az stroncium- és ólomizotóp-arány mérések az ATOMKI Izotóp Klimatológiai és Környezetkutató Központjában (IKER) történtek. A minta-előkészítést és feltárást Class 1000 tisztatéri laboratóriumban, a méréseket Thermo Scientific Neptune Plus multikollektoros induktív csatolású plazmaionforrású tömegspektrométerrel (MC-ICP-MS) végeztük el. Ezen nagy pontosságú méréseknek (<0,003%) köszönhetően már az igen csekély (negyedik, ötödik tizedesjegyben történő) változásokat is ki lehet mutatni. Az oxigénizotóp-arányt Thermo Finnigan Delta Plus XP típusú tömegspektrométerhez online kapcsolt Thermo FlashSmart elemvizsgáló segítségével határoztuk meg.

### Archeometriai vizsgálatok

Az 1. sír mellékletei közül 2 db bronz lábtékercs és 1 db sarlós tű felületi textilmaradványai, kagyló- és csigahéj töredékei, egy tojás alakú kőtárgy, egy kerámiabögre tartalma, a jobb lábszár alatti sötét földrétegből és a sírföldből vett minta került vizsgálatra.



A textilmaradványokat optikai mikroszkóppal vizsgáltuk. A malakológiai vizsgálatok makroszkópos szemrevételezéssel történtek. A tojás alakú kőtárgy esetében roncsolásmentes vizsgálatokkal a lelet szövetét, ásványos összetételét, ásvány-kémiáját és teljes kémiai összetételét határoztuk meg. A makroszkópos közettani leírás és a mágneses szuszceptibilitás mérés (MS) segítségével a kőzetanyag típusát azonosítottuk, ami a teljes kőzet kémiai mérés (PGAA) eredményével megerősíthető volt. A SEM-EDS módszerrel a kőzet mikroszkópi léptékű szövetére, illetve a kőzetalkotó ásványok kémiai összetételére kaptunk fontos adatokat. Ezáltal a kőzettípuson belüli pontosabb lehatárolásra és esetleg a nyersanyag forrásterületének meghatározására törekedtünk. A tojás alakú kőtárgy MS mérése Kappameter KT-5 típusú hordozható készülékkel történt. A minta mágnesezhető ásvány tartalmát a konvenciók alapján három sorozatméréssel, míg a végső MS értékeket felület- és vastagságkorrekció alkalmazásával számítottuk ki (Williams-Thorpe et al. 2000; Bradák et al. 2009; Szakmány et al. 2011b). A PGAA mérések a Budapesti Neutron Központ (Energiatudományi Kutatóközpont, EK) berendezésén készültek (Szentmiklósi et al. 2010; 2023). A teljes minta anyagára jellemző fő-, mellék- és részben nyomelem-összetétel meghatározása Révay ajánlása (2009) szerint történt. A szilikát anyagú kőzetcsoportok esetében a PGAA módszer kiválóan alkalmas a kőzetek tágabb kategóriáinak meghatározására (pl. Szakmány & Kasztovszky 2004; Kasztovszky et al. 2008; Szakmány et al. 2011a; Kasztovszky et al. 2022). Az elektronmikroszkópos mérések az EK Nanoérzékelők Laboratóriumának Thermo Scientific Scios2 Dual Beam elektronmikroszkópján történtek (a műszer és mérési paramétereket lásd Szilágyi et al. 2021). A SEM-EDS módszer alapvetően roncsolásos mintavétellel járó módszer. Bendő és munkatársai azonban kifejlesztettek egy roncsolásmentes mintavételi módszert (OS-SEM-EDS), amely során a minták egészében helyezhetők az elektronmikroszkópba, és így a csiszolt kőeszközök eredeti felszíne vizsgálható (Bendő et al. 2013).

A kerámiabögre tartalmának és az 1. sír jobb lábszár alatti sötét földrétegből vett mintának a vizsgálata – optikai mikroszkópos (OM), Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópos (FTIR), pásztázó elektronmikroszkópos képalkotó (SEM) és pásztázó elektron-mikroszkóppal kapcsolt energiadiszperzív röntgenspektrométeres (SEM-EDS) módszerekkel – a Nemzeti Szakértői és Kutató Központ Fizikai és Kémiai Szakértői Intézetében történtek. A bögre eredeti és a lábtakercesek alá helyezett anyag vélhetően heterogén anyag-halmazokat tartalmazó maradványainak vizsgálatát sztereomikroszkópos áttekintéssel kezdtük el. A különféle anyagok és anyagmaradványok fajtánként változó számú és specifikus geometriai (pl.

szálvastagság, szemmagyság, szemcsealak), morfológiai (pl. pigmentáció, rétegződés, közet szövetség) és optikai (pl. szín, kettőtörés, színzónáság) tulajdonsággal rendelkeznek, amelyek mikroszkópos módszerekkel megfigyelhetők és alkalmasak arra, hogy a különféle anyagokat és anyagmaradványokat a vizsgálat szempontjából megkívánt kritériumrendszer alapján egymástól elkülönítsük, esetenként azonosítsuk. A sztereomikroszkópos vizsgálatok Zeiss Stemi 508 sztereomikroszkóppal történtek. A FTIR-spektroszkópia módszerrel az anyagok molekuláris összetételére vonatkozóan kaphatunk információt. A vizsgálatokat Hyperion 2000 infravörös mikroszkóppal csatolt Bruker Vertex 70 FT-IR spektrofotométer rendszerrel végeztük. A minták összetételének azonosítását ez esetben ismert összetételű anyagokról készült infravörös spektrumok segítségével végeztük, melyeket különböző infravörös spektrum adatbázisokból nyertünk (KnowItAll Informatics System 2021, Spectroscopy Edition). A pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokat EDAX Octane Elect Super energiadiszperzív röntgenspektrométerrel összekapcsolt FEI Quanta 650 pásztázó elektronmikroszkóppal, valamint, Tescan VEGA3 pásztázó elektronmikroszkóppal történtek. A pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok során másodlagos elektron detektálással (SE) létrehozott, részletgazdag, nagy mélységélességű képeken a minták mikromorfológiai sajátosságait tanulmányoztuk. Az elektronmikroszkópos képen kiválasztott mintarészletek nagy energiájú elektronokkal történt besugárzásának eredményeképpen kilépő röntgensugarak energiaeloszlásának detektálásával a kémiai összetételt határoztuk meg (SEM-EDS).

A talajminták feldolgozása során összesen 87 db zacskó mintát vizsgáltunk meg. A földmintákból a makromaradványokat nedves szitálással nyertük ki, 0,5–1,0–2,0–4,0 mm lyukátmérőjű szitasoron keresztül. Ezt a minta szárítása, majd a szenült makromaradványok kiválogatása követte, amit Carl Zeiss típusú sztereomikroszkóp segítségével végeztük el. A válogatás után a határozás következett, a karpológiai anyaghoz Carl Zeiss típusú sztereomikroszkópot és határozó könyveket (Schermann 1967; Cappers et al. 2012), valamint a tatai Kuny Domokos Múzeum Skoflek István által gyűjtött mag- és termésanyagok referenciaként használtuk fel. A szenült famaradványok vizsgálatához Nikon Eclipse LV100 POL felülvilágító binokuláris mikroszkópot és határozó könyveket (Greguss 1959; Schweingruber 1978; Gencsi & Vancsura 1992; Babos 1994) alkalmaztunk. A mag és a szenült famaradványok határozásánál a faji szintre történő határozásra törekedtünk, de a maradványok kis mérete és töredékes állapota miatt csak nemzetségi, alcsaládi szintig volt ez kivitelezhető. Sok esetben tapasztaltunk újkori

mintaszennyeződést, az elemzéshez csak a szenült maradványokat vettük figyelembe.

### A temető leletein eddig végzett vizsgálatok eredményei, következtetések

#### Csontanyag

##### Antropológiai vizsgálat

(Gémes Anett, Hajdu Tamás)

A 10 csontvázastemetezésből feltárt maradványokon végzett embertani vizsgálat során összesen 11 egyén maradványait sikerült azonosítani, elkülöníteni. A 29. sírból egy 5–6 éves gyermek és egy ismeretlen nemű felnőtt egyén maradványai is előkerültek. A vizsgált egyének alapadatait és a maradványok megtartási állapotát az **2. táblázatban** foglaltuk össze.

A vázrendszeret érintő elváltozások közül egy felnőtt férfi (5. sír) esetében gyógyult csontthártyagyulladás nyoma volt megfigyelhető. Ezenkívül a 3. sírből előkerült juvenis korú egyén esetében egy borda felszínén lehetséges mellhártyagyulladásra (pleuritis) utaló újcsontképződést azonosítottunk. A leletanyag rossz megtartása miatt a többi egyén esetében a csontfelszínen manifesztálódó patológiás elváltozások megfigyelésére nem volt lehetőség.

A Sükösd–Árpás-dűlő V. lelőhely 1. sírja egy 20–25 év körüli nő töredékes és hiányos csontvázának maradványait tartalmazta. A jobb *tibia distalis* harmadának *lateralis* felszínén, valamint a bal *tibia*

középső harmadának *medialis* felszínén enyhe, gyógyult *periostitis* nyoma látható, hosszanti barázdált újcsontképződés formájában. A *subperiostealis* újcsontképződés háttérben számos tényező állhat (trauma, fertőzés, tápanyaghiány, tumor), így a szakirodalomban nem-specifikus stressz markerként interpretálják (Waldron 2009; Nikita 2017; Buikstra 2019). *Subperiostealis* újcsont gyakran megtalálható a csontozaton, különösen a *tibia medialis* vagy *distalis* harmadának területén. A *diaphysis medialis* felszínén a leggyakoribb, feltehetően az ismétlődő minor traumák következményeként. A *distalis* harmad szintén frekvenciát tartalmazó terület, ami valószínűleg a *distalis tibiofibularis* ízület mozgásából eredeztethető (Waldron 2009). Tafonómiai jelenségek közül a régészeti mellékletek elhelyezkedésének megfelelően bronz patina-nyomok láthatók a csontvázrendszer különböző pontjain.

A hamvasztásos temetkezések mindkét esetben (22. és 28. sír) egy egyén embertani maradványait rejtették. A 27. urnasír nem tartalmazott csontokat. A 22. sírből a csontok robusztusságának mértéke, valamint a nyakszirtecsont felszíne alapján egy 20–50 év közötti felnőtt férfi (?) közepes méretű (1–5 cm) csonttöredékei kerültek elő. A töredékek mennyisége 50–100 darab közötti, összsúlya 93 g volt. A 28. sírből a koponya falcsonti vastagsága, valamint a vázcsontok gracilitása alapján egy felnőtt, 20–50 év közötti nő (?) közepes és nagyméretű (5–x cm) csonttöredékei kerültek elő.

**2. táblázat:** Sükösd–Árpás-dűlő V. lelőhely temetkezéseiből előkerült egyének alapadatai (th= töredékes és hiányos, n=hiányzik)

**Table 2.:** Individual data of the population of Sükösd–Árpás-dűlő V site (nő=female, férfi=male, th=fragmentary and incomplete, n=absent)

Sírszám /Grave No.	Nem / Sex	Életkor (év) / Age (years)	Koponya /Cranium	Állkapocs /Mandible	Vázcsont / Postcranial skeleton
1. sír	nő	20–25	th	th	th
2. sír	?	15–30	n	n	th
3. sír	?	16–18	th	n	th
5. sír	férfi	35–55	th	n	th
7. sír	?	7–10	n	n	th
8. sír	?	10–12	th	th	th
12. sír	?	17–30	th	n	th
13. sír	nő	20–39	n	th	th
14. sír	nő	30–45	th	n	th
29. sír	?	5–6	th	n	n
29. sír	?	15–?	n	n	th
22. sír	férfi (?)	20–50	th	th	th
28. sír	nő (?)	20–50	th	th	th

**3. táblázat:** A Sükösd–Árpás-dűlő V. bronzkori temetőből DNS vizsgálatra vett minták eredményei.**Table 3.:** The results of DNA sampling from the Bronze Age cemetery of Sükösd–Árpás-dűlő V

Minta/ Lab ID	Sírszám / Grave No.	Minta típusa / Sample type	Izolált csontpor / Bone powder	Endogén DNS tartalom (%) / Endogenous DNA content in %
GEN156	1. szelvény 1. sír	pars petrosa	49 mg	19,5
GEN157	2. sír	molar 47	49 mg	0,072
GEN158	3. sír	pars petrosa	52 mg	0,022
GEN159	5. sír	pars petrosa	52 mg	0,118
GEN160	8. sír	pars petrosa	52 mg	0,022
GEN161	12. sír	molar 37	49 mg	0,008
GEN162	13. sír	molar 47	50 mg	0,017
GEN163	14. sír	pars petrosa	52 mg	0,092

A csonttöredékek mennyisége meghaladja a 100 darabot, össztömege pedig 696 g (84 g a koponya csontjainak és 612 g a vázcsontok össztömege). A maradványok mindkét sír esetében tartalmazták a koponya és a *postcranialis* váz részeit is. Azaz a szertartást végzők alapvetően törekedtek arra, hogy a hamvasztást követően a máglyáról a test minden részéből begyűjtsék a maradványokat. A csontok kiégetettsége tökéletes, színük krétafehér, mely hosszan tartó, magas (~800°C) hőfokon történő égetésre utal. A koponya és a *postcranialis* maradványok színe, illetve kiégetettsége között nem volt megfigyelhető eltérés, azaz a máglya hőfoka egységesen érte a test különböző részeit. A kalcinált töredékeken a repedések, törések lefutásának iránya mindkét esetben arra utal, hogy a hamvasztás nem sokkal az egyén halála után történt, amikor még a csontokat több-kevesebb víztartalommal bíró lágyszövetek fedhették. Állatsont, faszén maradvány nem került elő a kalcinált töredékek közül. A kis esetszám, az eltemetett hamvak mennyisége, illetve a hamvasztásos rítusból adódó csekély demográfiai adat miatt az eredményekből demográfiai elemzést nem végeztünk.

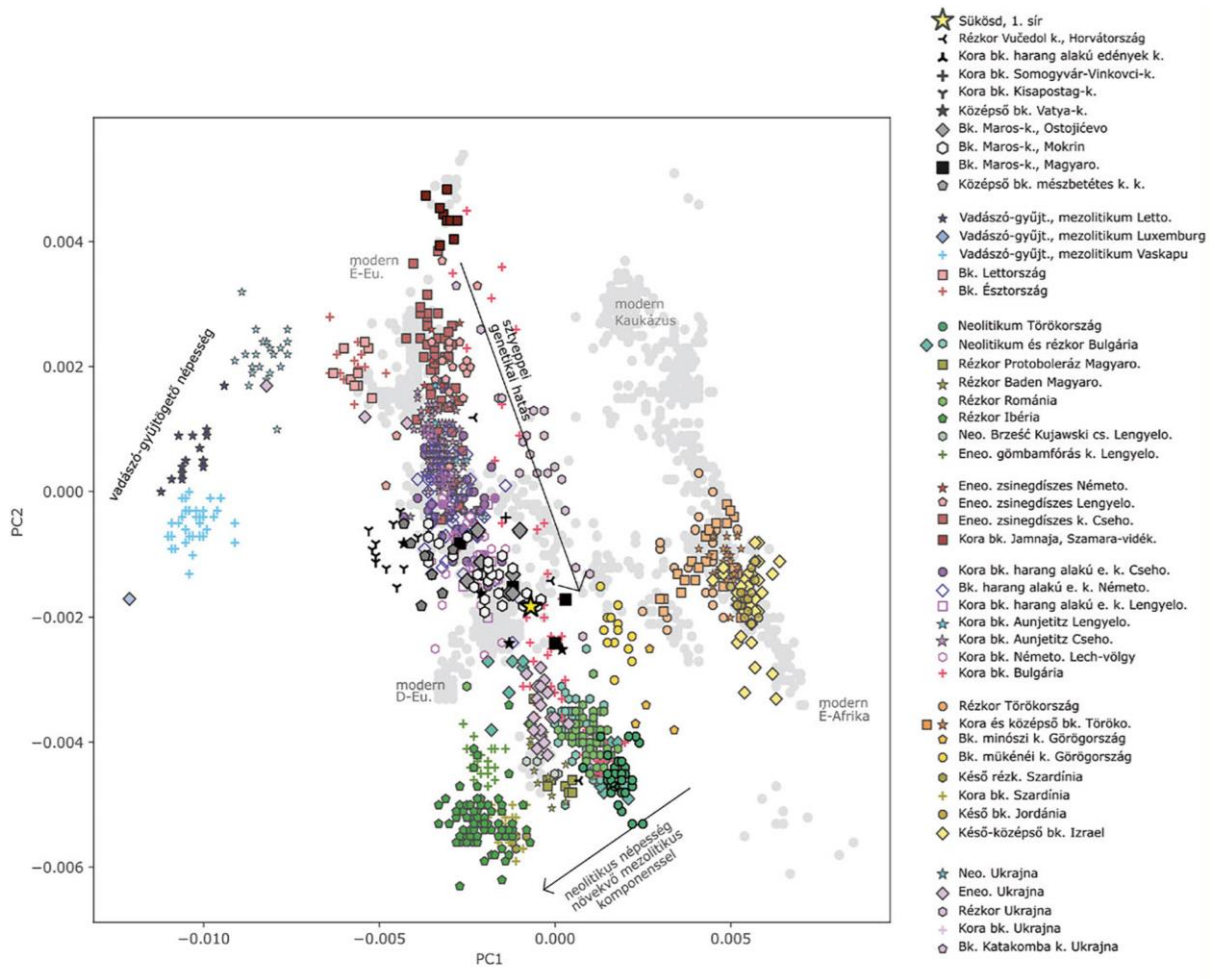
**Archeogenetikai feldolgozás**

(Heltai Botond, Gerber Dániel, Szécsényi-Nagy Anna)

Genetikai elemzést az 1. sír egyénén végeztünk, valamint a lelőhelyről további hét darab mintát vizsgált az Archeogenomikai Intézet (**3. táblázat**), melyből négy darab minta típusa sziklacsont (*pars petrosa*), három minta pedig fog volt. Ez utóbbiakból értékelhető információ nem volt

kinyerhető. A nemi X–Y kromoszómákon leolvasott szekvenciák arányait figyelembe véve az 1. sírba temetett egyén genetikai neme nő. A 20–25 éves nő kinézetét sötét és világosabb pigmentációra utaló allélok is alakították. Haja feltehetően egyenes és sötétebb barna vagy vörösesbarna árnyalatú volt, bőre kreolosabb tónusú lehetett, szemei sötétek, barnák vagy barnás zöldek voltak. Ez a fenotípus összhangban van a térség archaikus népcsoportjait célzó korábbi vizsgálatok eredményeivel (Lazaridis et al. 2022), illetve genetikai örökségével (lásd lentebb). Bár a rossz DNS megtartás miatt messzemenő következtetések nem vonhatóak le, a klinikailag szignifikáns variánsok eddigi vizsgálata alapján nem találtunk örökletes betegségekre utaló SNP-eket vagy kromoszóma-rendellenességeket, ugyanakkor hordozott diabéteszre hajlamosító allélokat igen az rs12255372, rs41295061, rs11196205 lókuszon.

Anyai vonala a W haplocsoportba, azon belül egy ritka alcsoportba, a W1h típusba tartozik (kiindulási read-szám 21938016; endogén tartalom 58,2%; átlagos genomi lefedettség 0,15x; szennyeződés 1,2%), mely 14000–10500 évvel ezelőtt alakulhatott ki (95% konfidencia intervallum az Yfull adatbázis alapján). Míg a tágabb W1 mitokondriális leszármazási csoport ismert a közép-európai kora bronzkori Aunjetitz-kultúra (Kr. e. 2100–1600 között a mai Németország, Csehország, Lengyelország és Szlovákia térségében elterjedt, és a Kárpát-medence középső bronzkorával egyidős) környezetéből (Papac et al. 2021) és az alföldi rézkorból is (Lazaridis et al. 2022), a W1h típus pontos megfelelőjére nincs még példa az őskorból.



**6. ábra:** Főkomponens elemzés (PCA), mely közel 560 000 egyponos nukleotid polimorfizmus (SNP) alléljainak osztozása alapján készült smartpca program használatával. Az ábra a jelentősebb, genetikailag jellemzett őskori csoportokat mutatja be az Európa és környezete területeiről eddig publikált adatok alapján (AADR adatbázis: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37066305/>) Sükösd-Árpás-dűlő V. lelőhely 1. sírjának helyzetével. A halványszürke körök az ábra háttérében modern referencia-genomokat jelenítenek meg Európa, a Kaukázus és Észak-Afrika térségéből.

**Fig. 6.:** Principal component analysis (PCA), which was based on the allele frequency of nearly 560,000 single nucleotide polymorphisms (SNP) using the smartpca program. The figure shows the most important, genetically characterized prehistoric groups based on the data published so far from the areas of Europe and its surroundings (AADR database: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37066305/>), in relation to Sükösd-Árpás-dűlő V grave No. 1. The light grey circles in the background of the figure present modern reference genomes from Europe, the Caucasus and North Africa.

A napjainkban is ritka W1h mitokondriális alcsoport képviselői Ukrajna, Olaszország és Izrael területéről ismertek (<https://www.yfull.com/mtree/W/>), ezek alapján ez az anyai vonal őshonos volt a tágabb értelemben vett térségben. Mivel a W1h anyai vonal csupán a tárgyalt sírba temetett nő egyetlen ősanyjáról nyújt információt, a belőle levonható egyedi következtetések erősen korlátozottak.

A továbbiakban bemutatjuk az eltemetett nő teljes genomi (sejtmagi DNS-ből kinyert) adatait a környező ismert archaikus genetikai eredmények tükrében: ezen adatok számos ősről együttesen

beszélnek, így a mitokondriális DNS-nél sokkal pontosabb jellemzés készülhet jó megtartás esetén. Az 1. sírba temetett nő genomját ~560 ezer, ún. neutrális (azaz evolúciós szelekció alatt nem álló) SNP alapján főkomponens analízis (PCA) segítségével helyeztük el a „genetikai térben” (6. ábra). Ezek a testi kromoszómákról (autoszómák) gyűjtött SNP-k a genetikai eredetet feltáró információval bírnak és az eurázsiai környezetben 2014 óta használatosak a régészeti genetikában (Lazaridis et al. 2014). A főkomponens elemzés során egy modern nyugat-eurázsiai referencia-adatbázist alkalmaztunk (*Human Origin Panel*), mely a

számítások alapját képezi. Erre vetíti rá a smartpca program (Patterson et al. 2017) az archaikus genomokat, amelyek földrajzi és időbeli csoportosulásokat mutatnak.

Az ábrázolás standard módszerekkel készült (Haak et al. 2015), mely az eredményeket jól összevethetővé teszi korábban közölt adatokkal (Mathieson et al. 2018; Olalde et al. 2018; Gerber et al. 2023).

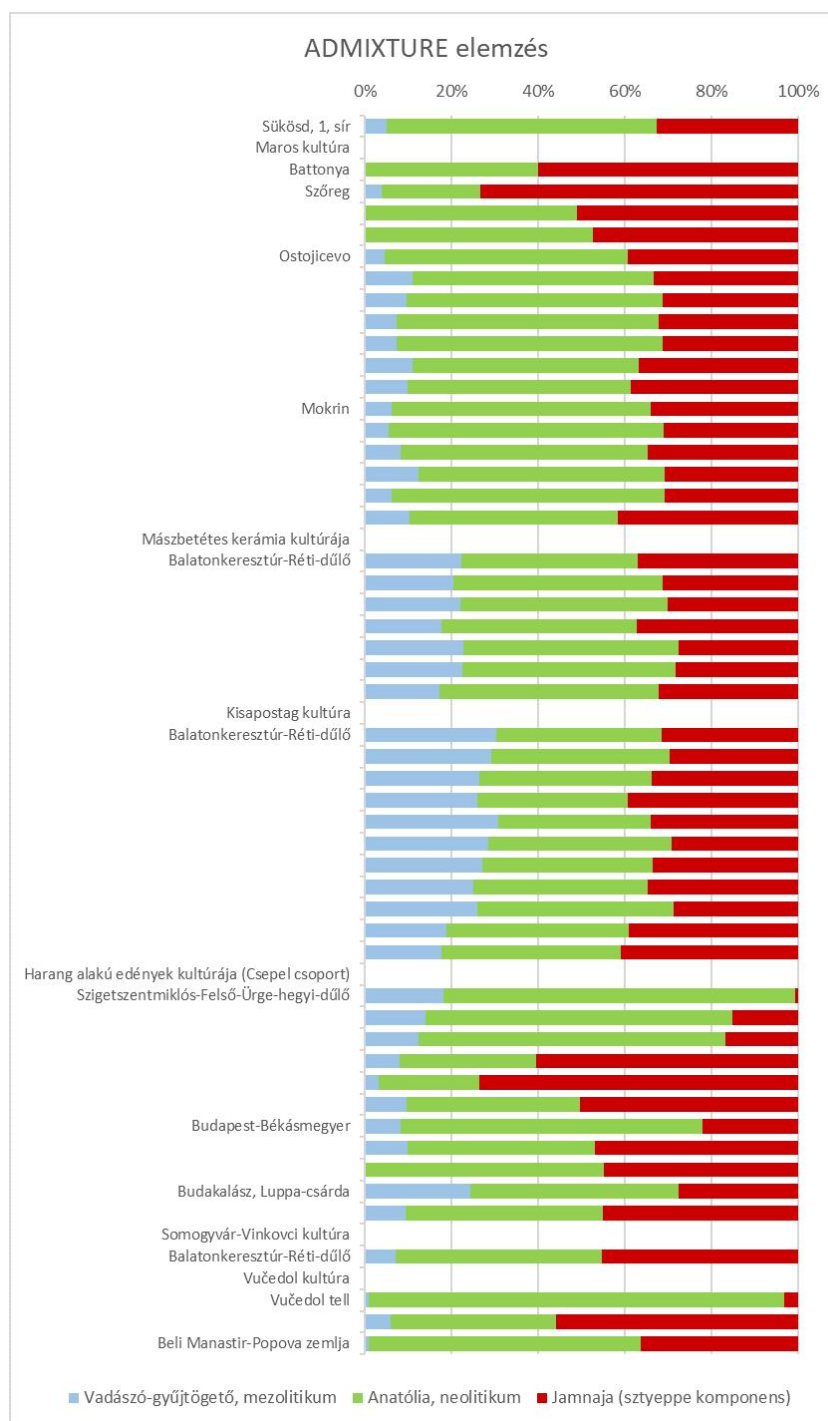
Az újkőkori előtti őslakos paleolitikus és mezolitikus népesség minden ma élő európaítól igen eltérő genetikai állománnyal bírt a kontinensen, melyet a kék színnel jelölt minták szóródása jelenít meg a PCA ábrán. Az ő gradienstük NY–K-i tengelyt ad, a keletebbre élt csoportokat a felső, pozitív tartományban elhelyezve. Ez a vadászó-gyűjtögető genetikai örökség Ukrajna területén nem csak a mezolitikus, hanem az újkőkori népességekre is jellemző volt és a Baltikumban egészen a bronzkorig dominált (Mathieson et al. 2018). Genetikai adatok alapján ma már tudjuk, hogy az első földművesek Anatólia területéről érkeztek Európába; ők az ábra alsó tartományában alkotnak egy nagyobb zöldes halmazt, PC1 mentén szóródva a vadászó-gyűjtögetőkkel való keveredésük mértékében (Mathieson et al. 2015). Ez a trend Nyugat-Európa és Észak-Európa felé erősödik, ami az ott élt földművesek genetikai képének a vadászó-gyűjtögetők felé történő eltolódásával jár. A Kr. e. 3. évezredben, a Jamnaja- és a zsinegdíszes kultúrák időszakában Európát elérte kelet-európai, sztyeppei harmadik fő genetikai komponens a PC2 mentén látható az ábra felső tartománya felől (barna színnel). A rézkor végén, bronzkor elején meginduló fokozatos keveredéssel alakult ki a bronzkori népességek és a mai európaiak képe is a PCA ábra középső tartományában (Haak et al. 2015; Olalde et al. 2018). Maga a keveredés jól nyomon követhető, megnézve a Vučedol és a harang alakú edények kultúrájához köthető személyek genomjainak óriási változatosságát (6. és 7. ábra). Ez volt az az időszak, amikor a helyi rézkorra visszavezethető és a sztyeppe felől érkező genetikai vonalak elkezdtek egybeolvadni a térségben. Bizonyos területeket a sztyeppe népek hatása kevésbé érintett, ilyen volt a Dél-Alföld és Észak-Szerbia térsége is a Maros-kultúra idején (Kr. e. 2300–1600). Ugyanakkor a Dunántúlon egy jelentős keleti vadászó-gyűjtögető örökséggel bíró népcsoport települt meg Kr. e. 2100 táján (Kisapostag-kultúra, Gerber et al. 2023).

A **7. ábrán** megtekinthető ADMIXTURE elemzés három, rögzített eredet-populáció komponenseivel

modellezi a Kárpát-medencéből eddig ismert kora és középső bronzkori publikált, összehasonlító genomokat (Allentoft et al. 2015; Mathieson et al. 2018; Olalde et al. 2018; Žegarac et al. 2021; Lazaridis et al. 2022; Patterson et al. 2022; Gerber et al. 2023). A modell alapját korábbi tanulmányok megállapításai adják, melyek szerint a kora bronzkori Kelet-Közép-Európa népességeit ezen három népesség-forrásból származó genetikai komponensek határozták meg (Haak et al. 2015).

Populációgenetikai szempontból a sükösdői 1. sírba temetett, a késő bronzkor elején élt nő sejtmagi DNS-ének eredet-komponensei a korszakban általánosan megfigyelhető elemeket tartalmazzák: az újkőkori Kárpát-medencébe érkezett földművesek génállományára visszavezethető komponensek mintegy 62%-ot, a paleolitikum óta Európában nyomon követhető elemek pedig minimum ~5%-ot tettek ki (6. ábra). A maradék ~33% a rézkor végén Európába érkező sztyeppe népek örökségével (a Jamnaja- és zsinegdíszes kultúra népességeivel) hozható összefüggésbe. Az egyes sír elhunytja ezzel a mérsékelt sztyeppe komponenssel beleillik a Dél-Alföld és Észak-Szerbia térségében, a Maros-kultúra területén a kora és középső bronzkorban élt, leginkább Mokrin és Ostojicevo (Tiszaszentmiklós, Szerbia) lelőhelyekről származó DNS mintákkal jellemzett közösségekbe (Žegarac et al. 2021; Lazaridis et al. 2022; Patterson et al. 2022). A Dunántúlról ismert mészbetétes kerámia kultúrája népessége ebben az időszakban magasabb vadászó-gyűjtögető genetikai komponensekkel bírt, amit az azt megelőző Kisapostag-kultúra népességétől örökölt (Gerber et al. 2023). A Kisapostag-kultúrához köthető vadászó-gyűjtögető genetikai örökség a jelen ADMIXTURE elemzésben 30% alatt marad, mely azzal magyarázható, hogy a Jamnaja sztyeppe komponens kettős eredője is vadászó-gyűjtögetőkre vezethető vissza: a kelet-európai és a kaukázusi populációkra (Lazaridis et al. 2022). A közép-, észak- és kelet-európai vadászó-gyűjtögető népségek pedig folyamatos genetikai átmenetet képeztek élőhelyüknek megfelelően. Így tehát a Jamnaja-kultúra és a Kárpátoktól keletre élt kelet-európai vadászó gyűjtögetők génállománya egyelőre csupán pontatlanul választható szét.

A sükösdői 1. sír feltárása során előkerült nő a halomsíros kultúrába sorolható első személy a térségben, akiről átfogó genetikai jellemzés készült, így más összehasonlító adat ebből a horizontból meg nem áll rendelkezésre.



**7. ábra:** *Supervised* (felügyelt) ADMIXTURE elemzés ( $K=3$ ), amely három előre definiált eredet-komponens, a közép-európai mezolitikus vadászó-gyűjtőgető, a Szamara vidékről adatolt (Oroszország, Dél-Urál régió) Jamnaja-kultúra népessége és az Anatóliában élt újkőkori népesség genetikai örökségének arányát mutatja a Kárpát-medence kora és középső bronzkorában. A felhasznált referencia minták a következő tanulmányokból származnak: Allentoft et al. 2015; Mathieson et al. 2018; Olalde et al. 2018; Žegarac et al. 2021; Lazaridis et al. 2022; Patterson et al. 2022; Gerber et al. 2023.

**Fig. 7.:** *Supervised* ADMIXTURE analysis ( $K=3$ ) for the Early to Middle Bronze Age Carpathian basin, consisting of three predefined origin components, the Central European Mesolithic hunter-gatherer, the population of the Jamnaya culture recorded from the Samara region (Russia, South Ural region) and the Neolithic population living in Anatolia. The reference samples used come from the following studies: Allentoft et al. 2015; Mathieson et al. 2018; Olalde et al. 2018; Žegarac et al. 2021; Lazaridis et al. 2022; Patterson et al. 2022; Gerber et al. 2023.

## Izotóp vizsgálatok

### Szén- és nitrogénizotóp-összetétel

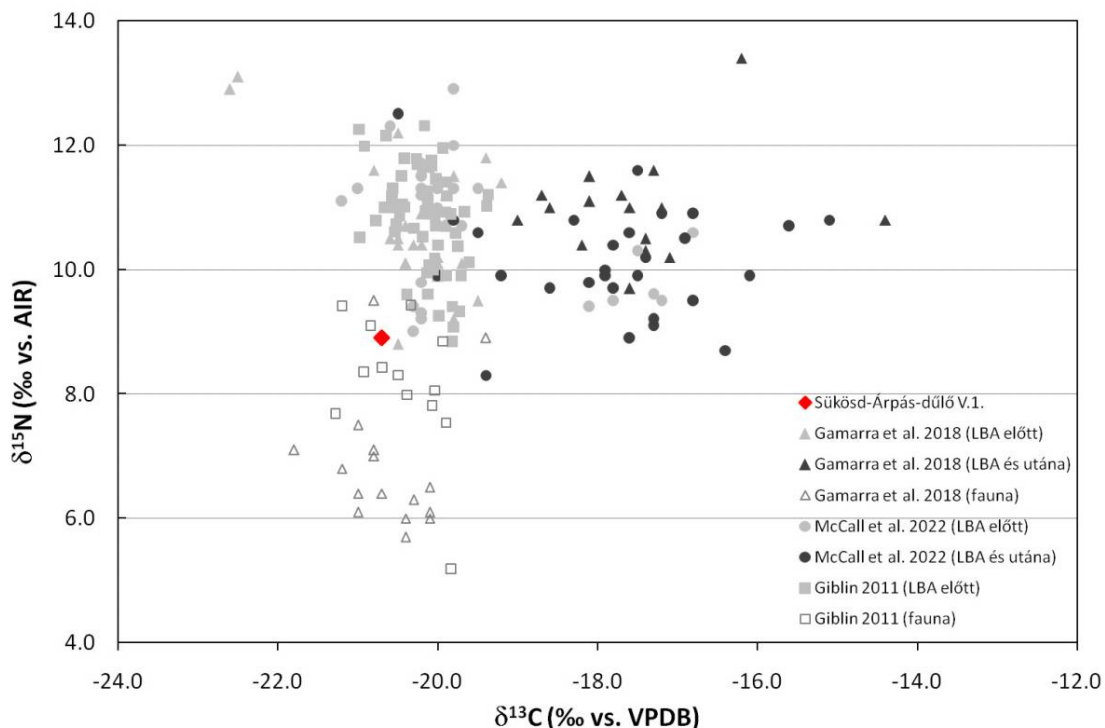
(Major István)

A csontszövet szerves kollagén frakcióját felépítő szén és nitrogén elemek stabilizotóp-arányainak ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) változásait egyre szélesebb körben vizsgálják, mégpedig az egyén táplálkozására vonatkozó általános következtetések miatt. A kollagén szénének vizsgálatából ( $\delta^{13}\text{C}$  értékben kifejezve) általában az elfogyasztott növény C3-as, C4-es, vagy CAM típusú fotoszintetikus szén megkötési módjára, esetenként a vízi eredetű táplálék jellegére lehet következtetni. A Kárpát-medencében évezredek óta uralkodó mérsékelt, kontinentális éghajlat a C3-as növények evolúciójának kedvezett, de a történeti népességmozgások következtében a száraz, meleg, szubtrópusi éghajlathoz alkalmazkodó C4-es típusú növények, úgymint a köles, a cirok vagy a kukorica is előbb-utóbb megjelentek. A nitrogén stabilizotóp-arány ( $\delta^{15}\text{N}$  értékben kifejezve) a táplálékláncban elfoglalt szintről, illetve szintén a vízi eredetű táplálék hatásáról tanúskodik. Értékét rendkívül sok környezeti (talajfejltség, felvehető nitrogéntartalmú anyagok, talajnedvesség, stb.) és fiziológiai (különböző stressz faktorok, éhezés, szomjazás stb.) tényező befolyásolhatja, amiket a

táplálkozás rekonstrukció esetén figyelembe kell venni.

Bár öt darab minta (1., 3., 5., 8. sír) került kiválasztásra (**1. táblázat**), de négy darab minta nem tartalmazott elegendő kollagént, így csak az 1. sírből vett minta szolgáltatott információt ezekhez a vizsgálatokhoz.

A süködsdi 1. sír csontmaradványaiából származó kollagén atomi C/N aránya 3,1, ami megfelel a szakirodalomban elfogadottnak (Ambrose 1986),  $\delta^{13}\text{C}$  és  $\delta^{15}\text{N}$  értékei pedig rendre -20,7‰-nek és 8,9‰-nek adódtak. Mivel a stabilizotópos vizsgálatok csupán egy mintára terjedtek ki, ezért komolyabb statisztikai elemzéseket nem lehetett végezni; bár az értelmezés miatt feltűntettük még a Magyarország területén korábban mért, kora neolitikumtól egészen a vaskorig terjedő minták hasonló értékeit is (**8. ábra**). Az eddigi publikációkból látszik, hogy a szén izotóp szempontjából a középső és késő bronzkor határán egyértelmű változás történt, ugyanis ekkora tehető a köles, mint C4 fotoszintetikus utat követő növény megjelenése a Kárpát-medencében (Filipović et al. 2020). Mivel a köles  $\delta^{13}\text{C}$  értéke 12–14‰ körül van fajtától függően, ezért a fogyasztók -18‰-nél nagyobb  $\delta^{13}\text{C}$  értéke valamilyen C4 típusú növény (ebben az időszakban tipikusan köles) fogyasztására utal (Gamarra et al. 2018; McCall et al. 2022).



**8. ábra:** A Sükösd-Árpás-dűlő V. 1. sír  $\delta^{13}\text{C}$  és  $\delta^{15}\text{N}$  értékei összehasonlítva a Magyarország területéről ismert kora neolitikumi-vaskori adatokkal (Gibling 2011; Gamarra et al. 2018; McCall et al. 2022).

**Fig. 8.:**  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values of Sükösd-Árpás-dűlő V grave No. 1 in comparison with published data on Early Neolithic to Iron Age samples from Hungary (Gibling 2011; Gamarra et al. 2018; McCall et al. 2022).

A korábbi régészeti kutatások a köles megjelenését a Kárpát-medencében még a neolitikum időszakára helyezték, de a feltárásokon talált kölesszemek közvetlen datálása mindig késő bronzkori időszakot adott, bizonyítva ezzel a rétegek közötti keveredés fennállását (Gyulai 2010; Filatova 2022). A rézkorban, illetve a kora és középső bronzkorban élt egyének szénizotópos értékei is azt mutatják, hogy még nem számolhatunk a köles  $\delta^{13}\text{C}$  értéket befolyásoló hatásával (Giblin 2011). A **8. ábrán** bemutatott késő bronzkor előtti időszakra vonatkozó  $\delta^{13}\text{C}$  értékek tartománya  $-22,6\%$ -tól és  $-16,8\%$ -ig tart. A süködsi  $-20,7\%$ -es érték a tartomány alsó határához közel helyezkedik el. Vagyis, bár régészetiileg a lelet a középső és késő bronzkor átmeneti időszakához tartozik, a  $\delta^{13}\text{C}$  értéke egyértelműen a középső bronzkori, és az azt megelőző időszakok táplálkozási szokásait tükrözi a köles fogyasztásának minimális lehetőségével és a C3-as növényekkel való domináns táplálkozással. Elmondható, hogy a süködsi  $\delta^{15}\text{N}$  érték is inkább az összegyűjtött adatok tartományának az alsó szakaszában helyezkedik el. Ennek értelmezésénél az állati minták hiánya miatt csupán irodalmi adatokra hagyatkozhatunk. A tápláléklánc alját jelentő növények értékei a legkisebbek, majd  $3\text{--}5\%$  dúsulást feltételezve, az emberek általában a  $7\text{--}13\%$ -es tartományba esnek (DeNiro & Epstein 1978). Ez a táplálkozásuktól függ, a tartomány alsó része a növényi fehérje fogyasztásának túlsúlyát jelenti, a közepe a kiegyenlített táplálkozásra, míg a felső harmada inkább a hús eredetű fehérje túlsúlyára utal. Ha a Gamarra és munkatársai (2018) cikkében megjelent fauna adatokat, illetve azoknak az emberekhez való viszonyát vesszük alapul, akkor is maximum a vegyes táplálkozást, esetleg több növényi táplálék fogyasztását tételezhetjük fel. A Julia Giblin (2011) munkájában található adatokat figyelembe véve viszont egyértelműen növényi fehérje alapú táplálkozás rajzolódik ki, az állati fehérje szinte teljes mértékű mellőzésével egyetemben. A szén, illetve nitrogén stabilizotóp-eredményeket, valamint a nitrogénre vonatkozó két elképzelést összegezve elmondható, hogy a süködsi női egyén kevesebb állati fehérjét fogyasztott, étrendjének nagy részét növényi, azon belül is a C3-as eredetű táplálék tette ki.

*Fogzománc stroncium-, ólom- és oxigénizotóp-összetétele*

(Horváth Anikó)

A természetben a stronciumnak négy természetes izotópja fordul elő, a  $^{88}\text{Sr}$ ,  $^{87}\text{Sr}$ ,  $^{86}\text{Sr}$  és  $^{84}\text{Sr}$ , természetes gyakoriságuk rendre a következő  $82,53\%$ ,  $7,04\%$ ,  $9,87\%$  és  $0,56\%$ . A  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotóparány egyaránt lehet indikátora a kőzetek korának és geokémiai eredetének is. Alapközet típustól függően a  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotóparány  $0,705\text{--}0,730$  közötti tartományba esik a Kárpát-

medencében (Depaermentier et al. 2020, 2021). A stroncium és a rubídium ugyan a nyomelemek közé tartoznak, de viszonylag gyakoriak a kőzetekben és a talajalkotó ásványokban (helyettesíteni tudják a kalciumot és a káliumot). A biológiai ciklusba belépve, a stroncium-izotóp-összetétel nem csak a növényekben őrződik meg, hanem azon élő szervezetekben is, melyek ezeket fogyasztják. A vázszövetekben a kalcium helyére beépülve, mintegy egyedi ujjlenyomatként, a fogakban és csontokban, lehetővé teszi a népességmozgások rekonstruálását, valamint különbséget tehetünk helyi és nem helyi születésű egyének között. Ugyanakkor a helyszíntől függetlenül a hasonló kőzeteknek hasonló lesz a  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotóp-összetétele, így a vizsgálat egy adott helyszín azonosítására kevésbé alkalmas.

A stroncium- mellett az ólomizotóp-aránya is felhasználható a földrajzi eredet meghatározásában. Egy terület ólomizotóp-aránya a kőzetek kezdeti U, Th koncentrációjának és keletkezési korának a függvénye. Különböző területek között jelentős különbségek léphetnek fel ólomizotóp-arányukat tekintve, így az ólomizotóp-arány alkalmas lehet a származási hely meghatározására is.

A Sükösd-Árpás-dűlő V. késő bronzkori 1. sírból egy női egyén fogzománcát vizsgáltuk oxigén- ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{foszfát}}$ ), ólom- ( $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ;  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ;  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ;  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ) és stroncium- ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) izotóp-összetételét tekintve. A kapott eredményeket a **4. táblázat** tartalmazza. A Sükösd-Árpás-dűlő V. 3., 5., 8., 13. és 28. késő bronzkori sírból négy fog és egy égett csont mintát vizsgáltunk stroncium- ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) izotóp-összetétele szerint. A vizsgálati eredményeket az **5. táblázat** tartalmazza.

**4. táblázat:** Sükösd-Árpás-dűlő V. lelőhely 1. sírjából származó nő fogzománcának izotópos elemzési eredményei

**Table 4.:** Results of the isotopic analysis of the tooth enamel from the Sükösd-Árpás-dűlő V grave No. 1

Izotóparány / Isotopic ratio	Sükösd-Árpás dűlő V. 1. sír (fogzománc / tooth enamel)
$\delta^{18}\text{O}_{\text{foszfát}}$	$14,7 \pm 0,3\%$
$\delta^{18}\text{O}_{\text{víz}}$	$-12,98 \pm 1,9\%$ *
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$38,91027 \pm 0,00063$
$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$2,07325 \pm 0,00042$
$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$0,83462 \pm 0,00001$
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$18,76772 \pm 0,00384$
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$0,709433 \pm 0,000027$

\*az átszámoláshoz a következő összefüggést használtuk fel:

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{víz}} = 1.54(\pm 0.09) \times \delta^{18}\text{O}_{\text{foszfát}} - 33.72(\pm 1.51)$$

$$(R^2 = 0.87; p[\text{H}:R^2 = 0] = 2 \times 10^{-19}) \text{ Daux et al. 2008}$$



A  $\delta^{18}\text{O}_{\text{foszfát}}$  értékét átszámoljuk  $\delta^{18}\text{O}_{\text{víz}}$  értékre, mely a helyi ivóvíz értéket adja meg. Ezt összehasonlítva a Gerling által számított értékekkel (Gerling et al. 2015), melyek -9,15– -7,15‰ közé esnek, azt kapjuk, hogy a süködsi nő  $\delta^{18}\text{O}_{\text{víz}}$  értéke a lokális szignál felé esik.

Az ólomizotóp-arány mérés eredményeit nem tudjuk mihez viszonyítani, mivel hasonló méréseket még régészeti fog mintákon nem végeztek Magyarországon. A vizsgált fogzománc 22 ng/g ólmot tartalmaz, izotóparányait a **4. táblázat** ismerteti.

A Sükösd–Árpás-dűlő V.1. késő bronzkori sírból származó nő stroncium- és oxigénizotóp-arány eredményeit a közeli (60 km-re fekvő) tompai feltárásból származó bronzkori ló fog- és csontanyagával (Bozi & Szabó 2022), mint háttér-mintával vetettük össze. A **9. ábrából** jól látszik, hogy a süködsi nő stroncium- és oxigénizotóp-összetétele közel áll a tompai leletanyag izotóp-összetételéhez, így helyinek mondható.

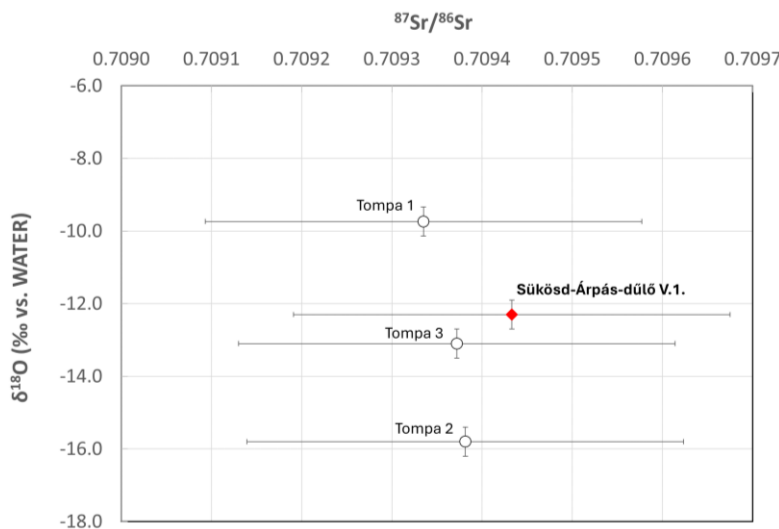
A Sükösd–Árpás-dűlő V. 3., 5., 8., 13. és 28. sírjából származó egyének négy fogzománc és

egy égett csont (*pars petrosa*) mintájának  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotópos eredményeit az **5. táblázat** és a **10. ábra** szemlélteti, utóbbin a tompai háttér és Sükösd–Árpás-dűlő V. 1. sírjából származó nő  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vizsgálati eredményei is szerepelnek.

**5. táblázat:** Sükösd–Árpás-dűlő V. lelőhely 3., 5., 8., 13. és 28. sírjaiból származó egyének négy fogzománc és egy égett csont (*pars petrosa*) mintájának  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotópos elemzési eredményei

**Table 5.:** Results of  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  isotopic analysis of four tooth enamels and one burned bone (*pars petrosa*) of individuals from Sükösd–Árpás-dűlő V graves No. 3, 5, 8, 13 and 28.

Sírszám / Grave No.	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$\pm 1\sigma$
3. sír (fog)	0,709461	0,000017
5. sír (fog)	0,709828	0,000018
8. sír (fog)	0,709238	0,000017
13. sír (fog)	0,710190	0,000018
28. sír (égett csont, pars petrosa)	0,709598	0,000017

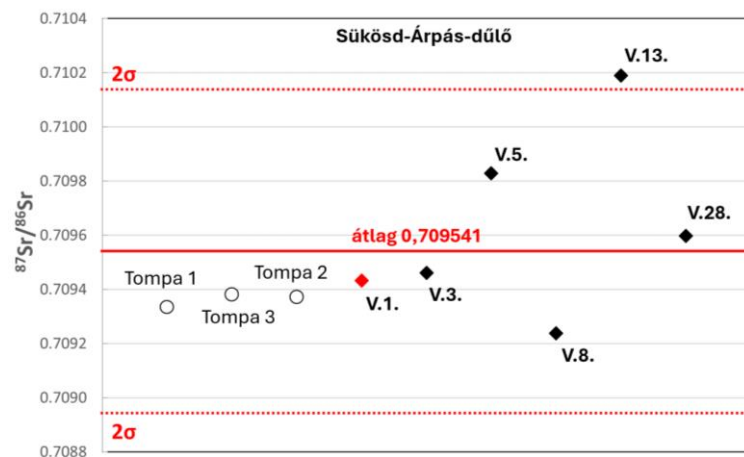


**9. ábra:**

Sükösd–Árpás-dűlő V. 1. sírből származó nő fogzománca és Tompa lh.-ről származó bronzkori ló fog- és csontanyag stroncium- és oxigénizotóp-arányának összehasonlítása (Bozi & Szabó 2022 alapján)

**Fig. 9.:**

Comparison of strontium and oxygen isotope ratios measured on human tooth from grave No. 1 at Sükösd–Árpás-dűlő V and on horse tooth and bone at Tompa archaeological site (Bozi & Szabó 2022).



**10. ábra:**

Sükösd–Árpás-dűlő V. 1., 3., 5., 8., 13. és 28. sírok egyéneinek fog- és csontmintáiból, illetve Tompa lh. ló fog- és csontanyagából (Bozi & Szabó 2022) mért  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotóparányok összehasonlítása.

**Fig. 10.:**

Comparison of  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  isotope ratios measured on individuals from graves No. 1, 3, 5, 8, 13 and 28 of Sükösd–Árpás-dűlő V with the background samples (horse tooth and bone) from Tompa (Bozi & Szabó 2022)

**6. táblázat:** Leíró statisztika a kiugró  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  eredmények kimutatására Sükösd–Árpás-dűlő V. lelőhely sírjai és a tompai összehasonlító minták esetében (Bozi & Szabó 2022 alapján)

**Table 6.:** Descriptive statistics to show outlier  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  results on graves from Sükösd–Árpás-dűlő V site and the comparative samples from Tompa (Bozi & Szabó 2022)

Minta/ Lab ID	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Z érték / Z value	Szignifikáns kiugrás / Significant outlier
Tompa1	0,709369	0,58166026	
Tompa2	0,709381	0,54110551	
Tompa3	0,709372	0,57152158	
Sükösd–Árpás-dűlő V., 1. sír	0,709433	0,36536826	
Sükösd–Árpás-dűlő V., 3. sír	0,709461	0,27074051	
Sükösd–Árpás-dűlő V., 5. sír	0,709828	0,96955894	
Sükösd–Árpás-dűlő V., 8. sír	0,709238	1,02438296	
Sükösd–Árpás-dűlő V., 13. sír	0,710190	2,19296058	Legtávolabb esik a többitől, de nem jelentősen kiugró adat ( $P > 0.05$ ).
Sükösd–Árpás-dűlő V., 28. sír	0,709598	0,19225956	

Kritériumok: Átlag: 0,70954111 / SD: 0,0002959 / Mintaszám: 9 / Detektált kiugró érték: nincs / Szignifikancia szint: 0,05 / Kritikus Z érték: 2,2150045583

Grubbs-tesztet futtatva végig a  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  eredményeken (**6. táblázat**) megerősítést nyer, hogy a Sükösd–Árpás-dűlő V. 1., 3., 5., 8., 13. és 28. sírjából származó egyének helyi születésűek lehettek. A 13. sírből származó egyénnél figyelhető meg enyhe eltérés, de nem képvisel jelentősen kiugró értéket (Z érték).

### Radiokarbon kormeghatározás

(Major István)

Kormeghatározás céljából hat darab mintát (1., 3., 5., 8., 13., 28. sírokból) vizsgáltunk (**1. táblázat**), amiből négy darab az ismételt mintavétel ellenére

sikertelen lett, mivel a kinyert kollagén tartalom 1% alatt volt, ami alkalmatlan volt további elemzésre. A két sikeres vizsgálat eredménye a **7. táblázatban** látható.

A 1. sírből származó csont kalibrált kora Kr. e. 1540 és 1430, míg a 28. sírből előkerült hamu kora Kr. e. 1420 és 1120 közé tehető. A megadott eredményeket -25‰-es  $\delta^{13}\text{C}$  értékre korrigáltuk, ahol figyelembe vettük az ismeretlen mintára mért  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  izotóp frakcionációt ezrelékes egységben (‰). A  $\delta^{13}\text{C}$  érték a legtöbb szerves anyag esetében -25‰.

**7. táblázat:** Az AMS radiokarbon vizsgálatok mérési eredményei Sükösd–Árpás-dűlő V. vizsgált sírjaira.

**Table 7.:** Results of AMS radiocarbon measurements on examined graves from Sükösd–Árpás-dűlő V site.

AMS $^{14}\text{C}$ mérés kód / Lab ID	HEKAL minta kód / HEKAL ID	Sírszám / Grave No.	Minta típusa / Sample type	Konvencionális $^{14}\text{C}$ kor / Conventional $^{14}\text{C}$ age (év/year BP) ( $\pm 1\sigma$ )	Kalibrált naptári kor / Calibrated calendar age (kal AD/BC) ( $2\sigma$ )
DeA-33514	I/2871/17	1. sír (pót fogminta)*	fog	3234 $\pm$ 26	BC 1540 – 1430
DeA-42306	I/3406/5	28. sír	hamvasztott csont	3031 $\pm$ 52**	BC 1420 – 1120

\*: Első preparálásra nagyon kicsi kollagén tartalom, rossz minőséggel. További, ismételt kémiai kezelés után már megfelelő mennyiségű és minőségű kollagént sikerült kinyeri egy fog pótmintából.

\*\*Mivel a hamu nem tipikus minta  $^{14}\text{C}$  mérésre, ezért ezen minta mérési hibája kétszeresre lett növelve.

A radiokarbon kor „before present” év egységekben van megadva, ahol viszonyításként az ~1950-re vonatkozó természetes szintet veszik alapul. Ezt nevezik konvencionális radiokarbon kornak. Kalibrált naptári kor meghatározásához a kapott konvencionális radiokarbon kor eredményeket hasonlítják össze ismert korú faégyűrűk mérése alapján meghatározott kalibrációs adatokkal. Az adatok kalibrálását a Calib 8.1.0 (<http://calib.org/calib/>) program és az IntCal2020 északi félgömb radiokarbon kalibrációs görbéje (Reimer et al. 2020) segítségével végeztük el.

A 1. sírból származó fogminta kalibrált kora (Kr. e. 15. század) a halomsíros kultúrához köthető. A 28. sírből előkerült hamvasztott csontminta kalibrált kora a hamvasztásos sírt a csontváznál későbbi időszakra keltezi.

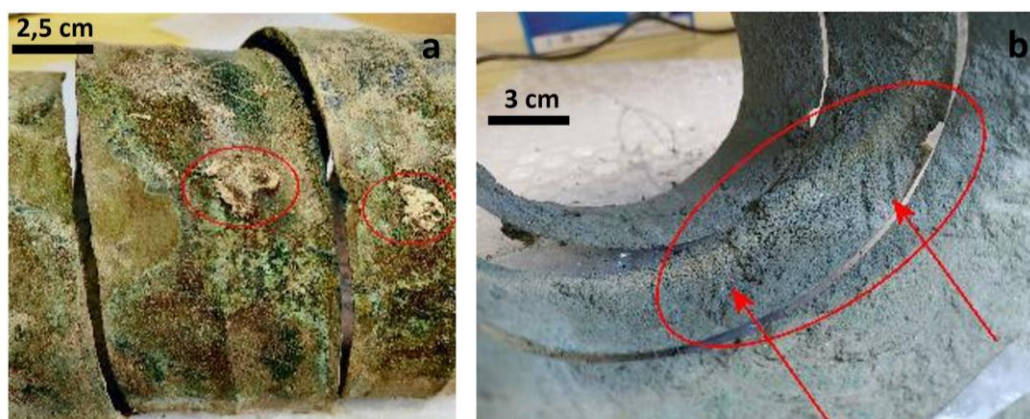
### Textil lenyomatok vizsgálata

(Sipos Enikő)

Az 1. sír bronz lábtekerceit azért vizsgáltuk, hogy a feltűnően gazdag ékszerekkel együtt esetleg az itt eltemetett nő viselete is rekonstruálható legyen. Ennek érdekében szerves anyagok jelenlétének kimutatására törekedtünk. A minták vizsgálata során néhány igen apró, (5–10 mm-es) textiltöredéket (**11-12/a-c ábra**) és néhány 0,5–1 cm hosszúságú bél vagy bőr fonalfoszlányt (**12/d-h ábra**) sikerült kimutatni. A fémtárgyak környezetében a fém korróziótermékébe beágyazódva, ún. pseudomorf állapotban, a textil lenyomata általában megmarad. Megmaradásukat elősegíti, hogy a fémsók, az ezüst, a réz vagy ezek ötvöző anyagainak korróziótermékei bizonyos mértékig konzerváló hatásúak, mivel a mikroorganizmusok számára mérgezők. Ugyanakkor elősegítik a cellulóz és a fehérje hidrolízisét és oxidációját, ezáltal a textilek lebomlását (Janaway 1985, 30). A tapasztalat azt mutatja, hogy a

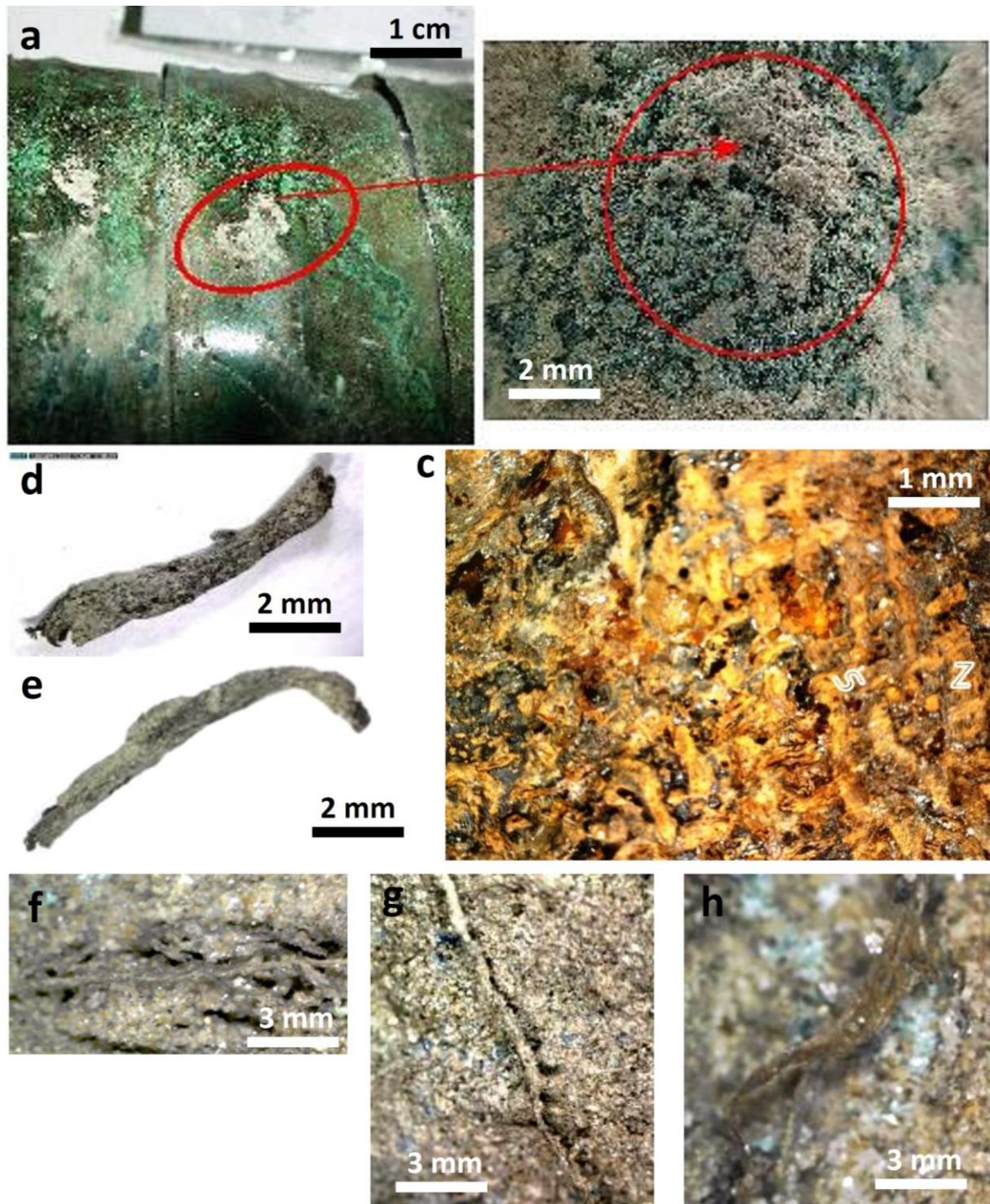
régészeti ásatásokon előkerülő textilek többnyire csak igen speciális körülmények között maradnak meg. A mérsékelt éghajlatú Európában a szerves anyagok (fa, bőr, fő vagy gyapjú, azaz mindenféle étel vagy ruházat) hamar bomlani kezdenek, amint a földre kerülnek. A textilpar és ruhatörténet tanulmányozása ezért különösen nagy kihívást jelent. Európában kevés olyan hely található, ahol ilyen anyagok megőrződtek (Grömer 2016). Megmaradásuk vagy lebomlásuk rendkívül komplex folyamat, melyet a közönséges kopáson, szakadáson, deformálódáson kívül a tárgy és környezete közt lejátszódó fizikai, kémiai és biológiai tényezők kölcsönhatása és az éghajlat határoz meg (Brothwell 1988, 97). Jelentős szerepet játszanak a talajban különböző mennyiségben jelenlévő szerves anyagok, ásványi sók, a levegő és a talajvíz, a túl száraz vagy túl nedves környezet, valamint a talaj kémiaja. A régészeti textilek állapotát befolyásolják még a temetkezési szokások, az ásatás körülményei és a környezet állandó változásai is.

Esetünkben a szerves anyagok degradálódását az évszakok hőmérséklet- és nedvesség viszonyainak állandó változása, a laza, oxigéntől átjárt talaj szerkezet, a talajvíz, valamint a mezőgazdasági területen a talaj javításához alkalmazott vegyszerek (szerves és műtrágyából) jelenléte együttesen idézhette elő. Utóbbiakból erősen lúgos kémhatású ammónia képződik, amely az állati eredetű szálás anyagokra káros, de a degradált cellulózt is tovább károsítja, szerkezetében kémiai változásokat okoz. A szerves anyagok károsodásának, teljes lebomlásának ez is oka lehetett. A területen végzett talajvédelmi vizsgálatok homokos, iszapos, agyagos rétegek váltakozását állapították meg. A vizsgálatok 8,02–8,17 pH-értékű, erősen lúgos, laza szerkezetű, meszes (29,1–32,4% CaCO<sub>3</sub>) talajt határoztak meg (Korláth 2021).



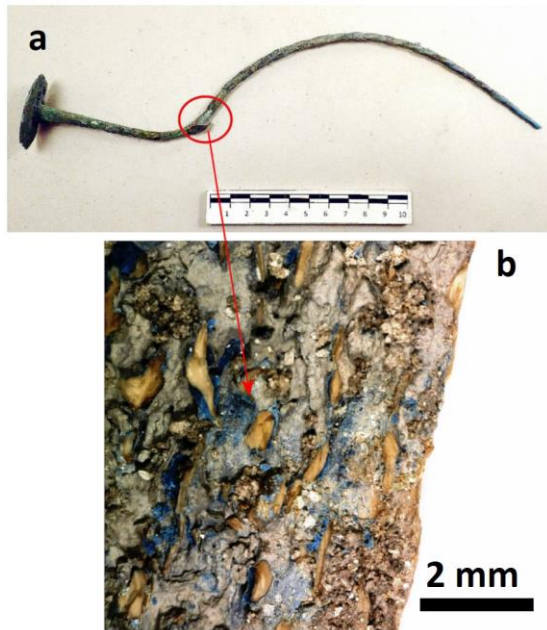
**11. ábra:** A bal lábtekercs Sükösd–Árpás-dűlő V. lelőhely 1. sírjából: (a) lehetséges textiltöredékek a külső felületen és (b) meggyűrődött szövet lenyomata a belső felületen. A begyűrődések 1,2–1,8 mm hosszúak.

**Fig. 11.:** The left ankle from grave No. 1 of Sükösd–Árpás-dűlő V site: (a) possible textile fragments on the outer surface and (b) an impression of crumpled fabric of 1.2–1.8 mm on the inner surface of the left ankle.



**12. ábra:** A jobb lábtekeres Sükösd-Árpás-dűlő V. lelőhely 1. sírjából: (a–b) fémsókkal átitatott textil maradvány (8–10 mm széles amorf formájú) a külső felületen, (c) vászon-kötésnek látszó „S” és „Z” sodratú fonalakkból álló, fémsókkal átitatott textilmaradvány a belső felületen, (d–h) bél vagy bőr fonál maradványok a belső felületről, melyek 9 és 20 mm hosszúak, és 1–1,5 mm szélesek.

**Fig. 12.:** The right ankle from grave No. 1 of Sükösd-Árpás-dűlő V site: (a–b) textile residue soaked with metal salts (8–10 mm) on the outer surface, (c) textile residue, made of "S" and "Z" twisted yarns looking like a linen weave, and impregnated with metal salts on the inner surface, (d–h) gut or leather yarn remnants (9 to 20 mm long, 1–1.5 mm wide) on the inner surface



**13. ábra:** Korong fejű sarlós tű (2. melléklet) Sükösd–Árpás-dűlő V. lelőhely 1. sírjából, a bal váll mellől: (a) a tű, (b) textil szövet fonalai között kék színű (azurit?) maradványokkal

**Fig. 13.:** Sickle-shaped needle with disc head (No. 2) from grave No. 1 of Sükösd–Árpás-dűlő V, at the left shoulder: (a) the needle, (b) blue remnants (azurite?) between the threads of textile fabric

Az 1. sírba temetett elhunyt viseletére ékszereinek elhelyezkedése és európai analógiák alapján következtethetünk. Feltételezhető, hogy lábszárközépig érő, derékban ráncolt szoknyát viselhetett, amelyet egy darab, csőszerű formára alakíthattak ki textilből (Bergerbrant 2007). Anyaga szövokereten készülhetett, így csupán a dereka ráncolásánál volt szükség varrásra. Aljának oldalára tutulusokat varrhattak. Egyszerű szabású felsőruhát és valamilyen köpeny félét viselhetett, amit a két vállon a sarlós tőkkel rögzítettek (**13. ábra**). A felsőrész elejét a nyakában lévő tutulusok díszítették (részletesen: Pásztor et al. 2022). A lábtekercs belsejében megfigyelt, vászon-kötésnek látszó „S” és „Z” sodratú fonalakból álló, fém sókkal átítatott textilmaradványok alapján valószínű, hogy a lábakon a tekercs alatt vászomból lévő lábszárvédő lehetett, vagy a lábakat textildarabbal (kapcaszerűséggel) fedték (Bergerbrant 2007; Grömer 2016).

A színes rézvegyületek közül a talajban, legnagyobb mennyiségben karbonátok alakulnak ki. A szép kékeszöld színéről szabad szemmel is megkülönböztethető bázisos réz karbonát, a malachit  $[\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3]$ , és a ritkábban előforduló kékesebb színű, szintén bázikus jellegű azurit  $[\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2]$ . A két réz-karbonát összefüggő kristályos réteget alkot a bronz felületén (**13. ábra**).

## Talajminták és a bögre tartalmának vizsgálata

### Sírokból vett talajminták

(Merkl Máté Róbert, Hajduné Darabos Gabriella)

A 87 db zacskó mintából (sírok szerinti megoszlás: **1. táblázat**) összesen 18737 db makro maradványt válogattunk ki, ebből régészeti korhoz köthető növényi maradvány teljes mennyisége 1024 darab. Az objektumok közül kilencben volt régészeti korú növényi maradvánnyal, ebből öt objektum anyaga volt határozható. Az 1. sírban egy darab szenült libatop (*Chenopodium* sp.) magtöredékét találtuk meg. A libatopfélék gyomnövények, de magjukat táplálékforrásként is felhasználhatták a régészeti korokban (Gyulai 2010). Az 5. sír koporsó-maradványai között három darab szenült fatöredék volt határozható, amelyeket tölgynek (*Quercus* sp.) dokumentáltunk, hasonlóan a 7. sírből és a 28. sír urna betöltéséből származó famaradványokhoz. A 3. sírből előkerülő anthrakológiai anyagot alma-termésűek (*Pomoideae*) alcsaládjába tartozónak határoztuk meg.

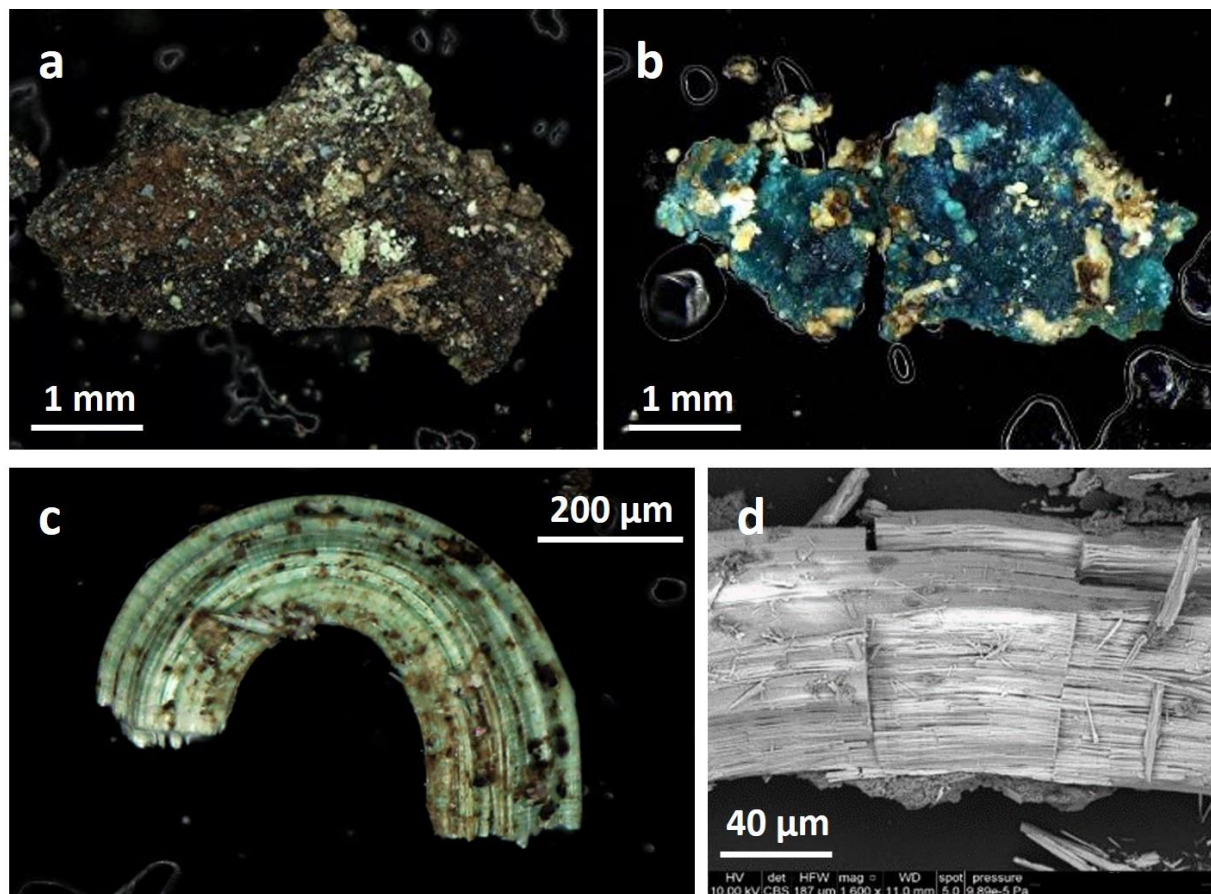
A dokumentálható maradványok száma kevés volt ahhoz, hogy Sükösd bronzkori környezetére következtetéseket tudjunk levonni.

### Az 1. sír mellékleteihez kötődő üledékminták vizsgálata

(Sándorné Kovács Judit, Károly Istvánné, Szoldán Zsolt)

Az 1. sír 45. edénymellékletének, egy kerámia bögre eredeti tartalmának meghatározásához a bögre belsejéből és az edényfal teljes metszetéből vettünk mintákat. A sztereomikroszkópos, FTIR és SEM-EDS vizsgálat kvarc-földpát szemcséket cementáló, szerves anyagban gazdag mátrixú törmelék azonosított (**1. melléklet**), azonban a szerves anyag pontosabb meghatározására alkalmas mintát nem lehetett kinyerni.

Az 1. sír lábtekercei alá vélhetően elhelyezett tárgy azonosításához a lábtekercs alatti sötétebb színű talajrétegekből származó, összesen négy darab mintát vizsgáltunk meg (**2. melléklet**). A 37/a jelű, a „lábtekercsnél jobb” megnevezésű minta sötét szürke színű, porszerű, összességében kb.  $1 \text{ cm}^3$  térfogatú anyagmaradvány, ennek a mintának fő tömegét kvarc szemcsék alkotják. A másik három darab, 37. jelű minta olyan talajszerű törmelék, amelyekben különböző átmérőjű rögök találhatók. A minták sztereomikroszkópos átvizsgálása során azok mindegyikében találtunk sötétbarna-fekete színű aggregátumokat, különböző méretű, kék színű finomszemcsés kristályhalmazokat, valamint világoszöld színű, szális szerkezetű, többnyire hajlott-ívelt morfológiájú kévekötegeket (**14/a-d ábra**).



**14. ábra:** Sükösd–Árpás-dűlő V. lelőhely 1. sírjának jobb láb lábtekerce (37. melléklet) alól vett talajminták aggregátumainak mikroszkópos képei: (a) fekete-sötétbarna színű, malachit-azurit és talajeredetű ásványos szennyezésekből álló szemcse, (b) kék színű, finomszemcsés kristályhalmaz (c) világoszöld színű, szálás szerkezetű, feltehetően malachit anyagú kévek (a-c: sztereomikroszkópos multifókusz felvételek), (d) a 'c' ábrán látható kéve közepső harmadának visszaszórtelektron-képe (BSE).

**Fig. 14.:** Microscopic images of aggregates from the soil samples from under the right ankle (No. 37) of grave No. 1 of Sükösd–Árpás-dűlő V site: (a) black-dark brown coloured grain composed of malachite-azurite and soil-related mineral impurities, (b) a blue-coloured, fine-grained crystal cluster, (c) light green colored, fibrous structure sheaves, presumably made of malachite (a-c: stereomicroscopic multifocal images), (d) back-scattered electron image (BSE) of the sheaves presented in figure 'c' (the middle third of the object).

A felsorolt anyagmaradványokat vizsgáltuk részletesen, optikai mikroszkópos, FTIR-spektroszkópos és SEM-EDS módszerekkel.

A lábtekerce alatti talajban talált sötétbarna-fekete színű aggregátumok egy jellegzetes példányának (14/a ábra) felületén zöld és kék színű finomszemcsés halmazok találhatók, melyek a vizsgálatok alapján malachit-azurit kristályhalmazok. Hasonló eredményre vezetett a kék színű, finomszemcsés anyagú bekérgezések egyik példányának vizsgálata (14/b ábra), aminek kémiai összetétele SEM-EDS módszerrel főként O, C és Cu keverékének adódott, továbbá kis mennyiségben kimutatható volt Mg, Al, Si és Ca is. A félmennyiségi módszerrel mért elemarányok alapján a minta fő tömegét azurit  $[\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2]$  alkotja (az elemi összetételek tekintetében lásd a

3. mellékletet). A világoszöld színű, szálás szerkezetű, többnyire hajlott-ívelt morfológiájú kévek közt egy kiválasztott darab (14/c–d ábra) összetétele a FTIR-spektrum alapján malachitnak azonosítható (4. melléklet). Elemösszetétele (elsősorban C, Cu és O, alárendelten Si, Ca, Fe, Al, Mg, P és K) és a félmennyiségi SEM-EDS módszerrel mért elemarányok megerősítik az FTIR-spektroszkópiai vizsgálatok (5. melléklet) eredményét. Mindkét vizsgálat alapján a minta fő tömegét malachit  $[\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3]$  alkotja. A zöld és kék színű felületi szennyeződéstől megtisztított, sötétbarna-fekete színű szemcseről készült FTIR-spektrum karakterisztikus elnyelési sávokat nem tartalmaz, így az infravörös spektroszkópia segítségével az anyag kémiai összetételére vonatkozóan információt nem nyertünk.

**8. táblázat:** Sükösd–Árpás-dűlő V. lelőhely 1. sírjából vizsgált csiga- és kagylóleletek meghatározása**Table 8.:** Determination of the snail and bivalvia specimens selected from grave No. 1 of Sükösd–Árpás-dűlő V

Zacskószám / Package No.	Nemzetség/Anyag / Genus	Faj / Species	Darab / Piece	Állapot / Condition	Kor/korszak / Epoch/Age
51. jelzésű	Congeria	balatonica	1	fosszilis	Miocén/pannóniai
51. jelzésű 2.	Ostrea	-	1	fosszilis	Miocén/pannóniai
50. jelzésű	Ostrea	-	1	fosszilis	Miocén/pannóniai
49. jelzésű	Hexaplex	trunculus	1	egykorú	holocén
48. jelzésű	Hexaplex	trunculus	1	egykorú	holocén
46. jelzésű	Hexaplex	trunculus	1	egykorú	holocén
5/C kagyló	Lymnocardium	cf. dumicici	1	fosszilis	Miocén/pannóniai
5/A kagyló	Lymnocardium	cf. dumicici	1	fosszilis	Miocén/pannóniai
4. kagyló	Lymnocardium	cf. dumicici	1	fosszilis	Miocén/pannóniai

Az elemanalitikai vizsgálatok alapján a sötétbarna-fekete szemcsék anyaga főként könnyű elemekben (P, N, S) gazdag szerves anyag, amit talajásványok, valamint másodlagos rézásványok is „szennyeznek”. Az elemösszetétel vizsgálatok eredménye – elsősorban azok nagy C, O és N elem tartalma alapján – az a régészeti feltételezés, miszerint a lábszár alá esetleg állati eredetű (pl. állatbőr, gyapjú) készítmény volt terítve, nem kizárható.

### Csiga- és kagylóhéj sírmellékletek vizsgálata

(Sümei Pál)

A temető 1. sírjában feltárt csiga- és kagylóhéj leletek vizsgálata során azonosított taxonokat a **8. táblázat** összesíti.

Az 51. jelzésű kagyló egy fosszilis *Congeria balatonica* Partsch, 1836 héjtöredéke, amely azonban már vasásvány pszeudomorfózává alakult át (**15/1. ábra**). Az 51. jelzésű 2. kagyló és 50. jelzésű kagyló *Ostrea* sp. kagylók fosszilis héjai (**15/2–3. ábra**). A 4. jelzésű, a halott mellkasáról előkerült kagyló (**15/7–8. ábra**), illetve az 5/A és C jelzésű kagylóhéjak (**15/9–10. és 15/11–12. ábra**) *Lymnocardium* cf. *dumicici* Gorjanović-Kramberger, 1899 taxonhoz tartozó egyedekként azonosíthatók. A héj vasas pszeudomorfóza formájában maradt fenn, de felszínét az eredeti héj *ostracum* (kagylóhéj prizmás rétege) alkotja. A *Congeria balatonica* és *Lymnocardium* cf. *dumicici* ilyen megtartású kőbelei és vasas kitöltésű pszeudomorfózái, illetve az osztriga (*Ostrea*) héjak rendkívül jellemzőek a Mecsek keleti peremén Pécs-Nagyárpád, Pécs-Hird, Pécsvárad-Csokoládépuszta, Pécsvárad környezetében a felszínen található miocén kor végi, pannóniai korszakban felhalmozódott üledékekre (Kleb 1973; Magyar & Szónoky 2010, Magyar et al. 1999, Geary et al.

2010, Sztanó et al. 2013, Katona et al. 2015, Sebe et al. 2015, Magyar et al. 2017). Így a sükösi régészeti lelőhelyre mind a *Congeria balatonica* és *Lymnocardium* cf. *dumicici*, mind az *Ostrea* (osztriga) fosszilis héjmaradványai regionális (100 km = 1 heti járóföldön belülről lévő) anyagként kerülhettek a Mecsek keleti előteréből (Sümei 2009).

A 4. jelzésű (**15/7–8. ábra**), illetve az 5/A és C jelzésű (**15/9–10. és 15/11–12. ábra**) *Lymnocardium* fosszilis héjak búbját megcsiszolták, és ennek nyomán kialakított lyukon keresztül függeszthették fel, teljesen hasonlóan, mint ahogyan azt a badeni kultúra budakalászi temetőjében található, szintén fosszilis miocén kori *Anadara* kagylóhéjánál már megismerhettük (Sümei 2010). Sajnos a búb lecsiszolása miatt elvesztek azok a bélyegek, amely nyomán a kagylók fajtát pontosan meg tudtuk volna határozni. Így csak *confer* (bizonytalan) jelzővel tudtuk azonosítani egyéb makroszkópos jellemzők alapján a *Lymnocardium* cf. *dumicici* Gorjanović-Kramberger, 1899 fosszilis kagyló taxont.

A 46., 48., 49. jelzésű csigamaradványok a *Hexaplex trunculus* Linnaeus, 1758 (korábbi nevén *Murex trunculus*, magyar nevén sávos bíborcsiga) fajba tartoznak (**15/4–6. ábra**), megtartási állapotuk alapján egykorúak a régészeti lelőhellyel. A faj mai és holocén földrajzi elterjedése a Földközi-tenger, a 7500 éve kialakult Fekete-tenger, és a még a jégkori glaciális során is létező Adriai-tenger. Így 100 kilométeren (1 heti járóföldön) kívüli területről származik, távolsági (cserekereskedelmi) anyagként kerülhetett a lelőhelyre. Az előkerült héjak jól beilleszthetők a rendkívül változatos színű és formavilágú *Hexaplex trunculus* (Linnaeus, 1758) morfológiai sorozatába.



**15/1–12.ábra:** Sükösd–Árpás-dűlő V. lelőhely 1. sírjából előkerült csiga- és kagylóhéj leletek (leírás a következő oldalon)

**Fig. 15/1–12.:** Snail and bivalvia finds from grave No. 1 of Sükösd–Árpás-dűlő V site (descriptions on next page)



**15/1–12. ábra:** Sükösd–Árpás-dűlő V. lelőhely 1. sírjából előkerült csiga- és kagylóhéj leletek

1. *Congeria balatonica* Partsch, 1836 fosszilis késő-pannóniai korú héjmaradványa (51. jelzésű héjmaradvány)
2. *Ostrea* (osztriga) fosszilis héjmaradványa (50. jelzésű fosszília)
3. *Ostrea* (osztriga) fosszilis héjmaradványa (51. jelzésű 2. fosszília)
4. *Hexaplex trunculus* (Linnaeus, 1758) holocén, a régészeti lelőhellyel egyidős héjmaradványa, ékszernek átalakítva (46. jelzésű héjmaradvány)
5. *Hexaplex trunculus* (Linnaeus, 1758) holocén, a régészeti lelőhellyel egyidős héjmaradványa, ékszernek átalakítva (48. jelzésű héjmaradvány)
6. *Hexaplex trunculus* (Linnaeus, 1758) holocén, a régészeti lelőhellyel egyidős héjmaradványa, ékszernek átalakítva (49. jelzésű héjmaradvány)
- 7-8. Lecsiszolt búbbal kialakított, fosszilis *Lymnocardium* cf. *dumicici* Gorjanović-Kramberger, 1899 héjból készült temetkezési ékszer (medál) melléklet (4. jelzésű melléklet)
- 9-10. Lecsiszolt búbbal kialakított, fosszilis *Lymnocardium* cf. *dumicici* héjból készült temetkezési ékszer (medál) melléklet (5A jelzésű melléklet)
- 11-12. Lecsiszolt búbbal kialakított, fosszilis *Lymnocardium* cf. *dumicici* héjból készült temetkezési ékszer (medál) melléklet (5C jelzésű melléklet)

**Fig. 15/1–12.:** Snail and bivalvia finds from grave No. 1 of Sükösd–Árpás-dűlő V site

1. *Congeria balatonica* Partsch, 1836 fossil Late Pannonian shell remains (shell remains marked 51)
2. Fossil shell remains of *Ostrea* (oyster) (fossil number 50)
3. Fossil shell remains of *Ostrea* (oyster) (fossil 2 with number 51)
4. Shell remains of *Hexaplex trunculus* (Linnaeus, 1758) Holocene, contemporaneous with the archaeological site, transformed into jewellery (shell remains marked 46)
5. Shell remains of *Hexaplex trunculus* (Linnaeus, 1758) Holocene, contemporaneous with the archaeological site, transformed into jewellery (shell remains marked 48)
6. Shell remains of *Hexaplex trunculus* (Linnaeus, 1758) Holocene, contemporaneous with the archaeological site, transformed into jewellery (shell remains marked 49)
- 7-8. Fossil *Lymnocardium* cf., formed with a polished apex. *dumicici* Gorjanović-Kramberger, 1899 burial jewellery (pendant) made of shell attachment (marked 4)
- 9-10. Fossil *Lymnocardium* cf., formed with a polished apex. funeral jewellery (pendant) made of *dumicica* shell attachment (marked 5A)
- 11-12. Fossil *Lymnocardium* cf., formed with a polished apex. funeral jewellery (pendant) made of *dumicica* shell attachment (marked 5C)

Míg a 48. és 49. jelzésű csigaházak természetes módon sérültek, addig a 46. jelzésű zacskóban található sávós bíborcsiga héja mesterségesen lett alakítva, és a ház bordák közötti részeit kitörték a negyedik (legszélesebb) kanyarulatnál (15/4. ábra). Így a házat fel lehetett szíjjal függeszteni, vagy temetkezési mellékletként lehetett vele a halottat feldíszíteni. Távolsági kereskedelmi áruként presztízs, vagy hatalmi státuszjelző értéke lehetett. A bronzkori minoszi Krétán, illetve a levantei partvidéken a neolitikumtól kezdődően fontos kagylóékszer alapanyagot alkotott ez a faj, amelynek elterjedése alapján kereskedelme is ebben az időszakban alakult ki (Callender 1998; Nigro et al. 2018). Kárpát-medencei megjelenése intenzív kereskedelmi kapcsolatot jelezhet az Adriatikummal, az Égeikummal és/vagy a Pontikummal (Fekete-tenger vidéke).

A *Hexaplex trunculus* csigafajt kékeslila (tirénkék) színű textilfesték előállítására használták fel a Földközi-tenger keleti medencéjében (Kréta, Ciprus, Fönícia) a bronzkortól kezdődően (Reese 1987; Marin-Aguilera et al. 2018). Az intenzív bíborcsiga gyűjtögetést az ógörög időkben, a Kr. e. 4. században élt Arisztotelész is megfigyelte és leírta Kr. e. 343-ban az Állatok története című

munkájában említi Lesbosz szigeténél, a Pyrrha-lagúna (ma Kalloni-öböl) tengerbiológiai leírásánál (Arisztotelész 350 BC; Heinaman 2007; Marin-Aguilera et al. 2018). idősebb Plinius ugyancsak leírta a bíborcsiga kézzel és kosárral történt ókori intenzív gyűjtését és e ragadozó csiga begyűjtéséhez használt víz alatti csapda állítását és a csapdából való kiszedését a Földközi-tenger állatvilágának ismertetésénél (Plinius 77 AD Naturalis Historia, IX, 195). Nem zárható ki, hogy a prehisztorikus időkben is hasonló módon gyűjtötték be azokat az egyedeket is, amelyek maradványait vizsgáltuk.

A süködsi lelőhelyről egy nem túl gazdag csiga- és kagylóanyag került elő. Viszont mindegyik anyag kiváló egykori környezeti és forrásanyag értékkel rendelkezik. A kagylók és csigák jelentős része a Mecsek hegység keleti előterében, a miocén kor végén, a késő pannóniai üledékképződés során, a tengerparton felhalmozódott, litorális övezetben élhettek. A regionális származású anyagok mellett biztosan távolsági – Földközi-tenger és tágabb vidékével való – cserekereskedelmet jeleznek a *Hexaplex trunculus* (sávós bíborcsiga) héjak, amelyek a megtartásuk alapján egyidősek a régészeti lelőhellyel. A fossziliák temetkezési

mellékletekre jellemzőek (Kurzawska et al. 2020) és presztízis tárgyakként számítottak a bronzkorban. Ezen jellegüket csak felerősítették az ékszerré, medállá alakítással.

### ***A tojás alakú kőtárgy anyagvizsgálati eredményei***

(Szilágyi Veronika, Szakmány György, Illés Levente, Kovács Zoltán, T. Biró Katalin)

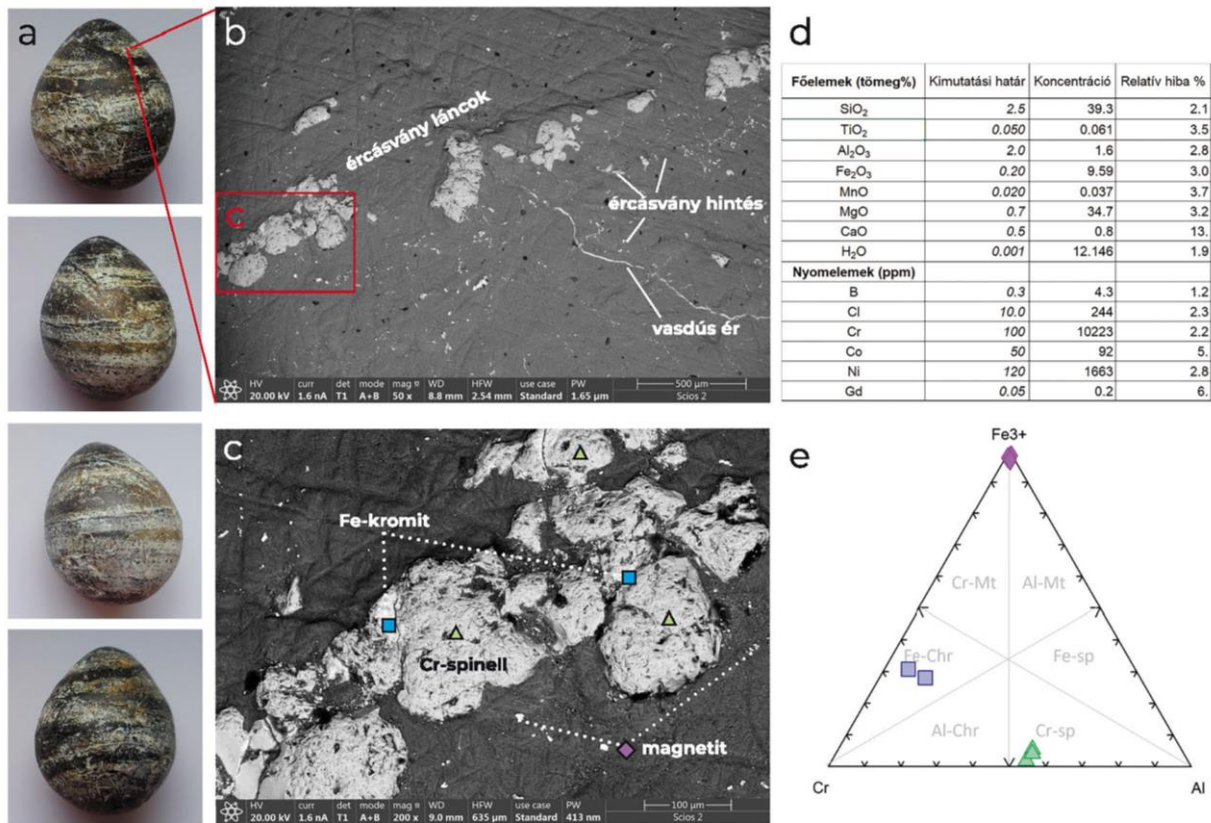
A Sükösd–Árpás-dűlő V. 1. sír, 47. melléklete egy 51 x 37 x 38 mm méretű, szabályos tojás alakú kölelet (**16/a ábra**). A tárgyat alkotó kőzet nagy sűrűségű. Másodlagosan barna mállási elszíneződést mutat. Uralkodóan 0,5–1 mm-es, fekete nyúlt és fehér, tömegesen előforduló kristályokból áll, amelyek erősen irányított, durva sávós szövetet képeznek (**16/a ábra**). A kőzet korrigált MS értéke nagy,  $24,23 \times 10^{-3}$  SI. A PGAA mérés szerint a minta nagy Mg- és Si-tartalmú (MgO, SiO<sub>2</sub> > 30 tömeg%) Cr-dús kőzetből készült (**16/d ábra**). A tojás alakú kőtárgy elektronmikroszkópos mérése alapján a Mg-dús mikrokristályos alapanyag szerpentin-ásványok szövetéből áll (**16/b ábra**). Ebben a nagyon finomszemcsés alapanyagban nagykristályos ércásványok fordulnak elő kristályláncok, erek és hintés formájában. A szabálytalan alakú, láncokba rendeződő ércásványok 100–300 µm-es króm spinell és 50–80 µm-es vas-kromit, amely ásványok eredeti formájukban őrződtek meg (**16/c,e ábra; 6. melléklet**). A szerpentinásványok közötti hintést 10–20 µm-es magnetit alkotja. A max. 20 µm-es ereket szintén vas-oxid tölti ki. A szöveti megjelenés és az ásványos összetétel alapján a nyersanyag metamorf, ércdús ultrabázisos kőzet, szerpentin. Az eredeti felszínen végzett SEM-EDS vizsgálat ugyan nem teszi egyértelművé, de a kőzettípus képződésének ismeretében valószínűsíthető, hogy a vas-kromit a szemcsék belsejében, a króm spinell pedig a szemcsék szegélyén található, míg a magnetit apró szemcsék formájában feltehetően a legvégső kristályosodási termék volt.

Az eredeti kőzet felszínének visszaszórtelektronképein jól megfigyelhetők az eszközmegmunkálás-használat során képződött barázdák (**16/b–c ábra**).

A szerpentin viszonylag jól lehatárolható, korlátozott számú elsődleges lelőhelyen előforduló kőzettípus. Kőszköz nyersanyag szempontjából részletes vizsgálatok eddig nem történtek. Az azonban megállapítható, hogy a források elkülönítésében a spinellek kémiai összetétele, zónássága a legmeghatározóbb (Pegán 2023). A Kárpát-medence környezetében északon a Szudéták és az Északnyugati-Kárpátok, nyugaton a Keleti-Alpok, míg délen a Dinaridák szerbiai részén, a Vardar Ofiolit Övben található a felszínen szerpen-

tinit (Hovorka & Illásóvá 1995; Bazylev et al. 2009; Robertson et al. 2009; Szakmány 2009; Přichystal 2013; Bernardini et al. 2011 in Pegán 2023).

A Szudéták és a Keleti-Alpok szerpentin előfordulásaiból bizonyítottan származnak szerpentin anyagú kőszközök (Majerowicz et al. 2000; Skoczylas et al. 2000; Bernardini et al. 2011; Frýbová et al. 2018). A Nyugati-Alpok területén számos kiterjedt szerpentin test található, amelyeket – a nagy távolság miatt – első közelítésben nem veszünk számításba. A Keleti-Alpokban csak tektonikai ablakokban bukkan a felszínre szerpentin (legközelebbiek a Penninikum anyagát feltáró Borostyánkői és Vashegyi tektonikai ablakok), amelyre jellemző az uralkodóan harzburgitos összetétel, hálószerű, egymásba átnövő vagy összefogazódó szövet, a sok relikvált ásvány (olivin, Cr-diopszid, ortopiroxén vagy az utáni basztit) és spinell (magnetit) (Bernardini et al. 2011 és hivatkozásai). A Kárpát-medencétől északnyugatra, a Szudéták területén található szerpentinre (régészeti szempontból legfontosabb lelőhelye a Gogolów-Jordanów Masszívum; Frýbová et al. 2018 és hivatkozásai) jellemző a hálószerű mikroszerkezet (helyenként vannak, máshol nincsenek relikváltumok; olivin, piroxén), sok az opak ásvánnyal kitöltött pszeudomorfoza, illetve a nagyméretű, homogén (magnetit) vagy karéjos/ujjlenyomatszerűen zónás elsődleges (Al-kromit/Cr-spinell mag, Fe-kromit átmeneti zóna, Cr-magnetit/Al-magnetit szegély) és homogén másodlagos spinell (magnetit), ritkán másodlagos amfibol (antofillit, tremolit, pargasit) vagy karbonátok is előfordulnak. A délre található Vardar övben nagy kiterjedésű szerpentin található metamorfizálódott ofiolit-összlet tagjaként (Robertson et al. 2009; Chiari et al. 2011; Vasković & Matović 2010 és hivatkozásai), elsősorban lherzolitos összetételű, gyakori relikvált (olivin, orto- és klinopiroxén, spinell) és metamorf ásványokkal (Ca-amfibol, klorit). Szlovákia déli részén a Keleti-Alpokéhoz hasonló szövetű és ásványos összetételű szerpentinetek találhatóak, azonban ezek gyengébb minőségűek és kevés, kisméretű testek formájában bukkannak a felszínre (Hovorka & Illásóvá 1993). Emellett még erősen tektonizált (nyírt, repedezett), ezért kőszközök készítésére alkalmatlan szerpentinetek előfordulnak a horvátországi Medvednyicában (Šimunić & Pamić 1989). Az elsődleges források mellett a tojás alakú kőtárgy „egyedi jellege” miatt számításba kell vennünk a másodlagos, azaz folyóvízi (vagy konglomerátumhoz kötődő) kavics eredetét is, amely a bronzkori kőszköz készítésnek tipikus nyersanyaga (Farkas 2013) és a Duna közeli település esetében logikus megoldásnak tűnik.



**16. ábra:** Sükösd–Árpás-dűlő V. lelőhely 1. sír 47. mellékletének, a tojás alakú kőtárgynak (a) makroszkópos szöveti megjelenése, (b–c) visszaszórtelektron-képei, (d) teljes kőzet kémiai összetétele a PGAA mérés alapján és (e) spinell ásványainak összetétele (Stevens 1944)

**Fig. 16.:** The stone egg, artefact No. 47 from grave No. 1 of Sükösd–Árpás-dűlő V site: (a) macroscopic appearance, (b–c) back-scattered electron images (d) bulk rock chemical composition by PGAA and (e) composition of spinel minerals (Stevens 1944)

A süködsdi szerpentinit tojás azonban nem tipikus szerpentinit, sávossága, a megszokott zöld színtől eltérő fehér-fekete színe nem jellemző a klasszikus szerpentinit lelőhelyek anyagára, de a dunai kavicsanyag szerpentinitjeire sem (Józsa Sándor szóbeli közlése 2023). A jelen kutatásban alkalmazott roncsolásmentes módszerekkel egyelőre a kőzet-típus meghatározása volt pontosítható, alapadatokat közöltünk a szerpentiniteknek a jövőben valószínűleg lelőhely szintű azonosításához. A pontos forrásterület megállapításához várhatóan az oxidásványok részletes vizsgálata fog segítséget nyújtani. Mivel a szakirodalomban ehhez csak részleges információk (pl. Szudétákra, Keleti-Alpokra) állnak rendelkezésre, így a megoldáshoz a jövőben a szerpentinit lelőhelyekről gyűjtött minták ez irányú vizsgálatával juthatunk közelebb. A felsorolt forrásterületek közül földrajzi közelsége és a kulturális kapcsolatok miatt (ld. fentebb az archeogenetikai vizsgálatok eredményeit) a legvalószínűbb a déli, szerbiai. Erre analógia a korábbi, késő neolitikumi rézkori Vinča-kultúra dél-magyarországi területeken tapasztalható hatása (kőeszköz használat, Antonović et al. 2005). Ugyanakkor a nagyon különleges tojás alak, és a

szokatlan, sávossá megjelenésű szerpentinit anyag alapján nem kizárható a távoli import sem.

### Összegzés

A Sükösd–Árpás-dűlő V. lelőhelyen feltárt sírok a halomsíros kultúra helyi közösségének egyik temetőjéhez tartoztak. A vegyes rítusú temető nagy része az idők folyamán elpusztult. A sírok csont anyaga több esetben olyan rossz állapotban volt, hogy nem tette lehetővé sem az antropológiai, sem a genetikai vizsgálatok eredményes elvégzését. Az 1. sz. sír jelentett csak kivételt, ahol az elhunyt nemét, korát és több tulajdonságát sikerült megállapítani. <sup>14</sup>C-es dátumértéket a többszörös mintavétel ellenére is csak az 1. (csontvázas) és a 28. (hamvasztásos) sírra sikerült nyerni.

A csontvázas sírok, a régészeti leletek és a radiokarbon keltezés révén nyert abszolút kor alapján egyaránt a halomsíros kultúra Kr. e. 15. századi emlékei közé sorolhatók. A Jánoshidán feltárt, hasonló korú temetőből a közelmúltban közölt radiokarbon adatok alapján a süködsdi 1. sír, és minden bizonnyal a további

csontvázas sírokba temetett egyének is a halomsíros kultúra idősebb fázisába sorolhatók (Csányi 2019). A hamvasztásos sír a Kr. e. 1420–1120 dátum és a sír bronzkése alapján valamivel későbbi időszak emléke.

A biorégészeti vizsgálatokból (Bánffy 2013; Anders 2016) megismert eredmények arra a fontos kérdésre is választ adhatnak, hogy az 1. sírban nyugvó 20–25 éves nő a korábban feltételezett ún. halomsíros vándorlással a Kárpát-medencétől nyugatra fekvő régióból (Mozsolics 1957; Bóna 1958; Kovács 1966; Csányi 2019) érkezhetett-e Sükösd térségébe, ahol eltemették. Az izotópos adatok és a DNS vizsgálatok eredményei egyaránt azt jelzik, hogy az 1. sírba temetett nő nem tekinthető bevándorlónak, hanem a Kárpát-medence délkeleti térségében élő korábbi közösségek leszármazottja. Életmódja, ahogyan a gabonában gazdag táplálkozás jelzi, a középső bronzkori közösségekre általánosan jellemző, nem figyelhető meg a késő bronzkor kezdetén megjelenő köles fogyasztás. Mindez a korábbi kutatás azon megállapításait támasztja alá, amelyek szerint a mai Magyarországon a késő bronzkor kezdetét jelentő halomsíros kultúra csoportjainak emlékéanyagában a középső bronzkori közösségek hatása fontos szerepet játszott (Kovács 1966; Csányi 2019). E megállapítás elsősorban a kerámiakészítésben megfigyelhető technikák és stílusok, valamint a temetkezési szokások (nyújtott és zsugorított csontvázas rítus, továbbá hamvasztás) sokszínűségén alapult. Elsősorban a nyújtott csontvázas fektetést tekintették a bevándorlókra jellemző rítus elemnek, így a sükösi lelőhely biorégészeti vizsgálatai ebből a szempontból is érdekes adatokkal szolgálnak (Csányi 2019; Pásztor et al. 2022). A halomsíros kultúra nemzetközi kutatásának új megközelítései is a lokális jelenségekre hívják fel a figyelmet a „pán-európai” jellemzők mellett (Makarowicz 2017).

A bronzkori nő viseletére csak ékszereinek elhelyezkedése utal. Az európai analógiáknak megfelelően alján tutulusokkal díszített szoknya és nyakán tutulusokkal díszített felsőrész, sarlós tükkel rögzített köpeny (Bergerbrant 2007; Grömer 2016; Pásztor et al. 2022), illetve a lábtekercesek alatt viselt vászon lábszárvédő (kapca) feltételezhető.

A kerámia bögre tartalmának vizsgálata nem vezetett eredményre, így a halott mellé útravalóul bocsátott táplálékról nem nyertünk adatokat. Nem volt azonban kizárható a holttest alá helyezett, feltételezésünk szerint állati bőr vagy gyapjúból készült anyag jelenléte a sírban. Jaeger et al. (2023) vizsgálatai igazolták, hogy a bronzkori nő nyaklánc balti borostyángöngyökből készült. A sírban előforduló csiga- és kagylóhéj leletek és viseleti elemek/ékszerek egyik része a régióban (Mecsek hegység keleti előterében) előforduló nyersanyagból származtak, míg másik része biztosan

távolsági kereskedelem révén került a lelőhelyre, feltételezhetően a Földközi-tenger és tágabb vidékéről való. A szerpentinit anyagú tojás alakú kőtárgy nyersanyag eredete jelenleg nem meghatározható. Valószínűleg déli (szerbiai?) származású, azonban egyedi és különleges formája, illetve a lelőhely Duna menti elhelyezkedése miatt nem kizárható a vízi úton még távolabbi import sem. Az 1. sír mellékleteinek vizsgálata tehát egyaránt jelzi a regionális és a távolsági – mind északi (Baltikum), mind déli (Mediterráneum) – nyersanyagokból készített tárgyak használatát a halomsíros kultúra sükösi közösségében. A réz és ón eredetének megállapításával a kapcsolatrendszerhez további adalékkal szolgáló fémvizsgálatokat egy későbbi tanulmányban tesszük közzé.

### **Köszönetnyilvánítás**

Köszönettel tartozunk a HUN-REN Bölcsészettudományi Kutatóközpont Régészeti Intézet Lendület Mobilitás Kutatócsoport támogatásáért.

A kutatás megvalósításához a Magyar Géniusz program 650132/21 sz. projektje nyújtott támogatást.

A tojás alakú kőtárgy vizsgálatának anyagi keretét az NKFIH K-131814 számú kutatási projektje biztosította (témavezető: Kasztovszky Zsolt).

Az embertani kutatás az NKFIH (FK128013, témavezető: Hajdu Tamás), a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja és a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-5 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Major Istvánt az Európai Unió és Magyarország támogatta az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásában a GINOP-2.3.4-15-2020-00007 azonosítószámú “INTERACT” pályázatban. A kutatást a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja (BO/00710/23/10) támogatta.

### **A szerzők tudományos közreműködése**

**Pásztor Emília** Kutatásvezetés, Adatkezelés, Formai elemzés, Pályázás, Kísérletvezetés, Módszertan, Kísérleti munkák, Ellenőrzés, Vizualizáció, Eredeti kézirat, Javított kézirat. **Szilágyi Veronika** Kísérletvezetés (kőanyagvizsgálat), Vizualizáció, Eredeti kézirat, Javított kézirat. **Gerber Dániel** Eredeti kézirat. **Gémes Anett** Kísérletvezetés (antropológiai vizsgálat), Vizualizáció, Eredeti kézirat. **Hajdu Tamás** Kísérletvezetés (antropológiai vizsgálat), Vizualizáció, Eredeti kézirat. **Hajduné Darabos Gabriella** Kísérletvezetés (archeobotanikai vizsgálat), Eredeti kézirat. **Heltai Botond** Kísérletvezetés (archeogenetikai vizsgálat), Eredeti kézirat. **Horváth Anikó** Kísérletvezetés (stroncium, ólom és oxigénizotóp vizs-

gálat), Vizualizáció, Eredeti kézirat. **Illés Levente** Kísérleti munkák (kőanyagvizsgálat). **Kovács Zoltán** Kísérletvezetés (kőanyagvizsgálat), Eredeti kézirat. **Károly Istvánné** Kísérletvezetés (talajvizsgálat), Vizualizáció, Eredeti kézirat. **Kulcsár Gabriella** Kutatásvezetés, Ellenőrzés, Eredeti kézirat. **Major István** Kísérletvezetés (szén- és nitrogénizotóp vizsgálat, radiokarbon vizsgálat), Vizualizáció, Eredeti kézirat. **Merkel Máté Róbert** Kísérletvezetés (archeobotanikai vizsgálat), Eredeti kézirat. **Sándorné Kovács Judit** Kísérletvezetés (talajvizsgálat), Vizualizáció, Eredeti kézirat. **Sipos Enikő** Kísérletvezetés (textilvizsgálat), Vizualizáció, Eredeti kézirat. **Sümegei Pál** Kísérletvezetés (malakológiai vizsgálat), Vizualizáció, Eredeti kézirat. **Székely György** Kísérletvezetés (kőanyagvizsgálat), Eredeti kézirat. **Szécsényi-Nagy Anna** Kísérletvezetés (archeogenetikai vizsgálat), Vizualizáció, Eredeti kézirat. **Szoldán Zsolt** Kísérletvezetés (talajvizsgálat), Vizualizáció, Eredeti kézirat. **T. Biró Katalin** Kísérletvezetés (kőanyagvizsgálat). **Kiss Viktória** Kutatásvezetés, Adatkezelés, Formai elemzés, Pályázás, Kísérletvezetés, Módszertan, Ellenőrzés, Vizualizáció, Eredeti kézirat, Javított kézirat.

### Felhasznált irodalom

ALLENTOFT, M.E., SIKORA, M., SJÖGREN, K.-G., RASMUSSEN, S., RASMUSSEN, M., STENDERUP, J., DAMGAARD, P.B., SCHROEDER, H., AHLSTRÖM, T., VINNER, L., MALASPINAS, A.-S., MARGARYAN, A., HIGHAM, T., CHIVALL, D., LYNNERUP, N., HARVIG, L., BARON, J., CASA, P.D., DAJBROWSKI, P., DUFFY, P.R., EBEL, A.V., EPIMAKHOV, A., FREI, K., FURMANEK, M., GRALAK, T., GROMOV, A., GRONKIEWICZ, S., GRUPE, G., HAJDU, T., JARYSZ, R., KHARTANOVICH, V., KHOKHLOV, A., KISS, V., KOLÁŘ, J., KRIŠKA, A., LASAK, I., LONGHI, C., MCGLYNN, G., MERKEVICIUS, A., MERKYTE, I., METSPALU, M., MKRTCHYAN, R., MOISEYEV, V., PAJA, L., PÁLFI, G., POKUTTA, D., POSPIESZNY, Ł., PRICE, T.D., SAAG, L., SABLIN, M., SHISHLINA, N., SMRČKA, V., SOENOV, V.I., SZEVERÉNYI, V., TÓTH, G., TRIFANOVA, S.V., VARUL, L., VICZE, M., YEPISKOPOSYAN, L., ZHITENEV, V., ORLANDO, L., SICHERITZ-PONTÉN, T., BRUNAK, S., NIELSEN, R., KRISTIANSEN, K. & WILLERSLEV, E. (2015): Population genomics of Bronze Age Eurasia. *Nature* **522** 167–172. <https://doi.org/10.1038/nature14507>

AMBROSE, S. (1986): Stable Carbon and Nitrogen Isotope Analysis of Human and Animal Diet in Africa. *Journal of Human Evolution* **15/8** 707–731.

ANDERS, A. (2016): Újkőkori nőtörténet – bioszociális régészet Polgáron. *Tisicum* **25** 15–24.

ANTONOVIĆ, D., RESIMIĆ-ŠARIĆ, K. & CVETKOVIĆ, V. (2005): Stone raw materials in the Vinča Culture: petrographicanalysis of the assemblage from Vinča and Belovode. *Starinar* **LV** 53–66.

ARISZTOTELÉSZ, S. (343 BC): Peri tá zōahistoriái [Περὶ τὰ ζῷα ιστορίαι]. [The History of Animals.] olosae (1619. évi kiadás), Typis Raymundi Colomerij, 1-8.

[https://classics.mit.edu/Aristotle/history\\_anim.html](https://classics.mit.edu/Aristotle/history_anim.html)

BABOS K. (1994): *Faanyagismeret és fajajmeghatározás restaurátoroknak*. Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest. 153 pp.

BÁNYFFY, E. (2013): Német-magyar bioarcheológiai kutatási program az MTA BTK Régészeti Intézetben. *Magyar Régészet* **2013 Nyár** 1–6.

BAZYLEV, B.A., POPEVIĆ, A., KARAMATA, S., KONONKOVA, N.N., SIMAKIN, S.G., OLUJIĆ, J., VUJNOVIĆ, L. & MEMOVIĆ, E. (2009): Mantle peridotites from the Dinaridic ophiolite belt and the Vardar zone western belt, central Balkan: A petrological comparison. *Lithos* **108/1-4** 37–71.

<https://doi.org/10.1016/j.lithos.2008.09.011>

BENDŐ Zs., OLÁH I., PÉTERDI B., SZAKMÁNY Gy. & HORVÁTH E. (2013): Non-destructive SEM-EDX analytical method for polished stone tools and gems: opportunities and limitations. *Archeometriai Műhely* **XX/1** 51–66.

BERGERBRANT, S. (2007): Bronze Age Identities: Costume, Conflict and Contact in Northern Europe 1600-1300 BC. *Stockholm Studies in Archaeology* **43** 1–232.

BERNARDINI, F., EICHERT, D., LENAZ, D., DE MIN, A., TUNIZ, C., VELUŠEK, A., & KOKELJ, E. M. (2011): Synchrotron FTIR micro-spectroscopy applied to the study of polished serpentinite artefacts: a non-destructive analytical approach. *Archaeometry* **53/4** 753–764.

<https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2010.00580.x>

BERNERT, Zs., ÉVINGER, S., HAJDU, T. (2008): Adatok a gyermekek életkor becsléséhez a Kárpát-medencei történeti népességek gyermekhalottainak csontméretei alapján. (New data on the biological age estimation of children using bone measurements based on historical populations from the Carpathian Basin). *Anthropológiai Közlemények* **49** 43–50.

BÓNA, I. (1958): Chronologie der Hortfunde vom Koszider-Typus. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **9** 228–263.

BOZI, R. & SZABÓ, G. (2022): The beginnings of the use of equids as work animals in the Bronze Age Carpathian Basin. *Antaeus* **38** 107–142.

- BRADÁK B., SZAKMÁNY Gy., JÓZSA S. & PRÍCHYSTAL A. (2009): Application of magnetic susceptibility on polished stone tools from Western Hungary and the Eastern part of Czech Republic (Central Europe). *Journal of Archaeological Science* **36** 2437–2444. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2009.07.001>
- BROTHWELL, D.R. (1963): *Digging up bones*. British Museum. London, 194 pp.
- BROTHWELL, D.R. (1988): *The Bog Man and the Archaeology of People*. British Museum Publications Ltd., London, 136 pp.
- BUIKSTRA, J. szerk. (2019). *Ortner's Identification of Pathological Conditions in Human Skeletal Remains*. 3. kiad. Academic Press, London, 839 pp.
- CALLENDER, G. (1998). Minoans and the Sea: Trade and Aesthetics in the Aegean. *Ancient History Resources for Teachers* **28/1** 1–14.
- CAPPERS, R.T.J., BEKKER, R.M. & JANS, J.E.A. (2012): Digitaal ezaden atlas van Nederland. *Groningen Archaeological Studies* **4**. Barkhuis, 502 pp.
- CIARI, M., DJERIĆ, N., GARFAGNOLI, F., HRVATOVIĆ, H., KRSTIĆ, M., LEVI, N., MALASOMA, A., MARRONI, M., MENNA, F., NIRTA, G., PANDOLFI, L., PRINCIPI, G., SACCANI, E., STOJADINOVIĆ, U. & TRIVIĆ, B. (2011): The geology of the Zlatibor-Maljenarea (Western Serbia): a geotraverse across the ophiolites of the Dinaric-Hellenic collisional belt. *Ofioliti* **36/2** 139–166. <https://doi.org/10.4454/ofioliti.v36i2.399>
- CHOCHOL, J. (1961): Anthropologische Analyse menschlicher Brandreste aus den Lausitzer Gräberfeldern in Ustí Nad Labem Strekov II und in Zirkovice, Bezirk Cheb. In: PLESL, E., ed., Lužická kultura v severozápadníechách. Die Lausitzer Kultur in Westböhmen. *Monumenta Archaeologica* **8** Praha: eskoslovenské akademiev 273–290.
- CSÁKY, V., GERBER, D., KONCZ, I., CSIKY, G., MENDE, B.G., SZEIFERT, B., EGYED, B., PAMJAV, H., MARCSIK, A., MOLNÁR, E., PÁLFI, G., GULYÁS, A., KOVACSÓCZY, B., LEZSÁK, G.M., LŐRINCZY, G., SZÉCSÉNYI-NAGY, A. & VIDA, T., (2020): Genetic insights into the social organisation of the Avar period elite in the 7th century AD Carpathian Basin. *Scientific Reports* **10** 948. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57378-8>
- CSÁNYI M. (2019): Kik voltak ők és honnan jöttek? Abszolút időrendi adatokból lesűrhető következtetések a jánoshidai késő bronzkori temetőben. *Tisicum* **27** 47–64.
- DABNEY, J., KNAPP, M., GLOCKE, I., GANSAUGE, M.-T., WEIHMANN, A., NICKEL, B., VALDIOSERA, C., GARCIA, N., PAABO, S., ARSUAGA, J.-L. & MEYER, M. (2013): Complete mitochondrial genome sequence of a Middle Pleistocene cave bear reconstructed from ultrashort DNA fragments. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **110** 15758–15763. <https://doi.org/10.1073/pnas.1314445110>
- DAUX, V., LÉCUYER, C., HÉRAN, M.A., AMIOT, R., SIMON, L., FOUREL, F., MARTINEAU, F., LYNNERUP, N., REYCHLER, H., ESCARGUEL, G. (2008): Oxygen isotope fractionation between human phosphate and water revisited. *Journal of Human Evolution* **55** 1138–1147. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2008.06.006>
- DENIRO, M. J. & EPSTEIN, S. (1978): Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **42** 495–506.
- DEPAERMENTIER, M.L.C., KEMPF, M., BÁNFFY, E., ALT, K.W. (2020): Tracing mobility patterns through the 6<sup>th</sup>-5<sup>th</sup> millennia BC in the Carpathian Basin with strontium and oxygen stable isotope analyses. *Plos One* **15/12** e0242745. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242745>
- DEPAERMENTIER, M.L.C., KEMPF, M., BÁNFFY, E., ALT, K.W. (2021): Modelling a scale-based strontium isotope baseline for Hungary. *Journal of Archaeological Science* **135** 105489. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2021.105489>
- EGRY I. (2004): Halomsíros temető Győr-Ménfőcsanak-Bevásárlóközpont területén. – Cemetery of Tumulus culture in the territory of the Shopping center of Győr-Ménfőcsanak. In: *ΜΟΜΟΣ III. Óskoros Kutatók III. Összejövetelének konferenciakötete. Halottkultusz és temetkezés*. Szombathely-Bozsok, 2002. október 7-9. Szombathely 2004, 121–138.
- ÉRY, K., KRALOVÁNSZKY, A. & NEMESKÉRI, J. (1963). Történeti népeségek rekonstrukciójának reprezentációja. *Anthropologiai Közlemények* **7** 41–90.
- FARKAS, A. (2013): A vatyai bronzkori kultúra kőszközeinek archeometriai vizsgálata. *Közöletlen doktori értekezés*, Debreceni Egyetem, 111 pp.
- FILATOVA, S. (2022): The crop spectra of the Hungarian Bronze Age before and after the introduction of millet. In: KIRLEIS, W., DAL CORSO, M. & FILIPOVIĆ, eds., *Millet and what else? The wider context of the adoption of millet cultivation in Europe. Scales of Transformation in Prehistoric and Archaic Societies*. Sidestone Press, Leiden, 39–68. <https://doi.org/10.59641/o7235ra>
- FILIPOVIĆ, D., MEADOWS, J., CORSO, M.D. KIRLEIS, W., ALSLEBEN, A., AKERET, Ö.,

- BITTMANN, F., BOSI, G., CIUTĂ, B., DRESLEROVÁ, D., EFFENBERGER, H., GYULAI, F., HEISS, A.G., HELLMUND, M., JAHNS, S., JAKOBITSCH, T., KAPCIA, M., KLOOß, S., KOHLER-SCHNEIDER, M., KROLL, H., MAKAROWICZ, P., MARINOVA, E., MÁRKLE, T., MEDOVIĆ, A., MERCURI, A.M., MUELLER-BIENIEK, A., NISBET, R., PASHKEVICH, G., PEREGO, R., POKORNÝ, P., POSPIESZNY, L., PRZYBYŁA, M., REED, K., RENNWANZ, J., STIKA, H.-P., STOBBE, A., TOLAR, T., WASYLIKOWA, K., WIETHOLD, J. & ZERL, T. (2020): New AMS <sup>14</sup>C dates track the arrival and spread of broomcorn millet cultivation and agricultural change in prehistoric Europe. *Scientific Reports* **10**, 13698. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70495-z>
- FRÝBOVÁ, P., GADAS, P., PŘICHYSTAL, A., VŠIANSKÝ, D., HADACZ, R. & HLAVSA, P. (2018): The provenance of serpentinite tools in the Corded Ware culture of Moravia (Czech Republic). *Geological Quarterly* **62/3** 563–578. <https://doi.org/10.7306/gq.1437>
- FU, Q., MITTNIK, A., JOHNSON, P.L.F., BOS, K., LARI, M., BOLLONGINO, R., SUN, C., GIEMSCH, L., SCHMITZ, R., BURGER, J., RONCHITELLI, A.M., MARTINI, F., CREMONESI, R.G., SVOBODA, J., BAUER, P., CARAMELLI, D., CASTELLANO, S., REICH, D., PÄÄBO, S. & KRAUSE, J. (2013): A Revised Timescale for Human Evolution Based on Ancient Mitochondrial Genomes. *Current Biology* **23** 553–559. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.02.044>
- GAMARRA, B., HOWCROFT, R., MCCALL, A., DANI, J., HAJDU, Zs., NAGY, E. Gy., D. SZABÓ, L., DOMBORÓCZKI, L., PAP, I., RACZKY, P., MARCSIK, A., K. ZOFFMANN, Zs., HAJDU, T., N. M. FEENEY, R. & PINHASI, R. (2018): 5000 years of dietary variations of prehistoric farmers in the Great Hungarian Plain. *PLoS ONE* **13/5** e0197214. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197214>
- GEARY, D. H., HUNT, G., MAGYAR, I., & SCHREIBER, H. (2010): The paradox of gradualism: phyletic evolution in two lineages of lymnocardiid bivalves (Lake Pannon, Central Europe). *Paleobiology* **36/4** 592–614. <https://doi.org/10.1666/08065.1>
- GENCSI, L., & VANCSURA, R. 1997. *Dendrológia. Erdészeti növénytan II. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 728 pp.*
- GERBER, D., SZEIFERT, B., SZÉKELY, O., EGYED, B., GYURIS, B., GIBLIN, J.I., HORVÁTH, A., KÖHLER, K., KULCSÁR, G., KUSTÁR, Á., MAJOR, I., MOLNÁR, M., PALCSU, L., SZEVEÉNYI, V., FÁBIÁN, S., MENDE, B., BONDÁR, M., ARI, E., KISS, V. & SZÉCSÉNYI-NAGY, A. (2023): Interdisciplinary Analyses of Bronze Age Communities from Western Hungary Reveal Complex Population Histories. *Molecular Biology and Evolution* **40**, 9 msad182. <https://doi.org/10.1093/molbev/msad182>
- GERLING, C. (2015): Prehistoric Mobility and Diet in the West Eurasian Steppes 3500 to 300 BC. An Isotopic Approach. *Topoi. Berlin Studies of the Ancient World / Topoi. Berliner Studier der Alten Welt* **25**. Berlin – Boston, 402 pp. <https://doi.org/10.1515/9783110311211>
- GIBLIN, J.I. (2011): Isotope analysis on the Great Hungarian Plain: an exploration of mobility and subsistence. *PhD Dissertation*. The Ohio State University, Columbus, 336 pp. [http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc\\_num=osu1306863726](http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=osu1306863726)
- GREGUSS, P. (1959): *Holzanatomie der Europäischen Laubhölzer und Sträucher*. Akadémia Kiadó, Budapest, 330 pp.
- GRÖMER, K. (2016): *The Art of Prehistoric Textile Making*. Naturhistorisches Museum Wien. 533 pp.
- GYULAI, F. (2010). *Archaeobotany in Hungary. Seed, fruit, food and beverages remains in the Carpathian Basin: an archaeobotanical investigation of plant cultivation and ecology from the Neolithic until the Late Middle Ages*. Archaeolingua Kiadó, Budapest, 478 pp.
- HAAK, W., LAZARIDIS, I., PATTERSON, N., ROHLAND, N., MALLICK, S., LLAMAS, B., BRANDT, G., NORDENFELT, S., HARNEY, E., STEWARDSON, K., FU, Q., MITTNIK, A., BÁNFFY, E., ECONOMOU, C., FRANCKEN, M., FRIEDERICH, S., PENA, R.G., HALLGREN, F., KHARTANOVICH, V., KHOKHLOV, A., KUNST, M., KUZNETSOV, P., MELLER, H., MOCHALOV, O., MOISEYEV, V., NICKLISCH, N., PICHLER, S.L., RISCH, R., ROJO GUERRA, M.A., ROTH, C., SZÉCSÉNYI-NAGY, A., WAHL, J., MEYER, M., KRAUSE, J., BROWN, D., ANTHONY, D., COOPER, A., ALT, K.W. & REICH, D. (2015): Massive migration from the steppe was a source for Indo-European languages in Europe. *Nature* **522** 207–211. <https://doi.org/10.1038/nature14317>
- HEINAMAN, R. (2007): Actuality, Potentiality and De Anima II.5. *Phronesis* **52/2** 139–187. <https://doi.org/10.1163/156852807X180063>
- HOVORKA, D. & ILLÁSOVÁ, L. (1995): Antigorite serpentinite: rare raw material of Neolithic polished stone industry from Slovakia. *Archeologické rozhledy* **47/3** 357–362.
- JAEGER, M., KULCSÁR, G., MELIS, E., STRÓŻYK, M., PISZORA, P., CSUVÁR-ANDRÁSI, R., GUBA, SZ., CSÁNYI, M., PAP,

- E., PÁSZTOR, E., SZATHMÁRI, I., PATAY, R. & KISS, V. (2023): Baltic Amber in Hungarian Bronze Age. New Data and Current Stage of Research. *Sprawozdania Archeologiczne* **75/2** 137–186. <https://doi.org/10.23858/SA75.2023.2.3500>
- JANAWAY, R.C. (1985): Dust to dust: The preservation of textile materials in metal artefact corrosion products with reference to inhumation graves. *Science and Archaeology* **27** 29–34.
- JANKOVITS, K. (2021): A bronze hoard from Pusztasárkánytó (Mosdós-Pusztasárkánytó) and a burial assemblage from Ráksi (County Somogy) in the collection of the Piarist Museum in Budapest. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **72** 1–20. <https://doi.org/10.1556/072.2021.00001>
- KASZTOVSZKY Zs., T. BIRÓ K., MARKÓ A. & DOBOSI V. (2008): Cold neutron prompt gamma activation analysis – a non-destructive method for characterization of high silica content chipped stone tools and raw materials. *Archaeometry* **50/1** 12–19. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-4754.2007.00348.x>
- KASZTOVSZKY, Zs., MARÓTI, B., SZENTMIKLÓSI, L. & GMÉLING, K. (2022): Applicability of prompt-gamma activation analysis to determine elemental compositions of silicate-based cultural heritage objects and their raw materials. *Journal of Cultural Heritage* **55** 356–368. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2022.04.011>
- KATONA, L., MAGYAR, I., BERTA, T., VARGA, A., & SZTANÓ, O. (2015): Pannóniai puhatestű fauna a Fűzfői-öböl környékének két feltárásából. *Földtani Közlemény* **145/2** 127–150.
- KLEB, B. (1973): A mecseki pannon földtana. *Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **53/3** 749–891.
- KORLÁTH, Zs. (2021): Türr István Múzeum rekultivációs talajvédelmi terve. *Közöletlen kézirat*. Türr István Múzeum, Baja.
- KOVÁCS, T. (1966): A halomsíros kultúra leletei az Észak-Alföldön (Die Funde der Hügelgräberkultur). *Archaeologiai Értesítő* **93** 159–199.
- KURZAWSKA, A., SOBKOWIAK-TABAKA, I. & JAKUBOWSKI, G. (2020). Miocene shells in Late Neolithic and Early Bronze Age burials in Poland. *Geoarchaeology* **35/6** 952–973. <https://doi.org/10.1002/geo.21809>
- LAZARIDIS, I., ALPASLAN-ROODENBERG, S., ACAR, A., AÇIKKOL, A., AGELARAKIS, A., AGHIKYAN, L., AKYÜZ, U., ANDREEVA, D., ANDRIJAŠEVIĆ, G., ANTONOVIĆ, D., ARMIT, I., ATMACA, A., AVETISYAN, P., AYTEK, A.İ., BACVAROV, K., BADALYAN, R., BAKARDZHIEV, S., BALEN, J., BEJKO, L., BERNARDOS, R., BERTSATOS, A., BIBER, H., BILIR, A., BODRUŽIĆ, M., BONOGOFKY, M., BONSALE, C., BORIĆ, D., BOROVINIĆ, N., BRAVO MORANTE, G., BUTTINGER, K., CALLAN, K., CANDILIO, F., CARIĆ, M., CHERONET, O., CHOHADZHIEV, S., CHOVALOPOULOU, M.-E., CHRYSSOULAKI, S., CIOBANU, I., ČONDIĆ, N., CONSTANTINESCU, M., CRISTIANI, E., CULLETON, B.J., CURTIS, E., DAVIS, J., DEMCENCO, T.I., DERGACHEV, V., DERIN, Z., DESKAJ, S., DEVEJYAN, S., DJORDJEVIĆ, V., DUFFETT CARLSON, K.S., ECCLES, L.R., ELENSKI, N., ENGIN, A., ERDOĞAN, N., ERIRPAZARCI, S., FERNANDES, D.M., FERRY, M., FREILICH, S., FRÎNCULEASA, A., GALATY, M.L., GAMARRA, B., GASPARYAN, B., GAYDARSKA, B., GENÇ, E., GÜLTEKIN, T., GÜNDÜZ, S., HAJDU, T., HEYD, V., HOBOSYAN, S., HOVHANNISYAN, N., ILIEV, I., ILIEV, L., ILIEV, S., İVGİN, İ., JANKOVIĆ, I., JOVANOVA, L., KARKANAS, P., KAVAZKINDIĞILI, B., HILAL KAYA, E., KEATING, D., KENNETT, D.J., KESICI, S.D., KHUDAVERDYAN, A., KISS, K., KILIÇ, S., KLOSTERMANN, P., BOCA NEGRA VALDES, S.K., KOVAČEVIĆ, S., KRENZ-NIEDBALA, M., KRZNARIĆ ŠKRIVANKO, M., KURTI, R., KUZMAN, P., LAWSON, A.M., LAZAR, C., LESHTAKOV, K., LEVY, T.E., LIRITZIS, I., LORENTZ, K.O., ŁUKASIK, S., MAH, M., MALLICK, S., MANDL, K., MARTIROSYAN-OLSHANSKY, K., MATTHEWS, R., MATTHEWS, W., MCSWEENEY, K., MELIKYAN, V., MICCO, A., MICHEL, M., MILAŠINOVIĆ, L., MITTNIK, A., MONGE, J.M., NEKHRIZOV, G., NICHOLLS, G., NIKITIN, A.G., NIKOLOV, V., NOVAK, M., OLALDE, I., OPPENHEIMER, J., OSTERHOLTZ, A., ÖZDEMİR, C., TOYKAN ÖZDOĞAN, K., ÖZTÜRK, N., PAPADIMITRIOU, N., PPAKONSTANTINO, N., PPATHANASIOU, A., PARAMAN, L., PASKARY, E.G., PATTERSON, N., PETRAKIEV, I., PETROSYAN, L., PETROVA, V., PHILIPPA-TOUCHAIS, A., PILIPOSYAN, A., POCUCA KUZMAN, N., POTREBICA, H., PEDA-BĂLĂNICĂ, B., PREMUŽIĆ, Z., PRICE, T.D., QIU, L., RADOVIĆ, S., AZIZ, K.R., RAJIĆ ŠIKANJIĆ, P., RASHEED RAHEEM, K., RAZUMOV, S., RICHARDSON, A., RROODENBERG, J., RUKA, R., RUSSEVA, V., ŞAHIN, M., ŞARBAK, A., SAVAŞ, E., SCHATTKER, C., SCHEPARTZ, L., SELÇUK, T., SEVİM-EROL, A., SHAMOON-POUR, M., SHEPHARD, H.M., SIDERIS, A., SIMALCSIK, A., SIMONYAN, H., SINIK, V., SIRAK, K., SIRBU, G., ŞLAUS, M., SOFICARU, A., SÖĞÜT, B., SOŁTYSIAK, A., SÖNMEZ-SÖZER, Ç., STATHI, M., STESKAL, M., STEWARDSON, K., STOCKER, S., SUATA-ALPASLAN, F.,



- SUVOROV, A., SZÉCSÉNYI-NAGY, A., SZENICZEY, T., TELNOV, N., TEMOV, S., TODOROVA, N., TOTA, U., TOUCHAIS, G., TRIANTAPHYLLOU, S., TÜRKER, A., UGARKOVIĆ, M., VALCHEV, T., VELJANOVSKA, F., VIDEVSKI, Z., VIRAG, C., WAGNER, A., WALSH, S., WŁODARCZAK, P., WORKMAN, J.C., YARDUMIAN, A., YAROVOY, E., YAVUZ, A.Y., YILMAZ, H., ZALZALA, F., ZETTL, A., ZHANG, Z., ÇAVUŞOĞLU, R., ROHLAND, N., PINHASI, R., REICH, R. & DAVTYAN, R. (2022): The genetic history of the Southern Arc: A bridge between West Asia and Europe. *Science* **377** 6609:eabm4247. <https://doi.org/10.1126/science.abm4247>
- LAZARIDIS, I., PATTERSON, N., MITTNIK, A., RENAUD, G., MALLICK, S., KIRSANOW, K., SUDMANT, P.H., SCHRAIBER, J.G., CASTELLANO, S., LIPSON, M., BERGER, B., ECONOMOU, C., BOLLONGINO, R., FU, Q., BOS, K.I., NORDENFELT, S., LI, H., DE FILIPPO, C., PRÜFER, K., SAWYER, S., POSTH, C., HAAK, W., HALLGREN, F., FORNANDER, E., ROHLAND, N., DELSATE, D., FRANCKEN, M., GUINET, J.-M., WAHL, J., AYODO, G., BABIKER, H.A., BAILLIET, G., BALANOVSKA, E., BALANOVSKY, O., BARRANTES, R., BEDOYA, G., BEN-AMI, H., BENE, J., BERRADA, F., BRAVI, C.M., BRISIGHELLI, F., BUSBY, G.B.J., CALI, F., CHURNOSOV, M., COLE, D.E.C., CORACH, D., DAMBA, L., VAN DRIEM, G., DRYOMOV, S., DUGOUJON, J.-M., FEDOROVA, S.A., GALLEGO ROMERO, I., GUBINA, M., HAMMER, M., HENN, B.M., HERVIG, T., HODOGLUGIL, U., JHA, A.R., KARACHANAK-YANKOVA, S., KHUSAINOVA, R., KHUSNUTDINOVA, E., KITTLES, R., KIVISILD, T., KLITZ, W., KUINSKAS, V., KUSHNIAREVICH, A., LAREDJ, L., LITVINOV, S., LOUKIDIS, T., MAHLEY, R.W., MELEGH, B., METSPALU, E., MOLINA, J., MOUNTAIN, J., NÄKKÄLÄJÄRVI, K., NESHEVA, D., NYAMBO, T., OSIPOVA, L., PARIK, J., PLATONOV, F., POSUKH, O., ROMANO, V., ROTHHAMMER, F., RUDAN, I., RUIZBAKIEV, R., SAHAKYAN, H., SAJANTILA, A., SALAS, A., STARIKOVSKAYA, E.B., TAREKEGN, A., TONCHEVA, D., TURDIKULOVA, S., UKTVERYTE, I., UTEVSKA, O., VASQUEZ, R., VILLENA, M., VOEVODA, M., WINKLER, C.A., YEPISKOPOSYAN, L., ZALLOUA, P., ZEMUNIK, T., COOPER, A., CAPELLI, C., THOMAS, M.G., RUIZ-LINARES, A., TISHKOFF, S.A., SINGH, L., THANGARAJ, K., VILLEMS, R., COMAS, D., SUKERNIK, R., METSPALU, M., MEYER, M., EICHLER, E.E., BURGER, J., SLATKIN, M., PÄÄBO, S., KELSO, J., REICH, D. & KRAUSE, J. (2014): Ancient human genomes suggest three ancestral populations for present-day Europeans. *Nature* **513** 409–413. <https://doi.org/10.1038/nature13673>
- MAGYAR, I. & SZÓNOKY, M. (2001): Hird, Drávakavics Kft homokbánya. In: PÁLFY, J. szerk., *4. Őslénytani Vándorgyűlés összefoglalói és kirándulásvezetője*. Magyarhoni Földtani Társulat kiadványa, Budapest, 40–42.
- MAGYAR, I., GEARY, D.H., & MÜLLER, P. (1999): Paleogeographic evolution of the Late Miocene Lake Pannon in Central Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **147** 151–167. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(98\)00155-2](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(98)00155-2)
- MAGYAR, I., SZTANÓ, O., CSILLAG, G., KERCSMÁR, Zs., KATONA, L., LANTOS, Z. BARTHA, I.Z., & FODOR, L. (2017): A Gerecse pannóniai puhatestűi és lelőhelyeik: rétegtan, ökoszféra és fejlődéstörténet. *Földtani Közlemények* **147/2** 149–176. <https://doi.org/10.23928/foldt.kozl.2017.147.2.149>
- MAJEROWICZ, A., WOJCIK, A., GUIA, P. & CHOLEWA, P. (2000): Comparative study of serpentinite textures and rock material of Neolithic artefacts from Lower Silesia (SW Poland). *Krystalinikum* **26** 111–117.
- MAJOR, I., FUTÓ, I., DANI, J., ORSOLYA CSERPÁK-LACZI, O., GASPARIK, M., TIMOTHY, A.J. & MOLNÁR, M. (2019): Assessment and development of bone preparation for radiocarbon dating at Hekal. *Radiocarbon* **61/5** 1551–1561. <http://dx.doi.org/10.1017/rdc.2019.60>
- MAKAROWICZ, P. (2017). The birth of a new world. Barrows, warriors, and metallurgists (1600-1200/1100 BC). In: Urbańczyk, P. ed., *The Past Societies. Polish lands from the first evidence of human presence to the Early Middle Ages* **3**, Institute of Archaeology and Ethnology, Polish Academy of Sciences, Warszawa, 127–186.
- MANN, R. W., HUNT, D. R. & LOZANOFF, S. (2016). *Photographic Regional Atlas of Non-Metric Traits and Anatomical Variants in the Human Skeleton*. Charles C. Thomas Publisher, Springfield. 716 pp.
- MARÍN-AGUILERA, B., IACONO, F., & GLEBA, M. (2018): Colouring the mediterranean: Production and consumption of purple-dyed textiles in pre-Roman times. *Journal of Mediterranean Archaeology* **31/2** 127–154. <https://doi.org/10.1558/jma.38080>
- MARTIN, R. & SALLER, K. (1957). *Lehrbuch der Anthropologie*, Vol. 1-2. Fischer Verlag, Stuttgart, 661 pp.
- MATHIESON, I., ALPASLAN-ROODENBERG, S., POSTH, C., SZÉCSÉNYI-NAGY, A., ROHLAND, N., MALLICK, S., OLALDE, I.,

- BROOMANDKHOSHBACHT, N., CANDILIO, F., CHERONET, O., FERNANDES, D., FERRY, M., GAMARRA, B., FORTES, G.G., HAAK, W., HARNEY, E., JONES, E., KEATING, D., KRAUSE-KYORA, B., KUCUKKALIPCI, I., MICHEL, M., MITTNIK, A., NÄGELE, K., NOVAK, M., OPPENHEIMER, J., PATTERSON, N., PFRENGLE, S., SIRAK, K., STEWARDSON, K., VAI, S., ALEXANDROV, S., ALT, K.W., ANDREESCU, R., ANTONOVIĆ, D., ASH, A., ATANASSOVA, N., BACVAROV, K., GUSZTÁV, M.B., BOCHERENS, H., BOLUS, M., BORONEANȚ, A., BOYADZHIEV, Y., BUDNIK, A., BURMAZ, J., CHOHADZHIEV, S., CONARD, N.J., COTTIAUX, R., ČUKA, M., CUPILLARD, C., DRUCKER, D.G., ELENSKI, N., FRANCKEN, M., GALABOVA, B., GANETSOVSKI, G., GÉLY, B., HAJDU, T., HANDZHYISKA, V., HARVATI, K., HIGHAM, T., ILIEV, S., JANKOVIĆ, I., KARAVANIĆ, I., KENNETT, D.J., KOMŠO, D., KOZAK, A., LABUDA, D., LARI, M., LAZAR, C., LEPPEK, M., LESHTAKOV, K., VETRO, D.L., LOS, D., LOZANOV, I., MALINA, M., MARTINI, F., MCSWEENEY, K., MELLER, H., MENĐUŠIĆ, M., MIREA, P., MOISEYEV, V., PETROVA, V., PRICE, T.D., SIMALCSIK, A., SINEO, L., ŠLAUS, M., SLAVCHEV, V., STANEV, P., STAROVIĆ, A., SZENICZEY, T., TALAMO, S., TESCHLER-NICOLA, M., THEVENET, C., VALCHEV, I., VALENTIN, F., VASILYEV, S., VELJANOVSKA, F., VENELINOVA, S., VESELOVSKAYA, E., VIOLA, B., VIRAG, C., ZANINOVIĆ, J., ZÄUNER, S., STOCKHAMMER, P.W., CATALANO, G., KRAUß, R., CARAMELLI, D., ZARIŃA, G., GAYDARSKA, B., LILLIE, M., NIKITIN, A.G., POTEKHINA, I., PPATHANASIOU, A., BORIĆ, D., BONSALL, C., KRAUSE, J., PINHASI, R. & REICH, D. (2018): The genomichistory of southeastern Europe. *Nature* **555** 197–203. <https://doi.org/10.1038/nature25778>
- MATHIESON, I., LAZARIDIS, I., ROHLAND, N., MALLICK, S., PATTERSON, N., ALPASLAN ROODENBERG, S., HARNEY, E., STEWARDSON, K., FERNANDES, D., NOVAK, M., SIRAK, K., GAMBA, C., JONES, E.R., LLAMAS, B., DRYOMOV, S., PICKRELL, J., ARSUAGA, J.L., DE CASTRO, J.M.B., CARBONELL, E., GERRITSEN, F., KHOKHLOV, A., KUZNETSOV, P., LOZANO, M., MELLER, H., MOCHALOV, O., MOISEYEV, V., ROJO GUERRA, M.A., ROODENBERG, J., VERGES, J.M., KRAUSE, J., COOPER, A., ALT, K.W., BROWN, D., ANTHONY, D., LALUEZA-FOX, C., HAAK, W., PINHASI, R. & REICH, D. (2015): Eight thousand years of natural selection in Europe (pre-print). *Genetics* 016477v2. <https://doi.org/10.1101/016477>
- MCCALL, A., GAMARRA, B., CARLSON, K.S.D., BERNERT, Zs., CSÉKI, A., CSENGERI, P., DOMBORÓCZKI, L., ENDRÓDI, A., HELLEBRANDT, M., HORVÁTH, A., KIRÁLY, Á., KISS, K., KOÓS, J., KOVÁCS, P., KÖHLER, K., SZOLNOKI, L., K. ZOFFMANN, Zs., SIRAK, S., SZENICZEY, T., DANI, J., HAJDU, T. & PINHASI, R. (2022): Stable carbon and nitrogen isotopes identify nuanced dietary changes from the Bronze and IronAges on the Great Hungarian Plain. *Scientific Reports* **12** 16982. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-21138-y>
- MEINDL, R. S. & LOVEJOY, C. O. (1985). Ectocranial suture closure: a revised method for the determination of skeletal age at death. *American Journal of Physical Anthropology* **68** 57–66. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330680106>
- MOLNÁR M, RINYU L, JANOVICS R, MAJOR I, VERES M. (2012): Introduction of the new AMS C-14 laboratory in Debrecen. *Archeometriai Műhely* **9/3** 147–160.
- MOZSOLICS, A. (1957): Archäologische Beiträge zur Geschichte der Grossen Wanderung. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **8** 119–156.
- MOZSOLICS, A. (1967): *Bronzefunde des Karpatenbeckens. Depotfundhorizonte von Hajdúsámson und Kosziderpadlás*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 280 pp.
- NEMESKÉRI, J. & HARSÁNYI, L. (1968): Hamvasztott csontvázletek vizsgálatának kérdései. *Anthropologiai Közlemények* **12** 99–116.
- NIGRO, L., MONTANARI, D., MURA, F., YASINE, J. & RINALDI, T. (2018): A hoard of Nilotic nacreous shells from Egypt to Jericho (Early Bronze II, 3000–2800 BCE): Their finding, content and historical archaeological implications. *Palestine Exploration Quarterly*, **150/2** 110–125. <https://doi.org/10.1080/00310328.2018.1425957>
- NIKITA, E. (2017). *Osteoarcheology. A Guide to the Macroscopic Study of Human Skeletal Remains*. Academic Press, London, San Diego, Cambridge, Oxford, 462 pp.
- OLALDE, I., BRACE, S., ALLENTOFT, M.E., ARMIT, I., KRISTIANSEN, K., BOOTH, T., ROHLAND, N., MALLICK, S., SZÉCSÉNYI-NAGY, A., MITTNIK, A., ALTENA, E., LIPSON, M., LAZARIDIS, I., HARPER, T.K., PATTERSON, N., BROOMANDKHOSHBACHT, N., DIEKMANN, Y., FALTYSKOVA, Z., FERNANDES, D., FERRY, M., HARNEY, E., DE KNIJFF, P., MICHEL, M., OPPENHEIMER, J., STEWARDSON, K., BARCLAY, A., ALT, K.W., LIESAU, C., RÍOS, P., BLASCO, C., MIGUEL, J.V., GARCÍA, R.M., FERNÁNDEZ, A.A., BÁNFFY, E., BERNABÓ-BREA, M., BILLOIN,

D., BONSALE, C., BONSALE, L., ALLEN, T., BÜSTER, L., CARVER, S., NAVARRO, L.C., CRAIG, O.E., COOK, G.T., CUNLIFFE, B., DENAIRE, A., DINWIDDY, K.E., DODWELL, N., ERNÉE, M., EVANS, C., KUCHARÍK, M., FARRÉ, J.F., FOWLER, C., GAZENBEEK, M., PENA, R.G., HABER-URIARTE, M., HADUCH, E., HEY, G., JOWETT, N., KNOWLES, T., MASSY, K., PFRENGLE, S., LEFRANC, P., LEMERCIER, O., LEFEBVRE, A., MARTÍNEZ, C.H., OLMO, V.G., RAMÍREZ, A.B., MAURANDI, J.L., MAJÓ, T., MCKINLEY, J.I., MCSWEENEY, K., MENDE, B.G., MODI, A., KULCSÁR, G., KISS, V., CZENE, A., PATAY, R., ENDRÓDI, A., KÖHLER, K., HAJDU, T., SZENICZEY, T., DANI, J., BERNERT, Z., HOOLE, M., CHERONET, O., KEATING, D., VELEMÍNSKÝ, P., DOBEŠ, M., CANDILIO, F., BROWN, F., FERNÁNDEZ, R.F., HERRERO-CORRAL, A.-M., TUSA, S., CARNIERI, E., LENTINI, L., VALENTI, A., ZANINI, A., WADDINGTON, C., DELIBES, G., GUERRADOCE, E., NEIL, B., BRITAIN, M., LUKE, M., MORTIMER, R., DESIDERI, J., BESSE, M., BRÜCKEN, G., FURMANEK, M., HAŁUSZKO, A., MACKIEWICZ, M., RAPIŃSKI, A., LEACH, S., SORIANO, I., LILLIOS, K.T., CARDOSO, J.L., PEARSON, M.P., WŁODARCZAK, P., PRICE, T.D., PRIETO, P., REY, P.-J., RISCH, R., ROJO GUERRA, M.A., SCHMITT, A., SERRALONGUE, J., SILVA, A.M., SMRČKA, V., VERGNAUD, L., ZILHÃO, J., CARAMELLI, D., HIGHAM, T., THOMAS, M.G., KENNETT, D.J., FOKKENS, H., HEYD, V., SHERIDAN, A., SJÖGREN, K.-G., STOCKHAMMER, P.W., KRAUSE, J., PINHASI, R., HAAK, W., BARNES, I., LALUEZA-FOX, C. & REICH, D. (2018): The Beaker phenomenon and the genomic transformation of northwest Europe. *Nature* **555** 190–196. <https://doi.org/10.1038/nature25738>

PAPAC, L., ERNÉE, M., DOBEŠ, M., LANGOVÁ, M., ROHRLACH, A.B., ARON, F., NEUMANN, G.U., SPYROU, M.A., ROHLAND, N., VELEMÍNSKÝ, P., KUNA, M., BRZOBOHATÁ, H., CULLETON, B., DANÉČEK, D., DANIELISOVÁ, A., DOBISÍKOVÁ, M., HLOŽEK, J., KENNETT, D.J., KLEMENTOVÁ, J., KOSTKA, M., KRIŠTUF, P., KUCHARÍK, M., HLAVOVÁ, J.K., LIMBURSKÝ, P., MALYKOVÁ, D., MATTIELLO, L., PECINOVSKÁ, M., PETRIŠČÁKOVÁ, K., PRŮCHOVÁ, E., STRÁNSKÁ, P., SMEJTEK, L., ŠPAČEK, J., ŠUMBEROVÁ, R., ŠVEJCAR, O., TREFNÝ, M., VÁVRA, M., KOLÁŘ, J., HEYD, V., KRAUSE, J., PINHASI, R., REICH, D., SCHIFFELS, S. & HAAK, W. (2021): Dynamic changes in genomic and social structures in third millennium BCE central Europe. *Science Advances* **7**, eabi6941. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abi6941>

PATTERSON, N., ISAKOV, M., BOOTH, T., BÜSTER, L., FISCHER, C.-E., OLALDE, I., RINGBAUER, H., AKBARI, A., CHERONET, O., BLEASDALE, M., ADAMSKI, N., ALTEÑA, E., BERNARDOS, R., BRACE, S., BROOMANDKHOSHBAHT, N., CALLAN, K., CANDILIO, F., CULLETON, B., CURTIS, E., DEMETZ, L., CARLSON, K.S.D., EDWARDS, C.J., FERNANDES, D.M., FOODY, M.G.B., FREILICH, S., GOODCHILD, H., KEARNS, A., LAWSON, A.M., LAZARIDIS, I., MAH, M., MALLICK, S., MANDL, K., MICCO, A., MICHEL, M., MORANTE, G.B., OPPENHEIMER, J., ÖZDOĞAN, K.T., QIU, L., SCHATTKER, C., STEWARDSON, K., WORKMAN, J.N., ZALZALA, F., ZHANG, Z., AGUSTÍ, B., ALLEN, T., ALMÁSSY, K., AMKREUTZ, L., ASH, A., BAILLIF-DUCROS, C., BARCLAY, A., BARTOSIEWICZ, L., BAXTER, K., BERNERT, Z., BLAŽEK, J., BODRUŽIĆ, M., BOISSINOT, P., BONSALE, C., BRADLEY, P., BRITAIN, M., BROOKES, A., BROWN, F., BROWN, L., BRUNNING, R., BUDD, C., BURMAZ, J., CANET, S., CARNICERO-CÁCERES, S., ČAUŠEVIĆ-BULLY, M., CHAMBERLAIN, A., CHAUVIN, S., CLOUGH, S., ČONDIĆ, N., COPPA, A., CRAIG, O., ČREŠNAR, M., CUMMINGS, V., CZIFRA, S., DANIELISOVÁ, A., DANIELS, R., DAVIES, A., DE JERSEY, P., DEACON, J., DEMINGER, C., DITCHFIELD, P.W., DIZDAR, M., DOBEŠ, M., DOBISÍKOVÁ, M., DOMBORÓCZKI, L., DRINKALL, G., ĐUKIĆ, A., ERNÉE, M., EVANS, C., EVANS, J., FERNÁNDEZ-GÖTZ, M., FILIPOVIĆ, S., FITZPATRICK, A., FOKKENS, H., FOWLER, C., FOX, A., GALLINA, Z., GAMBLE, M., GONZÁLEZ MORALES, M.R., GONZÁLEZ-RABANAL, B., GREEN, A., GYENESEI, K., HABERMEHL, D., HAJDU, T., HAMILTON, D., HARRIS, J., HAYDEN, C., HENDRIKS, J., HERNU, B., HEY, G., HORŇÁK, M., ILON, G., ISTVÁNOVITS, E., JONES, A.M., KAVUR, M.B., KAZEK, K., KENYON, R.A., KHREISHEH, A., KISS, V., KLEIJNE, J., KNIGHT, M., KOOTKER, L.M., KOVÁCS, P.F., KOZUBOVÁ, A., KULCSÁR, G., KULCSÁR, V., LE PENNEC, C., LEGGE, M., LEIVERS, M., LOE, L., LÓPEZ-COSTAS, O., LORD, T., LOS, D., LYALL, J., MARÍN-ARROYO, A.B., MASON, P., MATOŠEVIĆ, D., MAXTED, A., MCINTYRE, L., MCKINLEY, J., MCSWEENEY, K., MEIJLINK, B., MENDE, B.G., MENĐUŠIĆ, M., METLIČKA, M., MEYER, S., MIHOVILIĆ, K., MILASINOVIC, L., MINNITT, S., MOORE, J., MORLEY, G., MULLAN, G., MUSILOVÁ, M., NEIL, B., NICHOLLS, R., NOVAK, M., PALA, M., PAPWORTH, M., PARESIS, C., PATTEN, R., PERKIĆ, D., PESTI, K., PETIT, A., PETRIŠČÁKOVÁ, K., PICHON, C., PICKARD,

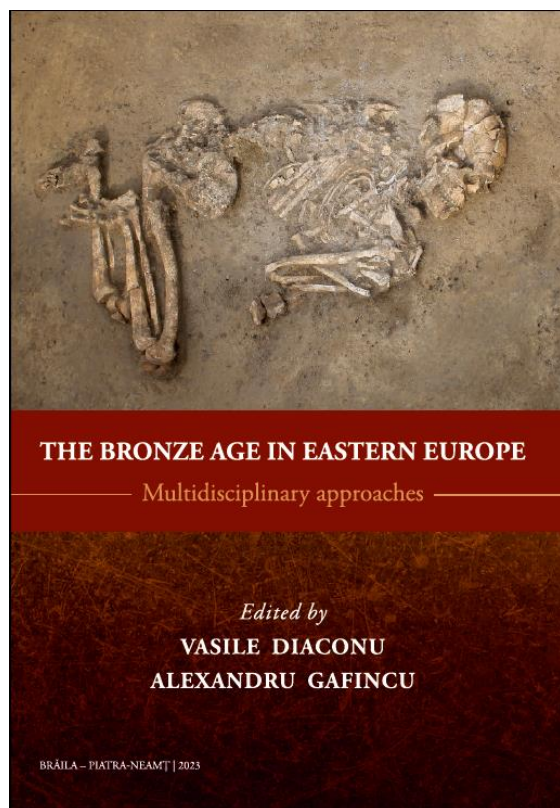
- C., PILLING, Z., PRICE, T.D., RADOVIĆ, S., REDFERN, R., RESUTÍK, B., RHODES, D.T., RICHARDS, M.B., ROBERTS, A., ROEFSTRA, J., SANKOT, P., ŠEĎČÁKOVÁ, A., SHERIDAN, A., SKAE, S., ŠMOLÍKOVÁ, M., SOMOGYI, K., SOMOGYVÁRI, Á., STEPHENS, M., SZABÓ, G., SZÉCSÉNYI-NAGY, A., SZENICZEY, T., TABOR, J., TANKÓ, K., MARIA, C.T., TERRY, R., TERŽAN, B., TESCHLER-NICOLA, M., TORRES-MARTÍNEZ, J.F., TRAPP, J., TURLE, R., UJVÁRI, F., VAN DER HEIDEN, M., VELEMINSKY, P., VESELKA, B., VYTLAČIL, Z., WADDINGTON, C., WARE, P., WILKINSON, P., WILSON, L., WISEMAN, R., YOUNG, E., ZANINOVIĆ, J., ŽITŇAN, A., LALUEZA-FOX, C., DE KNIJFF, P., BARNES, I., HALKON, P., THOMAS, M.G., KENNETT, D.J., CUNLIFFE, B., LILLIE, M., ROHLAND, N., PINHASI, R., ARMIT, I. & REICH, D. (2022): Large-scale migration into Britain during the Middle to Late Bronze Age. *Nature* **601** 588–594. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-04287-4>
- PATTERSON, N., PRICE, A.L., POLLACK, S., GALINSKY, K., CHANG, C., GUSEV, S., NOVEMBRE, J., BOURSNEILL, M., HANNA, M. & YU, A. (2017): EIGENSOFT. <https://www.hsph.harvard.edu/alkes-price/software/>
- PÁSZTOR, E., PAP, E. & CS. ANDRÁSI, R. (2022): A halomsíros kultúra különleges női sírja Sükösd határában. *Archaeologiai Értesítő* **147/1** 85–104. <http://dx.doi.org/10.1556/0208.2022.00027>
- PEGÁN, E. (2023): Felszíni szerpentin előfordulások és közettani-geokémiai jellegeik a Kárpát-medence környezetében. *BSc diplomamunka*, ELTE TTK FFI Közetan-Geokémiai Tanszék, Budapest, 50 pp.
- PLINIUS, C. (77 AD). *Naturalis Historia* IX. kötet. [Természetrájsz.] Kriterion Könyvkiadó, Bukarest, 1973, 203 pp.
- PRŮCHYSTAL, A. (2013): *Lithic raw materials in prehistoric times of eastern Central Europe*. Masaryk University, Brno, 351 pp.
- REESE, D.S. (1987): Palaeolithic shells and Bronze Age purple-dye production in the Mediterranean Basin. *Annual of the British School at Athens* **82** 201–206.
- REIMER P., AUSTIN W., BARD E., BAYLISS A., BLACKWELL P., BRONKRAMSEY C. et al. (2020): The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon* **62/4** 725–757. <http://dx.doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
- RÉVAY Zs. (2009): Determining elemental composition using prompt gamma activation analysis. *Analytical Chemistry* **81** 6851–6859. <http://dx.doi.org/10.1021/ac9011705>
- ROBERTSON, A., KARAMATA, S. & ŠARIĆ, K. (2009): Overview of ophiolites and related units in the Late Palaeozoic–Early Cenozoic magmatic and tectonic development of Tethys in the northern part of the Balkan region. *Lithos* **108/1-4** 1–36. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2008.09.007>
- ROHLAND, N., GLOCKE, I., AXIMU-PETRI, A. & MEYER, M. (2018): Extraction of highly degraded DNA from ancient bones, teeth and sediments for high-throughput sequencing. *Nature Protocols* **13** 2447–2461. <https://doi.org/10.1038/s41596-018-0050-5>
- ROHLAND, N., MALLICK, S., MAH, M., MAIER, R., PATTERSON, N. & REICH, D. (2022): Three assays for in-solution enrichment of ancient human DNA at more than a million SNPs. *Genome Research* **32** 2068–2078. <https://doi.org/10.1101/gr.276728.122>
- SCHERMANN, S. (1967): *Magismeret I-II*. Akadémia Kiadó, Budapest, 1069 pp.
- SCHINZ, H., BAENSCH, W., FRIEDL, E., & UEHLINGER, E. (1952): Ossifikationstabelle In: SCHINZ, H. Hrg., *Lehrbuch der Röntgen-Diagnostik*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 244–245. <https://doi.org/10.2106/00004623-195234010-00040>
- SCHOUR, J. & MASSLER, M. (1941): The development of the human dentition. *The Journal of the American Dental Association* **28** 1153–1160.
- SCHWEINGRUBER, F. H. (1978): *Microscopic Wood Anatomy*. Birmensdorf: Swiss Federal Institute of Forestry Research, 226 pp.
- SEBE, K., CSILLAG, G., DULAI, A., GASPARIK, M., MAGYAR, I., SELMECZI, I., SZABÓ, M., SZTANÓ, O., & SZUROMI-KORECZ, A. (2015): Neogene stratigraphy in the Mecsek region. In: BARTHA, I. R., KRIVÁN, Á., MAGYAR, I., & SEBE, K. eds., *Neogene of the Paratethyan Region. 6th Workshop on the Neogene of Central and South-Eastern Europe*. An RCMNS Interim Colloquium. Programme, Abstracts, Field Trip Guidebook, Budapest, 102–124.
- SKOCZYLAS, J., JOCHEMCZYK, L., FOLTYN, E. & FOLTYN, E. (2000): Neolithic serpentinite tools of west-central Poland and Upper Silesia. *Krystalinikum* **26** 157–166.
- SMITH, B. H. (1984). Patterns of molarwear in hunter-gatherers and agriculturalists. *American Journal of Physical Anthropology* **63/1** 39–56.
- STEVENS, R. E. (1944): Composition of some chromites of the western hemisphere. *American Mineralogist: Journal of Earth and Planetary Materials* **29/1-2** 1–34.

- STLOUKAL, M. & HANÁKOVÁ, H. (1978). Die Lange der Langsknochen altslawischer Bevölkerungen unter besonderer Berücksichtigung von Wachstumsfragen. *Homo* **29** 53–69.
- ŠUMIĆ, A. & PAMIĆ, J. (1989): Ultramafitne stijene kod Gronjeg Orešjana sjeveroistočnim obroncima Medvednice. *Geoloski vjesnik* **42** 93–101.
- SÜMEGI, P. (2009): Óskori kultúrák ékszereinek elemzése – lokális és távolsági anyagok a csiga- és kagylóékszerek között. In: ILON G. ed., *ΜΩΜΟΣ VI. Nyersanyag és kereskedelem*. Savaria Múzeum kiadványa, Szombathely, 335–347.
- SÜMEGI, P. (2010): The archaeozoological analysis of the beads and Mollusc from the Late Copper Age Baden cemetery at Budakalász. In: BONDÁR, M., RACZKY, P. eds., *The Copper Age cemetery of Budakalász*. Pytheas Press, Budapest, 409–437.
- SZAKMÁNY, Gy. (2009): Magyarországi csiszolt kőeszközök nyersanyag típusai az eddigi archeometriai kutatások eredményei alapján. *Archeometriai Műhely* **VI/1** 11–29.
- SZAKMÁNY Gy. & KASZTOVSZKY Zs. (2004): Prompt Gamma Activation Analysis, a new method in the archaeological study of polished stone tools and their raw materials. *European Journal of Mineralogy* **16** 285–295. <http://dx.doi.org/10.1127/0935-1221/2004/0016-0285>
- SZAKMÁNY Gy., KASZTOVSZKY Zs., SZILÁGYI V., STARNINI E., FRIEDEL O. & T. BIRÓ K. (2011a): Discrimination of prehistoric polished stone tools from Hungary with non-destructive chemical Prompt Gamma Activation Analyses (PGAA). *European Journal of Mineralogy* **23** 883–893. <http://dx.doi.org/10.1127/0935-1221/2011/0023-2148>
- SZAKMÁNY Gy., STARNINI E., HORVÁTH F. & BRADÁK B. (2011b): Investigating trade and exchange patterns in prehistory: Preliminary results of the archaeometric analyses of stone artefacts from Tell Gorzsa (South-East Hungary). In: TURBANTI-MEMMI, I., ed., *Proceedings of the 37th International Symposium on Archaeometry*, 12th-16th May 2008, Siena, Italy, Springer, Berlin Heidelberg, pp. 311–319.
- SZENTMIKLÓSI L., BELGYA T., RÉVAY Zs. & KIS Z. (2010): Upgrade of the prompt gamma activation analysis and the neutron-induced prompt gamma spectroscopy facilities at the Budapest Research Reactor. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **286** 501–505. <http://dx.doi.org/10.1007/s10967-010-0765-4>
- SZENTMIKLÓSI, L., RÉVAY, Zs., ÖSTÖR, J. & MARÓTI, B. (2023): Improved analytical workflow for prompt gamma activation analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **333** 3325–3333. <https://doi.org/10.1007/s10967-023-09071-4>
- SZILÁGYI, V., ILLÉS, L., T. BIRÓ, K., PÉNTEK, A., HARSÁNYI, I., SÁGI, T., KOVÁCS, Z., FEHÉR, K. & SZAKMÁNY, Gy. (2021): A Cserhát-Cserhátalja-Gödöllői-dombság-Mátraalja vidékéről származó csiszolt kőeszközök előzetes archeometriai vizsgálati eredményei. *Archeometriai Műhely* **XVIII/3** 237–260. <https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2021-018>
- SZTANÓ, O., MAGYAR, I., SZÓNOKY, M., LANTOS, M., MÜLLER, P., LENKEY, L., KATONA, L., & CSILLAG, G. (2013): A Tihanyi Formáció a Balaton környékén: típusszelvény, képződési körülmények, rétegtani jellemzés. *Földtani Közlemények* **143/1** 73–98.
- UBELAKER, D.H. (1989): *Human Skeletal Remains, Excavation, Analysis, Interpretation*. Taraxacum, Washington, 172 pp.
- UBELAKER, D.H. (2009). The forensic evaluation of burned skeletal remains: a synthesis. *Forensic Science International* **183/1-3** 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2008.09.019>
- VASKOVIĆ, N. & MATOVIĆ, V. (2010): Ophiolites of the Vardar Zone and the Dinarides: Central and West Serbia. *Acta Mineralogica-Petrographica, Field Guide Series* **24**, IMA2010 FieldTripGuide RS1, University of Szeged, Szeged, p. 55.
- WAHL, J. (1982): Leichenbranduntersuchungen. Ein Überblick über die Bearbeitungs- und Aussagemöglichkeiten von Brandgräbern. *Prähistorische Zeitschrift* **57** 11–25.
- WALDRON, T. (2009). *Paleopathology. Cambridge Manuals in Archeology*. Cambridge University Press, Cambridge, 279 pp.
- WILLIAMS-THORPE, O., JONES, M.C., WEBB, C. & RIGBY, I.J. (2000): Magnetic susceptibility thickness corrections for small artefacts and comments on the effects of 'background' materials. *Archaeometry* **42/1** 101–108. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2000.tb00868.x>
- ŽEGARAC, A., WINKELBACH, L., BLÖCHER, J., DIEKMANN, Y., KREČKOVIĆ GAVRILOVIĆ, M., PORČIĆ, M., STOJKOVIĆ, B., MILAŠINOVIĆ, L., SCHREIBER, M., WEGMANN, D., VEERAMAH, K.R., STEFANOVIĆ, S. & BURGER, J. (2021): Ancient genomes provide insights into family structure and the heredity of social status in the early Bronze Age of southeastern Europe. *Scientific Reports* **11** 10072. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89090-x>



## KÖZLEMÉNYEK

\*

*An unusual book review*

**Diaconu, Vasile & Gafincu, Alexandru (eds.):** *The Bronze Age in Eastern Europe: multidisciplinary approaches.* **Bibliotheca Memoriae Antiquitatis XLII. Editura Constantin Matasă, Brăila – Piatra-Neamț, 2023. 350 p. •**

The reviewer's opinion is, of course, biased about this impressive volume celebrating Carol Kacsó on the occasion of his 80th birthday. My very personal review was generated by the fact that I wanted to present a publication that fits into the Bronze Age thematic issue of *Archeometriai Műhely* (Archaeometry Workshop, AM) and was also centred on archaeometric subjects. During the selection, however, I was also inspired by the fact that I have had more than two decades of close professional relationship with the celebrated scholar who mainly operates around Baia Mare (Nagybánya) and thinks in a much wider area.

The fast and yet demanding editorial work of Vasile Diaconu and Alexandru Gafincu has covered 15 studies on the Bronze Age by 34 researchers

• doi: [10.55023/issn.1786-271X.2024-034](https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2024-034)

from seven countries (Ukraine, Moldova, Romania, Finland, Hungary, Bulgaria and Germany). In another aspect, analysis of the population regularly buried under burial mounds in the time period in the millennia IV-II B.C. to the North-East of the Black Sea and the Lower Danube and the heritage of the Late Bronze Age of the Carpathian Basin and the Balkans have been published here in high quality and abundant illustrations.

The subjects involved include the following fields: 1.) archaeology of the study region in general: (2 papers); 2.) multidisciplinary studies (3 papers); 3.) site exploration and prospections: (1 paper); 4.) publication of specific objects, typology: (2 papers); 5.) bioarchaeology: (2 papers); 6.) examination of stone objects: (1 paper); 7.) pottery analysis: (2 papers); 8.) analysis of metal objects: (1 paper); 9.) analysis of objects made of bone and teeth: (1 paper).

In the followings I will try to focus on the essentials of the studies by the authors, at the same time referring to recent parallel results achieved by the Hungarian Bronze Age specialists.

Bianca Preda-Bălănică, Marius Cristian Bâsceanu, Bogdan Olariu and their colleagues provide a thorough overview of the burial mounds in the plains of Oltenia in the last half of the IV<sup>th</sup> millennium BC and the first half of the III<sup>rd</sup> millennium BC (p. 9–59). The article presents new results of interdisciplinary research (conservation, metallographic analyses, <sup>14</sup>C dating of graves, and identification of burial mounds on old maps). According to the relative chronology, these burial sites can be assigned to the Coțofeni and Yamnaya horizons.

Casandra Brașoveanu, Andrei Asăndulesei, Radu Gabriel Pîrnău, and Radu Alexandru Brunchi recorded mostly unexcavated burial mounds in 36 sites in the valley of the Bahluiet River in north-eastern Romania (pp. 61–86). The sites are mainly endangered by agricultural activity. A complex methodological approach, high-resolution geophysical and aerial sensing techniques (magnetometry, electrical resistivity measurement, oblique-axis aerial photography, photogrammetry and LiDAR) was used for the study of these sites. I am not aware of any published examples of the combined and analytical application of the two latter methods from the practice of Hungarian Bronze Age research. From the Hungarian practice, we have evidence on the application of magnetometry in the exploration of the Yamnaya Culture mounds at Hajdúnánás (Horváth & Dani et

al. 2013). The tumuli of Pécs–Jakab-hegy were mapped using LiDAR (Bertók & Gáti 2014), and more recently, the Százhalombatta Middle Bronze Age tell was investigated by this method, results published by Vicze & Sørensen Stig (2023).

Alin Frînculeasa published from the "Movila Mare" at Smeeni (Buzău), one of the most significant Middle Bronze Age burial mound excavated in Romania in the second half of the 20th century, new research results. The monographic elaboration of the site was published in 2017; the current study was born after that. New radiocarbon data were produced in the ATOMKI (Debrecen, Hungary), supporting and complementing previous studies (p. 87–106). Similar successful elaboration of an even more ancient excavation, the Early Bronze Age mound from Rajka excavated originally in 1871 was undertaken in Hungary by András Figler in 2008.

Vasile Diaconu, Eugen Mistreanu, Angela Simalcsik and two other colleagues have reported on the multidisciplinary (anthropological analysis, dendrological and absolute dating) study of the burials discovered in the tumulus near Brînzeii Noi (Republic of Moldova). On the basis of the grave goods and the burial practice, three graves were associated with the Yamnaya culture, while one grave was associated with the Late Bronze Age Noua culture. The coloured photo of the latter grave was selected for the cover picture of the volume. The archaeological dating was supported by <sup>14</sup>C results. In the wood material of one of the Yamnaya burial chambers, ash and oak were identified, which are decisive from the point of view of environmental reconstruction (p. 107–134). In Hungarian technical literature, some environment historical data were published from the Yamnaya period kurgans of Hajdúnánás and Tiszavasvári (Horváth et al. 2013). A much more detailed environmental reconstruction was made in the case of the Yamnaya-age Ecse mound in the Hortobágy (Bede & Sümegei 2016). A complex archaeological geological and landscape ecological analysis of all soil levels of the kurgan was made here for the first time in Hungary, including phytolith studies and pollen processing.

In the paper by Sergiu Popovici (p. 135–144.) one of the burial mounds in Cimişlia belonging to the Belozerka culture (13<sup>th</sup> century BC) was presented with an interdisciplinary approach (paleo-anthropology, palynology, metal analysis, <sup>14</sup>C). As far as I know, none of the Hungarian Late Bronze Age tumulus research studies has achieved such complexity

In the study by Alexandra Comşa (p. 145–158), we get a comprehensive image on specific and non-specific (malaria, syphilis, corns) infections that leave traces on bones from the Bronze Age of

Romania. Hungarian anthropological research has devoted special attention to irregular changes observable on bones since the beginning of the discipline (Kiss et al. 2021). At the same time, I have no information on any specific Hungarian treatment summarizing infections of the Bronze Age.

Ioan Bejinariu published from one of the settlements of the Noua culture in Szilágy county on the Transylvanian highway not only the metal finds but also the zoological material and bone tools as well as a new <sup>14</sup>C dating (p. 159–182). The latter piece of information fits well to the dating series presented from the Németsbánya tell site by the author of this review (Ilon 2015).

With the help of a database for ceramics on a Late Bronze Age (Coslogen culture) settlement in north-eastern Bulgaria, in addition to vessel types, Gabriela Dzhurkowska discussed issues of technology and use of vessels in a "traditional" way (p. 183–214). Lacking such a summary, in my opinion, any kind of instrumental examination would be irrelevant or at least of a floating nature. Her observations fit extremely well to the recent observations by László Gucsi (2023).

The author of this review contributed to the volume by new <sup>14</sup>C dates (now, from AMS) from the pit in Gó, containing antler horse bit dated to the 3<sup>rd</sup> phase of the Urnfield period. The paper also provides a database of Late Bronze Age horse bones from the Western Transdanubian region, and the conclusion drawn accordingly is the following: horse can only be considered here as a prestige animal of an extremely small number of privileged individuals (p. 215–237).

Bogdan Petru Niculică and Ilie Cojocariu presented results of the scientific analysis on a flanged axe dated to the 18-17<sup>th</sup> century BC obtained by the National Museum of Bukovina from metal detector research activists. Measurements were taken by EDX on three corrosion-free spots: the object was made of pure (non-alloyed) copper. Using stereo microscopy, further important observations could be made (p. 239–261). In Hungary, J. Gábor Tarbay and colleagues apply hand-held XRF almost as a daily routine (Tarbay et al. 2021), complemented with further measurement techniques (NI, TOF-ND, PGAA)

Mykola Ilkiv and Mykola Bodnariuk presented Bronze Age metal objects from Northern Bukovina, Chernivtsi region (Ukraine). Among other things, axes of Fajsz and Kozarac types, and bracelets that can be classified in the Ha A1 period (p. 263–274).

Oliver Dietrich has collected so-called pure hoards ("reine Horte"), containing only one type of object, i.e. socketed axe. The region involved in his



analysis comprised the Eastern Carpathian Basin and the Lower Danube region (p. 275–290).

The paper by Anastasiia Korokhina and Ihor Butskiy has dealt with the final stage of the transformation of the Late Bronze Age Srubnaya culture, the question of the transition to the Early Iron Age, on the basis of the technological analysis of ceramics from a Ukrainian settlement (including nearly 300 specimens). The archaeometrical analysis, however, did not corroborate the technological change during the period of transition. It is more probable that the cultural diffusion could be traced in minor changes of the morphology and the decoration of the vessels (p. 291–319). In Hungary, similar questions were investigated by the same methods but on a smaller sample, and experiments concerning production techniques of graphitic pottery were made (Kreiter et al. 2014).

The study by Monica Mărgărit and Anca-Diana Popescu (p. 321–331) presented an assemblage of finds comprising 10 pieces made of bone and teeth from the Răcăciuni settlement of the Monteoru culture. Their raw material, typology and technology of formation conformed to the general practice followed in this culture. The artefacts were used for household activities or as ornaments, i.e., pieces of attire. The most recent Hungarian study on similar subject was published by Alice Choyke and Zsuzsanna Tóth, on the basis of 462 bone implements from the Százhalombatta tell (Choyke & Tóth 2023).

Daniela Alexandra Popescu, Liviu Gheorghe Popescu, Sorin Ignătescu and Dumitru Boghian performed the microscopic analysis of the thin sections on four Bronze Age stone axes from the archaeological collection of the University of Suceava. Accordingly, three of them have proved to be dolerite while the fourth one was made on microgabbro. As the source of the raw material, the authors suggested the Raău Syncline (Middle-Northern part of the Eastern Carpathes) as the closest to the site, but they did not exclude other possible source regions (p. 333–345). As for similar Hungarian efforts, let us mention here only two exemplary studies, involving the total stone artefacts of the Budakalász Bell Beaker culture cemetery from Budakalász (Horváth 2013), based on macroscopic characterisation only. In the case of the stone axe recovered from the Vatyá culture urn grave from the vicinity of Kiskunfélegyháza, the petrographical description was followed by SEM-EDX and PGAA analyses (Biró et al. 2016). It would be high time to apply similar approaches to more Bronze Age objects. The characterisation and provenancing of raw materials could result in a better understanding and mapping of the network of connections than metal analyses built on less stable

grounds due to melting and reworking (Radivojević et al. 2019. 138).

Finally, the reviewer would like to state that on the occasion of this special volume published in honour of the celebrated scholar, an excellent and progressive collection of scientific studies was achieved for Eastern European archaeology, especially in the field of archaeometry.

Gábor Ilon  
archaeologist  
[ilon.gabor56@gmail.com](mailto:ilon.gabor56@gmail.com)

## References

- BEDE Á. & SÜMEGI P. (2016): Régészeti geológiai és tájékológiai vizsgálatok tiszántúli halmokon. In: UNGER J. & PÁL-MOLNÁR E. szerk., *Geoszférák 2015*. Szeged, 59–87.
- BERTÓK G. & GÁTI Cs. (2014): *Régi idők – új módszerek*. Archaeolingua Alapítvány, Budapest – Pécs, p. 171
- T. BIRÓ K., SZAKMÁNY Gy., BENDŐ Zs. & KASZTOVSZKY Zs. (2016): Átfűrt kőeszköz töredéke Kiskunfélegyházáról. *Cumania* 27 41–54.
- CHOYKE, A. & TÓTH, ZS. (2023): Worked bones, antler, and tooth in Levels 6–1. In: VICZE, M. & SØRENSEN STIG, M. L. eds., *Living in a Tell: Memory and Abandonment. Százhalombatta–Földvár Phase I (Late Koszider)*. Archaeologia Hungarica 55. – SAX 4. Budapest, 201–215.
- FIGLER A. (2008): Egy elfelejtett őskori halomsír Rajkán. In: ILON G. szerk., *Régészeti nyomozások Magyarországon*. Martin Opitz, Budapest, 105–112.
- GUCSI, L. (2023): Biography of ceramics found in the Late Bronze Age cemetery of Gelej. In: P. FISCHL, K. ed., *Bronze Age Landscape at Gelej. Archaeological researches at Gelej-Pincehát, Gelej-Kanális dűlő and Gelej-Beltelek dűlő*. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 391 Bonn, 339–412.
- HORVÁTH T. (2013): Budakalász M0/12. kora bronzkori lelőhely kőanyaga. Stone implements of the Bell Beaker cemetery from Budakalász, M0/12 site. *Archeometriai Műhely* X/2 141–176.
- HORVÁTH, T., DANI, J., PETŐ, Á., POSPIESZKY, L. & SVINGOR, É. (2013): Multidisciplinary Contributions to the Study of Pit Grave Culture Kurgans of the Great Hungarian Plain. In: HERYD, V., KULCSÁR, G. & SZEVEÉNYI V. eds., *Transitions to the Bronze Age. Interregional Interaction and Socio-Cultural Change in the Third Millennium BC Carpathian Basin and Neighbouring Regions*. Archaeolingua, Budapest, 153–179.

ILON, G. (2015): Zeitstellung der Urnenfelderkultur (≈1350/1300–750/700 BC) in West-Transdanubien. Ein Versuch mittels Typochronologie und Radiokarbonaten. In: REZI, B., NÉMETH, R. & BERECKI S. eds., *Bronze Age Chronology in the Carpathian Basin*. Proceedings of the International Colloquium from Târgu Mureş 2–4 October 2014. Bibliotheca Musei Marisiensis Ser. Archaeologica VIII. Târgu Mureş, 223–296.

KISS V., CZENE A., CSÁNYI M., DANI J., FÁBIÁN Sz., P. FISCHL K., GERBER D., GIBLIN, J. I., HAJDU T., KÖHLER K., MELIS E., MENDE B. G., PATAY R., SZABÓ G., SZÉCSÉNYI-NAGY A., SZEVEÉNYI V. & KULCSÁR G. (2021): Módszerek és lehetőségek a bronzkori közösségek kutatásában – a Lendület mobilitás kutatócsoport biorégészeti elemzési eredményei (2015–2020). *Magyar Régészet* **10:3** 30–42. <https://doi.org/10.36245/mr.2021.3.3>

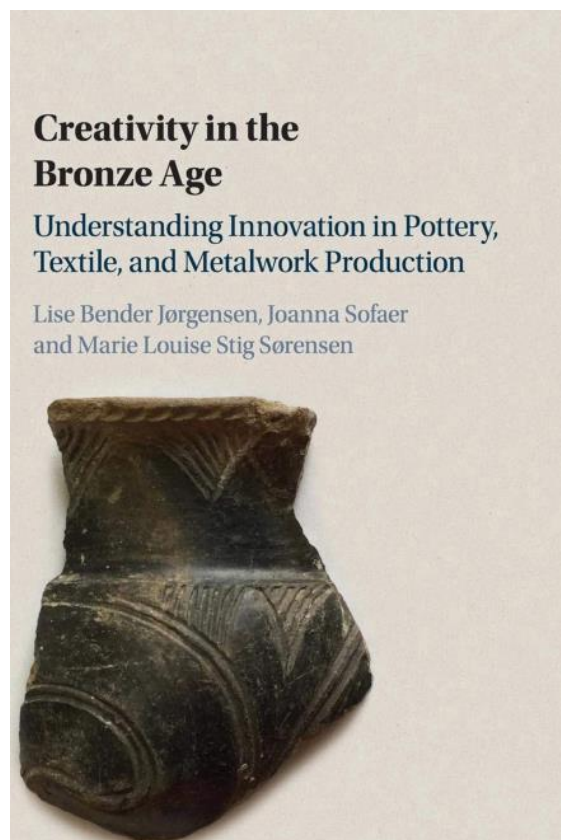
KREITER, A., CZIFRA, Sz., BENDŐ, Zs., IMRE, E. J., PÁNCZÉL, P. & VÁCZI, G. (2014): Shine like metal: an experimental approach to understand prehistoric graphite coated pottery technology.

*Journal of Archaeological Sciences* **52** 129–142. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2014.07.020>

TARBAY, G. J.; MARÓTI, B.; KIS, Z.; KÁLI, GY. & SZENTMIKLÓSI, L. (2021): Non-destructive analysis of a Late Bronze Age hoard from the Velem-Szent Vid hillfort. *Journal of Archaeological Sciences* **127** 1–25. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2020.105320>

RADIOJEVIĆ, M., B. W., ROBERTS, W. B., PERNICKA, E., STOS-GALE, Z., MARTINÓN-TORRES, M., REHREN, T., BRAY, P., BRANDHERM, D., LING, J., MEI, J., VANDKILDE, H., KRISTIANSEN, K., SHENNAN, J. S., & BROODBANK, C. (2019): The Provenance, Use, and Circulation of Metals in the European Bronze Age: The State of Debate. *Journal of Archaeological Research* **27** 131–185. <https://doi.org/10.1007/s10814-018-9123-9>

VICZE, M. & SØRENSEN STIG, M. L. (2023): *Living in a Tell: Memory and Abandonment. Százhalombatta–Földvár Phase I (Late Koszider)*. *Archaeologia Hungarica* 55. – SAX 4. Budapest, 287 pp.



**Lise Bender Jørgensen – Joanna Sofaer – Marie Louise Stig Sørensen: Creativity in the Bronze Age. Understanding Innovation in Pottery, Textile, and Metalwork Production. Cambridge, 2018, p. 342. •**

*'The real voyage of discovery consists not in seeking new landscapes but in having new eyes.'*  
 (Marcel Proust)

An international group of scholars has been formed to research creativity in three crafts during the European Bronze Age (2500–500 BC) and the results have been edited for this volume by Lise Bender Jørgensen (Norwegian University of Science and Technology, Trondheim), Joanna Sofaer (University of Southampton), Marie Louise Stig Sørensen (University of Cambridge).

During the Bronze Age, there were significant changes in material culture, which could be attributed to the technical skills development. Since archaeology sets out from the study of objects, it was attempted to trace the creativity that led to innovation, through the chain of making processes, the '*chaîne opératoire*'. It focuses on the now commonplace but key raw materials that mankind became familiar with in prehistory: from the

methods of using textiles, bronze and clay to the design and effects of finished objects.

The book's approach is that technological developments are the result of *collective achievement* in manufacturing practice, because the individual inventor of the idea cannot be identified and the innovation immediately becomes a benefit to the community. It discusses the interaction of all three technologies, pottery, textiles and metalwork with social (economic, power) and spiritual life (cosmology).

From his theories of creativity listed in the introductory section, the authors follow the aspects of those that link the phenomenon to object-making, practical activity. These include learning, problem-solving, attention, rules, mimesis, risk-taking, the maturation (incubation) of an idea, the timing of activity phases, combination, touch, the role of gestures and experimentation.

The book is divided into three main parts:

**I. Raw materials: creativity and the properties of materials:** examines the process of transforming materials from their natural state into a ready-to-use raw material, and how their properties have influenced the way they are handled.

**II. Production practices:** describes the critical points at which decision to create changes can be made. It considers the tools needed, the time factor, and the manufacturing community.

**III: Effects: shape, motifs, pattern, colour and texture:** It looks for creative solutions from an aesthetic point of view and refers to the role of the intellectual life.

Parts II-III will be discussed through case studies. The case studies often include well-known finds from archaeology, but in a new light. The quote, which can also be interpreted as a motto, refers to this.

As I myself have been working in the field of textile crafts, I am going to focus only on this area in detail.

I. The role of material properties:

**Lise Bender Jørgensen and Antoinette Rast-Eicher** dealt with wool, which became dominant in Bronze Age weaving alongside flax, hemp and nettle, and which spread to Europe from ca. 2000 BC onwards, causing changes in the way textiles were produced and used. It also influenced animal husbandry and land use. It had the great advantage of being faster and simpler to produce than flax, which had been commonly used in the past. The colour shades of the elementary fibres included white, which could be dyed well, led to the development of dyed threads.

• doi: [10.55023/issn.1786-271X.2024-035](https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2024-035)

## II. Production practices:

**Sophie Bergebrandt** has classified the spindle weights from the tell settlement of Százhalombatta (2300–1500/1400 BC). Gradually biconical, lightweight versions became dominant, confirming the use of wool. Edge damages of Type I indicate the use of low-whorl dropped spindle is also common with wool. The method is depicted on a famous urn from an early Iron Age burial in Sopron, showing a woman with this type of spindle. The standardisation of the weights can be demonstrated. With a spindle of a given size and weight, a thread of the desired thickness could be spun. This created a wide range of textile qualities and applications. The zooarchaeological record shows an increase in sheep-farming practices from ca. 2000 BC to the Middle Bronze Age. A third of the animals were male, the only possible reason for keeping them was to produce more wool.

**Sølvi Helene Fosøy** links Greenfield's learning theory, presented in the introductory part of the volume, to variations in the quality of the Scandinavian Bronze Age textiles. In the context of the textile remains of the Danish oak-coffin tombs (Montelius II-III), she associates the traditionalist cultural conservative learning method with the coarse, so-called '*general textiles*'. These are made of coarse threads with the simplest tabby weave and sometimes using spin pattern (based on different twist-direction of the threads). The way they are made can be learnt by anyone, they contain no innovation but preserve the simplest tradition. The innovation-friendly learning method is attached to fine quality '*special textiles*', woven from finer and a more evenly arranged group of yarns. They are characterised by more complex textile structures, such as half-panama, sprang, braiding and embroidery. Among the garments, there are corded skirt combined with metallic tubes, belts, hairnets and woven ribbons. In both the '*general and special textile*' groups, the use of various coloured threads for decorative purposes was found.

**Lise Bender Jorgensen** traced the changing twist-directions in oak-coffin tombs from different periods of the Scandinavian Bronze Age, and then showed examples of the inspirational influence of technology on bronze objects imitating twisted threads.

In the Montelius II phase (c. 1500–1300 BC), 'S'-warp and 'Z'-weft yarn, i.e. 'S'/'Z', were common. The fabrics of the Montelius III phase (1300–1100 BC) were made exclusively of S-twisted threads and this trend continued in the Montelius IV-VI phases (1100–500 BC). The bows of bronze fibulae, some arm and neck rings also appear to be twisted, as if they were threads of twisted gold cord, while another group of arm, finger, ear or hair rings are spiral shaped; these are three-dimensional

forms that appeared twisted around the wearer's body part. Examination of these 'twisted' finds shows that fibula bows are almost always twisted, whether they come from male or female graves. Twisted neck rings are found mainly in female graves. The twist direction is usually 'S', but by Montelius III a third of them had changed to 'Z'. The twist of the arm rings is also mainly 'S' directed. Among the rings, spiral ones twisted in the 'Z' direction are more common.

Jorgensen links the twist directions to the cosmological worldview. Since the Scandinavian Bronze Age lacks spindle whorls, she assumes that the threads were spun with the spindle staff held horizontally in the 'Z' direction, but the end result would be in the 'S' direction, so that the movements of the work process followed the movement of the sun in the sky.

## III. Effects:

**Helga Rösel-Mautendorfer** discusses the patterning of dress forms as a way of making two-dimensional objects three-dimensional, based on blouses found in Scandinavian oak-log-coffin tombs. The textiles were cut from a single piece of fabric and tailored to specific individuals. Pleating was one way of shaping the form. The blouses can be seen as a new variation on an elemental pattern dating back to the Neolithic.

**Karina Grömer** analyzed the different decoration possibilities of textiles, which offer a rich and creative range of visual and sensory, i.e. haptic, experiences. She lists different weaving structures, methods for shadow/spin effects and texture modification, thread dyeing, metallic additions for shine, and the use of gold threads and embroidery integrated into the fabric, dating from 2000–500 BC.

Furthermore, she collaborates on another case study with **Sanjin Mihelić, Joanna Sofaer, and Sarah Coxon**, where all three technologies are present in the impressed decoration of Lützenkeramia's corded vessels. The cords pressed on the surfaces of the urns in the Surcin cemetery imitate woven textiles. Experiments have shown that they are made from raw materials such as lime bast, grass and sometimes metal threads. The impression of a three-pronged comb gives the sight of threads. The smooth surface of the vessels and the rustic three-dimensionality of the impressions visually highlight each other by textual contrast effect.

As the title suggests, the book deals with the textile technology, metalwork and pottery by nearly two dozen authors. From the material properties to the production process to the interpretation of symbolism.

The book is complemented by high-quality and well accessible pictures and the index at the end of the book is a very useful aid.

I heartily recommend it to Bronze Age scholars.

*Éva Richter*

*archaeologist, PhD student, Pázmány Péter  
Catholic University*

## Kamilla és az archeometria

**Kamilla, a fény leánya – Ruha teszi a nőt? Bronzkori divatirányzat vagy kulturális hovatartozás?** című kiállítás ürügyén •

Örvedetes, hogy a győri 2022. évi „halomsíros” után egy újabb hasonló kiállítást üdvözölhetek. Ez a tárlat a bajai Türr István Múzeum főépületének földszintjén 2024. június 21-én nyílt meg (**1. ábra**) a Bácskai Művelődési Központtal együtt elnyert, a “NOBORDER – Határ, ami nem választ el” Interreg, IPA Magyarország – Szerbia program nyitórendezvényeként. Az érdeklődőket elsőként köszöntö Zsigó Róbert, a Kulturális és Innovációs Minisztérium miniszterhelyettese természetesen tévedett abban, hogy a kiállítás attrakcióját jelentő „Kamilla”, azaz egy 2020-ban, Sükösd határában feltárt bronzkori női temetkezés feltárása előtt „nem találtak érintetlen bronzkori csontvázat tartalmazó sírt”. Cáfolatként a Szeged–tápéi temető számos bolygatatlan elhunytja közül csak az 500., valamint a kissé távolabbi Kiskunságból a szentkirályi B sírt idézem. S hogy a projekt területi integritásával is összhangban legyenek, a szerbiai Vajdaságból Velebit 43. sírjára utalnék. A szakmai megnyitót Kulcsár Gabriella, a budapesti Régészeti Intézet, egyébként kora- és középső bronzkorban specialista igazgatója tartotta. Jőmagam ezen az eseményen nem vettem részt, de június 27-én, az Őskoros Kutatók XIII. Összejövele („Mómosz” konferencia) kapcsán késő délelőtt megtekinttem a kiállítást.

A tárlat magját, ami köré azt rendezték, a sükösd-i Árpás-dűlőben 2020-2021-ben feltárt 29 síros, a késő bronzkor első felére keltezhető Halomsíros kultúrához tartozó vegyes rítusú temető képezi. Az első sírban nyugvó 22–25 év körüli hölgyet az ásatók Kamillának nevezték el. Innen a kiállítás címe. A kérdéses időszakot azonban – érthető okokból, nem utolsó sorban az érdekesség és a viselet bronzkori teljességét bemutatandó, továbbá a projekt újkori céljai miatt – jócskán túllépték a rendezők. Nem csak a Dunántúlról jelent meg több fontos bronzkori lelet, így a dunaföldvári övkorong, a mucsai és a pötrétei bronz kincs, Mány egyik *in situ* sírja, de több példány szerbiai női agyagszobrocska és a duplajai madárfejes kocsis is. Ezek meglepetést, egyúttal örömet okoztak számomra. A kiállítási nagy terem egyik oldalán pedig ott sorakoznak Bácska rendkívül színes textileket és fémről készített mell- és nyakékszereket felvonultató bunyevác és sokác női viseletei. Ezt utalásként értékeltem a bronzkorból itt és most nem látható kelmékre, másrészt a mai határokon átnyúló hajdani etnikai tömbre.



**1. ábra:** N. Kovács Zita művészettörténész, bajai múzeumigazgató köszönti a vendégeket (Fotó: Máthé Zoltán, MTI)

**Fig. 1:** Welcome speech of Zita N. Kovács, art historian, director of Türr István Museum, Baja (Photo: Zoltán Máthé, MTI)

Én e két, meglehetősen távoli időhorizontot azért összekapcsoltam volna – mondjuk – a bajai múzeum állandó kiállításán látható madarasi honfoglalás kori temető hajfonatkarikás női sírjának rekonstrukciójával.

E folyóirat jelenlegi számában Pásztor Emília és munkatársai közlik a temető természettudományos vizsgálatának eredményeit, amelyekre a kiállítás táblaszövegei épülnek (**2. ábra**). Ilyen okból én csak néhány észrevételt teszek. Ezek közül az első, hogy minden bemutatott természettudományos módszer természetesen a tágra értelmezett archeometria tárgykörébe tartozik. Legyen az hagyományos antropológia, genetika, borostyánkő-avagy talajvizsgálat, stb.

Az emberi maradványok mennyisége és minősége meglehetősen korlátozott volt. Nem csak azért, mert köztük három urnasírt is feltártak, de ezek egyike (27.) még kalcinátumokat sem tartalmazott. A feldolgozás lehetőségét csökkentette, hogy számos eltemetett egyén csontjai igen rossz megtartásúak voltak, ráadásul 17 sírgödör eleve teljesen üres volt. Utóbbiak csontanyaga elpusztult vagy eleve jelképesek lehettek? Netán azonosíthatatlan nyom nélkül kirabolták e „temetkezéseket”? Válaszokat ezekre a kérdéseimre a kiállításon nem kaptam. Érdemi DNS vizsgálati eredményt csak Kamilla sírja adott, de a korabeli hazai leletanyagban ez eleve unikum. Ezért az összehasonlítás lehetőségére – és természetesen nem egy mintára! – még türelmesen várunk kell. A stroncium vizsgálat alapján a közösség mintázható tagjai helyben születtek és nőttek fel.

• doi: [10.55023/issn.1786-271X.2024-036](https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2024-036)



**2. ábra:** A kiállítás részlete az archeometriai vizsgálatok tablóival

**Fig. 2:** A snapshot of the exhibition with the panels of the archeometric studies

Kamilla két darab borostyánkő gyöngye a Baltikumból került nyilván távolsági kereskedelem révén a temető közösségéhez, ahogy ezt a lengyel kutatók meghatározták. Nem mellékes tény, hogy a dániai borostyánkövet tartalmazó bronzkori elit-sírok (118, az összes temetkezés 2%) száma kevés. 57 temetkezésben csak egy, 18 sírban pedig két példány borostyánkövet helyeztek el, holott itt az alapanyaggal egyáltalán nem kellett spórolni, hiszen nagy mennyiségben rendelkezésre állt.

Magyarországon sajnos még a borostyánkövet tartalmazó korabeli sírok összegyűjtésével is adósak vagyunk. Ugyanezen temetkezésből kiemelt malakológiai (csigák és kagylók) emlékek többsége nem holocén kori. A sávos bíborcsiga viszont a Földközi-tenger és vidéke korabeli és szintén távolsági kereskedelmére utal, ahogy a nagy sűrűségű serpentinítből készített kőtojás is. ... és a kereskedelem ürügyén, ha láthattam volna a Novi Sad-i (Újvidék) múzeumban őrzött, kissé ugyan fiatalabb, de európai hírű késő bronzkori borjasi (Novi Becej határában) csont mérlegkart és kavicsúlyokat...

Egy tucat jelenségből származó 87 db talajmintát is megvizsgáltak. Ebből kilenc volt régészeti korú és csak ötben volt meghatározható leletanyag. Ezek az alábbiak: libatop, tölgyfa (koporsó) és almatermésűek közé sorolható faszénmaradványok. E meglehetősen sovány környezeti képet pollenvizsgálattal lehetett volna kiegészíteni, amelyre a projektben talán rendelkezésre állt volna a pénzügyi fedezet. Erre utólag, ha a talajminták egésze nem veszett el, még sort lehetne keríteni. Kamilla (1. sír) lábhoz helyezett bögréjében ételmaradványoknak

vélt szerves anyagokat detektáltak, de ezeket nem lehetett pontosan azonosítani.

Az AMS radiokarbon vizsgálat alapján Kamilla eltemetésére Kr. e. 1540–1430 (95,4%) között kerülhetett sor. A 28., szintén női sír hamvaiból Kr. e. 1410–1120 eredményt kaptak. Ez esetleg három generációnyi, talán egy évszázadnyi távolságot jelent, vagyis utóbbi a temető használatának végét sejtetheti. Négy további mért minta nem adhatott korrekt adatot.

Végezetül megjegyzem, hogy a régészeti kiállítások tudásunk fontos és mellőzhetetlen formái. Az érdeklődő helyi nagyközönség és a diákok, valamint a turisták számára ugyanis a megismerés szinte egyedüli lehetőségét biztosítják. Különösen, ha a tárlathoz nem készül katalógus, vagy csak egy egyszerű leporello, s ha mégis, egyik sem bilingvis. Nincs semmi meglepő abban az állításomban, hogy természetesen az archeológián kívül állók közül csak kevesen olvassák a régészeti és/vagy a természettudományos periodikákat. A hazai múzeumi közgyűjtemények több mint két évszázados története pedig ékesen bizonyítja, hogy a régészettudomány művelője soha nem ült és vonulhatott vissza az elefántcsonttoronyba. A fény leányát a középpontba helyező tárlat ezt az állítást igazolja, hiszen olvasmányosan és látványosan mutatja be két egymástól távoli korszak, de egy táj hölgyeit.

*Ilon Gábor*  
régész

[ilon.gabor56@gmail.com](mailto:ilon.gabor56@gmail.com)

**Irodalom**

*Kamilla, a fény leánya – Ruha teszi a nőt?* Sűgőparti Hírek. Baja és térsége hírportálja. 2024. június 23. MTI. <https://sugopart.hu/magazin/a-kamilla-a-feny-leanya-ruha-teszi-a-not>

ILON G. (2024): Asszonyok – Férfiak – Kapcsolatok. Régészeti tanulmányok a késő bronzkori (Kr. e. 1650/1600 – Kr. e. 800/750) Nyugat-Dunántúl történelméhez I-II. *Opitz Archaeologica* **28/1-2** Budapest, p. 703, 441

KAPURAN, A. (2019): Velebit, a Tumulus Culture Necropolis in the Southern Carpathian Basin (Vojvodina, Serbia). *BAR International Series* **2942** Oxford, 112 pp. + Pl. 77

PÁSZTOR E., PAP E. & Cs. ANDRÁSI R. (2022): A halomsíros kultúra különleges női sírja Sükösd határában. *Archaeologiai Értesítő* **147/1** 85–104.

SOMOGYVÁRI Á. (2020): Késő bronzkori sírok Szentkirályon. *Cumania* **29** 7–22.

TROGMAYER, O. (1975): Das bronzzeitliche Gräberfeld bei Tápé. Akadémiai Kiadó, Budapest, 268 pp.

UJVÁRI F. (2022): Sírhalomtól a halomsírig – Válogatás a Kisalföld bronz- és vaskori temetkezéseiből, avagy a győri Rómer Flóris Művészeti és Történeti Múzeum legutóbbi időszakos régészeti kiállítása. *Magyar Régészet online magazin* **2022 tél 11/4** 70–73.

VANDKILDE, H.; FISCHER STEPHANSEN, C., SUCHOWSKA-DUCKE, P., AHLQVIST, L., SKAANING ANDERSEN, C., FELDING, L., BJØRNEVAD-AHLQVIST, M., CZEBRESZUK, J. & NØRGAARD, H.W. (2024): Metal-for-Amber in the European Bronze Age. *Praehistorische Zeitschrift* **99/1** 280–338.

<https://doi.org/10.1515/pz-2024-2003>