

A KÁRPÁT-MEDENCEI RADIOLARIT NYERSANYAGOK SZÖVETI TÍPUSAI ÉS GEOKÉMIAI JELLEGEI

FABRIC TYPES AND GEOCHEMISTRY OF RADIOLARITE RAW MATERIALS IN THE CARPATHIAN BASIN^{*}

SZILÁGYI Veronika¹; T. BIRÓ Katalin²; Michael BRANDL³; HARSÁNYI Ildikó¹;

MARÓTI Boglárka¹ & KASZTOVSZKY Zsolt¹

¹Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

²Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest

³OREA Institut für Orientalische und Europäische Archäologie, Österreichische Akademie der Wissenschaften

E-mail: szilagyi.veronika@energia.mta.hu

Abstract

Radiolarite and radiolarian chert are important chipped stone tool raw materials in the Hungarian archaeological record. Based on macroscopic differences in the archaeological data, i.e. 'phenotypes' can be differentiated. These phenotypes can be correlated with raw material regions, however, the identification is not unequivocal due to the natural variability of radiolarite inside a geological formation. The utility is determined by the changes in the physical properties. This feature together with the accessibility of a given radiolarite type influences its frequency in the archaeological record. The Hungarian, Carpathian and surrounding radiolarite formations – based on surveying the archaeological assemblages – all could be potential sources for knappable lithic industry of several periods in Hungary.

This paper summarizes our knowledge on macro- and stereomicroscopic fabric and PGAA-based geochemistry of the main radiolarite raw material types based on own measurements and some former publications. The applied non-destructive methodology can be directly implemented on the archaeometric investigation of archaeological samples.

Kivonat

A magyarországi régészeti leletanyagban a radiolarit, valamint a radioláriákat tartalmazó kovaközetek, mint pattintott kőeszköz nyersanyagok, nagy jelentőségűek. A kárpát-medencei radiolarit nyersanyagokon belül makroszkóposan elkülöníthető csoportokat, ún. „fenotípusokat” határoztunk meg a fizikai tulajdonságaik alapján, amelyek földrajzi-földtani régiókhoz köthetők. A radiolaritos geológiai képződmények változatossága miatt a nyersanyagok a használhatóságuk és hozzáférhetőségük mértékétől függő gyakorisággal jelennek meg a régészeti leletanyagokban. A földtani változékonyság megszabja, hogy a makroszkópos „fenotípusok” mennyire köthetők az egyes nyersanyag lelőhelyekhez. A mai Magyarország határain túllépve néhány, a Kárpát-medencében és közvetlen környezetében található radiolarit kőeszköz nyersanyag szintén tárgyat képezte jelen kutatásnak. Ezen nyersanyagforrásokat, a régészeti anyag előzetes vizsgálata alapján valószínűleg több régészeti korban is használták.

Ebben a cikkben a jelenleg kutatócsapatunk rendelkezésére álló geológiai minták és korábbi publikációk alapján ismertetjük a lehetséges radiolarit nyersanyagok fő makro- és sztereomikroszkópos, valamint prompt gamma aktivációs analízissel nyert kémiai jellemzőit. Ezek a részben roncsolásmentes módszerekkel nyert adatok sikerrel alkalmazhatók a jövőben a régészeti leletek provenienciáinak vizsgálatánál.

KEYWORDS: RADIOLARITE, CHIPPED STONE RAW MATERIALS, 'PHENOTYPE', MACROSCOPIC CHARACTERISTICS, STEREOMICROSCOPIC FABRIC, PGAA, ELEMENT COMPOSITION

KULCSSZAVAK: RADIOLARIT, PATTINTOTT KŐESZKÖZ NYERSANYAG, "FENOTÍPUS", MAKROSKÓPOS TULAJDONSÁGOK, SZTEREOMIKROSKÓPOS SZÖVET, PGAA, ELEMÖSSZETÉTEL

^{*} How to cite this paper: SZILÁGYI V.; T. BIRÓ K.; BRANDL, M.; HARSÁNYI I.; MARÓTI B. & KASZTOVSZKY Zs., (2020): A kárpát-medencei radiolarit nyersanyagok szöveti típusai és geokémiai jellegei / Fabric types and geochemistry of radiolarite raw materials in the Carpathian Basin (in Hungarian with English abstract) , *Archeometriai Műhely* XVII/1 1–30.

Bevezetés

Hosszú évek kutatásainak eredményeként a régészeti pattintott kőszköz leletanyag vizsgálata, elsősorban makroszkópos csoportosítása során egyre bővülő ismeretek gyűltek össze az azonosítható kőzettípusokról. A régészeti kutatásokkal párhuzamosan, azok kiegészítéseként a Magyar Állami Földtani Intézet nyersanyagtörténeti kutatóprogramja (Fülöp 1984) és más, regionális jelentőségű programok, pl. alapszervény kutatások keretében szisztematikus terepbejárásokat, gyűjtéseket végeztünk a potenciális pattintott kőszköz nyersanyagforrásokon (Bíró 1984, Bíró & Pálosi 1986). A régészeti megfigyelések és a terepi gyűjtések alapján makroszkóposan elkülöníthető csoportokat, „fenotípusokat” határoztunk meg (pl. Bíró 1988, 1998). A geológiai lelőhely (pontoszerű, foltszerű és általánosan elterjedt nyersanyagforrások) és a régészeti lelőhely lehetséges kapcsolatáról a korábbiakban már értekeztünk (Bíró 2006a). A „fenotípusoknak” a nyersanyagforráshoz rendelése néhány esetben egyértelmű (pl. obszidián, ’szeletai kvarcporfir’), azonban számos esetben csak tágabb régió szintű megfeleltetése lehetséges (pl. tavi üledékes kovaváltozatok). A „fenotípus” elkülönítése és elnevezése többnyire a jellemző geológiai lelőhelyekről történt, bár ez nem kizárólagos azonosságot jelent. Nagyon sokat segít a konkrét értékelésben a régészeti lelőhelyek földrajzi elhelyezkedése és a műhelytelepek vizsgálata.

A jelen kutatás tárgyát képező kőzettípusok, a radiolaritok és radioláriát tartalmazó kovaközetek nevezéktana nem egységes, amelyet több szerző – mind régészeti, mind kőzettani oldalról – tárgyalt (pl. Ruiz-Ortiz et al. 1989, az Archeometriai Műhely 2010/3 kötetének tematikus cikkei: Brandl 2010, Přychystal 2010, Šošić Klindžić 2010). A klasszikus geológiai definíció a legalább 50%-ban radioláriából álló, tengeri környezetben képződött kovaközeteket tekinti radiolaritnak (Ruiz-Ortiz et al. 1989, Přychystal 2010). Ennél kisebb radiolária tartalom esetén radioláriás tüzkő vagy kovaközet az elnevezés. A kőzettípusnak a képződési viszonyaiból eredő szöveti heterogenitása (gumós, fészkes jelleg) kézipéldány vagy kőzettani preparátum méretben megtevesztő lehet. Erre hívja fel a figyelmet Michael Brandl (2010), amikor kifejti, hogy a régészeti gyakorlatban a kovaközetbeli radiolária jelenlétét már indikációnak tekintik a radiolarit eredetre. Emellett azt is figyelembe kell vennünk, hogy egy kőszköz vizsgálatakor sok esetben nincsen lehetőség a kőzetszövet mennyiségi kiértékelésére. Mindezek alapján cikkünkben a Michael Brandl által felvetett gyakorlatias megközelítést követve radiolaritnak nevezünk minden olyan kovaközetet, amelyben a

radioláriák fossziliái felismerhetők, a mennyiségük figyelembevétele nélkül.

A radiolaritok a Kárpát-medencében talált pattintott kőszközök kiemelkedően fontos, a legnagyobb arányban előforduló nyersanyagai, a Dunántúlon egyenesen uralkodóak (pl. Varga-Máthé 1990, Bíró 1988, 2004, Bíró & Regenye 2003, Bíró 2009). A radiolaritok előfordulását a (cseh)szlovák, osztrák és a magyarországi régészeti anyagban az 1960-70-es évektől konzekvensen publikálták (Bárta 1961, 1979, Oliva 1991, Vértes 1965, Ruttkey 1970, 1980), azonban a régebbi irodalomban (és sok helyen azóta is) használnak egyéb, szerintünk helytelen elnevezéseket (pl. jáspis, főlópál) erre a kőzetre (pl. Bíró 2010, Šošić Klindžić 2010). A radiolaritok elterjedését az ismertetett „fenotípusoknak” megfelelően az 1980-as évektől kezdve tették közzé (Kozłowski et al. 1981, Lech 1981, Přychystal 1984, Bíró 1987, 1988, Bíró & Regenye 1991, Gronenborn 1994, Přychystal 1997, Bíró 1998, Bácskay & Bíró 2003, Mateiciucova 2008, Barna & Bíró 2009). Az azonosított fenotípusokat és valószínűsíthető forrásterületeit az **1. táblázat** tartalmazza. Ősrégészeti szempontból három magyarországi régió szolgáltatott jelentős mennyiségű radiolarit pattintott kőszköz nyersanyagot: a Dunántúli-középhegység (elsősorban a Bakony és a Gerecse), a Mecsek, illetve az Északi-középhegységen belül a Bükk peremvidéke (a Darnó-hegy és Szarvaskő környéke). A magyarországi régészeti lelőhelyeken a hazai nyersanyagokon túlmenően a mai határainkon kívüli radiolaritokkal is számolnunk kell. Az észak-magyarországi régészeti lelőhelyeknél elsősorban Szlovákia (Kis-Kárpátok, Vág- és Hernád-völgy) radiolaritjait fontos számításba venni. Jelenlétüket már Vértes László is kimutatta őskőkori lelőhelyeken (Vértes 1965). Az utóbbi évek kutatásai szerint (Bíró 2006b) a bosnyák, illetve horvát geológiai lelőhelyekről származó radiolaritok is megjelenhetnek az alföldi és dél-dunántúli régészeti lelőhelyeken. Emellett nem kizárt, bár nem is bizonyított az ausztriai (Wien Mauer), illetve az erdélyi (Maros-völgy) radiolaritból készült kőszközök megjelenése magyarországi régészeti lelőhelyeken.

A kiemelkedő minőségű radiolarit nyersanyagtípusok – a helyi felhasználáson túl – a regionális vagy akár a távolsági nyersanyagellátásba is bekerültek (Bíró & Regenye 1991, Gronenborn 1994, Bánffy 1999, Mateiciucova 2008). Így például a szentgáli radiolarit elterjedése az obszidiánéhoz hasonló mértékű és jelentőségű volt (Bíró 1995). A hazai „kovabányákban” kitermelt kőzettípusok között, részben a kőzettípus bányanedves fizikai tulajdonságainak kedvezőbb volta miatt (a felszíni mállásnak kitett szálkőzettel szemben), a radiolarit

és a radioláriás tűzkő a leggyakoribb (Bácskay & Biró 2003).

A radiolaritok jellemzésére korábban publikált közéleti, ásványtani és geokémiai adatok állnak rendelkezésre (pl. Biró & Pálosi 1986, Biró & Dobosi 1991, Biró et al. 2000, 2002, Halbrucker et al. 2014, Bechter et al. 2010, Brandl et al. 2014), illetve e cikk szerzőitől korábbi összefoglalás is ismertetésre került (Biró et al. 2009, Biró 2011). A fenti vizsgálatok alapján a radiolaritok fő- és nyomelem összetétele regionális jellegeket mutat, bár jelentős átfedés tapasztalható az egyes nyersanyagok származási területei között. A szerzők már említett korábbi munkájában (Biró et al. 2009) megfogalmazott problémák a mai napig fennállnak és vizsgálatra érdemesek. *„A nyersanyag előfordulási területek különféle fizikai tulajdonságokkal (fény, szín, töredezettség, anyakőzet minősége) jellemezhető típusokra bonthatók, de egy-egy nyersanyagforrás több típust is ad, és a különféle makroszkópos típusok egymástól távol is megjelenhetnek. ... Ezeknek elkülönítése egyelőre objektív módszerekkel még nem megoldott.”* Mindamellett újabb tanulmányok (pl. Szilasi 2017) elvetik a régiókon belüli altípusok felállításának lehetőségét, és felhívják a figyelmet a Bakony radiolarit előfordulásainak (elsősorban színbeli) változékonyságára. Úgy véljük azonban, hogy a szabad szemmel megfigyelhető különbségek nem csak a vizsgálatot végző szakember, de az egykori felhasználó számára is jelentősek voltak, ezért ezeknek megfigyelése, rögzítése fontos adat, ha nem is tekinthető pontos lelőhely-azonosító jellemzőnek.

Kutatócsoportunk már a 2000-es évek elejétől kezdve foglalkozik a pattintott köeszközök és nyersanyagai roncsolásmentes anyagvizsgálatával, elsősorban prompt-gamma aktivációs analízis (PGAA) alkalmazásával. Az előbb szórványos, majd szisztematikus adatgyűjtés elsősorban a makroszkópos leírással kiegészített (Biró 1988, 1998) roncsolásmentes elemösszetétel meghatározásra (Biró et al. 2000, 2009) koncentrált. Az elmúlt években a PGAA-val vizsgált kova anyagú köeszköz és nyersanyag minták száma elérte a 700, míg a radiolarit anyagú minták száma a 150 darabot. Jelen tanulmányban a 88 geológiai mintából álló radiolarit nyersanyag adatbázisunkról nyújtunk áttekintést és vonunk le általános következtetéseket. Célunk a petroarcheológiai szakirodalomban ismert makroszkópos „fenotípusokhoz” (Biró 1988, 1998) rendelhető nyersanyagok pontosabb és részletesebb jellemzése sztereomikroszkópos szöveti bélyegek meghatározásával, valamint a roncsolásmentes PGAA-val mért elemösszetétel adatok felhasználásával.

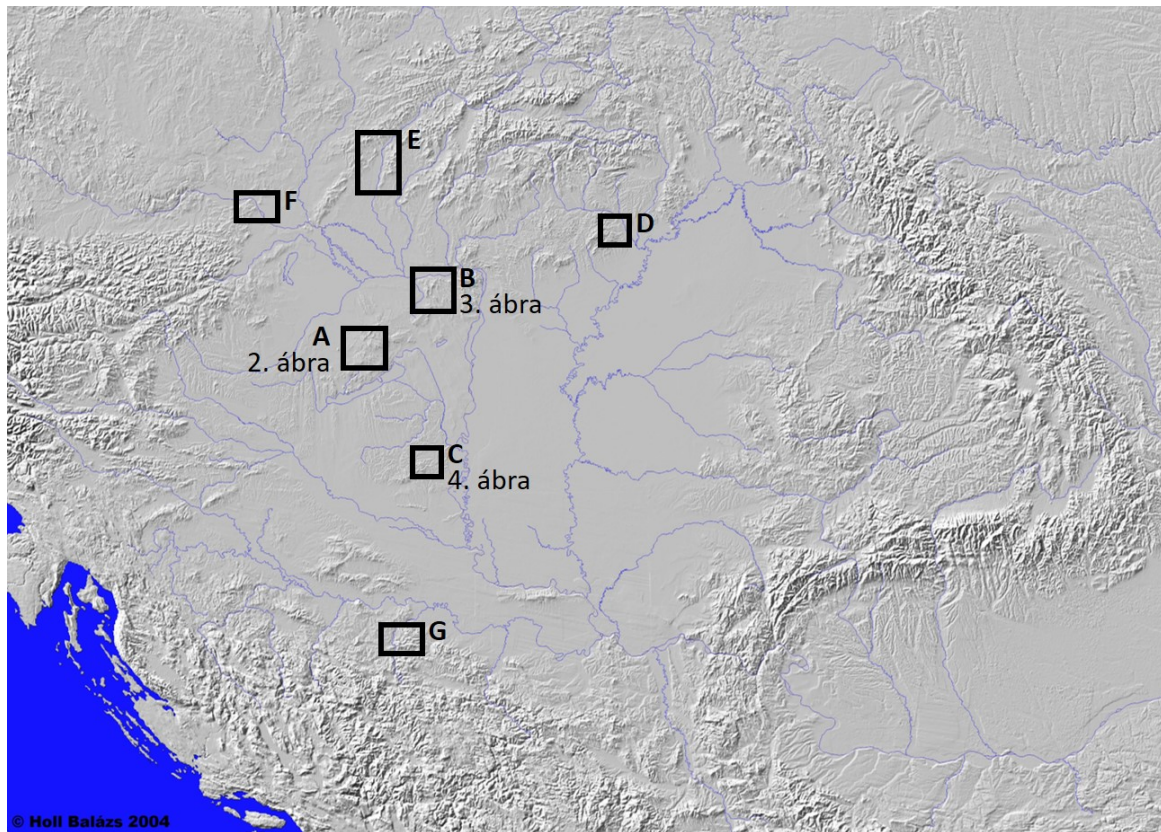
A Kárpát-medence és környezetének radiolarit előfordulásai és a vizsgált minták

A radiolarit, lévén mélytengeri kovakőzet, a magyarországi jura-kréta tengeri üledékes rétegsorokban fordul elő a Bakony (középső-jura), a Gerecse (középső–felső-jura) és a Mecsek (felső-jura–alsó-kréta) hegységeiben (Konda 1973, 1986, Barabás 1986). Régészeti szempontból lokális jelentőségű a Bükk hegységi radiolarit előfordulás (triász – jura) (Pelikán 1986, Dosztály 1986). A felsorolt nyersanyagforrások elhelyezkedése a Kárpát-medencében az **1. ábrán** látható.

A nyersanyagforrások földtani és régészeti feldolgozottsága változó, így a potenciális nyersanyagokról való ismereteink is hézagosak. A Kárpát-medence, illetve északi és nyugati határterületei jobban ismertek, míg a déli és keleti területekről csak szórványos adatok állnak rendelkezésre. A legfontosabb ismert, határon túli radiolarit nyersanyagforrások – amelyeket jelen tanulmányunkban is említünk – a szlovák–lengyel „kárpáti radiolarit” (pl. Nemergut et al. 2012) és az ausztriai Wien Mauer kovabányához köthető radiolarit (Trnka 2011). A horvátországi (Halamić et al. 1999, Halamić & Sosić Klindzic 2009) és bosnyák radiolaritokról (Vishnevskaya & Djeric 2009, Vishnevskaya et al. 2009) szintén vannak ismereteink. Ezeket a hazánk határain kívül található radiolarit nyersanyagokat a teljesség igénye nélkül, elsősorban összehasonlító anyagként használjuk kutatásunk során (földrajzi elhelyezkedésüket lásd az **1. ábrán**).

A szakirodalomban használt elnevezések szerint, szín, szövet és más, makroszkóposan felismerhető fizikai jellemzők alapján a következő csoportokat különíthetjük el: Dunántúli-középhegységi radiolarit (5 fenotípussal), Mecseki radiolarit (3 fenotípussal) és Bükki radiolarit. Az összehasonlító anyagként vizsgált radiolarit típusok a Kárpáti radiolarit, az Alpi radiolarit (több típusa létezik, de itt csak egyet, a Wien Mauer típust említjük) és a Horvát-Bosnyák radiolarit (több típusa létezik, de itt csak egyet, a vörös bosnyák típust említjük). A típusok makroszkópos jellemzését az **1. táblázat**-ban összesítettük.

A jelen cikkben tárgyalt 88 geológiai radiolarit minta nem ad teljes lefedést a hozzáférhető nyersanyagokról. A Dunántúli-középhegységből származik a legtöbb darab (42; 13 Szentgáli, 13 Hárskúti, 8 Gerecsei, 1 Sümegi és 7 egyéb típusú; a mustársárga Úrkút–Eplényi típust nem vizsgáltuk), azonban ez jelentős földrajzi régiót jelent.



1. ábra: A tanulmányban említett és megmintázott, a Kárpát-medencében és annak környezetében található radiolarit nyersanyag régiók: (A) Dunántúli-középhegységi radiolarit – Bakonyi típusok (Szentgáli, Hárskúti, Sümegi, egyéb); (B) Dunántúli-középhegységi radiolarit – Gerecsei típus; (C) Mecseki radiolarit – vörös, szürke és egyéb típusok; (D) Bükki radiolarit; (E) Kárpáti radiolarit – Fehér-kárpáti típus; (F) Alpi radiolarit – Wien Mauer típus; (G) Horvát-bosnyák radiolarit – Bosnyák vörös típus

Fig. 1.: Radiolarite sources in and around the Carpathian Basin mentioned in the text and sampled for study. (A) Transdanubian Radiolarite – Bakony types (Szentgál, Hárskút, Sümeg, other); (B) Dunántúli-középhegységi radiolarit – Gerecsei típus; (C) Mecsek Radiolarite – red, grey and other types; (D) Bükk Radiolarite; (E) Carpathian Radiolarite – White Carpathian type; (F) Alpine Radiolarite – Wien Mauer type; (G) Croatian-Bosnian Radiolarite – Bosnian red type

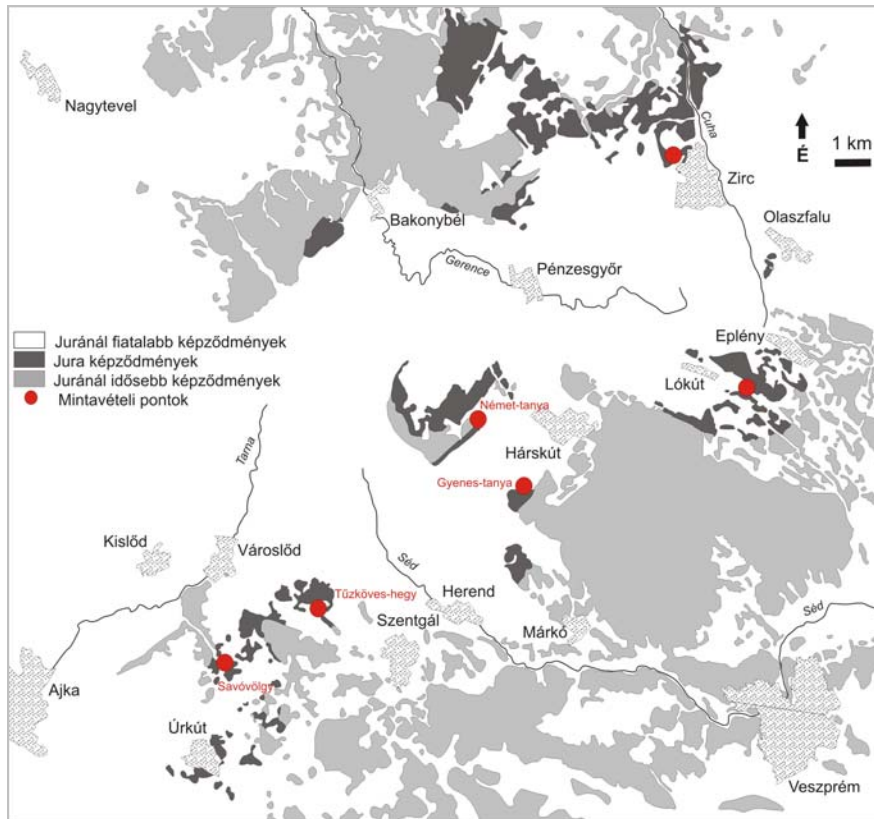
A Mecsekből származó minták számát (11) nem tudtuk növelni a legutolsó publikálás óta (Bíró et al. 2009), így azok a korábbival azonos módon szerepelnek. Az egyetlen mintával képviselt Bükki típus Felsőtárkányról származik (szintén szerepelt korábbi publikációban, Bíró et al. 2009). A külföldi összehasonlító minták közül 5 alpi (Wien Mauer, Ausztria), 8 kárpáti (Fehér-Kárpátok, Szlovákia), míg 21 bosnyák (Maslovare és Bosna-mellék) eredetű. A kárpáti és osztrák radiolarit nyersanyagok Michael Brandl gyűjtéséből állnak rendelkezésünkre (Brandl et al. 2014). A 88 vizsgált geológiai radiolarit minta részletes listáját a [Melléklet 1. táblázata](#) tartalmazza.

Dunántúli-középhegységi radiolaritok

A Dunántúli-középhegységben a középső–felső-jura (bath–alsó-oxfordi) Lókúti Radiolarit Formáció előfordulásai képezik a kőzet lelőhelyeit. A jól rétegzett, gyakran finomréteges, több tíz méter vastag vörös radiolarit vagy annak lencsési-gumói és

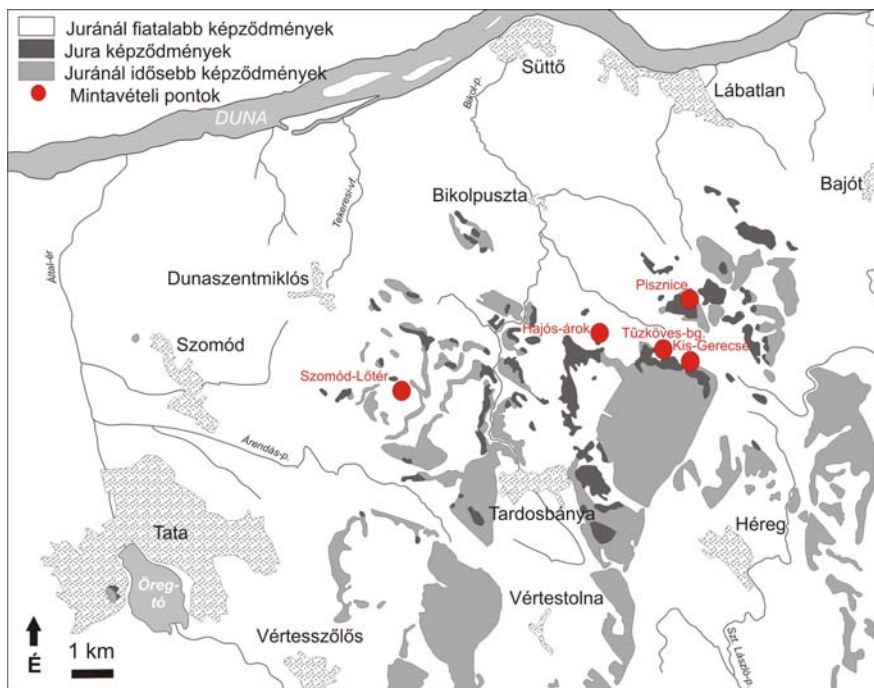
sávjai mészkőbe és kovás mészkőbe ágyazódnak. A Gerecseben a Pöckői Tüzkő Tagozatra és a Margithegyi Tüzkő Tagozatra különülnek el a vörös radiolaritos képződmények (Gyalog & Császár 1996). A Bakonyban a radiolarit képződésének kezdete a medencékben korábbi (bajóci), mint a tengerelatti magaslatokon (bath) (Géczy 1968, Galács 1980), amelyekről gyakran hiányzik is. Ezzel együtt a képződményvastagságok is változók (átlagosan néhány tíz méter, maximális vastagság 150 m, Sümeg, Zalai-medence; Bércziné Makk 1980).

A Bakonyban számos, régóta ismert és kutatott radiolaritfeltárás van, amelyek közül mintáinkat az alábbi lelőhelyekről vételeztük (**2. ábra**). Szentgál-Tüzköveshegy aljában, a vasúti bevágás felett gyűjtöttünk mintákat (8 db) a tömeges, vörös, barna színű, nagyon jó minőségű radiolaritból (porcelanit kéreggel), amely jelentős megmunkálási nyomokat mutat, és valószínűsíthető itt a korabeli kovakitermelés is.



2. ábra:
A Bakony központi részének átnézetes földtani térképe a jura képződmények kiemelésével, és a radiolarit mintavételi helyekkel (Sümege-Mogyorósdomb lelőhely kivételével)

Fig. 2.:
Simplified geological map of the central part of Bakony Mts with the indication of Jurassic formations and the sampling localities (except for Sümege-Mogyorósdomb) of radiolarite



3. ábra:
A Gerecse átnézetes földtani térképe a jura képződmények kiemelésével, és a radiolarit mintavételi helyekkel

Fig. 3.:
Simplified geological map of Gerecse Mts with the indication of Jurassic formations and the sampling localities of radiolarite

A Savóvölgy Szentgál és Városlőd között, a Tarnapatak völgyére nyílik, és Úrkút felé vezet. Nyugati oldalában törmelékként kibukkan a vörös és sárga színű (esetenként narancssárga színű) radiolarit (5 db vörös radiolarit mintát vételeztünk). A szálkőzetet fiatal erdő fedi, a völgyben vezető földúton törmelékként jelentkezik.

Hárskúton a korábbi ismert radiolarit bányahely (Bácskay 1984, Lech 1995) környékén több helyszínről gyűjtöttünk mintákat (13 minta). A Hárskút községtől D-re lévő Gyenes-tanya közelében törmelékben és szálban is megfigyelhető barna-vörös radiolarit. Hárskút-Édesvíz-forrásnál a felszínen radiolarit szálkőzet mellett nagy tömbök, sok megmunkált törmelék, ütőkövek fordulnak elő.

A Hárskút–Német-tanya és az Édesvíz-forrástól Ny-ra lévő területeken már nincs kova szálkőzet a felszínen. Hárskút–Hosszúaszó-völgyben, az Édesvíz-major és Gyenespuszta (két klasszikus radiolarit lelőhely) között, radiolarit szálkőzet kibúvás és felszíni kitermelési nyomok, valamint kovatörmelékek figyelhetők meg.

Lókút DK-i szélén, a legelő mentén a műútról nyíló parkolóból induló, a Káváshegy irányába ereszkedő dűlőút (mellette kőkereszt) mentén radiolarit törmelék, majd jelentősebb vastagságú vörös és sárga radiolarit pad keresztezi az utat (3 db minta).

A zirci mészkőbánya mögött, Porva irányában az országúttól É-ra, Zirc–Pintérhegyen szálban álló sekélytengeri tüzkő és tüzkőtörmelék gyűjthető (4 minta). A felszínen, nagyobb gödrök és megmunkált kovatörmelékek láthatók.

Sümege–Mogyorósdomb területén a fehér, írókréta-hoz hasonló megjelenésű mészkőbe ágyazódó, alsó-kréta, kékesszürke radioláriás tüzkövet az őskorban bizonyítottan bányászták (Bácskay 1980, 1986). Egyetlen mintánkat az elhanyagolt állapotú kovabánya kimozdult tömbjéből gyűjtöttük.

A Gerecse területén két térségben, összesen 8 ponton történt a mintagyűjtés (**3. ábra**): a hegység nyugati peremén Szomód környékén, illetve a központi részen. Az Agostyán és Szomód közti katonai lőtérén, a Tüzkő-hegy felhagyott kőfejtőjében a szálban álló kőzet jelenleg csak kis foltokban hozzáférhető, de feltehetően gumós kifejlődésű (a beágyazó ammoniteszben gazdag mészkőben). A törmelékből a bányatalpon jórészt

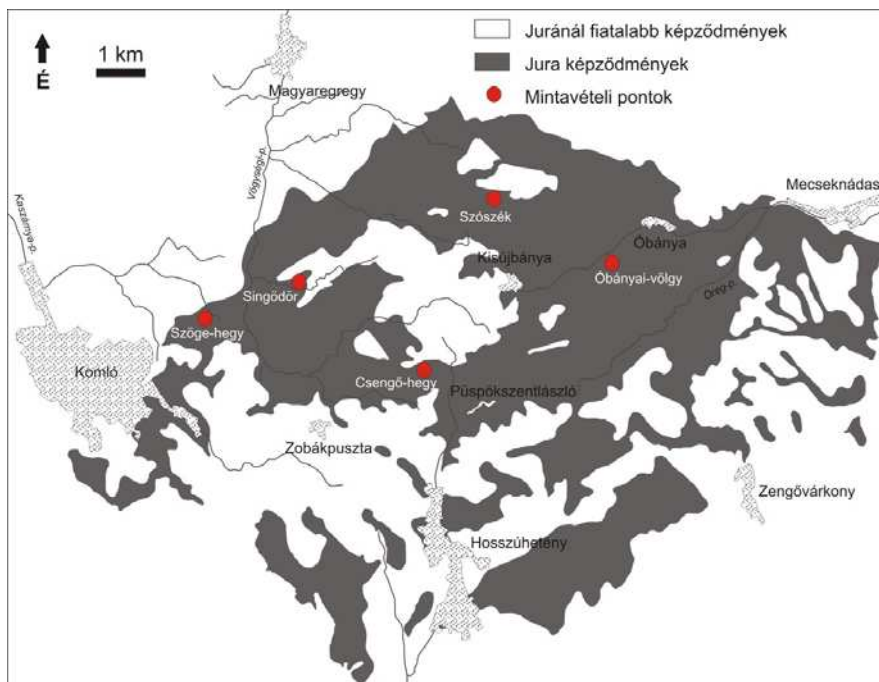
piszkosfehér, barna, vörösbarna és szürke-vörösbarna színváltozatokat gyűjtöttünk, míg a fejtés tetején fekete színű radiolarit is előfordul.

A hegység központi részén a Gerecse-hegy csúcsától ÉNy-i irányban, a platóról nyíló Tüzköves-zsomboly bejárata feletti feltárásban vörösbarna-húsvörös radiolarit figyelhető meg (Tüzköves-barlang). A kibontott bejárat felett 10-20 cm vastag rétegekben, míg a töbör környékén (valószínűleg a barlang bontásakor felszínre került) törmelékből kisebb gumók formájában vörösbarna radiolarit került elő. A Gerecse-hegy ÉK-i oldalában nyíló, felhagyott, majd újra művelt vörösmárványbányák talpán, a törmelékben szintén előfordulnak kisméretű radiolaritdarabok, amelyek valószínűleg a vörös mészkő feletti, ma már nem vizsgálható rétegekből származnak.

Mecseki radiolaritok

A Mecsekben a jura Fonyászó Mészkő Formáció mészkővébe és kovás mészkővébe ágyazódó vörösbarna-zöldessárga, vékonyréteges radiolarit vagy annak lencsési fordulnak elő (a mészkővel együtt 20-25 m vastagságú a képződmény) (Gyalog & Császár 1996).

A Mecsek hegységben a mintavételezés (11 db) a következő helyszíneken történt (**4. ábra**). Hosszúheténytől északra, a csengő-hegyi feltárásban a jura (callovi–oxfordi, esetleg kimmeridgei) tüzkőlencsés mészkőben található sötétvörös, tömött, masszív, rideg radiolaritrétegeket mintáztuk meg.



4. ábra:
A Mecsek hegység átnézetes földtani térképe a jura képződmények kiemelésével, és a radiolarit mintavételi helyekkel

Fig. 4.:
Simplified geological map of Mecsek Mts with the indication of Jurassic formations and the sampling localities of radiolarite

A Kisújánya–Óbánya között húzódó patak völgyben, a Bodzás-forrásnál a jura (oxfordi–kimmeridgei) rózsaszín-halványvörös mészkőben elszórta néhány cm-es vörös radiolaritgumók található. Szálfeltárásban egy 2-3 méter vastag, fehér mészkőbe ágyazódva zöldesszürke, 1-8 cm-es (az 5 cm-t csak ritkán meghaladó) kovagumók fordulnak elő, amelyek a pataktörmelékéből is gyűjthetők. Kisújányától É-ra, a Szószék környékén a vörös radiolarit több helyen is felszínre bukkan mészkőbe ágyazódó lencsékben. A radiolarit – amennyiben ép – nagyon jó minőségű, tömött masszív, rideg. Komló–Szilvásnál, a Szöge-hegy nyugati oldalában kovás mészkőtörmelék, illetve vörös kovátörmelék és erősebben kovás sávokat tartalmazó világos mészkő található. A Zobápuszta–Magyaregregy közötti útból nyíló Síngödörnél fehér alsó-kréta vastagpados zöldesszürke kovagumós mészkő feltárása látható. Ugyanitt a völgyben az oxfordi–kimmeridgei vöröses-rózsaszínes vörös tüzkes mészkőben zöldesszürke kovagumók fordulnak elő, míg az alsó jura függőleges pados rétegzésű mészkőből törmelékes radiolarit gyűjthető.

Bükki radiolaritok

A Bükk hegységi radiolarit előfordulások a középső–felső-jura Bányahegyi és Csipkéstetői Radiolarit Formációkhoz köthetők (**1. ábra D területe**). A Bánya-hegyen és környékén a vékonyréteges tarka (lila, vörös, barna, szürke, fehér) radiolarit radioláriás palával, mészkővel váltakozik (kallovi–oxfordi; Gyalog & Császár 1996; Gyalog et al. 2003). A Csipkéstető környékén előforduló változat sötétszürke–zöld, vékonyréteges radiolarit, amely palás aleurolit mátrixban alkot kisebb-nagyobb testeket, de néhány méternél vastagabb rétegződései nem fordulnak elő (Gyalog & Császár 1996; Gyalog & Budai 2004). Az egyetlen vételezett mintánk Felsőtárkány É-i határában, a faluvégi parkoló mészkő feltárásába ágyazódó, gyenge minőségű vörös radiolarit. A bükki radiolarit megmintázási hiányának oka, hogy elterjedése a régészeti anyagban lokális, a regionális nyersanyag használatban nincs szerepe (Vértes 1965), így a nyersanyag kutatásban sem kapott kellő figyelmet.

Fehér-kárpáti radiolarit

Az összehasonlító anyagnak választott 'kárpáti radiolarit' (Fehér-Kárpátok) előfordulásai a Pienini takaróövben található, amely a Nyugati-Kárpátokban egy mintegy 600 km hosszú, keskeny (legfeljebb 20 km széles) zónát képez (a Bécsi-medencétől a Fehér-Kárpátokon és a lengyel Pienini-hegységen át az ukrán határvidékig) (Cheben & Cheben 2010). A Pienini takaróöv összetett, több tektonikus egységet magába foglaló, középső-jura–felső-kréta kőzetekből álló képződmény, amelyben középső–felső-jura

radiolaritok fordulnak elő (oxfordi–kallovi–kimmeridgei Czajakowa Radiolarit Formáció), főként mélytengeri gumós mészkőbe ágyazódva (oxfordi vörös Kamionka és zöld Podmajerz radiolarit, oxfordi–kimmeridgei vörös Buwald radiolarit) (Birkenmajer 1960, 1977, 1986). Az összehasonlító vizsgálatokban a Michael Brandl és társai (2014) által publikált kis-kárpátoki minták (Vlára Bolešov/Bolesó, Tri kopce; Vršatské Podhradie/Oroszlánkő; mindkettő okr. Ilava/Illavai járás, kraj Trenčín/Trencsenyi kerület) szerepelnek (8 minta). A lelőhelyek a Fehér-Kárpátok Kobilinác elnevezésű északi részén, a cseh-szlovák határ közelében, a Vlára (a Vág mellékfolyója) mentén található (**1. ábra E területe**), ahol a nyersanyag őskori bányászatának nyomait is megtalálták (Cheben & Illášová 1997).

Wien Mauer (alpi) radiolarit

Az összehasonlító anyagnak választott 'alpi' radiolarit típus, a Bécsi-erdő (Wienerwald) keleti peremén található Wien Mauer radiolarit képződmény (**1. ábra F területe**) a St. Veit-i tektonikus takaró része (Penz 2007). A takaróöv flisképződményeiben felső-jura (titon) – alsó-kréta (neokom) mészkő, agyagpala, márga és homokkő váltakozik. A tarka mészkőben kis kiterjedésű, középső-jura radiolarit testek található, amelyek a nyugati-kárpátoki Pienini takaróöv hasonló képződményeihez sorolhatók (Janoschek et al. 1954, Bechter et al. 2010, Trnka 2011). Az összehasonlító vizsgálatokban a Michael Brandl és társai (2014) által publikált Antonshöhe-i minták szerepelnek (5 minta). A Bécs 23. kerületében található kisebb hegy oldalában egykor bányahely mélyült, őskori használata igazolt (Trnka 2011).

Bosnyák radiolaritok

A bosnyák radiolaritok a Dinári Ofiolit Zóna tektonikus takarórendszerének részei, amely Zágrábtól Albániáig húzódik (Pamić 1977, Dimitrijević & Dimitrijević 1975, Dimitrijević 1997, Pamić et al. 2002, Karamata et al. 2004, Hrvatović 2005). A középső–felső-jura mélytengeri magmás-üledékes ofiolit összlet kovagazdag mélyvízi üledékeit képviselik a radiolaritok, amelyek grauwackéval, agyagpalával váltakozva települtek az ultrabázisos-bázisos képződmények közé (Herak 1986). Az összlet jelen formájában egy kréta korú tektonikus melanzot képez, ahol a jellemző kőzettípusok egy agyagos-kőzetlisztes mátrixba ágyazva, törmelékes formában vannak jelen. A legkevésbé zavart, összefüggő radiolarit települések Nemila–Bistričak környékén (a Bosna folyó mentén), valamint a Borja és Uzlo mac hegységekben táródnak fel (Hrvatović 2005, Vishnevskaya & Djerić 2009, Vishnevskaya et al. 2009).

A Bosznia-Hercegovina területéről gyűjtött 21 minta a Száva-mellék dombvidékéről, részben a

Banja Lukától (Maslovare) és részben a Dobojtól keletre eső térségből (Bosna folyó mentéről) származik (**1. ábra G területe**). Maslovare–Teslic lelőhelyen a műút bevágásában >20 m vastagságú, középső–felső-jura, jellemzően bordó és vörös színű, alárendelten szürkés radiolarit fordul elő (Vishnevskaya & Djerić 2009, Vishnevskaya et al. 2009). Egy helyen breccsaszerű, lejtősen áthalmozott, osztályozatlan radiolarit- és mészkőtömbök között a magyarországiakra emlékeztető színű változatok is előfordultak. Stanić Rijeka (Dobojtól Gračanica felé vezető műút) felhagyott köfőjtőjében rétegzett kovagumós felső-kréta (maastrichti) mészkőben élénk-vörös színű, makroszkóposan a szentgáli típusra emlékeztető radiolarit fordul elő (Vishnevskaya & Djerić 2009, Vishnevskaya et al. 2009). Gračanicától DK-re a műút bevágásában tektonikusan zavart (függőleges rétegzésű) mészkőben felső kréta, gumós, vöröses radiolarit, illetve világosszürke kalcedonos kőzet fordul elő. A Bosna folyó mentén (Kožuhe, Vranjak, Modriča) a folyóvízi üledékben másodlagos, bordó-vörös, illetve szürke és sárgáspiros radiolarit kavicsanyag formájában fordul elő.

Módszerek

Az anyagvizsgálat kiindulópontja a makroszkópos vizsgálat, ez a könnyen elérhető módszer a fenotípusok rendszerének is alapja. Következő lépésként a makroszkópos megfigyeléseket sztereomikroszkópos felületi vizsgálatokkal egészítettük ki, amelyek már alkalmasak a kőzet szövetének és nagyobb méretű alkotóinak meghatározására (Altofer & Affolter 2010, Brandl et al. 2014, Brandl 2014b, Ciornei 2013, 2014). Polarizációs mikroszkópos vizsgálatokat nem végeztünk, de támaszkodtunk a korábbiakban a Litotéka gyűjtemény mintáin végzett vizsgálatokra és a belőlük publikált eredményekre (pl. Halbrucker et al. 2014), illetve egyéb publikált adatokra (Brandl et al. 2014).

Végezetül, a makroszkópos és mikroszkópos vizsgálatok adatait összevetettük a Budapesti Neutron Centrumban végzett roncsolásmentes PGAA mérések eredményeivel. A módszerrel mintavétel nélkül tudjuk mennyiségileg meghatározni a kőzetek tömbi („bulk”) anyagának legtöbb fő- és néhány nyomelem összetevőjét. A kovakőzetek esetében a SiO₂ tartalom általában 90% feletti, kivéve a karbonátos mintákat. Emellett néhány tized % koncentrációban fordulnak elő az alkáliák és a makroszkópos színért felelős elemek (Fe, Mn), a MgO sokszor kimutatási határ alatti mennyiségben van jelen (ezek közül a teljes vaskoncentrációt Fe³⁺ oxidjaként, azaz Fe₂O₃* formában adtuk meg). A nyomelemek közül a B, Cl, Gd, Sm mutatható ki a minták többségében. A budapesti PGAA berendezés leírását Szentmiklósi et al. (2010) adta meg, a koncentrációsámítás

alapjait Révay (2009) ismertette, a korábbi radiolarit mérések részletes eredményei Biró et al. (2009) cikkében olvashatók. Az általunk alkalmazott makroszkópos-mikroszkópos-geokémiai (PGAA) adatokon alapuló proveniencia analízis módszertanilag hasonlóságot mutat Brandl 2016-ban ismertetett MLA (Multi Layered Chert Sourcing Approach) módszerével.

Korábbi petrográfiai mikroszkópi kutatások eredményeinek összefoglalása

Ebben a fejezetben elsősorban olyan korábbi, a hazai és kárpáti vagy alpi radiolaritok anyagvizsgálatai eredményeiről adunk áttekintést, amelyekben vékonycsiszolatos mikroszkópi adatok szerepeltek. Mivel a jelen munkának ez a módszer nem képezte tárgyát, így a korábbiakban publikált eredmények hasznos adatokat szolgáltatnak az értelmezés és jellemzés során.

A Dunántúli-középhegységi radiolaritokról átfogó ismertetést Dosztály (1998) közölt. Az általa ismertetett szöveti megfigyelések szerint a Gerecséből származó minták jelentősen különböznek a bakonyi radiolaritoktól, mert eredetileg azoknál nagyobb mésztartalommal rendelkeztek és a kovásodás nem volt teljeskörű. A diagenetikusan átkristályosodott kovaanyagú radioláriák (és pszeudomorfozák) mellett a gerecei anyagban karbonátos kagylóhéj töredékek és kovásodott nannoplanktonok fordulnak elő. A Bakonyban a radiolaritok nagymennyiségű radiolária mellett erősen alárendelt mennyiségben szivacsstűt és bentosz foraminiferákat tartalmazhatnak. Az alapanyag nem mutatja áthalmazás jeleit, míg ez a gerecei vagy a bükki radiolaritokra jellemző. A mészvázú fossziliák gyér megjelenése (Bakony) vagy tömeges jelenléte (Gerece) alapján a radiolarit képződését a karbonát kompenzációs szint feletti zónába feltételezik. A mikroszkópi vizsgálatok a bakonyi radiolaritokban idősebb jura képződmények extraklasztjait is azonosították (Haas et al. 1984), ami jelzi a radiolarit képződési medencéjéhez közeli kiemelt területek jelenlétét.

A Bükk hegység radiolaritjairól Haas és társai (2013) közöltek mikroszkópos szöveti adatokat. Munkájukban mind a Bányahegy, mind a Csapkéstetői Radiolarit Formáció képződményei esetében gyenge megtartási állapotú, átkristályosodott, csak néhány esetben meghatározható radioláriákat említettek.

A hazai radiolaritokról néhány kiragadott minta esetében Halbrucker és társai (2010) közöltek mikroszkópi szöveti leírást. A Dunántúli-középhegységi radiolaritok esetében (Szentgál–Tüzköveshegy, Hárskút–Édesvízimajor, Hárskút–Közöskútiárok, Sümeg–Mogyorósdomb, Bakonycsérnye–Tüzkövesárok lelőhelyekről) a

kovás (ritkán kisorszt karbonátos) alapanyagban nagy változatosságot mutattak ki az eredeti radioláriavázak átkristályosodottságának mértékében és a kovás átítatódásban. Fontos megállapítás, hogy jól azonosíthatóak maradtak a radioláriavázak. A Mecseki radiolaritoknál (Magyaregregy–Somosi-csörge, Magyaregregy–Márévári-völgy, Kisújánya–Óbányai-völgy, Kisújánya–Kis-tuf, Hosszúhetény–Csengőhegy, Hosszúhetény–Szószék, Hosszúhetény–Dobogó, Komló–Szögehegy lelőhelyekről) az alapanyag nagyobb karbonáttartalmát emelték ki meghatározó szöveti tulajdonságként. Emellett a radioláriák megtartási állapota itt is változatos.

A kárpáti és alpi radiolaritokról Brandl és társai (2014) közöltek mikroszkópos leírást. A két típust nagyon hasonlóan írták le, fő fosszilis biogén alkotóként (50–70%) a 40–660 µm-es, Spumellaria típusú radioláriákkal (kékes kalcedon/moganit kitöltéssel). Emellett a Wien Mauer radiolaritokban jellegzetes, utólagos kalcit kitöltésű radiolária utáni pszeudomorfózák fordulnak elő. Jóval ritkébbak a szivacs-tűk-tüskék, azonban Brandl és Reiter (2008) vizsgálatai szerint az alpi radiolaritok kizárólag egyszugaras (monaxon) tüskéket tartalmaznak, míg a kárpátiakban mind az egy-, mind a soksugaras tüskék előfordulnak. Egyéb fossziliák a kárpáti radiolaritokban a szivacs váztöredékek, esetenként süntüskék. A fentiek mellett mindkét radiolarit típusban meghatározatlan tengeri törmelékes elegyrészek jelennek meg a kovás mátrixban. A mátrix a kárpáti típusban kriptokristályos, míg az alpi mikro-kriptokristályos.

A bosnyák radiolaritokról nem áll rendelkezésünkre publikált mikroszkópos leírás. A szakirodalom alapján (Vishnevskaya & Djerić 2009, Vishnevskaya et al. 2009) a szűkebb régióból származó (Maslovare környéke, Uzlomac-hegység) radiolaritokból közepes megtartású radioláriákat írtak le. Emellett azonban a szintén közeli, a szerb határ menti radiolarit lelőhelyeken (Zlatibor-hegység, Nova Varos közelében) a kőzetalkotó radioláriák teljesen átkristályosodtak mikrokvarc anyagú pszeudomorfózákká, megtartási állapotuk rossz (Gawlik et al. 2017a, 2017b).

Eredmények

Sztereomikroszkópos szöveti vizsgálatok

A sztereomikroszkópos szöveti vizsgálatokat régióként és típusonként ismertetjük korábbi tanulmányok (Altofer & Affolter 2010, Brandl et al. 2014, Brandl 2014b) módszereire alapozva, és kiemelve az adott típuson belül mutatkozó egységességet vagy eltéréseket. Az alapadatokat a **2. táblázat** összesíti. A szöveti leírás során Dunham (1962) karbonátos kőzetekre kidolgozott nevezékτανát alkalmaztuk.

A sztereomikroszkópos szöveti vizsgálatok felhívják a figyelmet néhány regionális vagy akár típus szintű jellemzőre, amely elkülönítő bélyeg lehet a későbbiekben a radiolarit patintott kőszeközök azonos léptékű szöveti vizsgálatánál. Az első jellemző az egyértelműen karbonátosabb alapanyag a mecseki nyersanyagok esetében, amelyet azonban csak a Mecseki sűrű radiolaritok esetében lehet egyértelműen kimutatni az egyszerű, híg sósavval (vagy ecetsavval) történő cseppentéssel. Ehhez szükséges, hogy a kovaanyag felszínén ne legyen semmilyen szennyezés, amely esetleg félrevezető eredményt adna. A második jellemző a radioláriák megtartási állapota, amely a Dunántúli-középhegységi radiolaritok esetében a legváltozatosabb: eredeti, fehér színű kovaanyag (csak a Szentgáli típus esetében fordul elő), teljesen átkristályosodott radiolária utáni formák (változatos pszeudomorfózák, áttetsző kalcedonos vagy fehér-sárga mikrokristályos kvarc), illetve vas vagy mangán átítatású, fekete pszeudomorfózák (szintén a Szentgáli típusra jellemző). A Mecseki radiolaritokban kizárólag átkristályosodott radiolária utáni formák fordulnak elő. A Bükki radiolaritban sztereomikroszkóppal nem azonosítható radiolária, ami a tektonikusan nyírt szövetrel együtt bizonyítja a kőzetalkotó fossziliák jelentősebb mértékű átkristályosodását (illetve jelezheti akár azok teljes feloldódását is). A harmadik jellemző a radioláriák mennyisége, amely a legtöbb vizsgált típusnál gyakori, azonban a Gerecsei, részben a Hárskúti és a Bosnyák radiolarit típusoknál tömeges (viszonylagos gyakorisági elnevezések Flügel 1982 alapján). A radioláriák mellett előforduló fossziliák hasonlóak a Dunántúli-középhegységben és a Mecsekben (egy- és többsugaras szivacs-tüskék, tengerisün tüskék, esetleg bryozoák(?) vagy echinodermata(?) héjtöredékek), azonban a Mecsekben ezek aránya nagyobb. A radiolaritok sztereomikroszkóp alatt vizsgálható szövete hasonlóan tekinthető (tömött, áttetsző, vörös-világosszürke packstone-wackstone) a Hárskúti, Gerecsei, Bükki és Bosnyák típusok kivételével, amelyek nem vagy csak gyengén áttetszők ebben a léptékben.

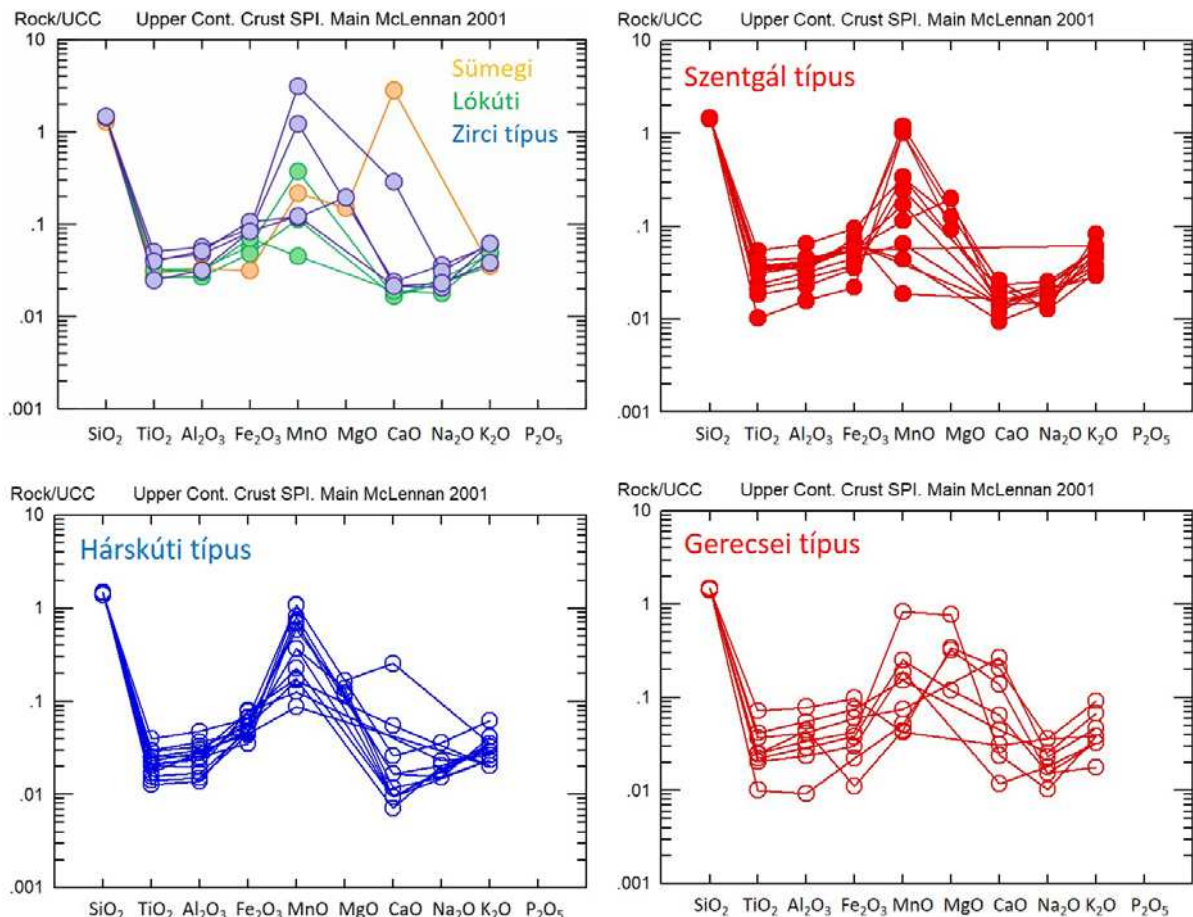
Az alpi és kárpáti radiolaritok Brandl et al. (2014) eredményei szerint a Mecseki típushoz hasonlóan jól felismerhető, de átkristályosodott radiolária pszeudomorfózákat tartalmaznak, melyek az alpi radiolaritokban akár utólagos karbonátkitöltést is kaphattak. Ezek mellett szivacs-tűk maradványai fordulnak elő. A bosnyák radiolaritok egy részéről (Maslovare környéke, Uzlomac-hegység) Vishnevskaya és Djerić (2009) közölt adatokat. Publikációjukban közepes megtartású radioláriák jellemzik ezt a kőzetet. Az általunk vizsgált 21 mintából kétféle szöveti típus azonosítható, egy karbonátmentes és egy karbonátos. A karbonátmentes típus (leginkább a Maslovare környéki, jura kori minták jellegzetesek)

nagymértékben hasonlít a Gerecsei típusra, mivel opak alapanyagában tömegesen tartalmaz átkristályosodott radioláriákat. A karbonátos típus csak Stanić Rijekán fordul elő, ott viszont mészvázú plakton foraminiferák a jellegzetes kísérői a gazdag radiolária faunának.

Geokémiai vizsgálatok

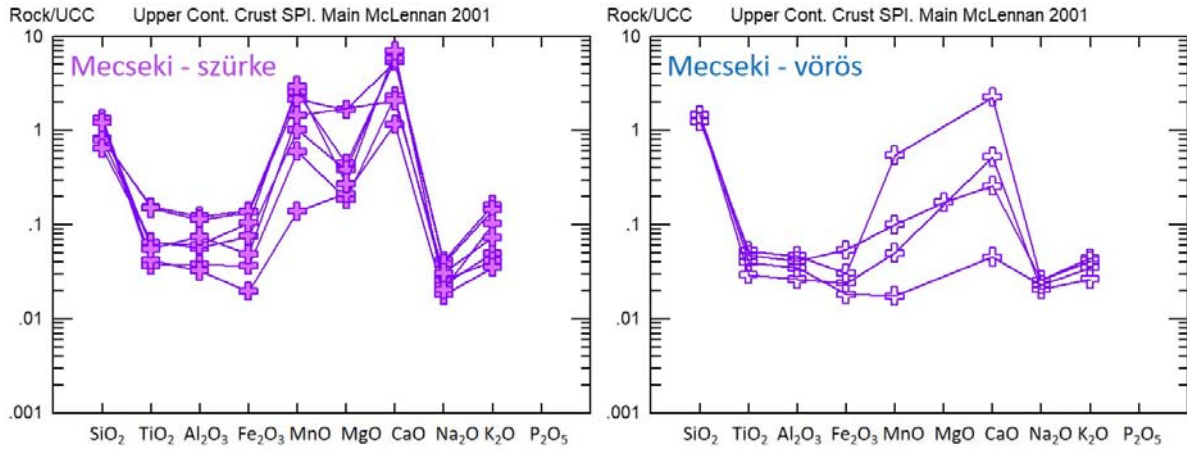
A prompt-gamma aktivációs analízis eredmények a **3. táblázatban** összesítve szerepelnek a minimum, maximum és átlag fenotípusonként számított értékeinek megadásával. A nyers adatok egy részét Biró és társai (2009) közzétették. A kémiai elemzések felső kontinentális kéregre (Upper Continental Crust, UCC, a geokémiában általánosan elfogadott referencia összetétel átlagértékeire) normált főelem eloszlási diagramjai a következő módon jellemezhetők.

A Dunántúli-középhegységi radiolaritok főelem eloszlásának (**5. ábra**) közös jellemzője a növekvő trend a terrigén alkotók eloszlásában ($\text{TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3^*$), a változékony MnO-, az általában kis CaO-tartalom és a kis alkália koncentráció. Emellett a MgO csak az esetek felében haladta meg a kimutatósi határt. A csoporton belül a legegységesebb összetételt a Hárskúti típus mutatja, amelyre szűk $\text{TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3^*$ koncentráció tartomány és nagyobb MnO-tartalom jellemző. Szintén viszonylag szűk elemeloszlási mintázattal írható le a Szentgáli típus, bár itt a MnO-tartalom már nagyobb szórást mutat (a típuson belül a Szentgálról származó minták MgO- és MnO-tartalma minden esetben magasabb volt a Városlódról gyűjtött mintákénál). Viszonylag hasonló mondható a Zircről gyűjtött, Dunántúli-középhegységi egyéb típusú radiolaritokról is, ahol egyetlen kiugróan nagy CaO-koncentráció okoz eltérést (az ugyanazon ábrán bemutatott Sümegi típusú radiolarit még nagyobb CaO-tartalmú).



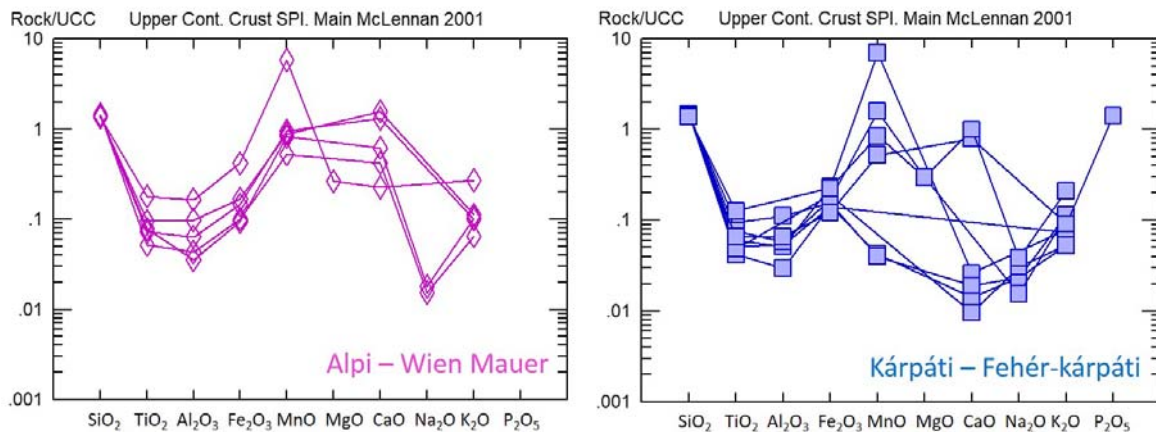
5. ábra: A Dunántúli-középhegységi radiolarit nyersanyagok főelem eloszlási diagramjai felső kontinentális kéreg (Upper Continental Crust, UCC) referenciaértékre normálva

Fig. 5.: UCC (Upper Continental Crust) normalized major element distribution diagrams of radiolarite raw materials from the Mid-Danubian Central Range



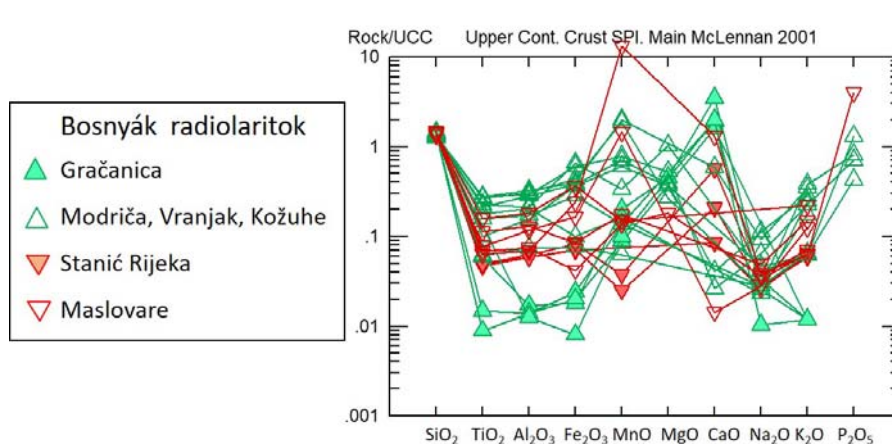
6. ábra: A Mecseki radiolarit nyersanyagok főelem eloszlási diagramjai felső kontinentális kéreg (Upper Continental Crust, UCC) referenciaértékre normálva

Fig. 6.: UCC (Upper Continental Crust) normalized major element distribution diagrams of radiolarite raw materials from the Mecsek Mts



7. ábra: Az alpi (Vienna Mauer) és kárpáti (Fehér-Kárpátok) radiolarit nyersanyagok főelem eloszlási diagramjai felső kontinentális kéreg (Upper Continental Crust, UCC) referenciaértékre normálva

Fig. 7.: UCC (Upper Continental Crust) normalized major element distribution diagrams of radiolarite raw materials from the Alps (Vienna Mauer) and the Carpathians (White Carpathians)



8. ábra:
A bosnyák radiolarit nyersanyagok főelem eloszlási diagramjai felső kontinentális kéreg (Upper Continental Crust, UCC) referenciaértékre normálva

Fig. 8.: UCC (Upper Continental Crust) normalized major element distribution diagrams of radiolarite raw materials from Bosnia and Herzegovina

A bakonyi nyersanyagokhoz képest a Gerecsei típus közeleti szélesebb tartományban szóródnak. Ez különösen jellegzetes a $\text{TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3^*$ elemek, de részben az alkáliák esetében is.

A Mecseki radiolaritok főelem eloszlására (6. ábra) egyértelműen jellemző a nagy CaO-tartalom, a csökkenő trend a terrigén alkotók eloszlásában ($\text{TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3^*$) és a kis alkália koncentráció. A MgO az esetek többségében kimutatható. Emellett itt is változékony a MnO-tartalom. A csoporton belül nagyobb vas- és MnO-tartalom jellemzi a szürke típust (bár átfedés mutatkozik a koncentrációtartományban a vörös mintákkal), illetve ezek a minták mind karbonátosak ($\text{CaO}>5$ w%, átlagosan >17 w%).

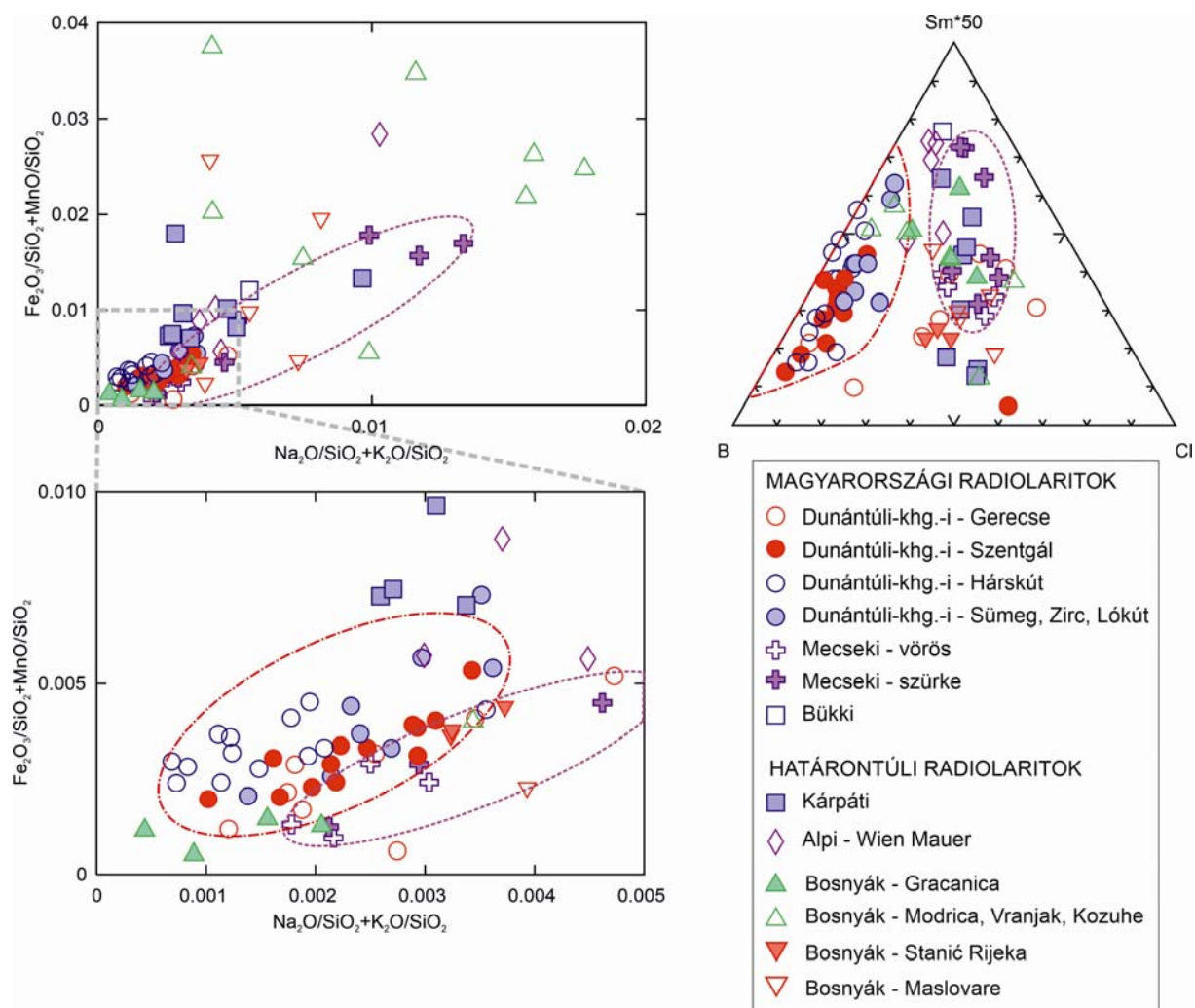
A határon túli radiolaritok főelem eloszlása (7-8. ábra) változatos. Az alpi Wien Mauer radiolaritra kis (többségében kimutatási határ alatti) MgO-koncentrációval kísért közepes CaO-tartalom jellemző, amely eltér a közepes-nagy CaO-tartalmú Mecseki szürke típusétól. A terrigén alkotók eloszlásában ($\text{TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3^*$) mutatkozó növekvő trend a Dunántúli-középhegységi radiolaritokéhoz hasonló, azonban a Na_2O -tartalom azok alatt marad. A Kárpáti radiolaritok kis-kárpátoki típusa CaO-szegény és közepes CaO-tartalmú csoportra bontható. Emellett hasonló (növekvő) terrigén elem mintázatot mutat a Dunántúli-középhegységi és Wien Mauer radiolaritokhoz. A Na_2O -koncentráció nagyobb az alpinál, hasonló a Dunántúli-középhegységihez, a MgO-tartalom viszont nagyrészt a kimutatási határ alatt volt, ami az alpihoz hasonló. A bosnyák radiolaritok főelem eloszlása (8. ábra) jelentősen nagyobb szórást mutat bármelyik másik mért mintacsoportnál. A kémiai változékonyság egy része magyarázható a kőzetminőséggel (CaO, Al_2O_3), mivel a mintavételkor nem kizárólag a jól pattintható anyagok lettek kiválasztva. A Gračanica-ról származó radiolaritok egyértelműen nagy CaO, mérsékelt MgO és ezzel párosuló kis TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3^* és alkália-oxid koncentrációja a nagy karbonáttartalommal magyarázható. Jóval mérsékeltőbb karbonáttartalmat, de hasonló trendet mutatnak a Stanić Rijeka-i minták. A két, alsó-kréta képződményeket feltáró lelőhely a Bosna felső folyásvidéke mentén helyezkedik el. A Bosna alsóbb szakaszának (Modriča, Kožuhe, Vranjak) törmelékes anyagában megjelenő radiolaritok azonban nem mutatják az előbbi kémiai jellegeket, hanem egyértelműen karbonátmentesek és nagyobb TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3^* és alkália-oxid koncentrációkkal jellemezhetők. Ez alapján feltehető, hogy a törmelékanyag nem vagy nemcsak a Gračanica és Stanić Rijeka környéki alsó-kréta korú forrásokból származhat, hanem annál tágabb

régióból és változatosabb radiolaritos képződmények lepusztulásából ered.

Az eredményeket kétváltozós diagramokban megjelenítve és értelmezve egyes elem párok határozott pozitív korrelációt mutatnak, így az Al_2O_3 és $\text{K}_2\text{O}/\text{Fe}_2\text{O}_3^*/\text{TiO}_2/(\text{Na}_2\text{O})$. Emellett negatív a korrelációja a SiO_2 -nak minden más elemmel, de különösen az $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}/\text{CO}_2$ -vel. Ezek a tendenciák elsősorban a kőzetminőségre utalnak, a kova, a karbonát és az agyagásványok változó arányai miatt. Más elemek, például az Al_2O_3 és CaO/CO_2 , vagy Fe_2O_3^* és MnO, vagy CaO és MgO között nem mutatkozik direkt kapcsolat. A kétváltozós diagramok alapján az elkülönítésre leginkább használható elemek a Cl, B, Na, Mn, Ti, K, Gd, Sm voltak.

A megvizsgált radiolarit kőzetminták a mintavétel és a földtani-kőzettani adottságok miatt változatos összetételt mutattak. Az azonban elmondható, hogy a hazai radiolarit nyersanyagoknak (a szürke mecseki mintáktól eltekintve) kisebb a kémiai változékonysága, mint a kárpáti, osztrák vagy kiváltképp a bosnyák nyersanyagoknak. Ez annak ellenére így van, hogy a mecseki minták a nagyobb karbonáttartalom miatt változatosabbak. A határon túli radiolaritoknak mind a makroszkópos szint meghatározó vas- és mangán-, mind pedig az alkáliatartalma széles határok között változik (a vasnak elsősorban az oxidációs állapota játszik szerepet a színben, nem pedig a mennyisége). Emellett a nyomelem tartalomban sem tekinthetők egységesnek a megmintázott szlovákiai, bosnyák és ausztriai radiolaritok.

A magyarországi radiolarit nyersanyagok két fő (dunántúli és mecseki) forrása több tekintetben is elkülönül egymástól, annak ellenére, hogy átfedés a kémiai összetételben általában megfigyelhető (9. ábra). Alapvető különbség a két régió között a Dunántúli-középhegységre jellemző alacsonyabb CaCO_3 -tartalom és a kisebb kémiai változékonyság. Kiváltképp a szürke mecseki radiolaritok mutatnak kiugró értékeket számos elem tekintetében. A mecseki radiolaritokra nagyobb alkália-, Al_2O_3 -, TiO_2 - és ritka földfém (RFF)-tartalom jellemző, mint a bakonyi és gerecsei kőzetekre. A makroszkóposan szürke színű mecseki radiolaritok nagyobb Fe_2O_3^* ($>0,5$ w%) és MnO ($>0,4$ w%) tartalmúak, mint a vörös mecseki kőzetek ($\text{Fe}_2\text{O}_3^* < 0,3$ w%, MnO $< 0,4$ w%). A Dunántúli-középhegységi radiolaritok általában kisebb Cl (< 30 ppm, kivéve a Gerecsei típust) és nagyobb B-tartalmúak (> 40 ppm, kivéve az egyéb típust és néhány Gerecsei típusú mintát), mint a mecsekiek (Cl > 30 ppm, B < 40 ppm).



9. ábra: A vizsgált radiolarit nyersanyagok mellék- (Fe, Mn, Na, K) és nyomelem (B, Cl, Sm) összetételén alapuló diszkriminációs diagramjai

Fig. 9.: Minor (Fe, Mn, Na, K) and trace element (B, Cl, Sm) based discrimination diagrams of radiolarite raw materials

A Dunántúli-középhegység különböző eredetű radiolaritjai között a nyomelem-tartalomban van különbség (**9. ábra**): a Szentgáli típusra nagyobb B- és kisebb RFF-tartalom ($B > 35$ ppm, $Sm = 0,1-0,6$ ppm), míg a Sümegi és egyéb típusokra nagyobb RFF és kisebb B-tartalom ($B < 35$ ppm, $Sm = 0,4-0,8$ ppm) jellemző. A gerecsei radiolaritokban a nagyobb Cl tartalom (> 10 ppm) jellemző.

A kárpáti és alpi radiolaritok, illetve a bosnyák minták túlnyomó része (a Gračanica-i lelőhely közetének kivételével) egyértelműen nagyobb vas- ($Fe_2O_3^* > 0,5$ w%) és mangántartalmú ($MnO > 0,06$ w%), a bosnyák mintáknál széles tartományban szórnak) a magyarországi forrásokhoz képest (a Mecseki szürke típus kivételével) (**9. ábra**). Az alpi radiolarit nagyobb RFF ($Sm = 0,6-3$ ppm) és ezzel párosuló kis B (20–35 ppm) koncentrációival különül el a többi nyersanyagtól.

A bosnyák radiolaritok közül a Gračanica-ból származó minták egymáshoz egyértelműen hasonló összetételűek, illetve kémiai összetételében elkülönülnek a többi bosnyák mintától. Ez a $CaCO_3$ -tartalomban, illetve a kis alkália, Al_2O_3 , $Fe_2O_3^*$ és TiO_2 tartalomban mutatkozik meg. Hozzájuk képest a szintén alsó-kréta korú Stanić Rijeka-i minták kissé nagyobb koncentrációértékeket mutatnak a fent említett elemekben, míg a Maslovare-i jura, illetve még inkább a Bosna-menti törmelékes eredetű radiolaritok (Modriča, Kozuhe, Vranjak) kémiai összetétel adatai széles tartományban szórnak. Nyomelem tartalomban (B, Cl, Sm, lásd a **9. ábrán**) a Stanić Rijeka-i minták képezik a legszűkebb tartományt, viszonylag elkülönülve a magyarországi nyersanyagoktól. A bosnyák jura radiolaritok (Maslovare) átfednek a mecseki mintákkal, míg az alsó-kréta Gračanica-i és a törmelékes típusok jelentősen átfednek a legtöbb

magyarországi radiolarit típus összetételével (a Szentgáli típust kivéve).

Értékelés: a mikroszkópos szöveti vizsgálatok összevetése a geokémiával

A mélytengeri kovaközetek (radiolaritok, radioláriás kovaközetek) geokémiájáról rövid összefoglalást korábban Biró et al. (2009) közölt. Ennek alapjaira támaszkodva a geokémiai adatok feldolgozása során a biogén (élő szervezetek életműködése), a terrigén (szárazföldről és a sekélytengeri régióból történő törmelékanyag behordódás) és a hidrotermális tényezők (óceánaljzatban és a medencefenéken lejátszódó hidrotermális események) kapcsolatrendszerében értékeltük az elemdúsulási vagy -szegényedési mintázatokat (Halamić & Goričan 1995, Halamić et al. 1999, Matsumoto & Ijima 1983, Sugisaki 1984, Brandl et al. 2011).

A radiolaritok kovaanyagát a tengeri kovavázú élőlények vázelemei (pl. radiolariák, kovasün túske, kovaszivacsstű) adják, azonban ezek nem, vagy csak részben maradnak meg eredeti formájukban, mert a diagenezis során feloldódnak és a SiO₂ anyag újrakristályosodik. A tengeri kovaközetek diagenezisekor eközben jelentős elemfrakcionálódás és -mobilizálódás történhet (Reich & van Rad 1979, Ruiz-Ortiz et al. 1989, Ledevin et al. 2014), amely folyamatok során a SiO₂ kicserélődik mangánnal, kalciummal, magnéziummal és foszforral (Murray 1994), illetve közben dúsulhatnak az alkáliák és a bór.

Az SiO₂ eloszlásának újrendeződése (oldódás-mobilizáció-kicsapódás) eredményezi a gumókba, lencsékbe történő koncentrációváltozást (pl. Heath 1974, Hesse 1988). A SiO₂-mobilizálódás mértékének megállapítására általában vékonycsiszolatos szöveti vizsgálatot végeznek. Vizsgálatunk során erre nem volt lehetőségünk, így az eredeti kovaanyag oldódásának-átkristályosodásának megítélésére a sztereomikroszkópos megfigyeléseket használtuk. Ezek azt mutatták, hogy a legkisebb mértékű SiO₂-mobilizálódás a Dunántúli-középhegység radiolaritjaiban figyelhető meg, míg a Mecsekben ennél nagyobb, a Bükkben pedig a legnagyobb, ahol a tektonikus folyamatok tovább erősítették a szöveti átrendeződést. A bosnyák radiolaritok esetében a Dunántúli-középhegységhez hasonló megtartási állapot viszonylag kismértékű SiO₂-mobilizálódásra utal. Az általunk sztereomikroszkóposan nem vizsgált, alpi és kárpáti minták esetében az irodalmi adatok hasonló átkristályosodási fokot jeleznek, mint a Mecseki típusnál.

A nagy tisztaságú SiO₂ (általában 80–99 w%, karbonátos változatoknál 40–89 w%) alapanyag mellett az esetek többségében csak 200–500 ppm-nyi összes nyomelem tartalom detektálható, amely

kihívást jelent analitikai szempontból. A szóba jöhető nyomelemek a Si helyettesítői (Al³⁺, Ti⁴⁺, Ge⁴⁺, Fe³⁺, P⁵⁺ (vegyértékpótlóként Li⁺, Na⁺, H⁺, K⁺); Faure 1998), póruster kitöltő elemi (pl. Ba, Mg, Sr, V, Rb; Milliken 2003) vagy ásványi szennyeződések lehetnek (Brandl et al. 2014, Brandl 2014b). A szint alapvetően meghatározó elemi szennyezők (Fe, Mn, Ni) az eddig publikált vizsgálatok alapján nem tekinthetők lelőhely-specifikusnak, elsősorban az egy mintán belüli jelentős koncentráció ingadozásaik miatt.

A radiolaritokban eddigiekben kimutatott jelentős kémiai hasonlóság a képződési környezetek (mélytengeri medencék) nagymértékű hasonlóságából adódhat. A kismértékű eltéréseket kell tehát keresnünk, amelyek az egyes részmedencék közvetlen környezetének jellemzői lehetnek (pl. a lokális terrigén behordódási források vagy lokális tenger alatti vulkáni gócpontok közelsége). Ez nyomon követhető az általunk vizsgált radiolarit mintákban. A Mecsek radiolaritjaira egyöntetűen jellemző a nagyobb terrigén komponens tartalom, ami arra utalhat, hogy a mélytengeri medencébe (medencerészekbe) közeli szárazföldi törmelékes anyagbeáramlás történt. Ez párhuzamba állítható a faunában megjelenő bentosz szervezetek (kovaszivacsok, tengerisünök) nagyobb arányával. A terrigén kémiai komponensek aránya jóval kisebb a Dunántúli-középhegység radiolaritjaiban, ami a szárazföldi behordódástól távolabb eső medencerészhez kötheti a képződésüket. Ezzel együtt a nyílttengeri környezetre erősebben utal az is, hogy a bentoszformák aránya kisebb.

A vastartalom pozitív korrelációja a terrigén komponensekkel és mangántól független eloszlása egyértelművé teszi, hogy ezen radiolaritok képződésénél a vas nem a vulkáni eredetű komponenshez kapcsolható, hanem a szárazföldi behordódás eredményeként dúsuló elem. A mangán, mint tenger alatti vulkáni tevékenységhez köthető elem nem mutat kapcsolatot semelyik elem eloszlásával, így koncentrációváltozásai akár másodlagos folyamatokat is tükrözhetnek.

A határon túli radiolarit nyersanyagok esetében Brandl és társai (Brandl et al. 2014, Brandl 2014b) szintén a terrigén elemek (Al, Ti), illetve részben a Cu és Zn elemek eloszlásában találtak olyan trendet, amely az Alpi és Kárpáti típus között különbséget tesz. Mindemellett megjegyezték, hogy az Alpi radiolarit típusba sorolható, de annak legkeletebbi előfordulása, a Wien Mauer radiolarit átmenetet képez a tipikus északi-mészki-alpi és a kárpáti nyersanyagok között.

A Dunántúli-középhegységi és Mecseki radiolarit fenotípusok között egyelőre nagyon finoman kimutatható különbségeket vázolhatunk fel. A roncsolásmentes módszerek eredményeinek

ötvözésével azonban egyre nyilvánvalóbb, hogy a képződési környezetek közötti kismértékű eltérések nyomon követhetők lesznek további, még részletesebb vizsgálatok elvégzésével. A bemutatott módszertan direkt módon alkalmazható a régészeti leletanyagra is, bár ott a felszíni elváltozások (pl. patina, betemetődési kéreg, kopás-használatnyomok) minden bizonnyal megnehezítik a sztereomikroszkópos vizsgálatot.

Összefoglalás

A radiolarit nyersanyagok komplex roncsolásmentes anyagvizsgálatával – amely a makro- és sztereomikroszkópos megfigyeléseket ötvözi a kémiai elemzés eredményeivel – új adatokat nyertünk a hazai és a környező régióban jelentős radiolarit pattintott kőszköz nyersanyagokról. A makro- és sztereomikroszkópos szöveti tulajdonságok a megfigyelhető fossziliatartalommal párosítva, illetve a kémiai összetétellel együttesen értékelve alkalmasak a nagyobb régiók és a fő fenotípusok elkülönítésére. A szöveti vizsgálatok közül a radioláriák megtartási állapota jellemző a kőzetet ért elemmobilizáció mértékére, így jó alapot nyújt a kémiai összetételi adatok értelmezéséhez. A geokémiai jellemzés így árnyaltabbá tehető, és kiemelhetővé válnak azok a kémiai markerek, amelyek régió vagy fenotípus specifikusak.

Köszönetnyilvánítás

Kutatásunk során a kárpáti és alpi radiolarit minták kémiai összetétel vizsgálata PGAA módszerrel az EU FP7 CHARISMA (Project No. 228330) TNA mérési pályázat keretében valósult meg. A terepbejárást és a mintagyűjtést, valamint a PGAA méréseket a CRO-14/2006. számú horvát-magyar Tét együttműködési pályázat, illetve az EU FP7 CHARISMA (Project No. 228330) TNA mérési pályázat támogatásával végeztük.

Irodalom

ALTOFER, K. & AFFOLTER, J. (2010): Die neolithischen Dolche aus dem Kanton Zürich. In: MATUSCHIK, I., STRAHM, C. et al. eds., *Vernetzung – Aspekte siedlungsarchäologischer Forschung*. LAVORI Verlag, Freiburg im Breisgau, Germany, 297–315.

BÁCSKAY, E. (1980): Zum Stand der Erforschung prähistorischer Feuersteinbergbau. In: WEISGERBER, Gerd ed., *5000 Jahre Feuersteinbergbau*. Bochum Deutschen Bergbau-Museum 179–182.

BÁCSKAY, E. (1984): Őskori tűzkőbányák a dunántúli középhegységben / Prehistoric flint mines in the Transdanubian Central Mountains. In: GÖMÖRI J. ed., *Iparrégészeti – Industrial Archaeology* II 11–24.

BÁCSKAY, E. (1986): State of affairs at Sümeg. In: BIRÓ, K.T. ed., *International Conference on Flint Mining and Lithic Raw Material Identification in the Carpathian Basin, Sümeg 1986*, Budapest, KMI Rota, 11–26.

BÁCSKAY, E. & BIRÓ, K.T. (2003): Nyersanyag, bányászat, kereskedelem. In: VISY, Zs. et al. eds., *Magyar Régészet az ezredfordulón (Újkőkor)*, Budapest, 118–123.

BÁNFFY, E. (1999): Újabb adatok a nyugat-dunántúli őskorának kereskedelmi és kulturális útvonalaihoz. *SAVARIA – A Vas Megyei Múzeumok Értesítője 1998-1999* 24/3 51–64.

BARABÁS, M. (1986): Upper Jurassic - Lower Cretaceous Radiolaria of the Mecsek Mountains. In: BIRÓ, K.T. (ed.), *International Conference on Flint Mining and Lithic Raw Material Identification in the Carpathian Basin, Sümeg 1986*, Budapest KMI Rota 131–140.

BARNA, J. & BIRÓ, K.T. (2009): Import leletek és nyersanyagok Sormás–Mántai-dűlő és Sormás–Török-földek lelőhelyeken. Import finds and raw materials from Sormás–Mántai-dűlő and Sormás–Török-földek. In: ILON, G. ed., *Mómsz* 6 279–294.

BÁRTA, J. (1961): K problematike paleolitu Bielych Karpat. *Slovenská Archeológia* 9 19–32.

BÁRTA, J. (1979): K problematike proveniencie surovin na vyrobu stiepanej kamennej industrie v paleolite Slovenska. *Slovenská Archeológia* 27 5–15.

BECHTER, D., TROPPER, P., KAINDL, R., LEITNER, W. & NUTZ, B. (2010): Mikro-Ramanspektrometrische Untersuchungen von ost- und südalpinem Silex (Gemstalt/Walsertal, Antonshöhe bei Mauer, Österreich; Val di Non, Trentino, Italien). *Mitteilungen der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft* 156 23–35.

BÉRCZINÉ MAKK, A. (1980): Szilvágyi (DNy-Magyarország) triász-jura mikrobiofáciések. *Földtani Közlöny* 110/1 90–103.

BIRKENMAJER, K. (1960): Geology of the Pieniny Klippen Belt of Poland. *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 103 1–36.

BIRKENMAJER, K. (1977): Jurassic and Cretaceous lithostratigraphic units of the Pieniny Klippen Belt, Carpathians, Poland. *Studia Geologica Polonica* 45 1–158.

BIRKENMAJER, K. (1986): Stages of structural evolution of the Pieniny Klippen Belt, Carpathians. *Studia Geologica Polonica* 88 7–32.

- BIRÓ, K.T. (1984): Őskőkori és őskori pattintott kőeszközeink nyersanyagának forrásai. *Archaeológiai Értesítő* **111** 42–52.
- BIRÓ, K.T. (1987): Comments on the distribution maps. In: BIRÓ, K.T. ed., *International Conference on Flint Mining and Lithic Raw Material Identification in the Carpathian Basin, Sümeg 1986*, Budapest, KMI Rota, 1–284.
- BIRÓ, K.T. (1988): Distribution of lithic raw materials on prehistoric sites. *Acta Archaeologica Hungarica* **40** 251–274.
- BIRÓ, K.T. (1998): *Lithic implements and the circulation of raw materials in the Great Hungarian Plain during the Late Neolithic Period*. Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest, 1–350.
- BIRÓ, K.T. (2004): Tata-Porhanyóbánya: the raw material of the stone artefacts. In: FÜLÖP É. & CSEH J. eds., *Die aktuellen Fragen des Mittelpaläolithikums. Tata, Tudományos Füzetek* **12** 77–90.
- BIRÓ, K.T. (2006a): The lithic finds from Szentgyörgyvölgy-Pityerdomb. *Antaeus* **28** 217–251.
- BIRÓ, K.T. (2006b): Über die Grenzen... Ergebnisse und Probleme der Herkunftsbestimmung des Rohmaterials von lithischen Funden im Südwestlichen Grenzgebiet Ungarns. In: TOMAZ, A. ed., *Od Sopota do Lengyela. Between Sopot and Lengyel, Annales Mediterranea* **11** 75–80.
- BIRÓ, K.T. (2009): Sourcing raw materials for chipped stone artifacts: the state-of-art in Hungary and the Carpathian Basin. In: ADAMS, B. & BLADES, B.S. eds., *Lithic Materials and Palaeolithic Societies*, Wiley & Blackwell Ltd. Oxford, 47–53.
- BIRÓ, K.T. & DOBOSI, V.T. (1991): LITOTHECA – *Comparative Raw Material Collection of the Hungarian National Museum*. Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest, 1–268.
- BIRÓ, K.T. & PÁLOSI, M. (1986): A pattintott kőeszközök nyersanyagának forrásai Magyarországon. *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1983-ról* 407–435.
- BIRÓ, K.T. & REGENYE, J. (1991): Prehistoric workshop and exploitation site at Szentgál-Tüzköveshegy. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **43** 337–375.
- BIRÓ, K.T. & REGENYE, J. (2003): Exploitation Regions and Workshop Complexes in the Bakony Mountains, Hungary. In: STÖLLNER, Th. et al. eds., *Man and Mining - Mensch und Bergbau*. Bochum, *Der Anschnitt - Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau* **16** 55–64.
- BIRÓ, K.T., DOBOSI, V.T. & SCHLÉDER, Zs. (2000): *LITOTHECA – Comparative Raw Material Collection of the Hungarian National Museum*. Vol. II Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest, 1–320.
- BIRÓ, K.T., ELEKES, Z., UZONYI, I. & KISS, Á. (2002): Radiolarit minták vizsgálata ionnyaláb analitikai módszerekkel / Investigation of Radiolarite Samples by Ion-Beam Analytical Methods. *Archaeológiai Értesítő* **127** 103–134.
- BIRÓ, K.T., SZILÁGYI, V. & KASZTOVSZKY, Zs. (2009): Új adatok a Kárpát-medence régészeti radiolarit forrásainak ismeretéhez. *Archeometriai Műhely* **VI/3** 25–43.
- BRANDL, M. (2010): Classification of rocks within the chert group: Austrian practice. *Archeometriai Műhely* **VIII/3** 183–190.
- BRANDL, M. & REITER, V. (2008): Erstellung einer Rohmaterialdatenbank auf Grundlage der Silexfunde der Paläolithstationen von Krems – Hundssteig und Krems – Wachtberg. *Archäologie Österreichs* **19/1** 43–49.
- BRANDL, M., HAUZERBERGER, C., POSTL, W., MARTINEZ, M.M., FILZMOSE, P. & TRNKA, G. (2014): Radiolarite studies at Krems-Wachtberg (Lower Austria): Northern Alpine versus Carpathian lithic resources. *Quaternary International* **351** 146–162.
- BRANDL, M. (2014a): The Multi Layered Chert Sourcing Approach (MLA). Analytical Provenance Studies of Silicite Raw Materials. *Archeometriai Műhely* **XI/3** 145–156.
- BRANDL, M. (2014b): Genesis, provenance and classification of rocks within the Chert Group in Central Europe. *Archaeologia Austriaca* **97-98** 33–58.
- CHEBEN, I. & CHEBEN, M. (2010): Research on radiolarites of the white Carpathian Klippen Belt. *Slovenská archeológia* **LVIII/1** 13–52.
- CHEBEN, I. & ILLÁŠOVÁ, L. (1997): Radiolarite mining pits in Blesov, Vlára Pass. In: SCHILD, R. SULGOSTOWSKA, Z. eds., *Man and Flint, Proceeding of the VIIth International Flint Symposium Warszawa – Ostrowiec Swietokrzyski September 1995*, Institute of Archaeology and Ethnology, Polish Academy of Sciences, Warszawa 57–63.
- CIORNEI, A. (2013): Raw-material sources, supply strategies and technological organization in the Palaeolithic from Valahian sector of the Moesian Platform. *PhD Thesis – English Abstract*, University of Bucharest, Bucharest, Romania, 54 p.
- CIORNEI, A. (2014): Microfacies analysis of cherts from Peștera-Dealul Guran site (Lower

Palaeolithic), Constanța County, Romania. *Pontica* **XLVII** 497–526.

DIMITRIJEVIĆ, D.M. & DIMITRIJEVIĆ, N.M. (1975): Ophiolitski melanz Dinarida i Vardarske Zone: Geneza i geotektonsko značenje. (Ophiolite mélangé of the Dinarides and the Vardar Zone: Genesis and its geotectonic importance) (in Serbian). *II godišnji znanstveni skup, Znanstvenisavjet za naftu JAZU, Sekcija za primjenu geologije, geofizike i geokemije, series A*, **5** 39–46.

DIMITRIJEVIĆ, M. (1997): *Geology of Yugoslavia*. Geological Institute, Gemini, Belgrade, 1–197.

DOSZTÁLY, L. (1986): The history of research of the Radiolaria in Hungary. In: BIRÓ, K.T. ed., *International Conference on Flint Mining and Lithic Raw Material Identification in the Carpathian Basin, Sümeg 1986 (1)* Budapest, KMI Rota, 145–148.

DOSZTÁLY, L. (1998): Jura radiolaritok a Dunántúli-középhegységben – Jurassic Radiolarites in the Transdanubian Range. *Földtani Közöny* **128** 273–296.

DUNHAM, R.J. (1962): Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: HAM, W.E. ed., *Classification of Carbonate Rocks, American Association of Petroleum Geologists Memoir* **1** 108–121.

FAURE, G. (1998): Principles and applications of geochemistry. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey, 1–625.

FLÜGEL, E. (1982): *Microfacies Analysis of Limestones*. Springer Berlin-Heidelberg, 588 p.

FÜLÖP, J. (1984): *Ásványi nyersanyagok története Magyarországon*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 179 p.

GALÁCZ, A. (1980): Bajocian and Bathonian ammonites of Gyenespuszta, Bakony Mts., Hungary. *Geologica Hungarica series Geologica* **16** 1–225.

GAWLIK, H.-J., DJERIĆ, N., MISSONI, S., BRAGIN, N.Y., LEIN, R., SUDAR, M. & JOVANOVIĆ, D. (2017a): Age and microfacies of oceanic Upper Triassic radiolarite components from the Middle Jurassic ophiolitic mélangé in the Zlatibor Mountains (Inner Dinarides, Serbia) and their provenance. *Geologica Carpathica* **68/4** 350–365.

GAWLIK, H.-J., SUDAR, M., MISSONI, S., SUZUKI, H., LEIN, R. & JOVANOVIĆ, D. (2017b): Triassic-Jurassic geodynamic history of the Dinaridic Ophiolite Belt (Inner Dinarides, SW Serbia). Fieldtrip Guidebook of the 13th Workshop

on Alpine Geological Studies, Zlatibor, Serbia. *Journal of Alpine Geology* **55** 167 p.

GÉCZY, B. (1968): Felsőliász ammonoideák Úrkútról. *Földtani Közöny* **98** 218–226.

GRONENBORN, D. (1994): Überlegungen zur Ausbreitung der bäuerlichen Wirtschaft in Mitteleuropa – Versuch einer kulturhistorischen Interpretation ältestbandkeramischer Silex-inventare. *Praehistorische Zeitschrift* **69** 135–151.

GYALOG, L. & BUDAI, T. eds. (2004): Javaslatok Magyarország földtani képződményeinek litosztratigráfiai tagolására. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002* 195–232.

GYALOG, L. & CSÁSZÁR, G. eds. (1996): *II. A rétegtani egységek rövid leírása. A negyedidőszaknál idősebb rétegtani egységek*. Magyar Állami Földtani Intézet Alkalmi Kiadványa, Budapest, p.187.

GYALOG, L., BUDAI, T., CHIKÁN, G., LESS, Gy., PELIKÁN, P., TULLNER, T., TURCZI, G., MAIGUT, V., GALAMBOS, Cs., HAVAS, G. (2003): Jelentés a „szénhidrogénkutatás térinformatikai alapú földtudományos adatrendszerének egységesítése” című szerződés teljesítéséről. *Kézirat*. Országos Földtani és Geofizikai Adattár.

HAAS, J., JOCHÁNÉ EDELÉNYI, E., GIDAI, L., KAISER, M., KRETZOI, M. & ORAVECZ, J. (1984): Sümeg és környékének földtani felépítése. *Geologica Hungarica series Geologica* **20** 1–353.

HAAS, J., PELIKÁN, P., GÖRÖG, Á., JÓZSA, S. & OZSVÁRT, P. (2013): Stratigraphic, facies and geodynamic settings of Jurassic formations in the Bükk Mountains, North Hungary: its relations with the other areas of the Neotethyan realm. *Geological Magazine* **150/1** 18–49.

HALAMIC, J. & GORIČAN, S. (1995): Triassic Radiolarites from Mts. Kalnik and Medvednica (Northwestern Croatia). *Geologica Croatica* **48/2** 129–146.

HALAMIC, J. & ŠOŠIĆ KLINDŽIĆ, R. (2009): Radiolarites and radiolarian cherts in Northern Croatia – a possible sources for the production of artifacts. *Archeometriai Műhely* **VI/3** 19–24.

HALAMIC, J., GORICAN, S., SLOVENEK, D. & KOLAR-JURKOVSEK, T. (1999): A Middle Jurassic Radiolarite-Clastic Succession from the Medvednica Mt. (NW Croatia). *Geologica Croatica* **52** 29–57.

HEATH, G.R. (1974): Dissolved silica and deep-sea sediments. In: HAY, W.W. ed., *Studies in Paleooceanography. Studies in Paleooceanography, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication*, SP20 2077–2093.

- HERAK, M.A. (1986): A new concept of the geotectonics of the Dinarides. *Acta Geologica* **6** 1–42.
- HESSE, R. (1988): Diagenesis #13. Origin of chert: Diagenesis of biogenic siliceous sediments. *Geoscience Canada* **15** 171–192.
- HRVATOVIĆ, H. (2005): Geological Guidebook through Bosnia and Hercegovina. Geological Survey of Bosnia and Hercegovina, Sarajevo, 156 p.
- JANOSCHEK, R., KÜPPER, H. & ZIRKL, E.J. (1954): Beiträge zur Geologie des Klippenbereiches bei Wien. *Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft* **47** 235–308.
- KARAMATA, S., VASIC, N., OLYJIC, J., VISHNEVSKAYA, V., MARCHENKO, T., YAKUSHEV, A., VUJNOVIC, L. & MICIC, V. (2004): The bedded chert sequence of the Uzlomac (Bosnia) and association formed at the continental slope beneath the Dinaridic Upper Triassic-Jurassic carbonate platform. *Bulletin Academie Serbe des Sciences et des Arts Classe des Sciences Mathematiques et Naturelles Sciences Naturelles* **128/42** 364–378.
- KONDA, J. (1973): Ammonitico rosso and radiolarites in the Transdanubian Central Mountains Jurassic. *Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **54** 423–427.
- KONDA, J. (1986): The Mesozoic siliceous rocks of the Transdanubian Mid-Mountains. In: BIRÓ, K.T. ed., *International Conference on Flint Mining and Lithic Raw Material Identification in the Carpathian Basin, Sümeg 1986 (1)* Budapest, KMI Rota, 165–169.
- KOZŁOWSKI, J.K., MANECKI, A., RYDLEWSKI, J. & VALDE-NOWAK, P. (1981): Mineralogico-geochemical characteristics of radiolarites used in the Stone Age in Poland and Slovakia. *Acta Archaeologica Carpathica* **21** 171–210.
- LECH, J. (1981): Flint mining among the early farming communities of Central Europe. *Przegląd Archeologiczny* **28** 5–55.
- LECH, J. ed. (1995): Catalogue of flint mines. *Archaeologia Polona* **33** 1–590.
- LEDEVIN, M., ARNDT, N., SIMIONOVICI, A., JAILLARD, E. & ULRICH, M. (2014): Silica precipitation triggered by clastic sedimentation in the Archean: New petrographic evidence from cherts of the Kromberg type section, South Africa. *Precambrian Reserach* **255** 316–334.
- MATEICIUCOVA, I. (2008): Talking Stones: The Chipped Stone Industry in Lower Austria and Moravia and the Beginnings of the Neolithic in Central Europe (LBK), 5700-4900 BC. *Dissertationes Archaeologicae Brunensis / Pragensesque* Brno, **4** 1–357.
- MATSUMOTO, R. & IJIMA, A. (1983): Chemical sedimentology of some Permo-Jurassic and Tertiary bedded cherts in Central Honshu, Japan. In: IJIMA, A., HEIN, J.R., SIEVER, R. eds., *Siliceous deposits in the Pacific Region. Developments in Sedimentology* **36** 175–192.
- MILLIKEN, K.L. (2003): Diagenesis. In: MIDDLETON, G.V. ed., *Encyclopedia of Sediments and Sedimentary Rocks*, Dordrecht-Boston-London, 2003, 214–218.
- MURRAY, R.W. (1994): Chemical criteria to identify the depositional environment of chert: general principles and applications. *Sedimentary Geology* **90** 213–232.
- NEMERGUT, A., CHEBEN, M. & GREGOR, M. (2012): Lithic raw materials at the Palaeolithic site of Moravany nad Váhom-Dlhá. *Anthropologie* **L/4** 379–390.
- OLIVA, M. (1991): Mladopaleolitická stanice s radiolaritovu industrii v Brně-Jundrové. *Acta Musei Moraviae* **76** 19–29.
- PAMIĆ, J. (1977): Geology, petrography and petrology of the Krivaja-Konjuh ophiolite complex in the central parts of the Dinarides, Yugoslavia. (in Croatian, with English summary) *Acta Geologica* **9** 39–135.
- PAMIĆ, J., TOMLJENOVIC, B. & BALEN, D. (2002): Geodynamic and petrogenic evolution of Alpine ophiolites from the Central and NW Dinarides: an overview. *Lithos* **65** 113–142.
- PELIKÁN, P. (1986): The Mesozoic siliceous rocks of the Bükk Mountains. In: BIRÓ, K.T. ed., *International Conference on Flint Mining and Lithic Raw Material Identification in the Carpathian Basin, Sümeg 1986 (1)*. Budapest, KMI Rota 177–180.
- PENZ, M. (2007): Die Bedeutung des Gemeindeberges in Wien 13, Ober St. Veit als jungsteineitlicher Siedlungsplatz. Fundort Wien *Berichte zur Archäologie* **10** 194–197.
- PŘICHYSTAL, A. (1984): Raw material of chipped stone artefacts in Moravia (Czechoslovakia) and methods of their research. In: KANCHEV, K. ed., *Proceedings of the 3rd International Seminar in Petroarchaeology*, Plovdiv, University of Plovdiv, 146–153.
- PŘICHYSTAL, A. (1997): Sources of siliceous raw materials in the Czech Republic. In: SCHILD, R. SULGOSTOWSKA, Z. eds., *Man and Flint, Proceeding of the VIIth International Flint Symposium Warsawa – Ostrowiec Swietokrzyski* September 1995, Institute of Archaeology and

Ethnology, Polish Academy of Sciences, Warszawa 351–357.

PŘICHYŠTAL, A. (2010): Classification of lithic raw materials used for prehistoric chipped stone artefacts in general and siliceous sediments (silicites) in particular: the Czech proposal. *Archeometriai Műhely* **VI/3** 177–181.

REICH, V. & van Rad, U. (1979): Silica diagenesis in the Atlantic Ocean: Diagenetic potential and transformations. In: TALWANI, M., HAY, W., RYAN, W.B.F. eds., *Deep drilling results in the Atlantic Ocean: Continental margins and palaeoenvironment. American Geophysical Union, Maurice Ewing Series* **3** 315–341.

RÉVAY, Zs. (2009): Determining Elemental Composition Using Prompt Gamma Activation Analysis. *Analytical Chemistry* **81** 6851–6859.

RUIZ-ORTIZ, P.A., BUSTILLO, M.A. & MOLINA, J.M. (1989): Radiolarite Sequences of the Subbetic, Betic Cordillera, Southern Spain. In: HEIN, J.R. & OBRADOVIC, J., eds., *Siliceous Deposits of the Tethys and Pacific regions*. Springer-Verlag New York, 107–127.

RUTTKAY, E. (1970): Das jungsteinzeitliche Hornsteinbergwerke mit Bestattung der Antonshöhe bei Mauer (Wien 23). *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien* **100** 70–83.

RUTTKAY, E. (1980): Katalog der Bergwerke: Österreich. In: WEISGERBER, G. ed., *5000 Jahre Feuersteinbergbau* Deutsches Bergbau-Museum Bochum 405–410.

ŠOŠIĆ-KLINDŽIĆ, R. (2010): Problems of siliceous rock terminology in Croatian archaeology. *Archeometriai Műhely* **VII/3** 191–193.

SUGISAKI, R. (1984): Relation between chemical composition and sedimentation rate of Pacific

Ocean-floor sediments deposited since the middle Cretaceous: Basic evidence for chemical constraints on depositional environments of ancient sediments. *Journal of Geology* **92** 235–259.

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.

SZILASI, A.B. (2017): Radiolarite sources from the Bakony mountains: new research. *Archaeologia Polona* **55** 243–265.

TRNKA, G. (2011): The Neolithic Radiolarite Mining Site of Wien Mauer Antonshöhe (Austria). In: T. BIRÓ K. & MARKÓ A. szerk., *Emlékkönyv Violának – Tanulmányok T. Dobosi Viola Tiszteletére/Papers in Honour of Viola T. Dobosi*. Hungarian National Museum, 287–296.

VARGÁNÉ MÁTHÉ, K. (1990): Petrographic analysis of the lithic raw materials of the Vértesszőlős implements In: KRETZOI, M., DOBOSI, V.T. eds., *Vértesszőlős, Man, Site, and Culture*. Budapest, Akadémiai Kiadó 287–299.




VÉRTES, L. (1965): Az őskőkor és az átmeneti kőkor emlékei Magyarországon. *A Magyar Régészet Kézikönyve* I. Budapest, Akadémiai Kiadó 1–385.

VISHNEVSKAYA, V.S. & DJERIĆ, N. (2009): Mesozoic radiolaria of Bosnia and Serbia: new data. *Paleontological Journal* **43/12** 1513–1568.

VISHNEVSKAYA, V.S., Djerić, N. & Zakariadze, G.S. (2009): New data on Mesozoic Radiolaria of Serbia and Bosnia, and implications for the age and evolution of oceanic volcanic rocks in the Central and Northern Balkans. *Lithos* **108** 72–105.

1. táblázat: A kárpát-medencei radiolarit nyersanyagok „fenotípusainak” makroszkópos jellemzői (* az adatok forrása Brandl et al. 2014, fotók forrása a flintsource.net weboldal)

Table 1.: Macroscopic characteristics of radiolarite phenotypes in the Carpathian Basin (* source of data is Brandl et al. 2014, source of pictures is flintsource.net)

Dunántúli-középhegységi radiolarit	
<p>Típus: Szentgáli típus</p> <p>Szín: vörös</p> <p>Munsell: 10R 4/6 (moderate reddish brown), 5YR 3/4 (moderate brown), 10R 3/4 (dark reddish brown);</p> <p>Szegély: gyakori testszínű porcelanit</p> <p>Fény, törés, átlátszóság, homogenitás: viaszos fényű, kagylós törésű, gyengén áttetsző-opak, általában homogén (ritkán sávós), kevés apró fehér-sárga szemcse (fosszília?)</p> <p>Lelőhelyek: Szentgál, Városlőd</p>	
<p>Típus: Úrkút-Eplényi típus</p> <p>Szín: mustársárga, fekete MnO-os mintázattal</p> <p>Munsell: 10YR 6/6 (dark yellowish orange)</p> <p>Szegély: gyakori fehér porcelanit</p> <p>Fény, törés, átlátszóság, homogenitás: zsíros fényű, kagylós törésű, gyengén áttetsző-opak, néha heterogén, apró fehér pontokkal (fosszília?)</p> <p>Lelőhelyek: Úrkút, Eplény, Városlőd</p>	
<p>Típus: Hárskúti típus</p> <p>Szín: barna, narancsosán áttetsző</p> <p>Munsell: 10R 4/6 (moderate reddish brown), 5YR 3/2 (grayish brown), 10YR 6/2 (pale yellowish brown), 10YR 7/4 (grayish orange)</p> <p>Szegély: gyakori testszínű-kávébarna porcelanit</p> <p>Fény, törés, átlátszóság, homogenitás: viaszos fényű, kagylós törésű, opak, néha heterogén (sávós vagy breccsás), gyakori fosszília (apró áttetsző kör, fehér-sárga nyúlt)</p> <p>Lelőhelyek: Hárskút: Gyenespuszta, Német-tanya, Édesvízmajor, Hosszúaszó</p>	

<p>Típus: Sümegi radioláriás tűzkő típus</p> <p>Szín, szegély: kékesszürke</p> <p>Munsell: N6 (medium light gray), N5 (medium gray)</p> <p>Szegély: fehér meszes</p> <p>Fény, törés, átlátszóság, homogenitás: viaszos fényű, gyengén kagylós-hullámos törés, opak, heterogén, töredezett</p> <p>Lelőhelyek: Sümeg-Mogyorósdomb</p>	
<p>Típus: Gerecsei típus</p> <p>Szín: szürke, sötétszürke, szürkésbarna, vörösesbarna</p> <p>Munsell: 10R 3/4 (dark reddish brown), 10R 5/4 (pale reddish brown), 5YR 3/2 (grayish brown), N3 (dark grey), N4 (medium dark gray), N3 (medium gray)</p> <p>Szegély: szürkésvörös meszes</p> <p>Fény, törés, átlátszóság, homogenitás: változó fényű (viaszos-matt), kagylós törésű, opak, néha heterogén (sávós, klasztos), sok, nagyon apró köralakú fosszília</p> <p>Lelőhelyek: Tata-Kálváriadomb, Lábatlan, Süttő, Tűzköves-barlang, Kis-Gerecse, Pisznice, Kis-Pisznice, Hajós-árok, Szomód-Lőtér</p>	
<p>Típus: Egyéb Dunántúli-középhegységi típus</p> <p>Szín: tarka vagy narancsos</p> <p>Szegély: testszínű porcelanit</p> <p>Fény, törés, átlátszóság, homogenitás: gyenge viaszos fényű, kagylós törésű, opak, gyakran heterogén (breccsás), gyakori apró fehér fosszília</p> <p>Lelőhelyek: Lókút, Zirc</p>	

Mecseki radiolarit	
<p>Típus: Mecseki vörös típus</p> <p>Szín: lilásvörös, barnásvörös</p> <p>Munsell: 5YR 6/4 (light brown), 5YR 5/2 (pale brown), 10R 6/2 (pale red), 10R 4/2 (grayish red)</p> <p>Szegély:</p> <p>Fény, törés, átlátszóság, homogenitás: matt, változó (sík-kagylós) törésű, opak, gyakran heterogén (sávós, foltos), esetenként gyakori fehér apró körök (fosszília)</p> <p>Lelőhelyek: Kisújbánya-Szószték, Hosszúhetény-Csengőhegy</p>	
<p>Típus: Mecseki szürke típus</p> <p>Szín: kékesszürke, zöldesszürke</p> <p>Munsell: 5Y 6 /1 (light olive gray), 5GY 6/1 (greenish gray), 5Y 8/1 (yellowish gray), N6 (light gray)</p> <p>Szegély: gyakori világos színű porcelanit</p> <p>Fény, törés, átlátszóság, homogenitás: matt-selyemfényű, kagylós törésű, opak, gyakran heterogén (sávós, foltos), esetenként gyakori fehér apró körök (fosszília), karbonátos (sósavval pezseg)</p> <p>Lelőhelyek: Hosszúhetény-Csengőhegy, Kisújbánya-Óbányai-völgy, Komló-Szögehegy, Magyaregregy-Singödör</p>	
<p>Típus: Egyéb mecseki típus</p> <p>Szín: szürkés-lilásvörös, téglaszínű, tarka</p> <p>Munsell: 5Y 6 /1 (light olive gray), 5Y 8/1 (yellowish gray), 5R 4/2 (grayish red), 5R 6/2 (pale red)</p> <p>Szegély:</p> <p>Fény, törés, átlátszóság, homogenitás: változó fényű (matt-selyem), változó (sík-kagylós) törésű, opak, gyakran heterogén (sávós, foltos)</p> <p>Lelőhelyek: Kisújbánya-Óbányai-völgy</p>	

Bükki radiolarit	
<p>Típus: Bükki típus</p> <p>Szín: sötétvörös</p> <p>Munsell: 10R 4/6 (moderate reddish brown), 10R 3/4 (dark reddish brown), fekete MnO hintéssel</p> <p>Szegély:</p> <p>Fény, törés, átlátszóság, homogenitás: matt, egyenetlen törésű, opak, heterogén (töredezett, kvarcerezett)</p> <p>Lelőhelyek: Felsőtárkány</p>	
Kárpáti radiolarit*	
<p>Típus: Fehér-kárpáti típus</p> <p>Szín: sötétvörös, szürke, kékesszürke, zöldesszürke, márványos mintázattal</p> <p>Munsell: 5R 3/4 (dusky red), 10R 3/4 (dark reddish brown), 10R 5/4 (pale reddish brown), 10R 4/2 (grayish red), 10R 4/6 (moderate reddish brown)</p> <p>Szegély: kavics cortex maradványok</p> <p>Fény, törés, átlátszóság, homogenitás: viaszos fényű</p> <p>Lelőhelyek: Bolesó (Vlára Bolesov), Oroszlánkő (Vršatské Podhradie-Horna Lysa Bana)</p>	
Alpi radiolarit*	
<p>Típus: Wien Mauer típus</p> <p>Szín: sötétvörös, gyakran szürke, változatos színű</p> <p>Munsell: 10R 4/2 (grayish red), 10 R 4/6 (moderate reddish brown), 10R 3/4 (dark reddish brown), 5 YR 6/1 (light brownish gray), 5Y 6/1 (light olive gray), 5GY 6/1 (greenish gray), 5G 6/1 (greenish gray), 5B 5/1 (medium bluish gray)</p> <p>Szegély:</p> <p>Fény, törés, átlátszóság, homogenitás: matt, gyakran repedezett</p> <p>Lelőhelyek: Wien Mauer</p>	

Horvát-Bosnyák radiolarit

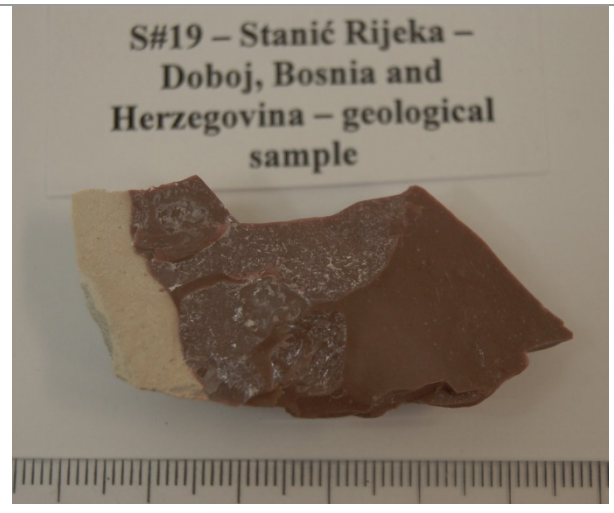
Típus: Bosnyák típus

Szín: húsvörös, sötétvörös, sötétszürke, kékesszürke (mecsekinél sötétebb)

Szegély: kavics cortex maradványok

Fény, törés, átlátszóság, homogenitás: matt, gyenge kagylós törésű, opak, gyakran heterogén (foltos, erezett)

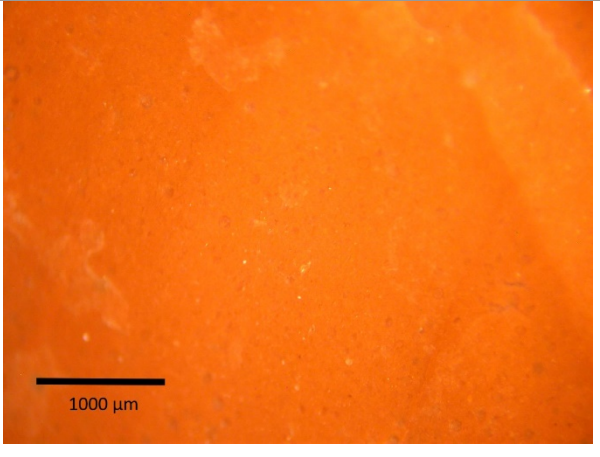
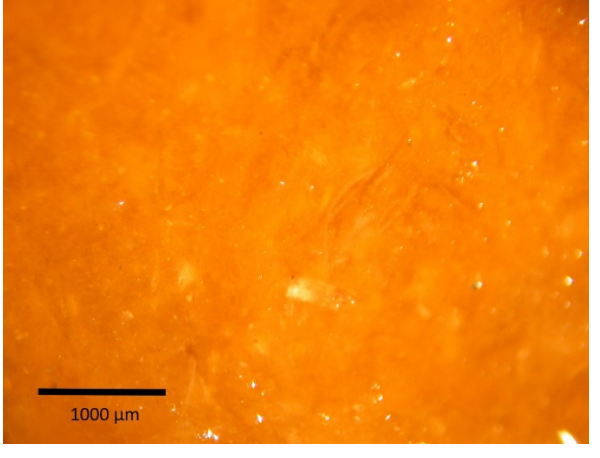
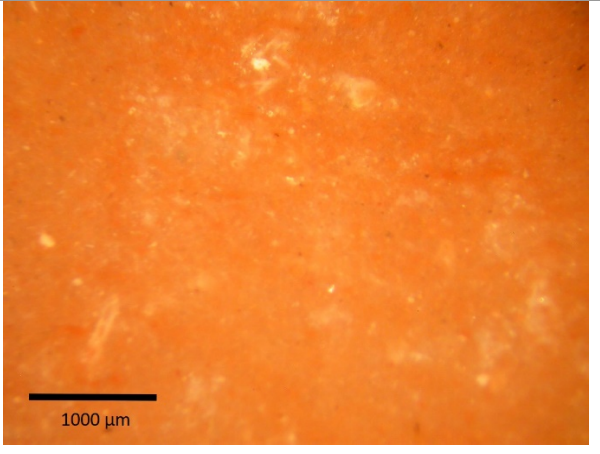
Lelőhelyek: Maslovare, Kožuhe, Modriča, Gračanica, Stanić Rijeka

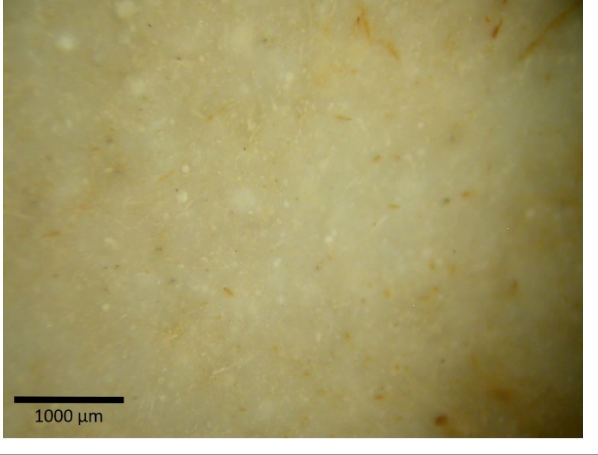
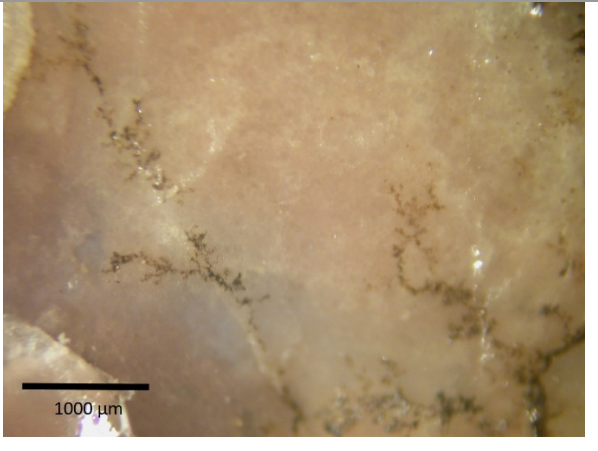
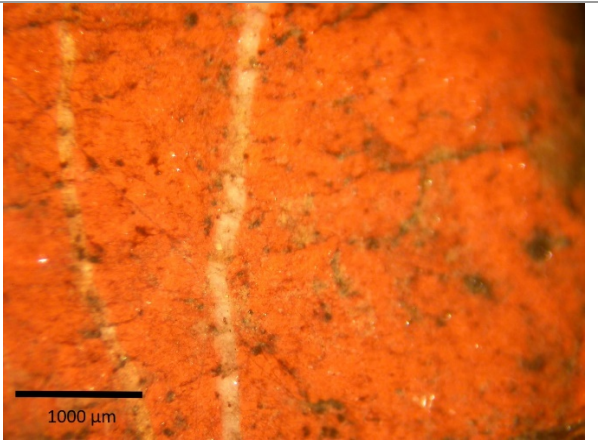


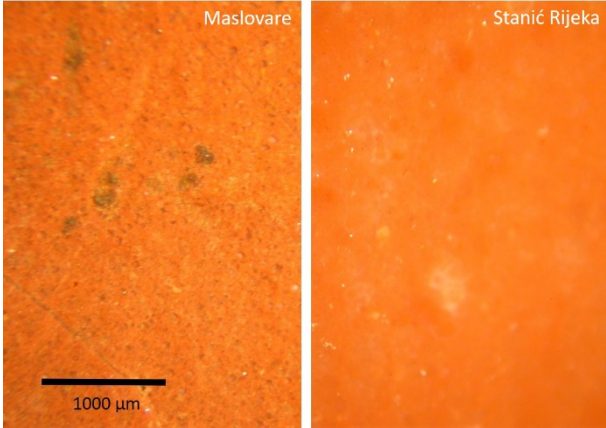
2. táblázat: A magyarországi radiolarit „fenotípusok” sztereomikroszkópos szöveti és őslénytani jellemzői.

Table 2.: Stereomicroscopic fabric and palaeontological characteristics of Hungarian radiolarite phenotypes

Dunántúli-középhegységi radiolarit	
<p>Típus: Szentgáli típus</p> <p>Szövet: vörös, áttetsző, packstone</p> <p>Klasztok, egyéb: fehér intraklasztok, gyakori fekete detritális szemcsék</p> <p>Fosszília tartalom: eredeti és átkristályosodott (kalcedonos) radioláriák, fekete gömbök (Mn/Fe átitatású radioláriák?), (egy- és többsugaras) szivacsüstüskék, tengerisün tüskék?</p>	
<p>Típus: Hárskúti típus</p> <p>Szövet: változatos megjelenés: vörös, világos (kalcedonos), opak-gyengén áttetsző, packstone (hasonlóságok a Gerecsei típussal)</p> <p>Klasztok, egyéb: kalcedonerek, néha breccsás</p> <p>Fosszília tartalom: gyakori (néha tömeges), átkristályosodott (fehér, áttetsző) radioláriák, pszeudomorfózák, szivacsüstüskék</p>	
<p>Típus: Sümegi radioláriás tűzkő típus</p> <p>Szövet: világosszürke, áttetsző, packstone</p> <p>Klasztok, egyéb: fehér intraklasztok</p> <p>Fosszília tartalom: átkristályosodott (fehér, áttetsző) radioláriák, héjtöredékek?</p>	

<p>Típus: Gerecsei típus</p> <p>Szövet: világosvörös, opak, packstone</p> <p>Klasztok, egyéb: fehér intraklasztok, mikrokristályos kvarcerek</p> <p>Fosszília tartalom: tömeges, átkristályosodott (kalcedonos) radioláriák, tengerisün tüskék?</p>	
<p>Típus: Egyéb Dunántúli-középhegységi típus</p> <p>Szövet: sárgásvörös, áttetsző, packstone</p> <p>Klasztok, egyéb:</p> <p>Fosszília tartalom: radiolária pszeudomorfózák, töredékes héjak, filamentumok?</p>	
Mecseki radiolarit	
<p>Típus: Mecseki vörös típus</p> <p>Szövet: vörös, esetenként sávos (világos-sötét), áttetsző, wackestone</p> <p>Klasztok, egyéb: rozsdasárga bekérgezett szemcsék, fehér intraklasztok</p> <p>Fosszília tartalom: átkristályosodott radioláriák, (egy- és többsugaras) szivacsüstüskék, (tengerisün tüskék?/ bryozoák?)</p>	

<p>Típus: Mecseki szürke típus</p> <p>Szövet: fehér-sárga-világosszürke, áttetsző, wackestone-packstone</p> <p>Klasztok, egyéb: fehér intraklasztok, vasas átitatódások</p> <p>Fosszília tartalom: átkristályosodott radioláriák, (egy- és többsugaras) szivacsüsték, echinodermata(?) héjtöredék</p>	
<p>Típus: Egyéb mecseki típus</p> <p>Szövet: fehér-lila, áttetsző, wackestone</p> <p>Klasztok, egyéb: fehér intraklasztok</p> <p>Fosszília tartalom: kevés fosszília, radiolária pszeudomorfózák</p>	
Bükkri radiolarit	
<p>Típus: Bükkri típus</p> <p>Szövet: vörös, opak, mudstone, nyírt, erekkel tagolt</p> <p>Klasztok, egyéb: saját anyagú klasztkra fragmentálódik</p> <p>Fosszília tartalom: kevés fosszília, irányított, nyúlt formák(?)</p>	

Kárpáti radiolarit*	
<p>Típus: Fehér-kárpáti típus</p> <p>Szövet: finomszemcsés</p> <p>Klasztok, egyéb: kevésbé repedezett</p> <p>Fosszília tartalom: radiolária, szivacsstű</p>	(Lásd Brandl et al. 2014 Figure 3h-i)
Alpi radiolarit*	
<p>Típus: Wien Mauer típus</p> <p>Szövet: kárpátnál kissé durvábbszemcsés</p> <p>Klasztok, egyéb: jellemzően repedezett</p> <p>Fosszília tartalom: radiolária, szivacsstű</p>	(Lásd Brandl et al. 2014 Figure 3e)
Horvát-Bosnyák radiolarit	
<p>Típus: Bosnyák típus</p> <p>Szövet: két változat: karbonátmentes (Maslovare típus), karbonátos (Stanić Rijeka típus)</p> <p>Klasztok, egyéb:</p> <p>Fosszília tartalom: tömeges átkristályosodott (áttetsző, fehér) radioláriák, fehér váztöredékek</p> <p>karbonátos: fehér plankton foraminifera</p>	

3. táblázat: A vizsgált radiolarit nyersanyag „fenotípusok” minimum, maximum és átlagos kémiai összetétele PGAA módszerrel (főelemek oxidos formában tömeg%-ban, nyomelemek µg/g-ben)

Table 3.: Chemical composition (minimum, maximum and average; major elements in oxide form and weight%, trace elements in µg/g) of radiolarite phenotypes by PGAA

Makroszkópos fenotípus	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	CO ₂	P ₂ O ₅	B	Cl	Nd	Sm	Gd
Dt-kg/Szentgál n=13	min	94,0	0,007	0,24	0,11	0,002	<DL	0,04	<DL	0,10	1,47		35	1,6	1,6	0,1	0,1
	max	98,0	0,038	0,99	0,48	0,097	0,4	0,11	0,10	0,28	2,89		65	63	7	0,7	0,9
	átlag	96,7	0,022	0,56	0,28	0,033	0,3	0,07	0,07	0,17	1,78		48	10	4,2	0,4	0,5
Dt-kg/Gerece n=8	min	94,0	0,007	0,14	0,06	0,003	<DL	0,05	0,04	0,06	0,86		16	6	0,0	0,1	0,3
	max	98,0	0,049	1,19	0,49	0,066	1,7	1,12	0,14	0,31	1,40		65	78	7	1,0	1,2
	átlag	96,5	0,021	0,60	0,23	0,016	0,4	0,41	0,09	0,16	1,12		32	30	2,6	0,6	0,6
Dt-kg/Hárskút n=13	min	92,0	0,009	0,21	0,18	0,007	<DL	0,03	0,06	0,07	1,38		20	3,6	2,2	0,2	0,3
	max	98,0	0,027	0,72	0,40	0,087	0,4	1,07	0,14	0,21	1,80		75	11	9	0,8	1,2
	átlag	96,9	0,015	0,40	0,28	0,040	0,2	0,16	0,09	0,11	1,56		46	5,3	6	0,5	0,6
Dt-kg/Sümegei radiolaritás tűzkő	min	85,7	0,020	0,50	0,16	0,017	0,3	11,87	<DL	0,12	1,18		31	10	4,0	0,4	0,8
	max	94,0	0,017	0,41	0,24	0,004	<DL	0,07	0,07	0,12	1,53		17	2,7	0,0	0,4	0,5
	átlag	97,2	0,034	0,86	0,54	0,249	0,4	1,21	0,14	0,21	1,87		43	8	10	0,8	0,9
Dt-kg/egyéb n=7	min	96,2	0,024	0,60	0,38	0,058	0,1	0,24	0,10	0,17	1,67		33	5,2	6	0,6	0,7
	max	81,3	0,020	0,40	0,09	0,001	<DL	0,19	0,08	0,09	1,02	<DL	26	32	5,0	0,6	0,7
	átlag	98,0	0,036	0,71	0,27	0,044	0,4	9,51	0,10	0,15	1,44	6,8	44	45	8	1,1	1,2
Mecsek/vörös n=4	min	92,8	0,029	0,57	0,16	0,014	0,1	3,25	0,09	0,13	1,26	6,8	34	40	7	0,8	0,9
	max	42,7	0,025	0,49	0,10	0,011	0,4	4,90	0,07	0,12	0,84	4,0	8	18	0,0	0,6	0,8
	átlag	88,7	0,105	1,87	0,70	0,238	3,7	29,50	0,16	0,55	1,36	24,2	37	39	22	2,8	3,3
Mecsek/szürke n=7	min	64,6	0,055	1,08	0,40	0,124	1,2	17,59	0,11	0,30	1,11	13,6	21	30	12	1,3	1,7
	max	96,0	0,037	1,23	1,12	0,032	0,0	0,12	0,09	0,44	0,47		14	9	26	1,5	1,8
	átlag	89,2	0,035	0,54	0,47	0,042	<DL	0,95	0,06	0,22	1,22		20	10	7	0,7	0,9
Alpi/Vienna Mauer n=5	min	95,4	0,122	2,51	2,08	0,465	0,6	6,60	0,07	0,92	2,54		35	20	29	2,8	3,1
	max	92,0	0,065	1,23	0,92	0,144	0,6	3,48	0,07	0,44	1,52		26	13	15	1,5	1,8
	átlag	90,1	0,028	0,45	0,61	0,003	<DL	0,04	0,06	0,18	1,30	<DL	23	23	6	0,2	0,3
Kárpáti radiolarit n=8	min	97,4	0,086	1,69	1,16	0,559	0,7	4,20	0,15	0,72	2,85		0,21	37	47	23	2,0
	max	94,9	0,048	0,94	0,86	0,134	0,7	1,30	0,10	0,34	1,77		0,21	30	34	14	0,8
	átlag	83,0	0,006	0,19	0,04	0,000	<DL	0,06	0,04	0,04	0,83	0,06	14	8	5,4	0,2	0,3
Bosnyák radiolarit n=21	min	96,8	0,187	4,89	3,29	1,048	2,3	14,50	0,44	1,30	2,17		0,60	83	63	70	3,2
	max	91,7	0,084	2,05	1,07	0,085	1,0	4,11	0,16	0,44	1,51		0,22	41	34	19	1,4
	átlag	0,5	0,010	0,20	0,05	0,003	0,2	0,02	0,05	0,04	0,01						
Kimutatási határ																	

Melléklet 1. táblázat: A vizsgált 88 geológiai radiolarit nyersanyag minta listája (a *dőlttel szedett* mintákat már Biró et al. 2009 közölte)

Appendix Table 1.: List of the studied 88 radiolarite samples from geological sources (samples *printed in italics* were already published, see Biró et al. 2009)

Minta azonosítója	Minta jele/megnevezése	Makroszkópos fenotípus	Lelőhely	Földtani képződmény kora	Mintavétel jellege
<i>RG01</i>	<i>L86/103</i>	<i>Dt-khg/Gerecse</i>	<i>Lábatlan, Kis-Pisznice</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>törmelék</i>
<i>K75</i>	<i>2015.28.1. Tűzköves-barlang</i>	<i>Dt-khg/Gerecse</i>	<i>Tűzköves-barlang</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
<i>K76</i>	<i>Pisznice, sárgászörös</i>	<i>Dt-khg/Gerecse</i>	<i>Pisznice</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>törmelék</i>
<i>K83</i>	<i>2015.26.1. Szomód-Lőtér</i>	<i>Dt-khg/Gerecse</i>	<i>Szomód-Lőtér</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
<i>K84</i>	<i>2015.25.1. Szomód-Lőtér</i>	<i>Dt-khg/Gerecse</i>	<i>Szomód-Lőtér</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
<i>K85</i>	<i>2015.29.1. Kis-Gerecse</i>	<i>Dt-khg/Gerecse</i>	<i>Kis-Gerecse</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>törmelék</i>
<i>L63</i>	<i>Hajós-árok, kis</i>	<i>Dt-khg/Gerecse</i>	<i>Hajós-árok</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>törmelék</i>
<i>L64</i>	<i>Hajós-árok, nagy</i>	<i>Dt-khg/Gerecse</i>	<i>Hajós-árok</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>törmelék</i>
<i>L53</i>	<i>Szentgál-Tűzköves, vörös-fekete</i>	<i>Dt-khg/Szentgál</i>	<i>Szentgál-Tűzköves</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
<i>L54</i>	<i>Szentgál-Tűzköves, vörös-fehér</i>	<i>Dt-khg/Szentgál</i>	<i>Szentgál-Tűzköves</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
<i>L61</i>	<i>Szentgál-Tűzköves, vörös</i>	<i>Dt-khg/Szentgál</i>	<i>Szentgál-Tűzköves</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
<i>T56</i>	<i>SZG-1 Szentgál</i>	<i>Dt-khg/Szentgál</i>	<i>Szentgál</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
<i>T65</i>	<i>SZG-2 Szentgál</i>	<i>Dt-khg/Szentgál</i>	<i>Szentgál</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
<i>T59</i>	<i>SZG-3 Szentgál</i>	<i>Dt-khg/Szentgál</i>	<i>Szentgál</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
<i>T54</i>	<i>SZG-4 Szentgál</i>	<i>Dt-khg/Szentgál</i>	<i>Szentgál</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
<i>T55</i>	<i>SZG-5 Szentgál</i>	<i>Dt-khg/Szentgál</i>	<i>Szentgál</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
<i>T66</i>	<i>VL-1 Városlőd</i>	<i>Dt-khg/Szentgál</i>	<i>Városlőd</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>törmelék</i>
<i>T67</i>	<i>VL-2 Városlőd</i>	<i>Dt-khg/Szentgál</i>	<i>Városlőd</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>törmelék</i>
<i>T60</i>	<i>VL-3 Városlőd</i>	<i>Dt-khg/Szentgál</i>	<i>Városlőd</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>törmelék</i>
<i>T57</i>	<i>VL-4 Városlőd</i>	<i>Dt-khg/Szentgál</i>	<i>Városlőd</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>törmelék</i>
<i>T58</i>	<i>VL-5 Városlőd</i>	<i>Dt-khg/Szentgál</i>	<i>Városlőd</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>törmelék</i>
<i>K81</i>	<i>Hárskút-Gyenespuszta, vörös</i>	<i>Dt-khg/Hárskút</i>	<i>Hárskút-Gyenespuszta</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>törmelék</i>
<i>K82</i>	<i>Hárskút-Gyenespuszta, barna</i>	<i>Dt-khg/Hárskút</i>	<i>Hárskút-Gyenespuszta</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
<i>T50</i>	<i>HK-1 Hárskút</i>	<i>Dt-khg/Hárskút</i>	<i>Hárskút</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
<i>T64</i>	<i>HK-2 Hárskút sötétbarna</i>	<i>Dt-khg/Hárskút</i>	<i>Hárskút</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>

T63	HK-3 Hárskút sötétbarna	Dt-khg/Hárskút	Hárskút	középső–felső-jura	szálkőzet
T35	HK-4 Hárskút	Dt-khg/Hárskút	Hárskút	középső–felső-jura	szálkőzet
Z35	Cs. 2010.18 (N) Hárskút	Dt-khg/Hárskút	Hárskút	középső–felső-jura	törmelék
Z36	Cs. 2010.17 (B/1) Hárskút	Dt-khg/Hárskút	Hárskút	középső–felső-jura	törmelék
Z37	Cs. 2010.17 (B/2) Hárskút	Dt-khg/Hárskút	Hárskút	középső–felső-jura	törmelék
Z38	Cs. 2010.18 (B) Hárskút	Dt-khg/Hárskút	Hárskút	középső–felső-jura	törmelék
Z39	Cs. 2010.20 (B) Hárskút	Dt-khg/Hárskút	Hárskút	középső–felső-jura	törmelék
Z40	Cs. 2010.20 (V) Hárskút	Dt-khg/Hárskút	Hárskút	középső–felső-jura	törmelék
Z32	Cs. 2010.18 (V) Hárskút	Dt-khg/Hárskút	Hárskút	középső–felső-jura	törmelék
T62	2015.31.1. SUM-1	Dt-khg/Sümegi	Sümeg	középső–felső-jura	szálkőzet
L65	<i>Lókút, sz.barna</i>	<i>Dt-khg/egyéb</i>	<i>Lókút</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
L66	<i>Lókút, barna</i>	<i>Dt-khg/egyéb</i>	<i>Lókút</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
L67	<i>Lókút, drapp</i>	<i>Dt-khg/egyéb</i>	<i>Lókút</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
Z41	2010.23.1 (2) Zirc	Dt-khg/egyéb	Zirc	középső–felső-jura	szálkőzet
Z42	2010.23.1 (1) Zirc	Dt-khg/egyéb	Zirc	középső–felső-jura	szálkőzet
Z43	2010.23.1 (3) Zirc	Dt-khg/egyéb	Zirc	középső–felső-jura	szálkőzet
Z44	2010.23.1 (4) Zirc	Dt-khg/egyéb	Zirc	középső–felső-jura	szálkőzet
L72	<i>2015.51.6. Szószék-1A</i>	<i>Mecsek/vörös</i>	<i>Kisújbanya-Szószék</i>	<i>felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
L75	<i>2015.51.7. Szószék-1B v 3</i>	<i>Mecsek/vörös</i>	<i>Kisújbanya-Szószék</i>	<i>felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
L73	<i>2015.51.8. Szószék-2</i>	<i>Mecsek/vörös</i>	<i>Kisújbanya-Szószék</i>	<i>felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
L74	<i>2015.51.9. Szószék-4</i>	<i>Mecsek/vörös</i>	<i>Kisújbanya-Szószék</i>	<i>felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
L78	<i>2015.51.2. Csengőh-1A</i>	<i>Mecsek/szürke</i>	<i>Hosszúhetény-Csengőhegy</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
L79	<i>2015.51.3. Csengőh-1B</i>	<i>Mecsek/szürke</i>	<i>Hosszúhetény-Csengőhegy</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
L81	<i>2015.51.10. Komló-Szőgehegy-2</i>	<i>Mecsek/szürke</i>	<i>Komló-Szőgehegy</i>	<i>felső jura</i>	<i>törmelék</i>
L83	<i>2015.51.4. Obv-1</i>	<i>Mecsek/egyéb</i>	<i>Kisújbanya-Óbányai-völgy</i>	<i>felső jura</i>	<i>szálkőzet</i>
L80	<i>2015.51.5. Obv-3</i>	<i>Mecsek/szürke</i>	<i>Kisújbanya-Óbányai-völgy</i>	<i>felső jura</i>	<i>szálkőzet</i>
L85	<i>2015.51.11. Sing-1</i>	<i>Mecsek/szürke</i>	<i>Magyaregregy-Singödör</i>	<i>alsó–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
L84	<i>2015.51.11. Sing-3</i>	<i>Mecsek/szürke</i>	<i>Magyaregregy-Singödör</i>	<i>alsó–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>
L77	<i>2015.51.1. Ftark-1</i>	<i>Bükk</i>	<i>Felsőtárkány</i>	<i>középső–felső-jura</i>	<i>szálkőzet</i>

524	336 Vienna Mauer	Alpi/Wien Mauer	Vienna Mauer, St. Veit Klippen Belt	középső-jura	szálkőzet
519	338 Vienna Mauer	Alpi/Wien Mauer	Vienna Mauer, St. Veit Klippen Belt	középső-jura	szálkőzet
520	337 Vienna Mauer	Alpi/Wien Mauer	Vienna Mauer, St. Veit Klippen Belt	középső-jura	szálkőzet
521	339 Vienna Mauer	Alpi/Wien Mauer	Vienna Mauer, St. Veit Klippen Belt	középső-jura	szálkőzet
522	340 Vienna Mauer	Alpi/Wien Mauer	Vienna Mauer, St. Veit Klippen Belt	középső-jura	szálkőzet
533	14 Vlára Bolesov	Kárpáti/Fehér-kárpáti	Bolesó (Vlára Bolesov), Slovakia, Pieniny Klippen Belt	középső-felső-jura	szálkőzet
530	16 Vlára Bolesov	Kárpáti/Fehér-kárpáti	Bolesó (Vlára Bolesov), Slovakia, Pieniny Klippen Belt	középső-felső-jura	szálkőzet
532	17 Vlára Bolesov	Kárpáti/Fehér-kárpáti	Bolesó (Vlára Bolesov), Slovakia, Pieniny Klippen Belt	középső-felső-jura	szálkőzet
534	18 Vlára Bolesov	Kárpáti/Fehér-kárpáti	Bolesó (Vlára Bolesov), Slovakia, Pieniny Klippen Belt	középső-felső-jura	szálkőzet
535	19 Vlára Bolesov	Kárpáti/Fehér-kárpáti	Bolesó (Vlára Bolesov), Slovakia, Pieniny Klippen Belt	középső-felső-jura	szálkőzet
573	VRSA 114 Vršatské Podhradie	Kárpáti/Fehér-kárpáti	Oroszlánkő, Vršatské Podhradie, Horna Lysa Bana	középső-felső-jura	szálkőzet
571	VRSA 116 Vršatské Podhradie	Kárpáti/Fehér-kárpáti	Oroszlánkő, Vršatské Podhradie, Horna Lysa Bana	középső-felső-jura	szálkőzet
572	VRSA 123 Vršatské Podhradie	Kárpáti/Fehér-kárpáti	Oroszlánkő, Vršatské Podhradie, Horna Lysa Bana	középső-felső-jura	szálkőzet
J37	S19 Stanic Rijeka	Horvát-Bosnyák/Bosnyák	Stanic Rijeka	felső-kréta	szálkőzet
AT29	10 / Stanic Rijeka	Horvát-Bosnyák/Bosnyák	Stanic Rijeka	felső-kréta	szálkőzet
AT28	11 / Stanic Rijeka	Horvát-Bosnyák/Bosnyák	Stanic Rijeka	felső-kréta	szálkőzet
J35	S18 Gracanica	Horvát-Bosnyák/Bosnyák	Gračanica	felső-kréta	szálkőzet
J34	S20 Gracanica	Horvát-Bosnyák/Bosnyák	Gračanica	felső-kréta	szálkőzet
AT19	12 / Gracanica	Horvát-Bosnyák/Bosnyák	Gračanica	felső-kréta	szálkőzet
AT20	13 / Gracanica	Horvát-Bosnyák/Bosnyák	Gračanica	felső-kréta	szálkőzet
AT11	14 / Maslovare-Teslic 1	Horvát-Bosnyák/Bosnyák	Maslovare-Teslic	középső-felső-jura	szálkőzet
AT21	15 / Maslovare-Teslic 1	Horvát-Bosnyák/Bosnyák	Maslovare-Teslic	középső-felső-jura	szálkőzet
AT14	16 / Maslovare-Teslic 2	Horvát-Bosnyák/Bosnyák	Maslovare-Teslic	középső-felső-jura	törmelék
AT15	17 / Maslovare-Teslic 2	Horvát-Bosnyák/Bosnyák	Maslovare-Teslic	középső-felső-jura	törmelék
AT16	18 / Maslovare-Teslic 2	Horvát-Bosnyák/Bosnyák	Maslovare-Teslic	középső-felső-jura	törmelék
AT23	4 / Modrica 1	Horvát-Bosnyák/Bosnyák	Modriča	felső-kréta?	törmelék

AT25	5 / Modrica 1	Horvát-Bosnyák/Bosnyák	Modriča	felső-kréta?	törmelék
AT10	6 / Modrica 2	Horvát-Bosnyák/Bosnyák	Modriča	felső-kréta?	törmelék
AT26	7 / Modrica 2	Horvát-Bosnyák/Bosnyák	Modriča	felső-kréta?	törmelék
AT18	8 / Modrica 2	Horvát-Bosnyák/Bosnyák	Modriča	felső-kréta?	törmelék
AT17	9 / Modrica 2	Horvát-Bosnyák/Bosnyák	Modriča	felső-kréta?	törmelék
AT22	2 / Kozuhe	Horvát-Bosnyák/Bosnyák	Kozuhe	felső-kréta?	törmelék
AT12	3 / Kozuhe	Horvát-Bosnyák/Bosnyák	Kozuhe	felső-kréta?	törmelék
AT27	1 / Vranjak	Horvát-Bosnyák/Bosnyák	Vranjak	felső-kréta?	törmelék

A KOBAN KULTÚRA TLI FALUNÁL (DÉL-OSZÉTIA) FELTÁRT TEMETŐJÉNEK 350. SÍRJÁBAN ELŐKERÜLT BRONZ LEMEZÖV ARCHAEOMETALLURGIAI VIZSGÁLATA

THE ARCHAOMETALLURGIC EXAMINATION OF THE BRONZE PLATE BELT FOUND IN TOMB 350 OF THE TLI GRAVEYARD OF THE KOBAN CULTURE (SOUTH OSSETIA)*

SCSIEV, Haszan¹; CSIBIROV, Alekszej²; SZABÓ, Géza³; BARKÓCZY, Péter⁴; JUHÁSZ
Laura⁵; GYÖNGYÖSI Szilvia⁶

¹Észak-Oszét Alánia Köztársaság Történelmi és Régészeti Intézete, Vlagyikavkaz hacht@mail.ru

²Orosz Tudományos Akadémia Vlagyikavkási Tudományos Központja, Vlagyikavkaz chibiroff@mail.ru

³Wosinsky Mór Múzeum, Szekszárd kaladeaa@gmail.com

⁴FUX Zrt, Miskolc peter.barkoczy@gmail.com

⁵Debreceni Egyetem, Szilárdtest Fizikai Tanszék, Debrecen juhasz.laura@science.unideb.hu

⁶Debreceni Egyetem, Gépészmérnöki Tanszék, Debrecen gyongyosi.szilvia@science.unideb.hu

Abstract

The population of the Koban culture had outstanding importance among the actors of the Caucasus in the Bronze Age – Early Iron Age period. The peoples of the mountains lying between the Ancient Near East and the steppe transmitted and spread the various cultural and technological elements, objects and object types not only towards the neighbouring areas but quite far, for instance, as far as the Carpathian basin, which can be followed from the Early Bronze Age. We hardly have any well-usable and complex archaeometallurgical data to be able to determine the place where these were prepared and to conduct comparative analyses. Therefore, as the first step, we would like to get fundamental information about the metallurgy of the Koban culture and the base material used through the complex analysis of a richly decorated belt, dating back to the 7th century B. C., made from a bronze plate that was surely manufactured in the Caucasus and found in grave 350 of the Tli graveyard. The significance of our metallographic analyses is also increased by the fact that up to now no complex investigations have been conducted to determine the exact composition of the Caucasian belts. The metallographic examinations all in all indicate that the preparation of the belt plate started out from some cast primary form, which was bronze with high tin content, i. e. ~11mass%. The alloy itself was also hard due to the high tin content, however, following that it went through a significant extent of cold processing. (The interrupting of the cold processing with technological softening due to the extensive hardening of the alloy may not be ruled out. After the last phase of forming, the plate was heat-treated and softened to make the finishing operations (engraving, carving, bending) easier to perform. The final softening resulted in a delicate and even texture. The plate itself is strongly corroded, thus the impacts of corrosion can be felt even far from the surface (compared to the thickness of the plate). The alloy is slightly polluted with lead, which can be found in a separate phase, in small drops – as it is usual in the case of the prehistoric objects – mainly in the environs of encased sulphide. The accumulation of silver could not be observed in the base metal while it was apparent in the corrosion product, which has to be taken into consideration especially in the evaluation of the base material used for the preparation of the object. The archaeological observations and analyses pointed out that the representation apparent on the plate belt, even despite the Urartu prefigurations, reflects in all details the local taste and belief system, and is a product of the metallurgy of the Koban culture, which was essentially confirmed by the results of the archaeometallurgic examinations.

* How to cite this paper: AUTHOR (s), (2020): A Koban kultúra Tli falunál (Dél-Oszétia) feltárt temetőjének 350. sírjában előkerült bronz lemezöv archaeometallurgiai vizsgálata / The archaeometallurgic examination of the bronze plate belt found in tomb 350 of the Tli graveyard of the Koban culture (South Ossetia), *Archeometriai Műhely* XVII/1 31–42.

Kivonat

A Kaukázus késő bronzkori – kora vaskori időszakának meghatározó fontosságú szereplője a Koban kultúra népessége. Az ókori Kelet és a sztyeppe között fekvő hegység népei nem csak a szomszédos területek felé, de egészen messzire, például már a kora bronzkortól a Kárpát-medencéig követhetően közvetítették és terjesztették a különböző kulturális és technológiai elemeket, tárgyakat, tárgytipusokat. Ezek készítési helyének meghatározásához, összehasonlító vizsgálatokhoz alig rendelkezünk jól használható, komplex archeometallurgiai adatokkal. Ezért első lépésként egy biztosan kaukázusi készítésű tárgy, a Tli temető 350. sírjában talált, a Kr. e. 7. századra keltezett, bronzlemezből készített, gazdagon díszített öv vizsgálatán keresztül szeretnénk alapvető ismereteket szerezni a Koban kultúra fémművességét, a felhasznált alapanyagokat illetően. Metallográfiai elemzéseink jelentőségét növeli, hogy a kaukázusi övek pontos összetételének meghatározására eddig még nem végeztek komplex vizsgálatokat. A metallográfiai vizsgálatok összességében arra mutatnak, hogy az övlemez készítése valamilyen öntött előtermékből indult, ami magas, ~11tömeg% óntartalmú bronz volt. Maga az ötvözet is kemény volt a magas óntartalom miatt, azonban ezután jelentős mértékű hidegalakításon esett át. (A hidegalakítás során az ötvözet erős keményedése miatti technológiai lágyítás közbeiktatása nem zárható ki. Az utolsó alakítási fázis után hőkezelték, lágyították a lemezt a befejező műveletek (vésés, poncolás, hajlítás) elvégzésének megkönnyítésére. A végső lágyítás finom, egyenletes szövetszerkezetet eredményezett. Maga a lemez erősen korrodált, így (a lemez vastagságához viszonyítva) még a felületétől távol is érezhetőek a korrózió hatásai. Az ötvözetben kevés ólom szennyezés van, ami az őskori tárgyaknál megszokott módon, külön fázisban, kis cseppekben található meg, főként a szulfidzárványok környezetében. Az alapfémekben nem volt kimutatható, de a korróziós termékben az ezüst feldúsulása is megfigyelhető, amit különösen a tárgy készítéséhez használt alapanyag értékelésénél kell figyelembe venni. A régészeti megfigyelések és elemzések arra mutattak, hogy a lemezön látható ábrázolás az urartui előképek ellenére is minden részletében a helyi ízlést és hitvilágot tükrözi, a Koban kultúra fémművességének alkotása, amit az archeometallurgiai vizsgálatok eredményei is lényegében megerősítettek.

KEYWORDS: KOBAN CULTURE, BRONZE DISC BELT, ARCHAOMETALLURGY, ANIMAL STYLE, ANCIENT EAST

KULCSSZAVAK: KOBAN KULTÚRA, LEMEZ ÖV, ARCHAOMETALLURGIA, ÁLLATSTÍLUS, ÓKORI KELET

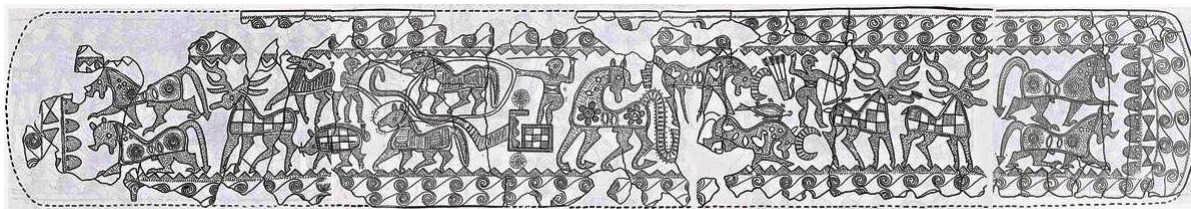
A vizsgálat célja

A Kaukázus késő bronzkori – kora vaskori időszakának meghatározó fontosságú szereplője a Koban kultúra népessége (Чшиев 2007). Az ókori Kelet és a sztyeppe között fekvő hegység népei nem csak a szomszédos területek felé, de egészen messzire, például már a kora bronzkortól a Kárpát-medencéig követhetően közvetítették és terjesztették a különböző kulturális és technológiai elemeket, tárgyakat, tárgytipusokat. Első lépésként egy biztosan kaukázusi készítésű tárgy, a Tli temető 350. sírjában talált, a Kr. e. 7. századra keltezett, bronzlemezből készített, gazdagon díszített öv komplex vizsgálatán keresztül szeretnénk alapvető ismereteket szerezni a Koban kultúra fémművességét, a felhasznált alapanyagokat illetően. A rendkívül gazdag leletanyagból azért ezt a különösen jellemző és jól követhető tárgytypust, s azon belül is ezt a leletet választottunk ki, mert a mintegy 350 hasonló ismert tárgy közül az ezen az övön látható jelenet sor régészeti oldalról már első ránézésre is arra utalt, hogy rendkívül erősen és jellemzően tükrözi a Koban kultúra ízlését és hitvilágát. Metallográfiai elemzéseink jelentőségét az is növeli, hogy a kaukázusi övek pontos összetételének meghatározására eddig még nem végeztek komplex vizsgálatokat (Castelluccia 2017, 15). A British Múzeumban őrzött leleteken végzett

XRF-mérések kapcsán maguk a szerzők is felhívták a figyelmet arra, hogy a vastag felületi korróziós réteg miatt nem a tényleges összetételt tükrözi az általuk megfigyelt 86,5% réz és 13,5% ón, valamint kis mennyiségű egyéb elem, például arzén, ezüst és antimon (Curtis 1996, 123; Curtis & Kruszyński 2002, 53-56, 93-98). Így az általunk most kiválasztott tárgy vizsgálati eredményei a továbbiakban szélesebb körben is alapul szolgálhatnak a kobani lemezövek, s általában véve is a kaukázusi bronzművesség által felhasznált nyersanyagok összehasonlító elemzéséhez. A magunk részéről a mostani alapvizsgálatok után a továbbiakban tervezzük, hogy hasonló elemzéseket végzünk majd a két távoli területen talált egyéb típusú, de egymással formai párhuzamokat mutató tárgyakon is a készítés helyének meghatározására.

A vizsgált tárgy és régészeti kontextusa

A Közép-Kaukázus déli oldalán Tli településnek a Koban kultúra idejére keltezhető temetőjében Bagrat Tehov 1983-1986 és 1988 években mintegy 150 újabb sírt tárt fel a Koban kultúra idejéből, zömmel a Kr. e. 9-6. századból, amelyeket összefoglalóan 2002-ben publikált (Texov 2002; 2006). Vizsgálatunk szempontjából az egyik legizgalmasabb lelet, egy gazdagon díszített lemezöv a 350. sírban volt.



1. ábra: A Tli temető (Dél-Oszét Köztársaság) 350. sírjában talált, a Kr. e. 7. századra keltezett, bronzlemezről készített öv (1-4a: Texov 2002 alapján)

Fig. 1.: The bronze belt from the 350. grave of Tli cemetery (Republic of South Ossetia). It is dated to the 7th century B. C. (based on 1-4a: Texov 2002)

A halottat alvó testhelyzetben, felhúzott lábakkal a jobb oldalára fektetve helyezték a 2,1 m mélységben lévő, kövekkel kirakott, négyszögletes sírládába, amelyben jelentősebb mennyiségű faszén és okkerdarabok is voltak. A sír alját szürke agyagból készítették, amelyben fejfelé nyugatnak feküdt az elhunyt férfi. A bronz lemezről készült, jelenetsorral díszített övön túl a mellette talált fontosabb bronz tárgyak: tör, ívfibula, korong láncsal és további láncszemek, két gyűrű, geometrikus díszítésű fokos fa nyelének maradványaival, zoomorf fülű, kannelurázott oldalú korsó. A feltáró a leletegyüttest a Kr. e. 7. századra keltezte (Texov 2002, 17). Megfigyelése szerint a férfiak és nők egyaránt viseltek övet, azzal a különbséggel, hogy a férfiaknak volt egy külön ünnepi ruházathoz tartozó díszövük is, amellyel eltemették őket. A feltáró szerint is a Koban kultúra hagyatékára az egyik legjellemzőbb a 350. sírban előkerült, 92,5 cm hosszú, 15,3 cm széles, 0,5 mm vastagságú lemezöv, amelynek felületét a szélein körbefutó, egymásba kapcsolódó kettős spirálsor között kocsiszó, illetve vadászó emberek alakjai töltik ki (Texov 2002, 210). Az enyhén hiányos régészeti tárgyon fríz-szerűen futó jelenetsor két végét nyolc, hegyükkel párosával összefordított háromszög és ugyanennyi, jellegzetes kaukázusi balta zárja le (**1. ábra**). Magát a jelenetsort középen két részre osztja egy hátrafordított fejű, nyitott szájú, ovális fülű állat, amelynek magasan tűzött, ívelten induló, a végén felfelé kunkorodó farka a testénél is hosszabb. Nyakán keskeny szalag látható, alatta és a testének közepén is pöttyök, combjain pedig egy-egy hatlevelű rozetta van (**2. ábra**). Az egykori mester egyértelműen jelzete, hogy hím állat, terült lábvégeit azonban sajnos csak elnagyoltan ábrázolta, amit a feltáró a háromszögű alakja alapján uszonynak (*плавник*) határoz meg, de így is ragadozónak tartja (Texov 2002, 211). A testi felépítés, a tartás alapján egyértelműen nagymacska félének meghatározható állattól balra küllős kerekeivel a Napot utánzó, két ló által vontatott kocsi kockás padlólemezén egy férfi, a hajtó áll (derekán széles öv), kinyújtott jobb kezében a gyepölt, feje fölé tartott baljában hosszú pálcát tart.



2. ábra: Barsz ábrázolása a gazdagon díszített lemez övön (Tli, 350. sír)

Fig. 2.: Presentation of Bars on the richly decorated belt (Tli, 350. grave)



3. ábra: Agancsos gímszarvas tehén és borja (Tli, 350. sír)

Fig. 3.: The antlered red deer, the hind and the fawn (Tli, 350. grave)

A kocsirúd mellé kötött lovakat járomba fogták, a gyeplőszárak külön-külön futnak a zabláktól a hajtó kezéig. A lovak előtti, öv nélküli férfialak hosszan kinyújtott kezeivel a gyeplőt fogva vezeti a kocsit. Lábai alatt egy, a testén sakktabla szerűen poncolt díszítésű vaddisznó, mögötte pedig a feltáró által öznek meghatározott állat látható (Texov 2002, 212., T. 20-21). Ezek előtt pedig egy agancsos szarvas van, nyakán keskeny szalaggal, a testén pedig ugyancsak sakktabla szerűen poncolt díszítéssel. A többi vadállatoktól eltérően ez utóbbi két állatnál – az agancson kívül – nincs hangsúlyozottan a hím egyedre utaló jegy (**3. ábra**). A képmező bal szélén két, kerek fejű, tágra nyitott szájú, hím ragadozó látható, amelyeknek magasan tűzött, ívelten induló, a végén hegyesnek ábrázolt farkuk van. A nyakukon lévő keskeny szalag alatt 3-3, oldalukon 2-2 kerek-ovális folt, combjaikon pedig a kocsi kerekéhez teljesen hasonló megfogalmazásban a Nap szimbóluma látható. Lábaik bár – az eredeti publikációban nem esik róla szó – egyértelműen erős karomban végződnek (Texov 2002, T. 20). Fontos megemlíteni azt is, hogy nem csak a vizsgált tárgyon, de más esetekben is gyakran előfordul (Tli 363., Sagaredžo 5.: Texov 2002, T. 35. ; Castelluccia 2017, Pl. 102), hogy a nagymacskaféléknél a hím ivarszerveket nem a természetben megfigyelhető, egyébként rejtett módon, hanem a kutyafélékhez (*canidák*) hasonló, jobban látható formában ábrázolták (**2. ábra**).

Az övlemez jobb felén, a ragadozó háta mögött két, leszegett fejjel, félholdas szarvakkal ábrázolt, bikának meghatározott (Texov 2002, 213., T. 22). állat van, a nyakukon lévő keskeny szalag alatt 3-3, oldalukon 2-2 kerek-ovális folt, combjaikon pedig egy-egy vízimadár látható. Lábaik a szarvasokéhoz hasonló patában végződnek. Az ábrázoláson a szarvasok agancsának és a holdas szarvak pontozott, illetve kereszt irányban vonalkázott, más esetekben is ismétlődő kitöltése (Lorut 14., Maralyn Deresi 5.: Castelluccia 2017, Pl. 87., 98) arra mutat, hogy az alkotó tudatosan tett különbséget a két szarvtípus között. Manuel Castelluccia szerint nem lehet eldönteni, hogy marha vagy kecske van-e a képen (Castelluccia 2017, 116), ugyanakkor a hasonló szarvakkal ábrázolt állatokat egyértelműen kecskének határozza meg (Castelluccia 2017, Fig. 72). A marhák alacsonyan tűzött farkával, egyenes hátával, két oldalra álló szarvával szemben az övön magasan tűzött farkú, ívelt hátú, frontózus homlokú faj hím egyedei láthatók. Különösen szembeütőek ezek a különbségek, ha megnézzük például a különösen élethű urartui ábrázolások közül II. Sarduri pajzsán lévő ábrázolásokat (Пиотровский 1955, Рис. 20). Bagrat Tehov szerint a régészeti leletek alapján Tli lakossága szarvasmarha tenyésztéssel foglalkozott a VII-VI. században. Ugyanakkor a számos kosfej mellett csak egyetlen, egy gyermek sírjában talált bikafej alakú csüngőt

említ (Tli 398. sír: Texov 2002, 481), s talán még egy további lelet is szarvasmarhára utal (Tli 346. női sír: Texov 2002, T. 13,2., T. 71,4). Hasonlóan elenyésző Sabine Reinholdnak az egész Kaukázus területére kiterjedő anyaggyűjtésében is a nagyszámú juhféle mellett az az alig pár ábrázolás, amelyek a szarvak állása alapján szarvasmarhára is utalhatnak (Reinhold 2007, Abb. 39. A5A., Taf. 202. 24., Taf. 215. 23., Taf. 284. 39., Taf. 470. 11-16). Nyilvánvaló, hogy csak a korszak telepein található állatcsontok archeozoológiai vizsgálata adhat pontos képet a Koban kultúra gazdálkodásáról, az állatfajok arányáról, de az ábrázolások és a sírokban is csak elszórva talált marhacsontok arra mutatnak, hogy a juhfélék jelentősége jóval meghaladta a szarvasmarháét. Ez a megfigyelés is azt erősíti, hogy az övet készítő mesterral szemben nem volt különösebb elvárás, hogy a most vizsgált övlemezen szarvasmarhát is ábrázoljon, arról nem is szólva, hogy a lovak kivételével az összes többi vadon élő állat. Ráadásul mind olyan állat, amely az adott térségben nem csak az embereknek, de a nagymacskáknak is kedvenc zsákmánya. Másrészt a félholdas szarvú állatokhoz hasonló megfogalmazással ugyancsak kizárólag vadon élő állatok között látható a 419. sír lemezővén is (Texov 2002, T. 95). Ott a karcsú testű, középhosszú farkú állat a fejtetőn induló, az ábrázolás utalása szerint erős növekedési díszítettségű szarva alapján leginkább kecskefélének, például a kelet-kaukázusi kecskének, (*Capra caucasica cylindricornis*) határozható meg (**4a-b ábra**). A szarvak ilyen jellegű tudatos megformálását, azzal az egész közösség számára könnyen és egyértelműen azonosítható állat korabeli széles ismertségét és jelentőségét jól jelzi az is, hogy még a távoli Hallstatt kultúra területén is többször találkozhatunk hasonló ábrázolással, ráadásul a kaukázusi öveken látható formában (Tli 322., 419., Samtavro 289.: Castelluccia 2017, Fig. 69. Fig. 72D; Texov 2002, T. 93), a szarvak közé helyezett kiegészítés is előfordul (Kleinklein, Kröll-Schmiedkogel: Prüssing 1991, T. 117., 121).

A vizsgált övlemezen a félholdas szarvú állatok között kerek fejű, háromszög alakban végződő farkú, hat uszonyú hal látható, előttük pedig éppen a nyilát kilövő, széles övű férfi van. A nyilak két, a testükön sakktabla szerűen poncolt díszítésű, agancsos szarvast vetek célba, amit a szerző vadászjelenetként értelmez (Texov 2002, 213). Azonban fontos megjegyezni, hogy a nyilak nem fűródtak az állatokba és az agancson túl külön hím nemi jegyeket ezeknél az egyedeknél sem ábrázoltak (**6. ábra**). A képmező jobb szélét a másik oldal lezárásához teljesen hasonló megfogalmazású ragadozó pár zárja le.



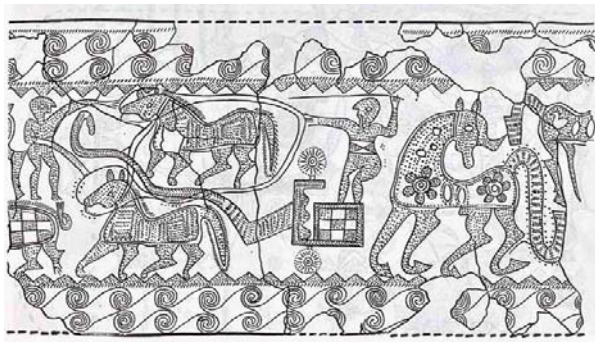
4a ábra: Tur ábrázolása a Tli temető 419. sírjában előkerült lemez övön

Fig. 4a: Presentation of Tur on the belt from 419. grave of Tli cemetery



4b ábra: Tur koponya a Rekom szentélynél (Észak-Oszétia–Alánia Köztársaság, 2019)

Fig 4b: Skull of Tur at the sanctuary of Rekom (Republic of North Ossetia – Alania, 2019)

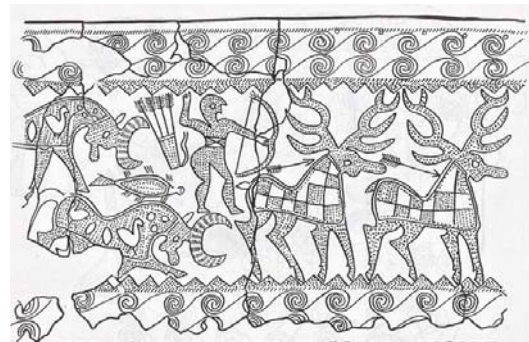


5. ábra: Nyakjárommal fogatolt, tarpán szerű ló (Tli, 350. sír)

Fig. 5.: The tarpán horse guided by neck yoke (Tli, 350. grave)

Az övlemez közepén lévő, balra forduló nagymacskától mindkét térfélen a szélek felé forduló állatok a tárgy viselése közben egymással szembe néztek.

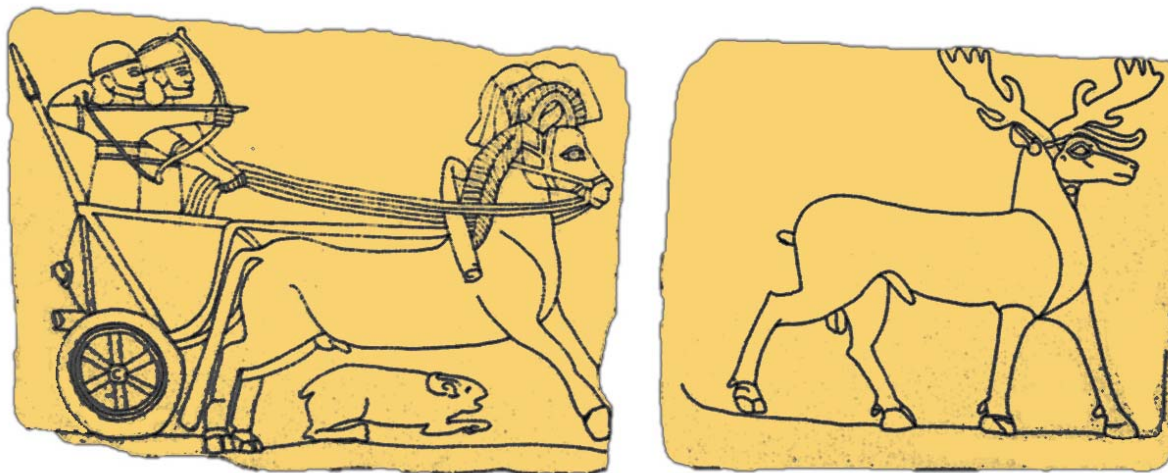
A Tli temető 425., ugyancsak a Kr. e. 7. századra datálható sírjában talált, az ásató szerint is két korábban talált lemezövvel együtt (N9 40-6 és 215-6) az urartui művészettel kapcsolatokat mutató leleten (Texov 2002, 210) a most vizsgált tárgyon látható állatok többsége (oroszlán, hal, rozetta, növényevők, stb. szintén megfigyelhető, ráadásul sokkal részletesebb, majdnem élethű kidolgozásban. Ennél a három sávban díszített övön is két, hátul közepén elválasztott, jobbra és balra néző, napkorongokkal, rozettákkal, palmettákkal, stb. megosztott jelenetsor van (Texov 2002, T. 100). A bal szél lezárásánál kétszer három sörényes, tehát hím oroszlán (*Panthera leo persica*) látható, magasan tűzött, hosszú farkuk ívelten indul,



6. ábra: A kilőtt nyilakkal le nem teríthető csodálatos szarvas ábrázolása a kobani lemez övön (Tli, 350. sír)

Fig. 6.: The presentation of the wonder deer which cannot be hunted by fired arrows on the Koban plate belt (Tli, 350. grave)

a végén felfelé kunkorodó, hegyes- vagy nyitottabb pamacsban végződik. Teljesen hasonló a középső részen három oszlopban is ábrázolt szárnyas állatok megfogalmazása, az újhettita időszak és Urartu ábrázolásain gyakran látható fejdísszel kiegészítve (Loon 1966, Fig. 22., Pl. XXIX). Két oszlopban egyértelmű az oroszlánnal való azonosítás lehetősége, a felezővonalnál lévő három állatot a feltáró szárnyas bikának határozta meg. Az öv jobboldali részén egy palmetta sor után oroszlánok, majd életfák, bikák, rozetták, szárnyas oroszlánok, kereszt alakú díszek, kecskefélék, életfák, oroszlánok következnek az utolsó képmezőig, amely a tárgy sérülése miatt annyira hiányos, hogy már nem lehet megállapítani, mi volt ott. Az öv végét ezen az oldalon három mezőre osztva mezőben két szárnyas ló, illetve két, hegyes urartui sisakot viselő lovas, valamint életfa ágain álló kecskék zárják.



7. ábra: Szarvasbika vadászata egy karkemisi újhettita kori domborművön (Anatóliai Civilizációk Múzeuma, Ankara)

Fig 7.: Hunting of deer hart on a Neo-Hittite relief from Karkemish (Museum of Anatolian Civilizations, Ankara)

John Curtis az urartui övek jellemzői közé sorolja a jobb-bal oldalra osztott szerkezetet, a vízszintesen és függőlegesen is megosztott térhasználatot, a vadászattal, utazással kapcsolatos témákat, vadászok, katonák, lovak, kocsik és különböző vadállatok ábrázolását, amelyeket gyakran növényi vagy geometrikus motívumokkal választottak el (Curtis 1996, 118). Arra is felhívja a figyelmet, hogy fontos a transzkaukázusi és az attól technológiailag eltérő, az ókori Kelet, azon belül is főleg AsszírIA művészetének befolyása alatt álló, gyakran csodás lényeket, mitológiai jeleneteket ábrázoló urartui bronz övek elkülönítése. A kaukázusi öveken nem jellemző a különböző állatalakok összeolvasztása, a csodás lények ábrázolása (Curtis 2017, ix). Számos, a kaukázusi régió ábrázolásait közvetlenül az orosz sztyeppe állatstílusával összekapcsoló szerzővel szemben ő is azon a Dagny Carter könyve óta (Carter 1957, 125). egyre jobban tért nyelő (Lang, 2012) állásponton van, hogy ez egy nagyon leegyszerűsített kép, a transzkaukázusi művészet sokkal inkább egy alcsoport az eurázsiai kultúrák nagyobb művészeti koinéjában belül (Curtis 2017, ix). Manuel Castelluccia monográfiájában vizsgálatai eredményeként szintén arra a következtetésre jutott, hogy a Kaukázusban a bronzkor óta meglévő, önálló művészeti hagyományok éltek tovább a kora vaskorban is. Az Urartui Királyság közvetítésével érezhetően erős mezopotámiai hatások érték a területet, míg az Iráni-fennsík és a sztyeppe népeinek befolyása kevésbé mutatható ki. A Koban kultúra mesterei mindig a helyi ízlésnek és hagyományoknak megfelelően, a közvetlen környezetükben található állatokkal díszítették a tárgyaikat (Castelluccia 2017, 392).

Már ebből a rövid kitekintésből is jól látható, hogy az általunk most vizsgált, Tli 350. sírjában talált

bronz lemezőv temetőn belüli párhuzamai Bagrat Tehov véleményét tovább erősítve, valóban erős és közvetlen urartui hatást mutatnak az ábrázolás témájában, szerkezetében és motívumaiban is. A legtöbb elemre az újhettita, urartui művészet emlékein találunk példákat. Éppen az ókori Kelet szembenűően erős befolyása miatt ezúttal inkább azokra a részletekre, kisebb-nagyobb különbségekre próbálom felhívni a figyelmet, amelyek a helyi szokásokat, viszonyokat tükrözhetik. A 350. sír lemezővén a kocsi ábrázolása számos apró részletig, az ívelt kocsirúd kialakításától a külön-külön vezetett gyeplőszárig azonos például a már hivatkozott Karkamis-Gazaintep, Aslantepe-Malatya újhettita időszakból való domborműveinek ábrázolásaival is. Ez is jól mutatja, hogy az urartui erős és közvetlen befolyás a transzkaukázusi művészetre jóval korábbi és szélesebb gyökerű elemeket közvetít észak felé. A most vizsgált övön is a kocsi előtt az előképeknek megfelelően szarvas látható, ami a jelenetnek a mintául szolgáló ábrázolásaihoz hasonló értelmezésére utalhatna. Azonban nem sikkadhatunk el néhány apró eltérés fölött. A lovak fajtája és befogási módja jóval archaikusabb, mint a korabeli urartui területeken. A lemezőv ábrázolásán egy kistermetű, nagyfejű, durva testalkatú, tarpán szerű ló látható (**5. ábra**). Ugyanakkor az újhettita, urartui sztélék képein már kecses, magas lovak húzzák a harci kocsikat. Ráadásul az ott alkalmazott, a marra helyezett járom helyett a transzkaukázusi ábrázolásokon következetesen a jóval régebbi nyakjárom látható (Sevan, Astchi blur 14.: Castelluccia 2017, Pl. 104., 108). A domborműveken a kocsival űzött, vadászott szarvasnál az agancs mellett a phalloszt is jól láthatóan ábrázolták (**7. ábra**), ami az övlemezünkről hiányzik (**1. ábra**). Ez nem lehet

véletlen, vagy következhet az ábrázolás kisebb méretéből, hiszen ugyanott a ragadozókon a hím nemi jegyek jól láthatók. A szarvas mögött viszont egy hasonló testű, lábtartású, de kisebb állat van (**1. ábra**), amit a feltáró őznek határozott meg (Texov 2002, T. 20). Elgondolkodtató azonban, hogy az egyébként erősen hím környezetben éppen erről az állatról hiányoznak az agancsok. A közvetlen előképnek tekinthető urartui öveken nem találtunk szarvas és őz együttes ábrázolást. Hasonló eredményre vezetett a kaukázusi anyag átnézése is. Viszont például, mint arra Makkay János a korai iráni kapcsolatok kutatása során már korábban felhívta a figyelmet, az egyik lurisztáni bronz zablán és a Hét testvér kurgánban feltárt aranyozott ezüst lemez ábrázoláson látható, amint az agancsos üdő éppen a borját szoptatja (Makkay 2006, 24., Fig. 1., 21), mindenki számára egyértelművé téve az agancsai ellenére is az állat nemi hovatartozását. Így mindenképpen indokolt és megalapozott a 350. sír ezen részletének újraértelmezése: az agancsos szarvas mögött nem őz, hanem a borja látható (Szabó 2019). Az urartui előképeknek megfelelően megrajzolt kocsin a hajtó egy agancsos, de valójában nőstény szarvast követ, amelynek nemiségét a mögötte lévő borjával külön is hangsúlyozza az alkotó (**1. ábra**). Vizsgálatunk szempontjából a lemezövön látható ábrázolás minden részletében a helyi ízlést és hitvilágot tükröző megfogalmazásának pedig különösen fontos szerepe van, hiszen régészeti oldalról önmagában is azt erősíti, hogy az általunk kiválasztott tárgy az urartui előképek ellenére is a Koban kultúra fémművességének alkotása.

Metallográfiai vizsgálatok

Vizsgálatainkhoz a mintát a lemezöv tisztítása után az előzetes összeállításból kimaradt apró, restaurálatlan darabok közül választottuk ki. A mintát metallográfiai vizsgálathoz a lemez keresztmetszetének vizsgálatához megfelelően ágyasztuk be hidegen kötő műgyantába. A hidegen kötő műgyanta alkalmazása lényeges, hogy a vizsgált minta szerkezetében hőhatással ne okozzunk változást. A mintát a rézötvözeteket tekintve szokásos módon készítettük elő (220, 600, 1200 μm szem nagyságú SiC szemcsékkel, 300 rpm fordulatszámon), polírozást (3 illetve 1 μm gyémántpasztával kent posztón 150 rpm fordulatszámmal), majd maratást (K_2CrO_4 bemártásos maratás) követően optikai mikroszkóppal vizsgáltuk a minta mikroszerkezetét. A csiszolaton jól látható, hogy a fém teljes keresztmetszetében újrakristályosodott finomszemcsés szerkezet alkotja (**8a ábra**). A mikroszkópi képen hosszú, elnyúlt, az újrakristályosodott szemcséket átszelő zárványok láthatók (**8b ábra**).



8. ábra: Az övlemezről származó minta Zeiss Axio Scope. A1 optikai mikroszkóppal készített felvételei polarizált megvilágításban 50x-es optikai nagyításban (a), és világos látótérben 500x-os nagyításban (b):

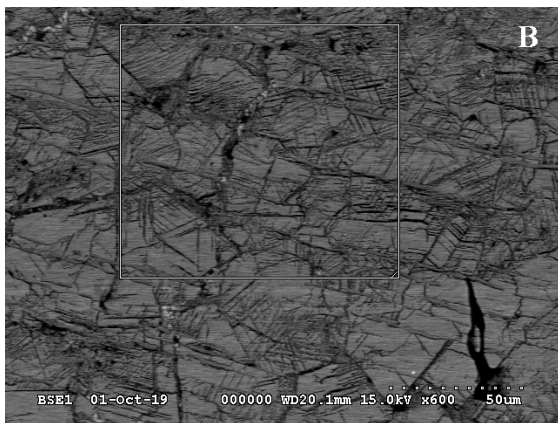
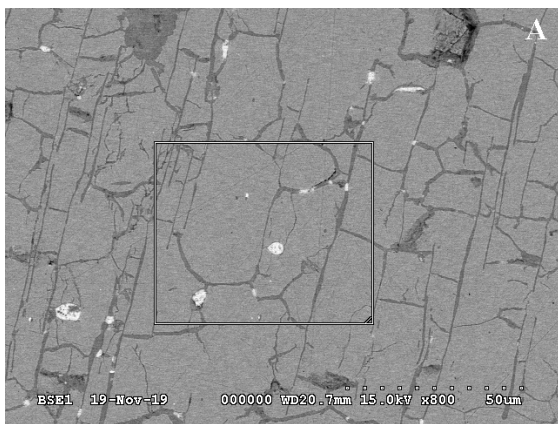
Fig. 8.: The micrographs taken from the microstructure of the sample from the belt plate made by Zeiss Axio Scope. A1 in polarized illumination (magnification 50x) (a) and bright field (magnification 500x) (b):

A minta széle, ami a lemez felülete, korrózió hatásával erősen terhelt, ami kihat a felület közelében a szemcseszerkezetre is. Ugyancsak korrózió nyomai mutatkoznak a szemcsehatárok mentén. A szemcseszerkezet és a tárgy alakja alapján hideg képlékeny alakítást követő lágyításra következtethetünk a készítés utolsó fázisaként. (A sírban megfigyelt faszénmaradványok ellenére a csontok megégésére más esetekben sem találtunk utalást, így valószínű, hogy a rácszerkezet értékelésénél sem kell ezzel a tényezővel számolnunk. A zárványok erős nyújtottsága nagy összes alakításra utalnak, amit a tárgy jellege és makroszkópikus méretei is alátámasztanak. A minta összetételének megállapításához, a nyújtott zárványok azonosításához és további részletek feltárásához az előkészített mintán SEM-EDS vizsgálatokat végeztünk.

SEM-EDS vizsgálatok

Az összetétel vizsgálatok során több területen is vizsgáltuk a mintát (**9. ábra, 1. táblázat**). Az alapmátrix alapvetően réz-ón, bronz ötvözet. Emellett kén, illetve ólom elemeket detektáltunk kisebb mennyiségben. Összetételbeli különbségek fedezhetők fel a felülethez közeli korrózió hatásával terhelt területek és a fémes területek között. A fémes területen mért eredményeken (**9a ábra**) látható, hogy közel 11% Sn-t, míg a korróziós termékben (**9b ábra**) 17% Sn-t detektáltunk.

A felületi Sn tartalom majdnem másfélszeres az alapmátrixhoz képest, az Sn tartalom korróziós folyamatokban való dúsulása miatt.



9. ábra: Az övlemezről származó minta SEM-EDS felvételei (Hitachi CFE 4300). A jelölt területeken átlagösszetétel mérést végeztünk fémes területen felülettől távol (a), és a felülethez közel lévő korrodált területen (b).:

Fig. 9.: SEM-EDS micrographs taken from the sample of belt plate made by a Hitachi CFE 4300 equipment. Average elemental composition analysis were made inside the signed areas far from the surface (a) and in the corroded area (b).:

1. táblázat: SEM-EDS elemzés eredményei tömeg%-ban. A mérési helyeket a **9a-b ábra** mutatja.

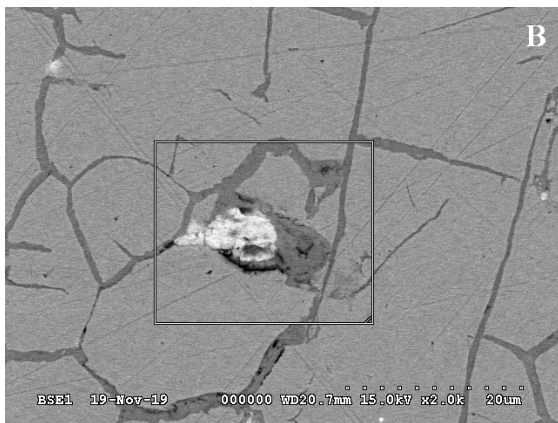
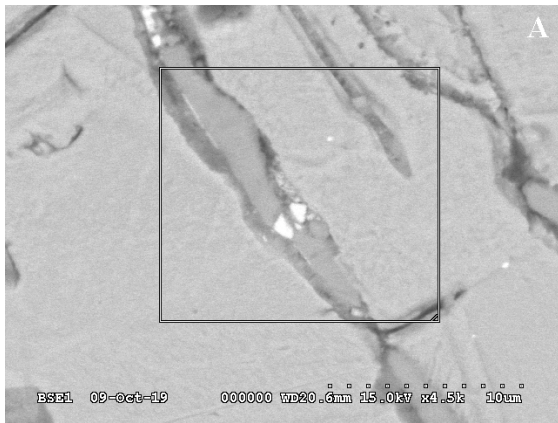
Table 1.: The results of the SEM-EDS elemental analysis. Area of interest is shown in **Fig. 9a-b**, the values are presented in weight percentage.

terület	C	O	S	Cu	Sn	Pb
9a	0,62	2,05		84,08	10,79	2,47
9b	1,03	5,46	1,64	74,87	17,0	

Ezt a megfigyelést a roncsolásmentes (felületi) vizsgálatok esetén általánosan is mindenképpen figyelembe kell venni. A korrózió nem csak önmagában okozója a magas felületi Sn vagy egyéb összetevő tartalomnak, de mindenképpen emeli a mérhető koncentrációt adott összetevők esetén. Emellett azonban mind a korrózió módjára és sebességére, de a tárgy óneloszlására és mikroszerkezetére a megmunkálás módja is jelentős hatással van. A korróziós folyamatok mellett a korróziós termékben és az alatta lévő fémes anyagban lévő ötvöző mennyiségét a megmunkálás módja döntően befolyásolja. Azaz minden vizsgálatnál, minden értékelésnél komplexen kell vizsgálni az egymással szuperponálódó folyamatokat, és a felület összetételét, valamint a korrózió által terhelt fém vastagságát ennek figyelembevételével lehet becsülni.

Fázisanalízissel kimutattuk, hogy az optikai mikroszkópon is látható hosszú, elnyúlt zárványok réz-szulfid zárványok (**10a ábra 6-os pont**). A szulfid zárványok jól alakíthatók, mind a zárvány alakja mind a minta finom szerkezete arra utal, hogy a tárgy nagymértékű, több mint 50% alakításnak lett kitéve, majd az azt követő hőhatás, hőkezelés következtében alakult ki az egyenletes, finom szemcseszerkezet. A tárgy öntartalma is ezt mutatja. Ez az öntartalom a határa annak, hogy még képlékenyen alakítható legyen a bronz. A nyúlása, azaz az alakíthatósága ~10% öntartalomtól kezdve további ón hozzáadásával erősen csökken. Meleg alakítás nem elképzelhető, mert magas hőmérsékleten a fém törékennyé válik, és ilyen finom szemcseszerkezet sem alakult volna ki. Vélhetően a további megmunkálás, feldolgozás miatt volt szükség a lágyításra. Itt a hajlítást és a díszítést is értjük ez alatt.

Jellemzően a szulfid zárványok mellett ólmot detektáltunk, cseppek formájában, ami szokásosan megjelenik az ilyen ötvözetekben. Természetesen találunk ólom cseppet a fémes mátrixba ágyazódva önállóan is, de a kristályosodási folyamat végén megszilárduló fázisokat jellemzően egymáshoz közel találjuk (**9a ábra**).



10. ábra: SEM-EDS. (a) Elnyúlt szulfid zárványok Pb cseppek, (b) Ag dúsulás a korróziós termékben
Fig. 10.: Investigation of inclusions by SEM-EDS: elongated sulfide inclusions and lead drops (a), silver segregation in the corrosion product

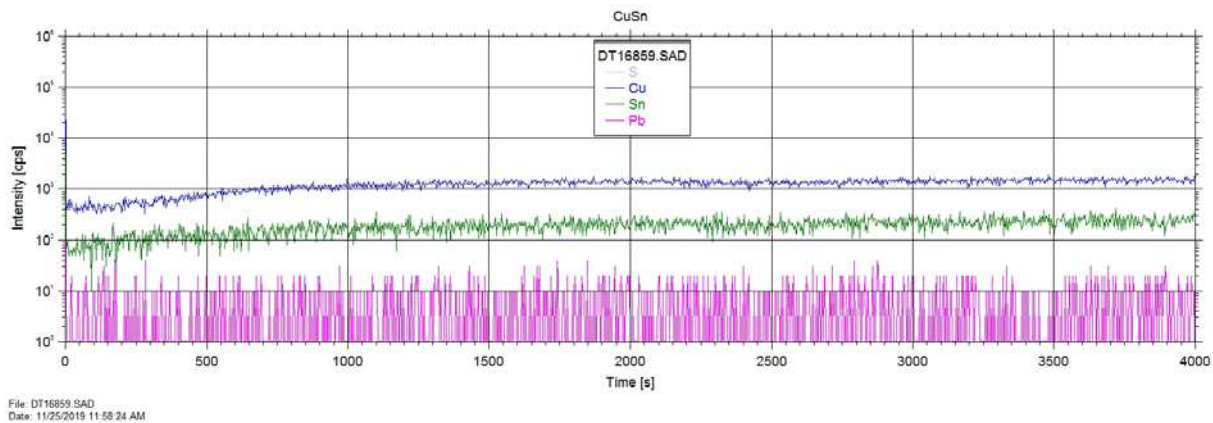
2. táblázat: A mintában lévő fázisok SEM-EDS összetétel elemzésének eredménye tömeg%-ban. A mérési pontok a 10a-b ábrán láthatók.

Table 2.: Results of the SEM-EDS elemental analysis of inclusions in the belt plate. The point of analysis can be seen in Fig. 10a-b, the values are presented at weight percentage

mérési pont	O	Cu	S	Sn	Pb	Ag
10a / 6	1,94	78,14	19,91			
10a / 8	13,18	29,24	13,36	4,52	53,06	
10a / 9	4,34	65,15		6,95	10,20	
10b Ag	15,30	44,27				40,43

A korróziós termékben Ag dúsult fel, amit apró rögökként találtunk meg. Ez utóbbi más tárgyak korróziós rétegében is gyakran megtalálható, azonban erősebben jellemző az ércforrásra, mint az ólom mennyisége.

A vizsgált tárgy fontossága, díszítettsége és állapota miatt csak egészen apró töredékek elemzésére volt lehetőség. Ezért kísérletet tettünk arra is, hogy speciális vizsgálatokkal, amelyek sokkal kisebb, akár nem is látható roncsolást jelentenek, milyen információkat nyerhetünk. Természetesen az eredmények validálásához használtuk az optikai mikroszkópi és SEM-EDS eredményeket is. A kiválasztott technikák a SNMS és FIB-SEM vizsgálati eljárások voltak.



11a ábra: Az SNMS vizsgálat eredményei. Egy kisméretű mintát használtunk a vizsgálatához (12b ábra), aminek a felületén 1 mm átmérőjű területet porlasztottunk. A porlasztás időtartamának függvényében láthatjuk a fő összetevők egymáshoz viszonyított mennyiségét. Az állandó gerjesztés miatt a mélységre történő átszámolás egyenesen arányos. A mérés során folyamatosan nagyon magas óntartalmat mértünk.

Fig. 11a: The results of SNMS measurements. A small piece of the belt was used to the test (Fig. 12b) on which a circular area with diameter 1mm was excited and evaporated. The graphs show the proportion of the main constituents as a function of evaporation time. Due to the constant excitation the evaporation time is directly proportional to the depth. During the testing time continuously growing tin content was measured.

Az SNMS eljárásban (szekunder neutrális rész tömegspektrométerben) induktív, csatoltan előállított argon plazmával bombáztuk (13,5 MHz nagy frekvenciás plazma) a minta kis felületelemét, aminek hatására a felületi réteg gerjesztődött és szublimált. Ily módon porlasztottuk a felületi réteget és tömegspektrométerrel detektáltuk a porlasztott elemeket (**11. ábra**). Ezzel a módszerrel közelítőleg 1 µm mélységig porlasztottuk le a réteget. A spektrumokon jól látható, hogy az Sn tartalomban (17%) nem történt változás, azaz a magas óntartalmat mértük. Ezt a felületi vizsgálatot összehasonlítva a korábban bemutatott SEM-EDS vizsgálattal látható, hogy 1 µm mélységben is a korróziós réteg a domináns.

Az itt detektált ötvöző tartalom nem egyezik meg az alapmátrix összetételével. A mérés során a berendezés nem számítja át a mért fizikai jellemzőt (tömegspektrométer beütésszám) direkt koncentrációkká, mint a SEM-EDS esetében történik. Ennek oka, hogy a berendezést speciális nagy érzékenységű mérésekre használjuk. Azonban a három elemre (ként ehhez kis mennyiségben detektáltunk) a görbék átlagolása után számíthatunk összetételt: Sn: 17. 3%, Pb: 0. 61% Cu: maradék. Felmerül a kérdés, hogy a vizsgált 1 µm-nél mélyebben mit mérhetünk.

FIB-SEM vizsgálat során gallium ionokkal bombázzuk a felületet, azonban itt csak a felületi réteg fokozatos eltávolítása a cél (**12a-f ábra**). Az elemzést klasszikus SEM-EDS eljárással végezzük az eltávolított réteg alatt megmaradó felületen. FIB-SEM vizsgálattal 25x25 µm nagyságú, 15 µm mély szeletet vágunk ki. Az ábrákon jól látható, hogy még ebben a tartományban is a korrózió hatása volt érzékelhető, mert az óntartalom 17% volt.

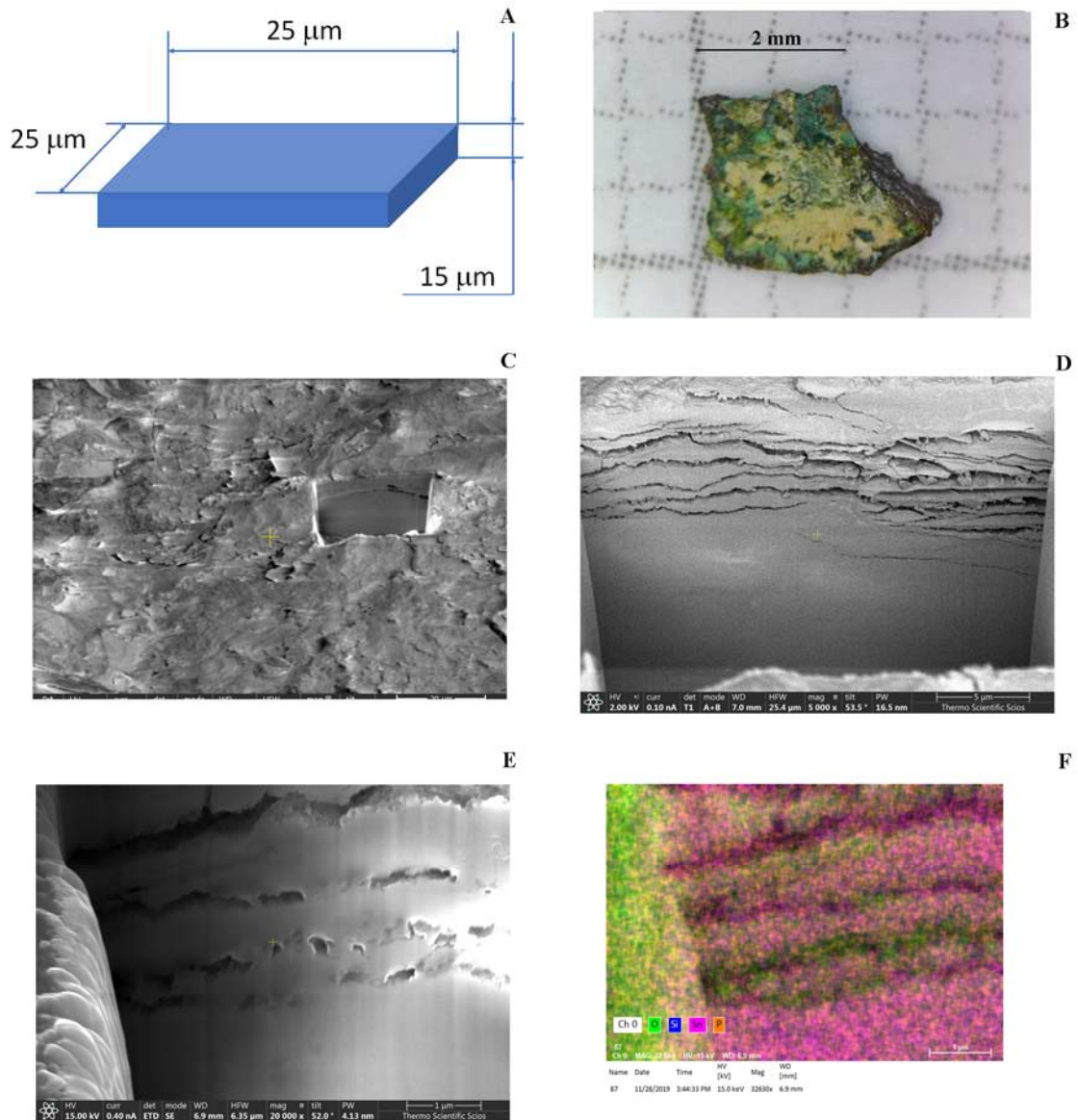
A **12f ábra** elem térképe mutatja, hogy a korróziós termék volt mérhető. Itt visszautalunk az optikai mikroszkópi vizsgálat eredményére is, ahol a lemez felületének közelében a szemcseszerkezeten szintén látható volt, hogy a korrózió hatásai terhelik, ami nagyobb, mint 15 µm egy ~500 µm vastag lemez esetén. Természetesen a korrózió természetéből fakad, hogy konkrét érték nem adható meg, azonban minden vizsgálatnál ezt figyelembe kellett vennünk.

Értékelés

A metallográfiai vizsgálatokat összegezve megállapítható, hogy az övlemez készítése valamilyen öntött előtermékből indult, ami magas, ~11 tömeg% óntartalmú bronz volt. Maga az ötvözet is kemény volt a magas óntartalom miatt, azonban ezután jelentős mértékű hidegalakításon esett át. Erre a hosszú, nyújtott, szemcséket is átszelő szulfidzárványok mutatnak. (A hidegalakítás során az ötvözet erős keményedése miatti technológiai lágyítás közbeiktatása nem zárható ki. Az utolsó alakítási fázis után hőkezelték, lágyították a lemezt a befejező műveletek (vésés, poncolás, hajlítás) elvégzésének megkönnyítésére. A végső lágyítás finom, egyenletes szövetszerkezetet eredményezett. Maga a lemez erősen korrodált, így (a lemez vastagságához viszonyítva) még a felületétől távol is érezhetőek a korrózió hatásai. Az ötvözetben kevés ólom szennyezés van, ami az óskori tárgyaknál megszokott módon, külön fázisban, kis cseppekben található meg, főként a szulfidzárványok környezetében. Az alapfémekben nem volt kimutatható, de a korróziós termékben továbbá az ezüst feldúsulása is megfigyelhető, amit különösen a tárgy készítéséhez használt alapanyag értékelésénél kell figyelembe venni.

Az ókori Kelet és a sztyeppei világ között hid szerepét betöltő Kaukázusban talált lemez öv kapcsán a korábbi vizsgálataink tapasztalata alapján külön ki kell emelnünk azt is, hogy jelen esetben semmi nem mutatott arra, hogy az ólom és ezüst szennyező anyagok az ónhoz, a korabeli írott forrásokból ismert ötvöző anyag direkt adagolásához kapcsolódtak volna (Gyöngyösi et al. 2017).

A régészeti megfigyelések és elemzések arra mutattak, hogy a lemezövön látható ábrázolás az urartui előképek ellenére is minden részletében a helyi ízlést és hitvilágot tükrözi, a Koban kultúra fémművességének alkotása, amit az archeometallurgiai vizsgálatok eredményei is megerősítettek. A Tli temető 350. sírjában feltárt lemez öv készítéséhez felhasznált alapanyag, figyelembe véve a lelőhely földrajzi környezetét is, nagy valószínűséggel a Kaukázus változatos ércforrásai közül egy olyan területről származhatott, ahol a szulfidos rézérc mellett Pb és Ag tartalmú érc is található, amelyek a kohósítás során az ötvözetbe szennyező elemekként is bekerültek.



12. ábra: A FIB-SEM berendezéssel az SNMS vizsgálaton is átesett minta felületén vágunk egy 25x25 μm -es ablakot, amit 15 μm -re mélyítettünk, és vizsgáltuk az összetevőket. Még ilyen mélységben is a korróziós rétegre jellemző, a tárgy összetételétől magasabb óntartalmat mértünk.:

Fig. 12.: A 25x25 μm window was milled by FIB-SEM method on the surface of that sample which was previously investigated by SNMS technique, too. The final depth of the window was 15 μm . At this depth also that tin content was measured which is specific to the corrosion layer and higher than the average tin content of the raw metal.:

Köszönetnyilvánítás

A helyszíni vizsgálatokra Z. Kanukova segítségével köszönhetően a V. I. Abaev Észak-Oszét Bölcsészeti- és Társadalomtudományi Kutatóintézet (SOIGSI) hivatalos meghívására, az NKFI Hivatal FK128013. számú projektje, valamint a Közép- és Kelet-európai Történelem és Társadalom Kutatásáért Közalapítvány anyagi támogatásával kerülhetett sor. N. K. Gaszieva kulturális és oktatási miniszter, valamint első helyettese, E. H. Gagloeva közbenjárásával nyílt

lehetőség Dél-Oszétiában Cinvali múzeumában a Tli temető bronzkori anyagának tanulmányozására. Hálásan köszönjük H. R. Gaglojtű, az Orosz Tudományos Akadémia Cinvali Kutatóintézetének igazgatójának, hogy lehetőséget adott az újabban előkerült régészeti leletek megtekintésére is, Manuel Castelucciának pedig a témakör kutatásában nélkülözhetetlen monográfiájának a megküldését. Az ábrázolt állatfajok meghatározásában Dr. Bozi Róbert állatorvos, az SNMS vizsgálatokban Langer Gábor volt segítségünkre.

Irodalom

CARTER, D. (1957): *The Symbol of the Beast. The Animal-Style Art of Eurasia*. The Ronald Press, New York. 204 p.

CASTELLUCCIA, M. (2017): *Transcaucasian Bronze Belts*. BAR International Series **2842**, BAR Publishing, Oxford. 430 p.

CURTIS, J. (1996): Urartian Bronze Belts. *Zeitschrift für Assyriologie und Vorderasiatische Archäologie* **86** Munich 118–136.

CURTIS, J. (2017): Preface. In: CASTELLUCCIA, M., *Transcaucasian Bronze Belts*. BAR International Series **2842**, BAR Publishing Oxford, ix–x.

CURTIS, J. & KRUSZYŃSKI, M. (2002): *Ancient Caucasian and Related Material in the British Museum*. British Museum Occasional Paper no. **121**, London. 128 p.

GYÖNGYÖSI SZ., ERDÉLYI Z., JUHÁSZ L., BARKÓCZY P., SZABÓ G. (2017): A réz ötvözésének technológiaváltása Európában a HaD időszak pannon bográcsainak archaeometallurgiai vizsgálatai alapján. *Wosinsky Mór Múzeum Évkönyve XXXIX* 7–27.

LANG, A. (2012): Urartu und die Nomaden: Zur Adaption altorientalischer Motive im reiternomadischen Kunsthandwerk des 7. -5. Jh. v. Chr. in Eurasien. In: KROLL, S., GRUBER, C.,

HELLWAG, U., ROAF M. & ZIMANSKY, P. eds., *Bianili-Urartu. Tagungsbericht des Münchner Symposiums*. 12. -14. Oktober 2007. Peeters München, 281–293.

VAN LOON, M. (1966): *Urartian Art. Its Distinctive Traits in the Light of New Excavations*. Istanbul, 234 p.

MAKKAY, J. (2006): The Miracle Stag. *Tractata Minuscula* **48** Budapest. 96 p.

PRÜSSING, G. (1991): *Die Bronzegefäße in Österreich*. Prähistorische Bronzefunde **II/5**. 278 p.

REINHOLD, S. (2007): *Die Spätbronze- und frühe Eisenzeit im Kaukasus*. Bonn. 869 p.

ПИОТРОВСКИЙ, Б. Б. (1955): *Кармир-Блур*. III. Ереван. 91 p.

ТЕХОВ, Б. В. (2002): *Тайны древних погребений*. Владикавказ. 512 p.

ТЕХОВ Б. В. (2006): *Археология южной части Осетии*. Владикавказ. 639 p.

ЧШИЕВ, Х. Т. (2007): *Памятники кобанской культуры на территории Северной Осетии*. Археология Северной Осетии. Т. 1. Владикавказ. 178–293.

SZABÓ G. (2019): How and why do the deer and the bars appear on the belts used in the Caucasian Koban culture? *Nartamongae XIV/1–2* 50–77.

MÁZAS ÉS MÁZATLAN KÉSŐ RÓMAI KERÁMIÁK KÖRNYE KÜLTERÜLETÉRŐL – AZ ALAPTESTEK PETROGRÁFIAI ÉS RÖNTGEN-PORDIFFRAKCIÓS VIZSGÁLATI EREDMÉNYEI

PETROGRAPHIC AND XRD STUDIES ON THE CERAMIC BODY OF LATE ROMAN GLAZED AND NON-GLAZED VESSELS FROM THE VICINITY OF KÖRNYE (HUNGARY) *

GYÖRKÖS Dorottya^{1,2*}; BAJNÓCZI Bernadett²; SZAKMÁNY György³; SZABÓ Máté²
& TÓTH Mária²

¹Atommagkutató Intézet, Izotóp Klimatológiai és Környezetkutató Központ, 4026 Debrecen, Bem tér 18/C.

²CSFK Földtani és Geokémiai Intézet, 1112 Budapest, Budaörsi út 45.

³ELTE TTK Közettan-Geokémiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C.

*E-mail: dorkagyorkos@gmail.com

Abstract

Two late Roman (4th century AD) pottery kilns were found during archaeological excavations at Környe (Hungary). The kilns made of stones are situated at right angle to each other in the economic area of a villa and used the same pit. Around 1450 artefacts were found during the excavation, majority of them are red- and grey-fired late Roman ceramics. Besides non-glazed ceramics, the site is characterised by the presence of glazed vessel fragments, most of them found in one of the kilns, and solidified melts of the kiln material. As a first step to determine the production technology of the vessels, the ceramic body of glazed and non-glazed vessels (91 samples) from the whole archaeological site was studied by polarizing microscopy and X-ray powder diffraction analysis.

Most of the ceramics, red- and grey-fired as well, contain medium silt to coarse sand-sized non-plastic inclusions (up to 1200 µm in size) (Group 1). The used raw materials (silty clay and fat clay) differentiate the subgroups. Significant non-plastic components are the quartzite, quartz phyllite, chert, sandstone and micritic limestone fragments. Based on the geology of the region the possible origin of the non-plastic components of Group 1 is local. In contrast, some of the analysed vessels (Group 2) are medium- to well-sorted, fine-grained ceramics. The vitrified ceramics without any recognisable components form Group 3. To determine the complex production technology further investigations focussing mainly on the glazes are planned.

Kivonat

Régészeti feltárás során két késő római fazekaskemence került elő Környe külterületén. A két, egymással derékszöget bezáró, közös munkagödörrel rendelkező kemence az ásató szerint egy villa gazdasági egységéhez tartozhatott. A területen összesen 1450 lelet került elő, melynek legnagyobb része szürkére vagy vörösre égett, késő római korú házi kerámia töredéke. A lelőhely különlegességei a kemencékben, valamint a kemencék körül elhelyezkedő szemétdörökben a mázatlan kerámiák mellett előkerült rontott mázas kerámiatöredékek és a magas hőmérséklet hatására megolvadt kemenceanyag. Az edények készítése technikájának meghatározásához első lépésben a teljes területet reprezentáló mázatlan és mázas edénytöredékek (91 minta) petrográfiai és röntgen-pordiffrakciós vizsgálatát végeztük el.

A legtöbb szürkére, illetve vörösre égett kerámia a kőzetlisztől durvaszemcsés homokig terjedő méretű (10–1250 µm) nem plasztikus elegyrészeket tartalmaz (I. csoport). Ugyanakkor a felhasznált nyersanyag (sovány agyag és kövér agyag) alapján további alcsoportok különíthetők el. Jellemző nem plasztikus elegyrészek a kvarcit, kvarcfillit, tűzkő, homokkő és mikrites mészkő töredékek, melyek a környék földtani viszonyai alapján feltehetően

* How to cite this paper: GYÖRKÖS, D.; BAJNÓCZI, B.; SZAKMÁNY, Gy.; SZABÓ, M. & TÓTH, M., (2020): Petrographic and XRD studies on the ceramic body of Late Roman glazed and non-glazed vessels from the vicinity of Környe (Hungary), *Archeometriai Műhely* XVII/1 43–56.

helyi eredetűek. Ezzel szemben néhány edénytöredék közepesen-jól osztályozott, finomszemcsés homok méretű elegyrészeket tartalmaz (II. csoport). Néhány üvegesedett kerámia, melyek alaptestének eredeti szöveti jellegei már nem azonosíthatók, különálló csoportba sorolható (III. csoport). A készítőtechnika komplex feltárásának érdekében további vizsgálatokat végzünk elsősorban a mázakra koncentrálv.

KEYWORDS: LATE ROMAN, KILN, GLAZED CERAMIC, CERAMIC BODY, PANNONIA VALERIA

KULCSSZAVAK: KÉSŐ RÓMAI, KEMENCE, MÁZAS KERÁMIA, KERÁMIA-ALAPTST, PANNONIA VALERIA

Bevezetés

Az elmúlt évtizedekben számos publikáció foglalkozott római korú mázas kerámiák anyagvizsgálatával, a Római Birodalom egyes területein megjelenő készítőtechnikai jellemzőkkel mind az alaptest, mind pedig a máz szempontjából. Az eredmények alapján kirajzolódott a Birodalom területén elterjedt mázas kerámiák készítőtechnikájának idő- és térbeli eltérései és fő gyártóközpontjai. A Római Birodalom területén már Augustus császár korában (i.e. 31–i.sz. 14) megjelentek az első ólommázas kerámiák. Itália északi területein a meszes agyagból készült alaptestet ólom-oxid és kvarc(homok) keverékéből készült mázzal borították (Walton & Tite 2010). A dél-olaszországi Canosa, valamint a római „Nuovo Mercato di Testaccio” területéről vizsgált ólommázas kerámiákhoz az azonos módon készített mázat viszont nem meszes alaptesten alkalmazták (De Benedetto et al. 2004, De Vito et al. 2017). A campaniai régióban Pompei és Herculaneum területén az ólom-oxid és kvarchomok keverékéből álló mázat mind meszes, mind nem meszes alaptesten alkalmazták (Giannossa et al. 2015). Itáliával ellentétben, Galliában az ólom-oxid önmagában vitték fel a nem meszes agyagból készített kerámia-alaptestre. Az i. sz. 4. századig ezeket a mázas kerámiakészítési technikákat alkalmazták. A két fő gyártási központból exportra is termeltek, Galliából például Britanniába exportálták a mázas árut, ugyanakkor Észak-Itáliából többek között Gallia déli területeire is szállították termékeiket (Walton & Tite 2010). Emellett távolabbi területeken is megjelentek ólommázas kerámiák, úgymint Hispániában, a mai Spanyolország északkeleti részén (Pérez-Arantegui et al. 1996). A galliaihoz hasonló módon készültek kerámiák a Balkán régióban, Moesia provinciában (a mai Szerbiához, Koszovóhoz, Macedóniához, Bulgáriához, Romániához és Dél-Ukrajnához tartozó területeken) (Cvijetćanin 2000, 2006). A készítőtechnológia megváltozása Itáliában a késő római korra (i. sz. 4–5. század) tehető, ugyanis ekkortól kezdve Itáliában is elterjedt az ólom-oxid önmagában, nem meszes agyagból készült kerámia-alaptesten történő használata (Walton & Tite 2010, Capelli et al. 2009, 2010a). Kivételt képeznek a római Palatinus-dombon előkerült, i. sz. 3-5. század elejére datált mázas kerámiák, melyek mázához ólom-oxid és kvarchomok keverékét használták, melyet frittelést követően helyeztek fel a helyi, nem

meszes agyagból készített alaptestre (Medeghini et al. 2018).

Pannonia provinciában a nagy mennyiségű régészeti ásatás és anyagfeldolgozás ellenére az előkerült kora és (elsősorban) késő római korú, különféle típusú kerámiák (terra sigillaták, amforák, dörzstálak, fekete bevonatos kerámiák) anyagvizsgálatáról (elsősorban eredet meghatározás, alárendelten az alkalmazott készítőtechnika rekonstrukciója céljából) még viszonylag kevés publikáció született (pl. Balla & Gabler 1983, Gabler et al. 1986, Józsa & Szakmány 1987, Weiszbürg & Papp 1987, Balla et al. 1988, Balla et al. 1999, Vámos 2002, Szakmány et al. 2012, Vámos 2014, Nagy & Szakmány 2015, Nagy et al. 2018). A mázas kerámiák anyagának vizsgálatával azonban néhány töredéket leszámítva (Capelli et al. 2009, Capelli et al. 2010b) a kutatás még egyáltalán nem foglalkozott. Ezeknél a Dunamenti provinciákból származó mázas kerámiáknál az ólom-oxidot önmagában vitték fel a mészmentes alaptestre.

A császárkorhoz képest Pannoniában a késő római korban a kerámiagyártás nagymértékben átalakult: a nagy, központi műhelyek helyett lokális műhelyek jöttek létre. A kis, helyi műhelyek a mindennapi életben használt házi kerámiák mellett az addig importált edénytípusokat helyi anyagból igyekeztek pótolni és utánozni. Ennek köszönhetően jelentek meg a 4. századtól kezdve a helyi készítésű mázas kerámiák, valamint az új felületkezelési technikával ellátott, simított és besimított díszítésű kerámiák (Ottományi 1999).

A mázas kerámia a késő római Pannonia jellemző kerámia-csoportja. Számos lelőhelyen találtak helyi mázas kerámia készítésére utaló nyomokat is: rontott mázas vagy mázpettyes edényeket, felhólyagzott mázat, máz salakszerű maradványait, mázas agyagrudacsákat. Ugyanakkor a mázas kerámiákat készítő műhely közvetlen bizonyítékai, azaz a kemencék maradványai jóval ritkábbak, ilyen például Taurunum, ahol *in situ* mázas kerámiákat és selejtes töredékeket is tartalmazó edényégető kemence került elő (Bónis 1981, 1990). Mázas kerámiát gyártó műhelyeket többek között Aquincum, Carnuntum, Castra ad Herculaneum, Cibalae, Gorsium, Intercisa, Leányfalu, Savaria, Taurunum, Tokod, Visegrád-Gizellamajor területén tártak fel (összefoglalókat lásd: Bónis 1990, Ottományi 1999, Hárshgyi & Ottományi 2013).



1. ábra: A Környe külterületén feltárt késő római kemencék (a képet Petényi Sándor (Kuny Domonkos Múzeum, Tata) készítette)

Fig. 1.: Late Roman kilns excavated in the vicinity of Környe, Hungary (courtesy of Sándor Petényi, Kuny Domonkos Museum, Tata, Hungary)

Ezekben a műhelyekben a mázas kerámiákat a helyi, durvaszemcsés házi kerámiákkal együtt gyártották (Hárshegyri & Ottományi 2013). Ezen műhelyek sorát gyarapíthatja a Környe külterületén előkerült két kemence.

Régészeti háttér és a kutatás célja

A Környe külterületéhez tartozó Környei Ipari Park (0318/2 hrsz.) területén 2008-ban a tatai Kuny Domonkos Múzeum munkatársai Petényi Sándor vezetésével megelőző régészeti feltárást folytattak (Petényi 2011). Az érintett területen árkokat, szemétdödröket, továbbá két, egymással derékszöveget bezáró késő római kemencét tártak fel (**1. ábra**).

A Tatától délnyugati irányban nagyjából 10 kilométerre elhelyezkedő Környe a 4. században a Római Birodalom Pannonia Valeria provinciájához tartozott (**2. ábra**). A település a területén épített belső erőd (Quirinum) következtében kiemelkedő fontosságú térséggé vált. A belső erődtől néhány kilométerrel északabbra elterülő ásatás során előkerült objektumok (**3. ábra**) egy villa gazdasági egységéhez vagy a késő római erődhez kapcsolódó kiszolgáló településhez tartozhattak.

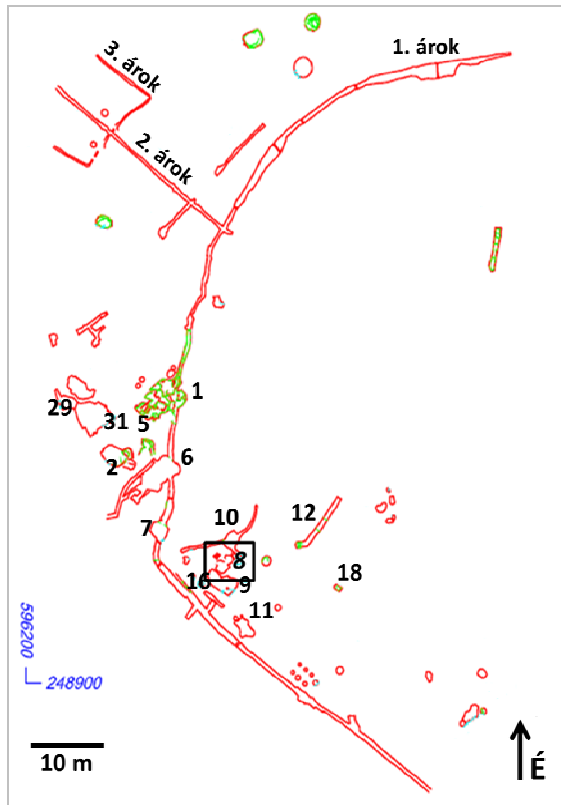
A területen összesen 1450 lelet került elő, melynek legnagyobb része szürkére vagy vörösre égett, római korú házi kerámia töredéke. A kemencékben, valamint a kemencék körül elhelyezkedő szemétdödrökben másodlagos helyzetű, nagy mennyiségű rongtott mázas kerámiatöredék és a magas hőmérséklet hatására megolvadt kemenceanyag került elő (**4. és 5. ábra**).



2. ábra: Pannonia provincia a 4. században (<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pannonia03.jpg>)

Fig. 2.: The Roman province Pannonia in the 4th century (<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pannonia03.jpg>)

Kiemelendő, hogy a mázas töredékek legnagyobb része (**4. ábra**), valamint a kemence falán megfigyelhető, *in situ* „cseppkőszerűen” lelógó olvadékok (**5. ábra**) a 2. kemencéhez köthetők. Az edénytöredékek külső és belső oldalán is szabálytalanul folyt zöldes, barnás, valamint sárgás mázak, mázcseppek láthatók, melyek alatt néhol vékony, vörös réteg van. A vizsgált minták közül két kerámia (2015.9.916, 2015.9.1342) kivételt képez, melyek külső oldalát fehéres színű máz borítja. A leletanyagban gyakoriak az összeragadt mázas edénytöredékek.

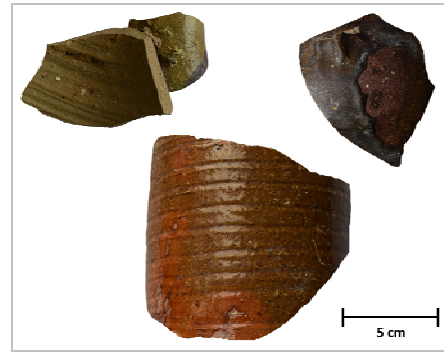


3. ábra: A régészeti ásatás alaprajza a kemencék (8. objektum) feltüntetésével (Aczél István földmérőmérnök 2016.03.10 felmérése nyomán)

Fig. 3.: Ground plan of the archaeological excavation with kilns (archaeological unit 8) (based on the survey of István Aczél in 10.03.2016)

Tekintettel arra, hogy a feltárt objektumok többségéből részben vagy egészben mázzal bevont edénytöredékek kerültek elő, továbbá a mázas leletanyag nagy része a kemencék és szűkebb környezetük köré csoportosult, felmerült, hogy az előkerült kerámiák készítése és a mázázás is helyben, kiegészítésük pedig a feltárt kemencékben történhetett, bizonyítva egy helyi fazekasműhely létezését.

A hiánypótló archeometriai vizsgálatok célja a Környe külterületén feltárt kemencékben, valamint a kemencék környékén előkerült edénytöredékek alaptestének, mázának és a kemence megolvadt anyagának részletes szöveti, fázis-összetéti és kémiai vizsgálata, valamint a helyi készítés lehetőségének bizonyítása vagy cáfolása. Jelen cikkben a római kori kerámiák alaptestének petrográfiai és röntgen-pordiffrakciós vizsgálati eredményei alapján mutatjuk be a felhasznált nyersanyagok és a készítéstechnika (a kerámia égetési paraméterei) hasonlóságait és különbségeit.



4. ábra: A régészeti ásatás területén előkerült tipikus mázas kerámatöredékek

Fig. 4.: Fragments of typical glazed ceramics found at the archaeological excavation



5. ábra: A 2. számú kemence felső részén in situ „cseppkőszerűen” lógó, megolvadt kemenceanyag (a bal oldali képet Petényi Sándor (Kuny Domonkos Múzeum, Tata) készítette)

Fig. 5.: In-situ solidified melt on the roof of kiln No. 2. as stalagtite (left photo: courtesy of Sándor Petényi (Kuny Domonkos Museum, Tata, Hungary))

Vizsgált minták

A tatai Kuny Domokos Múzeum tulajdonát képező leletanyagból 91 kerámatöredéket vizsgáltunk (**1d. Appendix**). Az ásatási terület térképén látható 8. objektum részét képezi a két római kori kemence, valamint a hozzájuk kapcsolódó munkagödör (**3. ábra**). A minták kiválasztásánál ügyeltünk arra, hogy a kiemeltként kezelt 8. objektumból előkerült kerámiák közül nagyobb számú töredéket vizsgáljunk (44 darab), továbbá, hogy a makroszkóposan, illetve régészeti tipológia alapján eltérő edénytípusok (fazekak, korsók, tálak, dörzstálak) mindegyikét elemezzük. A reprezentativitás érdekében éppen ezért az ásatási területen előkerült teljes leletanyagot átnézve több különböző objektumból makroszkóposan (anyagát tekintve) és tipológiaiilag hasonló edénytípust, illetve azonos objektumokból több eltérő edénytípust is kiválasztottunk.

Makroszkóposan három fő csoportot különíthetünk el: a mázatlan és mázas, szürkére és vörösre égett házi kerámiát (81 minta); a finomszemcsés, mázatlan, úgynevezett „késő pannoniai szürke” kerámiát (5 minta); és a sárgásbarna alaptestű,

vörösbarna festésű edényeket (5 minta). A szürkére, néhány esetben vörösre égetett házi kerámia alapteste változatos: egyes minták kevesebb, más minták nagyobb mennyiségű nem plasztikus elegyrészeket tartalmaznak. Gyakorik az akár 1 mm-t is elérő meszes közettörödékek. Emellett szabad szemmel kvarc- és földpátszemcsék, valamint néhány mintában gömb alakú, fekete szerves anyag azonosítható. A „pannoniai szürke” és a sárgásbarna alaptestű, barna festésű kerámiák alapanyaga finomszemcsés, szabad szemmel nem különíthetők el az egyes elegyrészek. A „pannoniai szürke” kerámián kívül minden makroszkóposan eltérő csoportnak megtalálhatóak olyan darabjai, melyeken kisebb-nagyobb mázcseppek figyelhetők meg.

Vizsgálati módszerek

A kerámiák alaptestének anyagát, a jellemző szöveti tulajdonságait és a nem plasztikus elegyrészeket Nikon Eclipse E600 polarizációs mikroszkóppal vizsgáltuk. A szemcsék mennyiségi meghatározásánál a Prehistoric Ceramics Research Group (PCRG 2010) ajánlását, a szemcseméret-tartományok meghatározásakor Adams et al. (1984) felosztását vettük alapul. Az alaptestek fázisösszetételét röntgen-pordiffrakciós vizsgálattal határoztuk meg. A méréseket RIGAKU MINIFLEX 600 típusú, Bragg-Brentano elrendezésű röntgen-diffraktométerrel végeztük. A műszer paraméterei: CuK α sugárzás, 40 kV csőfeszültség, 15 mA áramerősség, 1°/min 2θ léptetés, 1-1° detektor- ill. divergencia-rés, grafit monokromátor.

Eredmények

Petrográfia

A vékonycsiszolatok petrográfiai jellemzői (szövet, nem plasztikus elegyrészek típusa) alapján a lelőhelyen előkerült kerámiák három csoportra oszthatók.

I. csoport

A legtöbb kerámia (71 minta) egy csoportot alkot. Az alapanyagban közetlisztől durvaszemcsés homokig terjedő méretű (10–1250 μ m) nem plasztikus elegyrészek fordulnak elő. Az alapanyag változatossága, valamint a nem plasztikus elegyrészek eltérő mennyisége és minősége alapján négy alcsoport különíthető el.

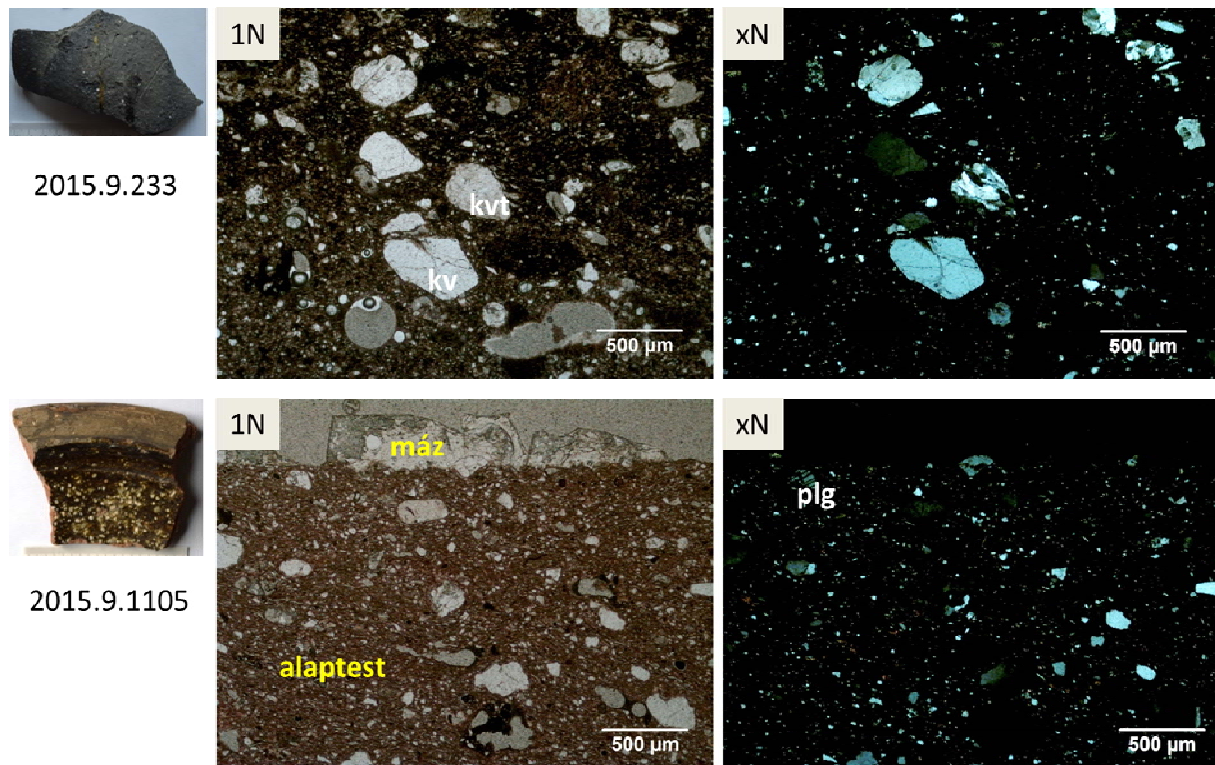
Az I/A alcsoportba tartozó minták (21 minta) alapanyaga közetlisztes agyag (**6. ábra**). A szövet hiátuszos, az elegyrészek eloszlása trimodális (10–30 μ m, 100–250 μ m, 500–1250 μ m). A finomszemcsés alapanyagban előforduló középszemcsés közetliszt–durvaszemcsés homok méretű (30–1250 μ m) nem plasztikus elegyrészek:

mono- és polikristályos kvarc, plagioklász, biotit és opak ásványok, valamint kvarcit, kvarcfillit, tűzkő és mikrites mészkő közettörödékek. Az alcsoportra jellemzők a néhány mintában előforduló bioklasztok, elsősorban szivacstűk és kagylóhéjtörödékek, valamint szerves anyag maradványok (magok). Elszórtan (<1%) egy-egy átalakult amfibol és homokkő töredék is megjelenik. A nem plasztikus elegyrészek közepesen-jól koptatottak.

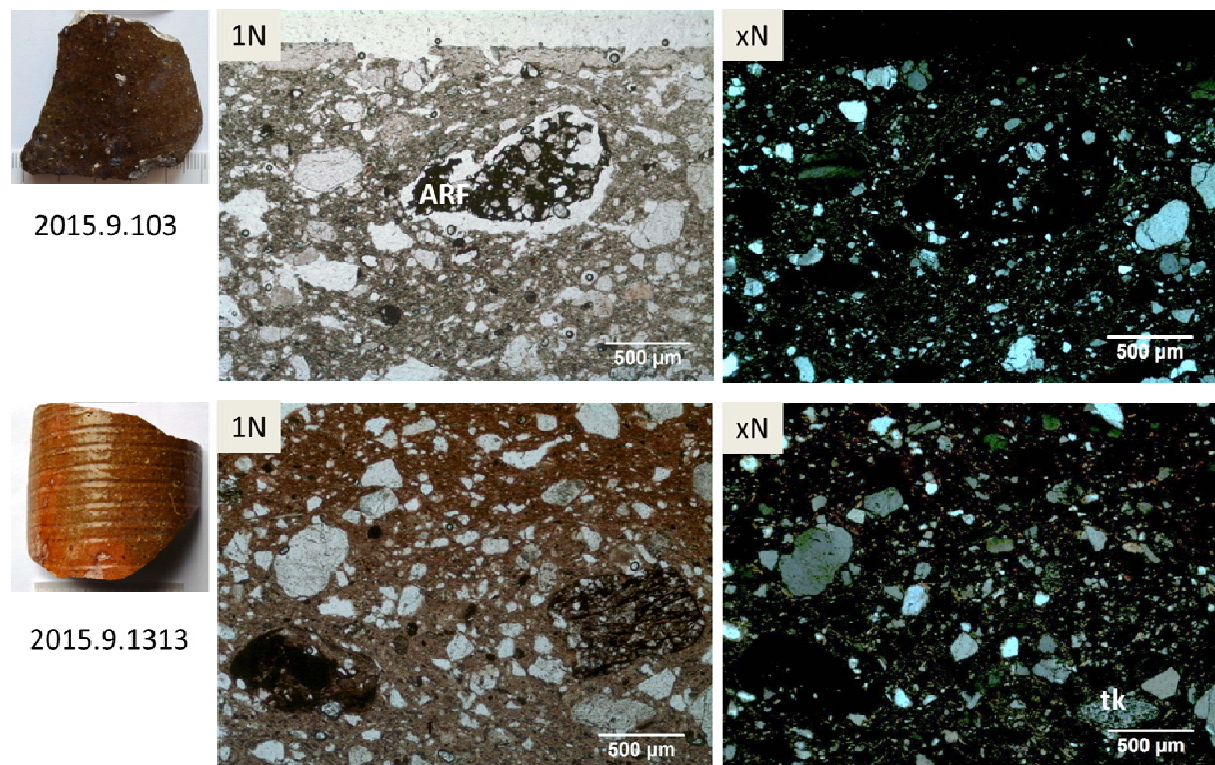
A második alcsoport (I/B, 23 minta) alapanyaga szintén közetlisztes agyag, ugyanakkor a nem plasztikus elegyrészek aránya eltérő (**7. ábra**). Az I/A alcsoportéhoz képest jóval nagyobb mennyiségben (15–20%) fordul elő az aprószemcsés homok mérettartomány (125–250 μ m), míg az ennél kisebb, illetve nagyobb szemcseméret-tartományok aránya kisebb (<10%). A szövet tehát hiátuszos, trimodális (10–40 μ m, 125–250 μ m, 500–1250 μ m). A jellemző nem plasztikus elegyrészek megegyeznek az I/A alcsoportban leírtakkal: mono- és polikristályos kvarc, plagioklász, biotit, opak ásványok, továbbá közettörödékek (kvarcit, tűzkő és mikrites mészkő) fordulnak elő. Az elegyrészek közepesen-jól koptatottak. Gyakorik az akár 800 μ m-t is elérő agyagos közettörödékek, valamint a limonitos csomók.

A harmadik alcsoport (I/C, 6 minta) az alapanyag tekintetében eltér az előzőktől: kövér, csillámos agyag (**8. ábra**). A nem plasztikus elegyrészek típusa azonos a fenti alcsoportokéval (mono- és polikristályos kvarc, plagioklász, biotit, opak ásványok; továbbá kvarcit, kvarcfillit, tűzkő, mikrites mészkő és agyagos közettörödékek), ugyanakkor aránya eltérő: a monokristályos kvarc aránya jóval nagyobb (20–25%), míg a kvarcit- és tűzkőtörödékek aránya kisebb. Egy kerámia kivételt képez (2015.9.759), ugyanis az említett nem plasztikus elegyrészekon kívül gránátot, valamint néhány titanitot és egy amfibolit közettörödéket is tartalmaz. A szövet hiátuszos, a szemcsék eloszlása trimodális (30–100 μ m, 250–500 μ m, 700–1000 μ m). Az uralkodó szemcseméret-tartomány a középszemcsés homok (250–500 μ m). A szemcsék és közettörödékek közepesen-jól koptatottak.

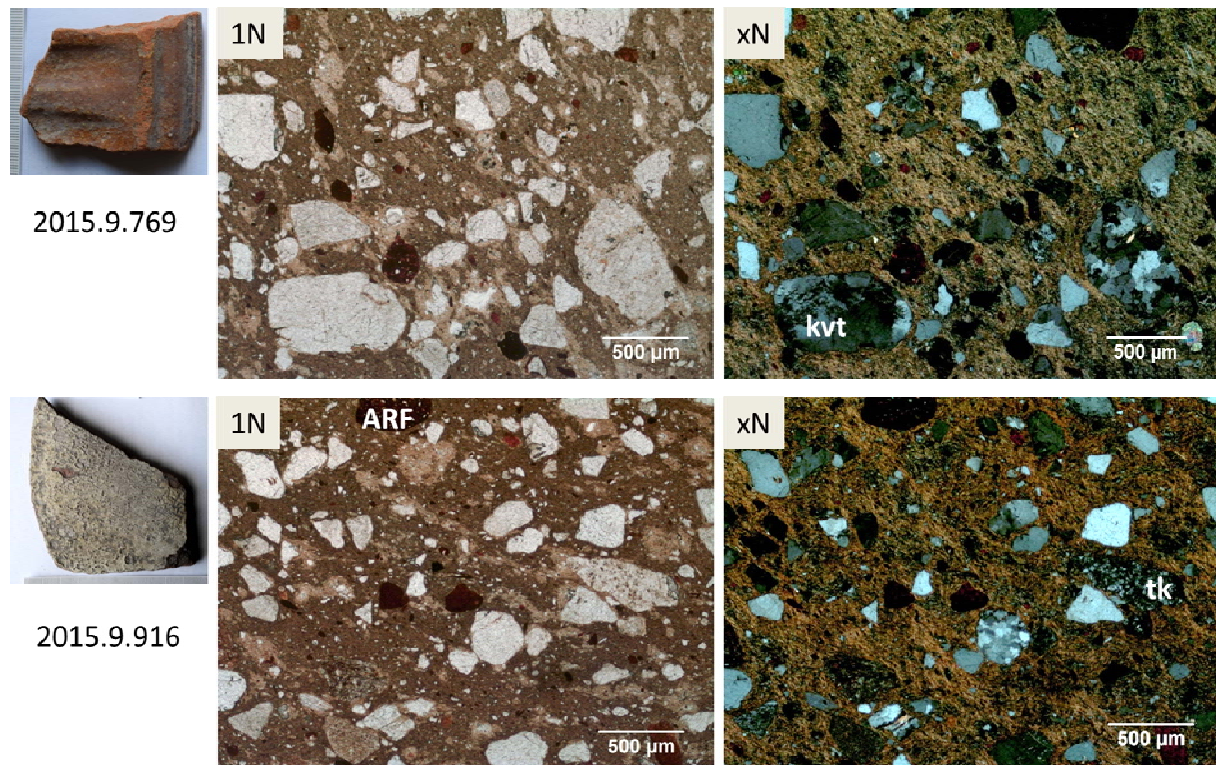
A negyedik alcsoport (I/D, 21 minta) alapanyaga szintén kövér, csillámos agyag (**9. ábra**), ugyanakkor a nem plasztikus elegyrészek eloszlása bimodális (10–80 μ m és 150–350 μ m) és méretük nem haladja meg a középszemcsés homok mérettartomány felső határát (<500 μ m). A nem plasztikus elegyrészek elsősorban a mono- és polikristályos kvarc, kvarcit, tűzkő, kisebb mennyiségben meszes közettörödékek. A szövet hiátuszos. Az elegyrészek közepesen koptatottak.



6. ábra: I/A alcsoport kerámia alaptesteinek jellegzetes szöveti képe (kv: kvarc, kvt: kvarcit, plg: plagioklász)
Fig. 6.: Characteristic texture of the ceramic bodies of Subgroup I/A (kv: quartz, kvt: quartzite, plg: plagioclase)

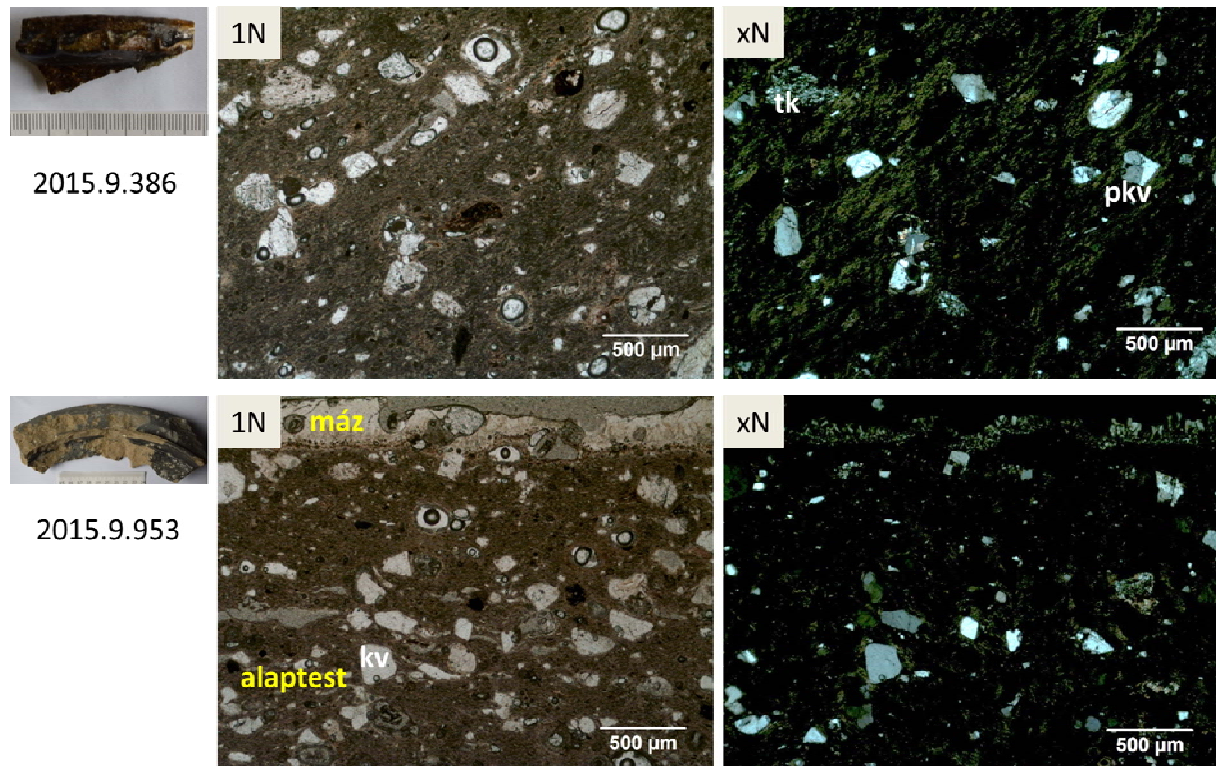


7. ábra: I/B alcsoport kerámia alaptesteinek jellegzetes szöveti képe (ARF: agyagos kőzettöredék, tk: tűzkő)
Fig. 7.: Characteristic texture of the ceramic bodies of Subgroup I/B (ARF: argillaceous rock fragment, tk: chert)



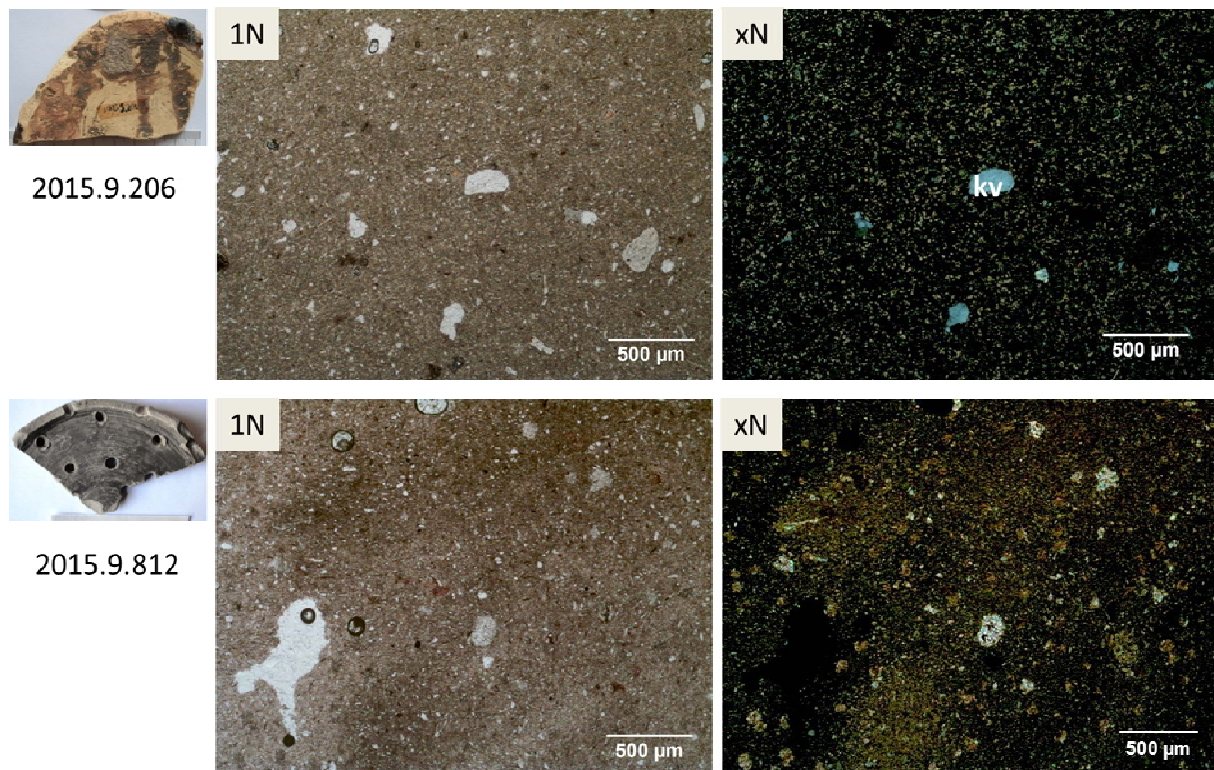
8. ábra: I/C alcsoport kerámia alaptesteinek jellegzetes szöveti képe (ARF: agyagos közettöredék, kvt: kvarcit, tk: tűzkő)

Fig. 8.: Characteristic texture of the ceramic bodies of Subgroup I/C (ARF: argillaceous rock fragment, kvt: quartzite, tk: chert)



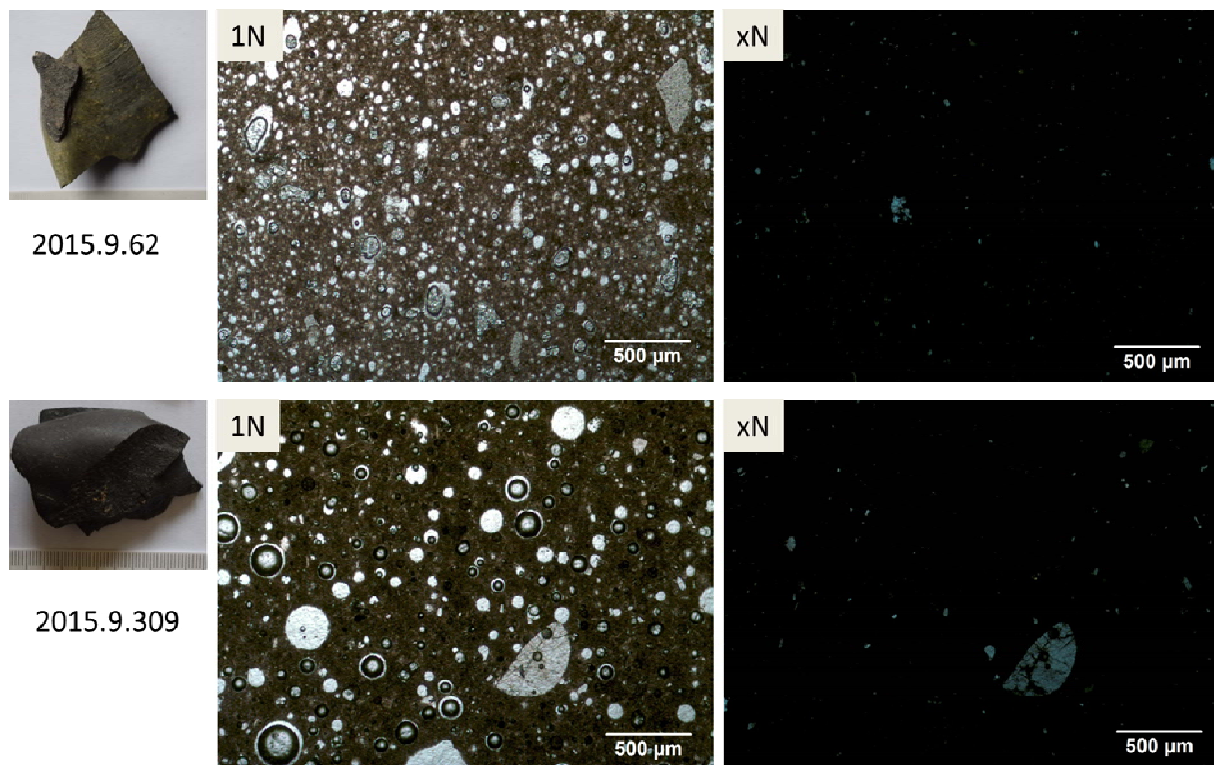
9. ábra: I/D alcsoport kerámia alaptesteinek jellegzetes szöveti képe (kv: kvarc, pkv: polikristályos kvarc, tk: tűzkő)

Fig. 9.: Characteristic texture of the ceramic bodies of Subgroup I/D (kv: quartz, pkv: polycrystalline quartz, tk: chert)



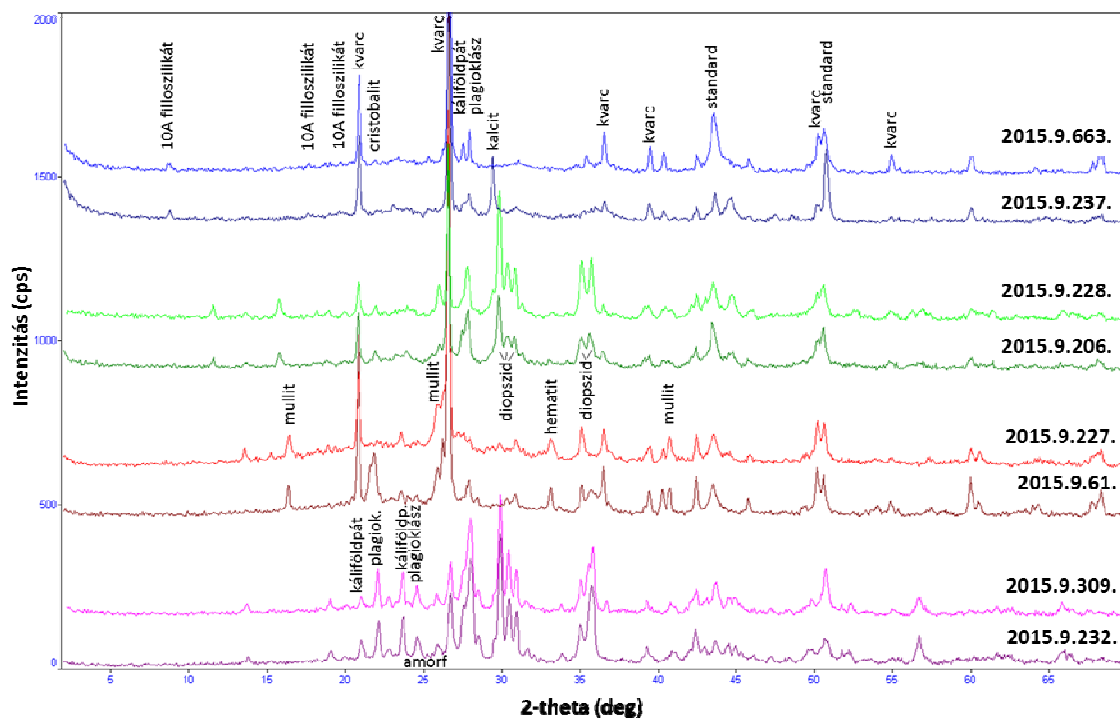
10. ábra: II. csoport kerámia alaptesteinek jellegzetes szöveti képe (kv: kvarc)

Fig. 10.: Characteristic texture of the ceramic bodies of Group II. (kv: quartz)



11. ábra: III. csoport kerámia alaptesteinek jellegzetes szöveti képe

Fig. 11.: Characteristic texture of the ceramic bodies of Group III



12. ábra: A vizsgált kerámiák jellemző röntgen-diffraktogramjai (st: sztenderd). 1. típus – 2015.9.237 (I/A alcsoport), 2015.9.663 (I/B alcsoport), 2. típus – 2015.9.206 (II. csoport), 2015.9.228 (II csoport), 2015.9.232 (III. csoport), 2015.9.309 (III. csoport), 3. típus – 2015.9.61 (I/B alcsoport), 2015.9.227 (I/D alcsoport).

Fig. 12.: Typical X-ray diffraction patterns of the analysed ceramics (st: standard). Type 1 - 2015.9.237 (Subgroup I/A), 2015.9.663 (Subgroup I/B), Type 2 – 2015.9.206 (Group II.), 2015.9.228 (Group II), 2015.9.232 (Group III), 2015.9.309 (Group III), Type 3 – 2015.9.61 (Subgroup I/B), 2015.9.227 (Subgroup I/D).

II. csoport

A II. csoportot a „pannoniai szürke” és a sárgásbarna alaptestű, vörösbarna festésű edények (12 minta) alkotják. A kerámiák alapanyaga finomszemcsés agyag. A vizsgált töredékek nagy részének szövete szeriális, a szemcsék eloszlása unimodális (10–60 μm), jól osztályozott. Néhány mintánál az alapanyagban elvéve (1–2 %-ban) a közepes szemcsés közetlisztnél durvább, az apró szemcsés homok mérettartományt elérő (100–200 μm) nem plasztikus elegyrészek fordulnak elő (10. ábra), mely alapján szemcseeloszlásuk bimodális, szövetük hiátusos, az elegyrészek közepesen osztályozottak. A jellemző nem plasztikus elegyrész a mono- és polikristályos kvarc, emellett egy-egy plagioklász, kálföldpát, mikroklin, valamint kvarcit és karbonátos közettöredék is előfordul. Egyes mintáknál az alapanyagban inhomogén eloszlású másodlagos karbonátosodás figyelhető meg. A szemcsék szögletesek, közepesen kerekítettek.

III. csoport

Ebbe a csoportba azt a 8 kerámiát soroltuk, melyek alapanyaga teljes mértékben üvegesedett, részben hólyagosodott (11. ábra). Ezeknél a mintáknál eredeti nem plasztikus elegyrészek – egy-egy kvarc- és földpátszemcsét leszámítva (10–500 μm) – már nem ismerhetők fel.

XRD

A röntgen-pordiffrakciós vizsgálattal azonosított ásványfázisok alapján a kerámiák több típusra oszthatók (12. ábra). Az első típusban (35 minta) kvarc, plagioklász és kálföldpát mellett a minták többségében 10Å-ös filloszilikátot és kalcitot, valamint dolomitot azonosítottunk. Egyes mintákban emellett hematitot és biotitot, két esetben pedig cristobalitot, illetve magnetitot is kimutattunk. A második típusba tartozó kerámiákban (32 minta) kvarcon, plagioklászon és kálföldpáton kívül nagy mennyiségű diopszid azonosítható. Néhány mintában a diopszid mellett gehlenit és röntgen-amorf fázis is megjelenik. Két minta (2015.9.166 és 186) kivételt képez, amelyekben csak gehlenit alakult ki. A harmadik típusba azok a kerámiák sorolhatók (24 minta), amelyekben kvarcon, plagioklászon és kálföldpáton kívül mullit, illetve néhány mintában 10Å-ös filloszilikát mutatható ki. Emellett kis mennyiségben hematitot, cristobalitot, kalcitot, dolomitot, magnetitot/maghemitot, valamint röntgenamorf fázist azonosítottunk. Mindhárom típusnál előfordulnak olyan kerámiák, melyekben a fentebb említett fázisokon kívül gipsz is kimutatható.

A petrográfiai csoportosítással összevetve megállapítható, hogy az I. csoport 10Å-ös

filloszilikátos-kalcitos (1. típus), diopszidos (2. típus), és mullitos (3. típus) kerámiát egyaránt tartalmaz. Az I. csoporton belül a mullitos minták (3. típus) elsősorban az I/B és I/D alcsoportra jellemzők. Az I/C alcsoport összes mintája 10Å-ös filloszilikátos-kalcitos. Ezzel szemben a II. és III. csoport kerámiái diopszidos típusúak. Emellett a III. csoport minden mintájában röntgenamorf fázis is azonosítottunk.

Diszkusszió

A petrográfiai jellemzők alapján a vizsgált római kori kerámiák három csoportra oszthatók (**1. táblázat**). Az I. csoport kerámiái (71 minta) nagy mennyiségű nem plasztikus elegyrész tartalmaznak, melyek a durvaszemcsés homok szemcseméret-tartományt is elérik, ezzel szemben a II. csoportnál (12 minta) a legnagyobb méretű szemcsék aprószemcsés homok szemcseméretűek. A III. csoportba sorolt minták (8 minta) alaptestének eredeti szöveti jellegei már nem azonosíthatók.

Az I. csoport az alapanyag, továbbá a jellemző nem plasztikus elegyrészek típusa alapján további

alcsoportokra osztható. Az első két alcsoport (I/A és I/B) alapanyaga sovány agyag, melyben azonos típusú, de eltérő méretű nem plasztikus elegyrészek vannak. Továbbá az I/A alcsoportban bioklasztok és szerves anyag maradványok is előfordulnak. A nagyméretű, jól koptatott elegyrészek soványításra utalhatnak. Ezzel szemben az I/C és I/D alcsoport alapanyaga kövér agyag, a nem plasztikus elegyrészek pedig kevésbé változatosak: főként a kvarc dominál, a kvarcit és a tűzkő kisebb mennyiségben fordul elő. Összetételét tekintve kismértékben eltér a gránátot, titanitot és amfibolit töredéket is tartalmazó minta, mely az alaptestbe keveredett amfibolitos eredetű törmelékre utal. Ettől eltérő nyersanyagot használtak a II. csoport finomszemcsés, kövér agyag alapanyagú, jól osztályozott, nem plasztikus elegyrészeket (nagy részt kvarcot) csak elvétve tartalmazó edényeinél. Az igen finomszemcsés kerámiák iszapolással készülhettek. A III. csoport teljesen megolvadt, üvegesedett alapanyaga és a röntgenpordiffrakciós vizsgálatok során azonosított ásványfázis (diopszid) magas égetési hőmérsékletre utalnak.

1. táblázat: A környei kerámiák szöveti és összetételei jellemzői a petrográfiai vizsgálatok eredménye alapján (ARF: agyagos közettöredék, amf: amfibol, bio: bioklaszt, bt: biotit, fp: földpát, hk: homokkő töredék, karb: karbonátos közettöredék, kfp: káliföldpát, kv: kvarc, kvft: kvarcfillit, kvt: kvarcit, mkl: mikroklin, pkv: polikristályos kvarc, plg: plagioklász, tk: tűzkő).

Table 1: Characteristics of the ceramics from Környe based on the results of petrographic analyses (ARF: argillaceous rock fragment, amf: amphibole, bio: bioclast, bt: biotite, fp: feldspar, hk: sandstone fragment, karb: carbonatic rock fragment, kfp: K-feldspar, kv: quartz, kvft: quartzphyllite, kvt: quartzite, mkl: microcline, pkv: polycrystalline quartz, plg: plagioclase, tk: chert).

	I/A alcsoport (21 minta)	I/B alcsoport (23 minta)	I/C alcsoport (6 minta)	I/D alcsoport (21 minta)	II. csoport (12 minta)	III. csoport (8 minta)
Nyersanyag						
Plasztikus elegyrész	kőzetlisztes agyag	kőzetlisztes agyag	csillámos agyag	csillámos agyag	finomszemcsés agyag	üveges, hólyagos
Nem plasztikus elegyrészek	kv, pkv, plg, bt, opak, kvt, kvft, tk, karb>amf, bio, hk	kv, pkv, plg, bt, opak, kvt, tk, karb, ARF	kv, pkv>kvt, ARF, kvft, tk, karb, bt, opak	kv, pkv, kvt, tk>karb	kv, pkv>>plg, kfp, mkl, kvt, karb	kv, fp
Szövet	hiátuszos	hiátuszos	hiátuszos	hiátuszos	szeriális (hiátuszos)	-
Nem plasztikus elegyrészek mérettartománya	10–30 µm 100–250 µm 500–1250 µm	10–40 µm 125–250 µm 500–1250 µm	30–100 µm 250–500 µm 700–1000 µm	10–80 µm 150–350 µm	10–60 µm (100–200 µm)	10–500 µm
Soványítás	+	+	+	+	-	?

A fentiek alapján megállapítható, hogy a környei feltáráson előkerült római kerámiák készítésekor kétféle nyersanyagot és technológiát alkalmaztak. A különböző objektumokban legnagyobb számban előforduló mázas és mázatlan, szürkére vagy vörösre égett, eltérő tipológiájú késő római házi kerámiák alaptestüket tekintve megegyeznek. Az edények nagy részét soványíthatták. Ugyanakkor megfigyelhetők edénytípusok, például a dörzstálak, melyek bár azonos típusú és funkciójú edények, petrográfiai szempontból mégis eltérő alcsoportokba (I/A, I/B, I/C és I/D alcsoportok) tartoznak, ami arra utal, hogy a felhasznált nyersanyag változatos volt. Ezzel szemben a tipológiai és makroszkóposan is eltérő „pannoniai szürke”, és a vörösbarna festésű, sárgásbarna alapanyagú, finomszemcsés kerámiák azonos nyersanyag felhasználásával, feltehetően iszapalással készültek. A kerámiák minősége, osztályozottsága e kétféle edénytípusnál kismértékben eltérő: a vörösbarna festésű kerámiák jól osztályozottak, míg a néhány közepesen osztályozott kerámia „pannoniai szürke” típusú edény. Tudatos megoldás lehetett, hogy az eltérő edénycsoportok azonos nyersanyagát különböző égetési körülmények között különböző színűre égették ki.

A röntgen-pordiffrakciós vizsgálat alapján azonosított ásványfázisok illites és néhány mintánál (a mullit jelenléte alapján) esetleg kaolinites agyag használatára utalnak. Ezen túl az alaptestek elsősorban a magas hőmérsékleten kialakult fázisok jelenléte, illetve hiánya (azaz az eltérő kiégetési hőmérséklet), másrészt típusa (diopszid, gehlenit, mullit, cristobalit jelenléte) alapján osztályozhatók. Az elsődleges karbonátot (elsősorban karbonátos közettöredékeket) tartalmazó kerámiák 750 °C alatti, míg az elsődleges karbonátot és magas hőmérsékleten kialakult ásványfázisokat nem tartalmazó minták 750–850 °C közötti égetési hőmérsékletre utalnak (Quinn 2013). Az említett magas hőmérsékleten kialakult fázisokat tartalmazó kerámiák égetési hőmérséklete 850–1000 °C közöttire becsülhető (Cultrone et al. 2001, Heimann 2010). Végül a megolvadt-üvegesedett, deformálódott, röntgenamorf fázist is tartalmazó kerámiák (III. csoport) égetési hőmérséklete akár az 1100 °C-ot is elérhette. Ezek a kerámiák valószínűleg a rostély közvetlen közelében, míg az alacsonyabb hőmérsékletre utaló kerámiák valószínűleg távolabb helyezkedtek el. A néhány minta alaptestében, valamint egyes kerámiák felszínén is azonosított gipsz másodlagos eredetű lehet.

Régészeti szempontból kiemelendő, hogy minden, makroszkóposan és petrográfiai szempontból eltérő csoportba és alcsoportba sorolt edénytípus az ásatás teljes területén, szinte minden objektumban megtalálható. A kemencék tapasztásából és a

betöltésekből előkerült töredékek és a rontott darabok összetételük és szövetük alapján azonosak. Mindez arra utal, hogy az edénytöredékek nagy részét a másodlagos lelőkörülmények ellenére helyben készítették. A készítés során elrontott darabokat a kemencék felhagyásakor azok betöltésére használhatták.

Összefoglalás, további vizsgálati lehetőségek

A Környe külterületén feltárt objektumokból előkerült nagy mennyiségű késő római (rontott) mázas és mázatlan kerámiák alaptestének vizsgálati eredményei bebizonyították, hogy a különböző objektumokból előkerült, eltérő típusú edénytöredékek alaptestük szempontjából a legtöbb esetben megegyeznek (a finomszemcsés kerámiáktól eltekintve). Az azonos típusú nem plasztikus elegyrészek alapján ezeket az edényeket azonos nyersanyag felhasználásával, helyben készíthették. Ennek bizonyítására a térség földtani viszonyainak ismeretében a helyi agyagos, homokos és kavicsos üledékek mintázása és tanulmányozása szükséges (különös tekintettel a közelben található Által-ér törmelékanyagára). A röntgen-pordiffrakciós vizsgálatok alapján a finomszemcsés edények égetési körülményei nagyfokú hasonlóságot mutatnak a durvaszemcsés edényekkel. Ugyanakkor a finomszemcsés edények helyben történő készítését az edények alaptestének kémiai összetételi vizsgálata bizonyíthatja.

Az alaptestek vizsgálata mellett folyamatban van a mázak és a kemence megolvadt anyagának elemzése, a kerámiákon alkalmazott máz készítményének meghatározása. Mindezek alapján a Környe külterületéről előkerült mázas kerámiák készítménytechnika összevethető lesz a Római Birodalom más területein alkalmazott készítménytechnikkal. Továbbá eredményeinknek köszönhetően lehetőség nyílik más késő római, Pannoniában készült mázas kerámiával való összehasonlításra, lehetőséget adva Pannonia térségének a nemzetközi kutatásba való bekapcsolására.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az Európai Unió és Magyarország támogatta az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásában a GINOP-2.3.2-15-2016-00009 azonosítószámú 'IKER' pályázatban. A szerzők ezúton mondanak köszönetet Petényi Sándornak (Kuny Domokos Múzeum, Tata) a vizsgált leletanyag rendelkezésre bocsátásáért és a régészeti háttér biztosításáért. Köszönet illeti továbbá Ottományi Katalint a kutatáshoz fűzött értékes megjegyzéseierért és felvetéseierért.

Irodalomjegyzék

- ADAMS, A. E.; MACKENZIE, W. S. & GUILFORD, C. (1984): *Atlas of sedimentary rocks under the microscope*. Longman, Harlow, Essex, 104 pp.
- BALLA, M. & GABLER, D. (1983): Terra sigillaták eredetének vizsgálata neutronaktivációs analitikai módszerrel. *Archaeológiai Értesítő* **110/1** 74–81.
- BALLA, M.; BÉRCZI, J.; KEÖMLEY, G.; ROSNER, GY. & GABLER, D. (1988): Provenance studies of ceramics by neutron activation analysis. In: JÁRÓ, M. & KÖLTŐ, L. eds., *Archaeometrical Research in Hungary*. National Centre of Museums, Budapest, 103–118.
- BALLA, M.; ZSIDI, P. & BALÁZS, L. (1999): Spread of mortaria types in Municipium Aquincum (Óbuda, Hungary). *Journal of Archaeological Science* **26/8** 997–1001.
- BÓNIS, É. (1981): A pannoniai római kori fazekaskemencék. *Iparrégészeti* **1** 11–17.
- BÓNIS É. (1990): A mázas kerámia Pannoniában. Előzmények és gyártási központok. *Archeológiai Értesítő* **117** 24–38.
- CAPELLI, C.; CABELLA, R. & PIAZZA, M. (2009): The Late Roman glazed pottery production in Eastern Alpine area and Danubian provinces: archaeometric analyses on fabrics and glazes. In: MAGRINI, C. & SBARRA, F. eds., *Late Roman glazed pottery productions in Eastern Alpine area and Danubian Provinces*. First results of an international project. Proceedings of the First International Meeting of Archaeology in Carlino. Udine, Designgraf. 71–82.
- CAPELLI, C.; CABELLA, R. & PIAZZA, M. (2010a): Archaeological and archaeometric characterisation of late Roman glazed pottery (4th–6th centuries AD) from the Venetian lagoon. In: MAGRINI, C. & SBARRA, F. eds., *Late Roman Glazed Pottery in Carlino and in Central-East Europe*. Production, Function and Distribution, Proceedings of the Second International Meeting of Archaeology in Carlino (March 2009). *BAR International Series* **2068**. Oxford, John and Erica Hedges Ltd. 20–32.
- CAPELLI, C.; CABELLA, R. & PIAZZA, M. (2010b): New archaeometric data on Late Roman glazed pottery. Case-studies from Savaria (Hungary) and Rousse (Bulgary). In: MAGRINI, C. & SBARRA, F. eds., *Late Roman Glazed Pottery in Carlino and in Central-East Europe*. Production, Function and Distribution, Proceedings of the Second International Meeting of Archaeology in Carlino (March 2009). *BAR International Series* **2068**. Oxford, John and Erica Hedges Ltd. 33–38.
- CULTRONE, G.; RODRIGUEZ-NAVARRO, C.; SEBASTIAN, E.; CAZALLA, O. & De La TORRE, M. J. (2001): Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing. *European Journal of Mineralogy* **13** 621–634.
- CVJETIĆANIN, T. (2000): *Glazed Pottery from Upper Moesia*. Narodni Muzej, Belgrade, 147 pp.
- CVJETIĆANIN, T. (2006): *Late Roman glazed pottery: glazed pottery from Moesia Prima, Dacia Ripensis, Dacia Mediterranea and Dardania*. Narodni Muzej, Belgrade, 270 pp.
- De BENEDETTO, G. E.; ACQUAFREDDA, P.; MASIERI, M.; QUARTA, G.; SABBATINI, L.; ZAMBONIN, P. G.; TITE, M. & WALTON, M. (2004): Investigation of Roman lead glaze from Canosa: results of chemical analysis. *Archaeometry* **46** 615–24.
- De VITO, C.; MEDEGHINI, L.; MIGNARDI, S.; COLETTI, F. & CONTINO, A. (2017): Roman glazed inkwells from the „Nuovo Mercato di Testaccio” (Rome, Italy): Production technology. *Journal of the European Ceramic Society* **37** 1779–1788.
- GABLER, D.; BALLA, M.; BÉRCZI, J. & KEÖMLEY, G. (1986): Terra sigillaták eredetének meghatározása neutronaktivációs analitikai módszerrel. *Archaeológiai Értesítő* **113/1** 32–49.
- GIANNOSSA, L. C.; FICO, D.; PENNETTA, A.; MANGONE, A.; LAVIANO, R. & De BENEDETTO, G. E. (2015): Integrated investigations for the characterisation of Roman lead-glazed pottery from Pompeii and Herculaneum (Italy). *Chemical Papers* **69/8** 1033–1043.
- HÁRSHEGYI, P. & OTTOMÁNYI, K. (2013): Imported and Local Pottery in Late Roman Pannonia. In: LAVAN, L. ed., *Local Economies? Production and Exchange of Inland Regions in Late Antiquity*. *Late Antique Archaeology* **10** Brill, Leiden, 471–528.
- HEIMANN, R. B. (2010): *Classic and advanced ceramics. From Fundamentals to Applications*. Wiley, Weinheim 553 pp.
- JÓZSA, S. & SZAKMÁNY, Gy. (1987): Petrology, In: BEZECZKY, T. ed., *Roman amphorae from the Amber Route in Western Pannonia*. *BAR International Series* **386** Oxford, 103–124.
- MEDEGHINI, L.; De VITO, C.; COLETTI, F.; GOVI, A.; FABRIZI, L.; Di FAZIO, M. & MIGNARDI, S. (2018): Glazed roman ceramic: a multi-analytical approach. *Periodico di Mineralogia* **87** 229–244.
- NAGY A. & SZAKMÁNY GY. (2015): Savariában talált rhodosi amphorák petrográfiai elemzése. *Archeometriai Műhely* **XII/3** 177–187.

NAGY, A. A.; SZAKMÁNY, Gy. & HÁRSHEGYI, P. (2018): Petrographic analysis of amphorae from the Eastern Aegean in Pannonia. Preliminary results. *Skyllis* **18** 1127–134.

OTTOMÁNYI, K. (1999): Késő római kerámiagyártás a Dunakanyarban. Kutatások Pest megyében. Tudományos Konferencia II. 1998. *Pest Megyei Múzeumi Füzetek* **5** 25–47.

PCRG (2010): The study of prehistoric pottery: general policies and guidelines for analysis and publication. Prehistoric Ceramics Research Group: *Occasional Papers* Nos **1** and **2**. 3rd edition revised, 78 pp.

PÉREZ-ARANTEGUI, J.; URUNUELA, M. I. & CASTILLO, J. R. (1996): Roman Glazed Ceramics in the Western Mediterranean: Chemical Characterization by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry of Ceramic Bodies. *Journal of Archaeological Science* **23** 903–914.

PETÉNYI, S. (2011): Ásatási jelentés. *Kuny Domokos Múzeum Régészeti Adattára*, ltsz. 2011.26.

QUINN, P. S. (2013): *Ceramic Petrography. The interpretation of archaeological pottery & related artefacts in thin section*. Archaeopress, Oxford, 260 pp.

SZAKMÁNY, Gy.; SAJÓ, I. & HARSÁNYI, E. (2012): A trieri bevonatos kerámia pannoniai utáztatának archeometriai vizsgálati eredményei. In: KREITER, A.; PETŐ, Á. & TUGYA, B. eds., *Környezet–Ember–Kultúra. A természettudományok és a régészet párbeszéde*. Magyar Nemzeti Múzeum Nemzeti Örökségvédelmi Központ 2010. október 6-8-án megrendezett konferenciájának tanulmánykötete. MNM NÖK, Budapest, 385–396.


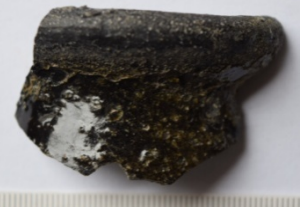
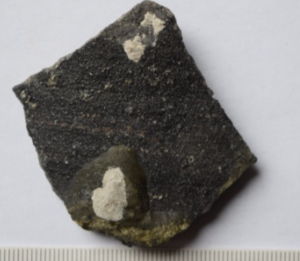
VÁMOS, P. (2002): Fazekasműhely az aquincumi canabae déli részén. *Archaeológiai Értesítő* **127/1**-25–87.





VÁMOS, P. (2014): Az aquincumi katonaváros fazekasipara. *Doktori disszertáció*. Eötvös Loránd Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kar, Budapest, 307 pp.

WALTON, M. S. & TITE, M. S. (2010): Production technology of Roman lead-glazed pottery and its continuance into Late Antiquity. *Archaeometry* **52/5** 733–759.





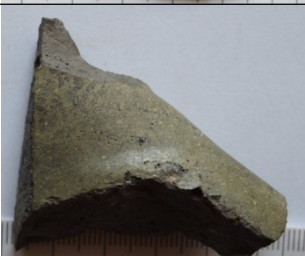
WEISZBURG, T. & PAPP, G. (1987): X-ray powder diffraction analyses, In: BEZECZKY, T. ed., Roman amphorae from the Amber Route in Western Pannonia, *BAR International Series* **386** Oxford, 128–133.


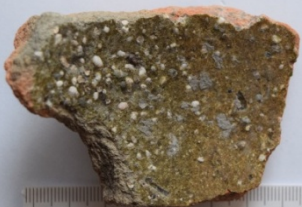



Appendix**1. táblázat:** Római kori kerámiák – Környei Ipari Park**Table 1.:** Inventory of the investigated late Roman ceramics from the vicinity of Környe: macroscopic description, phase composition determined by XRD, petrographic classification, type of carbonates and estimated firing temperature






Mintaszám	Helyszín	Leírás	XRD-val meghatározott fázisösszetétel	Petrográfiai csoport	Karbonát típusa	Égetési hőmérséklet	Fotó
2015.9.14	1. árok DK-i része	dörzstál töredéke, belső oldalán sötétzöld máz	kvarc > plagioklász >> diopszid > káliciföldpát > gehlenit , hematit, kalcit	I/A	elsődleges	<750-800°C	
2015.9.60	1. objektum, vízvezető árok kiszélesedése	peremtöredék, külső oldalán foltokban sötétzöld máz	plagioklász > kvarc >> kalcit > káliciföldpát	I/A	elsődleges másodlagos	<750-800°C	
2015.9.61	1. objektum, vízvezető árok kiszélesedése	oldaltöredék, külső oldalán ráfolyt zöld máz és fehér lerakódás	kvarc > plagioklász > mullit >> káliciföldpát > hematit, cristobalit	I/B	másodlagos	900-950°C	

2015.9.62	1. objektum, vízelvezető árok kiszélesedése	két összeragadt oldaltöredék, külső oldalukon zöldes máz?	plagioklász > diopszid >> káliföldpát > kvarc kvarc > mullit > plagioklász >> káliföldpát > amorf	III	-	900-1000°C 900-950°C	
2015.9.93	2. objektum, szemétködőr	talptöredék, külső oldalán felhólyagosodott zöld máz	kvarc > plagioklász >> káliföldpát > diopszid	I/B	nincs	900-1000°C	
2015.9.101	2. objektum, szemétködőr	oldaltöredék, belső oldalán sárga máz	kvarc >> plagioklász > káliföldpát	I/B	elsődleges	<750-800°C	
2015.9.102	2. objektum, szemétködőr	oldaltöredék, külső oldalán sárgásbarna máz	kvarc > plagioklász >> káliföldpát > diopszid	I/B	elsődleges (kevés) másodlagos	<750-800°C	




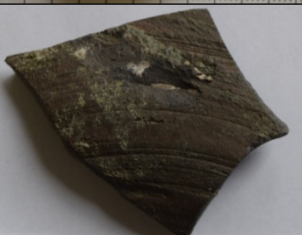
2015.9.103	2. objektum, szemétködör	oldaltörredék, külső oldalán barnás máz	kvarc > plagioklász > diopszid >> kálföldpát > hematit	I/B	másodlagos (nagyon kevés)	900-1000°C	
2015.9.104	2. objektum, szemétködör	peremtörredék, külső oldalán cseppekben zöldesbarna máz	kvarc > kalcit > plagioklász >> kálföldpát	I/B	elsődleges másodlagos	<750-800°C	
2015.9.125	2. objektum, szemétködör	oldaltörredék, kívül sárgásbarna máz	kvarc > hematit >> plagioklász > kálföldpát	I/B	nincs	750-850°C	
2015.9.138	2. objektum, szemétködör	peremtörredék, belül sárgásbarna-zöld máz	kvarc >> kálföldpát > plagioklász	I/D	elsődleges	<750-800°C	


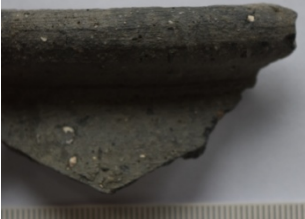



2015.9.140	5. objektum, vízvezető árok kiszélesedése	oldaltöredék, külső oldalára rácsöppent sötétbarna máz	kvarc >> kálföldpát > plagioklász > hematit	I/D	elsődleges	<750-800°C	
2015.9.166	6. objektum, vízvezető árok kiszélesedése	talptöredék, külső oldalán barnászöld máz	kvarc >> kálföldpát, plagioklász > hematit > gehlenit > gipsz	I/B	nincs	850-900°C	
2015.9.171	6. objektum, vízvezető árok kiszélesedése	fültöredék, rajta sárgásbarna máz	kvarc > 10Å-ös filloszilikát >> plagioklász	I/C	nincs	750-850°C	
2015.9.186	7. objektum, vízvezető árok kiszélesedése	peremtöredék, díszített pannoniai szürke kerámia	kvarc > kálföldpát > gehlenit > plagioklász >> gipsz	II	nincs	850-900°C	
2015.9.190	7. objektum, vízvezető árok kiszélesedése	két kerámatöredék összeéve, rajtuk zöldes máz?	kálföldpát, diopszid > plagioklász >> kvarc > amorf	III	-	1000-1100°C	


2015.9.192	7. objektum, vízelvezető árok kiszélesedése	oldaltöredék, külső oldalán zöldesbarna máz	kálicföldpát > diopszid > plagioklász >> kvarc	II	nincs	900-1000°C	
2015.9.205	8. objektum, kemence	dörzstál töredéke, belső oldalán zöld máz	kvarc > kálicföldpát >> plagioklász > gipsz	I/C	elsődleges másodlagos (hintett)	<750-800°C	
2015.9.206	8. objektum, munkagödör (0-20 cm)	talptöredék, külső oldalán barna mázcsepp és barna festés, belső oldalán halványzöldes felhólyagosodott máz	kvarc > diopszid > kálicföldpát > plagioklász >> gipsz	II	másodlagos (hintett)	900-1000°C	
2015.9.207	8. objektum, munkagödör (0-20 cm)	oldaltöredék, külső oldalán rácsöppent zöld máz	kvarc > kálicföldpát >> plagioklász	I/A	elsődleges másodlagos	<750-800°C	
2015.9.208	8. objektum, munkagödör (0-20 cm)	oldaltöredék, külső oldalán rácsöppent zöld máz	kvarc > kálicföldpát > plagioklász	I/A	elsődleges másodlagos	<750-800°C	

2015.9.212	8. objektum, munkagödör (0-20 cm)	peremtöredék, máz nélkül	kvarc >> kálföldpát > 10Å-ös filloszilikát, cristobalit, gehlenit , mullit	I/A	elsődleges	850-950°C	
2015.9.226	8. objektum, munkagödör (20-40 cm)	oldaltöredék, külső oldalán vékony, barna máz	kvarc > mullit > kálföldpát >> plagioklász > gipsz	I/D	elsődleges másodlagos	900-950°C	
2015.9.227	8. objektum, munkagödör (20-40 cm)	oldaltöredék, külső oldalán zöldesbarna máz	kvarc > mullit > kálföldpát >> plagioklász > gipsz > hematit	I/D	másodlagos	900-950°C	
2015.9.228	8. objektum, munkagödör (20-40 cm)	pannoniai szürke oldaltöredék, külső oldalán ráfolyt zöld máz	kvarc > diopszid > kálföldpát >> plagioklász	II	másodlagos (hintett)	900-1000°C	
2015.9.232	8. objektum, munkagödör (20-40 cm)	oldaltöredék, külső és belső oldalán fehéres lerakódás, máz nélkül	kálföldpát >> diopszid > kvarc > plagioklász > amorf	III	nincs	900-1000°C	




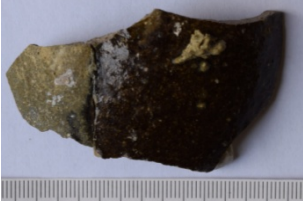
2015.9.233	8. objektum, munkagödör (20-40 cm)	perem- és oldaltöredék, rontott darab, máz nélkül	kvarc >> mullit > káliföldpát > plagioklász > hematit, maghemit	I/A	elsődleges másodlagos	900-950°C	
2015.9.237	8. objektum, munkagödör (20-40 cm)	dörzstál töredéke, belső oldalán zöldes máz	kvarc >> káliföldpát > plagioklász > kalcit > biotit > gipsz	I/A	elsődleges másodlagos	<750-800°C	
2015.9.247	8. objektum, munkagödör (20-40 cm)	peremtöredék, máz nélkül	kvarc > káliföldpát > plagioklász > dolomit, amfibol, gehlenit?, diopszid?	I/B	elsődleges másodlagos (nagyon kevés)	<750-800°C	
2015.9.266	8. objektum, munkagödör (0-20 cm)	oldaltöredék, belső oldalán felhólyagosodott sárgásbarna mázolvadék	plagioklász > kvarc > káliföldpát > diopszid >> gipsz > biotit	II	másodlagos (hintett)	900-1000°C	
2015.9.277	8. objektum, 1. kemence É-i betöltés	oldaltöredék, belső oldalán fehér lerakódás	kvarc >> káliföldpát > kalcit > hematit > plagioklász	I/D	elsődleges másodlagos	<750-800°C	
2015.9.288	8. objektum, 1. kemence betöltés (40-50 cm)	peremtöredék, máz nélkül	kvarc > káliföldpát > plagioklász > dolomit, 10Å-ös filloszilikát	I/B	elsődleges másodlagos (nagyon kevés)	<750-800°C	

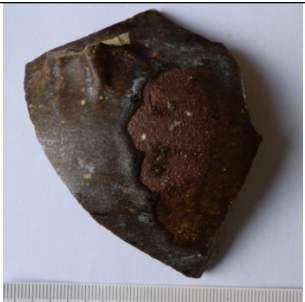




2015.9.302	8. objektum, 1. kemence falából	peremtöredék, máz nélkül	kvarc > dolomit, káliföldpát > magnetit > plagioklász, kalcit, 10Å- ös filloszilikát, amfibol?	I/A	elsődleges másodlagos (nagyon kevés)	<750-800°C	
2015.9.308	8. objektum, metszetfalból és tőle É-ra munkagödörből	oldaltöredék, külső oldalán zöldes máz?	plagioklász > diopszid > káliföldpát >> kvarc > amorf	III	-	1000-1100°C	
2015.9.309	8. objektum, metszetfalból és tőle É-ra munkagödörből	összeégett perem- és oldaltöredék	plagioklász > diopszid >> kvarc > káliföldpát > amorf	III	-	1000-1100°C	
2015.9.310	8. objektum, metszetfalból és tőle É-ra munkagödörből	oldaltöredék, külső és belső oldalán foltokban zöld máz	káliföldpát > diopszid > plagioklász >> kvarc > amorf	III	-	1000-1100°C	






2015.9.311	8. objektum, metszetfalból és tőle É-ra munkagödörből	oldaltöredék, külső oldalán foltokban zöld máz	kvarc >> kálicföldpát > plagioklász > amfibol	I/A	elsődleges másodlagos	<750-800°C	
2015.9.322	8. objektum, metszetfalból és tőle É-ra	peremtöredék, máz nélkül	kvarc > dolomit, kálicföldpát > plagioklász, kalcit, metakaolinit?	I/A	elsődleges másodlagos	<750-800°C	
2015.9.336	8. objektum, 2. kemence fekete földes betöltésből	oldaltöredék, kívül-belül zöldessárga máz	diopszid > plagioklász >> kvarc > kálicföldpát, amfibol, amorf, szmektit?	I/D		900-1000°C	
2015.9.338	8. objektum, 2. kemence fekete földes betöltésből	peremtöredék, máz nélkül	kvarc > plagioklász > 10Å-ös filloszilikát > kálicföldpát, gipsz, hematit, kalcit?, dolomit?	I/B	elsődleges	<750-800°C	
2015.9.348	8. objektum, 2. kemence betöltéséből (0-50 cm)	peremtöredék, máz nélkül	kvarc > plagioklász, kálicföldpát > hematit > mullit, amorf	I/B	elsődleges	900-950°C	

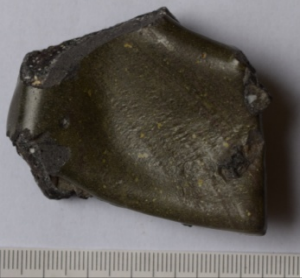
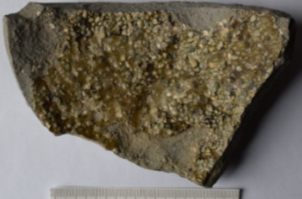


2015.9.349	8. objektum, 2. kemence betöltéséből (0-50 cm)	peremtöredék, máz nélkül	kvarc > plagioklász, káliföldpát > 10Å-ös filloszilikát > kaolinit?	I/A	elsődleges	<750-800°C	
2015.9.354	8. objektum, 2. kemence beomlott teteje fölül	oldaltöredék, kívül- belül ráfolyt zöldesbarna máz	kvarc > mullit > plagioklász > káliföldpát > hematit > cristobalit > kalcit	I/D		900-950°C	
2015.9.356	8. objektum, 2. kemence beomlott teteje fölül	szürke (pannon?) oldaltöredék, kívül lerakódás	kvarc > plagioklász > káliföldpát > diopszid > 10Å-ös filloszilikát > kalcit	II	másodlagos (hintett)	900-1000°C	
2015.9.360	8. objektum, 2. kemence beomlott teteje fölül	peremtöredék, máz nélkül	kvarc > káliföldpát > dolomit > magnetit, kalcit, mullit?	I/A	elsődleges másodlagos	900-950°C	
2015.9.362	8. objektum, 2. kemence tüzelőcsatorna	peremtöredék, kívül- belül zöldesbarna máz	kvarc > mullit > káliföldpát > plagioklász, kalcit	I/D		900-950°C	




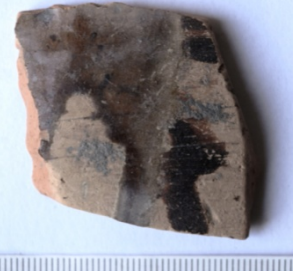

2015.9.363	8. objektum, 2. kemence tűzelőcsatorna	perem- és fültöredék, kívül-belül sárgásbarna máz	kvarc > mullit > plagioklász > kálföldpát >>-hematit	I/D	másodlagos	900-950°C	
2015.9.373	8. objektum, 2. kemence	peremtöredék, belül és a peremen sárgásbarna máz	kvarc > mullit > cristobalit > kálföldpát, plagioklász > 10Å-ös filloszilikát, kalcit	I/D		900-950°C	
2015.9.374	8. objektum, 2. kemence	oldaltöredék, külső oldalán vörösbarna festék, kívül belül ráfolyt barna máz	kvarc > kálföldpát, plagioklász > 10Å-ös filloszilikát > kalcit	II	elsődleges másodlagos	<750-800°C	
2015.9.386	8. objektum, 2. kemence	díszített peremtöredék, kívül-belül zöldesbarna máz	kvarc > mullit > plagioklász >> kálföldpát > hematit	I/D	másodlagos	900-950°C	
2015.9.405	8. objektum, 2. kemence alja felül	két oldaltöredék összeragadva, felületükön lerakódás és sötétbarna ráfolyt máz, a máz alatt vörös festés (?)	plagioklász > diopszid >> kálföldpát > kvarc	I/D	nincs	900-1000°C	





2015.9.406	8. objektum, 2. kemence alja felül	oldaltöredék, külső oldalán zöldesbarna máz és fehér lerakódás	kalcit >> plagioklász > kvarc > kálföldpát > gipsz	I/D		<750-800°C	
2015.9.407	8. objektum, 2. kemence alja felül	kancsó nyaktöredéke, külső oldalán barna máz, melyre foltokban zöld máz folyt rá	kvarc > mullit >> plagioklász > kálföldpát	I/D	másodlagos (nagyon kevés)	900-950°C	
2015.9.409	8. objektum, 2. kemence	oldaltöredék, kívül sötétzöld/barna ráfolyt máz	kvarc > mullit >> kálföldpát, plagioklász	I/D	nincs	900-950°C	
2015.9.413	8. objektum, 2. kemence alja felül	oldaltöredék, külső oldalán barnászöld máz, belül vörös, amire egy részen barnászöld máz folyt rá	kvarc > mullit > plagioklász > kálföldpát >> hematit	I/D	másodlagos (nagyon kevés)	900-950°C	





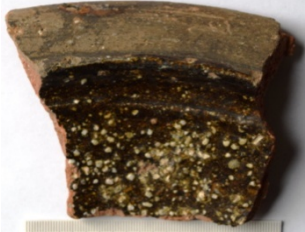
2015.9.414	8. objektum, 2. kemence alja felül	oldal- és fültöredék, kívül-belül sötétbarna- sötétzöld máz, külső oldalán máz alatt vörös festés (?)	kvarc > mullit > plagioklász > káliföldpát > gipsz	I/D	másodlagos (nagyon kevés)	900-950°C	
2015.9.421	8. objektum, 2. kemence alja felül	peremtöredék, kívül- belül sárga/sárgásbarna máz, alatta vörös festés (?), a külső oldalán a máz fölött fehér lerakódás	kvarc >> plagioklász > káliföldpát	I/D	elsődleges másodlagos	<750-800°C	
2015.9.422	8. objektum, 2. kemence padlója fölül	oldaltöredék, kívül vastag zöld, belül ráfolyt zöldesbarna máz	kvarc > mullit > káliföldpát, plagioklász > 10Å-ös filloszilikát, diopszid?	I/D	másodlagos	900-1000°C	
2015.9.462	8. objektum, 2. kemence	peremtöredék, kívül- belül rácsöppent sárgásbarna máz	kvarc >> káliföldpát > plagioklász > diopszid, gehlenit, hematit	I/A	elsődleges másodlagos	<750-800°C	
2015.9.465	8. objektum, 2. kemence	peremtöredék, kívül- belül zöldes máz	diopszid > plagioklász > káliföldpát > kvarc, gehlenit, hematit, amorf	III	-	950-1000°C	





2015.9.535	9. objektum	peremtöredék, máz nélkül	kvarc > mullit > cristobalit > plagioklász, dolomit, gehlenit, kalcit, 10Å-ös filloszilikát	I/B	elsődleges másodlagos	850-900°C	
2015.9.539	9. objektum	peremtöredék, máz nélkül	kvarc > plagioklász > mullit?, cristobalit, magnetit	I/B	elsődleges másodlagos?	900-950°C	
2015.9.544	9. objektum	peremtöredék, máz nélkül	kvarc > plagioklász > cristobalit > dolomit, kálföldpát, kalcit	I/A	elsődleges másodlagos?	900-950°C	
2015.9.653	9. objektum, szemétködör 0-40 cm	zöld, felhólyagosodott olvadék	diopszid > plagioklász > kálföldpát > kvarc > kalcit	-	-	1000-1100°C	
2015.9.663	9. objektum	peremtöredék, máz nélkül	kvarc > plagioklász > kálföldpát > szmektit?, dolomit	I/B	elsődleges másodlagos?	<750-800°C	

2015.9.675	9. objektum, szemétködőr 0-40 cm	két összeragadt peremtöredék zöldes mázzal	kvarc > plagioklász > diopszid > káliföldpát >> maghemit, amorf	egyik oldala: I/A másik oldala: III	elsődleges másodlagos	<750-800°C	
2015.9.703	10. objektum, vízvezető árok kiszélesedése, kemence mellett	dörzstál töredéke, belső oldalán zöld máz	kvarc > mullit >> plagioklász > káliföldpát > hematit	I/D	elsődleges másodlagos	900-950°C	
2015.9.758	11. objektum, szemétködőr 0-20 cm	oldaltöredék, külső oldalán foltokban sötétzöld, hólyagos máz	kvarc > plagioklász >> diopszid > káliföldpát	I/A	elsődleges másodlagos	<750-800°C	
2015.9.759	11. objektum, szemétködőr 0-20 cm	talptöredék, külső oldalán sárgásbarna máz, kívül-belül fehér lerakódás	kvarc >> plagioklász > 10Å ös filloszilikát > káliföldpát	I/C	nincs	750-850°C	

2015.9.769	11. objektum, szemétködőr 0-20 cm	horpasztott oldalú peremtöredék, belső oldalán sárgásbarna máz	plagioklász >> kvarc > 10Å-ös filloszilikát	I/C	nincs	750-850°C	
2015.9.771	11. objektum, szemétködőr 0-20 cm	dörzstál töredéke, belső oldalán zöld máz	kvarc > plagioklász >> 10Å-ös filloszilikát > gipsz > káliföldpát	I/B	elsődleges másodlagos?	<750-800°C	
2015.9.776	11. objektum, szemétködőr 0-20 cm	peremtöredék, külső oldalán sárgásbarna máz	kvarc > 10Å-ös filloszilikát >> plagioklász	I/C	nincs	750-850°C	
2015.9.778	11. objektum, szemétködőr 0-20 cm	oldaltöredék, külső oldalán vörösarna festék és ráfolyt barna máz	kvarc > plagioklász > diopszid > 10Å-ös filloszilikát >> gipsz > káliföldpát	II	másodlagos? (hintett)	900-1000°C	
2015.9.812	11. objektum, szemétködőr 0-20 cm	szűrőtál, pannoniai szürke kerámia, máz nélkül	kvarc > plagioklász > diopszid >> káliföldpát > gipsz	II	elsődleges másodlagos (hintett)	<750-800°C	

2015.9.827	11. objektum, szemétködőr 0-20 cm	peremtöredék, pannoniai szürke kerámia, máz nélkül	plagioklász > kvarc >> diopszid > káliföldpát > gehlenit > 10Å-ös filloszilikát, gipsz	II	elsődleges másodlagos	<750-800°C	
2015.9.878	11. objektum, szemétködőr 0-20 cm	fültöredék, máz nélkül	kvarc > plagioklász >> mullit > káliföldpát > 10Å-ös filloszilikát	I/B	elsődleges másodlagos	900-950°C	
2015.9.916	11. objektum, szemétködőr 0-80 cm	talptöredék, külső oldalán sárgásfehér, felhólyagosodott máz	kvarc > 10Å-ös filloszilikát >> plagioklász > kalcit	I/C	nincs	<750-850°C	
2015.9.941	2. árok	oldaltöredék, külső oldalán barna festés, és erre ráfolyt vörösarna máz	plagioklász > kvarc > 10Å-ös filloszilikát >> diopszid > káliföldpát	II	másodlagos	900-1000°C	

2015.9.948	16. objektum, szemétködőr 0-20 cm	oldaltöredék, külső oldalán vörösbarna festék	plagioklász > kvarc > gehlenit >> 10Å-ös filloszilikát > diopszid > káliföldpát > kalcit	II	másodlagos	950-1000°C	
2015.9.953	18. objektum, szemétködőr	dörzstál töredéke, belső oldalán sötétzöld máz	kvarc > mullit >> plagioklász > 10Å-ös filloszilikát > káliföldpát > hematit	I/D	másodlagos	900-950°C	
2015.9.961	A objektum, 3. oszloplyuk	oldaltöredék, külső oldalán foltokban zöld, hólyagos máz	kvarc >> káliföldpát > plagioklász > 10Å-ös filloszilikát	I/A	elsődleges másodlagos (nagyon kevés)	<750-800°C	
2015.9.1104	29. objektum, szemétködőr 0-40 cm	dörzstál töredéke, külső és belső oldalán barna máz	kvarc > plagioklász >> káliföldpát > hematit > gipsz	I/A	elsődleges másodlagos (hintett)	<750-800°C	
2015.9.1105	29. objektum, szemétködőr 0-40 cm	dörzstál töredéke, a máz alatt barnás festés (?)	kvarc > plagioklász >> 10Å-ös filloszilikát > káliföldpát, hematit	I/A	elsődleges másodlagos	<750-800°C	

2015.9.1109	29. objektum, személgödör 0-40 cm	dörzstál töredéke, belső oldalán sárgásbarna máz, a máz alatt vörösbarna festés (?), a mázon pedig fehér lepedék	kvarc > plagioklász >> 10Å-ös filloszilikát > kálföldpát > hematit	I/B	nincs	750-850°C	
2015.9.1227	31. objektum, 0-40 cm	fültöredék, kívül-belül sárga máz, a máz alatt vörös festés (?)	kvarc >> plagioklász > 10Å-ös filloszilikát > kálföldpát > kalcit	I/B	elsődleges	<750-850°C	
2015.9.1228	31. objektum, 0-40 cm	oldaltöredék, külső oldalán sárga máz, alatta vörös festés (?), a mázon néhol világosszürke lerakódás	kvarc >> plagioklász > kálföldpát > gipsz	I/B	másodlagos (nagyon kevés)	750-850°C	
2015.9.1313	1. objektum, vízvezető árok kiszélesedése 20-40 cm	oldaltöredék, külső oldalán sárgás-zöldes máz, a máz alatt vörös festés (?)	kvarc >> kálföldpát > plagioklász > 10Å-ös filloszilikát > kalcit, maghemit	I/B	másodlagos	750-850°C	

2015.9.1333	29. objektum, szemétködőr 0-40 cm	peremtöredék, belül: barnás máz, kívül: kék és barna máz, kívül és belül is a mázon fehér lerakódás	kvarc >> kálicföldpát > plagioklász > mullit > kalcit > hematit	I/B	elsődleges másodlagos (hintett)	900-950°C	
2015.9.1341	29. objektum, szemétködőr 0-40 cm	dörzstál töredéke, belső oldalán sötétzöld máz	kvarc > plagioklász >> kálicföldpát > diopszid > hematit	I/A	elsődleges másodlagos	<750-800°C	
2015.9.1342	29. objektum, szemétködőr 0-40 cm	talptöredék, külső oldalán fehér máz	kvarc >> 10Å-ös filloszilikát > plagioklász > kálicföldpát	I/B	nincs	750-850°C	
2015.9.1360	29. objektum, szemétködőr 0-20 cm	peremtöredék, máz nélkül, kívül és belül lerakódás	kvarc > 10Å-ös filloszilikát >> kálicföldpát > plagioklász > kalcit	I/A	elsődleges másodlagos?	<750-800°C	

KÖTŐANYAG VIZSGÁLATI LEHETŐSÉGEK NAPJAINKBAN EGY DOKTORI KUTATÁS TAPASZTALATAINAK ÉS EREDMÉNYEINEK ÖSSZEGRÉSE

BINDING MEDIA EXAMINATIONS IN RECENT DAYS - THE SUMMARY OF THE RESULTS AND OBSERVATIONS OF A DOCTORAL THESIS*

VARGA Tímea¹

¹2133 Sződliget, Tinódi u. 11.

E-mail: varga.timea.rest@gmail.com

Abstract

In my paper I deal with the possibilities of artistic binding materials identification methods. Since, it's a huge and diversified subject; I chose the detailed introduction and comparison of two techniques. From among the tests, based on chemical or physical reactions, I selected the fluorescent staining techniques and the Fourier transform infrared spectroscopy of the instrumental methods. The aim of the research is to help the conservators to get acquainted with the theoretical and technical basis of the binding media identification methods, as well as the advantages or disadvantages of them.

Kivonat

A Magyar Képzőművészeti Egyetem Doktori Iskolájának hallgatójaként kutatásomban a festészeti kötőanyagok vizsgálati lehetőségeivel foglalkoztam. Választásom azért esett erre a területre, mert a restaurátorok, illetve a társtudományok művelői részéről egyre nagyobb igény mutatkozik a műtárgyak alkotó anyagainak pontos megismerésére. A restaurátorok részéről azért, hogy a munkájukhoz használandó anyagokat megfelelően tudják kiválasztani, és azokat biztonságosan alkalmazhassák. A társtudományok művelői pedig ezzel az adattal alapvető információhoz jutnak a tárgy készítés technikáját illetően, amit felhasználhatnak adatbázisok kiépítésében.

A festészeti kötőanyagok vizsgálata a nemzetközi restaurátori kutatásokban már rutinszerű, többféle módszerrel kivitelezhető gyakorlat. A nagyobb külföldi múzeumok és restaurátor intézetek, mint például a londoni National Gallery vagy a Getty Intézet az Amerikai Egyesült Államokban, rendszeresen publikálnak műtárgyaik természettudományos vizsgálatairól (National Gallery Technical Bulletin, Studies in Conservation), benne az elkészítésükhöz alkalmazott kötőanyagokról. Hazai viszonylatban is találhatunk már példákat műtárgyak festett anyagainak vizsgálatára.

KEYWORDS: BINDING MEDIA, FLUORESCENT CROSS-SECTION STAINING, FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY

KULCSSZAVAK: KÖTŐANYAG, FLUORESCENS METSZETSZÍNEZÉS, FOURIER TRANSZFORMÁCIÓS INFRAVÖRÖS SPEKTROSKÓPIA

Bevezetés

Munkám egyik célja a jelenleg alkalmazott kötőanyag vizsgálati eljárások megismerése, a szakirodalom feldolgozása volt. Az egyszerűbb tesztek, amelyek néhány oldószer, illetve reagens alkalmazásán alapulnak, a Magyar Képzőművészeti Egyetem Restaurátor Tanszékének laborjában is már rutinszerűen végzik a hallgatók.

Ezeken kívül azonban már számos más technika áll a restaurátor és a kutatók rendelkezésére, amelyeket a témában jelenleg világszerte alkalmaznak. Ezzel párhuzamosan a hazai helyzetet is igyekeztem feltérképezni, megismerni az elérhető, és felhasználható technikákat.

* How to cite this paper: VARGA, T. (2020): Kötőanyag vizsgálati lehetőségek napjainkban – egy doktori kutatás tapasztalatainak és eredményeinek összegzése (Binding media examinations in recent days - the summary of the results and observations of a doctoral thesis), *Archeometriai Műhely* XVII/1 57–66.

1. táblázat: a kötőanyag vizsgálatok csoportosítása**Table 1.:** classification of the binding media examinations

KÖTŐANYAGVIZSGÁLATOK			
REAKCIÓKON ALAPULÓ TESZTEK		MŰSZERES VIZSGÁLATOK	
Fizikai-kémiai reakciókon alapulók	Biokémiai reakciókon alapulók	Spektroszkópiai technikák	Kromatográfiai technikák
Oldhatósági tesztek	Immuno-fluoreszcencia mikroszkópia (IMF)	Fourier Transzformációs Infravörös spektroszkópia (FTIR)	Gázkromatográfia (GC)
Olvadáspont vizsgálatok	Enzimmel kapcsolt immunabszorbens teszt (ELISA)	Raman spektroszkópia (Raman)	Magas nyomású folyadék kromatográfia (HPLC)
Mikrokémiai tesztek		Tömegspektrometria (MS)	Pirolízis gázkromatográfia (PyGC)
Cseppentéses (spot) tesztek	Metszet-színezéses tesztek	Gázkromatográfia-tömegspektroszkópia (GC-MS)	

A kötőanyag vizsgálati technikák csoportosítása

A kötőanyag vizsgálatokat két nagyobb csoportba sorolhatjuk. (**1. táblázat**) Az egyik a különböző típusú reakciókon alapuló tesztek jelenti, a másik a műszeres vizsgálatokat foglalja magába. A reakciókon alapuló tesztek ismét további két csoportba oszthatjuk, ezek a fizikai-kémiai és a biokémiai reakciókon alapuló csoportok. A fizikai-kémiai reakciókon alapuló eljárások a következők: olvadáspont vizsgálat, oldhatóság vizsgálat, cseppanalitikai (spot) tesztek és metszetszínezéses tesztek. Az olvadáspont vizsgálat a kötőanyag típusok egyedi lágyulás és olvadáspontjainak meghatározásán alapul. Az oldhatóság vizsgálat a kötőanyagok eltérő oldószerekben történő oldódási tulajdonságaira épül. A cseppanalitikai (spot) tesztek segítségével a kötőanyagok egyes elemeit vagy összetevőit tudjuk kimutatni. Mindhárom technikához anyagkaparék minta szükséges (Bayer, Bayerová 2018). A színezéses eljárások olyan kémiai reakciókon alapulnak, amelyek során különböző színezékek specifikusan az egyes anyagcsoportokhoz (például fehérjékhez, olajokhoz-zsírokhoz vagy gyantákhoz) kötnek, vagyis „megfestik” őket. A színezéses technikákat látható szintartományban működő és fluoreszcens változatokra oszthatjuk. Ezeket a tesztek keresztszövet csiszolatokon végezzük (Schaefer 1997, Wolbers 2000).

A reakciókon alapuló technikák másik nagy csoportja a biokémiai reakciókra épül: ezek az Immuno-fluoreszcencia mikroszkópia (IMF) és az Enzimmel kapcsolt immunabszorbens teszt

(ELISA). Ezeket eredetileg orvosi felhasználásra, immunológiai vizsgálatokhoz fejlesztettek ki, majd később a restaurátori anyagvizsgálatokba emelték át őket. Mindkét eljárás az antigén-antitest reakciókra épül (Arslanoglu et al. 2009). Ezek az eljárások is színreakcióval járnak, az IMF esetén azonban keresztszöveten, ultraibolya gerjesztés mellett (Ramírez-Barat, de la Vina, 2001), az ELISA esetében pedig a látható szintartományban, kaparék mintából készített oldatokon, egy speciális ún. ELISA tálcán értékelhetjük az eredményt (Arslanoglu et al. 2009).

A kötőanyag vizsgálatok másik nagy csoportja a műszeres eljárásokat foglalja magába. Ezeknek is két nagy csoportját különböztetjük meg, a spektroszkópiás és a kromatográfiai módszereket. A spektroszkópiai vizsgálatok közül a Fourier Transzformációs Infravörös Spektroszkópia (FTIR) és a Raman technika a rezgési spektroszkópiai eljárások közé tartoznak. Ezek a technikák az anyag és az elektromágneses sugárzás kölcsönhatásán alapulnak, és a létrejövő sugárzás elnyelési vagy kibocsátási képességét vizsgáljuk (Mink 2016). Ezekkel a vizsgálatokkal a molekulákban lévő kötések rezgései alapján kapunk információt az anyagról. A tömegspektrometria (MS) lényege, hogy a mintából előállított gáz halmazállapotú ionokat egy elektromágneses térben tömeg/töltés hányadosuk alapján válogatják szét.

A kromatográfiai vizsgálatok ún. elválasztási technikák, lényegük, hogy egy keverék anyag két fázis közötti megoszlás eredményeként válik szét összetevőire (Balla 2016). A vizsgálat típusától függően a mintát előkezelést követően gáz vagy folyadék halmazállapotúvá alakítják, illetve

pirolizálják. A két vizsgálati típus kombinálása a gázkromatográfiával kapcsolt tömegspektrometria (GC-MS), amellyel az irodalom alapján jelenleg a legjobb eredményeket érhetjük el a kötőanyagok vizsgálatában (Pinna et al. 2010).

Disszertáció

Mivel a festészeti kötőanyagok vizsgálata egy hatalmas és szerteágazó terület, az anyag típusokat és az elemzésükre használható eljárásokat tekintve is, ezért a kutatásom területét le kellett szűkítenem. A kötőanyagok közül ezért a két legjellemzőbb, tradicionális típusal, a fehérjékkel és az olajokkal foglalkoztam, a vizsgálati technikák közül pedig a fluoreszcens metszetszínezéses tesztekkel és az FTIR mérésekkel. Munkám során arra kerestem a választ, hogy metszetszínezéses tesztekkel milyen pontosságú válaszokat kaphatunk a kötőanyagokra vonatkozóan, illetve az FTIR mérésekkel milyen mértékű egyezést mutatnak az eredmények.

A metszetszínezéses tesztekhez ötféle reagens állt a rendelkezésemre. A dolgozatban alkalmazott reagenstípusokat és a tesztek kivitelezésének módját a **2. táblázat** foglalja össze.

A fluoreszcens metszetszínezési technika egy kevésbé ismert és ritkábban alkalmazott eljárás, ezért csak néhány forrás áll rendelkezésünkre a témában jelenleg (Schaefer 1997, Wolbers 2000). FTIR vizsgálatokat viszont manapság rutinszerűen használnak kötőanyag vizsgálatra a nagyobb múzeumok és restaurátor intézetek. Hazánkban is található már példákat művészeti anyagok infravörös spektroszkópos mérésére.

A fluoreszcens metszetszínezéses tesztek az orvostudományi és biológiai kutatásokban fehérjék, és zsíros, olajos anyagok kimutatására is alkalmazzák. Az állati vagy emberi szövetmintákból vékony metszetek készülnek, és ezeket festik meg a kimutatni kívánt anyagcsoportokhoz használt reagenstípusokkal (Kasten 1999). A restaurátori kutatásokra alkalmazva a színezést a keresztmetszet csiszolatokon végzik. A szakirodalomban viszont sok a hiányosság és a bizonytalanság a kivitelezéssel kapcsolatban, illetve több forrásban komoly kétségeket is megfogalmaztak már a megbízhatóságukra vonatkozóan. Pontatlan, vagy hiányos adatokhoz férhetünk hozzá a színezési időre, a kimosó oldószerek fajtájára, a kimosás pontos módjára vonatkozóan.

A kutatáshoz használt anyagok, technikák

Kutatásomban különböző kötőanyagokkal és pigmentekkel standardokat készítettem, valamint a tanszéken restaurálásra kerülő műtárgyakból vettem mintákat. (**3. táblázat**)

Minden rétegből műgyantába ágyazott keresztmetszet csiszolat készült. Ezeket végeztem az ötféle reagenssel a kötőanyag tesztet, majd a műszeres méréseket.

A színezéses tesztek előnyei, hogy költséghatékonyak, egyszerűen kivitelezhetőek, és szinte azonnal eredményekhez juthatunk. Mindezek mellett azonban számos hátránnyal is rendelkeznek. Egy-egy pozitív példát a színezéses tesztekre, és a felmerülő leggyakoribb problémákra a **4. táblázat**ban láthatunk.

Az egyik legjelentősebb probléma az alkalmazásukkal kapcsolatban, hogy nem elég specifikusak. Ennek több oka is lehetséges, ilyenek például a festékréteg anyagainak öregedése, vagy a minta porózussága - a színezékek ugyanis beülhetnek az egyenetlenségekbe. Egyes reagenstípusok fluoreszcenciájának színe, például a Fluorescamine esetében, egyezhet a kimutatandó anyag autofluoreszcenciájának színével: a teszt eredményének értékelése ezért bizonytalanra válik. Előfordulhat az is, hogy a rétegek túl sötétek (pl. fekete, sötétkék vagy barna), így az elszíneződést nem lehetséges pontosan megítélni (Schaefer 1997, Wolbers 2000). Az olaj színezékek a reakció típusuk miatt a réteg egyéb, olajat nem tartalmazó összetevőivel is kapcsolatba léphetnek, így hamis pozitív eredményt kaphatunk. További problémák lehetnek, hogy egyes színezékek oldószere (például az etanol) oldhatnak arra érzékeny rétegeket, ezzel megnehezítik az eredmények értékelését.

A szakirodalomban a fehérje kimutatásához használt reagenstípusokat valamivel megbízhatóbbnak ítélik, az olaj-színezékeket kevésbé specifikusnak. Ennek egyik oka, hogy a két reagens típus a kimutatni kívánt anyaggal eltérő módon létesít kötést. Az olaj színezékek csupán affinitás által, illetve másodrendű kötésekkel (például diszperziós erővel) kötődnek a kimutatandó anyaghoz. Ezzel szemben a fehérje színezékek jóval stabilabb, kovalens kötésekkel alakítanak ki a cél anyaggal. A fehérje színezékek esetében a legnagyobb problémaként azt említik, hogy ha a fehérjék keverékekben vannak jelen egy anyagban (mint ahogy a festett rétegekben is) csökken a reakcióra képes funkcionális csoportok száma bennük, mert a többi anyaggal is kötésekkel létesítenek. Az olaj színezékek esetében az öregedés során végbemenő polimerizációs folyamatokat emelik ki, a létrejövő keresztmetszetek ronthatják a reagenstípusok specifikusságát (Schaefer 1997).

A szakirodalomban ajánlottaknak megfelelően kísérleteztem a reagens oldatok összetételével, illetve a minták előkezelésével. Schaefer szerint a fehérje típusú kötőanyagok denaturálása javíthatja a színezés pontosságát, azáltal, hogy több, funkcionális csoport válik elérhetővé a reagenstípus számára.

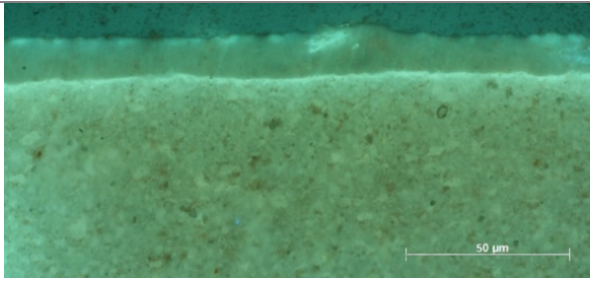
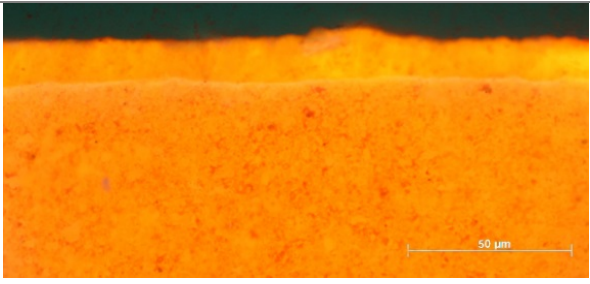
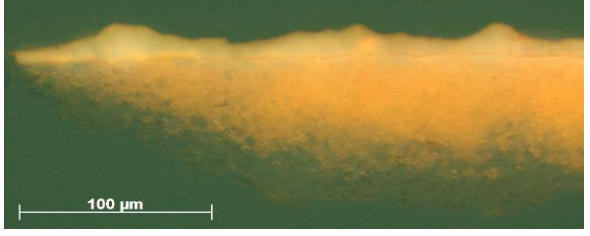

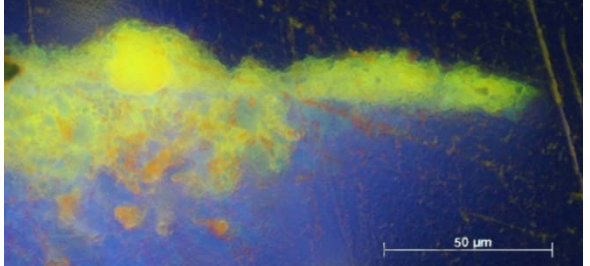
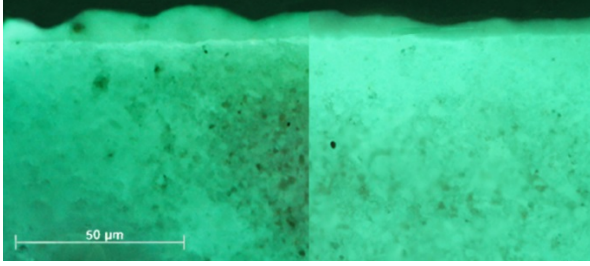
2. táblázat: a disszertációban alkalmazott reagensek és kivitelezésük módja**Table 2.:** the applied reagents and methods used in the thesis

FEHÉRJE REAGENSEK		OLAJ REAGENSEK	
Tetramethyl Rhodamine Isothiocyanate (TRITC)		Rhodamine B (RHOD B)	
Fluorescamine (FLUR)		Dichloro-fluorescein (DCF)	
Lissamine Rhodamine Sulfonyl Chloride (LISSA)			
1. sorozat	2. sorozat	1. sorozat	2. sorozat
előkezelés nélkül	előkezelve gyenge lúggal (NH ₄ OH 8%)	vízmentes reagens	víz (5%) hozzáadásával készített reagens
0,05%-os oldat vízmentes acetoneban	0,05%-os oldat vízmentes acetoneban	0,25%-os koncentrációban vízmentes etanolban	0,25%-os koncentrációban vízmentes etanolban
2 perc színezés	2 perc színezés	2 perc színezés	2 perc színezés
acetonos áttörlés	acetonos áttörlés	propanolos áttörlés	propanolos áttörlés

3. táblázat: a disszertációban vizsgált minták csoportosítása összetételük alapján**Table 3.:** classification of the examined samples based on their composition

A DOLGOZATBAN VIZSGÁLT MINTÁK					
STANDARDOK			MŰTÁRGYAKBÓL VETT MINTÁK		
Kötőanyagok		Töltőanyagok	Kötőanyagok	Töltőanyagok	
Fehérjék	Olajok	Festékrétegek	A műtárgy kora és szemrevételezése alapján feltételezett típusok	Optikai mikroszkópos vizsgálatok és mikrokémiai tesztek eredményei	
Bórax-kazein	Lenolaj	Ólomfehér	Tempera	Festékrétegek	Alapozó rétegek
Bőrenyv	Lenolaj-kence	Titánfehér	Olaj	Ólomfehér	Kréta
Csontenyv				Cinkfehér	
Zselatin				Ultra-marín	
Mész-kazein				Poroszkék	
Keverékek		Alapozó rétegek		Azurit	
Velencei terpentín és lenolaj		Kréta		Okkerek	
Velencei terpentín és lenolajkence				stb.	
Tojástempera					

4. táblázat: példák a színezései tesztekre és a felmerülő hibákra**Table 4.:** some examples of the staining tests and the possible problems with them

	
<p>Pozitív eredmény standardon fehérje kötőanyagú rétegeken, balra színezés előtt, jobbra színezés után Standard A 6.8: Zselatin és titánfehér festékréteg, enyves kréta alapozó, 2011, Lissamine Rhodamine sulfonyl chloride fehérje színezék</p>	
	
<p>Nem specifikus színezés Standard A 7.5: Bőrenyv és titánfehér festékréteg, enyves kréta alapozó, 2011, Rhodamine B olaj színezék</p>	<p>Kioldódó és túl sötét rétegek Ismeretlen görög ikonfestő: Sárkányölő Szent György, 1700-as évek eleje, fatábla, olaj, Rhodamine B olaj színezék</p>
	
<p>Felületi egyenetlenségekbe beülő reagens Standard A 9.6: Zselatin és ólomfehér festékréteg Enyves kréta alapozó, 2011, Dichloro-fluorescein olaj színezék</p>	<p>A reagens és a kimutatni kívánt anyag fluoreszcenciájának színe egyezik, balra színezés előtt, jobbra színezés után Standard A 7.7: Bőrenyv és titánfehér festékréteg Enyves kréta alapozó, 2011, Fluorescamine fehérje színezék</p>

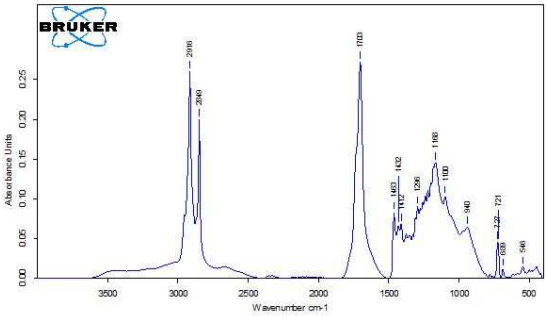
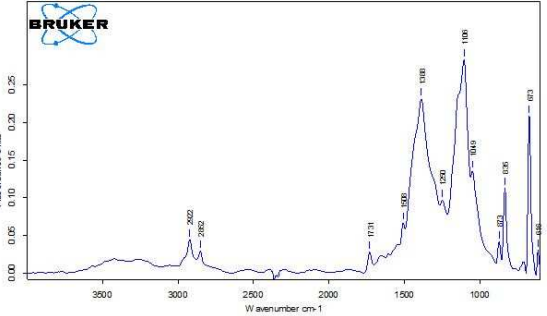
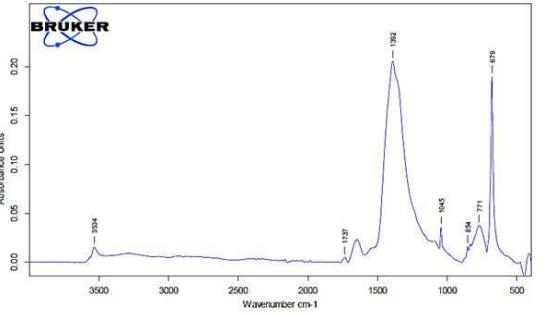
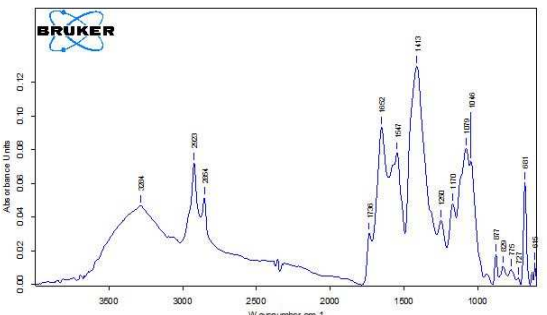
Az olaj reagenseknél az irodalmi ajánlásnak megfelelően kis mennyiségű (5%-nyi) vizet adtam a reagens oldathoz. Ezzel a leírások alapján egy nedves közeget teremthetünk a mintán, ami az olaj színezékek hatékonyságát javíthatja. A minták kimosásához szintén az ajánlásoknak megfelelően választottam oldószert: ez a fehérjéknél acetont, az olaj reagenseknél propanolt volt.

A standardokon végzett színezésekkel felmérhettem, hogy milyen pontossággal működnek

a reagensek. Összességében a fehérje reagensek valamivel megbízhatóbbnak bizonyultak az olaj színezékekénél, de még ez is csak 50-60%-os pontosságot jelentett. A műtárgyakból vett minták esetében valamivel nagyobb egyezést adtak az olaj reagensek az FTIR mérések adataival, de itt is sok nem egyértelmű, bizonytalan eredményt kaptunk. A színezési tesztek esetében a módosított összetételű oldatok sem bizonyultak jobban alkalmazhatónak, és a kimosási nehézségeket sem sikerült kiküszöbölni.

5. táblázat: a standard és a feltehetően azonos anyagot tartalmazó, műtárgykból vett minták spektrumainak összevetése

Table 5.: comparison of the spectrum of the standard material and the samples of the art pieces which presumably contain the same material as the standard

	
Lenolaj standard	Olaj (?) tartalmú festékréteg Ismeretlen görög ikonfestő: Sárkányölő Szent György, 1700-as évek eleje, fatábla, olaj
	
Ólomfehér standard	Ólomfehér (?) tartalmú festékréteg Zsivkovits Mihály: Istenszülő; 1815, fatábla, tempera (?)

Az FTIR technikával standard mintáim méréseit kaparék mintákon és műgyantába ágyazott keresztmetszeteken végeztük. A műtárgykból vett mintákat kizárólag keresztmetszetekként, FTIR-ATR („Attenuated Total Reflectance”, vagyis gyengített teljes reflexiós) eljárással vizsgáltuk. A mérésekre a Magyar Tudományos Akadémia Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Földtani és Geokémiai Intézetében kerülhetett sor. A spektrumok kiértékelésében és a vizsgálatokban Dr. Judik Katalin és Kesjár Dóra voltak segítségemre.

Az FTIR eljárás előnyei, hogy szerves és szervetlen anyagok vizsgálatára egyaránt alkalmas. A mérés gyors, a kiértékelés referencia könyvtárak segítségével viszonylag egyszerű lehet, de az anyagcsoport ismerete szükséges a szakemberek részéről. Az FTIR-ATR módszerrel egyes festékrétegek külön-külön is mérhetőek, amennyiben azt a vastagságuk megengedi. Ugyanis a túl vékony (10-20 mikronos) rétegek esetében a szomszédos rétegek anyagai is megjelenhetnek a

spektrumokon, ezt az ATR fej átmérője és az alkalmazott apertúra határozza meg. Legnagyobb hátránya, hogy a töltőanyagból és kötőanyagból álló festékrétegek mérésekor a szervetlen sávok átfedhetik a szerves anyagok rezgéseit. A hasonló kémiai szerkezetű anyagok keverék rétegekben kizárólag ezzel az eljárással nem különíthetők el. Különösen az olaj kötőanyagú, átfestett műtárgyak esetében jelent ez nagy kihívást. Szintén nehézséget jelent, hogy a csiszolatok készítéséhez használt műgyanta beivódhat a rétegekbe, és ennek a sávjai is befolyásolhatják a kötőanyagok abszorpcióit.

Minden standard mintában szereplő anyag összetevőjéről tiszta állapotában is készültek mérések. Ezek mintegy „saját könyvtárként” rendelkezésünkre álltak az ismeretlen minták vizsgálatakor. Keverék (vagyis kötőanyag és pigment) rétegek esetén a sávok átfedésbe kerülhetnek egymással, ez megnehezíti a kiértékelést. Mivel a festékrétegekben a töltőanyag-kötőanyag arány körülbelül 3:1, a szervetlen anyag rezgések dominálnak a spektrumokon. A

műtárgyakból vett minták esetében átlagosan 1-2 sávból lehetséges a kötőanyag típusára következtetni (**5. táblázat**). A Sárkányölő Szent György ikonból vett minta spektrumán a szerves anyagra csupán a metilén sávok (2922, 2852 cm^{-1}) és 1731 cm^{-1} -nél egy karbonil abszorpció (olaj?) utalnak, a többi rezgés a töltőanyagokhoz (ólomfehér? és gipsz?), illetve a beágyazó epoxi gyantához köthető. Az Istenszülő ikon mintájának spektrumán a szerves összetevők sávjai mellett a rétegben ólomfehérre (1413, 1045, 681 cm^{-1}) és szilikátra (1070, 775, 615 cm^{-1}) utaló sávok is láthatóak, de a pontos szerves anyag összetétel meghatározásához egyéb (SEM-EDS) vizsgálat lenne szükséges.

Bizonyos szerves anyagoknak azonban nincsenek sávjaik az infravörös spektrum azon régiójában, ahol a kötőanyagoknak. Ilyen a titánfehér pigment is, amit a standard mintáim egyik csoportjánál használtam a festékretegekben. Ezért a titánfehérral készült rétegekről felvett spektrumokon jól azonosíthatóak voltak a kötőanyag sávok. A másik standardokhoz alkalmazott pigmentnek, az ólomfehérnek viszont erőteljes rezgései vannak a közép infravörösben, amelyek átfednek a kötőanyag abszorpciókkal. Ezeket a spektrumokon ezért nagyon bizonytalaná vált a kötőanyag meghatározás. Ezért mielőtt FTIR vizsgálatokra kerítenénk sort a kötőanyag vizsgálata céljából, célszerű tisztáznunk, hogy milyen töltőanyag és pigment található a mintánkban. Lehetőség szerint azokat a pigmenteket válasszuk a vizsgálathoz, amelyeknek nincsenek karakterisztikus sávjaik a közép infravörösben. Ilyen pigmentek például a cink fehér, a kobalt kék vagy a masszikot. A festészeti anyagok alaposabb vizsgálata és csoportosítása az átfedések tekintetében további kutatásokra érdemes terület.

A műgyantába ágyazott keresztmetszetek mérésével kapcsolatban szintén merültek fel problémák. Az általánosan beágyazáshoz használt epoxi gyanta sávjai ugyanis átfedhetnek a pigment és kötőanyag abszorpciókkal, ami megnehezíti a kiértékelést.

Eredmények

Tapasztalataim és az adatok alapján a fehérje és olaj típusú kötőanyagok kimutatására szolgáló fluoreszcens színezéses technikák önmagukban nem alkalmazhatóak biztonsággal a szerves anyagok meghatározására, csupán kezdeti, tájékoztató lépésként használhatóak. A standardoknál a fehérje reagensek közül a FLUR és a TRITC adták a legjobb eredményeket, de ez is csupán 50% körüli pontosságot jelentett. A kontroll mintáknál a RHOD B és DCF olaj reagensek valamint a LISSA fehérje színezék esetében sokkal magasabb volt a hibás reakciók aránya (87,5%-90%-100%). Az irodalomban ajánlott

módosításokat követve is csupán egy reagensnél (DCF) javult az igaz-hamis eredmények aránya a standardok esetében. A műtárgyakból vett, ismeretlen összetételű mintáknál az olaj reagensek (DCF és RHOD B) mutattak nagyobb egyezést (76-66%) a műszeres eredményekkel, viszont itt a fehérje reagensek az elvárttal ellentétben csak 50% körüli pontossággal működtek (56-50%). Az összességében 50% körüli pontosság az eredmények tekintetében azt jelenti, hogy bizonyos esetekben a műtárgy korából, megjelenéséből adódó feltételezésünk megbízhatóbb lehet, mint a színezéses tesztek eredménye. Kizárólag egy esetleges hamis pozitív vagy negatív eredményre hagyatkozva ugyanis helytelen következtetéseket vonhatunk le. Ezért a fluoreszcens metszetszínezéses tesztek ezen típusai legfeljebb kezdő, tájékoztató lépésként használhatóak egy vizsgálati sorban, amelyeket további tesztek kell, hogy kövessenek a kötőanyag meghatározására.

Az FTIR mérések sokkal pontosabb adatokkal szolgáltak a kötőanyagra vonatkozóan, de ezeket nagymértékben befolyásolta a rétegek szerves összetevőinek típusa. Ezért a pigmentek és töltőanyagok előzetes elemzése más módszerekkel (optikai mikroszkóp, elemanalitika) javasoltak a mérések előtt. A spektrumok alapján átlagosan 1-2 sáv utal a rétegek kötőanyagára, ezért mindenképpen más típusú vizsgálatok is szükségesek a biztos kijelentésekhez. A standardoknál nagyobb biztonsággal következtettünk a kötőanyagra, ha a rétegben található olyan szerves összetevő, ami nem aktív a közép infravörösben. A keresztmetszetként vizsgált minták spektrumain a beágyazó műgyanta sávjai sok esetben megjelentek, de a kötőanyag sávok ezek mellett is láthatóak voltak. A túl vékony rétegek (~10 μm) átfedései és a műszer adottságaiból eredő korlátok (az ATR kristály felületének mérete) problémát jelentettek. A mérések adatai összhangban voltak a feltételezett kötőanyagokkal az ismeretlen összetételű minták esetében.

Az FTIR vizsgálatokkal keverék rétegek esetén csak kémiai anyagtípusokat – pl. fehérjéket az olajoktól – tudunk elkülöníteni, ezeken belül kizárólag ezzel az eljárással nem lehetséges különbséget tenni bizonyos anyagok között (pl. enyv elkülönítése a kazeintől).

Összességében elmondható, hogy az FTIR mérésekkel a technika korlátai ellenére is megbízhatóbb válaszokat kapunk, de ezek szintén nem tekinthetőek 100%-os pontosságú, végleges megállapításoknak, csak a pontos kiértékelésük leírásával együtt, a festett rétegek összes komponensének adataival összevetve használhatóak.

Mestermunka

Mestermunkámban egy töltő- és kötőanyagok vizsgálatára is kiterjedő teszt sort mutatok be két eltérő korú és technikájú műtárgyból származó mintákon. A tesztek és mérések kivitelezésére a Pardubicei Egyetem Restaurátor Tanszékén valamint a prágai Technikai Múzeum laborjában került sor. Mindkét műtárgy a Szépművészeti Múzeum tulajdonában van, az egyik az Egyiptomi Gyűjteménybe tartozó római kori szarkofág, a másik Altobello Melone Krisztus színeváltozása című festménye az 1500-as évek elejéről.

Öt kötőanyagra specifikus cseppentéses teszt

A cseh kollégáknak köszönhetően megismerhettem ötféle, kötőanyag típusra specifikus cseppentéses (spot) tesztet. Ezek alternatívát jelentenek a metszetszínezéssel szemben. Kivitelezésük nem túl bonyolult és nem járnak túl nagy költséggel, de szakmai felkészültséget és megfelelő laborkörülményeket kívánnak meg. A dolgozatban a tesztek részletesen, lépésenként bemutatásra kerülnek. A reakciókat elsőként standardokon végeztem el, majd a két műtárgy mintáin, már a vizsgálatok részeként is. A teszteket, és a pozitív eredmény esetén tapasztalható elváltozásokat (pl. hab, színreakció) a **6. táblázat** foglalja össze röviden.

6. táblázat: a mestermunkában alkalmazott ötféle kötőanyag specifikus cseppentéses teszt

Table 6.: five spot tests specific for different binding materials from the masterwork

ÖTFÉLE KÖTŐANYAG SPECIFIKUS CSEPPENTÉSES (SPOT) TESZT				
FEHÉR-JÉK	SZÁR- DÓ OLAJOK	NÖVÉNYI GUMIK	TERMÉ- SZETES GYANTÁK	KEMÉ- NYÍTÓ VAGY DEXTRÓZ
Schiff (vagy PAS) reakció	Szappan képzés (hab teszt)	Bial's teszt	Storch/Morawski reakció	Kálium-jodidos teszt
Csoport specifikus reakció pirrol származékokra	Csoport specifikus reakció zsírsavakra vagy észterekre	Csoport specifikus reakció pentózra	Csoport specifikus reakció	Csoport specifikus reakció keményítőre vagy dextrózra
lilas elszíneződés	stabil hab	zöld elszíneződés	egyenletes barnás-vörös elszíneződés	kékes (keményítő) vagy barnás (dextróz) elszíneződés

A vizsgálatok anyagai és technikái

A mestermunkámban egy olyan vizsgálatot szerettem volna összeállítani, amely az anyagokat különböző tulajdonságaik alapján elemzi, és a segítségükkel kapott információk kiegészítik egymást. A vizsgálatok lépéseit a **7. táblázat**

foglalja össze. Az alapot jelentő optikai mikroszkópos vizsgálatokkal kapott eredményeket a műszeres mérések pontosították.

7. táblázat: a mestermunkában az anyagvizsgálatokra ajánlott vizsgálatok lépései

Table 7.: steps of the protocol recommended to the material examinations from the masterwork

A VIZSGÁLATOK LÉPÉSEI	
I. Optikai mikroszkópos vizsgálatok	rétegrend és szemcsekarakter
II. Mikrokémiai tesztek a szervetlen összetevőkre	vas- réz- és ólomtartalom meghatározás
III. Cseppentéses (spot) tesztek a szerves összetevőkre	kémiai reakciókon alapuló kötőanyag vizsgálatok
IV. SEM-EDS (energiadiszperzív röntgen analizátorral kiegészített pásztázó elektronmikroszkópos technika)	elemanalitika
V. FTIR (Fourier Transzformációs Infravörös spektroszkópia)	műszeres kötő- és töltőanyag vizsgálat

Néhány példán keresztül szeretném illusztrálni, hogy az egyes technikák hogyan épülnek egymásra. A **8. táblázat**ban ezekből az esetekből láthatunk párat. A szarkofág fémbevonatának vizsgálata szemlélteti, hogy hogyan egészíti ki a fény-mikroszkópos vizsgálatokat a műszeres (SEM-EDS) mérés. A rétegrend meghatározását követően a fémfólia megjelenése és a kén-hidrogén mikrokémiai teszt alapján feltételeztük, hogy aranyozásról van szó (A kén-hidrogén tesztre az arany nem reagál, a réz és ezüst tartalmú fóliák elsötétednek). Az elemanalitika alkalmazásával viszont pontosan meghatározhattuk az ötvözetben szereplő anyagok arányait (90% arany, 10% ezüst) is.

Az FTIR mérések alátámasztották a cseppentéses kötőanyagtesztekkel kapott eredményeket. A szarkofág esetében a kálium-jodidos teszt a keményítő vagy dextrin kimutatására pozitívnak bizonyult, a festékréteg spektruma alapján a szakemberek az utóbbit feltételezik kötőanyagként. A másik műtárgy esetében, a táblakép festett rétegeiben a spot tesztekkel száradó olajat, és néhány esetben kis mennyiségű fehérjét is valószínűsítettünk. Az FTIR spektrumok ezeket az eredményeket is megerősítették.

Nagyon szemléletes példa arra, hogy a különböző technikák hogyan egészítik ki egymást, a szarkofág kék festékrétege. A pigment szemcsekaraktere és mikroszkópos jellemzői alapján egyértelműen egyiptomi kék.

8. táblázat: példák a mestermunkában alkalmazott, egymásra épülő technikákra
Table 8.: examples for the supplementary techniques from the masterwork

<p>Római kori szarkofág, 12. minta, fémfólia: ötvözet, anyaga körülbelül 90% arany, és 10% ezüst</p>		
<p>Római kori szarkofág, a szarkofág festékrétege tartalmazhat keményítőt vagy dextringet</p>		
<p>Római kori szarkofág, 3. minta, kék festékréteg – egyiptomi kék pigment, dextrin (?) kötőanyag</p>		

Az elemanalitika megerősítette ezt a feltételezést, a réz mellett szilícium és kalcium található a szemcsékben. Ha viszont kizárólag a réteg FTIR spektruma alapján vizsgáltuk volna meg a pigmentet, akár ultramarinra is gyanakodhattunk volna: a két anyag karakterisztikus sávjai ugyanis szinte ugyanott találhatóak. Ezért lényeges, hogy ugyanarról az anyagról különböző típusú mérések és vizsgálatok készüljenek: az eredmények

összegezésével elkerülhetőek a hasonló félreértelmezések.

Összegzés

A két műtárgyon végigvitt vizsgálatok jól illusztrálta, hogy minél több típusú tesztet végzünk el, annál pontosabb képet kapunk az alkalmazott anyagokról. Az egyes technikák jól kiegészítették egymást, így elkerülhetőek voltak a félreértelmezések. Összefoglalva a tapasztalatokat,

a cseppanalitikai (spot) tesztek jó alternatívát jelenthetnek a kötőanyagra vonatkozó gyors, költséghatékony vizsgálatok között. Segítségükkel a dolgozatban tárgyalt két esetben elég pontos eredményeket kaptunk, amelyeket műszeres vizsgálat is megerősített.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet szeretném kifejezni mindazoknak, akik valamilyen formában segítségemre voltak a disszertáció és a mestermunka elkészítésében: témavezetőmnek, Galambos Évának, Kriston Lászlónak, az MTA CSFK Geokémiai Kutatóintézet munkatársainak: Bajnóczi Bernadettnek, Judik Katalinnak, Kesjár Dórának és Tóth Máriának. Karol Bayer-nak, a Pardubice Egyetem (Univerzita Pardubice) Restaurátor Tanszékének laborjában dolgozóknak, a prágai Technikai Múzeum laborjában dolgozó Ivana Kopeckának és Eva Svobodovának. Sándorné Kovács Juditnak és minden kollégámnak, egyetemi oktatónak és hallgatónak, akik segítettek a munkámat.

Felhasznált irodalom

ARSLANOGLU, J., SCHULTZ, J., TAVZES, C., PETERSEN, K. (2009): Immunological Techniques: A Different Approach for the Analysis of Proteins in Cultural Heritage. *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung* **23/1** 129–139.

BALLA, J. (2016): *Tömegspektrometria (Vázlat)*, Budapesti Műszaki Egyetem, Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék, (egyetemi jegyzet) 2–3.

BAYER, K., BAYEROVÁ, T. (2018): *Basics of binding media and pigment identification*, Fakulta restaurování Univerzity, Pardubice (egyetemi jegyzet) 54–68.

KASTEN, F. H. (1999): *Fluorescent and Luminescent Probes for Biological Activity*, Academic Press, Cambridge, 19–38.

MINK, J. (2016): *Az infravörös és a Raman spektroszkópia alapjai (Vázlat)*, Pannon Egyetem, Analitikai Kémia Tanszék, (egyetemi jegyzet), 2–36, <https://www.muszeroldal.hu/measurenotes/mink.pdf>

PINNA, D., GALEOTTI, M., MAZZEO R. (2010): *Scientific Examination for the Investigation of Paintings: A Handbook for Conservators-restorers*, Centro Di, Opificio & University Bologna, 168–172.

RAMÍREZ-BARAT, B., De la VINA, S. (2001): Characterization of Proteins in Paint Media by Immunofluorescence. A Note on Methodological Aspects, *Studies in Conservation*, **46/4** 282–288.

SCHAEFER, S. (1997): Fluorescent staining techniques for the characterization of binding media within paint-cross sections and digital image processing for the quantification of staining results, Early Italian Paintings Techniques and Analysis, Symposium, Maastricht, 9-10 October, 1996, Limburg Conservation Institute. Limburg Conservation Institute, 57–64.

WOLBERS, R. (2000): *Cleaning painted surfaces (Aqueous methods)*, Archetype Publications, London, 167–183.

PERMANENT MARKS LEFT BY WORK AND THE WAY OF LIFE ON HORSES' METATARSUS BONES - DETERMINING THE USE OF HORSES IN ARCHAEOLOGY USING AN OSTEOMETRIC METHOD*

A MUNKAVÉGZÉS ÉS AZ ÉLETMÓD MARADANDÓ NYOMA LOVAK LÁBKÖZÉPCSONTJÁN - RÉGÉSZETI KORÚ LOVAK HASZNÁLATI MÓDJÁNAK MEGHATÁROZÁSA OSTEOMETRIAI MÓDSZERREL

BOZI, Róbert¹ & SZABÓ, Géza²

¹Ars Med Vet Clinic, H-6200 Kiskőrös Jókai street 5.

²Wosinsky Mór Museum, H-7100 Szekszárd, Szent István square, 26.

E-mail: boziaodr@gmail.com

Abstract

In archaeology material finds related to horses are always given special attention. In spite of this, the examination of the manner in which horses were used, in most of the cases, is limited to the evaluation of observations made at the excavations, the attachments, and maybe the abrasion marks visible on the bones. Up to now we could use only the harnesses found near the skeletons, or possibly the remains of carts to develop an idea about how and for what purpose people could have used this animal in specific cases that was especially important for people for feeding and working and from the economic and social aspect. In lack of attachments, however, we could hardly say anything about the horse skeletons we found, apart from the general data (sizes, age, etc.). Despite the fact that the structural differences have been detected earlier in the bones of horses carrying out different work, research that is explicitly targeted at this topic has not been conducted up to now. In examining two archaeological finds, we were compelled to answer the question raised: is it possible to determine the type of work the horses carried out based on the bones found in excavations? The key to the comparative analyses was the examination of the structure of the metatarsus by a practicing veterinarian of 64 horses of different life history -from prehistoric wild horse species representing the natural state, and domesticated specimen not performing work, mounts and draught horses - by using the method he developed. He found consistent differences between the structure of the metatarsus of individual members of the groups with differing life history. Based on the metatarsus structure we are able to tell with a high level of certainty (80-85%) the manner in which the specific horse worked, its leg position type, its age group, or pregnancy. He managed to work out such an osteometric basic method, filling a gap on the international level that is suitable to establish- independently from attachments - the way horses of archaeological age were used. In addition to archaeological finds, the new method can be used to examine horses, to solve potentially arising judicial issues, to explore the manner of use, to analyse environmental impacts and to observe the dynamics of the population.

In the archaeological examples presented the test results of samples analysed by using the described osteometric basic method in both cases significantly contributed to the clarification of the archaeological-historic connections. The case of the horse of Dombóvár is especially enlightening, which, based on the traditional evaluation of archaeological observations, thought so far to be a pet buried with its master. The measurable results of the osteometric tests, however, called attention to the appearance of the habits of a foreign population in the late Roman period, putting the observations of earlier excavations into a new historic context. Also, in the case of the Csontos-szurdik we managed to determine the age and nature of the site even without an archaeological excavation. These two cases well reflect that the osteometric basic method demonstrated for the examination of the metatarsus of horses may be an important and useful supplement in archaeological research. The recent results clearly indicate that it would be worthwhile and efficient to repeat the examination and evaluation of such old and well-known finds as, for instance, the horses of the Kurgans of Arzhan and Pazyryk, or the horses in our tombs from the time of the conquest of our homeland.

* How to cite this paper: BOZI, R. & SZABÓ, G., (2020): Permanent marks left by work and the way of life on horses' metatarsus bones - determining the use of horses in archaeology using an osteometric method, *Archeometriai Műhely* **XVII/1** 67–86.

Kivonat

A régészeti anyagban a lovakkal kapcsolatos leleteket mindig megkülönböztetett figyelem kíséri. Ennek ellenére a lovak használati módjának vizsgálata legtöbb esetben kimerül az ásatási megfigyelések, a mellékletek, esetleg a csontokon látható kopásnyomok értékelésében. Csak a csontvázak környezetében talált lószerszámok, esetleg kocsi maradványai alapján alkothattunk eddig képet arról, mire és hogyan is használhatták ezt az ember számára a táplálkozás, munkavégzés, gazdasági és társadalmi szempontból is különösen fontos állatot a konkrét esetben. Mellékletek híján pedig az általános adatokon túl (méretek, életkor, stb.) végképp alig tudunk valamit mondani az előkerülő ló csontvázokról. Annak ellenére, hogy a különböző munkát végző lovaknál már korábban észlelték a csont szerkezeti különbségeit, kifejezetten ilyen irányú kutatások eddig nem folytak. Két régészeti lelet vizsgálata során kényszerítő módon merült fel a kérdés: vajon a feltárások során előkerült csontok alapján meg lehet-e határozni a lovak munkavégzésének jellegét? Az összehasonlító vizsgálatok megoldó kulcsát az adta, hogy a gyakorló állatorvos 64 különböző élettörténetű, a természetes fajtól, valamint házasított munkát nem végzett-, háts- és fogat lótól származó lábközépcsont szerkezetét vizsgálta meg az általa kidolgozott módszerrel. Következésképpen meglévő különbséget talált a más-más élettörténetű csoportok egyedeitől származó lábközépcsontok szerkezete között. A metatarsus szerkezete alapján nagy biztonsággal (80-85%) képesek vagyunk megmondani az egyed munkavégzésének módját, lábállásának típusát, korcsoportját, a vemheséget. Sikerült egy olyan, nemzetközi szinten is hiányzó oszteometriai alpmódszert kidolgozni, amely alkalmas a régészeti korú lovak használati módjának meghatározására a mellékletektől függetlenül. Az új módszer a régészeti leleteken túlmenően alkalmazható lovak vizsgálatára, az esetlegesen felmerülő igazságügyi kérdések megoldására, a használati mód feltárására, a környezeti hatások elemzésére, populáció dinamikai megfigyelésekre is.

A bemutatott régészeti példákban az ismertetett oszteometriai alpmódszerrel elemzett minták vizsgálati eredményei mindkét esetben jelentősen hozzájárultak a régészeti-történeti összefüggések pontosításához. Különösen tanulságos a dombóvári ló esete, amely a régészeti megfigyelések hagyományos értékelése alapján eddig a gazdájával eltemetett házi kedvencnek tűnt. Az oszteometriai vizsgálatok mérhető eredményei azonban a korábbi ásatási megfigyeléseket is új, történeti összefüggésbe helyezve egy idegen népesség szokásrendszere késő római kori megjelenésére hívták fel a figyelmet. A Csontos-szurdik esetében pedig a régészeti feltárás hiánya mellett is sikerült meghatározni a lelőhely korát és jellegét is. Ez a két eset is jól mutatja, hogy a lovak lábközépcsontja vizsgálatára bemutatott oszteometriai alpmódszer fontos és hasznos kiegészítője lehet a régészeti kutatásoknak. A mostani eredmények egyértelműen jelzik, hogy érdemes és eredményes lenne olyan régi ismert leleteket is újra vizsgálni és értékelni, mint például az arzsani, paziriki kurgánok, vagy a mi honfoglalás kori sírjaink lovai.

KEYWORDS: HORSE, WAY OF LIFE, WORK, METATARSUS, OSTEOLOGICS, METHODOLOGY, ARCHEOZOLOGY

KULCSSZAVAK: LÓ, ÉLETMÓD, MUNKA VÉGZÉS, LÁBKÖZÉPCSONT, OSZTEOMETRIA, MÓDSZERTAN, ARCHEOZOOLOGIA

In recent years on several occasions we excavated such horse skeletons that in some respects differed from the general archaeological phenomena of the specific age. In the excavation preceding the building of the Tesco supermarket in Dombóvár, somewhat further away from the cemetery section from the Roman period, there were two distinct burials, also differing in their orientation. In grave DTQ83, the skeleton of a horse and a dog were lying (**Fig. 1.**), it was just obvious to relate it to the similarly oriented late Roman brick tomb located nearby, at a distance of 2.5 m (DTQ84, **Fig. 2.**) and to date it to the same period based on the finds in the tomb (Boruzs 2007, 87-89; Boruzs & Szabó 2018, 206). Based on the archaeological observations and archaeozoological examinations it was most likely the resting place of a warrior or hunter with his riding horse buried close to him saddled and harnessed and his dog lain at the hind legs of the horse (Boruzs 2013; Daróczi-Szabó &

Bartosiewicz 2018). In Mágocs, lying on the opposite side of the river Kapos, burials were observed - similar to some unusual but not unique in the Roman period - where the skeleton of a horse was excavated also near the brick tomb from the late Roman period placed in the same direction. In the graveyard in Mágocs no such phenomenon could be observed that would have suggested a reason why the horse was buried, but looking at the belt buckle found in one of the graves of a woman research contemplated the appearance of a custom definitely pointing to a newly arrived ethnic group (Gábor 1998, 113., 116).

At the northern boundary of Szekszárd, in the side of the Csontos-szurdik, a baffling quantity of anatomically connected remains of horses thrown over one another in a length of almost twenty metres can be seen, among them one or two human bones and those of smaller animals (**Fig. 3.**).



Fig. 1.: DTQ83. horse tomb found in late Roman-period site at Dombóvár-Tesco
1. ábra: Dombóvár-Tesco késő római kori lelőhelyen feltárt DTQ83. ló sír



Fig. 2.: DTQ84. brick tomb in the direct proximity of the buried horse
2. ábra: DTQ84. téglasír az eltemetett ló közvetlen közelében



Fig. 3.: Bone deposit located in the embankment of Csontos-szurdik, Szekszárd

3. ábra: Szekszárd, a Csontos-szurdik partoldalában húzódó csontréteg

It was difficult to establish the age and function of the bone layer as we did not know an archaeological find from the location that could date those and we were not familiar with a similar phenomenon in other parts of the Carpathian basin either (Bozi & Szabó 2017). According to local folk traditions, the embankment commemorates a battle from the Ottoman period, while others think that the place was used as a carcass pit during the great horse sickness epizootiology in the 18th century (Kovács 1922, 2). The human bones contradicted the concepts regarding the modern-age carcass pit, while the lack of archaeological finds and the bones of smaller animals were contrary to the ideas about a mass grave of a battle fought in the Middle Ages. In spite of having been a known location threatened by development, it was not included even among the registered archaeological sites at the time of our examinations in 2017 (Szabó 2017, 1579). To answer the fundamental question, i.e. its age, in the framework of scientific cooperation, Isotoptech Zrt. in its Debrecen laboratory performed the radiocarbon dating of the bone samples from the Csontos-szurdik. According to the results of the AMS ^{14}C tests, the bone layer in the embankment is 1353 ± 24 (BP, $\pm 1\sigma$) old, which means that it is to be clearly regarded as an archaeological site. Based on the calibrated data it can be stated with 93.9% probability that the animals could have been buried between 641–690, i.e. mostly at the start of the second phase of the Avar period (Ramsey 2019, OxCal4.3) (Fig. 4).

At the above-mentioned location in Dombóvár indirect data suggested the manner in which the buried horse was used, but the archaeological observations of the horse excavated in the burial place of the nearby Mágocs under similar circumstances, for instance, did not confirm these assumptions. Furthermore, at the Csontos-szurdik we had no clue whatsoever to determine how these horses were used and why they were buried.

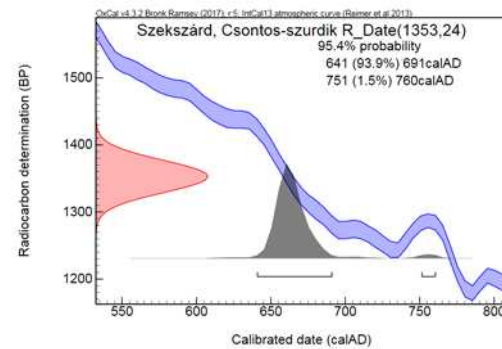


Fig. 4.: Calibrated AMS radiocarbon date of a bone sample from Csontos-szurdik, Szekszárd (Isotoptech Zrt., DeA-11508; Ramsey 2019, OxCal 4.3)

4. ábra: Szekszárd, Csontos-szurdikből származó csontminta kalibrált AMS radiokarbon adatai (Isotoptech Zrt., DeA-11508; Ramsey 2019, OxCal 4.3)

This called our attention that such a method would be necessary that could be used to gain basic information in an exact manner about the life story of the horses found in the archaeological sites – even in the lack of indirect data - or for the clarification and control of the existing finds. We wanted to use osteometric methods to find out how the riding horse buried in the tomb DTQ83 in Dombóvár was used and for what, and whether the horses buried at the Csontos-szurdik were killed in battle indeed.

Lasting marks of work and the way of life on horses' metatarsus

Almost always special attention is paid to the remains of horses among animal bones appearing in excavations in large quantities, and the need arises to find out as much as possible about the life history of the animals. We primarily have indirect evidence for that, partly objects turning up in relation with the partial or complete skeleton, for instance, the parts of the harness (bit, saddle, cart, stirrup, embossing on tools etc.), or external appearances apparent on the bones, including spondylosis, chronic inflammatory alterations in various joints of the limbs, arthritis and exostosis, osteophyta apparent on many bones. The bones, often turning up from waste pits, or found isolated among archaeological phenomena, hardly carry any indirect evidence.

The life history of an animal leaves a lasting impression on its solid frame. By life history we mean health-disease, everyday struggle for survival in natural or artificial environments, giving life to offspring(s), and permanent behaviour or patterns of movement, natural or deviations from that. The alterations visible on the bones are mainly the preserved traces of health-disease. The special

morphological characteristics evolving based on the metabolic mechanisms and biomechanic properties of the living organism have a causal relationship with the lifestyle, the constitution, the manner, intensity and duration of work, and in the case of females, with reproduction. These morphological characteristics may be identified through the observation of the structure of the bones.

The locomotion movement of horses starts from the hind limbs. The impulse necessary for movement is provided by the hind limbs (Higgins 2012). Almost a hundred years ago in 1928 Dr. Endre Gy. Guoth published a study under the title "Data for the bone structure and the change of shape of metatarsus in horses". This fundamental work called my attention to the connection between the work performed and the metatarsus, the morphology of the metatarsus. It is worthwhile to quote literally the author's finds, most important for our topic, which are still valid and serve as a starting point for us: "Although it is natural for certain parts of the compacta to be thicker or thinner, the bearing of weights and the work done doubtlessly influence its differentiation and the differences apparent in respect of the thickness of the compacta can be attributed to that.

The shape and structure of the metatarsus depend on the type, the use (trotting horse, galloping horse, jumping horse) and the leg position." (Guoth 1928).

The metatarsus is such a bone that is intensively exposed to static and dynamic forces. Owing to its size, shape and dense structure it survives for a long time under the most various circumstances after the animal dies and often turns up soundly in a large number of excavations. These facts justify the thorough analysis of the metatarsus, also filling a gap in the detailed, comparative osteometric analysis of the metatarsus bone structure of horses, omitted so far.

Selection and grouping of samples

The sample is a set of metatarsuses originating from wild horses of Pleistocene geological age accidentally found in gravel quarries and from domesticated horses with a life history described by data providers. All the pieces have been collected by us. Each piece examined has been allocated a specimen ID number and the known data of life history were recorded for modern specimens. Based on life history, the metatarsuses were arranged into groups:

- specimens living in a natural way (fossil wild horses)
- domesticated horse not used for work
- mounts
- draught horses

- used as both mounts and draught horses

In the case of fossil bones the life history data, important for the analysis, were compiled indirectly, just following logic. It is a basic assumption that the individuals of wild horse species lived in a natural way in natural environment. In the case of these samples the following information allows creating amore detailed picture:

- 1.) the site
- 2.) the geological age of the find
- 3.) the preservation status of the find
- 4.) the residue accumulated in the medullar cavity indicates the closer environment of deposition, suitable for the collection of additional data
- 5.) reconstruction of the wider environment, habitat of that time
- 6.) distribution of specimens per geological age
- 7.) behavioural pattern and group dynamics based on the observation of populations living in the wild today (actualism)
- 8.) recording the external bone measurements

Site: The bulk of the bones appeared from the gravel quarries in Kiskunlacháza and Majosháza. A smaller part comes from the dredging of the Dunaföldvár section of the Danube river bed.

The geological age of finds: The bones found in Kiskunlacháza and Majosháza are of the Pleistocene age. The ones coming from the Danube could be of late Pleistocene or early Holocene age.

The preservation status of the finds: The finds are not abraded, mostly intact. It is quite likely that they got buried in the habitat of the specimen, on site. The possibility of remote redeposition is low, only the transport of the cadaver or the limb from a remote place could be an option. Based on the external sizes of the bones it may be stated that the remains belong to the specimens of the same species.

Reconstruction of the wider environment and habitat of that time: In respect of the detailed reconstruction of the environment and living space that used to be more expansive, it would only be noted in advance that the Hátság was rich in feed and water. The topographic conditions could not represent any special strain for the horses. (Molnár 2015). At the same time, however, in a mountain or desert area finding feed causes a significantly bigger burden. It is intended to describe in detail the environmental reconstruction of the Hátság in that aspect as part of future research.

Behavioural pattern and group dynamics of horses based on the observation of wild populations of today: Horses living in the wild are arranged in harems on a territorial basis. The size of the territory of a herd is not related to the size of the herd itself, but the carrying capacity of the area. For instance, in New Forest (England) within the Atlantic climatic zone a herd lives in the area of 0.8-10.2 km², in boreal forest in 2.6-14.4 km², in arid regions in 3-78 km². In some areas horses survive in most of the year, while elsewhere they follow seasonal migrations. A harem is a closed herd consisting of mares, foals, and one or maybe two stallions. The stallion protects the harem, thus the mares have more time to feed and the foals have better chances to survive. The closely-knit herd functions properly only under favourable environmental conditions, i.e. sufficient quantity and quality of feed, and access to a watering place. If there is a scarce number of drinking places located at great distances a different type of herd is formed. It is not feasible for the members of the harem to stay together due to their different physiological needs. For non-lactating mares and foals over 3 months it is sufficient to drink every 3-5 days. Lactating mares and foals younger than 3 months need to drink every day. Lactating mares and their foals permanently stay close to the watering places, while the rest look for better feeding in remote areas. Both mare groups contain specimen with a foal bearing potential and in oestrus. The stallion remains at the place forming the basis of the territory, i.e. close to the water, for most of the year, with the young foal mares. The mare will have a foal bearing potential first on the 9th day after foaling, the stallion will mate with them. Here they also mate with those mares that visit the watering places less often and that are able to receive them. This type of harem is a lot looser and unstable than those living in a favourable environment. When male foals become sexually mature, they are "ostracized" by the herd, and to be integrated into a so-called bachelor group. Female foals remain in the family (Duncan & Vigne 1979).

Horses are living in the wildlife in a 24-hour rhythm. While feeding and looking for a watering place they may as well cover distances of several 10 kms. They feed in 5-7 longer grazing periods per day, including overnight, and they spend approximately 16 hours a day grazing. Their diet is diverse. They like different types of grass, but they also chew on bushes and trees, eat water plants. During the vegetation period they choose open meadows of the best possible quality. They also get along under unfavourable circumstances, with scarce food and little water. In the winter the daily grazing period is shorter than in the summer, and in the summer overnight grazing is general, while it hardly ever occurs in the winter. Mares spend more

time grazing than stallions. The selection of food is typical for all groups. The herd grazing several kilometres from the watering place generally visits the water and drinks once a day. The horses living close to the watering place drink several times a day. If the source of water is limited, the dominant animals drink first. The herd would leave the watering place after all the specimens have already drunk. Under extreme circumstances they can go without drinking for 3-5 days. They sleep in poliphases, in several parts. According to observations, they spend approx. 40% of the 24-hour cycle with resting, mostly at night. They stand 2/3 of the resting period, and in 1/3 they lie down. In cold weather the time spent with lying is shorter. The mares in their reproduction phase (pregnant, lactating) rest more while standing than the stallions and the "sterile" mares (Duncan & Vigne 1979).

The mortality rate is the highest at the early phase of life and in old age. Specimens who reach the age of one year have good chances to survive until their adult age and from the age of 10 years mortality is skyrocketing. The expected life span is longer in the case of stallions than in the case of mares due to the risks of pregnancy, foaling and foal rearing. In smaller families the number of foals is disproportionately low, and the survival rate of juvenile specimens is also low. In the Assateague Island in the population of wild ponies during an observation period of 8 years, the reproduction rate and the survival rate of foals were as follows. The foaling rate was 57.1%, and 88.3% ± 3.6% of the foals survived until their first year. 53% of the foals were mares. Mares younger than 3 years did not foal. 23% of the 3-year-old mares, 46% of the 4-year-old mares, 53% of the 5-year-old mares, and 69% of the 6-year-old mares foaled. 18-25% of the generation growing up fell prey to predators (Keiper & Houpt 1984). Based on the observations, 57 foals fall on theoretical 100 mares, from which approximately 50 new-born will stay alive, appr. 12 foals become the prey of predators, 38 live long enough to be 1 year old, and the distribution of their gender is 20 mares, 18 stallions (Mills et al. 2005).

The ancient wild horses whose remains we examined lived in a natural way, under natural circumstances according to a behavioural pattern and population dynamics typical to the species, in flood plains along rivers, in the environment of smaller oxbow lakes, alluvial fan, narrower valleys, open grassy areas, and mixed deciduous and coniferous alluvial forests. There were no considerable differences in altitude in their habitat, feed and drinking water could be available in sufficient quantity, which was affected by the change of seasons.

Distribution of specimens per age: One bone find originates from a juvenile animal, two from subadult, two from young adult, and the remaining 40 samples from different adult specimens of unidentifiable age.

Data of the life history of recent horses: In the case of domestic horses the following life history data have been published. We defined their age based on their teeth as well. The course of life of several of them was personally known because of the treatments.

- 1.) age
- 2.) sex
- 3.) breed
- 4.) manner of use
- 5.) rearing method
- 6.) the health status of the limbs
- 7.) place of rearing
- 8.) number of foalings in females

The analysis method

Intact phase: The external size of the bone is recorded by using the method common in archeozoology (measurement unit mm, the measuring instrument is calliper (von den Driesch 1976: 92–93):

Values measured:

- 1.) largest length: GL (by von den Driesch 1976)
- 2.) proximal epiphysis width: Bp (by von den Driesch 1976)
- 3.) proximal epiphysis depth: Dp (by von den Driesch 1976)
- 4.) the circumference of the diaphysis at the heights of the foramen nutricium: Dc
- 5.) diaphysis width at the heights of the foramen nutricium: Diw
- 6.) diaphysis depth at the heights of the foramen nutricium: Did
- 7.) distalepiphysis width: Bd (by von den Driesch 1976)
- 8.) distal epiphysis depth: Dd (by von den Driesch 1976)

Values calculated:

- 1.) slenderness index:
(Diw/GL)*100

- 2.) newly introduced is the smallest width and depth ratio of the diaphysis, which is the geometric index:

$$G=Diw/Did$$

- 3.) wither height according to Vitt expressed in cm:

$$(GL*5.23)/10$$

Analysis of the X-ray image of metatarsus III for establishing bone structure: Creating a bidirectional X-ray image of the intact bone in the following orientations.

- Dorso-plantar view: the bone lies on the cassette on its plantar surface, leans on the crista articularis, the area of the distal epiphyses is horizontal (**Fig. 5.**).
- Latero-medial view: the metatarsus lies on the cassette on its medial side, the epicondylus lateralis radii is horizontal (**Fig. 6.**).
- Recording of the section in transverse sectional plane from the direction of the joint surface. (Part of the invasive phase, **Fig 7.**).
- With the values of 60 kV and 16 mAs the images were taken with the FUJIFILM VisioVIEW digital system.

In the evaluation, on the X-ray image we can view the width dimensions, alterations, radiodensity of the cortex, the existence or lack of the growth zones (information for establishing the age group), the spaciousness and trip of the medullar cavity, the positioning and the development of the bone spicules. The bone spicules in all cases are adjusted to the load conditions. In the parts exposed to bigger load there are more bone spicules and these are more densely positioned, they are positioned in the direction of the force. In the transverse sectional recording we can get information about the positioning of the change in the width of the compacta and sclerotisation is also apparent.

Invasive phase: preparation of the metatarsus for measurement.

- The structure of the metatarsus is most typically characterising the specimen in the zone of f.n. (*foramen nutricium*) height± 5 mm, the f.n. sets the place of the section (**Figs. 5-6.**).
- The section is prepared and refined in the heights of the f.n. in a perpendicular plane to the longitudinal axis of the bone.

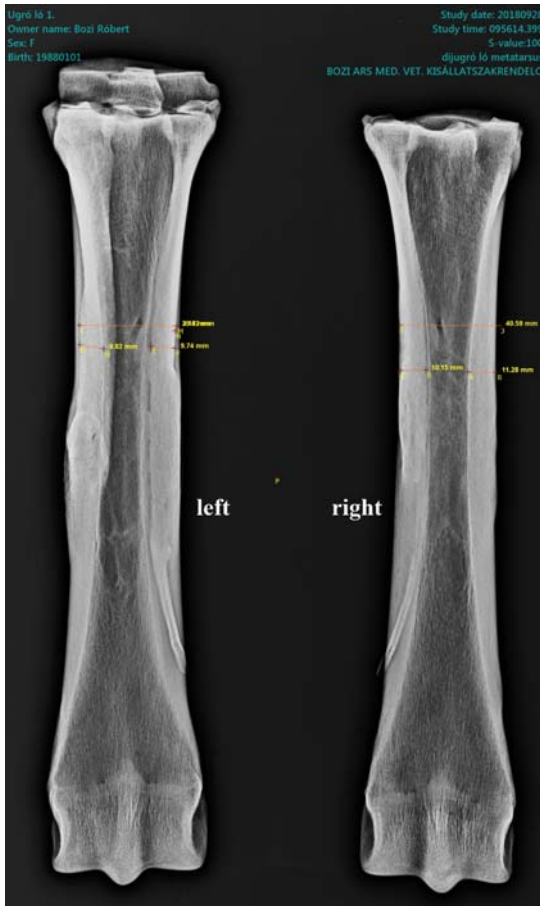


Fig. 5.: Dorso-plantar view

5. ábra: Dorso-plantaris nézet



Fig. 6.: Latero-medial view

6. ábra: Latero-mediális nézet

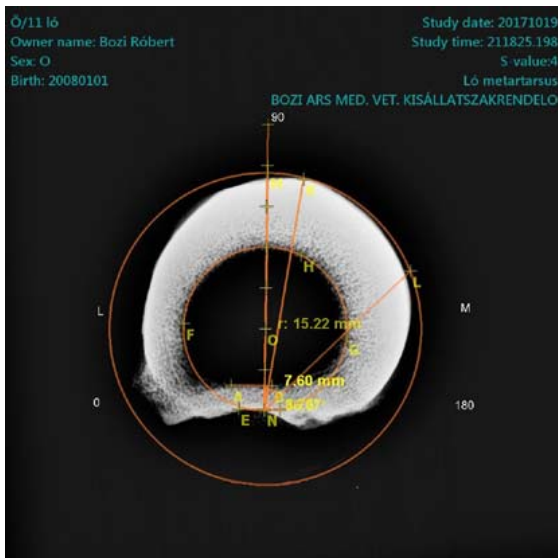


Fig. 7.: Transverse section (ő/11, 8 years old, castrated, used a carriage, r mt III)

7. ábra: Haránt metszet (ő/11., 8 éves herélt fogatló, j mt. III.)

- Determining the plantar plane. The plantar surface of the metatarsus shows proximal

variability from the *foramen nutricium*, therefore the plantar external border line of the section is quite variable, too. The diverse alignment makes it difficult to determine the plane of the rear panel. However, it is a requirement that the plane of the rear panel be determined in a standard and repeatable manner. The correct definition requires a simple aid. We had tools cut using a water jet from 2 mm stainless steel plates in the shape of large printed letter T, whose shorter leg is 40 mm long, 10 mm wide, and longer leg is 40-60 mm long and 15 mm wide. The size variants allow the selection of the properly corresponding aid and its adjusting to the bone, and we fixed it with plasticine. The aid must be placed in the area between the metatarsus II and IV that its long leg would cover the almost trapezoid area similar to fingertip imprint, but only that, and its short leg should be in the place of the surface of the section, be adjusted there without tilting, and this can be solved the best way with a proper-size device on a glass plate. (Fig. 8.).



Fig. 8.: Setting the plane of the rear panel

8. ábra: A hátfal síkjának kijelölése

- On fossil bones the polished surface often demonstrates the history of earlier bone development due to its "growth ring" structure of various shades of colour (**Fig. 9**).
- The section is painted with white tempera paint, and the edges are cleaned from the paint before digitalization (omitting to disbursement that may cause a measurement error), then we scan it. A surface painted white makes the measurement easier, the perimeters are well visible; the watercolour is easy to wash and would not stay (**Fig. 10**).

Steps of the measurement: The measurement of the width of the metatarsus bone cortex is executed on a transverse section at the height of the *foramen nutricium*, in a 0°-180° angular range in 5° curve resolution, on the image enlarged at least twice.

Determining the special points - 0°, 90°, 180°. The basic line is construed, which is parallel to the line bordering the transverse section of the plane of the rear panel from the outside, and the cortex adjusts to the closest point of the curve bordering it from the direction of the medullary cavity. It is necessary for setting the location of the reference points: 0°, 90°, and 180°. Laterally 0°, medially 180° are set on those points where it intersects the curve bordering the cortex from the outside. For setting 90° a triangle is constructed in the projection of the medullary cavity where its apexes are adjusted to the curve bordering the cortex from the direction of the projection of the medullar cavity, at remote points. The circum-circle is constructed. A perpendicular line is drawn from the basic line via the centre of the circle towards the dorsal. Where the half line intersects the perimeter of the cortex external, 90° is there.



Fig. 9.: Natural colour section (ö/17., fossil, Pleistocene period r mt III)

9. ábra: Természetes színű metszet (ö/17., fosszilis, pleisztocén j mt. III.)



Fig. 10.: Painted section (ö/17., fossil, Pleistocene period r mt III)

10. ábra: Festett metszet (ö/17., fosszilis, pleisztocén j mt. III.)

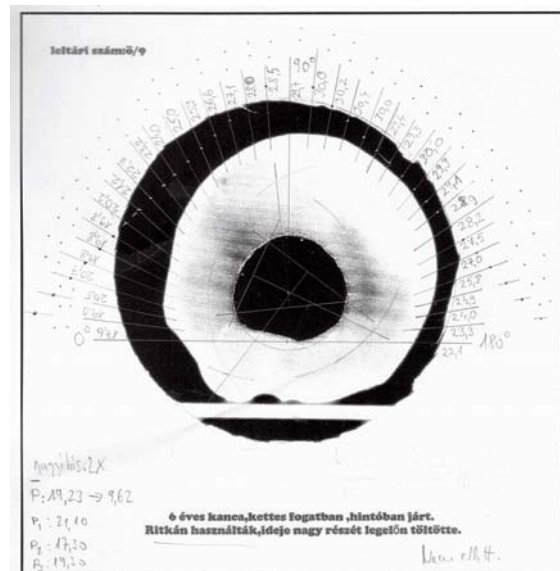


Fig. 11.: Data form the measured section (ö/9., 6 years old, driven in a carriage, in pair, r mt III)

11. ábra: Mért metszet (ö/9., 6 éves, kettes fogatban járt, j mt. III.)

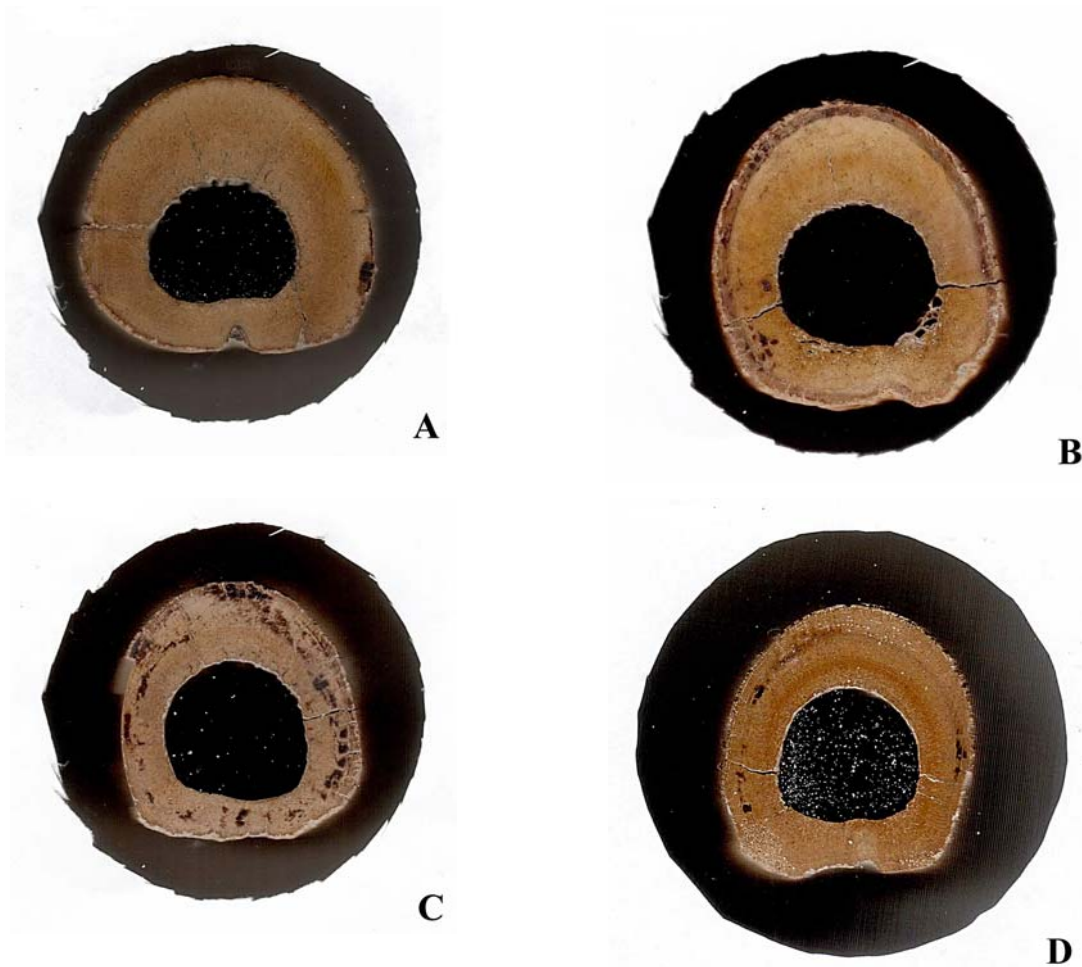


Fig. 12.: Metatarsus III sections from specimens of different age (A: mature, $\delta/20.$, fossil, Pleistocene period r mt III, B: young adult, $\delta/34.$, fossil, Pleistocene period I mt III, C: subadult, $\delta/31.$, fossil, Pleistocene period I mt III, D: juvenile, $\delta/22.$, fossil, Pleistocene period r mt III)

12. ábra: Különböző életkorú egyedektől származó mt. III. metszetek (A: maturus, $\delta/20.$, fosszilis, pleisztocén j mt. III., B: fiatal adultus, $\delta/34.$, fosszilis, pleisztocén b mt. III., C: szubadult, $\delta/31.$, fosszilis, pleisztocén b mt. III., D: juvenilis, $\delta/22.$, fosszilis, pleisztocén j mt. III.)

- *Measuring the width of lateral, dorsal, and medial cortex.* Knowing the location of the special points we intersect the projection of the transverse section of the cortex between 0-180° by half lines in every 5° angle, where the starting point of the half lines is the starting point of the half line setting the 90°. The intersection of the external bordering line of the cortex and the half lines is the centre of the osculating circle to the line bordering the

cortex from the inside at the given degree. The length of the radius of the circle thus constructed is the width of the cortex at the given angle. We measure the lateral, dorsal and medial cortex in the manner described above in every 5° angle. The data set thus received contains 37 elements, and the 37 measuring points represent the changes in the width of the bone cortex (**Fig. 11.**).



Fig. 13.: X-ray image of metatarsus III bones from specimens of different ages

13. ábra: A különböző életkorú egyedektől származó mt. III csontok röntgen képe

- *The maximum width and location of the bone cortex.* We determine the maximum of the cortex width: C_{max} and its location C_{maxloc} , marked \mathbf{X} . After the width maximum, if another increase replaces the tendency of decrease, the new maximum and its location must be determined also: C_{max_n} ; C_{maxloc_n} . If the cortex maximum width covers a bigger curve than 5° , I apply the geometric mean of the angular field for C_{maxloc_n}

$$GX: \sqrt[n]{X_1 \times X_2 \times X_n} .$$

- *The width of the plantar bone cortex.* The tarso-metatarsal joint is bent passively, pulling and torsional stress slightly impact the plantar-positioned metatarsus bone cortex matter, this

area is bridged by the tendon of the superficial and deep digital flexor muscle, and the short muscle of the third finger. Therefore, here the extent of the hypertrophy derived from environmental impacts is insignificant. The width of the plantar cortex is a good basis of comparison for determining the size of the load the specimen is exposed to. Due to the diversity of the plantar area the width of the cortex must be measured at several points. The arithmetic mean of the measured width values must be calculated:

$$\frac{P_1+P_2+P_n}{n}$$

The arithmetic mean of the cortex width of the plantar area \bar{P}_n shows a slight dispersion among the specimens.

- *Load intensity.* Experience shows that the bigger the load is, the bigger the width of the hypertrophied area is. The value of the $\frac{C_{max}}{\bar{P}_n}$ ratio increases by the extent of the load. The ratio of the maximum width of the cortex and the average width of the plantar cortex is the least exposed to load provides information about the extent of the specimen's environmental load. The extent of the load is influenced by the body mass.
- *Load durability.* The angle field of the 3% deviation of the largest width: $C_{max_{97-100\%loc}}$, marked: Y characterises the C_{max} area of the cortex exposed to hypertrophy deriving from environmental load. The extent of expansion refers to the relative duration of the environmental impact with some restrictions. The durability of the load within a specific tafocenosis may be sorted within groups created based on the extent of the load. The following formula is used for determining the relative duration of the load:

$$\left(\frac{C_{max}}{\bar{P}_n} \sin \gamma\right) \times 10$$

This formula takes into consideration the intensity of the load and the expansion of the hypertrophied area. Within groups of similar load intensity the calculated value will be higher in case of more durable load. This conclusion applies to adult specimens.

- *Load type.* The load type is characterised jointly by the location of the C_{maxloc} and the intensity of load $\frac{C_{max}}{\bar{P}_n}$.
- *Data characterising the life history.* The data set characterising the entire life history may be linked as follows in the language of mathematics:

$$\left(\frac{C_{max}}{\bar{P}_n} \times \frac{1}{\sin Y}\right) \times \cos X^2$$

The values thus received show massive deviation due to several variables independent from one another. The currently examined material is not suitable for determining the type of load, due to small sample size.

Evaluation of results

In interpreting the results, the following is to be taken into consideration:

- Rare occasional work does not leave a mark on the bone structure of the metatarsus III (see Inv. nr.: 5/10 rec. riding pony, Inv. nr.: 5/4 rec. draught horse).
- Among the irregular leg positions, the varus position and cow hocks modify the cortex structure and the greatest width of the cortex develops at a place different from regular.
- Pathologic phenomena must be distinguished from the physiological ones.

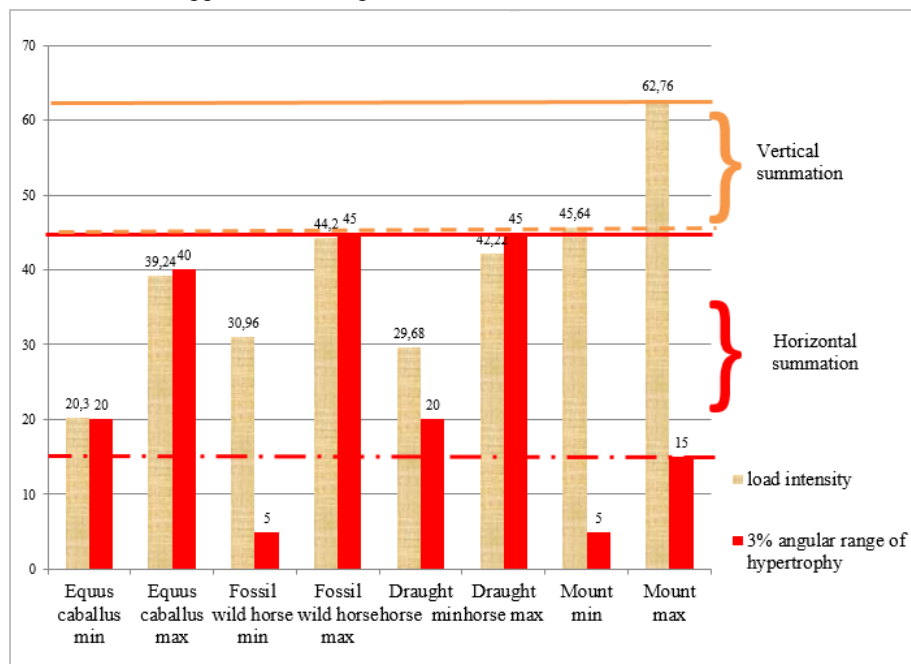


Fig. 14.:
Vertical and horizontal summation

14. ábra:
A vertikális és horizontális összegzés

- Juvenile and subadult specimens represent a separate category in the interpretation of the results. In our case, the pace of ontogenesis and ethological reasons modify the environmental impact. This is shown by the comparison of the bone structure of specimens in different age groups and living in similar exposure to the environment (**Figs. 12-13**).
- The hypertrophy permanent for life appears in old individuals not having worked for a longer period.
- The phenomenon of summation: the hypertrophy evolving in case of a natural lifestyle and deriving from work both develop on the bone. This has to be taken into consideration when interpreting the phenomena (**Fig. 14**).

Comparative evaluation of the life history groups.

The analysed parameters that can be evaluated may be classified into two groups:

- parameters with the same meaning attached to them in all of the groups: C_{max} , $\frac{C_{max}}{\bar{P}_n}$,

$$\left(\frac{C_{max}}{\bar{P}_n} \times \sin Y \right) \times 10$$

- group-specific parameters, jointly: C_{maxloc} , $\frac{C_{max}}{\bar{P}_n}$.

The biggest cortex width, load intensity and load durability may be evaluated the same way in all life history groups. The location of the maximum cortex width and the extent of the load together are key to the type of load.

The location of the largest cortex width per life history groups (Figs. 15-18):

- specimens having lived in a natural way (fossil wild horse) 86°-88°: 2 pcs.; 4.55%, 90°-110°: 37 pcs.; 84.1%, 112°-117°32': 5 pcs. 11.35%, total of 44 pcs. (**Fig. 15**)
- domestic horse which did not work 95°-107°28', total of 7 pcs. 100%. (**Fig. 16**)
- mounts 100°-110° 4 pcs. 80%; 115° 1 pcs. 20%; total of 5 pcs. (**Fig. 17**)
- draught horses 117°28' 1 pcs. 20%; 125°-127° 4 pcs. 80%; total of 5 pcs. (**Fig. 18**)

- used as both mounts and draught horses

Knowing the location of the largest cortex width an opinion can be formed about the leg position.

- 1.) $C_{maxloc} < 88^\circ$: varus position
- 2.) $C_{maxloc} = 90^\circ - 110^\circ$: regular leg position
- 3.) $C_{maxloc} \geq 112^\circ - 118^\circ$: open leg position, cow-hocked position

According to environmental load, two groups can be distinguished.

- 1.) The wild and non-working domestic horses, and mounts form one group: C_{maxloc} : 86°-117°32'.
- 2.) In the case of draught horses 2 maximum values can be found, C_{maxloc_1} : natural load, C_{maxloc_2} : work hypertrophy 118°-127°.

$$\frac{C_{max}}{\bar{P}_n}$$

The \bar{P}_n values of examined specimens of the wild species vary between 2.210-1.548. (**Fig. 19**).

- Higher load value: 2.010-2.210, 14 samples, 31.80%.
- Average load: 1.992-1.712, 22 samples, 50%.
- Low load: 1.685-1.548, 8 samples 18, 20%.

$$\frac{C_{max}}{\bar{P}_n}$$

The \bar{P}_n values of domesticated specimens not working are as follows:

- 0-day specimen not loaded at all: 1.015.
- 4-weeks old, intensively growing specimen with hardly any load: 1.327.
- specimen with average load: 1.533-1.962.

Owing to the bone structure the starting value of the load is around 1, and due to quick development, this value is spectacularly growing, then the pace of broadening slows down. The load values of domestic subadult, adult specimens are within the range of the load value of wild horses and belong into the low and average load categories.

Age-specific characteristics. The low load intensity

$$\frac{C_{max}}{\bar{P}_n}$$

value \bar{P}_n and large $C_{max_{97-100\%}loc}$ angular field characterise the juvenile specimen together. The Y value shows an inconsistent picture due to the uneven development. The stallion's development intensity is higher and the period of growing is longer than in the case of a mare.

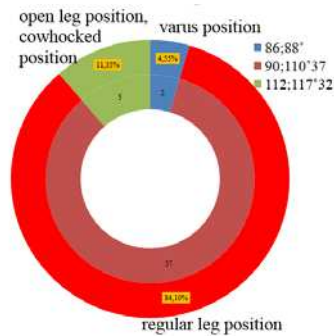


Fig. 15.: Fossil wild horse Cmaxloc distribution

15. ábra: Fossilis vad ló Cmaxloc megoszlása

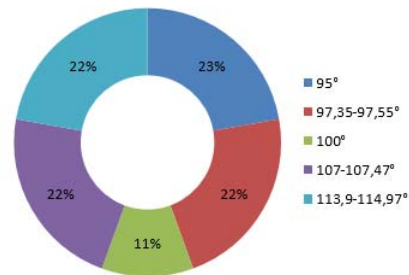


Fig. 16.: Domestic horse, non-working Cmaxloc distribution

16. ábra: *Equus caballus*, munkát nem végzett Cmac loc megoszlás

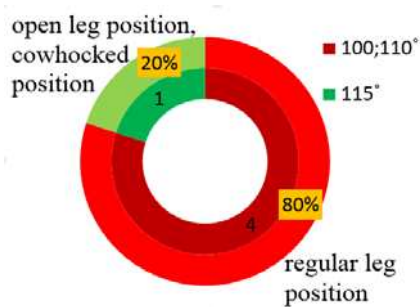


Fig. 17.: Mounts, Cmaxloc distribution

17. ábra: Háttas ló Cmaxloc megoszlás

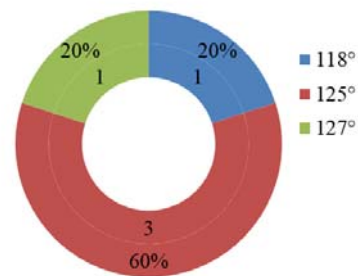


Fig. 18.: Draught horses, work derived hypertrophic Cmaxloc distribution

18. ábra: Fogat ló munka-hipertrófiás Cmaxloc megoszlása

The impact of working. We will have a more complete idea when C_{maxloc} and the value of $\frac{C_{max}}{\bar{P}_n}$

(load intensity) are interpreted together. In this case the hypertrophy caused by regular working and deriving from natural life-style are separated.

The specimens of wild and non-working domestic horses have been analysed above; below the effects of the various types of work will also be examined.

Mounts: The C_{maxloc} angular range for mounts, the resultant of static and dynamic forces, was identical to that of the specimens of wild and non-working domestic specimens, as the centre of gravity falls under the vertebral column in all three

groups. The $\frac{C_{max}}{\bar{P}_n}$ value of load intensity varies between 2.282-3.138. In all cases it exceeds the load values of the ancient wild species and the non-working domesticated species. In the case of mounts hypertrophy is the joint product of the work done, the natural environmental load, and the leg's

conformation. The work performed results in the increase of load intensity at the same place, where the resultant of the natural forces is apparent, and added to it. This is the phenomenon of vertical summation.

Draught horses: In the case of draught horses two cortex hypertrophy maximum values, C_{maxloc} develop, the first is C_{maxloc_1} dorsally, which is the resultant of the natural load and leg position X_1 , and the own point of gravity is under the vertebral column. The second is C_{maxloc_2} appears medially in the angular range between 118°-127°, which is the result of work hypertrophy, the point of gravity of the tow is behind the horse. The two types of load are not built on each other. Therefore, the load

intensity value $\frac{C_{max}}{\bar{P}_n}$ of draught horses varies between 1.484-2.133, and is within the load value range of wild and domesticated, not working specimens. Naturally, this value may be higher, subject to the work performed. The cortex width maximum $C_{maxloc_{97-100\%}}$ angular range, there growth Y may overlap, may be more excessive than

justified by the duration of the load. Here the phenomenon of horizontal summation can be observed (Figs. 14., 20.).

Sign of gestation: In the case of the only riding mare whose foaling has been proven, and on 4 pcs. of fossil bones between 145° and 155° additional cortex widening developed. Its span is 5° angular range. It is probably caused by the carrying of a pregnancy. This possibility is reinforced by the fact that this phenomenon is not apparent for a single juvenile, subadult, male or castrated specimen. The anatomical circumstances also justify its development. The suspensory ligament of the uterus, the mesometrium, is attached to the dorso-lateral abdominal wall and pelvic floor, the lumbar muscle. The round ligament of the uterus, the *lig. teres uteri*, attaches to the internal *anulus inguinalis* (Fehér 1980, 445). There is a substantial possibility for the uterus to move. The point of gravity of the growing foal moves deep and backwards when the horse is under stepping. Studying a larger number of individuals is necessary to have to be able to completely prove the causal relation.

Interpretation of the geometric index

Finally, at least briefly, we have to mention the feature obtained in the intact phase, the ratio of the smallest width and depth of the metatarsus diaphysis, i.e. the geometric index. The value of its use is limited. On this basis, it is not possible to form a firm opinion on the life history of a specimen. The value around 1 refers to a natural way of life, the value lower than one suggests riding work and the value higher than one suggests the possibility of draught exploitation.

Conclusions that can be drawn from the analysis of the permanent marks of working and way of life on the horses' metatarsus

The above-described method provides a possibility to establish the main features of a specific specimen with a likeliness of 80-85%. The data of the horses' life history help the interpretation of archaeological phenomena. They inform about the earliest appearance of the various manners of use and broaden our view on the farming methods, livestock breeding work, the movement of the groups of people and the social layers.

- The maximum cortex width of the specimens of wild horses and the non-working domestic specimens is between 86° and 117°28' in all cases, and the load intensity hardly exceeds the value of 2.13.
- The highest cortex width values of mounts fall in the angular range of wild and non-working

horses. The load intensity values are higher than wild and non-working horses.

- The highest cortex width values of draught horses fall into the angular range of 118°-127° and their load intensity values are not outstanding.
- The load intensity values provide us with information about the external circumstances the animal had to withstand. In a specific taphocoenosis, in a collection of archaeological phenomena, within the groups created based on load intensity and manner of use, it is also possible to relative period of use, according to the 3% expansion of hypertrophy.
- We can also draw conclusions about the reproduction of the animals from the existing or lacking additional cortex widening between 145°-155°. The relevant finds need further confirmation statistically.
- Two anomalous leg positions, i.e. the varus position and cow hocks, make a mark on the metatarsus structure. $C_{maxloc} < 88^\circ$ positioned on the latero-dorsal suggests varus position, while $C_{maxloc} \geq 112^\circ$ -118° open position (cow hocks). The accumulation or lack of abnormal leg positions within one taphocoenosis may as well be the sign of breeding, should we have a sufficiently large series of bones to analyse. In the examined fossil wild horse remains (natural reproduction community) 4.55% has varus while 11.35% open leg position. (Fig. 15..)

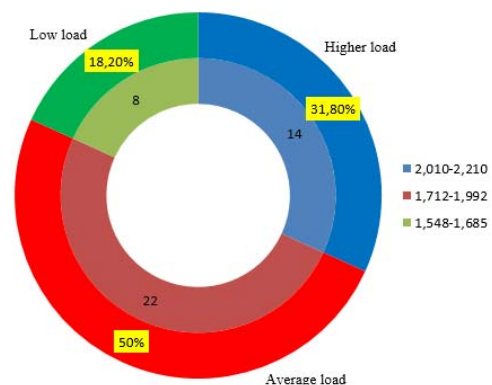


Fig. 19.: Fossil wild horse load intensity distribution

19. ábra: Fosszilis vad ló terhelés intenzitásának megoszlása

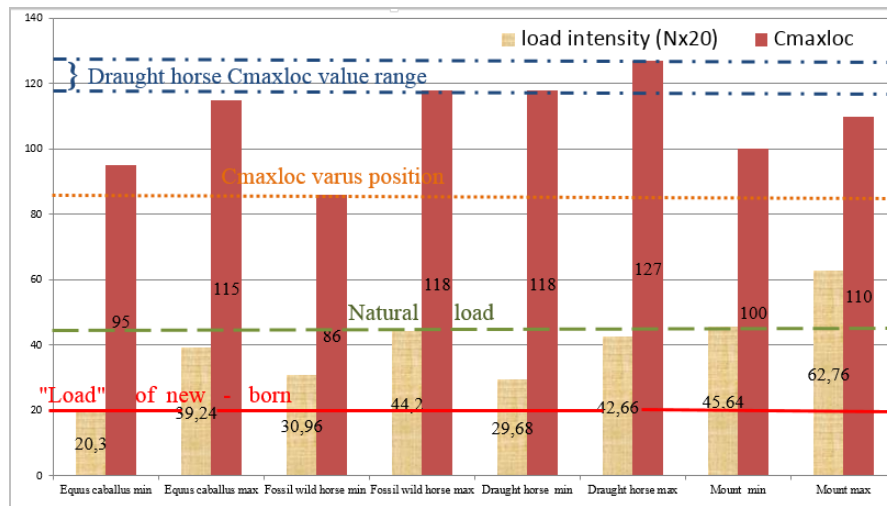


Fig. 20.:

Load intensity and Cmaxloc values of life history groups

20. ábra:

Az élettörténeti csoportok terhelés intenzitása és Cmaxloc értékei

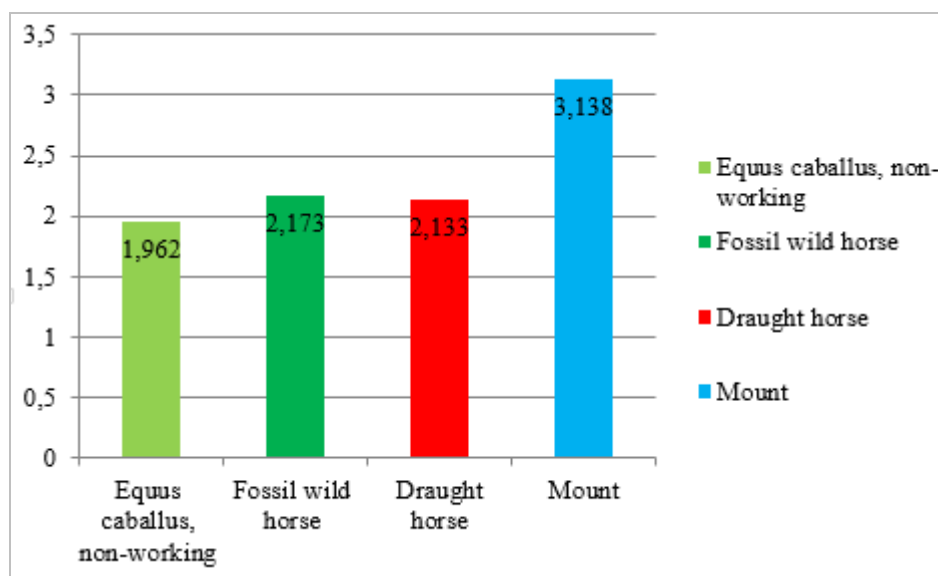


Fig. 21.:

Maximum of load intensity

21. ábra:

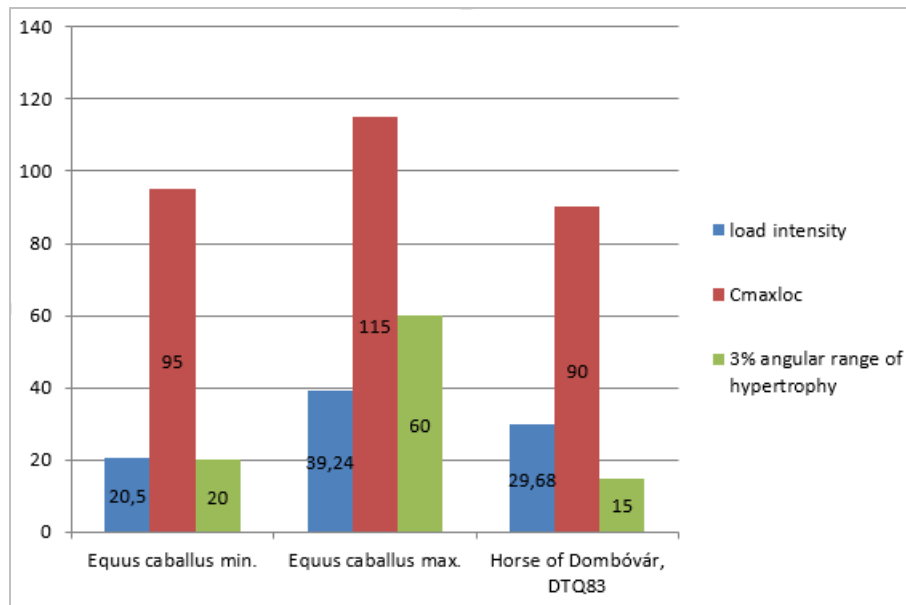
A terhelés intenzitásának maximuma

The compiled database must be continuously extended. The more we know the more certain our interpretation can be. In order to analyse other manners of use, e.g. pack-horses, draught horses used in transport or tillage, it is necessary to further refine and control the method. Animals used in various sports must also be examined: horses used for show jumping, military horse, horses in driven dressage, trotters, etc., to see whether there is a significant difference in their bone structure. Furthermore, the analyses have to be extended to other animal species as well, such as donkeys, mules/hinnies, cattle, camels, etc.

The analysis of the permanent marks of working and the way of life on the metatarsus of horses of archaeological age

Dombóvár-Tesco, tomb DTQ83: The horse excavated with saddle remains and a bit in its mouth was a typical mount according to the information collected based on the gracile bone

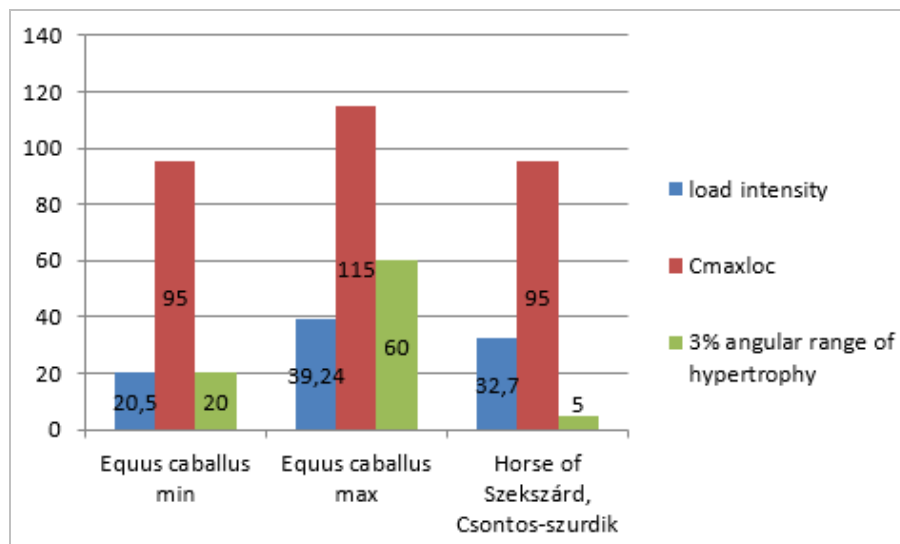
remains, most useful in reconstructing the animal's life history (metacarpus III slenderness index 14.23, metatarsus III slenderness index: 12.02, the metacarpus/metatarsus GL ratio is 0.855. Considered to be tall in its own age, its withers height calculated from the metatarsus III was 146.18 cm (Vitt 1952). The skull is narrow, high, short, the profile is pronounced, the muzzle runs straight. Based on its teeth, it is a male of around 6-7 years of age. The incisors show an irregular abrasion suggesting cribbing. On the left *condilus occipitalis* an osteophyte of the size of a small bean is apparent, and on the joint surfaces of the atlas a corresponding dimple, with the traces of an inflammatory reaction around it. The external sizes and the calculated values of the metatarsus III analysed with the method described and the measured and calculated values of the cortex are included in the tables attached (**Table 9**). The maximum width of metatarsus III cortex is located at 90°, which indicates regular leg position.

**Fig. 22.:**

Characteristic bone structure values of non-working horse and the horse of Dombóvár

22. ábra:

A munkára nem fogott és a dombóvári ló jellemző csontszerkezeti értékei

**Fig. 23.:**

Characteristic bone structure values of non-working horse and the horse found in the Csontos-szurdik

23. ábra:

A munkára nem fogott és a Csontos-szurdikban előkerült ló jellemző csontszerkezeti értékei

Additional width growth is not apparent. The load intensity value is low, and the 3% deviation from the maximum width covers a medium (15°) angular range. The observed phenomenon characterises horses that are not subjected to work (Fig. 22.). In light of the results of the database available to us the low load value, and the abrasion of teeth suggesting cribbing, indicate a specimen condemned to boredom (Kardeván 1976; Takács 1994, 155-157., Abb. 7). It was probably kept in a corral or tied down in a stable. The alteration developed on the knob of the nape and the atlas vertebra could significantly restrict the normal use of the animal, for instance it was unsuitable for riding.

Szekszárd, Csontos-szurdik: Among the bones washed out from the side of the embankment we analysed the foot of the left hind leg of a horse and the skull of another specimen. Two metres east of

the foot, the skull of the horse lying on his left side and facing east was protruding from the embankment. Its cervical vertebrae were in anatomical order. The embedded position suggested a bowed head. The skull that could be observed only partly belonged to a mare of the age of 15-16 years. Its age was determined based on the seed mark apparent on the chewing surface on the right I3 incisor, the only remaining tooth, and the comparison of the anatomical features and the percentage distribution of the crown, body and root of teeth based on the X-ray images taken of the jaws of a horse of a known age. Based on the image of the incisor the animal is closer to the age of 15 but looking at the premolar- molar teeth it was closer to 16 years of age. It was identified as a mare due to the lack of canines. The high, wide, short skull suggests a small, rough head. Its measurements fall between those of the skulls from the tombs of the German horse-dog double burials

described in the Avar period graveyard of Keszthely (Bökönyi 1974, Table 5, Fig. 113, 290-292; Vörös 1999a). Based on its size, this skull is also close to the horse found in the tomb of early Avar period in Békéssámson (Vörös 1998), however, it is smaller than the horses found in the tombs from the Period of the Hungarian Conquest of the Carpathian Basin (Vörös 1999b). All this suggests that the remains of the skull, based on its sizes and structure, can be positioned among the Avar period types, which was subsequently fully confirmed by the results of radiocarbon dating.

The foot bones were found in plantar flexion (in a position of flexed sole), in anatomical connection, closing an angle of 40-50° with the horizontal plane, into the porous, greyish-brown soil of the embankment. Based on the sizes of the metatarsus it belonged to a slender-legged (slenderness index metatarsus III= 12.74), short adult specimen of small to medium withers height (calculated from metatarsus III= 135.45 cm, Vitt 1952). The external sizes and the calculated values of the metatarsus III analysed with the above-described method, and the measured and calculated values of the cortex are included in the tables attached (**Table 10.**). The maximum width of the metatarsus III cortex is located at 95°, and it indicates regular leg position. The 3% deviation from the maximum cortex width covers 5° angular range, the environmental load is of medium extent (1.635) and the value indicating the durability of the load is low (1.425). In light of the results of the database available, the medium intensity of the load measured indicates a grazing life style, and the low value marking the durability of the load assumes death at a young adult age (**Fig. 23., Table 10.**).

Archaeological evaluation of the test results of permanent marks on horses' metatarsus caused by work and way of life

Dombóvár-Tesco, tomb DTQ83: According to its prime age, based on the circumstances of burial, the dog placed near it, the fittings at its back assumed to belong to the saddle, the bit in his mouth, and the burial of the rich person in its proximity so far the most likely idea was that it could have been the favourite mount of a local leader (**Figs. 1-2.**). Practically, based on all the archaeological observations the assumption seems completely logical that the master was buried with his favourite animals, where the only question is whether it was hunts or battles in which they grew so much together that they took their journey into the underworld also together (Boruzs 2013). The remains of horses and dogs, as the persons carrying out the tests put it, show relations with at least one of the deceased people found in the complex and – in addition to serving as companions – they may have been indicators of status in earthly life (Daróczy-Szabó & Bartosiewicz 2018, 251). The

data measured and received by using the now presented analysis method, however, rule out this concept fundamentally, even despite the archaeological observations. The load intensity value calculated based on the measurements is low, and the 3% deviation from the maximum width covers a medium (15°) angular range, which characterises horses not subject to work – that is, it does not confirm the ideas implying a favourite ridden a lot (**Fig. 22., Table 9.**). Due to the alteration developed on the knob of the nape and the atlas vertebrae, this specimen was not suitable for riding and it is quite likely that his head position was abnormal, moved to the side. At the same time, the saddle remains, and the bit in its mouth are highly likely to be meant to send the message to the participants of the funeral – and not only to the archaeologist – that his horse and dog accompanied the master in his long way. However, based on the analysis results of the method now presented, this picture can be made significantly more sophisticated and put into a new perspective.

In tomb DTQ83 a saddled, but with low utilitarian value horse was placed, which shows that the reason why it was buried was not a strong bond – should it be the case the actually used animal would have been buried next to its master. The appearance for the community of killing the horse and putting it into the grave was important, which is proven by its being all harnessed – the present results of the analysis together with the revaluated archaeological observations reflect not the burial of a battle mount, but adherence to significant elements of a scheme of habits (for which killing and harnessing a less valuable animal may have been sufficient). In this context, the historic connections of the Dombóvár late Roman burial with horses and its parallel in Mágocs are seen from a new perspective (Boruzs & Szabó 2018, 206-208; Gábor 1998, 113, 116). In both cases the measurable results of the osteometric tests, complementing earlier observations and assessments of excavations related to burials with horses which is seen as unusual in the area of the province, cast a totally different light on the explanations assumed based on the data available so far. The phenomena and aspects that were less considered previously in the archaeological-historic assessments are given more emphasis now, which, all in all, call attention to the appearance of the custom system of a foreign population in the late Roman era.

Szekszárd, Csontos-szurdik: the data of the radiocarbon analyses verified that these dated back to the Avar period, assumed earlier based on the size of the bones and the values – likely to be limited to the second half of the seventh century – at the same time refer to one of the most exciting period of the Avar times. The archaeological data refer to the transformation of the Avar society that

was far from being peaceful at that time and indicate that around 670 new ethnic groups moved into the Carpathian basin and fought internal wars (Fig. 4.). The position, mass and angle of the bones in the loess wall, reflect, by all means, a violent action. The angle of the joints observed indicate that rigor mortis did not set in the cadavers yet. Generally, horses are put into the graves with legs pulled under them, but here they were lying on their sides rather indicating that these were carcasses, distended, and released from rigor. The snails indicating waterflows suggest that a natural hollow was used to clear the decomposing carcasses that were still in one piece (Bozi & Szabó 2017, 1131). The bones found in anatomical order also tell us that the decomposing dead bodies were covered by dirt and the body parts were not carried away by the animals. As there were human skeletons among the carcasses it seems that they were not buried by the members of their own community — they would have buried their fellows separately. This could also suggest that the loess embankment hides the traces of a battle, and in this case it would be understandable that people were thrown into the hole together with the horses, as the winner at the end had everything cleaned up indiscriminately and ordered the area to be completely cleared. However, according to the data of the examined metatarsus III the environmental load is of medium extent (1.635), the value indicating the durability of the load was low (1.425), which, all in all, suggests a grazing way of life and death as a young adult, which contradicts the theory of a battle. This means that the samples available from this site are bones of young, non-working and also of old animals and do not belong to horses used in battles or for riding (Fig. 23., Table 1.). On top of that, these bones lay in the embankment mixed with the remains of sheep, which is completely alien to a battlefield.

Based on the osteometric test of the samples collected from the Csontos-szurdik site, Szekszárd, the concept of a carcass pit used related to an epidemic or the putative battle mentioned in folk tradition can be ruled out. The results emerging so far all in all rather suggest that the archaeological site, and its bones mixed with the nearly Avar-period settlement, preserved in a unique way the traces of the internal conflicts with newcomers just between the early and late Avar period targeted at the acquisition of the territory, who massacred the people and the animals of an aul indiscriminately, perhaps for deterrence.

The test results of the horse metatarsi collected from the two sites analysed with the above described osteometric method and presented herein as an example significantly contributed in both cases to the clarification of the archaeological-historic connection. Naturally, the test results in themselves are not suitable for answering historical

questions. However, as it is indicated by the two case studies, presented as an example of the possibility of archaeological application, the observations and parallels of excavations and the results of previous examinations complemented with the data of the new method may help develop a more nuanced, or sometimes completely new, interpretation of the archaeological-historic connections. The case of the horse from Dombóvár is especially enlightening, which, based on the traditional evaluation of archaeological observations, was thought to be so far a mount buried with its master. The measurable results of the osteometric tests, however, called attention to the appearance of the habits of a newly arrived population in the late Roman period, putting the observations of earlier excavations into a new historic context. Also, in the case of the Csontos-szurdik we managed to determine the age and nature of the site even without an archaeological excavation. These two cases well reflect that the osteometric method demonstrated for the examination of the metatarsus of horses may be an important and useful supplement to archaeological research. The recent results clearly indicate that it would be worthwhile and efficient to repeat the examination and evaluation of such old and well-known finds as, for instance, the horses of the Kurgans of Arzhan and Pazyryk (Bourova 2004; Chugunov et al. 2003; Vitt 1952), and the horses from the time of the Period of the Hungarian Conquest (Matolcsi 1976, 206-209).

Acknowledgements

We would like to thank our colleagues assisting in the excavation in Dombóvár and the processing of the finds, in particular for the work of Józsefné Komiáti, Anita Mármárosi, Apollónia Sági, Zsuzsanna Zsámboki-Tóth. Our thanks go to Imre Tóth in the collection of recent samples, who made available the metatarsuses of old sports horses. We owe István Rózinger thanks for the preparation of bones and István Nagy forestry engineer for saving a number of fossil bones. Special thanks go to the management and researchers of the Debrecen-based Isotoptech Zrt. who performed the radiocarbon dating of the horse bones found in the Csontos-szurdik free of charge in the frames of scientific cooperation, and to Éva Gömöri for the English translation.

Tables 1-10. for the current paper are provided in the *Appendix*.

References

- BORUZS, K. & SZABÓ, G. (2018): Late Roman Graves in Dombóvár. In: BARTUS, D. & BORUZS, K. eds., *FIRKÁK IV. Proceedings of the Conference for Young Researchers of Roman Age*. ELTE Régészettudományi Intézet, Budapest, 197–242.
- BORUZS, K. (2013): Harcos vagy vadász? Egy késő római fegyveres sír a Konda-patak völgyében. In: KRISTON VIZI, J. ed., *Dél-Dunántúli dolgozatok. Tanulmányok Dr. Szőke Sándor emlékére*. Dombóvár, 20–30.
- BOZI, R. & SZABÓ, G. (2017): A Csontos-szurdik rejtélye: avar kori villongások. *Élet és Tudomány LXXII/36* 1129–1131.
- BOUROVA N. (2004): Horse Remains from the Arzhan-1 and Arzhan-2 Scythian Monuments. In: MARIAN SCOTT E., ALEKSEEV A.Y., ZAITSEVA G. eds., *Impact of the Environment on Human Migration in Eurasia. NATO Science Series: IV: Earth and Environmental Sciences 42* Springer, 323–332.
- BÖKÖNYI, S. (1974): *History of Domestic Mammals in Central and Eastern Europe*. Budapest, Akadémiai Kiadó, Budapest. p. 597.
- CHUGUNOV, K., PARZINGER, H. & NAGLER, A. (2003): Der skythische Fürstengrabbügel von Arzhan 2 in Tuva. Vorbericht der russisch-deutschen Ausgrabungen 2000–2002. *Eurasia Antiqua 9* 113–162.
- DARÓCZI-SZABÓ, M & BARTOSIEWICZ, L. (2018): Horse-dog burials from preventive excavations at Dombóvár TESCO. In: BARTUS, D. & BORUZS, K. eds., *FIRKÁK IV. Proceedings of the Conference for Young Researchers of Roman Age*. ELTE Régészettudományi Intézet, Budapest, 243–255.
- DRIESCH, A. von den (1976): *A guide to the measurement of animal bones from archaeological sites*. Peabody Museum Bulletin 1, Peabody Museum of Archaeology and Ethnology Harvard University. p. 136.
- DUNCAN P. & VIGNE N. (1979): The effects of group size in horses on the rate of attacks by blood-sucking flies. *Animal Behaviour 27* 734–735.
- FEHÉR, Gy. (1980): *A háziállatok funkcionális anatómiája I*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. p. 244.
- GÁBOR, O. (1998): Későantik sírok Mágocson. *Janus Pannonius Múzeum Évkönyve 43* 113–130.
- GUOTH, Gy. E. (1928): Adatok a lovak lábközépcsontjának csontszerkezetéhez és alakváltozásaihoz. *Közlemények az összehasonlító élet-és kórtan köréből XXII* 110–126.
- HIGGINS, G. (2015): *A ló mozgásának biomechanikája*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 150.
- KARDEVÁN, A. (1976): *A háziállatok kórbonctana*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. p. 268.
- KEIPER, R. & HOUPPT, K. (1984): Refuge-seeking and pest avoidance by feral horses in desert and island environments. *Applied Animal Ethology 9* 111–120.
- KOVÁCH, A. (1922): A szekszárdi „Csontheyy” titka. *Tolnamegyei Újság 4/53* 2.
- MATOLCSI, J. (1976): Shaman horse in a grave from the Period of the Hungarian Conquest at Izsák–Balázspusztá. *Cumania IV* 191–223.
- MOLNÁR, B. (2015): *A Kiskunsági Nemzeti Park földtana és vízföldtana*. JATEPress, Szeged. p. 523.
- MILLS, D. S. & MCDONNELL, S. M. eds., (2005): *The Domestic Horse: The Origins, Development and Management of Its Behaviour*. University of Pennsylvania School of Veterinary Medicine, USA. p. 264.
- SZABÓ, G. (2017): Odakozmált a bableves?: étkezési szokások a késő-középkori Dél-Dunántúlon. *Élet és Tudomány LXXII/50* 1577–1579.
- TAKÁCS, I. (1994): Untersuchung der Tierknochenfunde aus dem awarenzeitlichen Gräberfeld von Solymár. *Das awarische Corpus – Avar Corpus Füzetek 1* 149–176.
- VITT, V. O. (1952): Лошади пазырькских курганов. (The horses of the kurgans of Pazyryk) *Советская Археология 16* 163–205.
- VÖRÖS, I. (1998): A békéssámsoni kora avar kori sír lova. *Móra Ferenc Múzeum Évkönyve, Studia Archaeologica 4* 373–376.
- VÖRÖS, I. (1999a): Germán ló-kutya kettős sírok Keszthely avar kori temetőjében. *Zalai Múzeum 9* 121–152.
- VÖRÖS, I. (1999b): Tengőd-Hékúpusztai honfoglalás kori sírok lovai. *Herman Ottó Múzeum Évkönyve 37* 301–312.

Annex**Table 1.:** Fossil, Pleistocene period *Equus* sp. metatarsus III external sizes and values calculated from those**1. táblázat:** Fossilis, pleisztocén korú *Equus* sp. metatarsus III. külső méretei és a belőlük számolt értékek

<i>Inventory number</i>	<i>Length</i> <i>GL mm</i> $\pm 0.1mm$	<i>Circumference</i> <i>mm</i> $\pm 0.1mm$	<i>Bp</i> <i>mm</i> $\pm 0.1mm$	<i>Dp</i> <i>mm</i> $\pm 0.1mm$	<i>Diw</i> <i>mm</i> $\pm 0.1mm$	<i>Did.</i> <i>mm.</i> $\pm 0.1mm$	<i>Bd</i> <i>mm</i> $\pm 0.1mm$	<i>Dd</i> <i>mm</i> $\pm 0.1mm$	<i>Slenderness</i> <i>index</i> $\frac{Diw}{GL}$	$\frac{Diw}{Did}$	<i>Withers</i> <i>height cm,</i> <i>according to</i> <i>Vitt</i>	<i>Bone description</i>
ö/6.Pfadt	287.00	125.00	61.00	51.00	39.00	37.00	60.00	45.00	13.60	1.054	150.10	Intact bone
ö/8.Pfadt	277.00	122.00	54.00	-	35.50	36.50	53.00	36.00	12.80	0.972	144.87	Young adult, growing
ö/12.Lavina	288.0	131.0	63.6	48.6	41.0	39.2	62.1	47.0	14.20	1.046	150.62	Intact bone
ö/13.Lavina	276.0	124.0	55.0	45.5	38.9	37.2	54.1	41.3	14.10	1.046	144.35	
ö/14.Lavina	283.8	137.0	59.0	50.0	40.0	38.0	59.0	45.0	14.10	1.053	148.43	
ö/15.Köka	282.0	128.0	51.0	45.0	39.2	38.0	53.0	41.0	13.90	1.032	147.49	Slightly worn
ö/16.Majosháza	287.00	135.00	60.5	50.00	42.00	39.50	60.70	46.60	14.60	1.063	150.10	Intact bone
ö/17.Pfadt	287.00	125.00	60.50	49.00	38.30	37.00	59.50	45.00	13.40	1.035	150.10	Intact bone
ö/18.Laseberg	294.0	134.0	63.0	52.0	43.0	39.0	60.5	45.0	14.60	1.103	153.76	Intact, cracked lengthwise

ö/19.Majosháza	281.5	123.0	55.0	46.0	38.0	37.8	56.0	43.0	13.50	1.005	147.20	The proximal end worn, cracked lengthwise
ö/20.Majosháza	293.0	126.0	52.2	46.0	39.2	37.1	51.0	38.2	13.40	1.057	153.24	The proximal joint end is slightly worn
ö/21.Pfadt	290.0	123.0	57.0	51.0	37.5	36.8	58.0	45.0	12.90	1.019	151.67	Not worn, cracked
22/Pfadt	-	102.00	53.00	46.00	29.00	32.00	-	-	-	0.906		Juvenile
ö/22.Majosháza	286.0	137.0	55.0	-	42.0	37.2	53.2	38.0	14.70	1.129	149.57	The proximal joint end is broken, the remain is post mortem fragmented
ö/23.Majosháza	282.0	126.0	52.0	46.0	38.0	38.2	51.0	38.0	13.50	0.995	147.48	Slightly worn. damaged
ö/24.Majosháza	277.0	118.0	54.5	44.0	37.6	35.0	53.0	37.0	13.60	1.074	144.87	Slightly worn. Fractured
ö/25.Majosháza	-	124.0	55.5	47.6	38.5	37.9	-	-		1.016	-	The distal joint end got broken
ö/26.Lavina	286.0	125.0	47.0	43.0	37.0	39.5	43.0	31.0	12.90	0.937	149.58	Slightly worn, arrosion on the surface
ö/27.Kiskunlacháza	284.0	127.0	57.2	-	40.2	37.8	55.2	43.0	14.20	1.063	148.53	At the proximal joint end has a recent damage

ö/28.Kiskunlacháza	272.0	119.0	54.0	43.0	37.0	36.8	-	41.0	13.60	1.005	142.26	Slightly worn, the medial side of the distal joint end is damaged
ö/29..Pfadt	297.0	130.0	62.0	48.2	41.6	38.8	61.5	44.9	14.00	1.072	155.33	Intact bone. in the dorsal area of the diaphysis under the <i>foramen nutriticum</i> . several flat exostoses can be found (former injury)
ö/30.Laseberg	278.5	120.0	51.5	44.9	38.10	37.0	52.0	40.5	13.70	1.030	145.65	Cracked, good preservation
ö/31.Laseberg	287.0	111.0	50.5	42.8	33.0	35.0	50.0	34.0	11.50	0.943	150.10	Slightly worn, the external layer is cracked on the medial side
ö/32.Lavina	288.0	120.0	50.0	41.0	38.0	35.0	51.0	35.5	13.20	1.086	150.62	Intact, fractured
ö/33.Laseberg	299.4	126.0	58.0	48.8	40.0	38.5	56.8	39.5	13.40	1.039	156.59	Slightly deliquescent
ö/34.Laseberg	292.0	121.0	55.0	42.0	35.4	38.9	56.0	41.0	12.10	0.910	152.72	Intact
ö/35.Laseberg	290.6	124.0	55.6	49.0	37.0	38.0	55.0	42.0	12.70	0.974	151.98	Fractured
ö/39.Pfadt	278.0	117.0	53.3	45.0	35.2	36.2	54.8	39.8	12.70	0.972	145.40	Intact bone
ö/40.Laseberg	286.4	118.0	53.1	44.0	36.0	35.2	51.7	38.1	12.60		149.79	Intact bone

ö/41.Laseberg	282.8	131.0	60.9	51.0	43.0	39.0	60.0	45.1	15.20	1.103	147.90	Intact bone
ö/42.Pfadt	274.0	122.0	56.3	46.0	37.0	36.8	52.6	40.0	13.50	1.005	143.30	Intact bone
ö/43.Ócsa	-	125.0	57.4	-	39.6	37.9	-	-		1.045	-	The proximal end is damaged, the distal end has broken off
ö/44.Ócsa	280.0	131.0	57.2	43.2	41.8	37.2	52.0	37.6	14.90		146.44	Intact bone, the joint ends are slightly worn
45/Pfadt	-	131.00	56.20	48.00	40.20	39.00	-	-	-	1.031	-	Prox. end
46/Pfadt	-	128.00	57.20	44.00	41.00	37.40	-	-	-	1.096	-	Prox. end
30/D.Danube.Dunaföldvár	296.0	132.0	57.7	52.20	41.10	38.0	54.80	40.00	18.50	1.083	154.81	
40/D Danube.Dunaföldvár	292.00	119.0	52.15	42.82	36.04	34.71	54.33	34.93	12.30	1.038	152.72	
43/D.Danube.Dunaföldvár	284.0	122.0	56.88	46.35	39.20	36.04	54.19	42.45	13.80	1.088	148.53	
44/D Dunaföldvár	287.00	130.00	55.96	48.38	39.35	40.23	54.40	39.2	13.70	0.978	150.10	slightly worn
45/D.Danube.Dunaföldvár	286.0	124.0	57.26	50.00	38.37	36.35	56.00	40.66	13.40	1.056	149.58	
46/D Danube.Dunaföldvár	288.0	125.0	58.04	54.22	39.06	36.75	55.55	44.52	13.60	1.063	150.62	
56/DDanube.Dunaföldvár	296.0	130.0	60.68	55.40	39.42	39.36	58.39	44.64	13.30	1.002	154.81	
65/D Danube Dunaföldvár	-	112.0	-	-	36.43	32.16	-	-	-	1.133	-	fragment
ö/66 Majosháza	283.30	124.00	54.00	45.00	39.00	38.0	53.00	42.00	13.80	1.026	148.17	slightly worn
ö/69 Majosháza	282.30	127.00	57.00	46.60	40.00	38.50	56.40	40.50	14.20	1.039	147.64	intact bone

Table 2.: Fossil, Pleistocene *Equus sp.* metatarsus III bone cortex measurements and values calculated from those**2. táblázat:** Fossilis, pleisztocén korú *Equus sp.* metatarsus III. csont kéregállomány méretei és a belőlük számolt értékek

<i>Inventory number</i>	\bar{P}_n mm ±0.01 mm	<i>Cmax</i> mm ±0.01 mm	<i>Cmaxloc</i> angle degree ±1° X	<i>Cmax_{97-100%}loc</i> angular range 2° Y	$\frac{Cmax}{\bar{P}_n}$ Load int.	$\left(\frac{Cmax}{\bar{P}_n} \times \sin Y\right) \times 10$ Durability of load	$\left(\frac{Cmax}{\bar{P}_n} \times \frac{1}{\sin Y}\right) \times \cos X^2$ Life history	<i>The age group of the specimen, the condition of the bone, the circumstance of imbedding</i>
ö/6.Pfadt	8.61	14.44	97°28'	25°	1.677	7.087	0.0682	Adultus
22./Pfadt	5.00	9.11	84°25'	20°	1.822	6.231	0.1465	Juvenilis, in the distal epiphysis zone the joint end came away, distal epiphysis unfused
ö/31.Lberg	5.82	11.00	95°	10°	1.890	3.282	0.083	Subadult
ö/34.Lberg	7.12	12.00	102°28'	20°	1.685	5.763	0.2320	Young adultus
8./Pfadt	6.02	10.53	105°	20°	1.749	5.982	0.3426	Adultus
ö/30.Lberg	9.45	16.50	100°	15°	1.746	4.519	0.2033	Adultus
ö/32.Lavina	7.68	14.00	90°	30°	1.82	9.10	0.00	Adultus
ö/24.Mháza	9.37	14.50	117°32'	10°	1.548	2.688	1.905	Adultus low withers height
ö/18.Lberg	9.03	15.50	90°	25°	1.716	7.252	0.00	Adultus
ö/18.Lberg		13.25	155°	5°	1.467	1.279		Pregnancy?
ö/27.Klháza	8.32	14.00	87°48'	20°	1.684	5.760	0.0091	Adultus
ö/15.Köháza	7.63	14.65	112°28'	20°	1.919	6.563	0.836	Adultus, cow hocks?
21./Pfadt	7.57	15.00	105°	25°	1.980	8.368	0.314	Adultus
ö/23Pfadt	7.97	17.45	100°	15°	2.190	5.668	0.255	Adultus

ö/14.Lavina	8.08	15.16	102°21'	30°	1.876	9.380	0.180	Adultus
ö/28.Klháza	8.67	18.05	105°	25°	2.083	8.803	0.330	Adultus, small withers height
ö/26.Lavina	7.73	16.80	100°	20°	2.173	7.432	0.299	Adultus
ö/16.Mháza	8.76	15.70	115°	20°	1.792	6.129	0.351	Adultus, slightly open leg position?
ö/35.Lberg	7.64	14.20	102°28'	25°	1.859	7.856	0.2071	Adultus
ö/23.Mháza	6.78	13.95	107°28'	15°	2.057	5.324	0.722	Adultus
ö/29.Pfadt	8.11	16.92	105°	15°	2.086	5.398	0.5398	Adultus
ö/39.Pfadt	6.69	13.33	95°	20°	1.992	6.813	0.044	Adultus
ö/42.Pfadt	8.23	16.55	98°29'	15°	2.010	5.203	0.170	Adultus
ö/45.Pfadt	7.01	15.16	105°	20°	2.163	7.397	0.4236	Adultus
ö/46.Pfadt	7.87	15.64	97°28'	25°	1.987	8.397	0.081	Adultus
ö/20.Mháza	6.97	15.40	92°28'	20°	2.21	7.558	0.0126	Adultus
ö/17.Pfadt	7.25	14.76	107°28'	25°	2.035	8.599	0.437	Adultus
ö/22.Mháza	8.61	13.56	104°53'	45°	1.574	11.129	0.151	Adultus
ö/12.Lavina	9.22	15.05	90°	40°	1.633	10.497	0	Adultus
ö/13.Lavina	8.60	16.10	107°28'	10°	1.872	3.250	0.979	Young adultus, <i>post mortem</i> deformation
ö/33.Lberg	9.79	16.40	90°	15°	1.676	4.337	0	Adultus
ö/33.Lberg		13.90	152°29'	5°	1.420	1.238		Pregnancy?
ö/41.Lberg	8.69	16.00	114°53'	15°	1.841	4.765	1.282	Adultus, open leg position?
ö/19.Mháza	8.45	17.55	90°	10°	2.077	3.606	0	Adultus
ö/19		12.10	152°29'	5°	1.432	1.248		Pregnancy?
ö/25.Mháza	7.07	13.60	86°	30°	1.925	9.625	0.0188	Adultus
ö/43.Ócsa	7.713	16.45	97°28'	20°	2.134	7.298	0.107	Adultus

ö/44.Ócsa	7.85	14.90	114°56'	30°	1.898	9.49	0.681	Adultus, slightly open leg position?
ö/40.Lberg	7.57	13.55	97°28'	25°	1.790	7.565	0.055	Adultus
30/D Dunaföldvár	7.15	14.65	105°	20°	2.049	7.008	0.401	Adultus
40/D Dunaföldvár	7.77	13.30	100°	5°	1.712	1.493	0.592	Young adultus
43/D Dunaföldvár	8.87	14.35	90°	25°	1.618	6.838	0.000	Adultus
45/D Dunaföldvár	7.22	13.65	109°55'	15°	1.891	4.894	0.794	Adultus
46/D Dunaföldvár	7.20	12.85	95°	20°	1.785	6.105	0.0397	Adultus
ö/56 Duna Dunaföldvár	8.02	15.55	102°28'	15°	1.939	5.020	0.015	Adultus
65/D Dunaföldvár	6.21	12.53	100°	15°	2.020	5.228	0.2353	Adultus
65/D Dunaföldvár		10.89	145°	5°	1.750	1.525		Pregnancy?
ö/66.Mháza	6.74	12.10	99°	10°	1.795	3.117	0.2530	Adultus
ö/69.Mháza	8.25	16.71	100°	15°	2.025	5.242	0.2359	Adultus

Table 3.: Domesticated horse, not working, metatarsus III external sizes and calculated values**3. táblázat:** Házasított ló, munkára nem fogott, metatarsus III. külső méretek és számított értékek

<i>Inventory number</i>	<i>Length GL mm ±0.1mm</i>	<i>Circumference mm ±0.1mm</i>	<i>Bp mm ±0.1mm</i>	<i>Dp mm ±0.1mm</i>	<i>Diw mm ±0.1mm</i>	<i>Did mm ±0.1mm</i>	<i>Bd mm ±0.1mm</i>	<i>Dd mm ±0.1mm</i>	<i>Slenderness index $\frac{Diw}{GL} * 100$</i>	<i>$\frac{Diw}{8Did}$</i>	<i>Withers height cm, according to Vitt</i>	<i>Bone description</i>
ö/8.recent	266.00	77.00	49.00	39.50	24.00	23.00	44.50	34.00	9.00	1.043	cannot be interpreted	0 days old, Hungarian half-bred mare foal
ö/72.recent	277.50	85.00	49.30	40.00	25.30	25.50	44.40	36.20	9.12	0.992	cannot be interpreted	1 week old, Hungarian half-bred stallion foal
ö/38.recent	267.30	78.00	49.90	48.20	23.20	23.20	47.80	35.00	8.70	1.000	cannot be interpreted	4 weeks old, Hungarian half-bred mare foal
ö/2 recent	272.00	101.00	47.00	42.00	32.00	30.04	51.00	38.00	11.80	1.065	142.30	1-2 years old, Hungarian half-bred stallion colt

ő/6.recent	299.3	121.00	62.20	53.60	39.00	37.00	61.90	47.90	13.00	1.054	156.53	2 years old, Nonius stallion colt
ő/7.recent	279.00	115.00	57.80	48.00	35.80	35.70	54.20	42.00	12.80	1.003	146.00	3 years old, quoter horse mare
ő/3.rec	280.0	103.00	53.00	41.00	32.00	30.50	51.2	40.00	11.43	1.049	146.44	Between the age of 3-4 years, subadult stallion
ő/73.recent	308.00	133.00	66.00	62.50	41.90	39.80	68.00	53.00	13.60	1.053	161.08	6 years old, held in corral Hungarian half-bred stallion
ő/68.recent	315.00	126.00	62.50	52.50	39.0	38.00	60.00	47.00	12.40	1.037	164.75	7 years old, Hungarian half-bred castrated

Table 4.: Domesticated horse, not working, metatarsus III bone cortex measured values and values calculated from those**4. táblázat:** Házasított ló, munkára nem fogott metatarsus III. csont kéregállomány méretei és a belőlük számolt értékek

<i>Inventory number</i>	\bar{P}_n mm ±0.01 mm	C_{max} mm ±0.01 mm	C_{maxloc} angle degree ±1°	$C_{max_{97-100\%loc}}$ angular range ±2°	$\frac{C_{max}}{\bar{P}_n}$ Load int.	$\left(\frac{C_{max}}{\bar{P}_n} \times \sin Y\right) \times 10$ Durability of load	$\left(\frac{C_{max}}{\bar{P}_n} \times \frac{1}{\sin Y}\right) \times \cos X^2$ Life history	<i>The age, life history and circumstance of keeping the specimen</i>
ö/8.rec	3.94	4.00	97°33'	75°	1.015	9.803	0.019	0 day, not exposed to load. therefore the durability of load cannot be interpreted
ö/72.rec	4.19	4.48	97°21'	20°	1.069	3.656	0.051	1 week old, Hu. half-bred male foal
ö/38.rec	4.18	5.55	95°00'	35°	1.327	7.612	0.155	4 week olds, Hungarian half-bred mare, lived in a box near her mother
ö/2.rec	8.24	11.11	114°56'	50°	1.348	10.326	0.313	Between the age of 1-2 years, Hu. half-bred stallion colt, the right rear leg is injured, left leg is under increased load (met. III right)
ö/6.rec	7.68	14.40	100°00'	30°	1.875	9.375	0.113	2 years old, Nonius stallion colt, the right rear leg is severely injured, left leg is under increased load, kept tied to a stall, static load
ö/7.rec.	9.05	13.88	95°00'	25°	1.533	6.478	0.0276	3 years old, quarter horse mare, lived in flat sandy grassland, his leg was injured
ö/3.rec.	7.74	11.42	107°28'	40°	1.475	9.484	0.2069	Between the age of 3-4 years, subadult stallion colt, grazed on rope leash. kept in stable tied down
ö/73.rec.	9.14	13.30	113°54'	60°	1.455	12.602	0.276	6 years old, stallion with Friesian physique, lived in corral
ö/68.rec	7.90	15.5	107°	20°	1.962	6.710	0.4904	7 years old, castrated, did not work, grazed

Table 5.: Mounts, metatarsus III external sizes and calculated values**5. táblázat:** Hátas ló metatarsus III. külső méretek és számított értékek

<i>Inventory number</i>	<i>Length GL mm ±0.1mm</i>	<i>Circumference mm. ±0.1mm</i>	<i>Bp mm ±0.1mm</i>	<i>Dp mm ±0.1mm</i>	<i>Diw mm. ±0.1mm</i>	<i>Did mm. ±0.1mm</i>	<i>Bd mm. ±0.1mm</i>	<i>Dd mm ±0.1mm</i>	<i>Slenderness index$\frac{Diw}{GL}$</i>	<i>$\frac{Diw}{Did}$</i>	<i>Withers height cm according to Vitt</i>	<i>Life history</i>
ö/10.rec.	224.00	83.00	45.00	34.00	26.20	25.20	42.00	32.00	11.70	1.04	117.15	Old castrated pony, occasionally ridden
ö/35.rec.	304.00	129.00	64.20	49.00	38.50	40.00	61.40	50.00	12.66	0.96	159.00	Show jumping horse, mare, lived for 28 years
ö/37 rec	317.00	143.00	63.00	59.50	39.90	45.2	64.00	50.00	12.58	0.88	165.79	Used for cross-country riding, Hungarian half- bred castrated, lived for 17 years
ö/39.rec	-	122.00	58.90	56.50	37.30	39.40	-	-	-	0.95		Used for cross-country riding, Shagya Arabian stallion, lived for 10-12 years
ö/1.rec	284.00		57.60	54.00	40.50	41.20	58.00	43.80	14.26	0.98	148.53	Regularly ridden, 14 years old castrated

Table 6.: Mounts, metatarsus III bone cortex measured values and values calculated from those**6. táblázat:** Háttas ló metatarsus III. csont kéregállomány méretei és a belőlük számolt értékek

<i>Inventory number</i>	\bar{P}_n mm ±0.01mm	C_{max} mm ±0.01mm	C_{maxloc} angle degree ±1°	$C_{max_{97-100\%loc}}$ angular range ±2°	$\frac{C_{max}}{\bar{P}_n}$ Load int.	$\left(\frac{C_{max}}{\bar{P}_n} \times \sin Y\right) \times 10$ Durability of load	$\left(\frac{C_{max}}{\bar{P}_n} \times \frac{1}{\sin Y}\right) \times \cos X^2$ Life history	<i>The age, life history and circumstance of keeping the specimen</i>
ö/10.rec.	6.40	9.50	115°00'	10°	1.484	2.576	1.526	Old castrated pony, occasionally ridden by children. Ponies should be examined in a separate group, the mt. III is allometrical
ö/39.rec.	6.40	16.45	100°00'	5°	2.570	2.2410	0.888	Shagya Arabian stallion, 10-12 years old, regularly used for cross-country riding, kept in box
ö/37.rec.	6.39	20.05	105°00'	10°	3.138	5.448	1.210	Hungarian half-bred, castrated, 17 years old, used for cross-country riding, kept in box
ö/35.rec.	6.69	15.26	110°00'	15°	2.282	5.905	0.411	Mecklenburg mare, 28 years old, show jumping horse, foaled 3 times, kept in box
ö/35.rec.	6,69	11,33	152°29'	5°	1,694	1,477		foaled 3 colts
ö/1.rec.	6.36	16.50	107°21'	25°	2.594	10.964	0.546	Hungarian half-bred, 14 years old, castrated, regularly ridden

Table 7.: Draught horse metatarsus III external sizes calculated values**7. táblázat:** Fogat ló metatarsus III. külső méretek és számított értékek

<i>Inventory number</i>	<i>Length</i> <i>GL mm</i> $\pm 0.1mm$	<i>Circumference</i> <i>mm</i> $\pm 0.1mm$	<i>Bp</i> <i>mm</i> $\pm 0.1mm$	<i>Dp</i> <i>mm</i> $\pm 0.1mm$	<i>Diw</i> <i>mm</i> $\pm 0.1mm$	<i>Did</i> <i>mm</i> $\pm 0.1mm$	<i>Bd</i> <i>mm</i> $\pm 0.1mm$	<i>Dd</i> <i>mm</i> $\pm 0.1mm$	<i>Slenderness</i> $index \frac{Diw}{GL} * 100$	$\frac{Diw}{Dd}$	<i>Withers height cm, according to Vitt</i>	<i>Life history</i>
ö/71.rec.	305.50	135.00	-	-	43.00	39.50	63.70	49.40	14.08	1.088	159.78	4 years old, Cross-bred Horse , driving horse in a farm, Uszód
ö/9.rec.	321.00	128.00	64.00	53.20	41.00	39.90	61.20	51.20	12.77	1.027	167.88	6 years old, driven in a carriage, in pair
ö/5.rec.	307.50	128.00	58.50	49.00	41.00	37.00	59.20	45.00	13.33	1.108	160.82	10 years old, Kisbér mare, light draught horse
ö/4.rec.	292.00	103.00	50.00	45.00	32.00	31.00	49.00	37.00	10.95	1.032	152.70	18 years old, small size, castrated, worked in a farm occasionally
ö/11.rec.	310.30	123.00	58.30	46.20	39.20	36.90	59.90	44.40	12.63	1.062	162.29	8 years old, Hungarian half-bred castrated, used in a carriage

Table 8.: Draught horse metatarsus III bone cortex measured values and values calculated from those**8. táblázat:** Fogat ló metatarsus.III. csont kéregállomány méretei és a belőlük számolt értékek

<i>Inventory number</i>	\bar{P}_n <i>mm</i> $\pm 0.01mm$	C_{max_n} <i>mm</i> $\pm 0.01mm$	$C_{max_{loc_n}}$ <i>angle degree</i> $\pm 1^\circ$	$C_{max_{97-100\%loc}}$ <i>angular range</i> $\pm 2^\circ$	$\frac{C_{max}}{\bar{P}_n}$ <i>Load int.</i>	$\left(\frac{C_{max}}{\bar{P}_n} \times \sin Y\right) \times 10$ <i>Durability of load</i>	$\left(\frac{C_{max}}{\bar{P}_n} \times \frac{1}{\sin Y}\right) \times \cos X^2$ <i>Life history</i>	<i>The age, life history and circumstance of keeping the specimen</i>
ö/71.rec.	7.40	15.64 C_{max_1}	107°28'	20°	2.154	7.228	0.568	Quarter horse, 4 years old, mare, body mass hypertrophy
ö/71.rec.	7.40	15.56 C_{max_2}	125°	10°	2.103	3.652	3.984	Work hypertrophy, draft horse in farm, kept in Uszód
ö/11.rec.	6.52	13.91	117°28'	30°	2.133	10.665	0.911	Body mass and work hypertrophy
ö/11.rec.	6,52	13,91	117°28'	15°	2,133	5,520	1,760	Hungarian half-bred castrated, kb. 8 years old, used in chariot, work hypertrophy
ö/9.rec.	9.62	15.20 C_{max_1}	105°00'	20°	1.580	5.404 Y_1	0.3094 X_1	6 years old mare, used in chariot in double drive, rarely used, body mass hypertrophy
ö/9.rec.	9.62	15.0 C_{max_2}	125°00'	25°	1.559	6.588 Y_2	1.214 X_2	Work hypertrophy
ö/4.rec.	6.28	10.80 C_{max_1}	100°00'	15°	1.723	4.459 Y_1	0.201 X_1	18 years old, low withers height, castrated, draught horse in today's farm, in the plain. Stabled all his life, body mass hypertrophy
ö/4.rec	6.28	9.3 C_{max_2}	127°00'	3°	1.484	0.776 Y_2	0.809 X_2	Work hypertrophy
ö/5.rec.	8.11	14.86 C_{max_1}	110°00'	10°	1.832	3.182 Y_1	1.234 X_1	Body mass- and work hypertrophy
ö/5.rec.	8.11	15.03 C_{max_2}	125°00'	20°	1.852	6.334 Y_2	1.328 X_2	10 years old, Kisbér half-bred, mare, did not foal. Light draught horse, work hypertrophy

Table 9.: Dombóvár-Tesco DTQ83. tomb metatarsus III test sheet**9. táblázat:** Metatarsus III. vizsgálati lap (Dombóvár-Tesco Q83.)

Excavation identification data: Dombóvár-Tesco preventive archaeological excavation 2007, 4th century horse burial

Based description of the information collected based on the bone remains and important for life history: Gracile, mc. III slenderness index: 14.23, mt. III slenderness index 12.02. The mc/mt is 0.855, typical mount. It is tall, its withers heights is 146.18 cm calculated from the mt. III The skull is narrow, high, short, the profile is pronounced, the muzzle runs straight. Based on its teeth, it is a male specimen of around 6-7 years of age. The incisors show an irregular abrasion suggesting cribbing. On the left *condylus occipitalis* an osteophyte of the size of a small bean is apparent, and on the joint surface of the atlas a corresponding dimple, with the traces of an inflammatory reaction around it.

a) External sizes of metatarsus III and calculated values**a) Metatarsus III. külső méretek és számított értékek**

Inventory number	Length GL mm ±0.1mm	Circumference mm ±0.1mm	Bp mm ±0.1mm	Dp mm ±0.1mm	Diw mm ±0.1mm	Did mm ±0.1mm	Bd mm ±0.1mm	Dd mm ±0.1mm	Slenderness index $\frac{Diw}{GL}$	$g \frac{Diw}{Dia}$	Withers height cm, according to Vitt	Bone description
Q83JH,2007.07.09.	279.50	108.00	51.80	41.00	33.60	34.20	50.50	38.00	12.02	0.982	146.18	Calcified intact bone

b) Measured and calculated values of the cortex**b) Metatarsus.III. csont kéregállomány méretei és a belőlük számolt értékek**

Inventory number	\bar{P}_n mm ±0.01mm	Cmax mm ±0.01mm	Cmaxloc angle degree ±1° X	Cmax _{97-100%loc} angular range Y ±2°Y	Load intensity $\frac{Cmax}{\bar{P}_n}$	Durability of load $\left(\frac{Cmax}{\bar{P}_n} \times \sin Y\right) \times 10$	Life history $\left(\frac{Cmax}{\bar{P}_n} \times \frac{1}{\sin Y}\right) \times \cos X^2$
Q83JH2007.07.09	7.60	11.28	90°	15°	1.484	3.841	0

Based on the available database, the conclusions drawn from the results: The maximum width of metatarsus III cortex is located at 90°, which indicates regular leg position. Additional width growth is not apparent. The load intensity value is low, and the 3% deviation from the maximum width covers a medium -15° - angular range. The observed phenomenon characterise horses that are not subjected to work. The low load value and the abrasion of teeth suggesting cribbing indicate a specimen condemned to boredom. It was probably kept in a corral, or tied down in a stable. The alteration developed on the knob of the nape and the atlas vertebra could significantly restrict the normal use of the animal.

c-d) X-ray images of metatarsus III

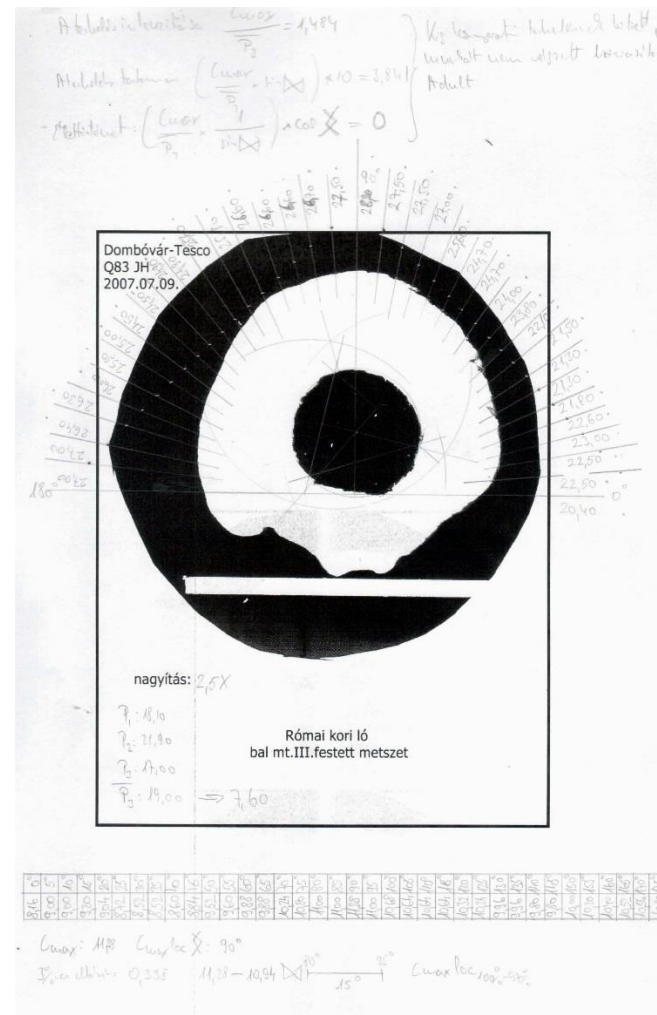
c-d) Metatarsus III. röntgenfelvételei



c) Dorso-plantar view
c) Dorso-plantáris nézet



d) Latero-medial view
d) Latero mediális nézet



e) Measurement sheet ((Dombóvár-Tesco Q83.)
e) Vizsgálati lap (Dombóvár-Tesco Q81.)

Table 10.: Szekszárd, Csontos-Szurdik metatarsus III test sheet**10. táblázat:** Metatarsus III. vizsgálati lap (Szekszárd, Csontos-szurdik)

Excavation identification data: Szekszárd, Csontos-szurdik, loess wall slide. The dating to the Avar period suspected based on the size of the bones was narrowed down to 640-690 A.D. as the most likely date, through radiocarbon dating by the Debrecen-based Isotoptech Zrt..

a) External sizes of metatarsus III and calculated values a) Metatarsus III. külső méretek és számított értékek

<i>Inventory number</i>	<i>Length</i> <i>GL mm</i> $\pm 0.1mm$	<i>Circumference</i> <i>mm</i> $\pm 0.1mm$	<i>Bp</i> <i>mm</i> $\pm 0.1mm$	<i>Dp</i> <i>mm</i> $\pm 0.1mm$	<i>Diw</i> <i>mm.</i> $\pm 0.1mm$	<i>Did</i> <i>mm.</i> $\pm 0.1mm$	<i>Bd</i> <i>mm.</i> $\pm 0.1mm$	<i>Dd</i> <i>mm</i> $\pm 0.1mm$	<i>Slenderness</i> <i>index</i> $\frac{Diw}{GL}$	$g\frac{Diw}{Did}$	<i>Withers</i> <i>height cm,</i> <i>according to</i> <i>Vitt</i>	<i>Bone</i> <i>description</i>
Sz.Cssz1/2016	259.00	106.00	50.60	43.80	33.00	33.50	50.20	39.40	12.74	1.015	135.45	good preservation

Gracile, slenderness index metatarsus III 12.74. Low, small to medium wither height, calculated from metatarsus III 135.45 cm (Vitt, 1952). Adult specimen.

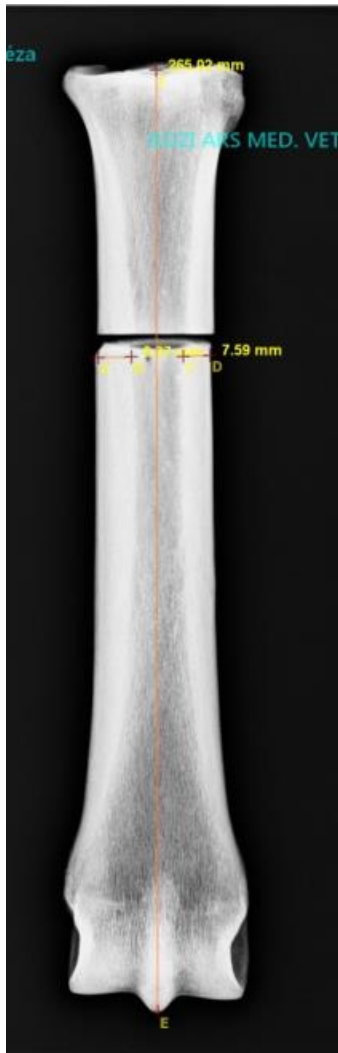
b) Measured and calculated values of the cortex b) Metatarsus.III. csont kéregállomány méretei és a belőlük számolt értékek

<i>Inventory number</i>	\bar{P}_n <i>mm</i> $\pm 0.01mm$	<i>Cmax</i> <i>mm</i> $\pm 0.01mm$	<i>Cmaxloc</i> <i>angle degree</i> $\pm 1^\circ$ X	<i>Cmax_{97-100%}loc</i> <i>angular range</i> $\pm 2^\circ$ Y	<i>Load intensity</i> $\frac{Cmax}{\bar{P}_n}$	<i>Durability of load</i> $\left(\frac{Cmax}{\bar{P}_n} \times \sin Y\right) \times 10$	<i>Life history</i> $\left(\frac{Cmax}{\bar{P}_n} \times \frac{1}{\sin Y}\right) \times \cos X^2$
Sz.Cs sz.1/2016.	7.89	12.90	95°	5°	1.635	1.425	0.1425

Based on the available database, the conclusions drawn from the results: The maximum width of the cortex is located at 95°, and it indicates regular leg position. The 3% deviation from the maximum cortex width covers 5° angular range, the environmental load is of medium extent 1.635 and the value indicating the durability of the load is low 1.425. The phenomena observed indicate horses not used for work. The intensity of the load indicates a grazing life style. The durability of the load assumes death at a young adult age.

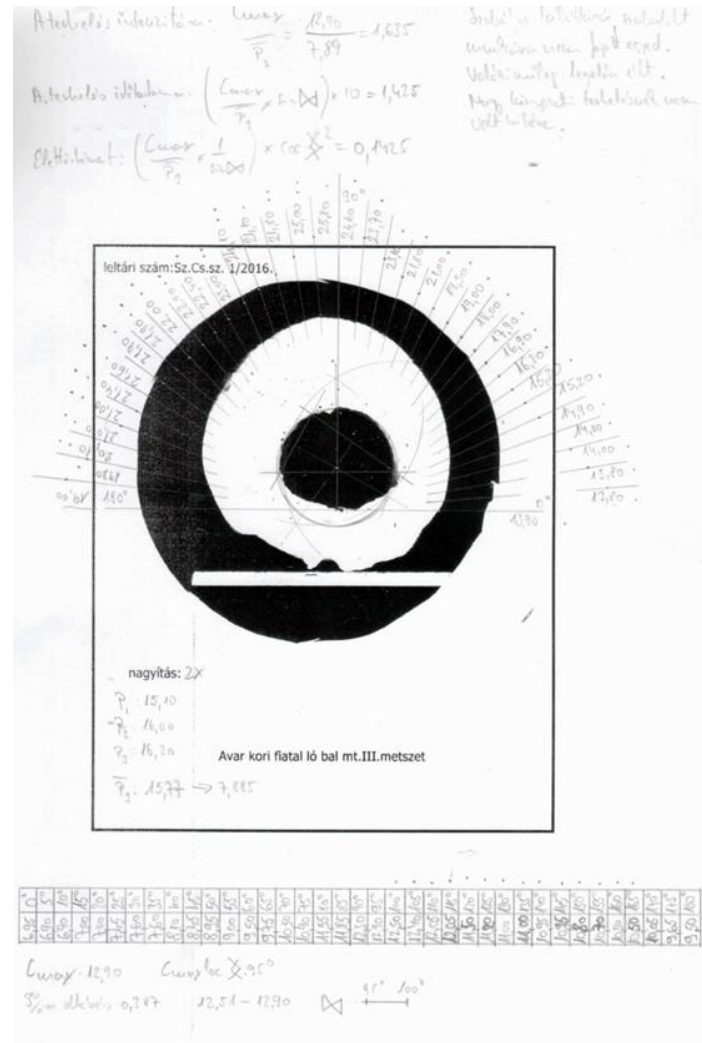
c-d) X-ray images of metatarsus III

c-d) Metatarsus III. röntgenfelvételei



c) Dorso-plantar view
c) Dorso-plantáris nézet

d) Latero-medial view
d) Latero mediális nézet



e) Measurement sheet ((Szekszárd, Csontos-szurdik)
e) Vizsgálati lap (Szekszárd, Csontos-szurdik)

A BUDAPESTI NEUTRON CENTRUM RÉSZVÉTELE AZ EURÓPAI ÖRÖKSÉGTUDOMÁNYI KUTATÁSOKBAN

PARTICIPATION OF THE BUDAPEST NEUTRON CENTRE IN THE EUROPEAN HERITAGE SCIENCE PROJECTS*

KASZTOVSZKY Zsolt¹; SZENTMIKLÓSI László¹; KIS Zoltán¹; SZILÁGYI Veronika¹;
MARÓTI Boglárka¹; HARSÁNYI Ildikó¹; BELGYA Tamás¹; GMÉLING Katalin¹;
BAJNOK Katalin²; LEN Adél^{1,2}; KÁLI György^{1,2}; KOVÁCS Imre²;
SZÓKEFALVI-NAGY Zoltán²; ROSTA László^{1,2}

¹Energiatudományi Kutatóközpont, 1121 Budapest, Konkoly-Thege Miklós út 29-33.

²Wigner Fizikai Kutatóközpont, 1121 Budapest, Konkoly-Thege Miklós út 29-33.

E-mail: kasztovszky.zsolt@energia.mta.hu

Abstract

Since 2000, first time in the EU 5th Framework, the Budapest Neutron Centre offers the possibility for European researchers to apply for beamtime for their own research, in the frame of the NMI3 project. The European Community has launched the first user access program in Heritage Science, called LABS TECH in 2001. Hungary did not participate in LABS TECH and the subsequent EU-ARTECH program, yet. From 2006 to 2010, the PGAA laboratory has participated in the ANCIENT CHARM project, which aimed to develop a new method to be applied in Heritage Science. From 2009 onwards, within the CHARISMA, IPERION CH and IPERION HS projects, researchers of Heritage Science can apply for access to various large facilities, such as the Budapest Neutron Centre. According to the plans, an integrated European Research Infrastructure for Heritage Science (E-RIHS) will start to operate from 2022. Currently, the preparation for its normal operation is running. Hungary expressed its commitment to take part in the future European Heritage Science activity.

Kivonat

A Budapesti Neutron Centrum 2000-től, az EU 5. Keretprogramjától kezdve lehetőséget nyújt az európai kutatóknak, hogy az NMI3 projekt keretében egyes kísérleti berendezések mérési idejére pályázzanak saját kutatási témákkal, köztük alkalmanként örökségtudományi tárgyú mérési tervekkel. Az Európai Közösség 2001-ben indított először kifejezetten örökségtudományi tárgyú projektet, LABS TECH néven. Ebben, és a következő EU-ARTECH programban Magyarország még nem működött közre. A BNC PGAA laboratóriuma 2006 és 2010 között részt vett az ANCIENT CHARM módszerfejlesztési projektben. 2009-től kezdve a CHARISMA, IPERION CH és IPERION HS projektek örökségtudományi kutatásokban nyújtanak hozzáférési lehetőséget nagyberendezésekhez, köztük a BNC mérőhelyeihez. A tervek szerint 2022-től indul az E-RIHS integrált európai kutatási infrastruktúra, amely működésének az előkészítése zajlik most. Magyarország részt vesz az előkészítésben, és kifejezte szándékát az európai örökségtudományi hálózatban való részvétel iránt.

KEYWORDS: NMI3, ANCIENT CHARM, CHARISMA, IPERION CH, IPERION HS, E-RIHS

KULCSSZAVAK: NMI3, ANCIENT CHARM, CHARISMA, IPERION CH, IPERION HS, E-RIHS

Bevezetés

Kulturális örökségünk tárgyi emlékeinek természettudományos vizsgálata – hagyományos elnevezéssel archeometria, napjainkban örökségtudomány – évtizedek óta Európa és a világ kiemelt kutatási irányai között szerepel, egyike a H2020 Grand Challenges prioritásainak.

Az „örökségtudomány”, angolul „Heritage Science” egy új keletű fogalom:

(https://en.wikipedia.org/wiki/Heritage_science).

Egy olyan interdiszciplináris tudományterületet jelent, amely a humán, a természet- és a mérnöki tudományok eredményeit használja fel.

* How to cite this paper: KASZTOVSZKY Zs. et al., (2020): A Budapesti Neutron Centrum részvétele az európai örökségtudományi kutatásokban / Participation of the Budapest Neutron Centre in the European Heritage Science projects, *Archeometriai Műhely* XVII/1 87–92.

Fő célkitűzése, kulturális és természeti örökségünk megértése, gondozásának és fenntartható hasznosításának biztosítása. Segíti a múzeumi szakemberek, konzervátorok, restaurátorok, régészek munkáját. Szűkebb értelemben kulturális örökségünk tárgyi emlékeinek természettudományos vizsgálatát jelenti.

Az Európai Közösség 2001-ben, az 5. Keretprogramban indított először kifejezetten örökségtudományi tárgyú tematikus projektet, LABS TECH néven. Ebben a projektben Franciaország, Németország, Olaszország, Portugália, Egyesült Királyság, Görögország, valamint az Amerikai Egyesült Államok 11 partner intézete vett részt. A LABS TECH folytatásaként, a 6. Keretprogramban 2004-től 2009-ig futott az EU-ARTECH projekt, olasz, görög, brit és német partnerekkel. Mindkét projekt fő feladata volt, hogy integrálja az örökségtudomány területén kutatásokat végző, ún. nagyberendezéseket (kutatóreaktorokat, spallációs neutronforrásokat, részecskegyorsítókat) üzemeltető vezető európai intézetek munkáját, ill. a kutatók számára hozzáférést biztosítson a kutatási eszközökhöz, valamint az azokhoz kapcsolódó műszaki és természettudományos szaktudáshoz. Az első két örökségtudományi projektben magyar kutatóintézet nem vett részt. A LABS TECH és az EU-ARTECH programokról bővebben az alábbi oldalakon lehet olvasni:

<https://cordis.europa.eu/project/rcn/53831/factsheet/en> és
<https://cordis.europa.eu/project/rcn/73812/factsheet/en>

Az NMI3 projekt (2000-2013)

A Budapesti Neutron Centrum (BNC) az MTA Csillebérci Telephelyén konzorciumban működő kutatási infrastruktúra. Kezdetben az MTA Atomenergiai Kutatóintézet, Szilárdtestfizikai Kutatóintézet, Izotópkutató Intézet és a Részecske-és Magfizikai Kutatóintézet alkották. 2012-től, az akadémiai átszervezések következtében a tagintézetek az Energiatudományi Kutatóközpont és a Wigner Fizikai Kutatóközpont lettek. 2000 és 2013 között a BNC sikeresen bekapcsolódott az Európai Unió 5., 6. és 7. Keretprogram alatt futó NMI3 (a.m. Integrated Infrastructure Initiative for Neutron Scattering and Muon Spectroscopy) projektjébe, amely keretében változatos, nem feltétlenül örökségtudományi tárgyú kutatási területeken biztosítottunk hozzáférést a neutronos berendezéseinkhez.

A kutatóreaktorokból kivezetett neutronnyalábokkal keltett kölcsönhatásokat felhasználó analitikai módszerek közös jellemzője, hogy a neutronok által keltett magreakciók általában nem okoznak semmilyen észlelhető változást a mintán. Továbbá, a vizsgált objektum szinte korlátozás nélkül behelyezhető a neutronnyalába, nincs

szükség mintavételre. Ezek a tulajdonságok kiválóan alkalmassá teszik a neutronos módszereket értékes, egyedi darabok, pld. régészeti leletek, vagy más, a természeti- és kulturális örökségünk részét képező tárgyak vizsgálatára. A mérések segítségével részben a vizsgált minták elemösszetételét, részben a szerkezetét tudjuk meghatározni roncsolásmentes módon. Ezt felismerve, a 2000-es évek elejétől egyre több örökségtudományi tárgyú mérési pályázatot fogadtunk, kezdetben az MTA Izotópkutató Intézet (2012-től az MTA Energiatudományi Kutatóközpont) által üzemeltetett prompt-gamma aktivációs analízis (PGAA), majd az MTA Szilárdtestfizikai Kutatóintézet (2012-től MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont) által üzemeltetett kismögű neutronszórás (SANS) és repülési idő-neutrongdiffrakciós (TOF-ND) berendezéseknél is. A Keretprogramok által nyújtott lehetőségeket kihasználva, többek között Lengyelországból, Németországból, Romániából érkeztek örökségtudománnyal foglalkozó felhasználók a BNC-hez, többen közülük visszatérő vendégként, végeredményül nemegyszer többéves sikeres együttműködést alapozva meg (Kasztovszky et al. 2005a, Kasztovszky et al. 2005b, Zöldföldi et al. 2004).

Az ANCIENT CHARM projekt (2006-2010)

A hazai és az európai együttműködések tapasztalatainak és sikereinek köszönhetően az akkori Izotópkutató Intézet PGAA laboratóriumát meghívták, hogy csatlakozzon a 2006 és 2010 között a 6. Keretprogramban zajló ANCIENT CHARM (a.m. Analysis by Neutron resonant Capture Imaging and other Emerging Neutron Techniques: new Cultural Heritage and Archaeological Research Methods) projekthez (Kasztovszky & Belgya 2006a). Az ANCIENT CHARM egy, az archeometriában alkalmazandó módszertani fejlesztéseket célzó kutatási projekt volt. Fő célkitűzése volt egy, az ismert neutronos technikákat továbbfejlesztő, az archeometriában alkalmazható, a képalkotást, az elemanalitikára és a szerkezetvizsgálatot integráló módszer kidolgozása. A projekt koordinátora a milánói Università degli Studi di Milano-Bicocca volt, további résztvevők voltak: a római Università degli Studi di Roma Tor Vergata, a bonni Rheinische Friedrich-Wilhelms Universität, a Kölni Egyetem, a Delfti Műszaki Egyetem, a Leideni Egyetem, a geeli Institute for Reference Materials and Measurements in Geel, a didcoti Central Laboratory of the Research Councils (ISIS), valamint Magyarországról a Magyar Nemzeti Múzeum és az MTA Izotópkutató Intézete. A projekt során a Budapesti Neutron Centrumban megépítettük az ún. NIPS-NORMA berendezést, amelyet azóta rutinszerűen alkalmazunk a neutronos képalkotást és

elemanalízist egyesítő ún. PGAI-NT mérésekre, többek között örökségtudományi kutatásokban (Kasztovszky & Belgya 2006b, Belgya et al. 2008). Az ANCIENT CHARM projektről az Európai Közösség hivatalos oldalán olvashatók további részletek:

<https://cordis.europa.eu/project/rcn/81178/factsheet/en>

A CHARISMA és IPERION CH projektek (2009-2014 és 2015-2019)

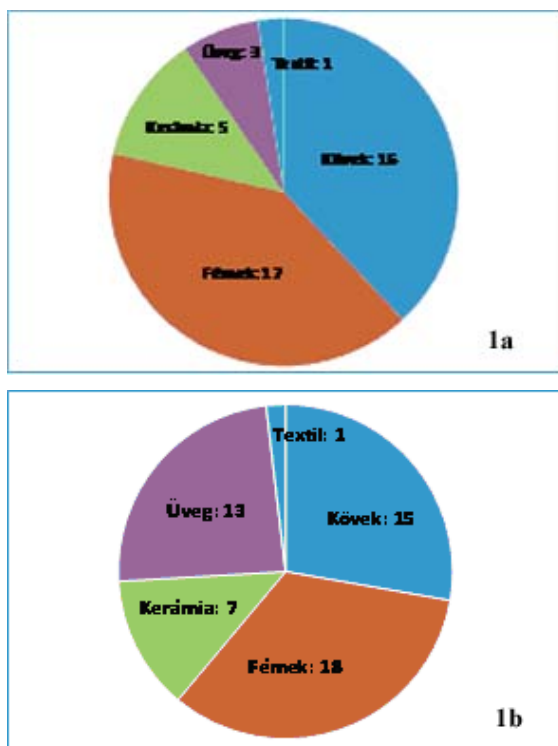
A CHARISMA (a.m. Cultural Heritage Advanced Research Infrastructures: Synergy for a Multidisciplinary Approach to Conservation / Restoration) volt az első olyan kizárólagosan örökségtudományi témájú, európai kutatóknak mérési lehetőséget biztosító program, amelynek magyar kutatóintézet is tagja volt. A 2009 és 2014 között zajló CHARISMA programban 11 ország 21 intézete vett részt, a koordinátor intézmény a Perugiai Egyetem volt. A projekt a korábbi EU-ARTECH projekt továbbfejlesztéseként működött. A nemzetközi mobilitási lehetőséget három „platformon” keresztül lehetett igénybe venni. Az ún. ARCHLAB platform hozzáférést biztosított a kutatók számára nagy európai múzeumok (pld. a Prado, Louvre, National Gallery, Opificio delle Pietre Dure, Rijksmuseum) archívumaihoz. A MOLAB platformon keresztül mobil laboratóriumi szolgáltatásra lehetett pályázni, amely keretében a szolgáltató laboratóriumok hordozható, többnyire teherautóval szállított műszerparkjukkal helyhez kötött kulturális emlékeket (épületeket, nagyobb festményeket, szobrokat, vagy régészeti ásatások helyszínét) tudtak vizsgálni. Végezetül, az ún. FIXLAB platformon keresztül a kutatók a legmodernebb európai nagyberendezések műszereihez, mérőrendszereihez nyújthattak be pályázatot vizsgálatokra, amennyiben a vizsgálandó anyag szállítása megoldható volt. A CHARISMA projekt FIXLAB platformjában négy európai nagyberendezés vett részt szolgáltatóként. A párizsi Louvre laboratóriuma, az AGLAE már a korábbi hasonló „access-programoknak” is fontos szereplője volt. Ebben a laborban főleg lineáris gyorsítóra telepített ionnyaláb-analitikai berendezések működnek. A FIXLAB másik francia tagja a SOLEIL szinkrotronnál üzemelő IPANEMA laboratórium, amely különböző, szinkrotron-sugárzásra alapuló elemanalitikai és szerkezetvizsgáló módszert állít az örökségtudomány szolgálatába. A FIXLAB közösség két új magyar tagja a debreceni Atomki ionnyaláb-analitikai laborja – amely kutatói szintén több évtizedes örökségtudományi tapasztalattal rendelkezik –, valamint a Budapesti Neutron Centrum, a korábban már említett berendezéseivel. Az európai örökségtudományi projektek során ez volt az első lehetőség, hogy neutronos technikákat is választhattak a felhasználók. A CHARISMA,

majd később az IPERION CH projektek tudományos eredményei bebizonyították, hogy a különböző vizsgálati módszerek együttes, egymást kiegészítő alkalmazásai jelentősen javítják a kutatás hatékonyságát. Az „access programok” igénybevételének általános szabálya, hogy a hosszabb-rövidebb kutatási projektekre kutatási tervet kell benyújtani, amelyet nemzetközi bizottság bírál. A sikeres pályázatok kiválasztása szigorúan szakmai alapon történik. A nyertes pályázók egyeztetnek a mérési lehetőséget kínáló laborral, akik a szabad kapacitásuk függvényében fogadják a vendégkutatót. Fontos megjegyezni, hogy ezeknek a projekteknek a keretében egy adott nagyberendezéshez a saját országa kutatói nem adhatnak be mérési pályázatot, mivel ezek a projektek kifejezetten a tagországok közötti együttműködést és kutatói mobilitást hivatottak támogatni.

A CHARISMA projekt az eredeti négy év futamidőn túl egy év hosszabbítási lehetőséget nyert. Ezalatt a Budapesti Neutron Centrumban közel 40, jellemzően 3-4 napos, akár több technikát is igénybe vevő rövid mérési projektet bonyolítottunk le, összesen mintegy 300 „műszernapot” szolgáltattunk. Természetesen a mérési projektek a BNC részéről nem csupán a neutronok vagy a protonok szolgáltatását jelentik, hanem az örökségtudományi szaktudás és tapasztalat hozzáadását is. A BNC-ben PGAA, TOF-ND, SANS és PIXE módszereket alkalmazva, elsősorban köeszközök, kerámiák, fémek, üvegek nyersanyag-eredetét (provenienciáját) vizsgáló kutatásokban vettünk részt. A mérések megoszlását a vizsgált minták anyaga szerint az **1a ábra** mutatja. A CHARISMA projektről az Európai Közösség hivatalos oldalán található további információ:

<https://cordis.europa.eu/project/rcn/92569/factsheet/en>

A sikeres program lényegében változatlan folytatása volt a 2015 és 2019 között a Horizon 2020 keretében zajló IPERION CH (a.m. Integrated Platform for the European Research Infrastructure ON Cultural Heritage) projekt, amelyben a BNC a korábbiakhoz hasonló feladatokat vállalt. A CHARISMA projektben igénybe vehető berendezéseken kívül a BNC a felújított neutronaktivációs analitikai (NAA) és neutronradiográfias laboratóriumok kapacitásának egy részét is elérhetővé tette a pályázók számára. Ez a projekt fél év hosszabbítással, 2019-ben zárult. A projekt során összességében 54 mérési feladatban 280 „műszernapot” szolgáltattunk. Az elvégzett mérések megoszlását a vizsgált anyagtípusok szerinti **1b ábra** mutatja.



1a-b ábra: A CHARISMA (a) és az IPERION CH (b) projektekben a Budapesti Neutron Centrumhoz benyújtott mérési pályázatok száma a vizsgált anyag típusok szerint

Fig. 1a-b: Number of the submitted proposals to the Budapest Neutron Centre according to the investigated material, within the CHARISMA (a) and the IPERION CH (b) projects

Az IPERION CH projektről az Európai Közösség hivatalos oldalán található további információ: <https://cordis.europa.eu/project/rcn/198068/factsheet/en>. A CHARISMA és az IPERION CH keretében a BNC-be érkező vendégkutatók munkahelyének országokénti megoszlását az **1. táblázat** mutatja. Az elvégzett mérésekből számos fontos, a méréseket végző kollégákkal közösen jegyzett publikáció született (többek között Mödler et al. 2013, Rehren et al. 2013, Abraham et al. 2014, Watkinson et al. 2014, Corsi et al. 2015, Zacharias et al. 2018).

Az IPERION HS és E-RIHS projektek (2020-)

A korábbi sikerek hatására 2020-ban elnyertük az IPERION HS (a.m. Integrated Platform for the European Research Infrastructure ON Heritage Science) projektet is, amely az utolsó, a korábbi elvek szerint támogatást nyújtó „access program”, az előző IPERION CH-től azonban néhány lényeges dologban eltér. Jelentősen megnőtt a projektben részt vevő, „szolgáltató” intézmények száma: 21 európai ország és az Egyesült Államok is részt vesz.

1. táblázat: A CHARISMA és az IPERION CH projektekben a Budapesti Neutron Centrumhoz benyújtott mérési pályázatok száma a pályázók munkahelyének az országa szerint

Table 1.: Number of the submitted proposals to the Budapest Neutron Centre according to the countries of the proposers' affiliation

	CHARISMA	IPERION CH
Ausztria	3	1
Bulgária	1	-
Csehország	-	1
Egyesült Királyság	8	7
Franciaország	2	2
Görögország	3	1
Horvátország	-	2
Lengyelország	2	4
Németország	4	3
Olaszország	9	10
Portugália	2	5
Románia	9	16
Szerbia	1	-
Szlovénia	-	2

Az előzőekben említett három fő platformon túlmenően az ún. DIGILAB-on keresztül lehet pályázni a múzeumok, kutatóhelyek digitális kutatási adatbázisaihoz való hozzáférésre. A projekttagok kapcsolata korábbiaktól eltérően hálózatszerű, azaz egy-egy országot képviselő intézethez (nemzeti csomópont) több más intézet is társul. Magyarországot a debreceni Atomki képviseli, hozzá társul ún. „linked third party”-ként az Energiatudományi Kutatóközpont és a Wigner Fizikai Kutatóközpont. A projekt hivatalosan 2020. április 1-jén indult, a koronavírus járvány miatt az egyes munkacsoportok eddig csupán on-line megbeszéléseket tartottak. A felhasználók a mérésidőkre 2020 nyaratól pályázhatnak, a korábbiakhoz hasonló módon. A mérési pályázatokat egy nemzetközi bizottság bírálja, rangsorolja, majd a nyertes pályázatok végrehajtásának idejéről a mérést végző laboratórium és a pályázó kutató egyeztetnek. Reményeink szerint 2021 elején kezdhetjük meg az

IPERION HS keretében benyújtott pályázatok mérését.

Az IPERION HS projektet követően megváltozik az Európai Közösség filozófiája a nemzetközi kutatások támogatását illetően. A European Research Infrastructure for Heritage Science (E-RIHS) 2016 óta önálló kutatási infrastruktúráként szerepel az „ESFRI Roadmap”-en, amelynek célja, hogy az örökségtudományi kutatók részére „in-kind” alapon működő, hosszútávon fenntartható, integrált hozzáférést biztosítson az európai kutatócentrumokhoz, az ott elérhető berendezésekhez, adatbázisokhoz és szakértelemhez. Az E-RIHS hálózathoz való csatlakozás fő kritériuma a szakmai kiválóság és kompetencia. Az E-RIHS kialakításának jelenleg egy előkészítő fázisa zajlik (E-RIHS PP), amelyben az Atomki vezetésével az EK, a Wigner FK és a Magyar Nemzeti Múzeum vesz részt, egymással konzorciumot alkotva. Az E-RIHS PP honlapja: <http://www.e-rihs.eu/>. A távlati cél nemzeti kutatási központok európai hálózatának a létrehozása. Magyarország kinyilvánította hosszú távú elkötelezettségét az európai örökségtudományi kutatásokban való részvétel mellett. Az E-RIHS hálózathoz csatlakozó tagországok a tervek szerint nemzeti jövedelmükkel arányosan hozzájárulnak a hálózat működéséhez, a kutatóközpontok pedig részben önerőből („in-kind”) vesznek részt a szakmai munkában. Az E-RIHS kutatási infrastruktúra tervezett indulása 2022.

Irodalom

ABRAHAM, E.; BESSOU, M.; ZIEGLÉ, A.; HERVÉ, M.-C.; SZENTMIKLÓSI, L.; KASZTOVSZKY, ZS.; KIS, Z. & MENU, M. (2014): Terahertz, X-ray and neutron computed tomography of an Eighteenth Dynasty Egyptian sealed pottery. *Applied Physics A* 963–972.

BELGYA, T.; KIS, Z.; SZENTMIKLÓSI, L.; KASZTOVSZKY, Zs.; KUDEJOVA, P.; SCHULZE, R.; MATERNA, T.; FESTA, G. & CAROPPI, P. A., the Ancient Charm Collaboration (2008): First elemental imaging experiments on a combined PGAI and NT setup at the Budapest Research Reactor. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 278/3 751–754.

CORSI, J.; MARÓTI, B.; RE, A.; KASZTOVSZKY, ZS.; SZENTMIKLÓSI, L.; TORBÁGYI, M.; AGOSTINO, A.; ANGELICI, D. & ALLEGRETTI, S. (2015): Compositional analysis of a historical collection of Cisalpine Gaul's coins kept at the Hungarian National Museum. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 30/3 730–737.

KASZTOVSZKY, Zs.; KUNICKI-GOLDFINGER, J.; DZIERŻANOWSKI, P.; NAWROLSKA, G. & WAWRZYNIAK, P. (2005): Történelmi üvegek

roncsolásmentes vizsgálata prompt gamma aktivációs analízissel és elektron-mikroszondával. *Archeometriai Műhely* II/1 48–56.

KASZTOVSZKY, Zs.; PANCZYK, E.; FEDOROWICZ, W.; RÉVAY, Zs. & SARTOWSKA, B. (2005): Comparative archaeometrical study of Roman silver coins by prompt gamma activation analysis and SEM-EDX. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 265/2 193–199.

KASZTOVSZKY, Zs. & BELGYA, T. (2006a): Non-Destructive Investigations of Cultural Heritage Objects with Guided Neutrons: The Ancient Charm Collaboration. *Archeometriai Műhely* III/1 12–17.

KASZTOVSZKY, Zs. & BELGYA, T. (2006b): From PGAA to PGAI: from bulk analysis to elemental mapping. *Archeometriai Műhely* III/2 16–21.

MÖDLINGER, M.; PICCARDO, P.; KASZTOVSZKY, Zs.; KOVÁCS, I.; SZŐKEFALVI-NAGY, Z.; KÁLI, Gy. & SZILÁGYI, V. (2013): Archaeometallurgical characterization of the earliest European metal helmets. *Materials Characterization* 79 22–36.

REHREN, T.; BELGYA, T.; JAMBON, A.; KÁLI, Gy.; KASZTOVSZKY, Zs.; KIS, Z.; KOVÁCS, I.; MARÓTI, B.; MARTINÓN-TORRES, M.; MINIACI, G.; PIGOTT, V. C.; RADIVOJEVIC, M.; ROSTA, L.; SZENTMIKLÓSI, L. & SZŐKEFALVI-NAGY, Z. (2013): 5,000 years old Egyptian iron beads made from hammered meteoritic iron. *Journal of Archaeological Science* 40 4785–4792.

WATKINSON, D.; RIMMER, M.; KASZTOVSZKY, Zs.; KIS, Z.; MARÓTI, B.; SZENTMIKLÓSI, L. (2014): The use of neutron analysis techniques for detecting the concentration and distribution of chloride ions in archaeological iron. *Archaeometry* 56/5 841–859.

ZACHARIAS, N.; KAPAROU, M.; OIKONOMOU, A. & KASZTOVSZKY, Zs. (2018): Mycenaean glass from the Argolid, Peloponnese, Greece: A technological and provenance study. *Microchemical Journal* 141 404–417.

ZÖLDFÖLDI, J.; KASZTOVSZKY, Zs.; MIHÁLY, J. & RICHTER, S. (2004): Honnan származik a lápisz lazuli? Roncsolásmentes eredetvizsgálat prompt gamma aktivációs analízis segítségével. *Archeometriai Műhely* I/1 16–22.

**LOVAK AZ EMBER SZOLGÁLATÁBAN A TÚLVILÁGON IS...
 EGY VASKORI LELŐHELYRÉSZ ÉS EGY RÓMAI KORI KOCSISÍR
 ÁLLATMARADVÁNYAI BUDAPEST III. KERÜLET CSILLAGHEGYI
 ÁRPÁD FORRÁSFÜRDŐ – PUSZTAKÚTI ÚT 2-6. (HRSZ: 61826/1)
 LELŐHELYRŐL**

**HORSES IN THE SERVICE OF MEN EVEN IN THE AFTERLIFE...^{*}
 ANIMAL REMAINS OF AN IRON AGE SITE AND A ROMAN CARRIAGE BURIAL
 IN BUDAPEST DISTRICT III, CSILLAGHEGYI ÁRPÁD FORRÁSFÜRDŐ -
 PUSZTAKÚTI ROAD 2-6 (TOPOGRAPHICAL NUMBER: 61826/1)**

BILLER Anna Zsófia¹

¹ BTM Aquincumi Múzeum, H-1031 Budapest, Záhony u. 4., E-mail: biller.anna@aquincum.hu

Abstract

The practice, burying carriages with their draft horses had occurred mainly among the Roman native eravisci elite's burial habits. Corpse was not always buried with the carriage and the horses. In such cases, the burial could have been symbolic or a sacrifice offered for the gods of the underworld. They believed that the death is only a new beginning, and their journey during the afterlife was helped by their chariots and horses and ended with eternal happiness.

The harnessed, sacrificed horses and the parts of the ornate but usually incomplete carriages elements were placed in the pit dug for the carriage. When the date is uncertain, the determination can be supported by the artefacts placed in the pit. The carriage burial of the Pusztakút Street (Budapest, Hungary) excavated in 2017, was previously dated to the second half of the 2nd century and at the latest to the beginning of the 3rd century. The skeletons of the two horses remained in very good condition and were laid above of the pieces of the carriage. The smaller wither height mare was approximately 8 years old, and the higher stallion was around 11-12 years old. As the horses of the native inhabitant, both horses were low and medium size. Only minimal abnormalities (signs of taphonomic processes or disease) were observed on the surface of the bones. It was not indicated by any lesions on the bones how the animal were slaughtered.

In addition to the skeleton of the horses in the carriage burial, a small number of animal remains were found in the surrounding Iron Age features. The number of the small ruminants bones (sheep and goat) was the highest among the domestic animals. The wild mammals were represented by the red deer and roe deer remains.

Kivonat

Elsősorban a római kori bennszülött eraviscus elit temetkezési szokásai között fordult elő az utazókocsik, és az azok elé fogott lovak eltemetésének szokása. A halottat nem minden esetben temették a kocsival és a lovakkal együtt a gödörbe. Ilyen esetben jelképes kocsisírokról, vagy alvilági isteneknek felajánlott áldozatról lehetett szó. Hitük szerint a halállal nem ért véget az élet, hanem csak egy hosszú útra indultak utazókocsijaik és elé fogott lovaik segítségével, amelynek végén a túlvilági lét örök boldogsága várt rájuk.

A kocsisírok számára megásott gödörbe helyezték el a felszerszámozott, feláldozott lovakat, és az elemeire bontott, diszes, de általában hiányos utazókocsik alkatrészeit. Keltetésük nem mindig egyértelmű, ehhez a kísérőleletek nyújthatnak támpontot. A 2017-ben feltárt, és előzetesen Kr.u. 2. század második felére, legfeljebb a 3. század elejére keltezett Pusztakúti úti kocsisír esetében a kocsi alkatrészek tetején feküdt a két leölt ló igen jó állapotú csontváza: egy 8 év körüli, kisebb testű kanca, és egy 11-12 év körüli nagyobb testű mén. A lovak a bennszülöttek lovaira jellemző alacsony-közepes testűek volt, és csak nagyon minimális rendellenesség

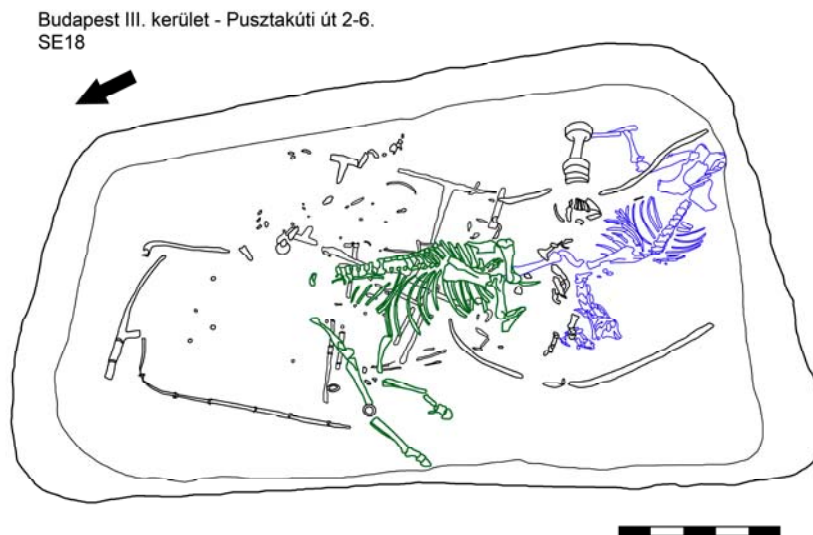
^{*} How to cite this paper: BILLER A. Zs., (2020): Lovak az ember szolgálatában a túlvilágon is... / Horses in the service of men even in the afterlife... (in Hungarian with English abstrast), *Archeometriai Műhely* XVII/1 93–104.

(tafonómiai folyamatok vagy betegség jele) volt a csontok felületén megfigyelhető. A leölésük módjára nem utal semmilyen, csontokon megfigyelhető elváltozás.

A kocsisír lovainak csontvázán túl még a vaskorra keltezett objektumokból kerültek elő kis számban állatmaradványok. A háziállatok közül a kiskérődző (juh és kecske) csontok száma volt a legmagasabb, a vadak közül gímszarvas és őz maradványai fordultak elő.

KEYWORDS: ROMAN PERIOD, CARRIAGE BURIAL, HORSES, HUNGARY, BUDAPEST

KULCSSZAVAK: RÓMAI KOR, KOCSISÍR, LOVAK, MAGYARORSZÁG, BUDAPEST



1. ábra: A lovak elhelyezkedése a gödörben ásatási fotók alapján készült vázlatos rajzon, némi torzulással, nem teljesen felülnézeti ábra (Grafika: Biller Anna Zsófia)

Fig. 1.: The position of the horses (after excavation photos). The drawing is schematic, with some distortion, not total top view (Graphic: Anna Zsófia Biller)

Bevezetés

A lelőhelyen 2017 márciusa és júliusa között folyt 3000 m²-en a teljes felületű megelőző feltárás a Budapesti Történeti Múzeum Aquincumi Múzeuma által, a Magyar Nemzeti Múzeum szakértőinek bevonásával. A feltárás Vass Lóránt, Mráv Zsolt és Schilling László régészek irányításával zajlott, és a két múzeum restaurátorai (Nagy Melinda, Szatmáriné Bakonyi Eszter és Ujvári Gábor) végezték a kocsisír leleteinek szakszerű konzerválását és azok kiemelését.

A Csillaghegyi strandfürdő területén ezidáig nem került elő ismert dokumentált régészeti jelenség, viszont a lelőhely környezetében talált és feltárt régészeti objektumok arról árulkodnak, hogy a fürdő környezete szinte az összes régészeti korszakban kedvelt térség volt (Vass & Mráv 2020, 56.). Vass Lóránt először egy kora vaskori (Hallstatt C) lelőhely nyomaira bukkant a területen, majd előkerült egy bolygatott gyereksír, és ennek közelében – a munkaterület déli, középső részén – egy vélhetően hozzá kapcsolódó, római kori, négykerekű, díszített utazókocsi maradványait

tartalmazó kocsisír is. A kocsi hátoldalán tíz figurális bronzszobor Bacchust (a bor istenét, aki örök boldogságot kínált híveinek a túlvilágon) és kíséretét, Pánt, a szatüroszokat és a bacchánsnőket ábrázolta. A kocsi ülése és felépítménye is előkerült, valamint karnisrudak és réz függönykarikák, amelyek segítségével elfüggönyözhető lehetett a kocsi.

A kocsisír az utazókocsi fém alkatrészein túl két felszerszámozott ló maradványát is tartalmazta. A lovakat azután helyezték a gödörbe, miután a szétszerelt kocsi alkatrészeket betették (Vass 2017). A két ló az objektum déli részén helyezkedett el, egymást kissé fedve a nyakuk táján (**1. ábra**). Az északabbra elhelyezkedő ló koponyája a földmunkák során megsérült. Az egyik ló kantárját trombitamustrás áttört veretpár díszítette, a befogásukra szolgáló fa jármot pedig makkos bronz szárvezető karikákkal látták el. A kantárveretek készítését az Antoninus korra tehetjük, amely a csillaghegyi kocsit előzetesen a Kr. u. 2. század második felére, legfeljebb a 3. század elejére keltezi (Mráv 2017, 84-85.).

1. táblázat: A lelőhelyről származó vaskori és római kori állatmaradványok faunalistája**Table 1.:** Faunalist of the Pusztakúti Street 2-6 from the Iron Age and the Roman Period

Állatfaj	vaskor (Ha C)			római			Összesen		
	N	NISP	%	N	NISP	%	N	NISP	%
Szarvasmarha / <i>Bos taurus</i> (Linnaeus 1758)	19	19	13,9				19	19	13,7
Juh / <i>Ovis aries</i> (Linnaeus 1758)	1	1	0,7				1	1	0,7
Kecske / <i>Capra hircus</i> (Linnaeus 1758)	1	1	0,7				1	1	0,7
Juh/Kecske / <i>Ovis aries/Capra hircus</i>	37	42	27				37	42	26,6
Házisertés / <i>Sus domesticus</i> (Linnaeus 1758)	21	21	15,3				21	21	15,1
Háziló / <i>Equus caballus</i> (Linnaeus 1758)				2	498	100	2	498	1,4
Házikutya / <i>Canis familiaris</i> (Linnaeus 1758)	5	48	3,6				5	48	3,6
Háziemlős összesen	84	132	61,3				86	630	61,8
Gímszarvas / <i>Cervus elaphus</i> (Linnaeus 1758)	5	5	3,6				5	5	3,6
Európai őz / <i>Capreolus capreolus</i> (Linnaeus 1758)	1	1	0,7				1	1	0,7
Vademlős összesen	6	6	4,4				6	6	4,3
Madár / <i>Aves</i> indet.	2	2	1,5				2	2	1,4
Madár összesen	2	2	1,5				2	2	1,4
Folyami kagyló / <i>Unio</i> sp. (Linnaeus 1758)	1	1	0,7				1	1	0,7
Puhatestű összesen	1	1	0,7				1	1	0,7
Nyúl méretű emlős	1	1	0,7				1	1	0,7
Kutya méretű emlős	3	3	2,2				3	3	2,2
Kispatás	27	27	19,7				27	27	19,4
Nagypatás	13	13	9,5				13	13	9,4
Nem meghatározható összesen	44	44	32,1				44	44	31,6
Összesen	137	185	100	2	498	100	139	683	100

A régészeti állattani leletanyag

A lelőhelyről viszonylag kisszámú állatmaradvány került felszínre [N(=feldolgozott rekordszám, amely az összefüggő vázrészeket egyként kezeli)=139; NISP(=Number of Individual Specimens / meghatározott töredékek száma)=683; összsúly=25,35 kg; **1. táblázat**]. A fajilag pontosan nem meghatározott töredékek (N=44; NISP=44; 31,6%) beazonosítása a jellegzetes anatómiai jegyek hiányában nem volt lehetséges. A töredékek mérete alapján ezek nyúl, ill. kutya méretű emlős, valamint kispatás és nagypatás méretkategóriába sorolhatók. Az állatmaradványok összesen tíz stratigráfiai egységből (kilenc gödörből – N=137/NISP=185 és egy kocsisírból – N=2/NISP=498) származtak (**1. táblázat**).

A csontanyagban hat összefüggő vázrész volt. Három, vaskori objektumból származó kutya (SE1: NISP=41; SE4: NISP=2; SE5: NISP=3), egy kiskérődző (SE2-4: NISP=2), és a kocsisír két lova (SE18: I. ló NISP=231; II. ló NISP=267). Lényeges hangsúlyozni jelen anyag esetén az összefüggő vázrészek fontosságát, és a töredékszámok

megadásában betöltött szerepüket, ugyanis a két lócsontváz és a kutya összefüggő és egy egyedhez tartozó maradványai „1”-ként szerepelnek az „N” oszlopban, mivel a vázrészek egyes csontjai (=NISP) félrevihetnék az egyes, nagyobb vázrészekkel szereplő fajok jelentőségét a fajösszetétel tekintetében. Így bár összesen (NISP=) 498 lómaradvány került elő a lelőhelyről, ugyanakkor ez a csontmennyiség két egyedhez tartozott.

A teljes leletanyagban a háziemlősök aránya volt a legnagyobb, azon belül is a kiskérődző maradványok száma. A vad fajok közül gímszarvas és őz szerepelt (**1. táblázat**).

Megtartás

A maradványok mérete 3-466 mm közötti volt. A vaskori leletanyag lényegesen töredékesebb volt. Égett, gyökérnyomos, rágott és a talaj savasságától roncsolódott felületű maradványok is előkerültek. Patológias elváltozás nyomai nem voltak ezeken a csontokon, feldolgozás (vágás és bárdolás) nyomai viszont igen.



2. ábra: Réz okozta elszíneződés a II. ló (kanca) jobboldali kézközépcsontján és 1. ujjpercén (Fotó: Biller Anna Zsófia)

Fig. 2.: Discolouration caused by copper on the right metacarpal and phalanx I of the horse II (mare) (Photo by Anna Zsófia Biller)

2. táblázat: A vaskori objektumokból előkerült főbb gazdasági haszonállatok életkor szerinti megoszlása

Table 2.: The age distribution of the main livestock (cattle, sheep/goat, pork) from the Iron Age features

	foetus	neonatus	juvenilis	subadultus	adultus	maturus	kérdéses
szarvasmarha	0	1	1	0	5	0	12
juh/kecske	0	0	2	1	6	0	30
hájisertés	0	1	7	0	2	0	11

A testrégió megoszlás összevetve a főbb gazdasági haszonállatok életkor szerinti megoszlásával (**2. táblázat**) arra utal, hogy a szarvasmarhákat és a kiskérődzőket húruk, bőrük hasznosítása (elsődleges hasznosítás) mellett sok esetben kifejtett korukig életben tartották, azaz a tejüket és az erejüket is hasznosították, juhok esetében a

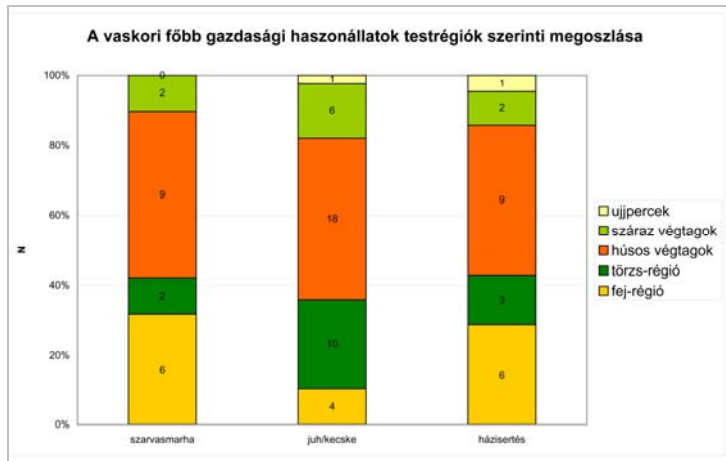
A két római kori ló csontváz igen jó megtartású volt, sok ép csonttal. A feltárás során azonban a munkagép a magasabban helyezkedő csontokat (koponya) roncsolta. A lócsontok felületén gyökérmomok és a talaj savasságának hatása volt megfigyelhető. A sír déli részében található ló (II. ló) behajtott lábára utólag ráborult a kocsiszekrény. A fejfelé bedobott kocsi (Vass 2017) bronzdíszének oxidációja zöldre festette a ló csontjainak egy részét (**2. ábra**), valamint megfigyelhetőek voltak vas okozta elszíneződések is helyenként. Feldolgozásra, valamint a leülés módjára utaló nyomok nem voltak a ló maradványokon.

A vaskori (Hallstatt C – Kr.e. 8-7 századi) állatmaradványok

A munkaterület É-ÉK-i és középső részében elhelyezkedő vaskori objektumokból – szemetesgödörökből, tárológödörökből – származó maradványok száma igen csekély volt, nem érte el az 500 db-os csontszámot, ami az archaeozoológiai gyakorlat szerint elégséges mintanagyság lehetne egy alaposabb elemzés elvégzéséhez, így csupán vázlatos információk adhatók a kevesebb, mint 200 maradvány alapján. Ezek a vaskori jelenségek lehetséges, hogy a szomszédos telkeken megfigyelt őskori (késő bronzkori – kora vaskori) telep(ek) folytatásai (Vass & Mráv 2020, 57.).

A háziállatok közül a kiskérődző (juh és kecske) csontok száma volt a legmagasabb, a vadak közül gímszarvas és őz maradványai fordultak elő. A legfőbb gazdasági haszonállatok (szarvasmarha, kiskérődzők, sertés) csontjainak testrégiók szerinti megoszlása alapján látszik, hogy mindegyik faj esetében a húsos végtagok csontjai kerültek elő a legnagyobb számban, amelyet a törzs- vagy a fejrégió csontjai követtek (**3. ábra**).

gyapjukat is (másodlagos hasznosítás). A sertés elsődlegesen hús- és zsírhasznú faj, fiatalabb korokban vágják le őket a zsenge hús érdekében. A háziállatok feldolgozására a nagyobb darabokra történő aprítás nyomai és a vágásnyomok is utalnak.



3. ábra:

A vaskori objektumok főbb gazdasági haszonállatainak testrégiók szerinti megoszlása

Fig. 3.:

Body region distribution of the main livestock (cattle, sheep/goat, pork) from the Iron Age features

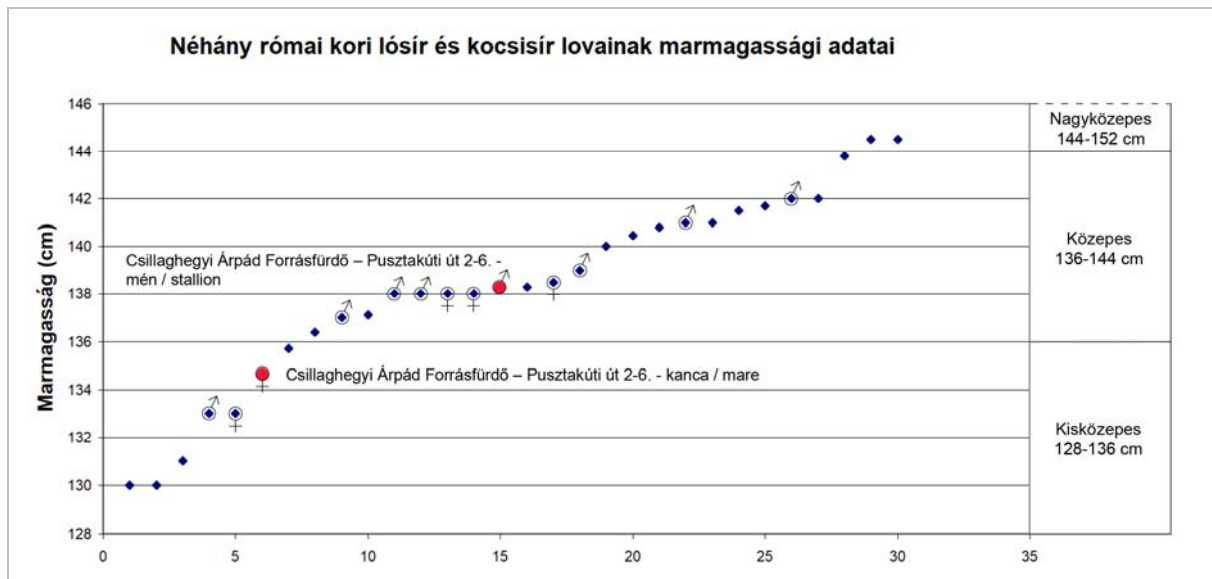
3. táblázat: A vaskori kutya csontok és a római kori kocsisír lovainak marmagassági adatai

Table 3: Wither height data of the Iron Age dog bones and the horses from the Roman chariot burial

Állatfaj	Váزرész	Teljes hossz GL (mm)	Prox. szélesség BP (mm)	Prox. mélység DP (mm)	Diaphy. szélesség SB (mm)	Diaphy. mélység SD (mm)	Dist. szélesség DB (mm)	Dist. mélység DD (mm)	Marmagasság (cm)	
									Vitt	Kiesewalter
Házikutya - vaskor	Tibia	158	32	33	11	11	21	15	46,136 (közepes)	
	Tibia	157	32	33	10	11	21	16	45,844 (közepes)	
									Vitt	Kiesewalter
Háziló (I. ló) - római	Jobb metacarpus	225	51	33	35	24	48	38	138,85	141,02
	Bal metacarpus	228	51	33	34	26	48	39	140,44	142,943
	Jobb metatarsus	270	51	44	32	27	49	38	141,5	141,245
	Bal metatarsus	272	52	44	33	26	50	39	142,56	142,311
	Jobb humerus	287	94	101	37	44	76	83	134,8	143,5
	Bal humerus	-	-	-	38	43	77	82	-	-
	Jobb radius	-	83	48	39	30	73	38	-	-
	Bal radius	-	84	44	-	28	73	38	-	-
	Jobb femur	389	117	84	43	49	91	119	135,6	136,539
	Bal femur	389	118	87	43	49	89	120	135,6	136,539
	Jobb tibia	-	96	91	41	30	74	45	-	-
	Bal tibia	347	-	91	42	32	-	-	136,8	151,292
Háziló (II. ló) - római	Jobb metacarpus	219	48	33	33	22	49	36	135,67	137,174
	Bal metacarpus	218	48	33	33	22	48	36	135,14	136,533
	Jobb metatarsus	262	49	38	31	25	46	36	137,26	136,981
	Bal metatarsus	262	51	39	33	25	48	38	137,26	136,981
	Jobb humerus	289	93	92	34	42	71	80	135,6	144,5
	Bal humerus	282	92	97	34	43	72	78	132,8	1410
	Jobb radius	325	79	43	38	27	61	37	134	141,05
	Bal radius	323	81	41	37	28	61	37	133,2	140,182
	Jobb femur	384	111	85	41	44	84	119	133,6	134,784
	Bal femur	-	-	-	42	50	83	-	-	-
	Jobb tibia	338	93	89	38	29	68	43	133,2	147,368
	Bal tibia	338	93	90	39	30	68	46	133,2	147,368

4. táblázat: Néhány római kori kocsi- és lósírokból származó lovak főbb adatai**Table 4.:** Main data of some horses from carriage- and horse burials from the Roman Period

Lelőhely	Sír típusa	Ló neme	Ló életkora	Ló marmagassága (cm)	Irodalom
Budakeszi Széchenyi u. 104-106.	Kocsisír (lovak + kutya)	?	?	1. ló: 144,5 2. ló: 144,5 3. ló: 137,1	Vörös 2010, 232., Mráv 2002, 174.
Budaörs Kamaraerdei-dűlő	79. lósír	Mén	Adultus	141	Mráv 2016, 490. (Kőrösi Andrea határozása)
	83. lósír	?	Adultus	?	Mráv 2016, 493. (Kőrösi Andrea határozása)
	86. lósír	?	3 éves	142	Mráv 2016, 493. (Kőrösi Andrea határozása)
	117. kettős lósír	1. ló: mén 2. ló: mén	1. ló: 3 éves 2. ló: 5-6 év körüli	1. ló: 133 2. ló: 138	Mráv 2016, 493. (Kőrösi Andrea határozása)
	124. kocsisír – négykerekű kocsiával	1. ló: kanca 2. ló: kanca	1. ló: 3 éves 2. ló: 7 év körüli	1. ló: 138 2. ló: 138	Mráv 2016, 496. (Kőrösi Andrea határozása)
	125. kocsisír – négykerekű kocsiával	1. ló: kanca 2. ló: kanca	1. ló: 10 év körüli 2. ló: adultus	1. ló: 138,5 2. ló: 133	Mráv 2016, 501. (Kőrösi Andrea határozása)
	126. kocsisír – kétkerekű kocsiával	1. ló: mén 2. ló: mén 3. ló: ?	1. ló: 4-4,5 éves 2. ló: 4-4,5 éves 3. ló: 3 éves	1. ló: 137 2. ló: 138 3. ló: 141	Mráv 2016, 508. (Kőrösi Andrea határozása)
162. kocsisír – négykerekű kocsiával	1. ló: mén 2. ló: mén	1. ló: 4 éves 2. ló: adultus	1. ló: 139 2. ló: 142	Mráv 2026, 503. (Kőrösi Andrea határozása)	
Budapest – Bécsi út 96/b	162. kocsisír – négykerekű kocsiával	1. ló: kanca 2. ló: kanca	1. ló: 3,5 éves 2. ló: 18 éves	?	Facsády 2004, 28. (Lyublyanovics Kyra határozása)
Inota 1. halom 2. halom	2.gödör – lósír	?	?	138,3	Vörös 2010, 232.
	2. gödör – 1 kocsisír	?	?	143,8	Vörös 2010, 232.
	3. gödör – kettős lósír	?	?	1. ló: 141,5 2. ló: 141,7	Vörös 2010, 232.
Kozármisleny Rákóczi út 37.	Kocsisír	?	1. ló: 4-4,5 éves 2. ló: 4-4,5 évesnél valamivel fiatalabb	1. ló: 140,45 / 139,7 2. ló: 136,38 / 136,2	Bökönyi 1989, 54-55. / Vörös 1999, 128.
Mözs – Kakasdomb	Lósír	?	?	131	Vörös 2010, 232.
Nagykanizsa	42. sír (ló + kutya)	?	2-2,5 éves	140,8	Vörös 2010, 229.
Solymár Dinnyehegy	Lósír	?	?	135,7	Vörös 1991, 354.
Szöny / Brigetio – Gerhát-temető	Lósír	?	?	140	Vörös 1999, 128.
	Kettő lósír (2 ló + kutya)	?	?	1. ló: 130/135 2. ló: 130	Vörös 1999, 128.
Csillaghegyi Árpád Forrásfürdő – Pusztakúti út 2-6.	Kocsisír – négykerekű kocsiával	1. ló: mén (herélt?) 2. ló: kanca	1. ló: 11-12 év körüli 2. ló: 8 év körüli	1. ló: 138,27 2. ló: 134,63	



4. ábra: Néhány római kori lósír és kocsisír lovainak marmagassági adatai

Fig. 4.: Wither height data of some horses from Roman Period horsegraves and carriage burials

Marmagasság számításához szükséges méretadatokat csupán két kutya sípcsontból lehetett felvenni (3. táblázat). Az egyik sípcsont teljes hossza alapján (GL=157 mm) egy 45,8 cm-es marmagasságú, míg a másik sípcsont alapján (GL=158 mm) egy 46,1 cm-es kutyát (Koudleka 1885, 127-153.) lehetett azonosítani. Mindkettő méretadat közepes testű kutyára utal.

A római kori kocsisír lovairól

Testméret

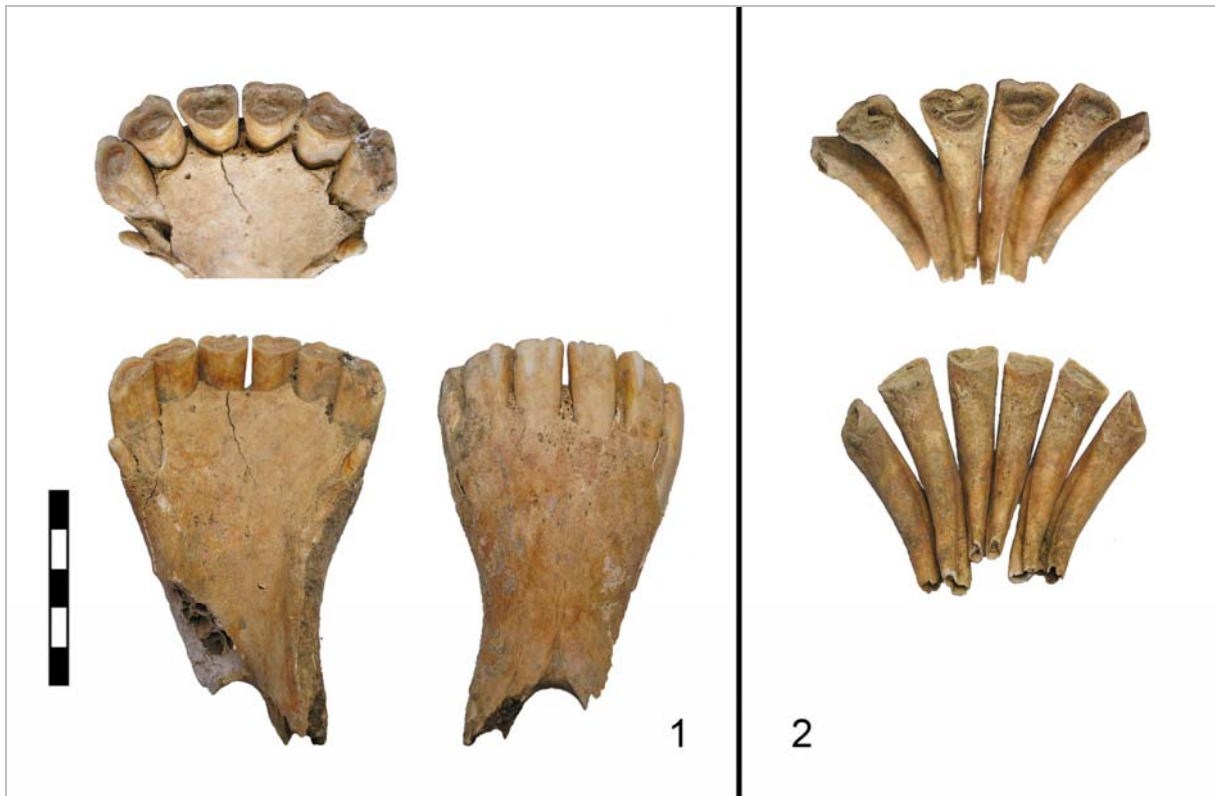
A két ló esetében szinte minden marmagasság számításához szükséges hosszúságot rendelkezésre állt. A marmagasság számítás Vitt (1952, 163-203.) és Kiesewalter (1888.) módszerrel is elvégezhető volt (3. táblázat). Az eredmények értékeléséhez a Vitt féle számítás eredményeit használtam. Ehhez a hosszúságok (karcson, orsócsont, combcsont, sípcsont, kéz- és lábközépcsontok) teljes hosszának méretei szükségesek. Az I. ló hosszúságok alapján felvett marmagassági értékei 134,8-142,56 cm között mozogtak. Ezen méretadatok átlaga 138,27 cm. A II. ló marmagassági értékei 132,8-137,26 cm között voltak. Átlaguk 134,63 cm. A Vitt-féle magasságkategóriák (Vitt 1952, 163-203.) értelmében az I. ló egy közepes testű ló volt, a II. ló pedig egy kisközepes ló, amelyek a bennszülött lakosság saját kis testméretű lovai lehettek (Vörös 2010, 232.).

A római provinciákban előforduló római nagyközepes és magas lovak a Mediterránium különböző helyeiről származtak (Vörös 1999, 128.). Marmagasságuk időnként a 160 cm-et is elérhette (Bökönyi 1989, 53.). Ehhez képest a bennszülöttek lovainak marmagassága jóval alul maradt. Erről tanúskodnak a többi pannoniai bennszülött kelta településekről, vagy akár a lótemetkezésekből, kocsisírokból ismert lovak méretei is (4. táblázat; 4. ábra), illetve Közép- és Nyugat-Európa germán és kelta településeiről ismert lovaké, amelyekre az alacsony-közepes testmagasság volt jellemző (Vörös 1991, 354.; Vörös 1999, 128.).

Nem és életkor

Az I. ló esetében a maxillaris fogorban szerepelt egy kisebb szemfog, így ez az egyed valószínűleg hím, a kis szemfogból ítélve pedig herélt ló lehetett. Ez amiatt is feltételezhető, mert egy csődör természeténél fogva nagy valószínűséggel nem férne meg nyugodtan egy kanca mellett. A kis szemfog időnként előfordul nőstények esetében is, viszont a kocsisír két ló közötti méretkülönbség a nemek közötti méretbeli eltérésekből (nemi dimorfizmus) eredhet, így valószínűbb, hogy az I. ló hím volt. A II. ló esetében nem volt megfigyelhető szemfog, így ő kanca lehetett.

A csontozat állapota alapján mindkét ló adultus (azaz kifejlett) korú lehetett. A metszőfogak kopottsága alapján lehetett árnyalni a képet: az I. ló eszerint 11-12 év körüli, míg a II. ló 8 év körüli lehetett (5. ábra 1-2.).



5. ábra: 1., Az I. ló (hím) incisivusai a mandibula töredékével; 2., A II. ló (kanca) mandibularis incisivusai (Fotó: Biller Anna Zsófia)

Fig. 5.: 1., Incisors and fragment of the mandible of the stallion (horse I); 2., The mandibular incisors of the mare (horse II) (Photo by Anna Zsófia Biller)



6. ábra: 1., Processus transversusok mentén összenőtt ágyékesigolyák (hím - I. ló); 2., 1. nyakcsigolya kisebb mértékű csontfelrakódással (kanca - II. ló) (Fotó: Biller Anna Zsófia)

Fig. 6.: Accreted lumbar vertebrae along processus transversus (stallion – horse I); 2., Atlas with minor bone accretions (mare – horse II) (Photo by Anna Zsófia Biller)



7. ábra: Csontburjánzásos caudalis ízületi felszínű hátsigolyák (hím - I. ló) (Fotó: Biller Anna Zsófia)

Fig. 7.: Vertebrae with bone proliferation at the caudal surface of the articulation (stallion – horse I) (Photo by Anna Zsófia Biller)

Patológiás elváltozások

A vaskori maradványokon nem voltak megfigyelhetőek csonttani tüneteket produkáló betegség nyomai. A kocsisír lovainak csontjai között viszont volt nyolc kisebb mértékű elváltozás. Az I. ló két ágyécsigolya összenőtt (**6. ábra 1.**), a II. ló első nyakcsigolyájának a ventralis ívén, a cranialis ízületi felülethez közelebb kisebb mértékű csontfelrakódás látszódott (**6. ábra 2.**), az I. ló öt hátsigolyáján pedig csontburjánzás nyomait lehetett észlelni (**7. ábrán** kettő hátsigolya szerepel az ötből). Ezek az elváltozások nem túlzott mértékű rendellenességek, a felnőtt lovaknál előfordulhatnak, és valószínű nem okoztak korlátozást a mozgásukban.

A kocsisírok temetkezésének szokása

A lovakkal együtt eltemetett kocsik rítusa elsősorban a rangosabb kelta származású eraviscusok szokása volt. A rómaiakra nem volt jellemző ez a fényűző temetkezési mód (Mráv 2009, 78.). Ez a törzs egészen a Kr.u. 1. századig alárendelt szerepet töltött be, majd miután felépült az aquincumi legiotábor (Kr.u. 89), és a település helytartói székhellyé vált (Kr.u. 103-106), a törzs és annak fiatal elitje központi támogatást élvezett. Ennek köszönhetően előkelői római polgárjogot kaptak, és a Kr.u. 2. századtól nagy gazdagság jellemezte őket (Mráv 2014, 115-116.).

Ugyan a mindennapokban igyekeztek alkalmazkodni a római szokásokhoz, hitvilágukban megmaradtak régi szokásaik, amelyek alkalmat adtak a vagyonosabbak számára gazdagságuk megcsillogtatására is.

A kelták, így az eraviscusok túlvilágról alkotott képének rekonstrukciója – egyéb források hiányában – csupán a régészeti leletanyagok alapján lehetséges. A kelta eraviscus elit tagjai valószínűleg hittek a halál utáni létben, amely szerint a halott folytatta földi életét a túlvilágon, ahová kedvenc használati tárgyait is magával vitte. A sírba étel- vagy italmellékletet nem helyeztek. Hitük szerint a túlvilágon nemcsak a halott, hanem a temetkezési szertartás során leölt lovak és kutyák is életre keltek. A szétszedett vagy hiányosan sírba tett kocsik alkatrészei pedig újra összeálltak, és ismét használhatóak lettek (Mráv 2009, 86.). A túlvilágot valószínű a föld egy távoli vidékén képelték el, ahová hosszú út vezetett, és ahonnan már nem tértek vissza. Az elhunyt hozzátartozó hitük szerint tehát nem halt meg, hanem csak hosszú útra indult, amelynek végén a túlvilági lét örök boldogsága várta (Mráv 2014, 136-137.).

A kocsit, vagy az utazás tényét több domborművön – főleg sírsztéléken, sírdomborműveken – örökítették meg. Ez az utazás azonban nem a túlvilágra utazás képe, hanem egy hétköznapi utazás képe, amely átvitt értelemben utalt az elhunyt túlvilági utazására. A legtehetősebbek nem csak képi ábrázolásokkal emlékeztek meg erről az utazásról, hanem a Kr.u. 2. századtól már felszerszámozott lovakat, és díszes, mindennapi utazásaik során használt kocsikat is a halott közelébe helyeztek (Mráv 2009, 79). Ez a fajta temetkezés főként a Kr.u. 2. századra, 3. század elejére jellemző. Pannoniából közel 30 lelőhelyről ismert kocsit tartalmazó római kori temetkezéseket, amelyek négy dél-pannoniai kivételtől eltekintve az eraviscusok törzsi területén és annak közvetlen szomszédságában, Északkelet-Pannoniában

csoportosultak, ugyanott, ahol a halotti utazásra utaló őslakos síremlékek is elterjedtek. Néhány jelentősebb, jól dokumentált kocsisír: Kozármisleny (1969), Várpalota – Inota 2. halom (1973-1975), Budakeszi (1999), Budaörs (2002), Budapest – Bécsi út 96/b (2003; Facsády 2004, 27-28.), Sárísáp (2012) (Mráv 2009, 80.; Mráv 2014, 118.). Előfordul időnként, hogy a kocsisírokat tartalmazó objektumokat felszerszámozott hátsólovakat tartalmazó sírgödrök kísérték, mint például Budaörs – Kamaraerdei-dűlő római kori temetőjében. Ez a szokás jóval szélesebb körben volt elterjedt mind társadalmilag, mind földrajzilag, mint a lovaskocsik eltemetésének arisztokrációhoz kapcsolódó hagyománya (Mráv 2016, 490.).

Azokat a császárkori, többségében temetés céljából ásott gödröket, amelyekbe (többek között) utazókocsit vagy annak alkatrészeit és ígáslovakat temettek el, a szakirodalom összefoglaló néven kocsisíroknak nevezi, bár ez a kifejezés a császárkori leletek vonatkozásában sok tekintetben félrevezető, nem biztos ugyanis, hogy minden esetben valódi temetkezések voltak, amelyek egyik melléklete volt csak az utazókocsi. Ez csak abban az esetben állítható nagy bizonyossággal, amikor a halott földi maradványai ténylegesen előkerültek a kocsi közeléből, viszont igen ritkán került elő az elhunyt is ezekben a sírokbán. Sok esetben előfordulnak temetőkből, adott síroktól függetlenül is kocsisírok. Ezek szerint viszont ezeket a temető területén ásott gödröket alvilági isteneknek szánt áldozatként lehet értelmezni, melyek párhuzama Galliából ismert. A halott nélküli, de a temetkezések minden kritériumával rendelkező jelenségek értelmezése esetén a jelképes sír lehetősége is felmerülhet. Előkerültek olyan objektumok is, amelyek nem szakrális területen helyezkedtek el, és csak néhány kocsi alkatrészt tartalmaztak. Ezeket „kocsi nélküli kocsisír”-ként értelmezik, és ez arra is utal, hogy nem csak temetések alkalmával mutattak be ilyen áldozatot (Mráv 2009, 80-81.).

A kocsisírok közös jellemzője, hogy a sírgödörbe a felszerszámozott lovak tetemeit, valamint az elemeire bontott, díszes (témájában közvetve vagy közvetlenül mindig bacchikus mitológiai elemeket tartalmazó), de általában hiányos utazókocsik alkatrészeit fektették. Hogy a lovakat vagy a kocsi alkatrészeit helyezték-e elsőként a gödörbe, ez mindig egyedi és lelőhelyfüggő. Keltezésük nem mindig egyértelmű. Sokszor csak a sír környezete, a kocsi sírba helyezésének módja, vagy a kocsi, a járom és a lószerszám veretei adnak támpontot (Mráv 2016, 512-516.). A kocsitemetkezések több esetben vicusok temetőiből ismertek, ami arra utal, hogy a helyi őslakos elit fejlődése egy korai szakaszában nem római típusú villagazdaságokban élt, hanem inkább falvakban, beágyazódva a falusi közösségekbe (Mráv 2016, 518.).

A kocsisírok vagy részleges kocsisírok jelenléte nem köthető minden esetben az előkelő eraviscus emberekhez. Elképzelhető, hogy olyan közösségek, amelyek vagyoni helyzete ezt lehetővé tette, követték az eraviscus elit szokását, és egyszerűbb, olcsóbb formában élt körökben a kocsik és ígáslovak eltemetésének szokása. A kocsit tartalmazó gödrök tágabb kontextusának az ismerete segíthetne a kérdés eldöntésében, amely információkat hordozhat a szokást ápoló személyekről. Ilyen adatokkal azonban csak ritka esetben állnak rendelkezésre (Mráv 2009, 81.).

Nem állítható teljes bizonyossággal, hogy a túlvilági útra kizárólag férfiakat láttak el kocsival, azt azonban bizonyos, hogy az esetek többségében – a mellékletekből levont következtetések alapján – ez történt (Mráv 2009, 82.).

A csillaghegyi kocsisírban a két lovon és a kocsi alkatrészein túl egyéb melléklet, állati vagy emberi maradvány nem volt a gödörben. A lovak csontjain semmilyen, a leölés mikéntjére vonatkozó nyom (pl. vágásnyom) nem volt megfigyelhető, így valószínűleg lágy szövetet érintett csak a vágás (pl. a nyaki erek átvágása) vagy a dőfés, ami a lovak halálát okozta feláldozásukkor. A Budaörs – Kamaraerdei-dűlő lelőhelyről származó kétkerekű kocsi társaságában eltemetett lovak közül az egyik csontvázába ágyazva feküdt egy vas lándzsa, amely arra utalhat, hogy az utolsóként leölt ló testében hagyták a lándzsát, ez lehetett a leölésükkor használt eszköz (Mráv 2014, 123.). Mivel a lovak igen kuszán helyezkedtek el a gödörben, lehetséges, hogy a végső haláltusájukat a gödörben vívták, és ott lehelték ki lelküket.

A Pusztakúti úti kocsisírtól nem messze egy 4-5 éves gyerek régen kifosztott, erősen bolygatott sírja került elő. Csupán néhány kerámia töredék feküdt a sírban (Vass & Mráv 2020, 62.). Lehetséges, hogy a két objektum között kapcsolat volt, és a gyerek halála kapcsán áldozták fel a lovakat és temették el a túlvilágra átsegítő kocsival együtt őket.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton is köszönöm Bárány Annamária archaeozoológus kollégámnak (Magyar Nemzeti Múzeum) a lovak fogazat alapján történő életkor meghatározásában nyújtott segítségét, hasznos észrevételeit. Valamint Vass Lórántnak (Pázmány Péter Katolikus Egyetem) a hasznos szakmai tanácsait, Mráv Zsoltnak (Magyar Nemzeti Múzeum) és Schilling Lászlónak (Magyar Nemzeti Múzeum) pedig a fotó dokumentáció elküldését.

Irodalom

BÖKÖNYI, S. (1989): Die Pferdeskelette des römischen Wagengrabes von Kozármisleny. *Régészeti Füzetek* **25** 51–62.

- FACSÁDY, A. (2004): Temetőfeltárás a Bécsi úton (Budapest, III. ker, Bécsi út 96/b, Hrsz.: 14724/1, 14724/2) (Excavation at a cemetery in Bécsi Road). *Aquincumi Füzetek*, Budapest **10** 21–29.
- KIESEWALTER, L. (1888): *Skelettmessungen am Pferde*; Univ. Diss. Leipzig.
- KOUDELKA, F. (1885): Das Verhältniss der Ossa longa zur Skelethöhe bei den Säugertieren; *Verhandlungen des naturforschenden Vereins Brünn* **24** 127–153.
- MRÁV, Zs. (2002): Budakeszi, Széchenyi utca 104-106 (MRT 7. 4/16). MARTON E. & KISFALUDI J. szerk., *Régészeti kutatások Magyarországon 1999*, 174.
- MRÁV, Zs. (2009): Utas két világ között. A helyi elit kocsi tartalmazó temetkezései a császárkori Pannóniában. *Ókor – Folyóirat az antik kultúráról*. **VIII/3-4** 78–87.
- MRÁV, Zs. (2014): A kocsiút végállomása: a túlvilág. Császárkori kocsi- és lósírok a Budaörs, Kamaraerdei-dűlő településének temetőjében. In: OTTOMÁNYI K., MRÁV Zs. FILIPSZKY I. & MESTER E. szerk., *Antik gyökereink. Budaörs múltja a régészeti leletek fényében*. Budaörs 114–137.
- MRÁV, Zs. (2016): Az eraviscus törzsi elit nyomában. Császárkori kocsi- és lósírok a Budaörs–Kamaraerdei-dűlő római településének temetőjében - Auf den Spuren der Eravisker-Stammeselite. Kaiserzeitliche Wagen- und Pferdegräber der römischen Siedlung von Budaörs-Kamaraerdei-dűlő. In: OTTOMÁNYI K. szerk., A budaörsi római *vicus* temetője. *Régészeti Tanulmányok*, Budapest 490–528.
- MRÁV, Zs. (2017): Utas a halál útján. *Óbudai Anziks* – Harmadik kerületi kulturális magazin 2017. ősz 84–87.
- VASS, L. (2017): Ásatási napló – Budapest III. Pusztakúti út 2-6 hrsz. Árpád Forrásfürdő. Teljes felületű megelőző régészeti feltárás 2017. *Ásatási dokumentáció, kézirat*.
- VASS, L. & MRÁV, Zs. (2020): Óskori jelenségek és római kori kocsisír a Csillaghegyi Strandfürdő területén – Prehistoric Phenomena and a Roman Period Carriage Burial at the Csillaghegy Bath. *Aquincumi Füzetek* Budapest **24** 52–70.
- VÖRÖS, I. (1991): Temetési étel- és állatáldozat leletei Solymár kora császárkori temetőjében. – Speise- und Tierknochenfunde der Bestattungen des frühkaiserzeitlichen Gräberfeldes von Solymár. *Studia Comitatus* **21** 349–351.
- VÖRÖS, I. (1999): Germán ló-kutya kettős sírok Keszthely avar kori temetőjében. – Germanische Pferde-Hunde-Dopplergräber im awarenzeitlichen Gräberfeld von Keszthely. *Zalai Múzeum* **9** 121–151.
- VÖRÖS, I. (2010): A nagykanizsai római kori ló- és kutyasír archaeozoológiai vizsgálata. *Zalai Múzeum* **19** 229–234.
- VITT, O. (1952): Losadi pazürükszkih kurganov. *Szovetszkaja Arheologija* **XVI** 163–203.

KÖZLEMÉNYEK

*

Konferencia beszámoló

Az Európai Régészek Szövetsége 26. éves és első virtuális konferenciája



Az European Association of Archaeologists (EAA) konferenciái az elmúlt 25 esztendőben évről-évre más európai nagyvárosban kerültek megrendezésre. Régóta váratott magára egy Budapesten megrendezendő tanácskozás, amelynek 2020. évi megszervezését az ELTE BTK Régészettudományi Intézete, a Magyar Nemzeti Múzeum és a Várkapitányság Nonprofit Zrt. vállalta. A budapesti konferencia szervezői a hálózatok szerepét állították a középpontba, mottójukban utalva arra, hogy a Kárpát-medence, és ennek központjában a mai Magyarország területe földrajzi helyzetéből következően fontos szerepet játszott Európa mindenkori történetében, „vérkeringésében”.

Az EAA immár 26. éves konferenciáját azonban sajnos, az alapos előkészületek ellenére elsodorta a világjárvány, Budapesten 2022-ben nyílik újra lehetőség annak megrendezésére. Így 2020. augusztus 24-30. között a szövetség első virtuális találkozására került sor.

A tudományos programban (<https://bit.ly/3iiL9x2>) több mint 150 szekcióban 1800 online előadás és poszter kapott helyet, amelyet közel 2000 résztvevő követhetett a virtuális térben. Az elmúlt évekhez hasonlóan számos multidiszciplináris, a régészeti és archeometriai módszerek együttes eredményeit bemutató kutatásról hallhattunk a radiokarbon kormeg-határozástól az emberi maradványok izotópos elemzésén és a tárgyak provenienciájának meghatározásán át a terepi és laboratóriumi munkák során alkalmazott természettudományos elemzésekig. Kiemelendő, hogy az egyik keynote előadásra Szécsény-Nagy Anna kapott felkérést; *Prehistory of the Carpathian Basin from the perspective of archaeogenetics* című előadásában a legújabb őskori archeogenetikai elemzési eredményeket foglalta össze az újkőkortól a vaskorig. A konferencián került sor az EAA új elnökségének megválasztására, amelyen a szervezet első magyar származású elnökszónóját szavazták

meg Bánffy Eszter személyében. Az online konferencia szokatlansága ellenére nagyon sikeres volt, az alkalmazott szoftver (<https://hopin.to/>) a gyakran félezer egyidejűleg bejelentkezett felhasználó mellett alapvetően jól működött. Az alábbiakban – a teljesség igénye nélkül – a magyar szervezőknek köszönhetően megvalósult szekciókról számolunk be.

A 45. *Current research on Bronze and Iron Ages hoards* című szekcióban 14 előadás és egy poszter foglalta össze a kincsleletek kutatásának új szempontjait és eredményeit (szervezők: Marcin Maciejewski, Maria Curie-Skłodowska University, Institute of Archaeology; Tarbay János Gábor, Hungarian National Museum, Department of Archaeology; Kamil Nowak, University of Wrocław, Institute of Archaeology).

A 46. *Interaction in action: human and societal adaptability in response to changes in climate and environment in Medieval Europe* című szekcióban hét előadás tárgyalta a középkori környezettörténeti kutatások lehetőségeit (szervezők: Kjetil Loftsgarden, Museum of Cultural History, University of Oslo; Eva Svensson, Karlstad University; Ferenczi László, Central European University, Budapest; New Europe College, Bucharest; Frode Iversen Frode, Museum of Cultural History, University of Oslo).

A 63. *Archaeology of the Sky* című szekcióban 14 archeoasztronómia témájú kutatásról számoltak be a résztvevők (szervezők: Pásztor Emília, Türr István Museum; International Society of Archaeoastronomy and Astronomy in Culture; Marc Frincu, West University of Timisoara Romania, Faculty of Mathematics and Computer Science; Romanian Society for Cultural Astronomy).

A 106. *Archaeology of the Silk Road: ancient pathway to the modern world* című szekcióban nyolc előadás tárgyalta a Selyemút kutatási kérdéseit (szervezők: Branka Franicevic, University of Bradford; Hoppál Krisztina, MTA-ELTE-SZTE Silk Road Research Group).

A 135. *Archaeogenetics, the real meaning: towards synergies between genetics and archaeology* című szekcióban 13 előadás és egy poszter szerepelt, több régészeti korszak legújabb archeogenetikai vizsgálati eredményeit összefoglalva (szervezők: Szécsényi-Nagy Anna, Institute of Archaeology, Research Centre for the Humanities, Budapest; Alissa Mittnik, Department of Genetics, Harvard Medical School, Boston; Department of Archaeogenetics, Max-Planck Institute for Science of Human History, Jena; Maite Rivollat,

Department of Archaeogenetics, Max-Planck Institute for Science of Human History, Jena; PACEA – UMR 5199, University of Bordeaux; Stefanie Eisenmann, Department of Archaeogenetics, Max-Planck Institute for Science of Human History, Jena; Karina Gerda, University of Strasbourg).

A 185. *Morphological diversity in archaeology. data exploration and visualization by geometric morphometrics* című szekcióban különféle morfometriai elemzési lehetőségeket mutattak be a résztvevők 10 előadás és két poszter anyagán (szervezők: Csippán Péter, Eötvös Loránd University, Institute of Archaeological Sciences, Budapest; Antony Borel, Histoire Naturelle de l'Homme Préhistorique - HNHP, Muséum National d'histoire naturelle, CNRS, UPVD, Paris; Eötvös Loránd University, Institute of Archaeological Sciences, Budapest).

A 211. *Truly interdisciplinary science! Ceramic, metal, glass, and stone provenancing studies as tools to understand the archaeology of trade and exchange* című szekcióban 16 előadás és egy poszter számolt be az ásatásokon előkerülő leletek nyersanyagerejének, elkészítésének, kereskedelmének elsősorban roncsolásmentes archeometriai vizsgálati módszereiről, különböző röntgen-, elektron-, ion-, és neutronnyalábokat alkalmazó technikákról, a módszerek integrálásáról, az elérhető adatbázisokról – az eredmények régészeti értelmezése szemszögéből. Az előadások mind a korszakok, mind a vizsgált anyagok, mind az alkalmazott kísérleti technikák széles tartományát mutatták be. Hat előadás foglalkozott mezolitikumi, ill. bronzkori fémművességgel, egy Karoling-kori korongfíbulákkal, kettő vaskori fémművességgel. Három előadás pattintott kőszközökkel (flint és obszián), egy előadás (Szilágyi Kata) és egy poszter (Kasztovszky Zsolt et al.) csiszolt kőszközök eredetével. Egy előadás kerámiák proveniencia vizsgálataival foglalkozott (Szilágyi Veronika). Egy további előadásban római kori cinóber festékanyag nyersanyagerejének vizsgálatát ismertették. Egy előadás középkori páncélok és fegyverek neutronos vizsgálatait mutatta be. Végül egy előadás ismertette a Budapesti Neutron Centrum részvételét különböző európai örökségtudományi projektekben (Kasztovszky Zsolt) (szervezők: Evelyne Godfrey, Uffington Heritage Watch, Ineke Joosten, Netherlands Cultural Heritage Agency; Heide Nørgaard, Aarhus University; Kasztovszky Zsolt, Centre for Energy Research, Budapest).

A 218. *Archaeology in 3D – New technologies for old questions* című kétnapos szekcióban 21 előadás és öt poszter mutatta be a 3D technológiák régészeti alkalmazási lehetőségeit (szervezők: Patay-Horváth András, Archaeological Institute of the Hungarian Academy of Sciences; Sorin Hermon, Cyprus

Institute, STARC; Jerem Erzsébet, Archaeolingua Foundation).

A 234. *Collapse in the Basin: regional perspectives on the 1500-1200 BC transition in the Carpathian Basin* című szekcióban 11 előadás kapott helyet a Kárpát-medence keleti részétől a Balkánig nyúló térség középső bronzkorának végén és a késő bronzkor első felében lezajlott folyamatokat állítva fókuszba (szervezők: Párditka Györgyi, Museum of Anthropological Archaeology, University of Michigan; Paul Duffy, The Archaeology Centre, University of Toronto; The Italian Academy for Advanced Studies in America, Columbia University; Szeverényi Vajk, Déri Múzeum, Debrecen; Institute of Archaeology, Research Centre for the Humanities, Budapest; Dragan Jovanović, City Museum Vršac; Barry Molloy, University College Dublin).

A 263. *From fragmented artefacts to household activities. Potentials of household archaeology in settlement research* című szekcióban a háztartásrégészet tanulságairól hallhattunk a település kutatásokban (szervezők: Szabó Dóra, University of Exeter; Soós Eszter, University of Pécs; Jonas Gregorio de Souza, University Pompeu Fabra).

A 265. *Connecting people and ideas: networks and networking in the history of archaeology* című szekcióban 17 előadás mutatta be hálózatok szerepét a régészeti kutatásban (szervezők: Bettina Arnold, University of Wisconsin-Milwaukee; Laura Coltofean-Arizancu University of Barcelona; Bartosiewicz László, Stockholm University)

A 279. *Neolithic and Bronze Age tells and their networks in the Carpathian Basin and beyond* című szekcióban az újkőkori és bronzkori alföldi tell-kultúrák életébe és kutatásukba nyerhettünk betekintést kilenc előadás és egy poszter révén (szervezők: Pusztainé Fischl Klára, University Miskolc; Kienlin, Tobias, University Cologne; Füzesi, András, Eötvös Loránd University, Faculty of Humanities, Archaeological Department, Rassmann, Knut és Bánffy, Eszter, RGK).

A 293. *Round around the circle – circular phenomena and their meanings in European prehistory* című szekcióban a kör alaprajzú őskori építmények szerepét elemezték a résztvevők 15 előadásban (szervezők: P. Barna Judit, Magyar Nemzeti Múzeum Régészeti Örökségvédelmi Igazgatóság; Pásztor Emília, Türr István Múzeum, Baja; Pusztainé Fischl Klára, Miskolci Egyetem BTK, Történettudományi Intézet, Östörténeti és Régészeti Tanszék; Pusztai Tamás, Magyar Nemzeti Múzeum Régészeti Örökségvédelmi Igazgatóság; Jaromír Kovárník, Univerzita Hradec Králové, Filozofická fakulta, Katedra archeologie).

A 356. *Mobility and population transformation in the Migration Period and early Middle Ages: changing societies and identities* című szekcióban kilenc előadás és egy poszter tárgyalta a kora középkori identitás és társadalom kutatásának lehetőségeit és módszereit (szervezők: Corinna Knipper, Curt Engelhorn Center Archaeometry, Mannheim; Vida Tivadar, ELTE-Eötvös Loránd University, Budapest; Daniel Winger, Universität Rostock).

A 376. számú, *Networks and mobility in the 3rd-2nd Millennium BCE between the Middle-Danube and the Adriatic area: new ideas and interdisciplinary approaches* címmel megrendezett szekcióban hat előadás és egy poszter szerepelt. A tematikának megfelelően a Közép-Duna régióban, valamint a Délkelet-Alpok, az Adria és az Észak-Balkán vidékén élő korabeli közösségek kereskedelmi és társadalmi kapcsolatairól tudhattunk meg új adatokat a kerámia és fémvizsgálatok valamint az emberi maradványok elemzése alapján (szervezők: Claudio Cavazzuti, Museo delle Civiltà in Rome; Alberta Arena, Sapienza Università di Roma; Mario Gavranović, Institut für Orientalische und Europäische Archäologie OREA, Austrian Academy of Science; Kiss Viktória, Institute of Archaeology, Hungarian Academy of Sciences; Mathias Mehofer, Vienna Institut for Archaeological Science - VIAS, University of Vienna).

391. *Prehistory, archaeology and archaeologists as reflected in school books and curricula* című szekcióban 11 előadásban az iskolai oktatásban megjelenő régészeti témájú tartalmakról cseréltek eszmét (Bozoki-Ernyey Katalin, Government Office of the Capital City Budapest, Heritage Department; Jean-Paul Demoule, Institut Universitaire de France & Université de Paris I; Michał Pawleta, Faculty of Archaeology Adam Mickiewicz University).

A 438. *Archaeology and its political uses: historical, historiographic and ideological discourses* című szekcióban a régészeti kutatás és a politika összefüggései kerültek terítékre nyolc előadás és egy poszter segítségével (szervezők: Laszlovszky József, Central European University; Varga Benedek, Hungarian National Museum; Petar Parvanov, Central European University).

A 458. *Interdisciplinarity in the archaeological research of religious phenomena* című szekcióban a rituális-vallási jelenségek értelmezésének interdiszciplináris módszereit tárgyalták 11 előadás során (szervezők: Gresz Ágnes, University of Pécs, Faculty of Humanities, Interdisciplinary Doctoral School; Gheorghiu Dragos, National University of Arts, Bucharest Instituto Terra e Memória, Centro de Estudos Superiores de Mação; Horváth Tünde,

University Wien Department of Prehistoric and Historical Archaeology).

A 462. számú *The Mongol invasion of central and eastern Europe: archaeological and historical interpretations* című szekcióban a tatárjárás kutatását körüljáró négy előadás kapott helyet (szervezők: Stephen Pow, Laszlovszky József, Central European University).

A 470. *Non-invasive regional survey strategies: discussing the methodological golden mean* című szekcióban 12 előadás és egy poszter a roncsolásmentes terepi kutatások módszertani lehetőségeit mutatta be (szervezők: Mesterházy Gábor, Castle Headquarters Integrated Regional Development Centre; Piort Wroniecki, University of Wrocław; Koller Melinda, Castle Headquarters Integrated Regional Development Centre).

502. *Lithics in different context* című általános szekcióban a kőeszközök kutatásához kapcsolódó előadások kaptak helyet (levezető elnök: Mester Zsolt, Institute of Archaeological Sciences, Eötvös Loránd University, Budapest).

Az 507. *Limes, borders, marginal zones* című általános szekcióban nyolc vaskori és római kori kutatásról beszámoló előadást hallhattunk (levezető elnök: Herold Hajnalka, University of Exeter).

Az 510. *Archaeology of the Carpathian Basin* című általános szekcióban hat előadás és három poszter tárgyalta a térség őskori és népvándorlás kori kérdéseit (levezető elnök: Rác Zsófia, Institute of Archaeological Sciences, Eötvös Loránd University, Budapest).

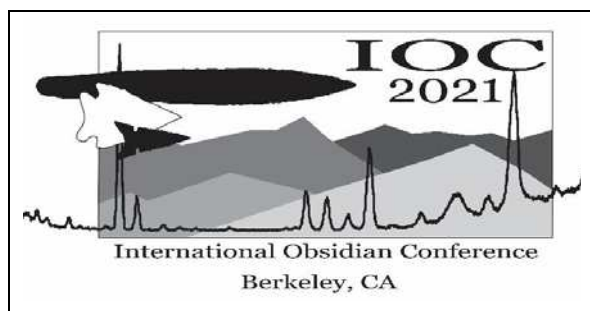
Az 514. *Multicoloured archaeology* című általános szekcióban többféle archeometriai módszer került bemutatásra 10 előadásban (levezető elnök: Anders Alexandra, Institute of Archaeological Sciences, Eötvös Loránd University, Budapest).

Az 516. *The Roman limes as military, political, economic and cultural decisive factor on the barbarian territories* című általános szekcióban hat előadás mutatta be a Barbaricum újabb kutatását (levezető elnök: Bartus Dávid, Institute of Archaeological Sciences, Eötvös Loránd University, Budapest).

Az 517. *“More than just bones” - understanding past human behaviour through the study of human remains* című általános szekcióban az emberi maradványok újabb vizsgálati módszereit és eredményeit összefoglaló kutatások kaptak helyet (levezető elnök: Szeverényi Vajk).

Abstract**The 26th annual and first virtual conference of the European Association of Archaeologists**

Conferences of the European Association of Archaeologists (EAA) have been held year after year in major European cities for the past 25 years. A meeting to be held in Budapest has long been awaited, the organization of which in 2020 was undertaken by the Institute of Archeology of Eötvös Loránd University, the Hungarian National Museum and the Castle Headquarters Integrated Regional Development Centre Nonprofit Private Limited Company. The organizers of the Budapest conference focused on the role of networks, referring in their motto to the fact that the Carpathian Basin, and the territory of present-day Hungary in its center, played an important role in European history. Despite the thorough arrangements, the EAA's 26th annual conference in Budapest was swept away by the pandemic, and it will be possible to hold the event again in this city

Konferencia felhívás

Szintén virtuális formában tervezik a következő (2021 április 30.-május 2.) obszidián konferencia megrendezését.

Részletes és friss információ a konferencia honlapon; <http://arf.berkeley.edu/projects/ioc2021>

A 3. körlevelet [mellékletként](#) olvashatják az AM 2020/1 számban és az archeometriai honlapon

in 2022. Thus, the first virtual meeting of the association took place between August 24-30th, 2020.

The scientific program (<https://bit.ly/3iiL9x2>) hosted 1,800 online lectures and posters in more than 150 sessions, followed by nearly 2,000 participants in the virtual space.

The conference was very successful, the software used (<https://hopin.to/>) worked basically well with the often half a thousand users logged in at the same time. There were a number of interesting lectures with forward-looking new archaeological methods. The conference elected the new presidency of the EAA, with the first Hungarian president of the organization, Eszter Bánffy.

Kiss Viktória

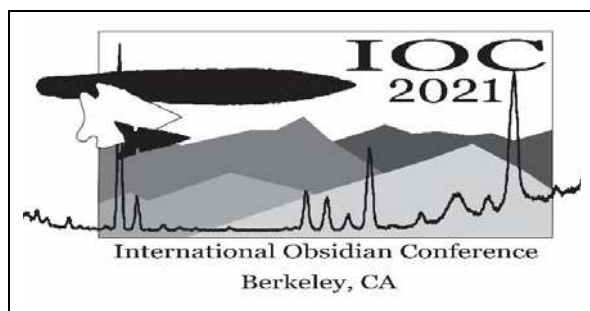
Bölcsészettudományi Kutatóközpont
Régészeti Intézet

Kasztovszky Zsolt

Energiatudományi Kutatóközpont

Abstract**The 26th annual and first virtual conference of the European Association of Archaeologists**

Conferences of the European Association of Archaeologists (EAA) have been held year after year in major European cities for the past 25 years. A meeting to be held in Budapest has long been awaited, the organization of which in 2020 was undertaken by the Institute of Archeology of Eötvös Loránd University, the Hungarian National Museum and the Castle Headquarters Integrated Regional Development Centre Nonprofit Private Limited Company. The organizers of the Budapest conference focused on the role of networks, referring in their motto to the fact that the Carpathian Basin, and the territory of present-day Hungary in its center, played an important role in European history. Despite the thorough arrangements, the EAA's 26th annual conference in Budapest was swept away by the pandemic, and it will be possible to hold the event again in this city

Konferencia felhívás

Szintén virtuális formában tervezik a következő (2021 április 30.-május 2.) obszidián konferencia megrendezését.

Részletes és friss információ a konferencia honlapon; <http://arf.berkeley.edu/projects/ioc2021>

A 3. körlevelet [mellékletként](#) olvashatják az AM 2020/1 számban és az archeometriai honlapon

in 2022. Thus, the first virtual meeting of the association took place between August 24-30th, 2020.

The scientific program (<https://bit.ly/3iiL9x2>) hosted 1,800 online lectures and posters in more than 150 sessions, followed by nearly 2,000 participants in the virtual space.

The conference was very successful, the software used (<https://hopin.to/>) worked basically well with the often half a thousand users logged in at the same time. There were a number of interesting lectures with forward-looking new archaeological methods. The conference elected the new presidency of the EAA, with the first Hungarian president of the organization, Eszter Bánffy.

Kiss Viktória

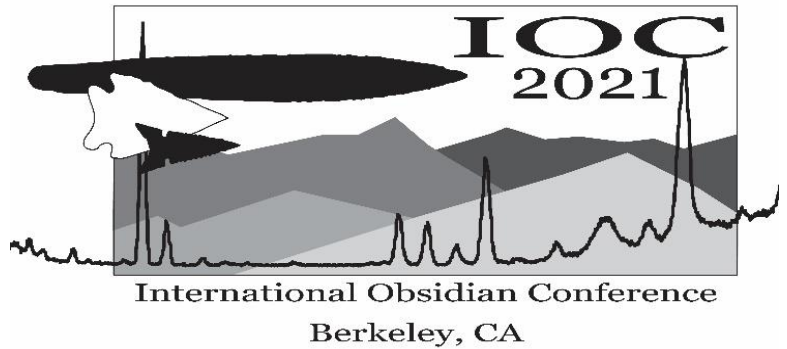
Bölcsészettudományi Kutatóközpont
Régészeti Intézet

Kasztovszky Zsolt

Energiatudományi Kutatóközpont

International Obsidian Conference 2021

3rd Circular – IOC 2021
April 30 - May 2, 2021



Venue: Virtual conference

Hosted by the *Archaeological Research Facility (ARF)*, the *International Association for Obsidian Studies (IAOS)*, and *Far Western Anthropological Research Group, Inc.*



Dear Friends and Colleagues,

We invite you to participate in the updated International Obsidian Conference (IOC 2021) to be held virtually from April 30 – May 2, 2021.

Our aim is to invite specialists on all aspects of obsidian studies extending from natural sciences to anthropology. Following prior meetings, we intend for the conference to remain global in scope and encourage contributions from any geographical region, yet highlight obsidian studies in the Americas. Because the geologies of North America are so diverse, we also aim to include semi-glassy fine-grained volcanics (FGV) used by Amerindians in the Great Basin and other regions in the Americas.

Suggestions for conference sessions and themes:

- Formation and geology of obsidian and FGV
- Sources, their characterization, and archaeological distributions
- Analytical and methodological aspects
- Archaeological obsidian and FGV by chronological periods
- Lithic technology and use-wear studies
- Theoretical and cultural concerns (e.g., materiality, itineraries, tool stone resource management or control strategies)

Conference Updates

With the consistent threat of COVID-19 in combination with changes to university safety guidelines, we are compelled to change the date of the conference and its overall format. Our main reason for doing so is the result of new rules at UC Berkeley that have cancelled all in-person gatherings like ours into early 2021; our venue will therefore not be available. The dates of the conference are now April 30 – May 2 to mitigate overlap with the Annual Meeting of the Society for American Archaeology (SAA) and allow participants to spread out their conference activities and obligations. The conference will follow a virtual format to be announced soon. Other relevant changes and updates include:

- 1) The conference is now **free** for participants and attendees. We do ask that you become a member of the International Association of Obsidian Studies (IAOS) as a courtesy for IAOS helping to organize and subsidize the conference. You can become a member by clicking [here](#). By joining IAOS, you will become part of an international network of obsidian researchers that offers a variety of resources to support your research. Your membership dues will also assist in sponsoring future conferences.
- 2) There is a location for submitting registration and abstract information on the recently updated IOC homepage through the UC Berkeley Archaeological Research Facility (see below). Submissions should be made by the revised deadline of March 1st, 2021.
- 3) The conference will offer an option to present live or to submit a pre-recorded presentation that will be streamed at a set time. We will also set aside time to showcase poster presentations and make them available to conference participants.
- 4) Dr. Steven Shackley has accepted our invitation to give a Keynote speech during the conference.
- 5) The Archaeological Research Facility (ARF) at UC Berkeley plans to publish the conference proceedings pending review and approval in their publication series that began in 1960. This publication series has seen many seminal works on obsidian studies, and we anticipate our conference proceedings to be an important addition to this legacy.
- 6) Our excursion to Napa Valley is canceled.

Local Organizing Committee

- Nicholas Tripcevich – University of California Berkeley, Archaeological Research Facility
- Lisa Maher – University of California Berkeley, Anthropology
- Lucas R. M. Johnson – Far Western Anthropological Research Group, Inc.
- Kyle Freund – Far Western Anthropological Research Group, Inc.
- Tom Origer – Origer and Associates

Scientific Committee

- Biró, Katalin - Hungarian National Museum, Budapest, Hungary

- Glascock, Michael - University of Missouri, Columbia, MO, USA
- Kuzmin, Yaroslav - Institute of Geology & Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia
- Le Bourdonnec, François-Xavier - Université Bordeaux Montaigne, Pessac, France
- Lexa, Jaroslav - Earth Sciences Institute of the Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia
- Markó, András - Hungarian National Museum, Budapest, Hungary
- Ono, Akira - Meiji University, Tokyo, Japan
- Torrence, Robin - Australian Museum, Sydney, Australia
- Tykot, Robert - University of South Florida, Tampa, FL, USA
- Vianello, Andrea - University of South Florida, Tampa, FL, USA

Partnering Institutions

UC Berkeley

Contact Persons

The conference email address is obsidian2021@gmail.com. Please direct questions to this address.

Kyle Freund, Ph.D.; Lucas R. M. Johnson, Ph.D.; Nicholas (Nico) Tripcevich, Ph.D.

Technical Information

Duration and Dates: 3 days, April 30 – May 2, 2021

Location: Online, to be held from 9am-5pm Pacific Standard Time

Keynote Speech: Dr. Steven Shackley, Professor Emeritus, UC Berkeley

Presentation Logistics: Because our conference is international, those participants in other time zones beyond Pacific Standard Time may wish to submit a pre-recorded asynchronous presentation to be viewed during the conference.

Oral Contributions: Oral contributions will be 15 minutes, followed by a 5-minute discussion. Please prepare them in common presentation format (e.g., PowerPoint).

Poster Presentations: The posters should be planned as standing (portrait) orientation and their size must not exceed A0 (841 x 1189 mm). Submitted posters will be hosted online for view during the conference (website location to be announced).

Abstracts: must not exceed 300 words

Language: The official language of the conference is English.

Deadline for submitting abstracts: March 1, 2021

Deadline for registration: March 1, 2021 for presenters (April 15, 2021 for attendees not presenting a poster or paper)

Submission location: <https://forms.gle/JnaWkzRuuxQMV4ZQ6>

Registration Fee: None

The conference is **free** for participants and attendees. We do ask that you become a member of the International Association of Obsidian Studies (IAOS) as a courtesy for IAOS helping to organize the conference and pay for any incidental costs.

PLEASE BECOME A MEMBER OF THE IAOS [HERE](#)

Four membership tiers are available:

IAOS Student Registration	\$10 USD
IAOS Regular Membership	\$20 USD
IAOS Institutional Membership	\$50 USD
IAOS Lifetime Membership	\$200 USD

Publication of Proceedings

Contributions of the Archaeological Research Facility, Berkeley
<https://arf.berkeley.edu/publications/contribution-series>

Conference Homepage

<http://arf.berkeley.edu/projects/ioc2021>

Please forward this circular to anybody who may be interested.
We look forward to seeing you in 2021!

Lucas, Kyle, and Nico