5-6. SZÁZADI, PANNONIA TERÜLETÉRŐL SZÁRMAZÓ KERÁMIÁK ARCHEOMETRIAI ELEMZÉSE

ARCHEOMETRIC ANALYSIS OF 5–6TH CENTURY CERAMICS FROM PANNONIA

PÁNCZÉL-BAJNOK KATALIN[1]; PÁNCZÉL PÉTER[2]; SZAKMÁNY GYÖRGY[3]; VIDA TIVADAR[1]

[1] ELTE Régészettudományi Intézet, 1088 Budapest, Múzeum krt. 4/b

[2] Magyar Nemzeti Múzeum, Nemzeti Örökségvédelmi Központ, 1113 Budapest, Daróci út 3.

[3] ELTE Kőzettan-Geokémiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

E-mail: katalin@bajnok.hu

Abstract

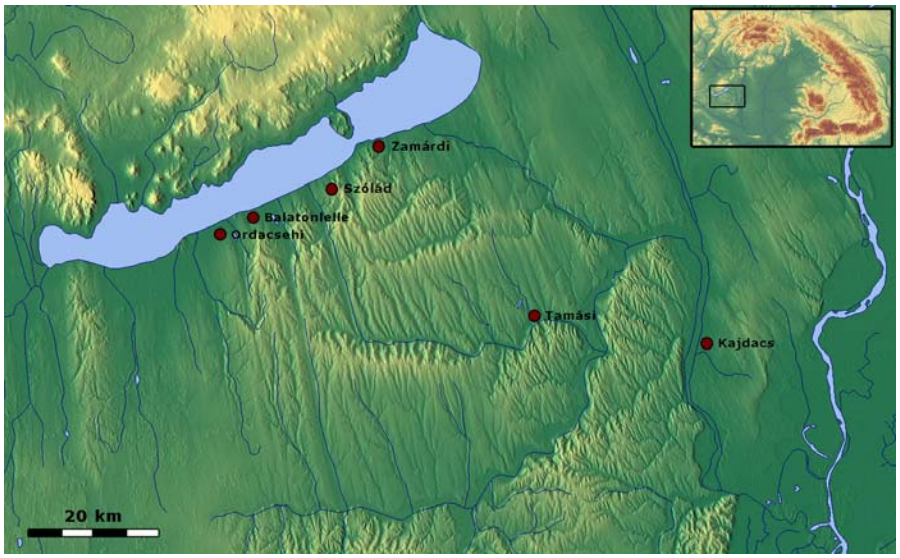
Our study contains the results of the archaeometrical examination of six archaeological sites from the 5–6th century AD located in the territory of the former province Pannonia (three cemeteries: Kajdacs, Szólád, Tamási; three settlements: Balatonlelle, Ordacsehi, Zamárdi). During our work we mainly used ceramic petrographic analysis, although in some cases (samples from Group 9) we had a chance to carry out cathodoluminescence microscopy (CL) and on one sample (151.1/48.13) electron probe microanalysis (SEM-EDX) as well. The main aim of this study is to give preliminary information on the pottery technology of this period, focusing on different types of tempering techniques. During the examination 11 groups were defined based on tempering techniques. The most common technique was tempering with limestone fragments (Group 4), which was usually used for various types of pots. The limestone, which was used for these ceramics probably arises from the vicinity of the examined archaeological sites, as well as sand (Group 3), sandstone (Group 5) and quartzite (Group 10) tempering material. Furthermore, there are certain tempering raw materials that may not originate from the direct vicinity of the archaeological sites, such as tempering with marble (Group 8), basalt (Group 6), andesite (Group 7) and metamorphic rock fragments. These raw materials might be defined as import products. Varied types of tempering were observed at each site, and almost every petrographic group contains ceramics from three or more archaeological sites. The different types of tempering are not characteristic of the type of the site i.e. of settlements or cemeteries.

Kivonat

A tanulmány hat, az egykori Pannonia provincia területén található lelőhely 5–6. századra keltezhető kerámia edényeinek archeometriai vizsgálati eredményeit tartalmazza. A lelőhelyek közül három temető (Kajdacs, Szólád, Tamási), három pedig település (Balatonlelle, Ordacsehi, Zamárdi). A vizsgálatok során elsősorban petrográfiai elemzést, a 9. petrográfiai csoport mintáin katódlumineszcens mikroszkópiát, egy mintán (151.1/48.13) pedig SEM-EDX vizsgálatot alkalmaztunk. A kutatás elsődleges célja a korszak edénytechnológiájának feltérképezése, azon belül pedig főként a soványítási technikák elkülönítése volt. A vizsgálatok során 11 csoportot lehetett elkülöníteni a soványítás típusa alapján. A legnagyobb mennyiségben mészkőtörmeléket tartalmazó soványítás fordult elő (4. csoport), amellyel főként a különböző típusú fazekakat soványították. A kerámiákhoz felhasznált mészkő feltehetően helyi vagy közeli geológiai lelőhelyről származik, hasonlóan a szintén soványításként megfigyelhető homokhoz (3. csoport), homokkőhöz (5. csoport), illetve kvarcithoz (10. csoport). Ezen kívül több olyan soványító anyag típust figyeltünk meg, amelyek nem fordulnak elő a lelőhelyek közvetlen környezetében. Ilyen típus a márványtörmeléket (8. csoport), a bazalttörmeléket (6. csoport), az andezit törmeléket (7. csoport), illetve a metamorf kőzettörmeléket (9. csoport) tartalmazó edények csoportja. Ezeknél a nyersanyagoknál felmerül az import lehetősége. Mindegyik lelőhelyen változatos soványító anyagok kerültek felhasználásra, és csaknem minden petrográfiai csoportba három, vagy annál több lelőhelyről származó edények tartoznak. A különböző soványító anyag típusok nem különülnek el aszerint, hogy temetőből vagy sírból előkerülő edényhez használták-e fel őket.

KEYWORDS: TRANSDANUBIA, LANGOBARD, MIGRATION PERIOD, CERAMIC PETROGRAPHY, CL, TEMPERING

KULCSSZAVAK: DUNÁNTÚL, LANGOBARD, NÉPVÁNDORLÁS KOR, KERÁMIA PETROGRÁFIA, CL, SOVÁNYÍTÁS



1. ábra:
A vizsgált lelőhelyek elhelyezkedése

Fig. 1.:
The examined sites

Bevezetés, régészeti háttér

Az 5–6. század a népvándorláskor összetett időszaka volt, amelynek a tanulmányunk szempontjából legmeghatározóbb eleme, hogy a felbomlott Pannonia provincia romanizált maradványlakossága és a betelepülő barbár, főként germán népcsoportok hogyan hatottak egymásra, hogyan zajlott az asszimiláció, mely elemek, például edénytípusok éltek tovább, és mely új elemek épültek be (Bóna & Horváth 2008).

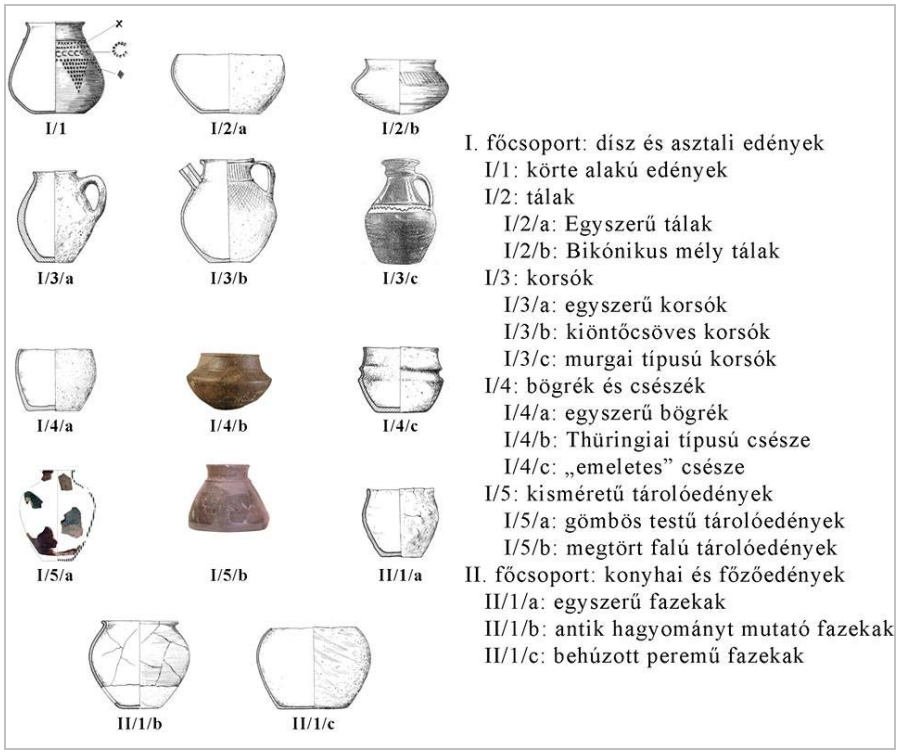
Ebből az időszakból származik az általunk vizsgált 6 lelőhely (**1. ábra**), amelyek esetén különböző mértékben langobard jellegzetességeket lehetett megfigyelni. A 6 lelőhely közül 3 temető, 3 pedig település. A lelőhelyek főként a Balaton déli partján, illetve attól kissé délre, délkeletre helyezkednek el. A három temető: Szólád, Kertek alatt (von Freeden & Vida 2007, von Freeden 2008), Kajdacs, Homokbánya (Bóna & Horváth 2008), és Tamási, Csikólegelő (Bóna & Horváth 2008), amelyek mind a 6. század közepe tájára keltezhetők. A három feltárt település: Balatonlelle, Felső-Gamász (Skriba & Sófalvi 2004), Ordacsehi, Kis-töltés (Bocsi 2008, Bocsi 2011), Zamárdi, Kútvölgyi-dűlő (Bocsi 2008, Bocsi 2011). A balatonlellei telepet a 6. század elejétől keltezhetjük, míg Ordacsehi és Zamárdi gyökerei az 5. századig nyúlnak vissza, sőt az ordacsehi telep valószínűleg nem nyúlt át a 6. századba. Mindhárom településről elmondható, hogy a kerámiák alkotják a leletanyag legnagyobb részét, amelyek több száz, Zamárdi esetében az ezret is meghaladó töredéket jelentenek.

Célok és módszerek

A vizsgálatok célja elsősorban az volt, hogy átfogó képet kapjunk a korszak edényművességének technológiájáról, hiszen ebből az időszakból még nem készült ilyen kutatás. Ehhez elsősorban mikroszkópos petrográfiai elemzést végeztünk. A vizsgálatokhoz szükséges minták kiválasztásakor fontos szerepet játszott, hogy a mintavétel reprezentatívan történjen, alkalmas legyen az egyes lelőhelyek kerámiaanyagának összehasonlítására és minden formai csoport hasonló arányban képviseltesse magát. További törekvésünk volt annak megállapítása, hogy a régészek által kialakított formai csoportok (többek között Bóna 1956, Skriba & Sófalvi 2004, Bocsi 2008) és a mikroszkópos vizsgálataink alapján elkülönített csoportok mutatnak-e valamilyen összefüggést, valamint a felhasznált nyersanyagok illeszkednek-e valamilyen trendhez, hagyományhoz, vagy csupán lokális magyarázatuk van.

A kerámiaanyag feldolgozásának első lépéseként az edények formai csoportosítását végeztük el (**2. ábra**). Néhány lelőhely esetében korábban már történt tipológiai elemzés (Zamárdi és Ordacsehi esetében Bocsi 2007, Balatonlelléről pedig Skriba & Sófalvi 2004), azonban az egyes lelőhelyeken alkalmazott tipológiai rendszer kivitelezése eltért egymástól, így egy némileg módosított, egységes modell kidolgozása vált szükségessé, amelybe az új, korábban be nem sorolt edények is beleépülhettek. Az edénytipológia során kevert csoportosítási rendszert alkalmaztunk, amelyben elsőként két, funkció szerinti főcsoportot különítettünk el: a dísz és asztali edényeket, valamint a konyhai és főzőedényeket. Az egyes főcsoportokon belül további funkcionális csoportokat hoztunk létre, néhány csoporton belül pedig forma alapján további alcsoportokat alakítottunk ki.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



2. ábra:
A tipológiai csoportok

Fig. 2.:
Typological groups

Összesen 119 csiszolatot készítettünk, amelyek közül 92 db telepről, 27 pedig temető anyagából készült (Szóládról 17, Kajdacsról 6, Tamásiból 4, Balatonlelléről 38, Ordacsehiről 22, Zamárdiból pedig 32 db), amelyeket polarizációs mikroszkóppal vizsgáltunk és írtunk le. Ezek közül 12 mintát – amely feltehetőleg márvány soványítással készült – katódlumineszcens mikroszkóppal is elemeztünk az MTA Földtani és Geokémiai Intézetében, további 3 minta esetében pedig SEM-EDX vizsgálatra nyílt lehetőség az ELTE Kőzettan-Geokémiai Tanszékén.

A petrográfiai vizsgálatok eredményei és azok értelmezése

A polarizációs mikroszkópi megfigyeléseink azt mutatták, hogy a kerámiák döntő többségét (mintegy 85%-át) soványították, valamint a soványítás az edényekben nyersanyagukat tekintve rendkívül változatos volt. Ez alapján 11 csoportot különítettünk el, amelyek esetén – az első két, soványítást nem tartalmazó csoport kivételével – a csoportosítás a különböző soványító anyagok alapján történt. Az elemzések során a kerámiák összetevőinek térfogat-százalékos arányát, méretét, eloszlását és kerekítettségét a Prehistoric Ceramic Research Group iránymutatásai alapján, az üledékes kőzetek vizsgálatához igazítva végeztem. Térfogat százalékos mennyiség: szórványos (≤3%), kevés (3–9%), közepes (10–19%), sok (20–29%), nagyon sok (30-39%), bőséges (≥40%). Méretkategória: nagyon finom (≤0,1 mm), finom (0,1–0,25 mm), közepes (0,25–1 mm), durva (1–3 mm), nagyon durva (≥3 mm). Osztályozottság: rossz, közepes, jó, nagyon jó. Kerekítettség: nagyon szögletes, szögletes, kissé szögletes, kissé kerekített, kerekített, jól kerekített (PCRG 2010).

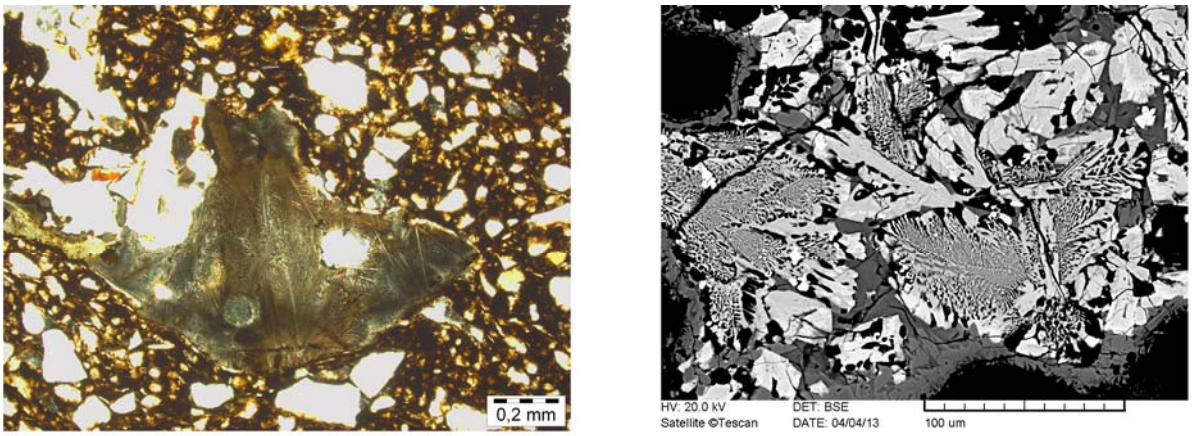
1. csoport: nagyon finomszemcsés törmeléket tartalmazó edények (5 minta; telep: 3 db, temető: 2 db**)**

A minták szövete szeriális, szándékos soványításra utaló nyomot nem találtunk. A karbonát mentes alapanyagban található ásványtörmelékek (főként kvarc, káliföldpát, plagioklász és csillám) mennyisége kb. 5 térfogat%, átlagos méretük nem éri el a 0,03 millimétert, amely kövér agyagra utal. A rendkívül homogén szemcseeloszlás a nyersanyag gondos előkészítésére, az agyag jó minőségű iszapolására, vagy tudatos nyersanyagválasztásra, kövér agyag használatára utalhat (**5/A ábra**).

2. csoport: finom és közepes szemcsés törmeléket tartalmazó edények (10 minta; telep: 8 db, temető: 2 db**)**

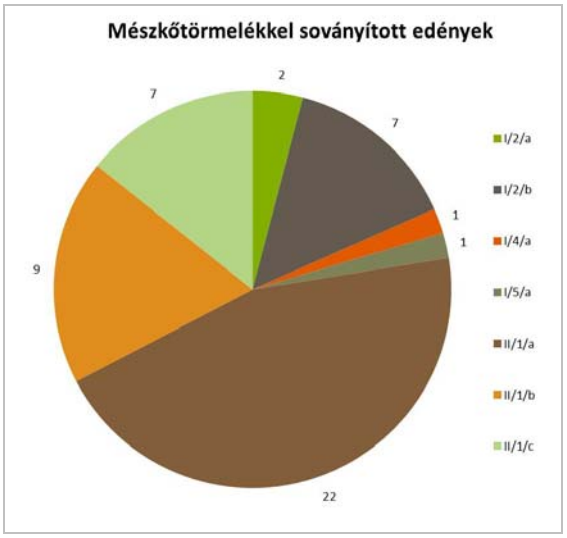
A minták szövete szeriális, azonban az előző csoporttól eltérően a kerámiák rosszul osztályozottak. Közepes mennyiségű (kb. 15 térfogat%), változatos, az előző csoportnál durvább méretű (ám maximum 0,5 mm-es) ásványtörmelék található bennük, főként kvarc, káliföldpát, plagioklász és muszkovit, valamint néhány minta esetén szórványosan kissé szögletes, átlagosan 0,25 mm-es elsődleges karbonát is. A szeriális, ám inhomogén szemcseeloszlás alapján feltételezhetjük, hogy a csoportba tartozó edények nyersanyagát alig, vagy egyáltalán nem iszapolták (**5/B ábra**).

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



3. ábra: Salakot tartalmazó kerámia polarizációs mikroszkópi (1N) és visszaszórt elektron képe (Ordacsehi 151.1/48.13)

Fig. 3.: Microphotograph by polarising microscope (1N) and backscattered electron image of a slag contained ceramic (Ordacsehi 151.1/48.13)



4. ábra: A tipológiai csoportok eloszlása a mészkővel soványított edények (4. csoport) esetén

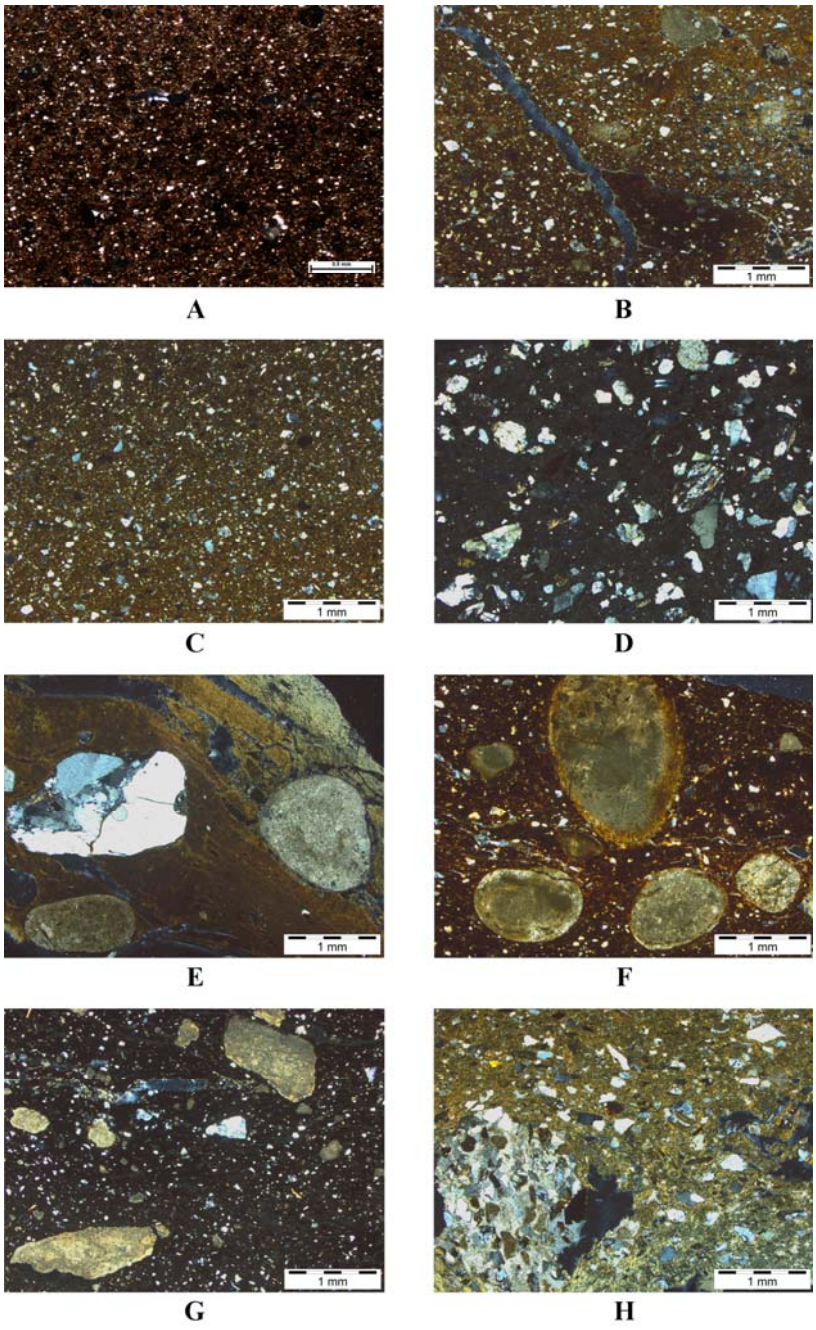
Fig. 4.: Distribution of tipological groups in limestone fragment tempering ceramics (Group 4)

3. csoport: homokkal soványított edények (12 minta; telep: 10 db, temető: 2 db**)**

A csoportba tartozó edények szövete hiátuszos, ami szándékos soványításra utal. A kerámiák alapanyaga nem egységes a csoporton belül. Néhány edény esetén a soványító anyag mellett az agyagos alapanyagban a nem plasztikus elegyrészek aránya csupán szórványos, illetve kevés (kövérebb agyag), míg a többinél az alapanyag törmelékes elegyrészeinek mennyisége meghaladja a 25 térfogat%-ot (soványabb agyag). A szögletes, kissé szögletes, közepes és nagy mennyiségű, főként monokristályos kvarcból, kisebb részt polikristályos kvarcból és káliföldpátból álló homokszemcsék mérete alapján a csoportot két alcsoportra lehetett bontani: finomszemcsés (0,1–0,25 mm) (**5/C ábra**), valamint közepes szemcseméretű (0,25–1 mm) (**5/D ábra**) homok törmeléket tartalmazó alcsoport. Néhány minta esetében a soványító anyag szemcséi igen sarkosak, szögletesek. A homok soványítás a legtöbb régészeti korban előfordul, mivel természetes körülmények között gyakori nyersanyag, azonban használata nagy szakértelmet kíván, ugyanis a kisméretű szemcséket könnyű „túladagolni", ami túlzottan sovány, nehezen megmunkálható, égetés után pedig gyenge anyagot eredményez.

Ebbe a csoportba tartozik egy különleges minta, amely esetében polarizációs mikroszkóppal a homok soványító anyagon kívül két darab 0,5–2,5 mm közötti, nagyon szögletes üveges szemcsét lehetett megfigyelni. Az üveges szemcsék összetevőinek meghatározása érdekében SEM-EDX vizsgálatot végeztünk, amelynek során több, vasat vagy magnéziumot tartalmazó szilikát fázist sikerült azonosítani (**3. ábra**). Ezen szemcsék üveges szerkezete és kémiai összetétele alapján úgy tűnik, hogy az edény alapanyaga salakot is tartalmazott. Mivel ez az egyetlen ilyen minta létezik a vizsgált anyagban, így arra a kérdésre jelenleg nem lehet biztos választ adni, hogy a salaktörmelék szándékosan került-e be az agyagba, vagy a szintén soványításként jelen levő durva homokkal együtt. Azonban talán nem véletlen, és összefügg ezzel, hogy ugyanazon a lelőhelyen, ahonnan ez a minta is előkerült, sikerült feltárni egy objektumot, amely feltehetőleg bronzöntő gödör volt (Bocsi 2007).

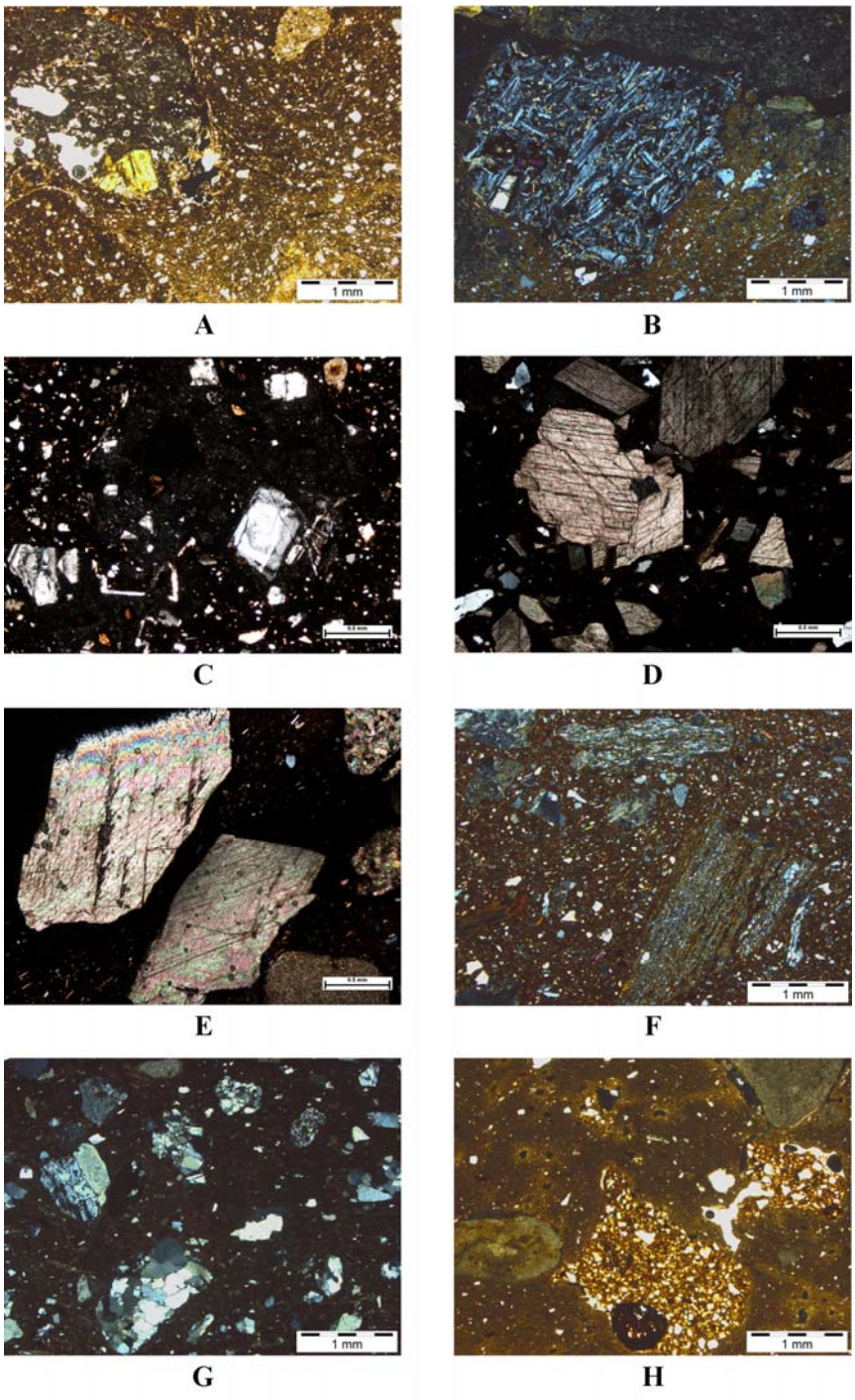
HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



5. ábra: A: Nagyon finomszemcsés törmeléket tartalmazó edények (1. csoport) (Szólád 21, +N); **B:** Finom és közepes szemcsés törmeléket tartalmazó edények (2. csoport) (Zamárdi 247.2/468.16, +N); **C:** Finomszemcsés homokkal soványított edények (3/a csoport) (Zamárdi 247.2/15.12, +N); **D:** Közepes szemcseméretű homokkal soványított edények (3/b csoport) (Ordacsehi 151.1/386.1, +N); **E:** Mészkőtörmelékkel és durva homokkal soványított edények (4/a csoport) (Zamárdi 247.2/45.37, +N); **F:** Jól kerekített mészkővel soványított edények (4/b csoport) (Ordacsehi 151.1/383.4, +N); **G:** Kissé szögletes mészkőtörmelékkel soványított edények (4/c csoport) (Zamárdi 247.2/193.2, +N); **H:** Karbonátos kötőanyagú homokkővel soványított edények (5. csoport) (Balatonlelle 432/2, +N)

Fig. 5.: A: Ceramics with very fine-grained debris (Group 1) (Szólád 21 +N); **B:** Ceramics with fine and medium-grained debris (Group 2) (Zamárdi 247.2/468.16, +N); **C:** Fine-grained sand tempered ceramics (Group 3/a) (Zamárdi 247.2/15.12, +N); **D:** Medium sand tempered ceramics (Group 3/b) (Ordacsehi 151.1/386.1, +N); **E:** Limestone fragment and very coarse sand tempered ceramics (Group 4/a) (Zamárdi 247.2/45.37, +N); **F:** Well-rounded limestone fragment tempered ceramics (Group 4/b)(Ordacsehi 151.1/383.4, +N); **G:** Subangular limestone fragment tempered ceramics (Group 4/c) (Zamárdi 247.2/193.2, +N); **H:** Carbonate cemented sandstone fragment tempered ceramics (Group 5.) (Balatonlelle 432/2, +N)

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



6. ábra: A: Bazalt törmelékkel soványított edények (6. csoport) (Balatonlelle 3/5, +N); **B:** Bazalt törmelékkel soványított edények (6. csoport) (Tamási 14, +N); **C:** Andezit törmelékkel soványított edény (7. csoport) (Balatonlelle 2/2, +N); **D:** Márvány törmelékkel soványított edények (8. csoport) (Balatonlelle 423/4, +N); **E:** Márvány törmelékkel soványított edények (8. csoport) (Szólád 11/1, +N); **F:** Metamorf kőzettörmelékkel soványított edények (9. csoport) (Zamárdi 247.2/45.59, +N); **G:** Összetört kvarcit törmelékkel soványított edények (10. csoport) (Ordacsehi 151.1/29.3, +N); **H:** Tört kerámiával soványított edény (11. csoport) (Zamárdi 247.2/45.62, 1N)

Fig. 6: A: Basalt fragment tempered ceramics (Group 6) (Balatonlelle 3/5, +N); **B:** Basalt fragment tempered ceramics (Group 6) (Tamási 14, +N); **C:** Andesite fragment tempered ceramic (Group 7) (Balatonlelle 2/2, +N); **D:** Marble fragment tempered ceramics (Group 8) (Balatonlelle 423/4, +N); **E:** Marble fragment tempered ceramics (Group 8) (Szólád 11/1, +N); **F:** Metamorphic rock fragment tempered ceramics (Group 9) (Zamárdi 247.2/45.59, +N); **G:** Shattered quartzite fragment tempered ceramics (Group 10) (Ordacsehi 151.1/29.3, +N); **H:** Grog tempered ceramic (Group 11) (Zamárdi 247.2/45.62, 1N)

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

1. táblázat: A vizsgált minták eloszlása lelőhelyenként a formai és a petrográfiai csoportokban
Table 1.: Distribution of the examined samples in the typological and petrographic groups, separated by archaeological sites

Formai csoportok	Kajdacs	Petrográfiai csoportok												
		1	2	3		4			5	6	7	8	9	10	11
				a	b	a	b	c							
	I/1														
	I/2/a					1									
	I/2/b														
	I/3/a											1			
	I/3/b														
	I/3/c														
	I/4/a														
	I/4/b														
	I/4/c														
	I/5/a														
	I/5/b					2									
	II/1/a														
	II/1/b			1											
	II/1/c					1									

Formai csoportok	Balatonlelle	Petrográfiai csoportok												
		1	2	3		4			5	6	7	8	9	10	11
				a	b	a	b	c							
	I/1								1						
	I/2/a														
	I/2/b		1			2									
	I/3/a														
	I/3/b														
	I/3/c														
	I/4/a														
	I/4/b														
	I/4/c														
	I/5/a														
	I/5/b														
	II/1/a				1	3			1	4			1		
	II/1/b	2				2			2			7	2		
	II/1/c					2			3		1	1		2	

Formai csoportok	Szólád	Petrográfiai csoportok												
		1	2	3		4			5	6	7	8	9	10	11
				a	b	a	b	c							
	I/1														
	I/2/a														
	I/2/b					5							1		
	I/3/a														
	I/3/b	1													
	I/3/c														
	I/4/a					1						1			
	I/4/b	1										1			
	I/4/c														
	I/5/a														
	I/5/b														
	II/1/a														
	II/1/b														
	II/1/c					4			1						

Formai csoportok	Ordacsehi	Petrográfiai csoportok												
		1	2	3		4			5	6	7	8	9	10	11
				a	b	a	b	c							
	I/1														
	I/2/a				1										
	I/2/b														
	I/3/a														
	I/3/b														
	I/3/c				1										
	I/4/a														
	I/4/b														
	I/4/c														
	I/5/a														
	I/5/b														
	II/1/a		2			2	5					1		1	
	II/1/b				1	2									
	II/1/c														

Formai csoportok	Tamási	Petrográfiai csoportok												
		1	2	3		4			5	6	7	8	9	10	11
				a	b	a	b	c							
	I/1				1										
	I/2/a														
	I/2/b														
	I/3/a														
	I/3/b														
	I/3/c														
	I/4/a														
	I/4/b														
	I/4/c														
	I/5/a														
	I/5/b														
	II/1/a									1					
	II/1/b														
	II/1/c		1							1					

Formai csoportok	Zamárdi	Petrográfiai csoportok												
		1	2	3		4			5	6	7	8	9	10	11
				a	b	a	b	c							
	I/1														
	I/2/a					1									
	I/2/b		1												
	I/3/a			1				1							
	I/3/b														
	I/3/c														
	I/4/a														
	I/4/b														
	I/4/c														
	I/5/a					1									
	I/5/b	1		1											
	II/1/a		2	2	1	7	1	2					1	2	1
	II/1/b		1			5									
	II/1/c														

4. csoport: mészkővel soványított edények (52 minta; telep: 38 db, temető: 14**)**

Ebben a csoportban a kerámiák szövete hiátuszos, az agyagos alapanyag nem plasztikus elegyrészeinek (főként kvarc, káliföldpát, plagioklász, muszkovit) térfogat-százalékos mennyisége változatos, többnyire közepes (8-20% között), méretük 0,05–0,15 mm között változik. A csoporton belül 3 alcsoportot lehetett elkülöníteni: a legnépesebb alcsoport (44 minta) a mészkőtörmelékkel és durva homokkal soványított edények (4/a csoport), ezen kívül elkülöníthetőek kizárólag jól kerekített mészkőtörmelékkel soványított edények (4/b csoport; 5 minta), valamint kissé szögletes mészkőtörmelékekkel soványított edények (4/c csoport; 3 minta). Ez a típus Tamásin kívül az összes vizsgált lelőhelyen megfigyelhető (**1. táblázat**), ráadásul jelentős mennyiségben, annak ellenére, hogy a meszes soványítás problémákat okozhat az edény kiégetésekor, mivel az égetett mész oltott mésszé alakulása térfogat-növekedéssel járó folyamat, amely függ a kiégetés hőmérsékletétől, atmoszférájától, időtartamától, a kalcium mennyiségétől, valamint az agyag összetételétől. (Hoard et al. 1995, Kreiter 2006).

A mészkőtörmelékes és durva homokos alcsoportban (**5/E ábra**) a mészkőtörmelékek megjelenésük alapján valószínűleg édesvízi eredetűek, mivel jól kerekített, mikrites, ősmaradvány-mentes, kb. 0,5–1 mm-es törmelékekből állnak, a homok soványító anyag pedig főként 0,25–0,75 mm méretű polikristályos, néha monokristályos kvarcszemcsékből, tűzkőtörmelékekből és egyéb, feltehetőleg vulkanikus eredetű szemcsékből (főként kvarc, káliföldpát és kisebb mennyiségben plagioklász és muszkovit, illetve néhol a felsoroltak összenövése) áll.

A jól kerekített mészkő törmelékkel soványított edények alcsoportjában (**5/F ábra**) a soványító anyagként felhasznált törmelék közepes, illetve durva méretű (0,5–2 mm közötti), jól kerekített mészkőszemcsékből áll, amelyek tulajdonságai megegyeznek a 4/a csoportban leírtakkal, így ez esetben is feltételezhető az édesvízi eredet. Azonban az előző csoporttól eltérően itt nem figyelhető meg a mészkő mellé adagolt homok soványítás.

A kissé szögletes mészkőtörmeléket tartalmazó alcsoport (**5/G ábra**) abban különbözik a másik két alcsoporttól, hogy a soványító anyagként felhasznált, 0,5–1,5 mm közötti méretben előforduló karbonát szemcsék nem kerekítettek, hanem szögletesek, illetve kissé szögletesek. Ez arra is utalhat, hogy a mészkő nyersanyagot az edény készítése előtt törték össze.

A nyersanyageredet szempontjából fontos, hogy mindhárom alcsoport edényeinek soványításul szolgáló mészkő-, illetve mészkő- és homoktörmelékek feltehetőleg homokos üledékből származnak, amelyet a jól koptatott szemcsék mutatnak. Ismerve a lelőhelyek geológiai környezetét (Gyalog 2005), feltételezhető, hogy ez a soványító anyag helyi eredetű.

5. csoport: karbonátos kötőanyagú homokkővel soványított edények (8 minta; telep: 7 db, temető: 1 db**)**

Az 5. csoport kerámiáinak szövete hiátuszos, az alapanyagukban kevés, nagyon finom (0,03 mm-nél kisebb méretű) nem plasztikus elegyrész található, főként kvarc, káliföldpát, plagioklász és csillám. A mintákban a soványításként felhasznált, közepesen, illetve jól kerekített, koptatott homokkőszemcsék mérete 1-1,5 mm, a közepesen kerekített kvarc szemcséké pedig 0,25–0,5 mm körül változik (**5/H ábra**), amelyeket gyakran karbonátos kötőanyag cementál.

6. csoport: bazalttörmelékkel soványított edények (6 minta; telep: 4 db, temető: 2 db**)**

A csoportba tartozó hat minta összesen két lelőhelyről származik (Balatonlelle (**6/A ábra**), Tamási (**6/B ábra**)). A bazalttörmelékek átlagosan 1,5 mm méretűek, ám előfordul akár 3 mm-es szemcse is. A kőzettörmelékek, amelyek kevés, ill. közepes mennyiségűek, gyengén-közepesen kerekítettek, főként piroxént, kisméretű plagioklászt és olivint tartalmaznak, azonban az egyik minta (Tamási 14) bazalttörmelékének megjelenése némileg eltér a többitől: a plagioklászok mérete és mennyisége is nagyobb, valamint az alapanyaga nem annyira üveges. Ezen kívül az agyag alapanyaga kövérebb, törmelékes elegyrészeik aránya kevés, és a kvarcon, káliföldpáton, plagioklászon és csillámon kívül szórványosan elsődleges karbonát is megfigyelhető. A balatonlellei minták karbonátmentes alapanyagában ezzel szemben közepes mennyiségű törmelékes elegyrész található, melyek mérete zömmel 0,03 mm alatti.

Bár a két lelőhelyről előkerült edények bazaltos soványítása különbözik, lehetséges, hogy a két lelőhelyen azonos eredetű, így feltehetőleg a Balaton-felvidék bazalt tanúhegyeiből származó bazaltot használtak fel (Péterdi et al. 2011, Oláh et al. 2012) az edények elkészítéséhez. Ez ugyan az 5–6. században viszonylag távoli nyersanyagforrásnak számított, azonban érdemes megfontolni, hogy a bazalt népszerű őrlőkő nyersanyag volt, így ilyen formában nagyobb távolságokra is eljutott (Szakmány & Nagy-Szabó 2011). Bár a tamási temetőhöz tartozó telepet még nem sikerült feltárni, azonban elképzelhető, hogy a készítők a telepen már elhasználódott bazalt őrlőköveket használtak fel edényeik soványításához. A bazaltok pontos

geológiai eredetének meghatározását további – elsősorban elektron-mikroszondás – vizsgálatok segítségével lehetne megállapítani.

7. csoport: andezit törmelékkel soványított edény (1 minta; telep: 1 db, temető: 0 db**)**

Bár ebbe a csoportba csupán egy edény tartozik, azonban a Balatontól délre, Balatonlelle lelőhelyen különösnek hat ez a nyersanyagválasztás. A kerámia alapanyagában sűrű, finom szemcseméretű ásványtörmelékek figyelhetők meg, főként kvarc, káliföldpát, plagioklász és csillám. A soványításként jelen levő nagyméretű (kb. 1,5 mm-es), kissé szögletes, üveges alapanyagú andezites kőzettörmelékek főként opacitos amfibolból és nagyméretű plagioklászból állnak, amelyek önálló ásványtörmelékként is megjelennek a kerámia anyagában. A kerámiában előforduló opacitos amfibol egyik leggyakoribb előfordulása a Kárpát-medencei andezit előfordulások közül a Visegrádi-hegységben és a Börzsönyben jellemző (Harangi 2002) (**6/C ábra**).

8. csoport: márványtörmelékkel soványított edények (12 minta; telep: 9 db, temető: 3 db**)**

A 12 db márvány törmelékkel soványított minta négy lelőhelyről származik (**1. táblázat**). A márványszemcsék többnyire egyedüli soványító anyagként vannak jelen (**6/D–E ábra**). A csoport különlegessége, hogy márvány a Kárpát-medence területén természetes körülmények között nem található meg, egyedül a Dunántúlon, Polgárdi településen fordul elő márványhoz hasonló tulajdonságokkal rendelkező, kontakt metamorf hatást elszenvedett kristályos mészkő lelőhely (Zöldföldi et al. 2004), amely – figyelembe véve a langobardok vándorlási útvonalát – Magyarország területén az egyetlen potenciális geológiai lelőhely.

A kérdés pontos tisztázásához szükséges nagyműszeres vizsgálatokra egyelőre nem volt lehetőségünk, azonban katódlumineszcens mikroszkópiára igen, így egyrészt azt vizsgáltuk, hogy a katódlumineszcens szín alapján elkülöníthető-e egymástól a balatonlellei, ordacsehi, kajdacsi és a szóládi minták márványa, másrészt a vizsgálat során arra voltunk kíváncsiak, hogy a polgárdi lelőhely potenciális nyersanyagforrás-e, vagy kizárható opció. Ezért a márvánnyal soványított kerámiamintákat a CL segítségével összehasonlítottuk három kőzetmintával: egy Polgárdiból (**7/G ábra**), egy Ruszkabányáról (**7/F ábra**), valamint egy Carrarából származó márvány mintával (**7/E ábra**). A két utóbbi kőzetmintára azért volt szükség, hogy megfigyeljük, milyen különbségekkel kell számolni egy valódi, regionális metamorfózissal képződő márvány és egy kontakt metamorf eredetű kristályos mészkő esetén.

A vizsgálat során balatonlellei (**7/A ábra**) és az ordacsehi (**7/C ábra**) mintákban narancssárga, közepesen erős, többnyire egységes lumineszcencia volt megfigyelhető. A szóládi kerámiák esetén (**7/D ábra**) előzőektől különböző, lilásabb katódlumineszcens színt mutattak a márvány törmelékek, a kajdacsi minta (**7/B ábra**) esetén pedig a márványtöredékek nem lumineszkáltak, vagyis fekete színt mutattak.

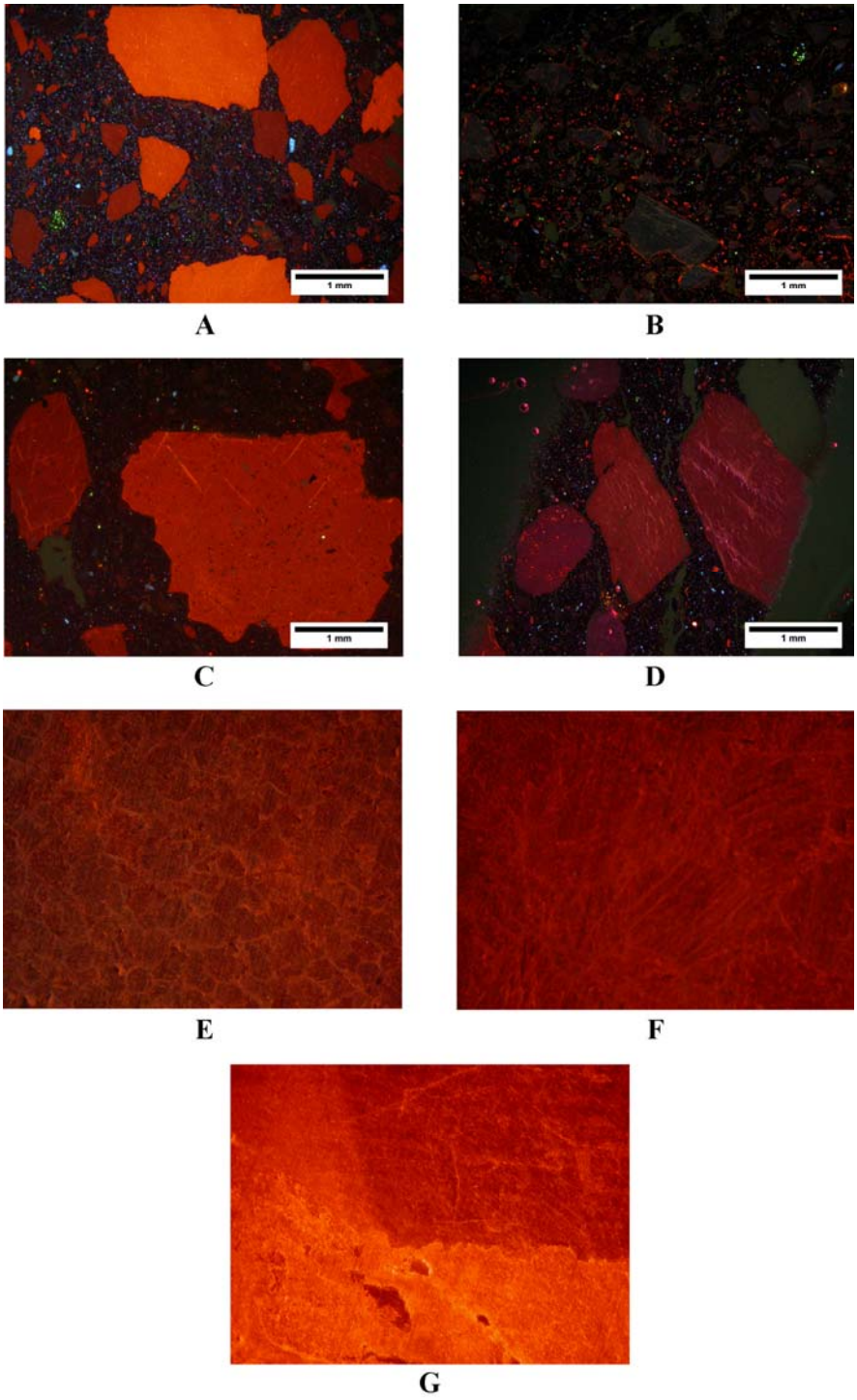
A polgárdi kristályos mészkő katódlumineszcens színe élénk narancssárga, illetve bordó színt mutatott. Összességében elmondható, hogy a vizsgálatok során tapasztalt lumineszcens színek alapján nem kizárható, hogy a kerámiákban megfigyelt márvány vagy kristályos mészkő szemcsék a polgárdi közelében található mészkőtest enyhén metamorfizálódott részéből származnak.

A kajdacsi minta esetén tapasztalt fekete szín biztos oka ismeretlen, ám lehetséges, hogy a többi mintától eltérő, magas kiégetési hőmérséklet okozza ezt a jelenséget. A vizsgálatok pontosítása érdekében olyan kísérletekre lenne szükség, amelyeknél megfigyelhető, hogy a kiégetés hőmérséklete hogyan befolyásolja a márvány katódlumineszcens színét.

9. Metamorf kőzettörmelékkel soványított edények (5 minta; telep: 4 db, temető: 1 db**)**

A 9. csoportba tartozó minták alapanyagában kvarc, káliföldpát, muszkovit és plagioklász figyelhető meg, méretük 0,03 mm alatti, mennyiségük többnyire 10% körüli (**6/F ábra**). Részben átmeneti csoportnak is tekinthető, mert négy mintában kvarchomokos és karbonátos soványítás is megfigyelhető. A metamorf kőzettörmelékek feltehetőleg gneisznek vagy csillámpalának határozhatók meg (irányított szövettel rendelkező, sávokba rendeződött muszkovit, közöttük irányítottan elhelyezkedő polikristályos kvarc). Ezek a kőzetek természetes körülmények között nem találhatók meg a lelőhely kb. 50 km-es körzetében. (Bár a lelőhelyek közelében található a Balatonfőkajári Kvarcfillit Formáció, amelyről nem zárható ki, hogy potenciális nyersanyaglelőhely (Gyalog 2005)) Magyarország területén gneisz és csillámpala a lelőhelyekhez legközelebb a Soproni-hegységben található, finomabb szemcsés csillámban gazdag palás metamorfit (fillit) pedig a Kőszegi-hegységben, vagyis viszonylag nagy távolságra a vizsgált hat lelőhelytől. A 6. század első harmadában betelepülő langobard népcsoport vándorlási útvonalát tekintve azonban több területen is előfordulhatnak ezekhez hasonló kőzetek.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



7. ábra: A: Márvánnyal soványított balatonlellei edény katódlumineszcens mikroszkópos képe (Balatonlelle 1/9); **B:** Márvánnyal soványított kajdacsi edény katódlumineszcens mikroszkópos képe (Kajdacs 9); **C:** Márvánnyal soványított ordacsehi edény katódlumineszcens mikroszkópos képe (Ordacsehi 151.1/355.12); **D:** Márvánnyal soványított szóládi edény katódlumineszcens mikroszkópos képe (Szólád 11/1); **E:** Carrarai márvány minta katódlumineszcens mikroszkópos képe; **F:** Ruszkabányai márvány minta katódlumineszcens mikroszkópos képe; **G:** Polgárdi márvány minta katódlumineszcens mikroszkópos képe

Fig. 7.: A: CL image of a marble tempered ceramic from Balatonlelle (Balatonlelle 1/9); **B:** CL image of a marble tempered ceramic from Kajdacs (Kajdacs 9); **C:** CL image of a marble tempered ceramic from Ordacsehi (Ordacsehi 151.1/355.12); **D:** CL image of a marble tempered ceramic from Szólád (Szólád 11/1); **E:** CL image of marble sample from Carrara (Italy); **F:** CL image of marble sample from Ruszkabánya (Romania; **G:** CL image of marble sample from Polgárdi (Hungary)

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

10. csoport: összetört kvarcit törmelékkel soványított edények (7 minta; telep: 7 db, temető: 0 db**)**

A 10. csoportba tartozó minták alapanyagában kvarc, káliföldpát, muszkovit és plagioklász figyelhető meg, méretük 0,03 mm alatti, mennyiségük többnyire 10% körüli (**6/G ábra**). Ezek az edények összetört kvarcit törmelékes soványító anyagot tartalmaznak, emellett homokkő, metaüledékes kőzet és vulkanit törmelékek is találhatók, így az ásványokon megfigyelhető metamorf hatás, illetve a kvarcit közepes méretű, polikristályos, nagyon szögletes-szögletes megjelenése alapján a minták egyértelműen elkülöníthetőek a korábban említett 5. csoporttól.

11. csoport: tört kerámiával soványított edény (1 minta; telep: 1 db, temető: 0 db**)**

Ebbe a csoportba csupán egy edény tartozik (**6/H ábra**). Szövete hiátuszos, az alapanyagban a törmelékes elegyrészek (főként kvarc, plagioklász, káliföldpát és csillám) kb. 5% mennyiségben vannak jelen, méretük 0,05 mm alatti. A soványításként felhasznált összetört kerámia törmelékek mérete 1 mm és 8,5 mm közötti, tehát nagyon változó. Az edény agyagos alapanyagában kevés (kb. 5%) törmelékes elegyrész található, míg a hozzáadagolt kerámiadarabokban a törmelékes elegyrészek mennyisége 30% körüli, tehát nagyon sovány. Az összetört kerámián kívül nagyméretű (kb. 1–2 mm-es), nagyon kerekített mészkőtörmelékeket is meg lehetett figyelni, amely feltehetően szintén soványításként került az agyagba. Ez a soványítás típus a régészeti kerámiákban igen gyakori, mivel kedvező hatással lehet a hőtágulási folyamatokra a kiégetés és a használat alatt (Kreiter 2007).

Összefoglalás, eredmények

A kerámiák összetételét összevetve formai-funkcionális alapú csoportosítással megállapítható, hogy egyes petrográfiai csoportok összefüggést mutattak a formai-funkcionális csoportokkal. A legszembetűnőbb összefüggés a mészkőtörmelékes soványítás használata esetén volt, ez a soványítás típus ugyanis – amely egyben a vizsgált mintákban a legnépszerűbb soványító nyersanyag – több mint 70%-ban a különböző típusú fazekakra (II/1/a, II/1/b, II/1/c) jellemző (**4. ábra**). Ez arra utalhat, hogy ez a soványítási technika különösen alkalmas volt a nagy igénybevételnek kitett főzőedények készítésére.

Hasonló eredményre jutottunk a kvarcitos soványító anyagot tartalmazó kerámiák esetén. Bár kevés ilyen edény került elő (7 db minta), azonban ez a soványító anyag kizárólag a 3 településen, kizárólag főzőedények esetében, ráadásul csak egyszerű fazekakra (II/1/a), illetve behúzott peremű fazekakra (II/1/c) jellemző.

Az a tény, hogy a soványítási technikák ilyen mértékben változatosak, valamint az, hogy ezek a csoportok nem egy-egy lelőhelyre jellemzőek, arra enged következtetni, hogy ebben a korszakban változatos fazekas hagyományokból, több fazekas központból származnak a vizsgált lelőhelyek edényei. Megfigyelhető, hogy a felhasznált, igen jellegzetes és változatos soványítási technikák a legkorábbra keltezhető Ordacsehi esetén nem térnek el a többi, későbbi lelőhelyektől, amely arra utal, hogy az edénykészítés legelemibb folyamatai nem változtak a vizsgált korszakban (vö. Kreiter 2006).

A kerámiák agyagos alapanyaga a polarizációs mikroszkópi megfigyeléseink alapján többnyire hasonló jellegű volt. A törmelékes elegyrészek főként kvarcot, káliföldpátot, plagioklászt és muszkovitot, illetve néhány esetben elsődleges karbonátot tartalmaztak, különbség csupán az elegyrészek méretében és mennyiségében volt. Ez azonos, vagy hasonló technológiai hátteret mutat, és azt is jelezheti, hogy a felhasznált agyagok hasonló geológiai felépítésű és összetételű lelőhelyről származnak. Az alapanyag eredetének pontos meghatározására azonban mindeddig nem volt mód, ez a jövőben SEM-EDX, illetve XRD vizsgálatokat igényel.

Több soványító anyag esetén feltételezhetjük, hogy beszerzésük nem esetleges volt, hanem tudatos, így akár 50–60 km-ről vagy még messzebbről is származhatnak. Azonban geológiailag nem helyi eredetű nyersanyagok – márvány, bazalt, andezit, metamorf kőzetek – akár az egyes településeken használt kőanyagból is származhatnak, ám az is lehetséges, hogy az edények érkeztek távolabbi fazekasműhelyekből. Mindkét esetben feltételezhetjük az import áruk forgalmát, kereskedelmi kapcsolatok létezését, amely az egyes nyersanyagok geológiai lelőhelye alapján úgy tűnik, hogy egy északi, északnyugati kapcsolatrendszert rajzol ki. A kereskedelmi kapcsolatok pontosabb meghatározásához további vizsgálatokra és lényegesen nagyobb területről származó mintákra lesz szükség.

Köszönetnyilvánítás:

Köszönjük a minták rendelkezésre bocsátását Bocsi Zsófiának, Ódor Jánosnak és Skriba Péternek, a csiszolatkészítésben való segítségnyújtást Józsa Sándornak, az MNM-NÖK labor használatának lehetőségét Kreiter Attilának, a katódlumineszcens vizsgálatok lehetőségét Bajnóczi Bernadettnek, a SEM-EDX vizsgálatokat Bendő Zsoltnak.

Irodalomjegyzék:

BOCSI, Zsófia (2007): Az Ordacsehi és Zamárdi V–VI. századi telepek, különös tekintettel a kerámia leletanyagra. *Közöletlen diplomamunka,* ELTE Régészettudományi Intézet. 1–153.

BOCSI, Zsófia (2008): Die Keramik aus zwei spätantiken Siedlungen am Balaton: Ordacsehi-Kistöltés und Zamárdi-Kútvölgyi-dűlő, Komitat Somogy, Ungarn. In: Walter, Pohl & Peter, Erhart (Hrsg.): *Die Langobarden. Herrschaft und Identität.* Wien. 415–430.

BOCSI, Zsófia (2011): Néhány ritka és jellemző edényfajta Zamárdi-Kútvölgyi-dűlőről. In: Bíró, Szilvia & Tomka, Péter (szerk.): „Hadak Útján" *A Népvándorlás Kor Fiatal Kutatóinak XIX. Konferenciája.* Győr 2008, okt. 20–22. Konferencia kötet. Győr. 111–123.

BÓNA, István (1956): Die Langobarden in Ungarn. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **7** 183–244.

BÓNA, István & B. HORVÁTH, Jolán (2009): Langobardische Gräberfelder in West-Ungarn. *Monumenta Germanorum Archaeologica Hungariae* **6** Budapest. 1–422.

Von FREEDEN, Uta (2008): Ausgewählte Befunde aus dem langobardenzeitlichen Gräberfeld von Szólád, Komitat Somogy, Ungarn. In: Jan, Bemmann & Michael, Schmauder (Hrsg.): *Kulturwandel in Mitteleuropa. Langobarden – Slawen – Awaren*, Bonn. 399–413.

Von FREEDEN, Uta & VIDA, Tivadar (2007): Ausgrabung des langobardzeitlichen Gräberfeldes von Szólád, Komitat Somogy, Ungarn. Vorbericht und Überblick über langobardzeitliche Besiedlung am Plattensee. *Germania* **85.** 359–384.

GYALOG, László (2005): *Magyarázó Magyarország fedett földtani térképéhez (az egységek rövid leírása)*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.

HARANGI, Szabolcs: Új eredmények a Kárpát-Pannon-Térség neogén vulkanizmusának ismeretéhez. *MTA Doktori Értekezés*, Budapest.

HARANGI, Szabolcs (2001): Neogene to Quarternary volcanism of the Carpathian-Pannonian Region – a review. *Acta Geologica Hungarica* **44/2-3** 223–258.

HOARD, R. J., O'BRIAN M. J., KHORASGANY, M. G. & GOPALARATMAN, V. S. (1995): A material-science approach to understanding limestone-tempered pottery from the Midwestern United States. *Journal of Archaeological Science* **22** 823–832.

KREITER, Attila (2006): Kerámia vizsgálatok a Halomsíros kultúra Esztergályhorváti–alsóbárándpusztai településről. *Zalai Múzeum* **15** 149–170.

KREITER, Attila (2007): Kerámiatechnológiai tradíció és az idő koncepciója a bronzkorban / Ceramic technological tradition and the concept of time in Bronze Age. *Ősrégészeti Levelek* **8–9** 147–166.

OLÁH, István, BENDŐ, Zsolt, SZAKMÁNY, György, SZILÁGYI, Veronika & PÉTERDI, Bálint (2012): Results of the archaeometric analysis of the stone implement preforms from Veszprém-Kádárta (W-Hungary). *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **63** 43–68.

Prehistoric Ceramic Research Group (2010): The study of later prehistoric pottery: general policies *and guidelines for analysis and publication. Occasional Papers* Nos 1 and 2. 3rd Edition Revised 2010. 1–78.

PÉTERDI et al. (2011): Péterdi Bálint, Szakmány György, Judik Katalin, Dobosi Gábor, Kovács József, Kasztovszky Zsolt & Szilágyi Veronika, Bazalt anyagú csiszolt kőeszközök kőzettani és geokémiai vizsgálata (Balatonőszöd – Temetői dűlő lelőhely). *Archeometriai Műhely* **8/1** 33–68.

SKRIBA, Péter & SÓFALVI, András (2004): Langobard település Balatonlelle határában. *Archaeológiai Értesítő* **129** 121–163.

SZAKMÁNY, György & NAGY-SZABÓ, Tibor (2011): Zalalövőről származó római kori malomkövek archeometriai vizsgálati eredményei. *Archeometriai Műhely* **8/1** 85–99.

ZÖLDFÖLDI et al. (2004): Zöldföldi Judit, Pintér Farkas, Székely Balázs, Taubald, Heinrich, T. Biró Katalin, Mráv Zsolt, Tóth Mária, M. Satir, Kaszovszky Zsolt & Szakmány György, Római márványtöredékek vizsgálata a Magyar Nemzeti Múzeum Gyűjteményéből. *Archeometriai Műhely* **1/1** 40–46.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

TL/OSL KORMEGHATÁROZÁS TESZTELÉSE RÓMAI KORI BÉLYEGES TÉGLÁKON

THE TESTING OF TL AND OSL METHODS ON ARCHEOLOGICALLY ACCURATELY DATED BRICK SAMPLES

TÓTH ORSOLYA[1]; SIPOS GYÖRGY[1]; HAVAS ZOLTÁN[2]

[1]Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, 6722 Szeged, Egyetem u. 2-6.

[2]Aquincumi Múzeum, 1031 Budapest, Záhony u. 4.

E-mail: totho@geo.u-szeged.hu

Abstract

In the framework of the present research different techniques used in luminescence dating were tested on known age Roman bricks. The aims of the measurements were to develop a reliable sampling and sample preparation protocol, and to increase the precision of future results. Experiments were performed on 5 bricks, originating from the Roman centre of Aquincum, which could be dated on the basis of specific signs and stamps at a precision of a decade.

From each brick 6 samples were collected, using 3 different sampling techniques. 2 of the samples were grinded further in an agate mortar. During the sample preparation procedure one of the samples was treated with H_2SiF_6 in order to separate the quartz content of the anyway polymineralic material. Equivalent dose measurements were made by using TL (thermoluminescence) in most of the cases, however the quartz sample was also measured by the means of OSL (optically stimulated luminescence). During the measurement of dose rates two different techniques were applied to determine the potassium-content of samples: ICP-MS and μXRF. The results obtained by the combination of different sampling, preparation and measurement techniques were plotted against the known age of the samples.

Based on the experiments mechanical treatment during sampling greatly affects the intensity of the luminescence signal and therefore the received equivalent dose and age as well. Similarly, extended H_2SiF_6 acidic treatment also has a considerable effect on the results, and significant differences were experienced when comparing TL and OSL ages, and the K-contents measured by different techniques. Consequently, the best results were yielded in case using the most gentle sampling procedure, excluding additional acid treatment, using TL and K-contents determined by ICP-MS.

Kivonat

Kutatásunkban eltérő, lumineszcens kormeghatározás során alkalmazott módszereket teszteltünk régészeti alapokon jól keltezhető római korú téglákon. Célunk a lehető legmegbízhatóbb mintagyűjtési és minta-előkészítési protokoll kialakítása, valamint a későbbi eredmények pontosítása volt. A kísérleteket 5 darab Aquincumból származó téglán végeztük, melyeket a rajtuk található bélyegek, valamint különböző jelölések alapján 10 éves pontossággal lehetett régészeti úton datálni.

A kísérletekhez minden téglából 6-6 mintát gyűjtöttünk 3 különböző mintagyűjtési technikát alkalmazva. A minta-előkészítés során az egyik részmintát H_2SiF_6 savval kezeltük az egyébként polimineralikus anyag kvarc-tartalmának elkülönítése céljából. A lumineszcens mérések kapcsán az egyenérték dózist általában TL (termolumineszcencia), de a kvarc minta esetében OSL (optikailag stimulált lumineszcencia) felhasználásával is vizsgáltuk. A dózisteljesítmény meghatározásakor a minták K-tartalmát ICP-MS és μXRF segítségével is mértük. A különböző mintagyűjtési, előkészítési és mérési eljárások kombinációjaként kapott eredményeket végül összevetettük az ismert korokkal.

Vizsgálataink alapján a mintagyűjtés okozta mechanikai behatás mértéke nagyban befolyásolja a kapott lumineszcens intenzitásokat, így az egyenérték dózis és kor eredményeket is. A hosszabb ideig tartó H_2SiF_6 kezelés szintén számottevő eltéréseket okozott az eredményekben. A TL és OSL korok is jelentős különbségeket mutattak, csakúgy, mint a különböző módszerekkel meghatározott K-koncentrációk. Összességében a legjobban illeszkedő eredményeket a legkisebb mechanikai behatás mellett, további savas kezelés nélkül, TL méréseket és ICP-MS-sel meghatározott K adatokat alkalmazva kaptuk.

KEYWORDS: TL, OSL, STAMPED BRICKS, SAMPLING, SAMPLE TREATMENT

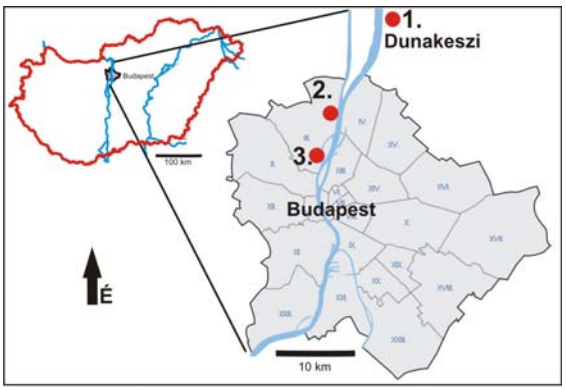
KULCSSZAVAK: TL, OSL, BÉLYEGES TÉGLÁK, MINTAGYŰJTÉS, MINTA-ELŐKÉSZÍTÉS

Előzmények, célkitűzések

Az utóbbi évtizedekben a TL/OSL az egyik legszélesebb körben alkalmazott kormeghatározási módszerré nőtte ki magát az archeometriában. Ennek egyik oka, hogy lehetőséget biztosít olyan kerámiák és üledékek készítési, illetve képződési idejének meghatározására, melyek korát más módszerrel nem lehet megadni. Az első kormeghatározási célzattal elvégzett lumineszcens mérések külföldön mintegy 60 évvel ezelőtt történtek, Magyarországon az 1980-as években végeztek először ilyen irányú vizsgálatokat, azonban a hazai kutatások ezt követően megszakadtak (Benkő 1988), ezért hazánkban kevés az ilyen irányú kutatás, és az ebből eredő mérési tapasztalat. A módszer időbeli alkalmazhatósága alapesetben 10-300 000 évre tehető (Novothny és Újházy 2000). A kormeghatározás kétféle úton történhet: üledékek vizsgálata során az ún. Optikailag Stimulált Lumineszcens (OSL) módszer, míg kerámiák esetén a Termolumineszcens (TL) módszer alkalmazása a legelterjedtebb. A mérési eredményeket számos tényező befolyásolja, ami miatt fontos a technológia minél szélesebb körű módszertani és méréstechnikai tesztelése.

Napjainkban a technikai fejlesztések főként az OSL mérésekre terjedtek ki, azonban a TL módszer alkalmazására is számos példa található a szakirodalomban. Az esetek többségében kerámia edények, kerámia töredékek, valamint téglák korának meghatározása a kutatások célja. A mérések segítségével mód nyílik: egy-egy kultúra időbeli elhelyezésére (Feathers 1998), az alkalmazott módszerek fejlesztésére (Meric et. al 2009), valamint egy-egy tárgy vagy műalkotás eredetiségének megállapítására (Zink és Porto 2005, Sipos és Papp 2009). Templomok, várak, egyéb épületek tégláinak vizsgálata során esetenként a különböző építési időszakok és átépítések ideje is meghatározható, ez történhet a még álló falak tégláiból (Göksu és Schwenk 2000), illetve akár tetőcserepek alapján (Nakata et. al 2006). A módszer alkalmas régebbi építőanyagok kiszűrésére is: Blain et al. (2010) egy középkori templom téglamintáit vizsgálva arra a következtetésre jutottak, hogy egyes római kori téglákat újra felhasználtak az építés során. Általánosságban elmondható, hogy évszázados pontossággal adható meg a fenti építőanyagok kora. Mindezek mellett Bailiff (2007) igen pontos eredményeket ért el XVII. századi épületek kormeghatározása során, azonban ehhez körültekintő és hosszadalmas háttérsugárzás mérésre volt szükség.

A kutatás elsődleges célja olyan laboratóriumi eljárások összehasonlító vizsgálata volt, amelyeket



1. ábra: A vizsgált téglák lelőhelyeinek elhelyezkedése (1. Dunakeszi, késő római kikötőerőd; 2. III. kerület, aquincumi légiótábor; 3. III. kerület, római kori helytartó palota).

Fig. 1.: Location of arcaeological sites where the examined bricks were found (1.Dunakeszi, Late Roman harbor fortress, 2. Budapest 3. district, Aquincum Legion Camp, 3. Budapest 3. district, Roman Viceroy's Palace).

a szegedi lumineszcens kormeghatározó laboratóriumban rendszeresen alkalmazunk, és amelyek hatása a kapott eredményekre kevéssé ismert. Korábbi vizsgálataink során azt tapasztaltuk, hogy a mintagyűjtés módja jelentős hatással lehet a kapott korokra (Tóth 2010). Emellett teszteltük az általában üledékek kormeghatározásában használt OSL módszer kerámiákon történő alkalmazhatóságát. A kísérleteket 5 darab Aquincumból származó téglán végeztük el, melyek kora a rajtuk lévő jelzések alapján 10 éves pontossággal megadható.

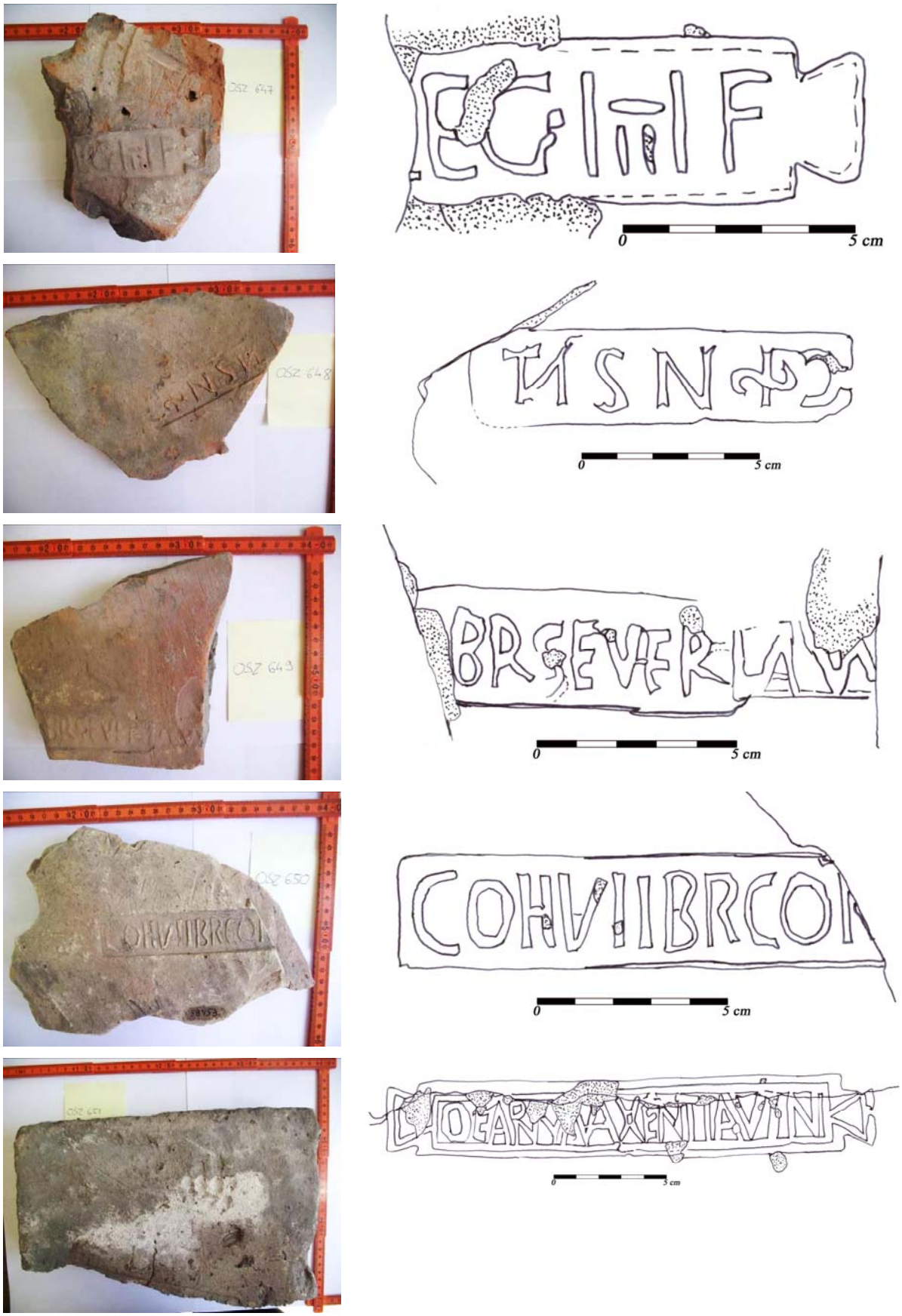
A vizsgált anyag és a mintaterület

A Római Birodalom területén Augustus uralkodás idején kezdett elterjedni a téglák használata, elsősorban a hadsereg közvetítésével. Ekkor létesültek az első téglaégető műhelyek is, melyekben különböző szokások alakultak ki a téglák jelölésére.

A vizsgált téglák az alábbi helyszínekről kerültek elő: Dunakeszi késő római kikötő erőd, III. kerület aquincumi légiótábor és római helytartó palota (**1. ábra**). Két tégla esetében a lelőhely ismeretlen.

A téglák készítési korának régészeti úton történő meghatározására történhet egyrészt a téglákon található bélyegek, jelek, vagy feliratok azonosításával, másrészt pedig a téglák mellől előkerülő, jól datálható leletek alapján, illetve rétegtani vizsgálatok segítségével. A Római Birodalomban működő téglaégető műhelyek egyedi jelöléssel rendelkeztek, melyet általában fából készült bélyegző segítségével helyeztek el a még nyers téglán (Havas 2009).

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



2. ábra: A vizsgált római kori bélyeges téglák, és a bélyegek rajzolata
Fig. 2.: The examined Roman Age stamped bricks, and the line draw of the stamps

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

1.táblázat: A vizsgált téglák régészeti adatai, a bélyegek feloldása, és az ez alapján megadható készítési **időszakok.**

Table 1.: Archaeological data, interpretation of stamps and the derived production date of the investigated brick samples.

Ltsz:	Raktári azonosító	Labor kód	Lelőhely, ásatás éve	tégla forma	tégla állapot, méret (cm)	bélyeg szövege, feloldása	bélyeg típus	Készítési idő
2003.32.303	585	OSZ 647	Budapest, III., Hajógyári-sziget, 1951	later	Töredék 17×13×6	*[l]eg(ionis)* ◦ *$\overline{IIII}$ F(laviae)*	ITP[1] IX/4. = Havas 2005, 34.[2]	162-166 AD[4]
-	2480	OSZ 648	ismeretlen	tegula	Töredék 14,5×20×3	*c(ohortis)* ∞ *(milliariae) n(ovae) S(urorum) Ant(oninianae)*	Nagy 1939, 134, 114/14-15. kép[3]	213/214-222 AD[5]
-	2530	OSZ 649	ismeretlen	tegula	Töredék 13,5×14×3,5	*[coh(ortis) VII] Br(eucorum) Severian(ae)*	ITP XXIV/41.[1]	222-235 AD[6]
58453	-	OSZ 650	Budapest, III., Kórház u. 22., 1950	tegula	Töredék 21×16,5×3,5	*coh(ortis) VII Br(eucorum) Gor[d(ianae)]*	ITP XXIV/42.[1]	238-244 AD[7]
1935/2/31	2928	OSZ 651	Dunakeszi, régi révház, 1935	later (sesquipedalis)	ép, három töredékben 46,5×32,5×7	*of(ficinae) ARN M^axenti a(pparatu?) Vin(---)*	ITP XXVI/21.[1]	351-374 AD[8]

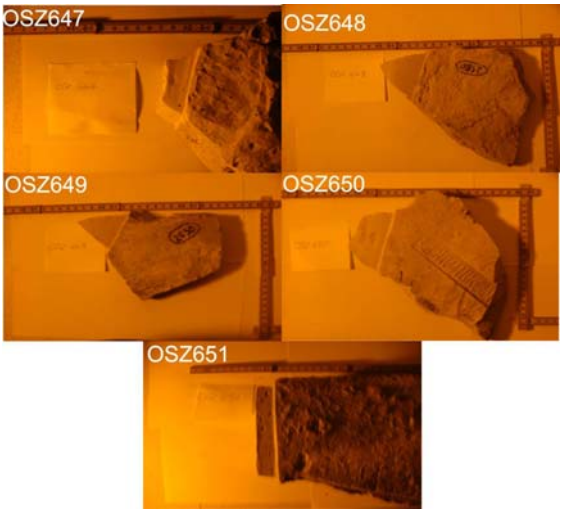
([1] Szilágyi 1933, [2] Havas 2005, [3] Nagy 1939, [4] Lőrincz 1978, 301-304; Lőrincz 2010, 96-98., [5] Lőrincz 2001, 147, 285, Kat. 435., [6] Lőrincz 2001, 147, 239, Kat. 272., [7] Lőrincz 2001, 147, 239, Kat. 274., [8] Mráv 2003, 37-40; Lőrincz 2003, 80.)

Emellett számos esetben egyéb, ujjal behúzott jel is felfedezhető a téglákon (**2. ábra**), ezek, segítségével vált nyomon követhetővé egy-egy égető napi teljesítménye (Havas 2007). A fenti információk alapján a műhely, így az adott tégla készítési helye, illetve készítési ideje viszonylag pontosan megállapítható (**1. táblázat)**.

Módszer

A lumineszcens kormeghatározás általában kvarc és földpát ásványokat tartalmazó anyagokon történik, alapja a hővel, illetve fénnyel történő gerjesztés. A félvezető kvarc és földpát kristályrácsában az elektronok alapesetben a vegyérték sávban helyezkednek el, azonban radioaktív sugárzás hatására a magasabb energiaszintet képviselő vezetési sávba kerülhetnek, miközben ún. „lyukakat" hagynak maguk után (Bøtter-Jensen et al. 2003). A legtöbb kristályrács azonban nem tökéletes, számos esetben az elektronok egy része a vegyérték és a vezetési sáv között elhelyezkedő rácshibákba, ún. csapdákba kerül. Minél hosszabb ideig van kitéve az ásvány ionizáló sugárzásnak, annál több elektron halmozódik fel a csapdákban. A csapdázódott elektronok később hő, vagy fény általi gerjesztés következtében a csapdákból kilépve egyesülhetnek a hátrahagyott „lyukakkal" (rekombináció) (Novothny és Újházy 2000). Ez a folyamat foton leadással jár, melyet a gerjesztés módját alapul véve termo- (TL), illetve optikailag stimulált lumineszcenciának (OSL) neveznek. Kerámiák esetében a lumineszcens jelek felhalmozódása a kiégetés után kezdődik meg, majd a laboratóriumban az ezután felhalmozódó jelet mérik.

A kerámiákban található ásványi szemcsék az elektronok csapdázódása által mérik az őket ért radioaktív sugárzás nagyságát, azaz mintegy dozimétereként funkcionálnak. A kiégetési idejének megállapításához az így elnyelt összes dózis, azaz paleodózis (D_p [Gy]), valamint az egységnyi idő alatt elnyelt dózis, azaz a dózisteljesítmény (D* [Gy/ka]) értékét kell meghatározni (Aitken 1998, Wintle 2008). A paleodózis közvetett módon, laboratóriumi mesterséges dózisok és az általuk előidézett lumineszcencia közötti összefüggés segítségével becsülhető. Az így mért dózis értéket egyenérték dózisnak (D_e [Gy]) nevezik.



3. ábra: A téglaminták a külső 2 mm-es réteg eltávolítását követően.

Fig. 3.: The brick samples after removing the outer 2 mm layer.

A dózisteljesítmény α, β, és γ komponensei pedig a mintában és környezetében található természetes radioizotópok koncentrációja alapján számítható. Az egyenérték dózis és a dózisteljesítmény meghatározása után az alábbi egyenlettel adható meg a kiégetés óta eltelt idő:

$$\text{Kor (ka)} = \frac{\text{egyenérték dózis (Gy)}}{\text{dózisteljesítmény (Gy/ka)}}$$

Az archeometriai célú mintagyűjtés általában fúrással történik, ha elegendő anyag áll rendelkezésre töréssel, porítással (mozsárban, vagy reszelővel) is gyűjthető a minta. Mindkét esetben a tárgy felszínének külső 2-3 mm-ét el kell távolítani a rövid hatótávolságú környezeti α és β sugárzás hatásának kizárása céljából (**3. ábra**). A külső rész különböző anyagösszetételi vizsgálatokon keresztül a kerámiaanyag dózisteljesítményének meghatározására használható fel.

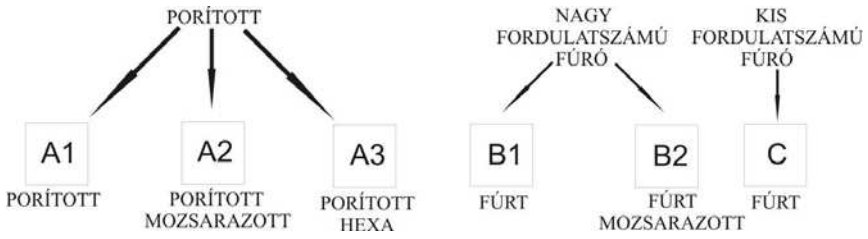
Vizsgálataink során minden téglából három eltérő módszerrel gyűjtöttünk mintát az alábbiak szerint. Az első részminta gyűjtése porítással (reszelő segítségével) történt (A1). A reszelés során előfordulhat, hogy a minta szilánkosra törik, nem esik szét szemcsékre, ezért az A1-es minta egy részén további achát mozsaras porítást alkalmaztunk (A2). Az A1-es minta egy másik részét H_2SiF_6 (hexafluor szilícium) savval kezeltük (A3), a kvarc frakció elkülönített vizsgálatának céljából. Mintát gyűjtöttünk továbbá magas fordulatszámú (4000-5000 fordulat/perc) Proxxon típusú, gyémánt fúrófejjel ellátott fúró (B1), illetve alacsony fordulatszámú (100-500 fordulat/perc) normál típusú, volfrám karbid fúrófejjel ellátott fúró (C) segítségével. A magas fordulatszámú fúróval gyűjtött minta egy részének esetében szintén további achát mozsaras porítást alkalmaztunk (B2) (**4. ábra**).

Így összességében minden téglából 6-6 részmintát gyűjtöttünk. Mivel elegendő anyag állt rendelkezésre, ezért a részmintánk tömege 1-2 g között volt.

A feltárások során az ún. finomszemcsés eljárást alkalmaztuk; a savas maratást követően leválasztottuk a minták 4-11 µm-es frakcióját, az A3-as részmintákat további 1 hetes H_2SiF_6 kezelésnek vetettük alá a földpát komponensek eltávolítása céljából (Roberts és Wintle 2001), a mintákat végül 1 cm átmérőjű alumínium korongra ülepítettük (Aitken 1985, Sipos és Papp 2009),(**5. ábra**).

A termolumineszcens és optikai lumineszcens mérések 0,0858 Gy/s dózisteljesítményű, alumínium korongra kalibrált, $^{90}Sr/^{90}Y$ béta sugárforrással rendelkező RISØ DA-15 TL/OSL műszer segítségével történtek. A TL mérésekhez Corning 7-59 és Schott BG-45 szűrők kombinációját, míg az OSL mérésekhez Hoya U-340 szűrőt alkalmaztunk.

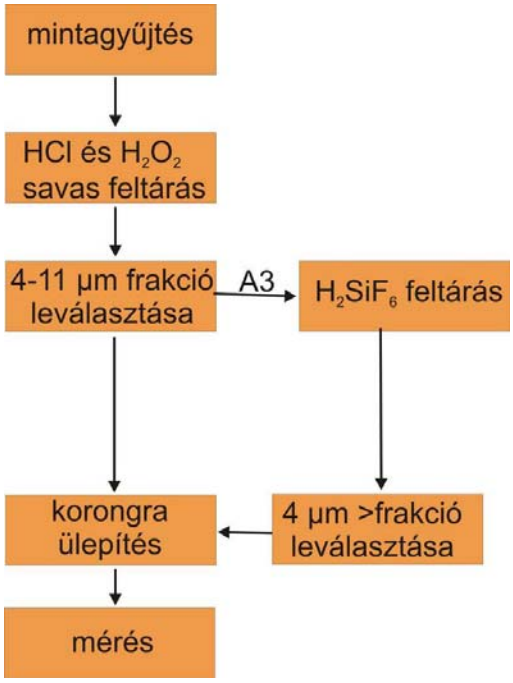
A TL mérések során az egyenérték dózis meghatározása a hozzáadott dózis eljárás (MAAD – Multiple Aliquot Additive Dose) segítségével történt (Aitken 1985, Sipos és Papp 2009). Ennek során 3-3 részmintából álló korongcsoportokat alakítottunk ki, melyek növekvő nagyságú béta besugárzást kaptak. A TL kioltást követően ezek alapján állítható fel az úgynevezett dózis/lumineszcens-válasz görbe (**6A ábra**). Feltételezve, hogy a lumineszcens jel növekedése az idő múlásával egyenletes volt, a görbe extrapolálható, így a 0 időponttól elnyelt dózis értéke az „x" tengelyről leolvasható.



4. ábra: A mintagyűjtés során alkalmazott különböző eljárások.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

Fig. 4.: Different methods used during sampling.



5. ábra: A feltárás során alkalmazott finom-szemcsés előkészítés menete.

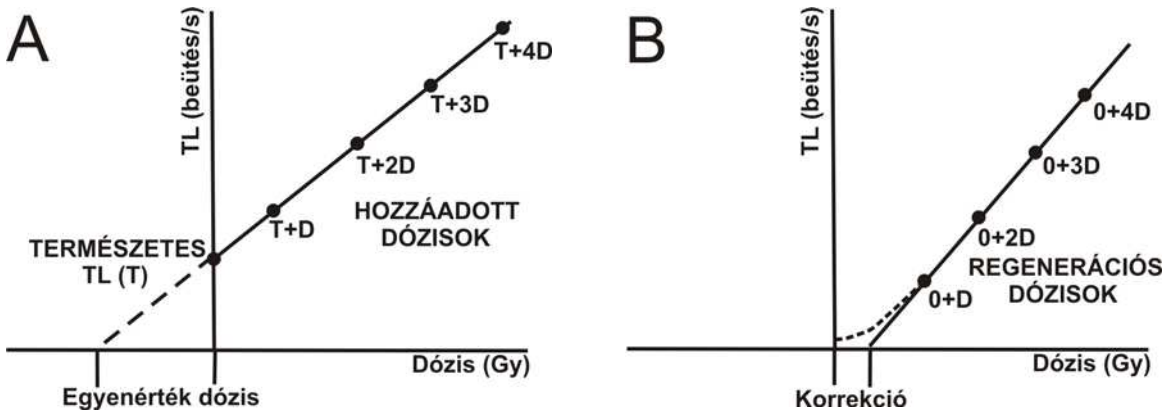
Fig. 5.: The course of the fine grain sample preparation procedure.

Azonban a kezdeti TL növekmény esetenként nem lineáris. Ez növekvő nagyságú, ún. regenerációs dózisok besugárzásával vizsgálható (Roberts et. al 1993, Wintle 2008). A korábban már kioltott részminták besugárzásával ugyanis a kapott dózis/lumineszcens-válasz görbének elviekben az origóba kellene tartania. Az ettől való eltérés adja meg korrekció értékét (**6B ábra**).

Az OSL méréseket a hexafluor-szilícium savval kezelt mintákon (A3) végeztük el, az egymintás regenerációs (SAR – Single Aliquout Regeneration) eljárást használtuk a mérések során (Wintle és Murray 2006). A SAR protokoll esetében is a növekvő dózisok és a lumineszcens válaszok közötti összefüggés megadása a cél, azonban ez esetben minden egyes korongon (részmintán) külön-külön el kell végezni a méréseket (**7. ábra**). A módszer során a minta érzékenység változását folyamatosan követni kell. Az eljárás előnye, hogy természetes OSL-hez tartozó dózis érték leolvasásához nem szükséges extrapoláció (Wintle és Murray 2006).

A belső dózisteljesítmény (α, β) meghatározásához szükséges radioaktív elemkoncentrációk (U, Th, K) mérése a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet induktív csatolású plazma tömegspektrométerével (ICP-MS) történt. Emellett a Szegedi Tudományegyetem Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszékén röntgen-fluoreszcens (µXRF) műszerrel sor került a K-tartalom összehasonlító mérésére is. A kapott koncentrációk az ICP-MS esetében 5 %-os, míg az µXRF esetében 1-2 %-os relatív hibával terheltek.

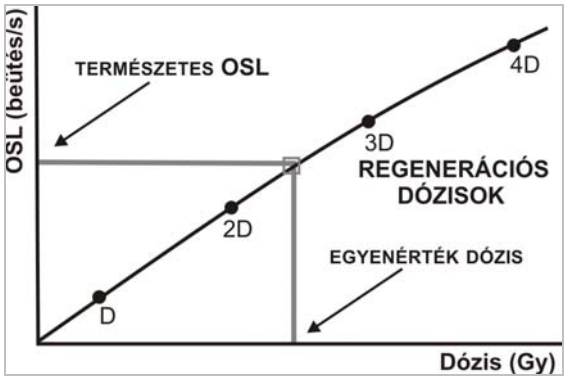
A környezetből származó γ dózisteljesítményt eltemetett téglafalakhoz kapcsolódó korábbi méréseink alapján határoztuk meg. Mindezek mellett meg kellett becsülni a téglák in situ nedvességtartalmát is, mivel a pórusokban lévő víz „leárnyékolja" a szemcséket, így egységnyi idő alatt kevesebb sugárzás éri az ásványokat. A nedvességtartalmat az általunk mért maximális porozitás, illetve a lelőhely adatok alapján állapítottuk meg.



6. ábra: A TL mérések során alkalmazott hozzáadott (A) és regenerációs (B) mérések dózis/lumineszcens válasz görbéje.

Fig. 6.: Dose response curves of the additive (A) and regenerative (B) methods, applied during TL measurements.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



7. ábra: Az OSL mérések során alkalmazott egymintás regenerációs mérések (SAR) dózis/lumineszcens-válaszgörbéje.

Fig. 7.: The dose response curve of the OSL single aliquot regeneration measurements (SAR).

Eredmények

A mintagyűjtési technika hatása a kapott TL intenzitásokra és az egyenérték dózis értékekre

A különböző mintagyűjtési eljárások összehasonlítása során elsőként az ugyanarra a besugárzásra (8,6 Gy) adott normalizált TL válaszgörbék lefutását vizsgáltuk. Jól megfigyelhető, hogy 3 esetben a fúrással gyűjtött minták nagyobb TL intenzitással rendelkeznek, miközben az A2-es, mozsárral porított részminták görbéje legtöbbször alacsonyabb az A1-es reszelt részminta görbéjénél (**8. ábra**). Ez alapján elmondható, hogy a különböző mintagyűjtési eljárások jelentősen befolyásolhatják a TL intenzitásokat, s bár a minták eltérően viselkedtek, általános tendenciaként kirajzolódik, hogy a fúrás valamelyest megemeli, az achát mozsaras porítás pedig csökkenti a normalizált TL jeleket. Előbbi betudható a hamis TL jelenségének, amiről Aitken (1985) is beszámol, utóbbi esetében pedig feltételezzük, hogy a még durvább mechanikai behatás már a TL jel részleges törlődését okozza. Ezek a jelenségek a mért egyenérték dózis nagyságára is hatással lehetnek.

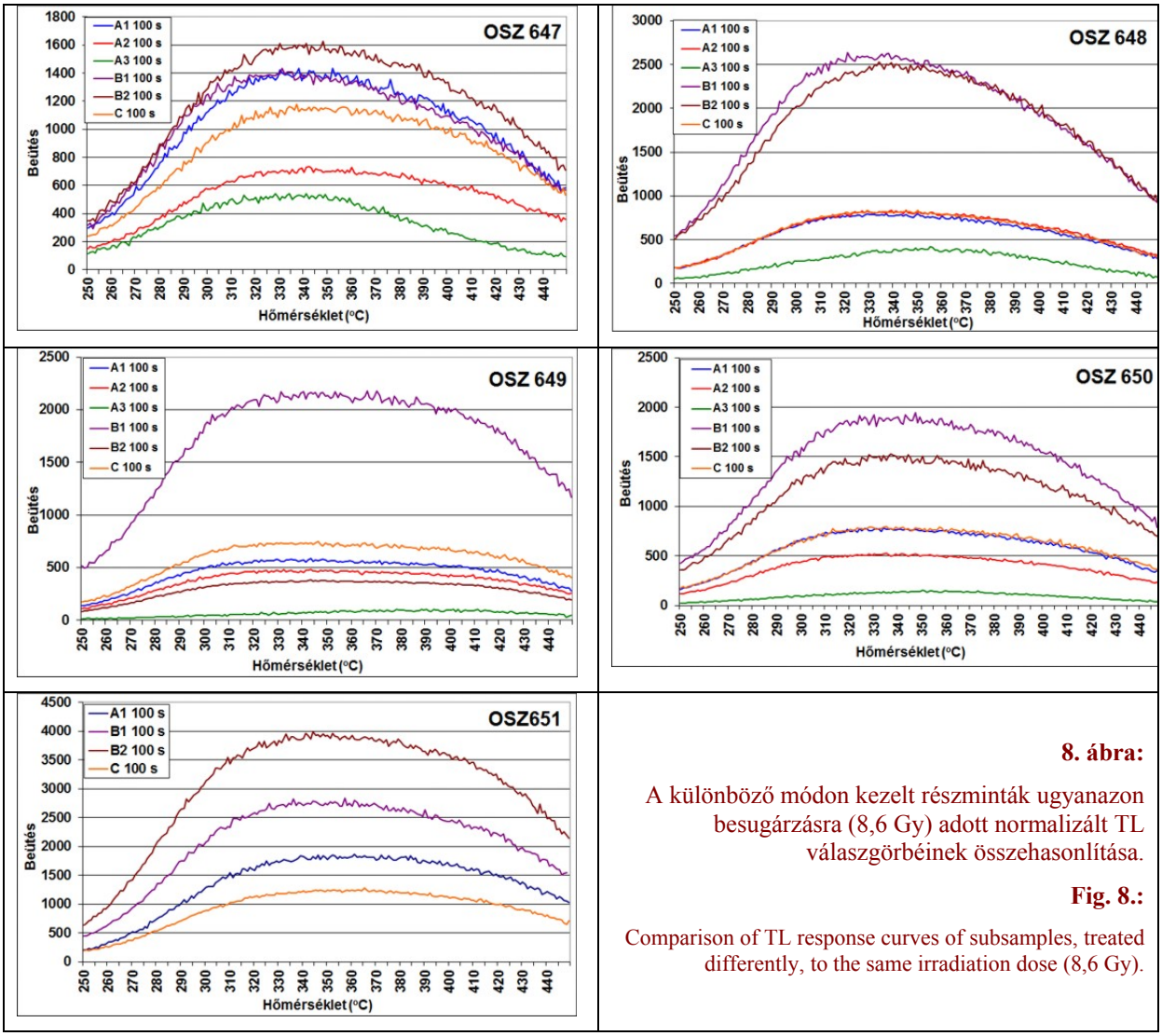
A H_2SiF_6 savas kezelés kapcsán megfigyelhető, hogy a savval kezelt részminta (A3) jelentősen kisebb jelet ad. Ennek valószínűsíthető okai egyrészt az, hogy a kezelés hatására a lumineszcens szempontból kevésbé érzékeny, ezért kisebb intenzitást produkáló, kvarc került túlsúlyba (Aitken 1985), másrészt a hosszan tartó (1 hetes) maratás a jel kémiai erózióját is előidézhette. Utóbbi tesztelésére további vizsgálatokra van szükség.

Ezek után kérdés, hogy a TL intenzitás változása vajon mennyire befolyásolja a mérések alapján számított egyenérték dózisokat. Ennek megállapítása előtt dózis plató-teszt segítségével határoztuk meg, hogy mely hőmérséklet tartományban viselkedik az adott minta a legstabilabban, azaz a TL görbe mely szakaszát kell integrálni a hozzáadott dózis/lumineszcens-válasz összefüggés meghatározásnál. A plató teszt során 10 °C-onként vizsgáltuk az egyes minták egyenértékdózis változását a MAAD eljárás segítségével. A plató-teszt általánosságban azt mutatta, hogy az A1, A2, B1, B2 és C-jelű részminták 270-310 °C közötti, míg az A3-as, H_2SiF_6 savval kezelt, így redukált földpát tartalmú részminták 340-360 °C közötti hőmérséklet tartományban viselkedtek a legstabilabban (**9. ábra**). Ennek valószínűsíthető oka, hogy korábbi megfigyelések alapján (Bøtter-Jensen 2003, Aitken 1985) a kvarcnak 350 °C-on van a legstabilabb csapda populációja. A polimineralikus minták esetében a kvarc jelét elnyomja a többi ásvány (főként földpátok) jele. A 9. ábrán az egyik téglaminta részmintáinak plató tesztjei láthatóak. Ez esetben is jól látszik, hogy az A3 részminta görbéje nem illeszkedik a sorba. A többi görbét összevetve megfigyelhető, hogy az A és B jelű részminták lefutása ugyan hasonló, a legkisebb hibaértékeket az A1 jelű részminta értékei mutatják.

A plató tesztek alapján megadott hőmérséklet intervallumokat figyelembe véve lineáris regressziót alkalmazva határoztuk meg a hozzáadott dózis/lumineszcens-válasz összefüggéseket. A kapott egyenérték dózisokat ezután korrigáltuk a regenerációs mérések során mért dózis értékekkel. A korrekciós értékek, attól függően, hogy a dózis/lumineszcens-válasz görbe hol metszette a dózis tengelyt pozitív, illetve negatív irányba módosították az egyenérték dózisokat (**2. táblázat**).

Ezt követően összehasonlítottuk a számított egyenérték dózis értékeket. A reszeléssel és a magas fordulatszámú fúróval gyűjtött A1-es, illetve B1-es részminták között mindössze 3 %-nyi különbség adódott. Az alacsony fordulatszámú fúróval gyűjtött C-jelű részminták egyenérték dózisai az A1-es és B1-es minták értékeinél 5 %-kal, illetve 8 %-kal voltak nagyobbak (**2. táblázat**). A H_2SiF_6 savval kezelt részminták (A3) értékei általában igen nagy hibával rendelkeztek, két esetben pedig a többi minta egyenérték dózisához viszonyítva kiugróan magasak voltak (**2. táblázat**). Ennek hátterében a jóval alacsonyabb TL intenzitás állhat, ami jelentősen növelheti a dózis/lumineszcens-válasz görbe bizonytalanságát. Kimutatható emellett, hogy a gyűjtött minták további achát mozsaras porítása esetén, ahogyan az már a TL intenzitások vizsgálata kapcsán is sejthető volt, alacsonyabb egyenérték dózisokat kaptunk, az A2 és B2 részminták kapcsán az eltérés 14 %, illetve 7 % volt (**2. táblázat**).

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



8. ábra:

A különböző módon kezelt részminták ugyanazon besugárzásra (8,6 Gy) adott normalizált TL válaszgörbéinek összehasonlítása.

Fig. 8.:

Comparison of TL response curves of subsamples, treated differently, to the same irradiation dose (8,6 Gy).

Az egyes téglamintákat vizsgálva megállapítható, hogy az achát mozsaras porítás alacsonyabb egyenérték dózisokat eredményez, míg az alacsony fordulatszámú fúróval gyűjtött minták értékei magasabbnak adódnak a többi részminta értékeinél. A reszelt (A1) és a magas fordulatszámú fúró segítségével gyűjtött részminták (B1) rendkívül jó egyezést mutatnak. A legkisebb egyenérték dózis hibákat a magas fordulatszámú fúró segítségével gyűjtött részminta esetén kaptuk (**10. ábra**). Az egyes minták ugyan eltérően viselkedhetnek, de az átlagos tendencia a fent említettek alapján alakul.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

2.táblázat: Az egyes részminták plató hőmérsékletei, MAAD, illetve REG értékei, valamint a kettő összegéből számolt egyenérték dózisok.

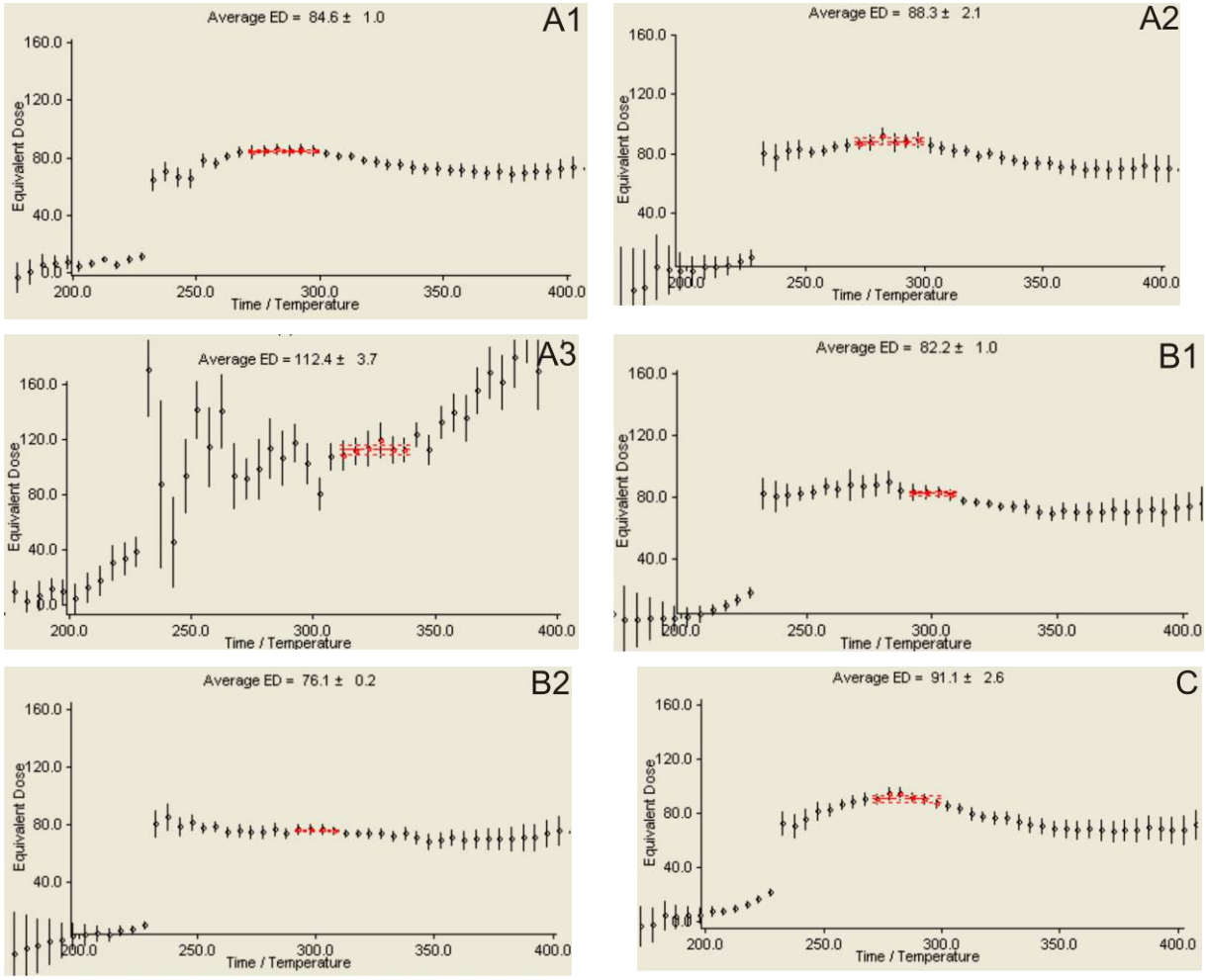
Table 2.: The plateau temperatures of the samples, MAAD and REG values, and equivalent doses, calculated from the sum of the later two.

minta	Plató (°C)	MAAD (Gy)	REG (Gy)	D_e (Gy)
647 A1	270-290	8,09±0,41	+0,40±0,36	8,49±0,55
647 A2	260-300	7,02±0,28	+0,25±0,25	7,27±0,38
647 A3	280-310	8,14±0,34	-0,37±0,22	7,77±0,41
647 B1	270-310	7,25±0,30	+0,26±0,36	7,51±0,47
647 B2	320-340	7,15±0,17	+0,26±0,33	7,40±0,38
647 C	280-300	7,86±0,21	+0,15±0,20	8,01±0,29
648 A1	270-300	7,37±0,25	+0,25±0,37	7,62±0,45
648 A2	270-300	7,58±0,44	+0,34±0,57	7,93±0,72
648 A3	310-340	8,08±0,82	-0,22±0,56	7,86±0,99
648 B1	290-310	7,08±0,36	+0,31±0,38	7,38±0,52
648 B2	290-310	6,51±0,29	+0,08±0,45	6,59±0,53
648 C	270-300	7,79±0,32	+0,12±0,20	7,91±0,37
649 A1	280-310	7,89±0,37	-0,08±0,29	7,82±0,47
649 A2	310-340	7,01±0,57	-0,35±0,40	6,66±0,70
649 A3	340-360	10,89±1,13	-0,17±1,66	10,72±2,01
649 B1	270-300	7,80±0,15	-0,27±0,21	7,53±0,26
649 B2	270-290	7,26±0,18	-0,17±0,32	7,09±0,37
649 C	270-300	8,03±0,21	+0,03±0,18	8,07±0,27
650 A1	270-290	6,93±0,24	+0,50±0,26	7,43±0,35
650 A2	290-310	6,39±0,27	-0,27±0,15	6,12±0,32
650 A3	310-330	10,26±0,74	+0,44±0,57	9,04±1,55
650 B1	260-290	6,29±0,46	+0,51±0,50	6,80±0,68
650 B2	270-300	6,39±0,50	+0,42±0,32	6,81±0,59
650 C	270-300	7,21±0,25	+0,38±0,17	7,58±0,30
651 A1	280-300	6,06±0,45	-0,57±0,24	5,49±0,51
651 B1	310-320	6,71±0,15	-0,53±0,38	6,18±0,41
651 B2	270-290	5,63±0,38	-0,38±0,22	5,25±0,44
651 C	270-300	7,23±0,29	-0,10±0,14	7,13±0,32

3. táblázat: Az OSL módszerrel mért egyenérték dózisok.
Table 3.: Equivalent doses measured by OSL.

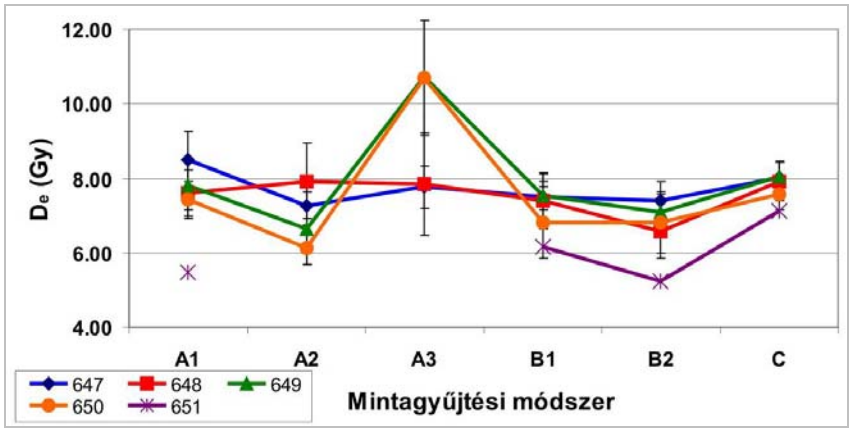
Minta	n (db)	Viszaforgatási arány	Dózis hiba (%)	Rekuperáció (%)	D_e (Gy)
OSZ647	8	1,02±0,07	7,1±0,8	3,0±2,5	5,98±0,43
OSZ648	8	1,01±0,05	8,6±1,1	3,8±1,4	5,29±0,64

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



9. ábra: AZ OSZ648-as minta egyenérték dózis plató tesztjének eredménye a különböző részmintánk esetében.

Fig. 9.: Equivalent dose plateau tests of different subsamples of sample OSZ648



10. ábra:

Az egyenérték dózisok alakulása az eltérő mintagyűjtési módszerek esetén.

Fig. 10.:

Equivalent doses in case of the different sampling methods.

Az OSL mérések eredményei

Az OSZ647, OSZ648, OSZ649 és az OSZ650-es A3 részminták 8–8 korongján OSL méréseket is végeztünk. Az előmelegítési tesztek alapján 200 °C-nak adódott az alkalmazandó előmelegítési hőmérséklet. A SAR mérések során kapott eredményeknek három feltételnek kell megfelelniük: 1.) az egyenérték dózis hiba 10 %-nál alacsonyabb, 2.) a visszaforgatási arány nem esik kívül a 1,00±0,10 intervallumon, illetve 3.) a rekuperáció mértéke nem lehet magasabb 5 %-nál (Murray és Wintle 2000). Az OSZ647-es és OSZ648-as minták összes korongja megfelelt ezen kritériumoknak. Az OSZ649-es és OSZ650-es

mintákról azonban ez nem mondható el: egyenérték dózis hibájuk átlagosan 15-20 % körül ingadozott, a visszaforgatási arány is a legtöbb esetben meghaladta a kritikus értéket, így ezen minták mérési eredményeit nem tudtuk kiértékelni.

A két megfelelően viselkedő minta tekintetében összességében azt tapasztaltuk, hogy az OSL mérések során ugyanarra a finomszemcsés kvarcmintára jelentősen alacsonyabb egyenérték dózisokat kaptunk, mint a TL mérések alkalmával (**3. táblázat**).

Dózisteljesítmény eredmények

Az U, Th és K mennyiségét ICP-MS vizsgálatok segítségével határoztuk meg, emellett a K-tartalom esetében párhuzamos μXRF méréseket is végeztünk. A két módszer eredményei között átlagban 18 % különbséget tapasztaltunk. Az eltérés iránya változó volt, általánosságban a μXRF-fel mért értékek voltak alacsonyabbak, egy esetben mintegy 40 %-kal (**4. táblázat**).

A téglákat körülvevő földminta nem állt rendelkezésünkre, így a γ dózisteljesítményt, a régészeti jegyzőkönyvek, illetve hasonló környezetben elvégzett in situ méréseink alapján 1,0±0,2 Gy értékűnek becsültük. A nedvességtartalmat a leírások, illetve a mért maximális porozitás mérések alapján átlagosnak vettük, így 12,5±2,5%-os értékkel számoltunk. Mivel minden részminta esetében a finomszemcsés eljárást alkalmaztuk az összes dózisteljesítményt az α, β, és γ komponensek összegéből határoztuk meg. Különbséget csak a polimineralikus és a kvarc minták között tettünk, az α sugárzás hatékonyságát (Aitken 1985) előbbiek esetében 8±2 %-nak, utóbbiak esetében 4±2 %-nak vettük.

4. táblázat: A téglaminták U, Th és K koncentrációi, illetve az ezek alapján számított összes dózisteljesítmény.

Table 4.: Concentration of U, Th and K in bricks and the calculated dose rates.

minta	Th (ppm) [1]	U (ppm)[1]	K (%)[1]	K (%)[2]	D* (Gy/ka) [3]	D** (Gy/ka) [3]	D* (Gy/ka) [4]	D**(Gy/ka) [4]
647	2,98±0,15	11,4±0,57	2,81±0,14	3,1±0,15	4,44±0,39	4,64±0,41	4,48±0,21	4,62±0,21
648	2,16±0,11	11,7±0,59	2,66±0,13	2,51±0,13	4,13±0,36	4,03±0,35	4,01±0,19	3,88±0,16
649	2,32±0,12	12,3±0,62	2,82±0,14	2,26±0,11	4,33±0,38	3,95±0,34	4,25±0,20	3,75±0,19
650	2,71±0,14	11,3±0,57	2,55±0,13	2,95±0,15	4,19±0,36	4,46±0,39	4,04±0,19	4,40±0,20
651	1,99±0,10	9,89±0,49	2,11±0,11	1,3±0,06	3,57±0,30	3,02±0,26	3,32±0,16	2,60±0,15

1: ICP-MS segítségével mérve, 2: μXRF segítségével mérve, D*: ICP-MS segítségével mért K-tartalommal számítva, D**: μXRF segítségével mért K- tartalommal számítva

1: measured with ICP-MS, 2:measured with μXRF, D*: Dose rate calculated with K-content determined by ICP-MS, D**: Dose rate calculated with K-content determined by μXRF

5. táblázat: Az egyes részminták lumineszcens módszerrel meghatározott korának, illetve régészeti úton megadott korának összehasonlítása

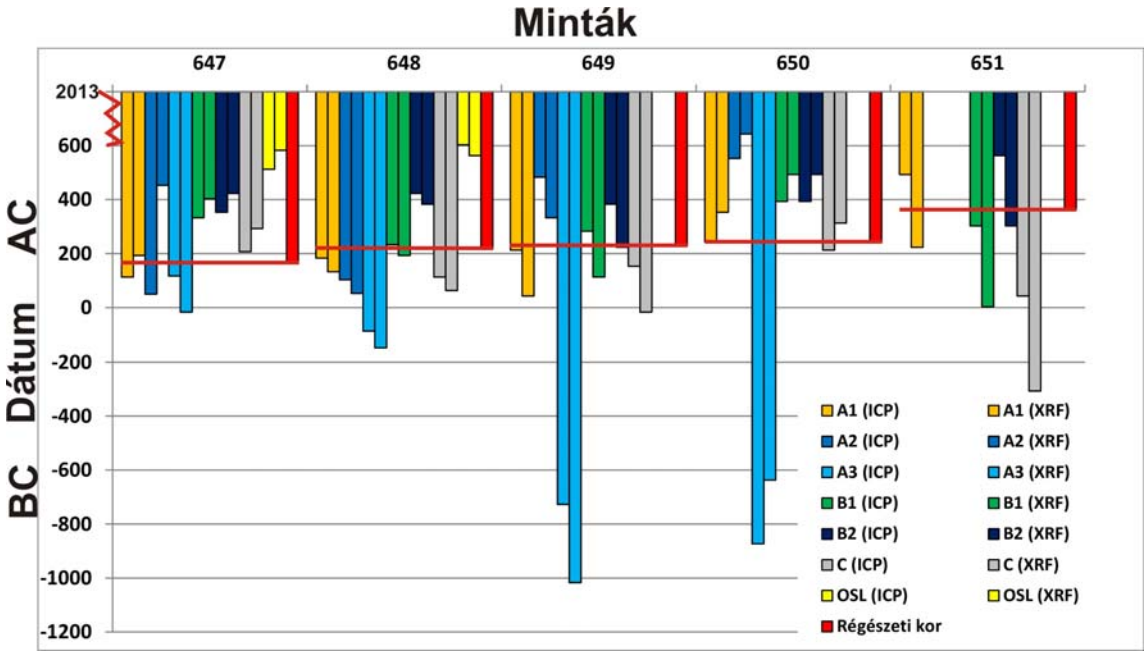
Table 5.: Comparison of luminescence ages to arheological ages of the subsamples

	A1	A2	A3	B1	B2	C	OSL
Lumineszcens kor / régészeti kor*	1,00±0,04	0,95±0,13	1,24±0,25	0,96±0,05	0,90±0,02	1,07±0,12	0,80±0,02
Lumineszcens kor / régészeti kor**	1,03±0,07	0,91±0,14	1,27±0,27	1,01±0,15	0,93±0,08	1,10±0,19	0,79±0,02

*: ICP-MS segítségével mért K-tartalommal számítva, **: μXRF segítségével mért K- tartalommal számítva

*: Dose rate calculated with K-content determined by ICP-MS, **: Dose rate calculated with K-content determined by μXRF

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



11. ábra: A különböző eljárások alapján meghatározott korok összevetése a régészeti datálással

Fig. 11.: Comparison of archeologica data to the ages, determined by different methods

6.táblázat: A porított részminták (A1) régészeti úton és lumineszcens kormeghatározás segítségével meghatározott kor adatainak összehasonlítása

Table 6.: Comparison of ages measured from powdered samples (A1) to the archeological data

Minta	Kor (év)	Dátum	Relatív hiba (%)	Régészeti kor	Eltérés (év)
647 A1	1900±170	AD 113±170	9,0	AD 162-166	-51
648 A1	1830±160	AD 183±160	8,7	AD 213/214-222	-35
649 A1	1800±160	AD 213±160	8,8	AD 222-235	-15
650 A1	1770±140	AD 243±140	8,1	AD 238-244	+2
651 A1	1520±180	AD 493±180	11,7	AD 351-374	+130

A kor adatok összehasonlítása

Mint láttuk a mintagyűjtés, a választott lumineszcens méréstechnika és a radioaktív elemtartalom meghatározásához alkalmazott módszerek is jelentősen befolyásolhatják a kapott egyenérték dózis és dózisteljesítmény eredményeket. Ezek együttes hatásának meghatározását, illetve az eljárások megfelelő kombinációjának kiválasztását a koradatok kiszámításának fényében lehet elvégezni.

A különböző módon meghatározott korokat összehasonlítva jól látható, hogy az ICP-MS mérések alapján kapott korok általánosságban közelebb esnek a régészeti korokhoz, hiszen ebben az esetben 1-10 %-os, míg a µXRF-el mért K-tartalmat behelyettesítve 2-12 %-os eltérést figyelhető meg (**5. táblázat**). A továbbiakban ezért az ICP-MS eredmények alapján számított korok elemzésére fektetünk nagyobb hangsúlyt. Megállapítható, hogy az OSL mérések nem vezettek eredményre, hiszen az így kapott korok 19-22 %-os eltéréseket mutatnak a pontosnak tekinthető, bélyeg alapján megadott korokhoz képest. A H_2SiF_6 savas maratással kezelt részminták közül kettő esetében lényegesen idősebb korokat kaptunk, az eltérés mértéke akár a 60 %-ot is meghaladhatja, így H_2SiF_6 kezelés alkalmazhatósága a további mérések során kétséges. A különböző mintagyűjtési technikákat összehasonlítva kitűnik, hogy a reszelt, illetve a magas fordulatszámú fúró segítségével gyűjtött részminták mutatnak a legjobb egyezést a régészeti korokkal, mivel az előbbi során átlagosan 0,05±4,28 %-os, míg az utóbbi esetén átlagosan 3,60±5,37 %-os eltérést kaptunk végeredményül. Mindemellett az alacsony fordulatszámú fúróval gyűjtött részminták esetében is viszonylag alacsony eltéréseket tapasztaltunk (átlagosan 6,54±11,63 %), bár az egyes részminták eredményei jelentősen szóródnak az átlag körül. Az achát mozsaras porítással feldolgozott részminták esetében a kapott korok alacsonyabbak voltak a régészeti koroknál, az átlagos eltérés a reszelt és porított, valamint a

fúrt és porított minták esetében 4,82±12,90 %, illetve 10,21±1,60 % volt. (**11. ábra, 5. táblázat**)

A legjobbnak tekinthető eljárásokkal kapott korokat összevetve a régészeti korokkal az eltérés a középértékek tekintetében átlagosan mindössze 47 év, egyes minták esetében akár mindössze 5-15 év is lehet. Ugyanakkor nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a kormeghatározás végeredménye összességében 10-12 %-os hibával rendelkezik az egyes téglák esetében, ami alapján egy-egy különálló minta vizsgálata kapcsán a készítés évszázada is csak viszonylag kis biztonsággal adható meg (**6. táblázat**).

Összegzés

A kutatás során ismert korú téglamintákon hajtottunk végre különböző kísérleteket módszertani összehasonlítások céljából. Vizsgáltuk a különböző mintagyűjtési eljárások hatását a TL kormeghatározás végeredményének tekintetében, az OSL módszer téglákon történő alkalmazhatóságát, valamint a különböző anyagvizsgálati módszerek okozta eltéréseket a dózisteljesítmény számítása során. Az eredmények alapján az alábbi következtetésekre jutottunk.

Az OSL mérések kerámiákon történő alkalmazhatósága a vizsgált téglák finomszemcsés kvarc frakciója esetében problémás; az OSL-lel mért részminták jelentősen fiatalabbnak mutatkoztak. Ugyanezen részminták esetében a TL mérések is pontatlanok voltak, illetve két esetben jelentősen idősebb korokat kaptunk a régészeti úton meghatározott koroknál. Ez alapján úgy tűnik a nagyobb érzékenység és a jobb jel/zaj arány miatt a polimineralikus részminták TL kormeghatározása célravezetőbb.

Kísérleteink alapján továbbá elmondható, hogy a legideálisabb mintagyűjtési módszer a reszelés, valószínűleg a mintát ért csekélyebb mechanikai hatás miatt. A korok fényében a magasabb fordulatszámú fúróval összehasonlítva az alacsony fordulatszámú fúróval történő mintagyűjtés nagyobb mértékben növelte a végeredmény bizonytalanságát, ugyanakkor előbbi esetében a TL görbék jelentős intenzitásnövekedést mutattak. A minták utólagos achát mozsaras porítását mindenképp kerülni kell, mert az jelentősen csökkenti a kapott korok megbízhatóságát. Amennyiben tehát a reszelővel történő mintagyűjtés nem megoldható és fúró használatára van szükség, az ebből adódó bizonytalanságokat figyelembe kell venni a továbbiakban.

A vizsgált téglaminták koreredményei 9-12 %-os relatív hibával rendelkeznek, ami megfelel a lumineszcens kormeghatározás átlagos bizonytalanságának (Aitken 1998, Wintle 2008), ugyanakkor az eredmények hibája a dózisteljesítmény környezeti hátterének jobb megismerésével, helyszíni mérésekkel egyes téglák esetében csökkenthető. Mindemellett vizsgálataink arra is rámutattak, hogy az itt tesztelt mintagyűjtési és mérési protokoll segítségével 5 mintát vizsgálva hozzávetőleg 3 %-os eltérés várható a valós koroktól. Ez azt jelenti, hogy több, ugyanarról a helyről származó tégla vagy kerámia kormeghatározása esetén a lelőhely, illetve a vizsgált régészeti jelenség kora viszonylag pontosan megadható, hiszen a minták korának átlagolása lehetővé teszi a környezeti változókból eredő hiba részleges kiszűrését.

Köszönetnyilvánítás

Az ICP MS és µXRF mérések kivitelezéséért köszönet illeti Bertalan Évát (MFGI) és Bozsó Gábort (SZTE).

Tóth Orsolya publikációt megalapozó kutatása a TÁMOP 4.2.4.A/1-11-1-2012-0001 **A2-ELMH-12-2-0035** azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Sipos György publikációt megalapozó kutatása a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 **A2-MZPDÖ-13-0082** azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

A lumineszcens vizsgálatokhoz szükséges infrastruktúra fejlesztése a HURO/1101/126 számú projekt, Magyarország-Románia Határon Átnyúló Együttműködési Program 2007-2013 keretében valósult meg, az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap valamint a Magyar Köztársaság és Románia társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

AITKEN M. J. (1985): *Termoluminescence Dating.* Academic Press. Orlando. pp. 359.

AITKEN M. J. (1998): *An Introduction to Optical Dating.* Oxford University Press. London. pp. 110.

BAILIFF K. (2007): Methodological developments in the luminescence dating of brick form english late-medieval and post-medieval buildings. *Archaeometry* **49/4** 827–851.

BENKŐ L. (1988): Kemencék és edények vizsgálata TL módszerrel. *Iparrégészet* 263–272.

BLAIN S., BAILIFF I. K., GUIBERT P., BOUVIER A. & BAYLÉ M. (2010**):** An intercomparison study of luminescence dating protocols and techniquies applied to medieval brick samples from Normandy (France). *Quaternary Geochronology* **5** 311–316.

BØTTER-JENSEN L., MCKEEVER, STEPHEN W. S. & WINTLE, A. G. (2003): *Optically stimulated luminescence dosimetry*. Elsevier, 11–15.

FEATHERS J. K.(1998): Luminescence dating of protohistoric pottery from Great Basin *Geoarcheology* **13/3** 287–308.

GÖKSU H. Y. & SCHWENK P. (2000): Thermoluminescence dating of terrazzo from the monastery church of Tegernsee (Bavaria, Germany) using the 210 ^{o}C TL peak of quartz. *Radiation Environment Biophysis* **39** 301–308.

HAVAS Z. (2005): *Az óbudai hajógyári-szigeti helytartói palotakomplexum kerámia építészeti elemei*. Szakdolgozat, ELTE-BTK Régészet-tudományi Intézet, Ókori Régészeti Tanszék, Budapest. pp. 52.

HAVAS Z. (2007): Jelölések római kori téglákon – egy értelmezési kísérlet. In: Bíró Sz. (szerk.) 2007: *FiRKÁK I.* Fiatal Római Koros Kutatok I. Konferenciakötete, Győr, 173–184.

HAVAS Z. (2009): Atilia Firma téglaműhelyének termékei Pannóniában. In: Bíró Sz. (szerk.) 2009: *Ex Officina Studia in honorem Dénes Gabler*. Mursella Régészeti Egyesület, Győr, 205–223.

LŐRINCZ B. (1978): Die Besatzungstruppen des Legionslagers von Aquincum am Ende des 1.–Anfang des 2. Jahrhunderts. *ActaArchHung* **30** 299–312.

LŐRINCZ B. (2001): *Die römischen Hilfstruppen in Pannonien während der Prinzipatszeit*. Teil I: Die Inschriften. WAS **3**. .

LŐRINCZ B. (2003): Die Ziegelstempel der Schiffslände von Bölcske. In: Szabó Á. és Tóth E. (Hrsg.), Bölcske. Römische Inschriften und Funde. *RégFüz* új sor. **II**. 77–102.

LŐRINCZ B. (2010): Die Besatzungstruppen des Legionslagers von Aquincum am Ende des 1.–Anfang des 2. Jahrhunderts. In: Lőrincz B., Zur Militärgeschichte der Donauprovinzen des Römischen Reiches. Ausgewählte Studien 1975-2009. Band I. *Hungarian Polish Studies* **19** 86–112.

MERIC N., ATLIHAN M. A., KOSLA M., YÜCE Ü. R. & CINAROGLU A. (2009): Infrared stimulated luminescence and thermoluminescence dating of archeological samples from Turkey. *Geochronometria* **34** 25–31.

MURRAY A. S. & WINTLE A. G. (2000): Luminescence dating of quartz using an imroved single-aliquot regenerative dose protocol. *Radiation Measurement* **32** 57–73.

MRÁV ZS. (2003): Zur Datierung der spätrömischen Schiffsländen an der Grenze der Provinz *Valeria Ripensis*. In: Szabó Á.-Tóth E. (Hrsg.), Bölcske, Römische Inschriften und Funde *Libelli Archaeologici Ser. Nov. II*. 33–50.

NAGY L. (1939): A szír és kisázsiai vonatkozású emlékek a Duna középfolyása mentében. *ArchÉrt* **52** 115–147.

NAKATA Y., TAMAKI M. & HASHIMOTO T. (2006): Red-thermoluminescence dating using quartz grains extracted from a roof-tile an old Japanese temple. *Journal of Radioanalítical and Nuclear Chemistry* **272/2** 433–438.

NOVOTHNY Á. & ÚJHÁZY K. (2000): A termo- és optikai lumineszcencens kormeghatározás elméleti alapjai és gyakorlati kérdései a negyedidőszaki kutatásokban. *Földrajzi Értesítő* **XLIX./3-4** 165–187.

ROBERTS R. G., UREN C. J. & MURRAY A. S. (1993): *Thermolumineszcence dating techniques at the Alligator Rivers Region Research Institute*. Australian Government Publishing Service, Canberra. pp. 52.

ROBERTS H. M. & WINTLE A. G. (2001): Equivalent dose determinations for polimineralic fine-grains using the SAR protocol: application to a Holocene sequence of the Chinese Loess Plateau. *Quaternary Science Reviews* **20/5-9**. 859–863.

SIPOS GY. & PAPP SZ. (2009): Terrakotta műalkotások vizsgálata és kormeghatározása termlumineszcens módszerrel, Szépművészeti Múzeum, Budapest. *Archeometriai Műhely* **VI/1** 61–64.

SZILÁGYI J. (1933): Inscriptiones tegularum Pannonicarum. (=Pannoniai bélyeges téglák) *DissPann* II.1 Budapest. 152–153.

TÓTH O. (2010): *Középkori templomromok téglaanyagának TL kormeghatározása és archeometriai vizsgálata.* Közöletlen TDK munka, SZTE, Természeti Földrajzi és Geoinformatiaki Tanszék, Szeged . 40–53.

WINTLE A. G. & MURRAY A. S. (2006): A review of quartz optically stimulated luminescence characteristic and their relevance in single-aliquot regeneration dating protocols. *Radiation Measurement* **41** 369–391.

WINTLE A. G. (2008): Luminescence dating:where it has been and where it is going. *Boreas* **37** 471–482.

ZINK A. & PORTO E. **(2**005): Luminescence dating of the Tangara terracottas of the Louvre collections. *Geochronometria* **24** 21–26.

JÁSZFÉNYSZARU–SZŐLŐK-ALJA LELŐHELYRŐL SZÁRMAZÓ ÁRPÁD-KORI KERÁMIÁK ARCHEOMETRIAI VIZSGÁLATA

ARCHAEOMETRICAL ANALYSIS OF ÁRPÁDIAN AGE CERAMICS FROM JÁSZFÉNYSZARU–SZŐLŐK-ALJA

BÍRÓ GYÖNGYVÉR[1]; FINTOR KRISZTIÁN[2]; RAUCSIK BÉLA[2]; WOLF MÁRIA[3]; TÓTH MÁRIA[4]

[1]SZTE Történelemtudományi Doktori Iskola

[2]SZTE Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék

[3]SZTE Régészeti Tanszék

[4]MTA CsFK Földtani és Geokémiai Intézet

E-mail: gyongyver.br@gmail.com

Abstract

Preventive excavation, led by Róbert Kertész in 2007 in Jászfényszaru–Szőlők-alja, revealed a fragment of a settlement from the Árpádian Age. The ceramic material is significant, and on the basis of its dating, it can be divided into two groups, an earlier one (from the end of the 11th century to the turn of the 12th/13th century) and a later one (from the turn of the 12th/13th century to the beginning of the 14th century). We chose 26 samples from the findings of the two periods which were examined with petrography and XRD analysis. On the basis of the results we can state that in the earlier period local calcareous clay was used without any clear evidence for tempering material. In the later period a carbonate-poor clay tempered with sediment grains foreign from the local geological environment was used for the production of ceramics, of mainly white pottery. Although some differences are observable between the two periods regarding the raw and temper materials, no change in the produce technology can be recognise. Based on the previous observations the same population might have lived in this settlement in the above mentioned time, but for some reason – which has not been determined yet – they started to use another clay raw material at the end of the 12th and the beginning of the 13th century.

Kivonat

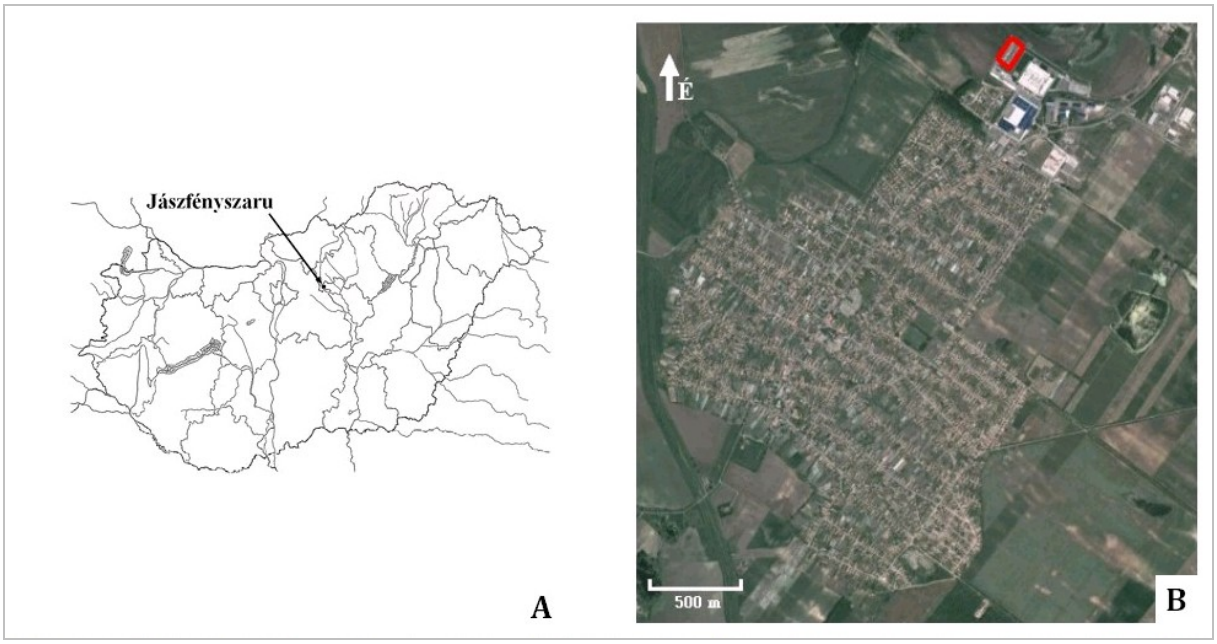
Jászfényszaru–Szőlők-alján 2007-ben végeztek megelőző feltárást, melynek során egy Árpád-kori település részlete került elő. A kerámiaanyag igen jelentős és a keltezést tekintve egy korábbi (11. század vége – 12/13. század fordulója) és egy későbbi (12/13. század fordulója – 14. század eleje) csoportra bontható. A két periódus leleteiből összesen 26 mintát választottunk ki, melyeken petrográfiai elemzést és XRD mérést végeztünk. Az eredmények alapján a korábbi időszakban helyben található, mészben gazdag nyersanyagot használtak, amelynél mesterséges soványításra utaló nyomokat nem lehetett egyértelműen kimutatni. Ezzel szemben a későbbi periódusban egy mészben szegényebb, a közvetlen földtani környezettől idegen törmelékszemcsékkel soványított agyag szolgált a kerámiák – főként fehér, részben pedig szürke vagy barnás árnyalatú edények – készítésére. Bár a technológiában a használt nyersanyagot és a soványítás módját illetően váltás figyelhető meg, az edények formálása, a korongolás azonos módja, a kiégetés hasonlósága, a díszítések továbbélése, valamint az edényformák fokozatos változása arra utal, hogy feltehetően ugyanaz a népesség élt ezen a településen mindvégig. Hogy miért tértek át egy másfajta agyag használatára a 12. század végén – 13. század elején, az egyelőre nem megválaszolható.

KEYWORDS: JÁSZFÉNYSZARU, ÁRPÁDIAN AGE, CERAMIC PETROGRAPHY, XRD, WHITE POTTERY

KULCSSZAVAK: JÁSZFÉNYSZARU, ÁRPÁD-KOR, KERÁMIA PETROGRÁFIA, XRD, FEHÉR KERÁMIA

Bevezetés, a lelőhely és a régészeti háttér bemutatása

Jászfényszaru Jász-Nagykun-Szolnok megye ÉNy-i csücskében fekszik, a Szőlők-alja néven ismert lelőhely pedig a város ÉK-i határában található (**1. ábra A–B**). Jászfényszaru környékére (kb. 30-50 km-es körzet) földtani szempontból jellemző, hogy a folyóknak, elsősorban a Zagyvának köszönhetően többféle homokban, löszben és agyagban gazdag terület, illetve az üledékek különböző típusai is megfigyelhetők, főként a Jászfényszarutól északra eső területen. Az Északi-középhegység déli nyúlványai – amelyek a Gyöngyössolymosi Riolit Formáció, valamint a Nagyhársasi Andezit Formáció képviselői – egészen Petőfibánya és Lőrinci magasságáig a Zagyva partját kísérik dél felé (**2. ábra**). Mindezek alapján Jászfényszaru viszonylag változatos földtani környezetben helyezkedik el.



1. ábra: Jászfényszaru–Szőlők-alja elhelyezkedése (pirossal jelölt rész) (A–B)
Fig. 1.: The location of Jászfényszaru–Szőlők-alja (with red mark) (A–B)

Az általunk vizsgált lelőhelyen 2007-ben végeztek megelőző feltárást Kertész Róbert vezetésével. Az ásatás több mint 30.000 m^2-en zajlott és 309 objektum látott napvilágot. Ezek közül néhány a szarmatákhoz köthető, azonban a régészeti jelenségek többsége egy Árpád-kori településhez tartozott. A teleprészlet régészeti feldolgozása jelenleg is zajlik, az eddigi eredmények közlése már részben megtörtént, illetve éppen folyamatban van (Bíró 2013; Bíró s.a.). A hagyományos régészeti feldolgozást archeometriai vizsgálatokkal kívántuk kiegészíteni és ehhez a gazdag kerámiaanyag jó mintaalanyként szolgált.

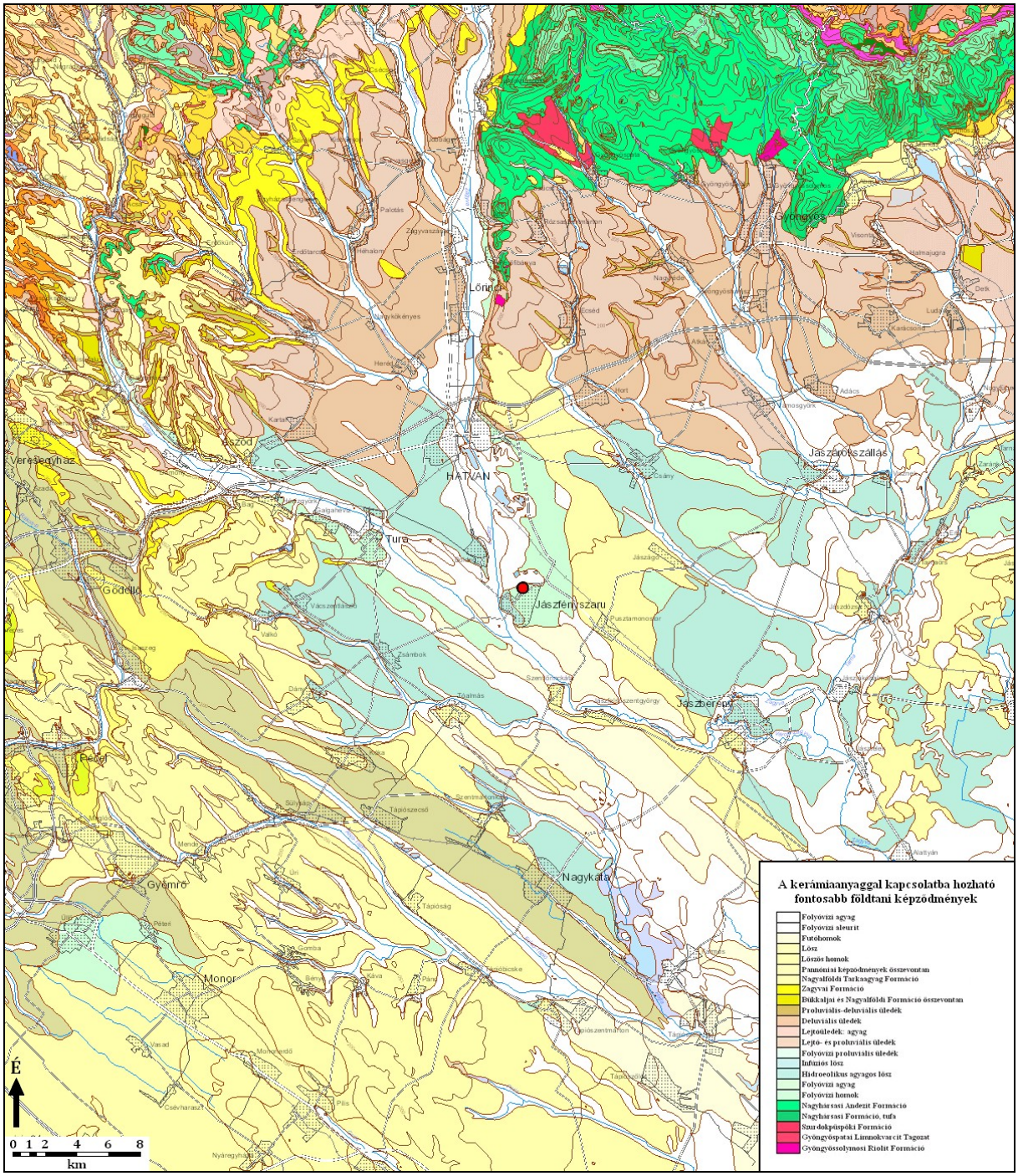
A leletanyag összetételét tekintve a fémek alulreprezentáltak és ezen fémtárgyak között is csak elvétve találni keltezőértékűt. Ebből eredően az egyes objektumoknak – és így magának a településnek – a datálását elsősorban a kerámiaanyagra lehetett alapozni. A kutatás jelenlegi állása alapján a Szőlők-alján feltárt Árpád-kori település a 11. század végétől keltezhető és még a 14. század elejét is megérte, ezen az időintervallumon belül a 12. század végén – 13. század elején figyelhetünk meg váltást, amely alapján egy korai és egy kései periódust lehet elkülöníteni a település életében.

A két Árpád-kori periódus kerámiái jól láthatóan eltértek egymástól. A korábbi időszakra (11. század vége – 12/13. század fordulója) homokos anyagú, vöröses-barna, foltokban sötétre égett, lassú korongolt, gömbölyded formájú, egyszerű, kihajló peremű fazekak jellemzőek (**3. ábra**), csak elvétve fordul elő egy-két palacktöredék. A későbbi fázisban (12/13. század fordulója – 14. század eleje) még mindig a fazekak dominálnak, de már más anyagúak a kerámiák. Szabad szemmel nézve is sok esetben kaviccsal soványítottak, fehér, szürke, olykor narancsos-rózsaszín árnyalatúak, lassú korongoltak, némileg karcsúbb és nyúlánkabb formájúak, mint a korábbiak, a peremük többnyire erősen kihajló és tagolt. A fazekak mellett bográcsok, formailag a fazekakra emlékeztető nagyméretű tárolóedények (**4. ábra**) és palackok töredékei is előfordulnak. Néhány épület anyagában már a 14. század elejére utaló fehér csésze-, tál- és fedőtöredékek, illetve az erősen tagolt, belső peremén a fedő számára horonnyal és magas nyakkal ellátott fazekak is megtalálhatóak. Ezeket azonban még nem vizsgáltuk, így a most bemutatott minták a 11. század vége és a 13. század közötti időintervallumra keltezhetők.

Az archeometriai vizsgálatok célkitűzései

Mivel a két periódus kerámiaanyaga között szemmel láthatóan különbség mutatkozott, az archeometriai vizsgálatokkal a két csoport jellemzőit, illetve a közöttük észlelhető eltérést kívántuk meghatározni. Célunk volt továbbá, hogy a soványítás jellegét is vizsgáljuk, ugyanis makroszkópos megfigyelések során a korábbi kerámiáknál homokkal, a későbbieknél többnyire apró kaviccsal történő soványítást feltételezhettünk. Mikroszkópos elemzésre is szükségünk volt azonban ahhoz, hogy eldönthessük, valóban mesterségesen hozzáadott adalékanyagról van-e szó.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



2. ábra: Jászfényszaru földtani környezete (Forrás: MÁFI Geo-Portál, http://geo-portal.hu/)

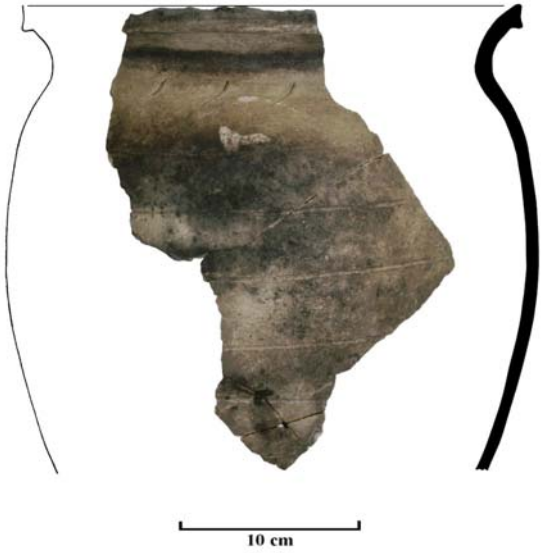
Fig. 2.: The geological environment of Jászfényszaru (Source: MÁFI Geo-Portal, http://geo-portal.hu/)

A két periódus között tapasztalt eltérés felvetette annak lehetőségét, hogy esetleg nem ugyanazon lelőhelyről származnak a korábbi és a későbbi kerámiák nyersanyagai, ezért az archeometriai módszerekkel ezt a kérdést is tisztázni kívántuk. A vizsgálatok segítségével részben a kerámiák készítési technológiájának, különösen az égetési hőmérsékletnek a meghatározására is törekedtünk. Mindezek alapján pedig a két Árpád-kori időszak kerámiáinak egymással, valamint más lelőhelyek leletanyagával történő összevetését céloztuk meg. A kutatás még nem fejeződött be, így jelen cikkben az eddigi eredményeket mutatjuk be.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

3. ábra: Korábbi periódus kerámiája /11. század vége – 12/13. század fordulója/: fazéktöredékek (leltári szám: 2012.2.141.890., 2012.2.145.917.)

Fig. 3.: Pottery from the earlier period /from the end of the 11th century to the turn of the 12th/13th century/: cooking pot fragments (accession number: 2012.2.141.890.; 2012.2.145.917.)



4. ábra: Későbbi periódus kerámiája /12/13. század fordulója – 14. század eleje/: tárolóedény töredéke (leltári szám: 2012.2.143.911.)

Fig. 4.: Pottery from the later period /from the turn of the 12th/13th century to the beginning of the 14th century/: storage pot fragment (accession number: 2012.2.143.911.)

Mintaválasztás és alkalmazott módszerek

A mintaválasztásnál előnyben részesítettük a házakból származó kerámiákat, mivel ezeket az objektumokat már régészeti módszerekkel is feldolgoztuk. Fontos szempont volt a kerámiák kiválasztásánál, hogy a korábbi és a későbbi periódus leleteiből egyaránt válogassunk. A korábbiaknál a már fentebb említett homokos anyagú, vöröses-barna, foltokban sötétre égett, olykor sötétszürke töredékek, míg a későbbi keltezésűek esetében a fehér kerámiák több típusa, illetve a világosszürke vagy vöröses árnyalatú fragmentumok is mintavételre kerültek. A minták között különböző funkciójú edények töredékei szerepelnek, de mindegyik típusból több darab is, hogy minél átfogóbb és kiegyensúlyozottabb képet kaphassunk.

Összesen 26 mintán végeztünk archeometriai vizsgálatot (**1. táblázat**) a Szegedi Tudományegyetem Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszékén. 18 minta esetében végeztünk petrográfiai elemzést, amely vékonycsiszolatokon történt Olympus BX41 polarizációs fénymikroszkóppal. 20 mintánál készült XRD vizsgálat Rigaku Ultima IV típusú, Bragg-Brentano elrendezésű diffraktométerrel. A készülék paraméterei: CuK_α sugárzás, 50 kV csőfeszültség, 40 mA csőáramerősség, 3–70°2Θ mérési tartomány, 0,05° mérési gyakoriság, 2/3°-2/3° résrendszer, 0,5° offset szög, 0,5°/perc goniométer sebesség, hajlított grafit egykristály monokromátor, proporcionális számláló detektor. Az akcesszórikus elegyrészek, egyes kérdéses plagioklászok, illetve a piroxének meghatározásához Thermo Fisher Scientific DXR Raman mikroszkópot használtunk. A mérési beállítások a következők voltak: 532 nm lézer hullámhossz, 10 mW lézer teljesítmény, ~1 µm lézer spot átmérő. A spektrum felvételek 120 mp-ig tartottak mérési pontonként.

Petrográfiai elemzés eredményei

A petrográfiai elemzés alá vont minták szöveti képük és a nem plasztikus elegyrészek százalékos aránya alapján két csoportot képeztek (I. és II. csoport), melyeken belül a muszkovittartalom szerint lehetett további két-két alcsoportot elkülöníteni (I/A, I/B, II/A, II/B alcsoportok).

Az I. csoportba a 6., 10., 16., 18., 21., 33. minták sorolhatóak. Ezekre tömött anyag, homogén, az I/A alcsoport esetében többnyire szeriális szövet jellemző, amelyben nem figyelhető meg egyértelmű irányítottság (**5. ábra A–B**), míg az I/B alcsoportnál már hiátuszos szövetet figyelhetünk meg (**5. ábra C–D**). Az I. csoportnál az uralkodó szemcseméret átlagosan 110,34 µm, a maximum szemcseméret pedig átlagosan 559,06 µm.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

1. táblázat: Az archeometriai vizsgálatok mintáinak adatai: minta száma, leltári szám, edény és töredék típusa, makroszkópos leírás, keltezés (korai vagy kései periódus), petrográfiai csoport, X – ha XRD vizsgálat történt.

Table 1.: Parameters of the samples of the archeometrical investigations: sample's number, accession number, type of the pot and the fragment, macroscopic description, dating (early or late period), petrographic group, X – XRD investigation was peformed

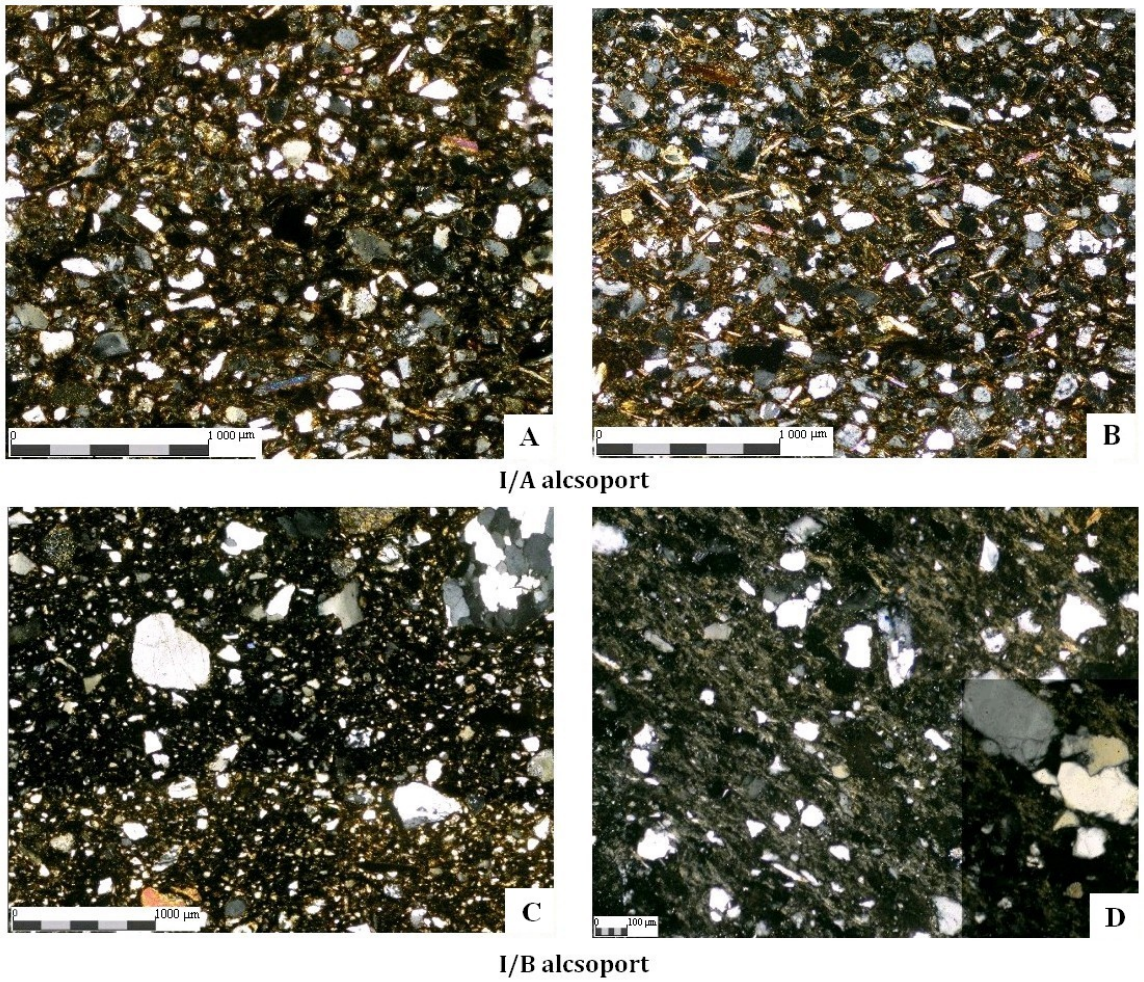
Minta száma	Leltári szám	Edény és töredék típusa	Makroszkópos leírás	Keltezés (korai vagy kései periódus)	Petrográfiai csoport	XRD
6.	2012.2.141.890.	fazék, válltöredék	vörös, finom anyagú, felületén szürke foltos	11. sz. v. – 12. sz. (korai)	I/A	–
8.	2012.2.124.742.	fazék, peremtöredék	felületén narancsos-rózsaszín árnyalatú, törésfelülete fekete fakó vörös szegéllyel, sötétszürke durva anyagú	12. sz. v. – 13. sz. (kései)	–	X
9.	2012.2.143.901.	bográcsperemtöredék	enyhén vöröses, világos krémszínű, törésfelületén világosszürke, durva anyagú	12. sz. v. – 13. sz. (kései)	II/B	X
10.	2012.2.144.912.	fazék, oldaltöredék	külső oldalán sötétszürke, belső oldalán vörös, finom anyagú	11–12. sz. (korai)	I/A	–
11.	2012.2.145.919.	fazék?, válltöredék	külső oldalán sötétszürke, belső oldalán barnás-vöröses, törésfelületén színátmenetes, közepesen durva anyagú	11–12. sz. (korai)	? II/B	X
12.	2012.2.43.204.	fazék, válltöredék	fehér anyagú, külső oldalán barnás-szürke foltos, közepesen finom anyagú	13. sz. (kései)	–	X
13.	2012.2.42.198.	fazék, oldaltöredék	szürkés-barna anyagú, finom, de helyenként szemcsés anyagú	11–12. sz. (korai)	II/B	–
14.	2012.2.121.728.	fazék?, oldaltöredék	fehér anyagú, külső oldalán világossárga, belső oldalán világosszürke árnyalatú, finom, de helyenként szemcsés anyagú	12. sz. v. – 13. sz. (kései)	–	X
16.	2012.2.42.196.	fazék, oldaltöredék	vöröses-barna, helyenként szürke foltos, finom anyagú	11–12. sz. (korai)	I/A	–
18.	2012.2.142.900.	fazék?, oldaltöredék	belső oldalán és törésfelületén sötétszürke, külső oldalán világosbarnás-sárga, helyenként szürke foltos, finom anyagú	11–12. sz. (korai)	I/B	–
19.	2012.2.45.229.	fazék, aljtöredék	fehér, helyenként foltokban világos rózsaszín és világosbarna árnyalatú, törésfelülete is színátmenetes, finom anyagú	13. sz. (kései)	–	X
20.	2012.2.151.935.	bográcsperemtöredék	világosszürkés-sárgás-barna anyagú, helyenként sötétbarna foltos, közepesen durva anyagú	12–13. sz. (kései)	–	X
21.	2012.2.107.646.	fazék, oldaltöredék	külső oldalán sötészürkés-barna, belső oldalán vörös, finom anyagú	11–12. sz. (korai)	I/A	X
22.	2012.2.143.911.	tárolóedény, válltöredék	sárgás-fehér, helyenként barnás-szürke foltos, belső oldalán grafitszürke, törésfelületén szürke, közepesen durva anyagú	13. sz. (kései)	II/B	–
23.	2012.2.89.476.	tárolóedény, oldaltöredék	szürkés-fehér, külső oldalán szürke foltos, törésfelülete szürke-fehér, durva anyagú	13. sz. (kései)	II/B	X
24.	2012.2.32.152.	fazék, aljtöredék	sárgás-fehér, finom anyagú, de helyenként szemcsés	13. sz. (kései)	II/B	X
25.	2012.2.117.705.	bográcsperemtöredék	világosszürkés-bézses árnyalatú, szendvicsszerkezetes törésfelületű, közepesen durva anyagú	12–13. sz. (kései)	II/B	X
26.	2012.2.117.706.	fazék, oldaltöredék	külső oldalán szürke, belső oldalán fehér, törésfelülete színátmenetes, finom anyagú	12–13. sz. (kései)	? II/B v. I/A	X
27.	2012.2.45.211.	bográcsperemtöredék	Külső oldalán szürkés-barna, belső oldalán sötétszürke, közepesen durva anyagú	12–13. sz. (kései)	II/B	X
28.	2012.2.100.600.	fazék, peremtöredék	rózsaszín, fehér maggal, finom anyagú	12–13. sz. (kései)	II/A	X
29.	2012.2.100.599.	fazék, oldaltöredék	külső oldalán szürke, belső oldalán fehér, törésfelülete színátmenetes, finom anyagú	12–13. sz. (kései)	–	X

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

1. táblázat, folyt.

Table 1., cont.

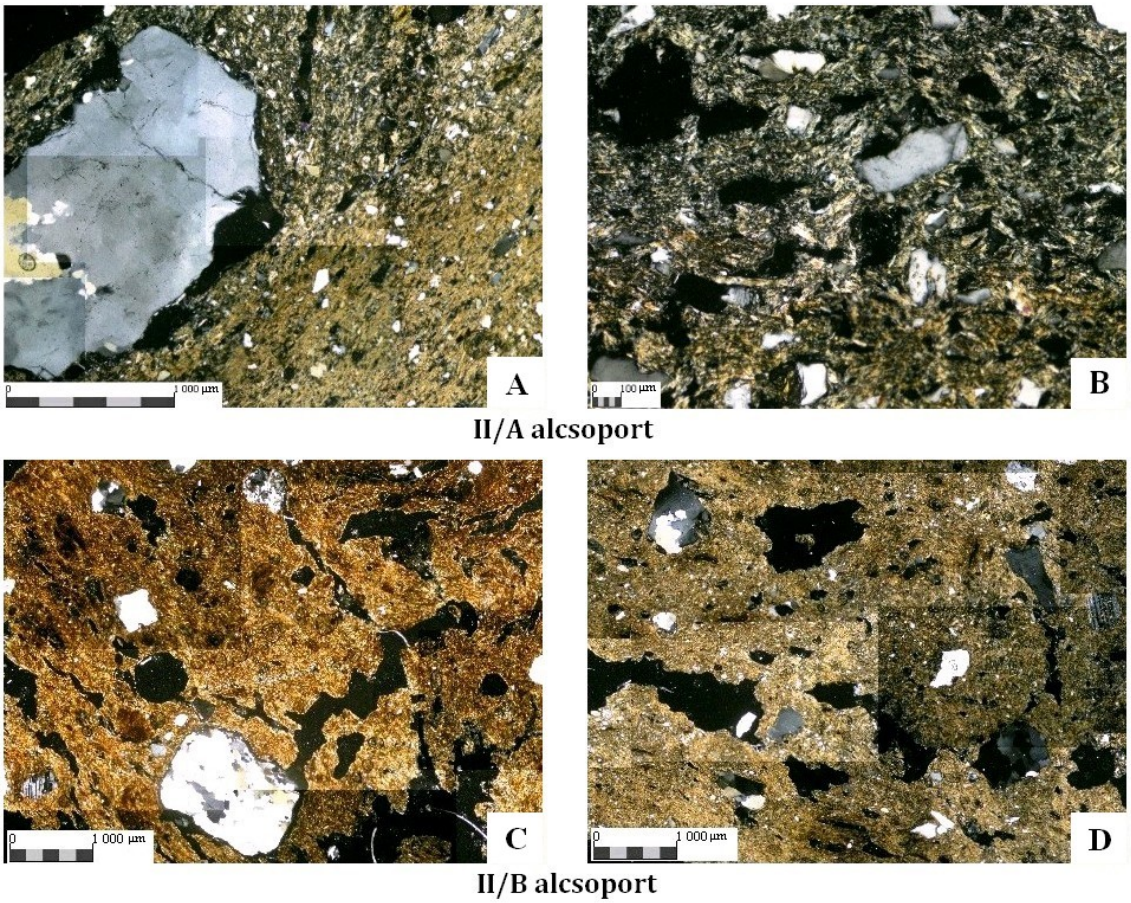
Minta száma	Leltári szám	Edény és töredék típusa	Makroszkópos leírás	Keltezés (korai vagy kései periódus)	Petrográfiai csoport	XRD
30.	2012.2.99.567.	fazék, aljtöredék	világossárgás-fehér, finom anyagú	13. sz. (kései)	II/A	X
31.	2012.2.99.559.	fazék, aljtöredék	vöröses-barna, helyenként fekete foltos, közepesen durva anyagú	12–13. sz. (kései)	II/A	X
32.	2012.2.136.845.	fazék, peremtöredék	téglavörös, közepesen finom anyagú	11–12. sz. (korai)	–	X
33.	2012.2.103.609.	fazék?, peremtöredék	fehér, szürke maggal, nagyon finom anyagú	13. sz. (kései)	I/B	X
34.	2012.2.89.474.	fazék?, oldaltöredék	külső oldalán világosbarna, belső oldalán világosvöröses-barna, közepesen durva anyagú	12–13. sz. (kései)	–	X



5. ábra: I. petrográfiai csoport (XN vékonycsiszolati fotók) A: 6. minta, B: 16. minta, C: 18. minta, D: 33. minta

Fig. 5.: Ist petrographic group (XN thin section photographs) A: sample 6, B: sample 16, C: sample 18, D: sample 33.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



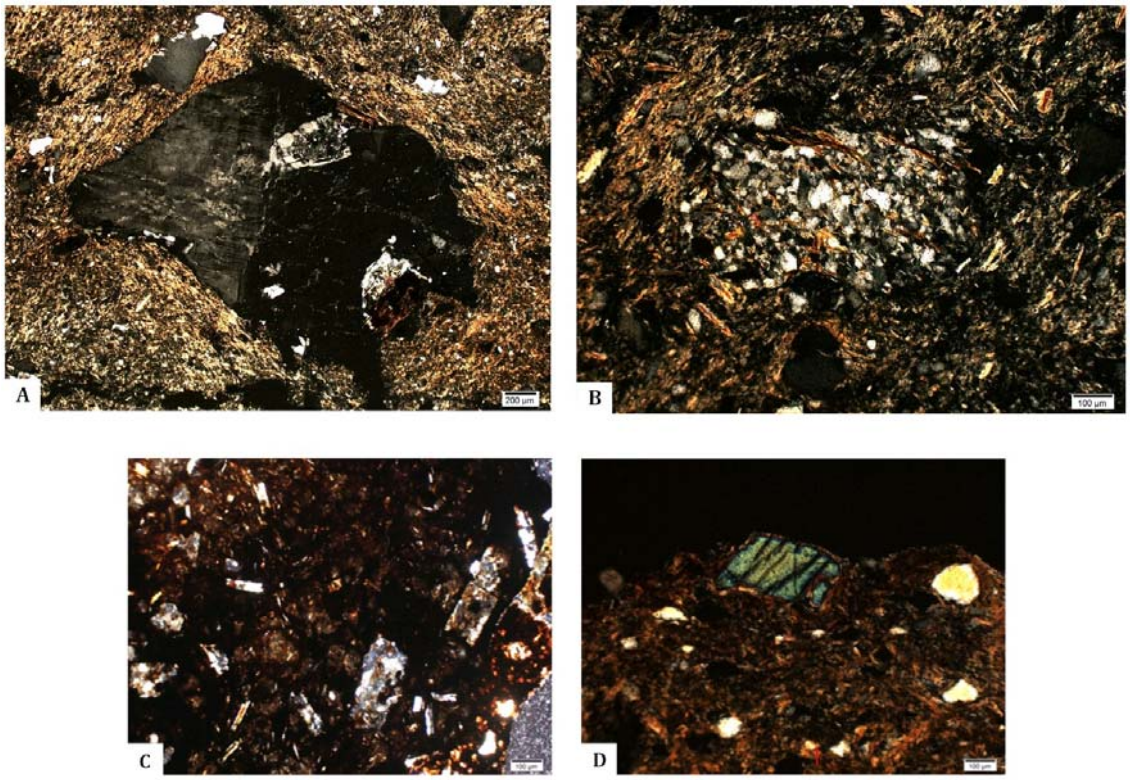
6. ábra: II. petrográfiai csoport (XN vékonycsiszolati fotók) A: 30. minta, B: 28. minta, C: 27. minta, D: 25. minta

Fig. 6.: II[nd] petrographic group (XN thin section photographs) A: sample 30, B: sample 28, C: sample 27, D: sample 25.

A nem plasztikus elegyrészek aránya nagy (>25%), melyek között a monokristályos kvarc dominál, majd ezt követi a polikristályos kvarc és a muszkovit, a plagioklászok, valamint néhány minta esetében agyagos kőzettörmelékek, akcesszóriák (cirkon, turmalin, epidot), káliföldpát, illetve a 10. mintában egy mészgöbecs is jelen volt. Továbbá a csiszolatokban egyéb nem plasztikus elegyrészek is megfigyelhetők kis mennyiségben (az egyes alkotóknál a %-os értékek a nem plasztikus elegyrészen belül értendőek). Az I. csoporton belül a muszkovittartalom alapján két alcsoport rajzolódott ki: az I/A alcsoportba tartozó 6., 10., 16. és 21. minták esetében jóval nagyobb a muszkovit mennyisége (>18%), mint az I/B alcsoportba sorolt 18. és 33. mintáknál (<8%).

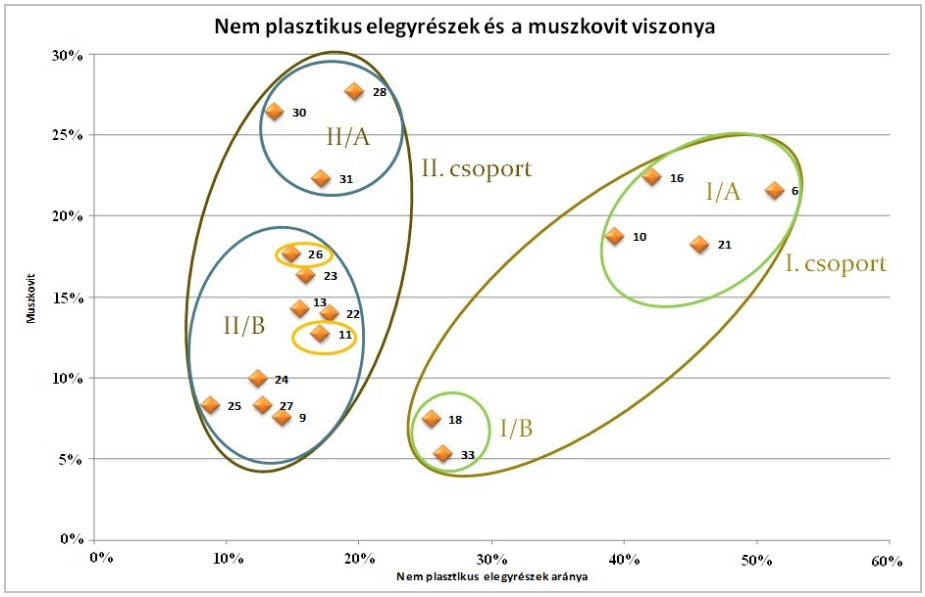
A II. csoportba a 9., 13., 22., 23., 24., 25., 27., 28., 30. és 31. minták tartoznak. Ezeknél a mintáknál a többnyire hiátuszos, sok pórust tartalmazó szövet a jellemző, általában nem figyelhető meg egyértelmű irányítottság, de néhány esetben a muszkovit szemcsék orientációja és a pórusok elnyúlt alakja egy irányt mutat (**6. ábra**). A II. csoportnál az uralkodó szemcseméret átlagosan 79,565 µm, a maximum szemcseméret pedig átlagosan 2009,83 µm. Az I. csoporthoz képest kisebb a nem plasztikus elegyrészek aránya (<25%), melyek között a monokristályos kvarc és a polikristályos kvarc dominál, amelyet a muszkovit, a kőzettörmelékek, illetve a plagioklász földpátok, akcesszóriák (epidot, cirkon) és egyéb nem plasztikus elegyrészek követnek kisebb mennyiségben. Jellemező erre a csoportra, hogy több mintánál is nagyméretű (>1300 µm) metamorf és magmás szövetű, szögletes és gyengén koptatott törmelékszemcséket lehetett megfigyelni (**7. ábra A–B**). Egyes mintáknál törmelékes piroxénszemcsék, valamint erősen mállott táblás plagioklász kristályokat tartalmazó kőzetmaradványok voltak jelen (**7. ábra C–D**), amelyek pontosabb meghatározásához Raman mikroszkópot használtunk.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



7. ábra: Magmás (A) és metamorf (B) eredetű törmelékszemcsék, bázikus kiömlési magmás kőzettörmelék (C) és diopszid (D) XN vékonycsiszolati fotók, A: 25. minta, B és D: 28. minta, C: 11. minta.

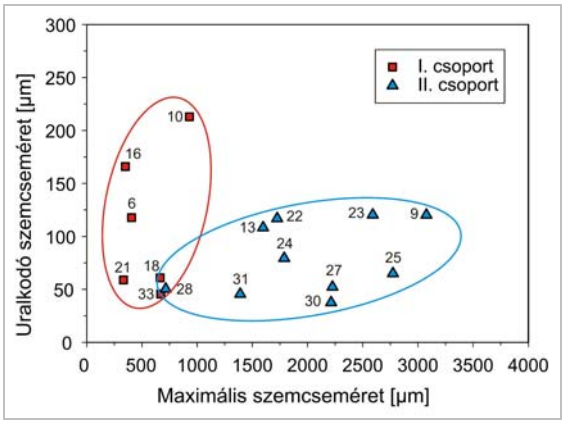
Fig. 7.: Grains of igneous (A) and metamorphic (B) rock origin, basic volcanic lithoclast (C) and diopside (D) XN thin section photographs, A: sample 25, B and D: sample 28, C: sample 11.



8. ábra: Kétváltozós diagram a minták csoportosításához. X tengely: nem plasztikus elegyrészek aránya, Y tengely: muszkovittartalom. A zöld és kék karikák az I. és II. petrográfiai csoportot, illetve ezeken belül a muszkovittartalom alapján elkülöníthető I/A–I/B és II/A–II/B alcsoportokat mutatják. A sárga karikával jelölt 11. és 26. minta szöveti képe, valamint összetétele eltérést mutat az így kialakuló petrográfiai csoportokhoz képest.

Fig. 8.: Bivariate scatter plot for the classification of the samples. X axis: the ratio of the non-plastic elements, Y axis: muscovite containment. The green and blue circles signify the Ist and IInd petrographic group, and within they signify the subgroups I/A–I/B and II/A–II/B separately. The sample 11 and 26 are signified by the yellow circle because their ingredients and fabrics show deviation from the two petrographic groups.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



9. ábra: Az uralkodó és a maximum szemcseméret viszonya az I. és a II. petrográfiai csoportban. (X tengely: maximális szemcsméret, Y tengely: uralkodó szemcseméret)

Fig. 9.: The relation of the ruling and maximal grain sizes in the Ith and IInd petrographic groups. (X axis: maximal grain size, Y axis: ruling grain size)

Az I. csoporthoz hasonlóan a muszkovittartalom alapján itt is elkülönült egymástól két egység: az II/A alcsoportba a több muszkovitot (>22%) tartalmazó 28., 30. és 31. minta sorolható (**6. ábra A–B**), míg a II/B alcsoportba a 9., 13., 22., 23., 24., 25. és 27. minták tartoznak, amelyekre a muszkovit kisebb arányú (<17%) jelenléte jellemző (**6. ábra C–D**).

A két csoport és a négy alcsoport a kétváltozós, muszkovit és nem plasztikus elegyrész tartalom szerint szerkesztett diagram alapján különíthető el szemléletesen (**8. ábra**). Mindemellett az I. és a II. csoport közötti különbséget az uralkodó szemcseméret és a maximum szemcseméret viszonya is jól kirajzolja, ugyanis míg az I. csoportnál <700 µm az eltérés, addig a II. csoportnál (a 27. minta kivételével) az 1000 µm-t is meghaladja ez az érték, a 9. mintánál pl. közel 3000 µm (**9. ábra**).

A 11. és a 26. minta jellegzetessége, hogy egyik csoportba sem sorolhatók. A 26. minta a nem plasztikus elegyrészek aránya és muszkovittartalma alapján jól illeszkedik a II/B alcsoport mintái közé (**8. ábra**), azonban szeriális szöveti képe az I/A alcsoporttal mutat azonosságot. A 11. minta az előbbi besorolási szempontok szerint szintén a II/B alcsoportba tartozik, viszont a petrográfiailag meghatározott modális összetétele több ponton is kiugró értéket mutat. Így a monokristályos kvarcnál igen kicsi értéket, a plagioklász földpátoknál pedig – mind a két csoport tagjaihoz képest – kiugróan nagy százalékos mennyiséget mutat, ezen kívül a kőzettörmelékek is kiemelkedően nagy arányban vannak benne jelen.

XRD mérések eredményei

Röntgen pordiffrakciós mérést 20 mintán végeztünk, melyeket a vizsgálat előtt makroszkópos jellemzők alapján három csoportra, szürke, vörös és fehér kerámiákra lehetett bontani. Ahogy a minták makroszkópos leírásánál is olvasható (**1. táblázat**), némely töredék esetében nagy eltérés mutatkozott a törésfelület széle és a mag között, így ezeknél a mintáknál (8., 26., 28., 33.) mindkét részen történt mérés (**10. ábra**).

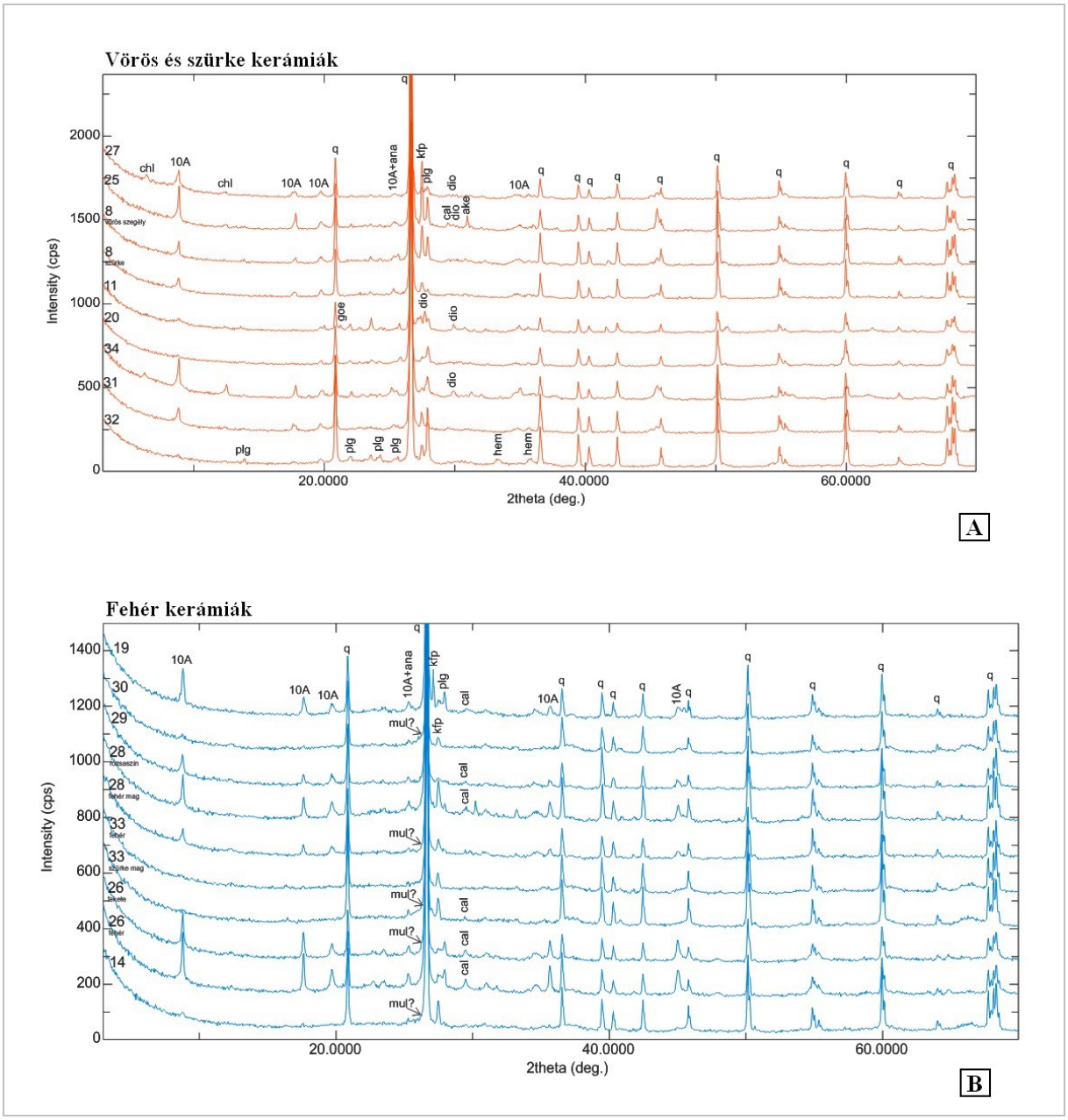
A vörös kerámiák (21., 31., 32., 34. minta) esetében a kvarc, a 10Å-ös fázisok (illit±muszkovit, szericit), anortithoz közeli összetételű plagioklász földpát, káliföldpát, diopszid és gehlenit/åkermanit a jellemző elegyrész; mennyiségi viszonyaik szélsőségesen változnak (**10. ábra A**). A 32. és a 34. mintánál hematitot is ki lehetett mutatni.

A szürke kerámiáknál (8., 9., 11., 20., 25., 27. minta) a kvarc, a 10Å-ös fázisok (illit±muszkovit, szericit), anortithoz közeli összetételű plagioklász földpát és káliföldpát a jellemző elegyrész; mennyiségi viszonyaik szélsőségesen alakulnak (**10. ábra A**). A 25. és a 27. mintában kalcit is található lényeges elegyrészként, de a többi szürke kerámia nem tartalmaz a módszerrel kimutatható kalcitot. A 11., 25. és 27. mintában diopszid, a 25. mintában közelebbről meg nem határozható gehlenit-åkermanit jelenléte valószínű. A 8. minta nyomnyi anatázt, a 11. minta goethitet és esetleg cirkont tartalmazhat.

A fehér kerámiáknál (12., 14., 19., 23., 24., 26., 28., 29., 30., 33. minta) a kvarc, az anortithoz közeli összetételű plagioklász földpát és a káliföldpát a jellemző elegyrész; mennyiségi viszonyaik szélsőségesen változóak (**10. ábra B**). A 10Å-ös fázisokat nem, vagy alig tartalmazó mintáknál anatáz jelenlétét feltételezhetjük. A 19., 26., 28., 29. és 33. minták nyomnyi mennyiségű kalcitot, a 14., 19., 26., 28., 29. és 30. minták illit±muszkovitot tartalmaznak. A 14., 26., 28., 30. és 33. mintáknál mullitot lehetett bizonytalanul meghatározni, amelyet kis reflexiók jeleztek.

Az XRD mérések eredményeit szemlélve néhány összefüggés rajzolódott ki, így az 50%≤ kvarctartalmú és a 10Å-ös fázisok dominanciájával rendelkező minták a II. petrográfiai csoportba tartoznak. A vörös és szürke, illetve a fehér kerámiákban egyaránt található Ca-szilikát. Azonban az fehér kerámiák kaolinban gazdagabbak és mivel ezeknél sokszor mullit is keletkezett, alumíniumtartalmuk is magasabb. Magáról a kalcitról nem dönthető el egyértelműen, hogy elsődleges vagy másodlagos fázis. Ezen felül a fehér kerámiáknál általánosnak tekinthető az anatáz járulékos elegyrészként, nyomnyi mennyiségben való jelenléte.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



10. ábra: A jellegzetes minták diffraktogramjai: A: vörös és szürke kerámiák, B: fehér kerámiák. (Rövidítések: 10A: 10 Angströmös fázis, ake: gehlenit/akermanit, ana: anatáz, cal: kalcit, chl: klorit, dio: diopszid, goe: goethit, hem: hematit, kfp: káliföldpát, plg: plagioklász földpát, q: kvarc, mul: mullit)

Fig. 10.: X-ray diffractograms of the tipify samples: A: red and grey ceramics, B: white ceramics. (Abbreviations: 10A: 10 angstrom phase, ake: gehlenite/akermanite, ana: anatase, cal: calcit, chl: chlorite, dio: diopside, goe: goethite, hem: hematite, kfp: kali feldspar, plg: plagioclase feldspar, q: quartz, mul: mullite)

Az archeometriai vizsgálatok eredményeinek értelmezése

A régészeti megfigyelések alapján definiált két periódus kerámiái közötti eltéréseket a petrográfiai és a röntgen pordiffrakciós vizsgálatok segítségével megfelelően lehetett tanulmányozni és körvonalazni. A két petrográfiai csoport a korábbi és a későbbi Árpád-kori leletanyaggal volt megfeleltethető, tehát az I. csoportba a 11–12. századra, a II. csoportba a 12. század végére –13. századra keltezhető kerámiák tartoztak. Korszakot tekintve kivételt (átmenetet?) a 11., 13. és 33. minták képeztek. A petrográfiai vizsgálat alapján egyértelmű váltás tapasztalható a 12/13. század fordulóján az Árpád-kori kerámiaművességben. Ennek az újításnak az egyik legszembetűnőbb eredménye a fehér kerámia elterjedése. A korábbi időszakban feltehetően a helyben található agyagot használhatták, a szeriális szövet alapján ezeknél a kerámiáknál nem valószínű a mesterséges soványítás. Ezzel ellentétben a későbbi periódus

idején más anyagot használtak, melyet feltűnően nagyméretű (>1300 mikrométer) magmás/metamorf eredetű kvarc- és kőzettörmelékekkel soványítottak. Ezeknél a szögletes alak és az uralkodó szemcseméretről való nagy eltérés a mesterséges soványítást bizonyítja.

Az egyes petrográfiai alcsoportok közötti különbségek egyelőre nem magyarázhatóak teljes bizonyossággal, meglehet a soványítóanyag eltérő jellege, vagy változó arányú hozzáadása okozta az összetételbeli változatosságokat. Ha a megmintázott edénytípusok eloszlását vesszük alapul, megállapítható, hogy a fazekak mind a négy alcsoportban (I/A–B, II/A–B) jelen vannak, illetve a mintaválasztás okán az I. csoportban kizárólag azok találhatóak meg. Azonban a II. csoportnál megfigyelhető egyfajta tendencia, miszerint míg a II/A. alcsoporthoz csak fazekak tartoznak, a két tárolóedény (22., 23.) a II/B. csoport „felső", 14–17 %-os, a három bográcsok (9., 25., 27.) pedig a II/B. csoport „alsó", 7–9 %-os muszkovittartalommal jellemezhető részén, egymáshoz viszonylag közel helyezkedik el (**8. ábra**). Ez az összefüggés érdekes, de csak nagyobb mennyiségű mintát és több edénytípust érintő vizsgálattal dönthető el egyértelműen, hogy ezeknek az összetételbeli eltéréseknek az eredete valóban az edények funkcionális különbségeiben keresendő-e.

Az XRD segítségével kimutatható volt, hogy míg a korábban is megtalálható szürke és vörös kerámiák Ca-gazdag agyagos nyersanyagból készültek, addig a 12. század végén/13. század elején megjelenő fehér kerámiáknál egy mészben szegényebb agyagos nyersanyagot használtak.

A röntgen pordiffrakciós fázisanalízis segítségével sikerült körvonalazni az égetés körülményeit. A megfigyelések alapján oxidatív égetés történt, amelyet a vörös kerámiák hematittartalma is jelez. Más, egyértelműen redox-kontrollra utaló fázist nem sikerült azonosítani. Égetési hőmérsékletet tekintve a szürke és a vörös kerámiákban a plagioklászok, a káliföldpát, a diopszid, illetve a gehlenit/åkermanit jelenléte, valamint a mullit, olivin, cordierit, a krisztalobalit és a tridimit hiánya ~800–1000°C-ot jelez a kiégetés során (Heimann 2010, 107, 4.7a Fig.). Ennek némiképp ellentmondani látszik számos minta illit±muszkovit- (szericit-), illetve kalcittartalma, amelyek kizárnák ezt a magas hőmérsékletet, hacsak nem rövid idejű hőntartással történt a kiégetés. Azonban az sem zárható ki teljesen, hogy az illit±muszkovit és a kalcit másodlagos, a kerámia több évszázados talajban tartózkodása során kialakult elegyrészek. Ezzel kapcsolatban a petrográfiai vizsgálatok során egyedül a 10. mintában találtunk mészgöbecset, de még ennél sem lehetett egyértelműen eldönteni, hogy elsődleges vagy másodlagos a kalcit. A fehér kerámiáknál az általánosan jelenlévő káliföldpát <1000°C-os kiégetési hőmérsékletre utal. Ugyanakkor a bizonytalanul meghatározott kevés mullit >900°C-os hőmérséklet-tartományt jelez (Heimann 2010, 107, 4.8 Fig.). A fentebbiek alapján körvonalazható égetési hőmérséklethez közeli, ill. esetenként valamivel alacsonyabb hőfokon történő égetést mutattak ki más, a jászfényszaruival hasonló korú lelőhelyek kerámiái kapcsán. Így többek között a felsőzsolcai és mezőkeresztesi, kora Árpád-kori edényeknél ~700–750°C, a 12–13. századi mezőkeresztesi, hejőkürti és felsőzsolcai cserepek esetében pedig ~800–850°C-ot határoztak meg égetési hőmérsékletként (Simonyi 2005, 52).

Összefoglalás és továbblépési lehetőségek

Fentebbiek alapján az Árpád-kor két periódusának kerámiaanyaga makroszkóposan és mikroszkóposan egyaránt eltérést mutat. Míg a korábbi időszakban valószínűleg közvetlenül helyben található, mészben gazdag agyagot használhattak, addig a fehér kerámiák készítésénél egy mészben szegényebb, eddig nem meghatározható nyersanyaglelőhelyről származó agyagot alkalmaztak. Utóbbi soványítására nagyméretű magmás és alárendelten metamorf eredetű kőzettörmelékeket használtak, amelyek a közvetlen földtani környezettől idegenek. A magmás kőzetszemcsék esetében elsősorban valamilyen intermedier/bázikus kiömlési magmás forráskőzet valószínűsíthető. A lelőhely tágabb környezetében a felszínen találhatók ilyen képződmények, a földtani közelség alapján a Nagyhársasi Andezit Formáció jöhet leginkább számításba lehetséges forrásként.

Bármilyen módon került ide ez a más jellegű agyag, vagy maga a kerámia, a 12. század végén / 13. század elején történt váltást jól jelzi a fehér kerámia megjelenése. A kerámiaművességben megfigyelhető változásra más lelőhelyek kapcsán már a korábbi kutatás is felfigyelt (Parádi 1959, 26; Holl 1963, 336). A változás okát illetően több magyarázatot is találhatunk: a korábban használt nyersanyaglelőhely kimerült, bizonyos funkciójú edényekhez előnyösebb volt az új típusú nyersanyag használata, esetleg egy olyan technológiai váltás következett be, amelynek eredményeképp a korábban használatos agyag helyett egy más tulajdonságú nyersanyagot kellett találniuk. Abban az esetben, ha a korábbi periódus edényeinek nyersanyaga helyi volt, Jászfényszaru földtani környezetének ismeretében a nyersanyaghiány nem tűnik valószínűnek. A későbbi időszakra jellemző agyagból tárolóedények, bográcsok és fazekak egyaránt készültek, így a funkcionális ok sem meggyőző, hacsak az agyagnak nem volt valami olyan fizikai tulajdonsága, amit minden edényformánál hasznosnak találtak. A technológiai váltás sem támasztható alá, mivel a korábbi és a későbbi

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

időszakban egyaránt lassú korongolással formázták a sokszor agyaghurkákból felépített edényeket. Erre több esetben a kerámiák belső oldalán látható és kitapintható barázdák, az ezek összedolgozásakor keletkezett simításnyomok, valamint olykor a korábbi hurkák mentén kialakuló törések, repedések is utalnak. Mivel az égetési hőmérséklet nem mutat nagy eltérést a két periódus edényei között, feltehetően a kiégetés is hasonló körülmények között történt a korábbi időszak edényeinél és a fehér kerámiáknál. Mindezek alapján pusztán nyersanyagban és a soványítóanyagban mutatható ki változás, de maguknak az edényeknek a készítési módja (pl. hurkás felépítés, lassú korongolás) nem változott. Az edényformák is fokozatos fejlődést mutatnak, nem tapasztalható éles váltás a két időszak között, így valószínűleg ugyanaz a népesség élt Jászfényszaru–Szőlők-alján a 11. század végétől a 14. század elejéig, de valamilyen okból a 12/13. század fordulóján egy más típusú nyersanyagra tértek át.

A további kutatás tekintetében fontos szempont lehet a különböző lelőhelyekről származó fehér kerámiák archeometriai szempontú összevetése, mivel ez a tárgytípus térben és időben viszonylag jól körülhatárolható és így megfelelő mintacsoportként szolgálhat. Fehér kerámiákkal is részletesebben foglalkozó, valamint hasonló jellegű vizsgálatokat bemutató publikációk már születtek a témában (Gál-Mlakár 2009, 171–176; Szilágyi et al. 2010). Jászfényszaru–Szőlők-alja illeszkedik az eddig ismert, folyamatosan bővülő „fehér kerámiás" lelőhelyek csoportjába (Szilágyi et al. 2010, 155, 1. ábra), ezért alkalmas a korábbi eredményekkel történő összehasonlításra. Elsősorban szöveti képüket tekintve találtunk hasonlóságot a jászfényszarui II/B csoport egyes mintái és a korábbi vizsgálatok során „budai fehér kerámiaként" megnevezett csoport csiszolati képe között (Szilágyi et al. 2010, 162, 4. ábra B). A „budai fehér kerámia" csoport összetételében is mutat némi hasonlóságot a jászfényszarui II/B csoporttal: képlékeny, vas-oxid mentes, csillámos agyagos alapanyagból készült, a kerámiák szövete hiátuszos és közép-durvaszemcsés homokkal történő soványítást mutat, melynél a soványítóanyag metamorf (alárendelten granitoid) kőzet eredetű (Szilágyi et al. 2010, 162). További kutatómunka és az összehasonlítható minták bővítése szükséges ahhoz, hogy az egyes lelőhelyek között fennálló, hasonló jellegű összefüggéseket tisztázhassuk.

Köszönetnyilvánítás

A leletanyag feldolgozási és közlési lehetőségéért köszönettel tartozunk dr. Kertész Róbertnek. A kutatást a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0047. sz. pályázat támogatta.

Irodalom

BÍRÓ, GY. (2013): Árpád-kori teleprészlet Jászfényszaru–Szőlők-alján. In: PINTÉR–NAGY K., TAKÁCS M.: *Acta Iuvenum Sectio Archaeologica Tomus* ***I.*** Szeged, 144–171.

BÍRÓ, GY. s.a.: Többrétegű Árpád-kori település Jászfényszaru–Szőlők-alján. In: RÁCZ, T. Á.: *Fiatal Középkoros Régészek V. konferenciájának tanulmánykötete*. Szentendre, 2013. november 21–23. Megjelenés alatt.

GÁL-MLAKÁR, V. (2009): A 13–14. századi kerámia kutatástörténete Északkelet-Magyarországon. *Marisia* **XXIX**165–184.

HEIMANN, R. B. (2010): Classic and Advanced Ceramics. Wiley-VCH Verlag Gmbh & Co. KGaA, Weinheim, 576 pp.

HOLL, I. (1963): Középkori cserépedények a budai várpalotából. *Budapest Régiségei* **XX** 335–382.

PARÁDI, N. (1959): Technikai vizsgálatok népvándorláskori és Árpád-kori edényeken. *Régészeti Füzetek* **12** 1–65.

SIMONYI, E. (2005): Adatok a 10–13. századi kerámia készítéséhez Északkelet-Magyarországról. *HOMÉ* **44** 37–55.

SZILÁGYI, V., GÁL-MLAKÁR, V., RÁCZ, T. Á., SAJÓ, I. & SIMONYI, E. (2010): 12–14. század fehér kerámiákon végzett anyagvizsgálatok első eredményei és továbblépési lehetőségei. *Gesta* **IX** 153–167.

ARCHEOMETRIAI VIZSGÁLATOK ÜLLŐ 5. LELŐHELYRŐL SZÁRMAZÓ PECSÉTELT TÖREDÉKEKEN

ARCHAEOMETRIC ANALYSIS OF POTSHERDS WITH STAMPED ORNAMENTATION FROM ÜLLŐ 5.

SZEBENYI TAMÁS[1]; FINTOR KRISZTIÁN[2]; RAUCSIK BÉLA[2]; BOZSÓ GÁBOR[2;]
TÓTH MÁRIA[3]

[1] SZTE-BTK, Régészeti Tanszék

[2] SZTE-TTIK Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék

[3] MTA-CSFKI, Földtani és Geokémiai Intézet

E-mail: szebi87@gmail.com

Abstract

Archaeometric analysis carried out on ceramics from a Sarmatian settlement can open new ways in the study of the Barbaricum. Petrographic, XRD and WDXRF analyses of stamped ceramics from Üllő 5 is provided as an example. The main goal of this study is to investigate the archaeological hypothesis, which includes two assumptions: firstly, the stamped bowls were not made locally at the site and secondly the 49 stamped bowls found at the site form a heterogeneous group in terms of raw materials, implying that these vessels may have been made by several other workshops. Fifteen samples, including sherds of brick red and gray bowls with stamped ornamentation and a rim of a locally made pot as a reference, were chosen for the analyses. The results show that the aluminium rich raw material of the locally made pot is different from the calcium rich raw material of the stamped samples. This result may suggest that the stamped bowls were not made in Üllő 5. Concerning the heterogeneity of the raw materials of the stamped bowls, it seems that there are two main compositional groups. Even though the trace element composition of the samples is similar, the main elements analysis showed that five samples are richer in CaO than the others. Therefore, it can be assumed that the two groups may have originated from two different regions. It is also intriguing that higher CaO content also appears in the raw materials of brick red and gray bowls. These results seem to support, at least partially, the archaeological assumption.

Kivonat

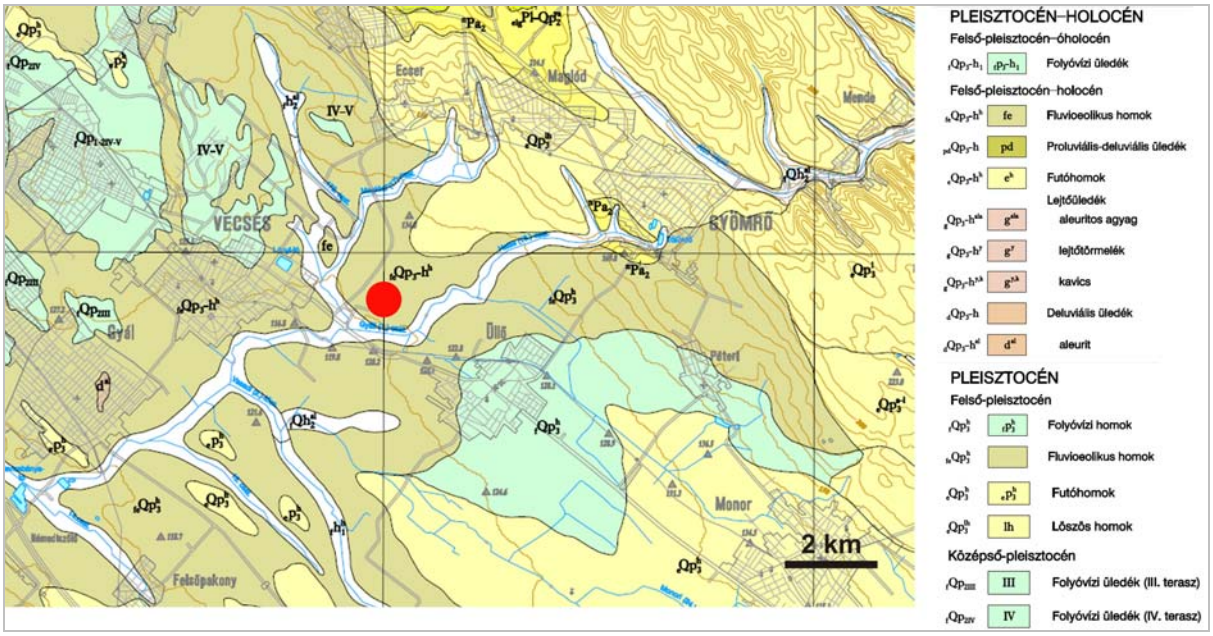
A szarmata telepkerámián végzett anyagvizsgálatok új perspektívákat nyithatnak a Barbaricum kutatásában, mint ahogy azt az Üllő 5. lelőhelyről származó pecsételt töredékeken végzett petrográfiai, XRD és WDXRF analízisek is jól példázzák. A vizsgálatok célja annak az előzetesen felállított munkahipotézisnek az igazolása volt, mely szerint a 49 pecsételt edény nem helyi gyártmány, illetve heterogén anyag lévén több fazekasműhely termékeivel van dolgunk a telepen. A Szegedi Tudományegyetem Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszékén kerülhetett sor 15 minta vizsgálatára, melyek tartalmaztak téglaszínű és szürke pecsételt töredékeket, illetve egy helyi szemcsés fazékból származó peremtöredéket is. Az eredmények alapján a helyi fazékból származó minta alumíniumban gazdag nyersanyaga elüt a pecsételt mintáknál megfigyelt kalciumban gazdag nyersanyagtól. A megfigyeléseket a fő- és nyomelem kémiai vizsgálatok is alátámasztották, így a pecsételt töredékek esetében joggal lehet feltételezni, hogy nem helyi termékekről van szó. A pecsételt minták heterogenitásának tekintetében két nagy csoport körvonalazódott. Bár nyomelemek tekintetében a minták hasonló képet mutatnak, a főelemek vizsgálatánál 5 minta magas CaO tartalma miatt külön csoportot alkothat. Az eredmény valódi érdekessége, hogy az 5 minta egyaránt tartalmaz vörös és szürke töredékeket is. A fentiek alapján felmerülhet, hogy a pecsételt edények különböző származási helyről kerültek az üllői telepre, még ha nem is olyan formában, mint azt az előzetes régészeti elemzés feltételezte volna.

KEYWORDS: SARMATIAN BARBARICUM, ÜLLŐ 5., STAMPED POTTERY

KULCSSZAVAK: SZARMATA BARBARICUM, ÜLLŐ 5., PECSÉTELT KERÁMIA

Bevezetés

A szarmata Barbaricum pecsételt kerámiája egyike a szarmata telepkerámia problémás tárgytípusainak. A korábbi kutatás által a pannoniai pecsételt termékekhez sorolt töredékekről először 1989-ben (Vaday 1989), majd 1991-ben merült fel (Maróti 1991), hogy nem illenek bele a provinciális termékek keretei közé. Az azóta eltelt időben a régészeti kutatás által elfogadottá vált a nézet, miszerint az alföldi pecsételt edények egy része barbár termékként értelmezhető (Maróti 2004, Sóskuti 2010).



1. ábra: Üllő 5. lelőhely elhelyezkedése és földtani környezete

Fig. 1.: Location of Üllő 5., and its geological environment

A 2001 és 2006 között feltárt Üllő 5. lelőhely 350000 m^2-es területével korának legnagyobb szarmata teleprészletét adta (**1. ábra**). Az Aquincumtól csupán 15 km-re fekvő lelőhely fő profilja (a számos feltárt edényégető kemence anyaga alapján) egy erősen kaviccsal soványított fazéktípus gyártása lehetett (Istvánovits et al. 2011). Emellett a lelőhely rómaiként beleltározott anyagában eddig nem tapasztalt mennyiségben jelentkeztek pecsételt edények darabjai is. A 49 edényből származó 66 töredék megnyitotta az utat egy nagyobb összehasonlító elemzéshez, melyre az eddigi zárt leletegyüttesek esetszámai miatt nem volt lehetőség.

A töredékeket technológiai szempontok (szín, soványítás, felületkezelés, pecsételt motívumok) és az edényformák alapján több csoportra lehetett osztani. A vizsgált anyagban két nagy kategória különült el markánsan.

Egyik a tojásfüzér dísszel ellátott, félgömbös testű tálak csoportja, melyeket általánosan matt vörös vagy fényes narancsvörös bevonat fed. Formailag a Drag. 37. típusú *terra sigillata* edények és a pannoniai pecsételt edények másolatainak felelnek meg. A pecsételt minták helye az edényeken eltér a környező római provinciák termékein megfigyeltektől, ami a díszek eredeti funkciójának elvesztését feltételezi a barbár mesterek kezében (Szebenyi 2013).

A fazekastelep anyagának másik nagyobb csoportját a szürke töredékek alkotják. A kónikus hasú, egyenes falú edények megtalálhatók a környező provinciák leletanyagában (hasonló pecsételt edények Daciában gyakoribbak). Barbár közegből Beregsurány-Barátság kert, illetve Csengersima-Petea fazekastelepek termékei közül is ismertek hasonló formájú és díszű edények (Szebenyi 2013).

Felmerülő régészeti kérdések

Üllő 5. lelőhely pecsételt leletanyagával kapcsolatban számos kérdés felmerülhet.

A legfontosabb ilyen a pecsételt anyag eredetének problémája. Az alapkérdés, hogy az egyértelműen római motívumokat viselő edények esetében provinciális eredetű importról beszélhetünk, vagy a szarmata Barbaricum területén készülhettek-e másolatként. A kutatás jelenlegi állása szerint az Üllőn megjelenő típust barbár eredetűnek kell tartani. Ebben az esetben azonban felmerül a pontos gyártási körzet ismeretének igénye. A régészeti analógiák alapján az üllői gyártást szinte teljes bizonyossággal ki lehet zárni, sőt nagyfokú heterogenitást lehet feltételezni a pecsételt anyagban (Szebenyi 2013). A szarmata Barbaricum területéről jelenleg közölt 30 lelőhely anyaga alapján a klasszikus tipológiai módszer nem használható fel a műhelykörzetek körülhatárolására.

A Szegedi Tudományegyetem Régészeti Tanszékének és Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszékének együttműködésével lehetőség nyílt olyan archeometriai módszerek alkalmazására, amelyek további adatokkal egészítik ki a pecsételt kerámia kutatását.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

1. táblázat: A vizsgált minták összesítő táblázata

Table 1.: Summary table of the examined samples

Minta leltári száma	Minta száma	Profil	Nyers szín	Felületkezelés	Megjegyzés
2003.1.451.378	V1	félgömbös	téglaszín	vörös festés	nincs
2003.1.531.195	V2	félgömbös	téglaszín	vörös festés	felhordott agyagréteg
2003.1.536.113	V7	félgömbös	téglaszín	narancs bevonat	nincs
2003.1.998.180	SZ4	félgömbös	téglaszín	vörös festés	nincs
2003.1.1044.1	SZ1	fazék	szürke	nincs	helyi gyártmány
2004.1.59.4832	SZ6	félgömbös	téglaszín	simítás	nincs
2005.1.7.5	V9	félgömbös	téglaszín	vörös festés	cementes lerakódás
2006.3.883.15	V5	félgömbös	téglaszín	vörös festés	rétegesen égett
2006.3.2059.1	V4	kónikus	téglaszín	nincs	nincs
2006.3.2188.1	SZ2	kónikus	szürke	nincs	rétegesen égett
2006.3.2310.1	V3	félgömbös	téglaszín	nincs	fényes kopás, rétegesen égett
2006.3.2382.3	SZ3	kónikus	szürke	nincs	szappanos fényű
2006.3.2497.1	V8	félgömbös	téglaszín	narancs bevonat	nincs
2006.3.3704.767	SZ5	félgömbös	téglaszín	vörös festés	durva anyagú
Leltári szám nélkül	V6	kónikus	téglaszín	barna máz	nincs

Minták, módszerek

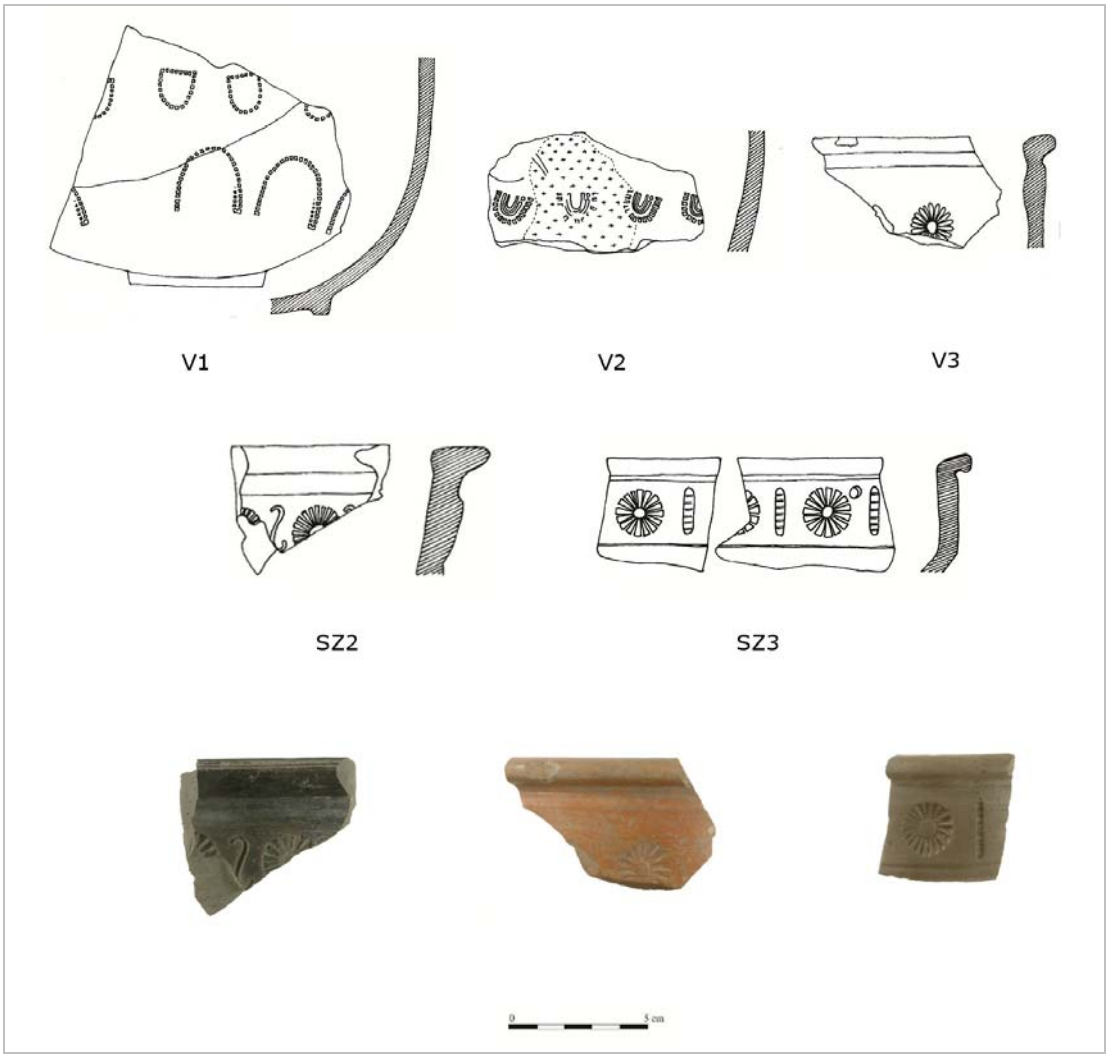
A rendelkezésre álló 49 üllői pecsételt edény töredékei közül 14 darab került kiválasztásra (**1. táblázat**). A minták jól reprezentálják a pecsételt leletanyagot, hiszen tartalmaznak téglavörös alapanyagú félgömbös tálakat és szürke, kónikus formájú darabokat is. Emellett a kiválasztáskor szempont volt a töredékek díszítése és külső felületkezelése, melyek pontosítani hivatottak a profilok alapján felállított belső csoportokat. A vizsgálatokba 15. mintaként bevonásra került egy biztosan helyi gyártású, kaviccsal soványított fazék peremtöredéke is. Ezt a mintát a helyi nyersanyag tekintetében később referenciaként lehetett kezelni (**1. táblázat** SZ1).

A kiválasztott minták legelőször petrográfiai elemzésen estek át az SZTE-TTIK Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszékén. A kerámia töredékek szöveti elemzését 30 µm vastagságú fedetlen vékonycsiszolatokon végeztük. A vizsgálatokhoz Olympus BX41 polarizációs fénymikroszkópot használtunk.

Következő lépésként a kiválasztott mintákról készültek röntgen pordiffrakciós (XRD) mérések. Ezek közül jelen tanulmányban a reprezentatívabbakat közöljük (lásd az **1. táblázat** V1–3, SZ 1–3 jelű tételeit, **2. ábra**). A vizsgálatokhoz harapófogóval és kalapáccsal néhány tized grammnyi darabokat választottunk le, melyet később kézi achátmozsárban porítottunk és homogenizáltunk. Az így kapott mintákból 0,04 grammot csökkentett hátterű Si-mintatartóra helyeztünk. A méréseket Rigaku Ultima IV típusú berendezésen végeztük el. A kapott eredmények minőségi kiértékelése a Rigaku PDXL 1.8 szoftvercsomag ICDD (PDF2010) adatbázisa alapján, a félmennyiségi kiértékelés pedig RIR (Reference Intensity Ratio) módszerrel történt.

Utolsó lépésként 12 kiválasztott mintán WDXRF mérések készültek. A vizsgálatokhoz RIGAKU Supermini hullámhossz diszperzív röntgen fluoreszcens spektrométert használtunk, melynek a kimutatási határa elemenként 10 ppm. A műszer röntgensugár forrása palládium (Pd), a gerjesztő feszültség 50 kV, az anódáram 4 mA volt. Fő- és nyomelemek kvalitatív meghatározása EZ scan módszerrel, kvantitatív meghatározása pedig SQX félmennyiségi kalkulációval történt. Az alábbi elemeket mértük: Főelemek: Na_2O, MgO, Al_2O_3, SiO_2, K_2O, CaO, TiO_2, MnO, Fe_2O_3; Nyomelemek: P, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Zr, Ba.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



2. ábra: A vizsgált minták tárgyrajzai és fotói

Fig. 2.: Drawings and photos of the examined sherds

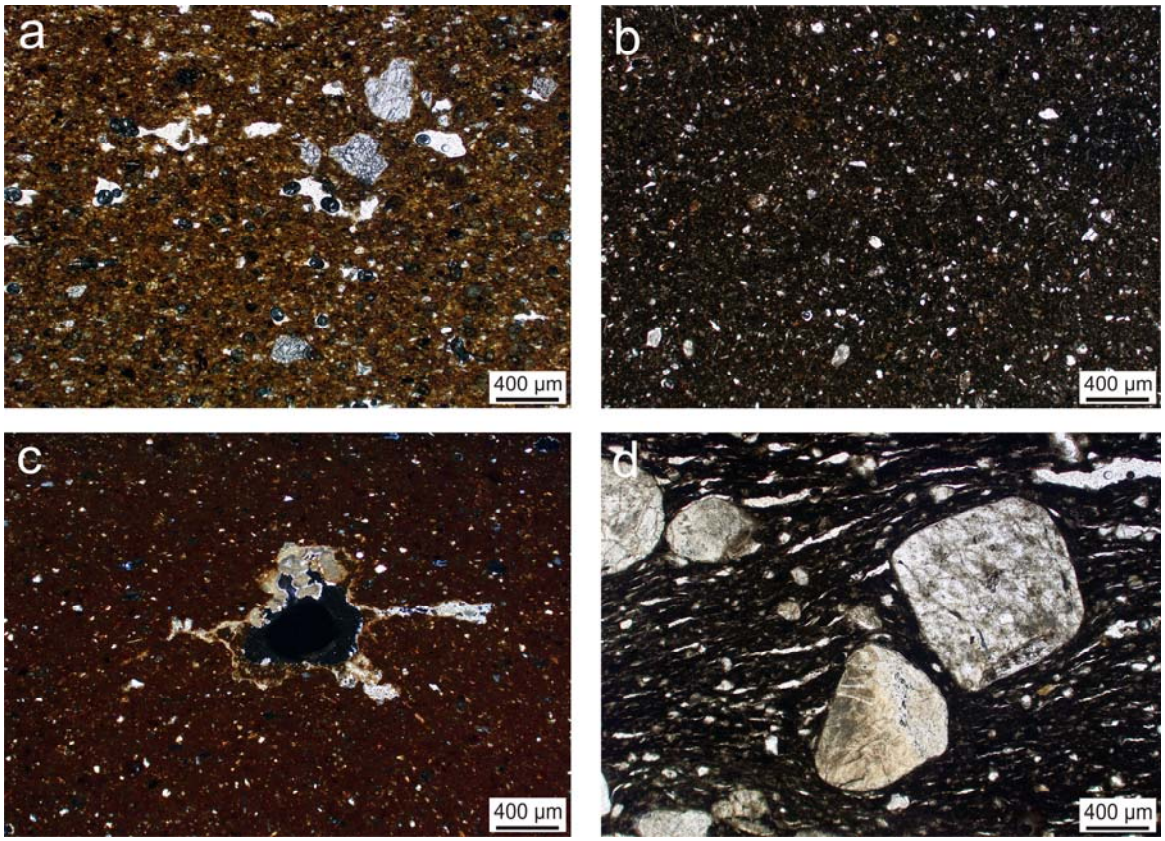
Eredmények

Petrográfia

A makroszkóposan szürke és vörös típusra felosztott pecsételt kerámia minták nagyon hasonló petrográfiai jellegzetességeket mutatnak (**3. ábra** a, b). Valamennyi mintában a plasztikus alapanyagok dominanciája a jellemző, míg a nem plasztikus, törmelékes eredetű ásvány illetve kőzetszemcsék igen alárendelt mennyiséget képeznek (**3. ábra** a, b). A törmelékszemcsék mennyisége ~7 és 33 v/v % között változik mind a szürke mind pedig a vörös mintákban. Szeriális szövetszerkezet jellemző rájuk, az uralkodó szemcseméret valamennyi mintában hasonló 0,02-0,07 mm közötti tartományban mozog, nagyobb szemcsék (0,2-0,5 mm) csak ritkán fordulnak elő. A törmelékszemcsék összetételében a kvarc a döntő, de kisebb mennyiségben földpátok, csillámok (elsősorban muszkovit), valamint ritkán kőzetszemcsék is előfordulnak. A minták porozitása változó, de általában igen kis értékeket (1,6-6,7%) mutat. A pórusok felszínén illetve a minták felületén helyenként finomszemcsés karbonátos bekérgeződések is megfigyelhetők (**3. ábra** c).

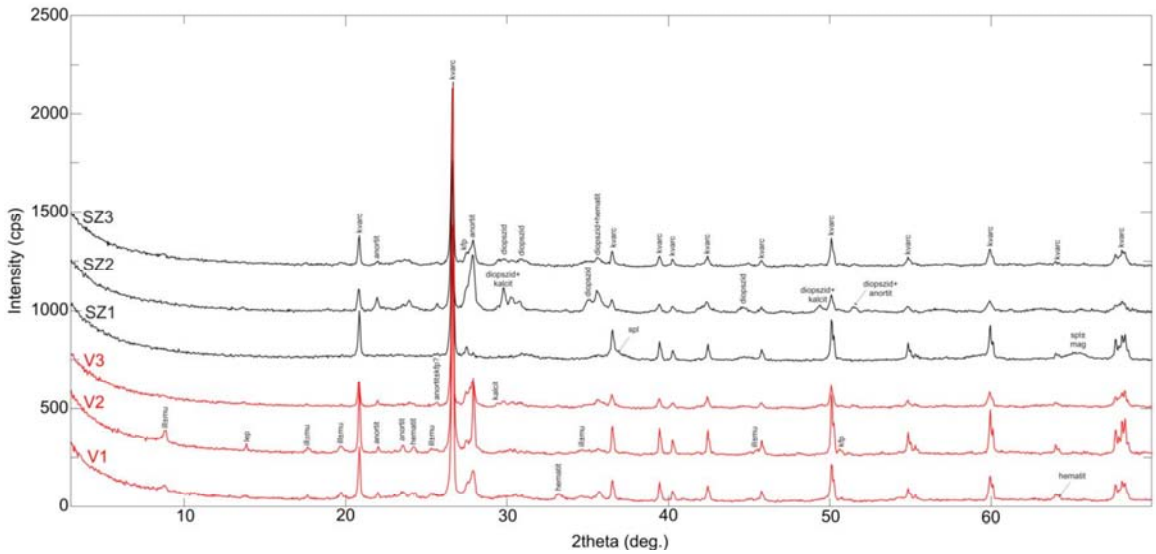
A helyi eredetű kerámia (SZ1) szöveti képe lényegesen eltér a többi mintáétól, itt hiátuszos szövetszerkezet a jellemző. Nagyméretű jól lekerekített durva homok / apró kavics méret-kategóriába tartozó szemcsék fordulnak elő benne nagy mennyiségben, melyek anyagát polikristályos kvarc, illetve ritkábban magmás szövetű kőzetszemcsék alkotják (**3. ábra** d). Az uralkodó törmelékszemcsék szögletes 0,05-0,13 mm mérettartományú, döntően monokristályos kvarcszemcsék. A minta szöveti irányítottságát a minta peremeivel párhuzamosan megnyúlt pórusok jelzik a legjobban (**3. ábra** d).

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



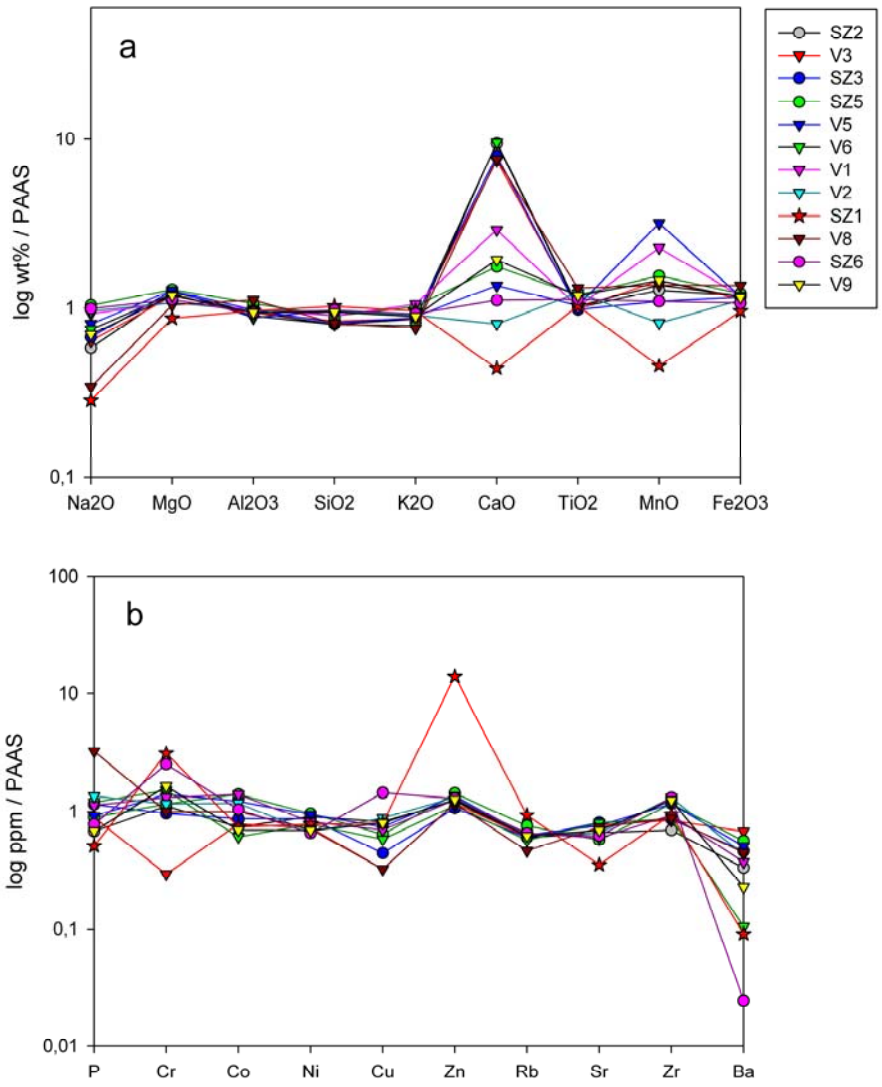
3. ábra: A vizsgált kerámiák vékonycsiszolati mikrofotói: a) enyhén hiátuszos törmelékszemcse összetétel egy vörös színű kerámiában (V2); b) szeriális szövet egy szürke kerámiában (SZ3); c) pórus felületen kivált mikrokristályos kalcit bevonat (V3); d) jól kerekített durva homok frakcióba tartozó törmelékszemcsék a helyi készítésű szürke kerámiában (SZ1)

Fig. 3.: Representative thin section micrographs of the analyzed samples. a) mildly hiatal detrital grain composition in a red color sample; b) serial texture in a grey color sample; c) microcrystalline calcite coating on the surface of a pore; d) well-rounded coarse sand fraction detrital grains in a local made ceramic sample.



4. ábra: A kiválasztott reprezentatív minták XRD diffraktogramja (V1-3: vörös minták; SZ1: szemcsés helyi minta; SZ2-3: szürke minták)

Fig. 4.: XRD diffractograms of the chosen representative samples (V1–3: red samples, SZ1: granular, locally made sample SZ2–3: gray samples)



5. ábra:

A kiválasztott minták fő- és nyomelem elemzésének PAAS (Post Archean Australian Shale)-ra normált elemeloszlási diagramjai

Fig. 5.:

PAAS (Post Archaean Australian Shale) normalized multielement frequency diagram of main and trace elements in the examined samples

Fázisanalitika

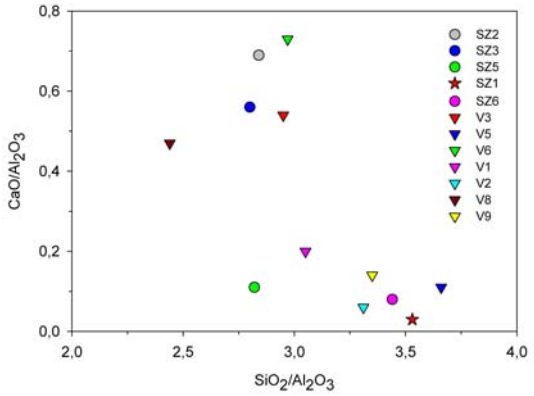
A vörös és a szürke töredékek az XRD mérési eredmények tekintetében két nagy csoportot képeznek. A vörös töredékekből származó minták (V1, V2 és V3) esetén főbb elegyrészekként megtalálhatók a kvarc, a 10 Å-ös fázisok (illit±muszkovit, szericit), az anortithoz közeli összetételű plagioklász földpát, a káliföldpát (szanidin?), a diopszid, valamint a hematit (**4. ábra** V1–3). A jellemző elegyrészek mennyiségi viszonyai szélsőségesen alakulnak. Kisebb különbségek megfoghatók a vizsgált minták között, így például a V1 mintában a szanidin, illetve a V3 mintában az átfedő csúcsok miatt a hematit jelenléte nem igazolható egyértelműen. Ezzel szemben a V2-es mintában a lepidokrokit jelenléte is kimutatható a felsoroltak mellett. A V2-es mintában nyomnyi kalcit is kimutatható, ám nem zárható ki, hogy ezt másodlagos elegyrésznek kell tekintenünk.

A szürke darabokból származó minták esetén (SZ2, SZ3) a jellemző elegyrészek a hematit kivételével megegyeznek az előbbiekben részletezett eredményekkel, azonban nagy mennyiségben szerepel bennük a magnetit (±maghemit) (**4. ábra** SZ2–3). Az SZ2 és SZ3 mintákban szintén megjelenik a kalcit, ám ez itt is másodlagos eredetűként valószínűsíthető. Néhány mintában grafit megjelenése sem zárható ki, bár a kvarc csúcsaival való átfedések miatt ennek meghatározása bizonytalan.

Fő- és nyomelem kémia

Főelemek tekintetében a pecsételt kerámiák között a legnagyobb változatosság a CaO és SiO_2 tartalomban mutatkozik (**5. ábra** a). Elkülöníthető öt nagy CaO tartalmú (~10-13 wt%) minta (V3, V6, V8, SZ2, SZ3 minták), a többi mintában mindössze 1-4 wt% között mozog a CaO tartalom. A nagy CaO tartalmú minták mutatják a legalacsonyabb SiO_2 tartalmat (50-53 wt%), míg 56-62 wt% SiO_2 mennyiség tapasztalható a minták többségében. Az SZ1-es helyi gyártású minta jelentősen eltér a többitől (**5. ábra** a), igen kis Na_2O (0,34 wt%) és MgO (1,92 wt%) tartalmat mutat, és ebben a mintában a legkisebb a CaO (0,57 wt%) és a MnO (0,05 wt%) koncentráció is.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



6. ábra: Az üllői lelőhelyen talált kerámia minták CaO/Al_2O_3 vs. SiO_2/Al_2O_3 diagramja

Fig. 6.: CaO/Al_2O_3 vs. SiO_2/Al_2O_3 diagrams of the sherds found at Üllő 5.

Nyomelemek vonatkozásában a minták meglehetősen egyöntetű képet mutatnak. Csak néhány minta esetében jellemző egy-két kiugró érték (**5. ábra** b), így a V3-as kis Cr tartalma (32 ppm), a V8-as nagy P (5191 ppm) és kis Cu tartalma (16 ppm), valamint az SZ6-os minta nagy Cr (276 ppm) és Cu (72 ppm) illetve kis Ba (16 ppm) tartalma jelenti a változatosságot.

Az SZ1-es minta itt is jelentős eltéréseket mutat a többitől (**5. ábra** b), a legkiugróbb különbség a Zn (1196 ppm) koncentrációban jelentkezik, de szignifikáns még a Cr (343 ppm) többlet és az igen kicsi P (812 ppm), Sr (70 ppm) és Ba (59 ppm) mennyiség is.

Eredmények értékelése

A fenti eredmények alapján a mintaként vizsgált edények égetésének körülményei jól rekonstruálhatók. A vörös töredékek égetési hőmérséklete 800 és 900 ºC közé helyezhető el a plagioklászok, a káliföldpát és a diopszid általános jelenléte, valamint a mullit, olivin, cordierit, a krisztobalit és a tridimit hiánya alapján. Redoxi viszonyok tekintetében oxidatív égetéssel kell számolnunk. A szürke színű töredékek égetési hőmérséklet a vörös kerámiatöredékekhez képest nagyobb lehetett, a magnetit jelenléte alapján akár 950 ºC is feltételezhető. A szürke kerámiatöredékek esetén reduktív égetési technológiával kell számolni, amit szintén a magnetit jelenléte sugall. Mind a vörös, mind a szürke minták Ca-ban gazdag (meszes) nyersanyaglelőhelyről származhatnak a gazdag Ca-szilikát ásványegyüttesük alapján.

A kerámiák karbonátos illetve homokos jellegének elkülönítésére szolgáló CaO/Al_2O_3 vs. SiO_2/Al_2O_3 diagramon jól megfigyelhető a V3, V6, V8, SZ2, SZ3 minták jellegzetes elkülönülése nagy CaO/Al_2O_3 (>0,47) és kis SiO_2/Al_2O_3 (<3,0) értékeik alapján (**6. ábra**). A CaO gazdagságot és a SiO_2 szegénységet a fázisanalitika által alátámasztott, a többi mintához képest arányaiban nagyobb Ca-dús plagioklász valamint diopszid mennyisége is jelzi. A V3 és az SZ2 mintáknál a magas CaO tartalom tehát nagy valószínűséggel az XRD vizsgálatok által kimutatott kalcitnak köszönhető, a többi CaO dús mintánál azonban ez nem merülhet fel magyarázatként.

A mérési eredmények alapján a biztosan helyi gyártású fazékból származó peremtöredék (SZ1) különül el egyértelműen. A mintában jelen lévő kevés aluminátspinell alumíniumban (kaolinitban) gazdag nyersanyagot jelez (**4. ábra** SZ1), mely különbséget jelent a pecsételt mintákból kimutatható Ca gazdag nyersanyaggal összehasonlítva. Az aluminátspinellek mennyisége továbbá ez az égetési hőmérsékletet is 900–1000 ºC tartományban helyezi el. A minta továbbá a kémiai elemzés során is jól elvált a pecsételt anyagtól.

Összegzés és további lehetőségek

A fentiekben részletezett archeometriai vizsgálatok eredményei igazolni látszanak az előzetes régészeti kutatások alapján felállított munkahipotéziseket. Az SZ1-es minta, mely a biztosan helyi gyártású, durván soványított helyi fazékból származik. A mintában jelen lévő durva folyami üledék utalhat a nyersanyag származási helyére. A Duna–Tisza közén az agyagbányák anyaga döntően homokos, folyami üledékes, a Tiszántúlon sokkal kevesebb a homok, az ún. kövér agyag jellemző. Így a Duna-Tisza közi vizsgált lelőhelyek között Kompolt-Kistér (Vaday et al. 1999) és Újhartyán (Vaday & Szekeres 2001) lelőhelyének nyersanyaga homokos, míg a Tiszántúlon pl. Gyoma 133. (Vaday et al. 1996) nyersanyaga kövér agyag.

Az említett töredék mind alapanyagában, mind égetési hőmérsékletében eltér a pecsételt töredékek esetében kapott értékektől. A vizsgálati eredmények alapján valószínűsíthető, hogy a pecsételt edények nem az üllői fazekastelep árui, de a köztük kimutatott heterogenitásra utal a CaO/Al_2O_3 vs. SiO_2/Al_2O_3 diagram alapján elkülönült 5 minta, amely más összetételű nyersanyagot feltételez. Meglepő módon ez a különbség nem a várt módon, a régészeti módszerekkel tipológiailag szétválasztható csoportok között jelentkezett. Ennek ellenére a szürke és a vörös színű töredékek között is megfigyelhető különbségek voltak az égetési körülményekben az XRD mérések alapján. A pecsételt anyag ennek megfelelően is heterogénnek tekinthető. Ha az elmondottakat a kutatás további adatokkal is alátámasztja, akkor lehetőség nyílik a többi – esetleg a szarmata szállásterületen működő – pecsételt edényeket is gyártó műhely meghatározására, amelyek a Kr. u. 2. század második felétől kezdve terítették termékeiket a Barbaricumban.

A felhasznált archeometriai módszerek új perspektívákat nyitottak meg az üllői pecsételt kerámia kutatásában. A fentieken kívül szükséges lenne az edényeket borító bevonatok elemzésére. Az azonos típusokon megjelenő eltérő bevonattípusok (matt vörös, fényes narancsvörös, aranyos fényű barna) vizsgálat alá vonásával talán tovább lehetne pontosítani a profilok és motívumok alapján felállított csoportokat. Távlati cél lehet továbbá az üllőihez hasonló feldolgozás elvégzése a többi ismert lelőhely anyagával is. Az eredmények adatbázisba vitelével, illetve azonos szempontok szerinti térképre vetítésével talán fény derülhetne a gyártási körzetek elhelyezkedésére. Az újabb lelőhelyek anyagának integrálása ebbe a rendszerbe nagyban könnyítené a pecsételt kerámiával kapcsolatos kérdések megválaszolását.

Köszönetnyilvánítás

A lelőhely anyagának feldolgozásáért köszönettel tartozunk Kulcsár Valériának, aki ásatásvezetőként rendelkezésre bocsátotta a pecsételt töredékeket. Köszönettel tartozunk továbbá a Ceglédi Kossuth Múzeum (CKM) munkatársainak, Mérai Dórának és Patay Róbertnek a feldolgozás során nyújtott segítségükért.

Az archeometriai vizsgálatok a Szegedi Tudományegyetem Régészeti Tanszékének 2012. októberében kiírt archeometriai pályázatának köszönhetően születhettek meg (TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt).

Irodalom

ISTVÁNOVITS E., KULCSÁR V., MÉRAI D. (2011): Roman Age Barbarian Pottery Workshops in the Great Hungarian Plain. In: BEMMANN J., HEGEWISCH M. , MEYER M., SCHMAUDER M. ed. 2011, *Drehscheibentöpferei im Barbaricum: Technologietransfer und Professionalisierung eines Handwerks am Rande des Römischen Imperiums. Akten der Internationalen Tagung in Bonn vom 11. bis 14. Juni 2009.*, Reinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, 355–369.

MARÓTI É. (1991): A római kori pecsételt kerámia és a Resatus-kérdés. Pest Megyei Múzeumok Igazgatósága, Szentendre, *Studia Comitatenisa* **21** 365–427.

MARÓTI É. (2004): Újabb római kori pecsételt edénytöredékek Pest megyéből. Pest Megyei Múzeumok Igazgatósága, Szentendre *Studia Comitatensia* **28** 199–245.

SÓSKUTI K. (2010): Szarmata településrészletek egy gázszállító vezeték Csongrád megyei szakaszáról, Pusztaszertől Algyőig. Móra Ferenc Múzeum, Szeged, *Móra Ferenc Múzeum Évkönyve – Monumenta Archeologica* II., 171–191.

SZEBENYI T. (2013): Pecsételt kerámia Üllő 5. lelőhely szarmata telepéről. SZTE-BTK Régészeti Tanszék, Szeged, *Acta Universitatis Szegediensis. Acta Iuvenum Sectio Archaeologica Tomus I.*, 9–31.

VADAY A. (1989): Vaday, H. A., Die sarmatischen Denkmäler des Komitats Szolnok. Ein Beitrag zur Archäologie und Geschichte des sarmatischen Barbaricums. Magyar Tudományos Akadémia Régészeti Intézete, Budapest. *Antaeus* **17–18**.

VADAY A., BARTOSIEWICZ L., BERECZ K., CHOYKE A. M., MEDZICHRADSZKY ZS., PUSZTA S., SZÉKELY B., VICZE M., VIDA T. (1996): *Cultural and Landscape Changes in South-East Hungary II. Prehistoric, Roman Period Barbarian and Late Avar Settlement at Gyoma 133. (Békés County Microregion) Gyoma, site 133.* Archaeolingua, Budapest.

VADAY A., BARTOSIEWICZ L., BÁNFFY E., T. BIRÓ K., GOGAŁTAN, F., HORVÁTH F., NAGY A. (1999): *Kompolt-Kistér. Újkőkori, bronzkori, szarmata és avar lelőhely. Leletmentő ásatás az M3-as autópálya nyomvonalán. (A neolithic, Bronze Age, Sarmatian and Avar site. Rescue excavation at the M3 motorway)*. Heves Megyei Régészeti Közlemények, Eger.

VADAY A., SZEKERES Á. (2001): Megjegyzések az Alföld korai szarmata telepek kérdéséhez. (A jazyg bevándorlás és megtelepedés kérdésköre). (Bemerkungen zur Frage der frühsarmatischen Siedlungen in der Tiefeben. Der Fragenkreis der Jazygischen Einwanderung und Ansiedlung) Móra Ferenc Múzeum, Szeged, *Studia Archaeologica (MFMÉ)* **VII.** 231–298.

SZEGED-TÁPÉ-LEBŐRŐL SZÁRMAZÓ RÉGÉSZETI KOVAKŐ-ESZKÖZÖK VIZSGÁLATA ARCHEOMETRIAI MÓDSZEREKKEL

ARCHAEOMETRICAL INVESTIGATION OF FLINT ARCHAEOLOGICAL ARTEFACTS FROM SZEGED-TÁPÉ-LEBŐ

HALBRUCKER ÉVA[1]; FINTOR KRISZTIÁN[2]; BOZSÓ GÁBOR[2]; RAUCSIK BÉLA[2]

[1] SZTE BTK Régészeti Tanszék, Szeged, Egyetem u. 2.

[2] SZTE TTIK Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, Szeged, Egyetem u. 2.

E-mail: halb.evi@gmail.com

Abstract

Our research is aimed primarily at the study of chipped stone tools from a systematic field survey at Szeged-Tápé-Lebő, SE Hungary. The aim of this paper is to present the results of investigations with special attention to identification of potential geological sources of the artefacts made of flint/chert using reference geological samples from the Mecsek, Bakony and Tokaj Mountains. We have carried out the microscopic analysis of the lithic raw materials, furthermore phase analyses and main and trace elements analyses. 19 pieces from the archaeological artefacts were made of radiolarite and 4 were made of hydro- limnoquartzite. The geological samples from Mecsek and Bakony were radiolarites, except a spongiolite and two cherts from the Bakony Mountains. Samples from Erdőhorváti and Hejce were hydro- and limnoquartzite, respectively. The samples from Mecsek have higher CaO content, possibly due to higher carbonate content. We analysed statistically the chemical composition data with the use of multiple discriminant analysis. Based on the results we could separate the samples from the Bakony Mountains, the samples from the Mecsek Mountains and the hydro- and limno-quartzites in 90% positivity. We also analysed five archaeological samples. One was made of hydro-, limnoquartzite, four were of Mecsek radiolarites. The results are in conformity with previously archaeological hypotheses.

Kivonat

Jelen kutatás során a Szeged-Tápé-Lebő lelőhelyről származó terepbejárási anyag feldolgozásának részeként a kova anyagú pattintott kőeszközök vizsgálatára összpontosítottunk nyersanyag- és proveniencia azonosítás céljából. A Mecsek, a Bakony és a Tokaji-hegység területéről, ismert lelőhelyekről származó geológiai mintákat használtunk fel referenciaként. A leletanyagot a Szegedi Tudományegyetem Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszékén vizsgáltuk petrográfiai, fázisanalitikai valamint fő- és nyomelem kémiai módszerekkel. A régészeti minták közül 19 darab radiolaritnak míg 4 darab hidro- limnokvarcitnak adódott. A mecseki és bakonyi geológiai minták radiolaritok, ez alól csak egy bakonyi spongiolit minta és két szintén bakonyi tűzkő minta a kivétel. Az Erdőhorvátiból és Hejcéről származók hidro- illetve limnokvarcitnak határozhatók meg. A kémiai összetétel alapján megállapítható, hogy a mecseki minták magasabb CaO tartalommal bírnak, mely magasabb karbonát-tartalmukra vezethető vissza. A fő-és nyomelem adatokra alkalmazott többváltozós diszkriminancia analízis alapján 90 %-os valószínűséggel sikerült elkülönítenünk a bakonyi és mecseki radiolaritokat valamint a hidro- limnokvarcitokat. Öt darab régészeti minta adatai vetettük alá az eljárásnak, mely során egyet hidro-, limnokvarcit, négyet pedig mecseki radiolarit kategóriába sorolt az analízis. Ez egybevág az előzetes régészeti feltevéssel.

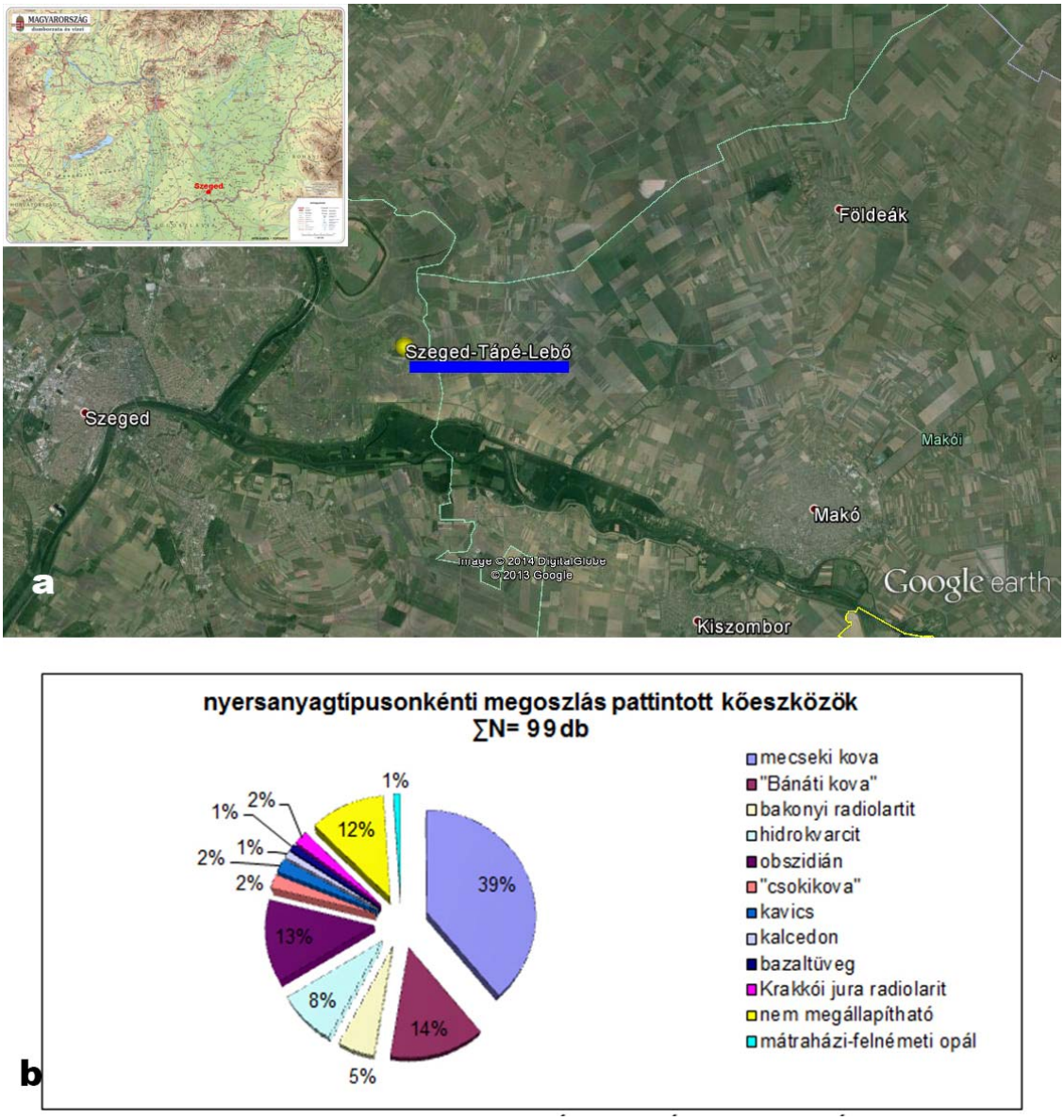
KEYWORDS: RADIOLARITE, HYDRO- AND LIMNO QUARTZITE, PETROGRAPHY, X-RAY DIFFRACTION, WAVELENGTH DISPERSIVE X-RAY FLUORESCENCE, DISCRIMINANT ANALYSES

KULCSSZAVAK: RADIOLARIT, HIDRO- ÉS LIMNOKVARCIT, PETROGRÁFIA, RÖNTGEN PORDIFFRAKCIÓ, HULLÁMHOSSZDISZPERZÍV RÖNTGEN FLUORESZNENCIA, DISZKRIMINANCIA ANALÍZIS

Bevezetés

A kőeszközök nyersanyagának eredet-meghatározása, provenienca vizsgálata fontos, hiszen kitűnő mutatója az őskori ember kapcsolatrendszerének és mozgásterének. Erről az időszakról (itt ezen belül is a neolitikumra vonatkoznak kutatásaink, Kr.e. 5600-4500) igen korlátozottak az információink, ezért az archeometriai vizsgálatoknak különleges jelentősége van (Kasztovszky et al. 2008).

Különösen fontos kérdés ez az Alföldön élt kultúrák tekintetében, hisz az egykor itt élt emberek a saját szállásterületükön szinte egyáltalán nem juthattak hozzá a kőeszközök nyersanyagához, melyet így az Alföldet koszorúzó hegységekben élt népességektől szerezhettek be, akár tömbi, akár feldolgozott formában (Goldman & Szénászky 2009).



1. ábra: a) lelőhely elhelyezkedése b) leletanyag nyersanyag-típusonkénti megoszlása

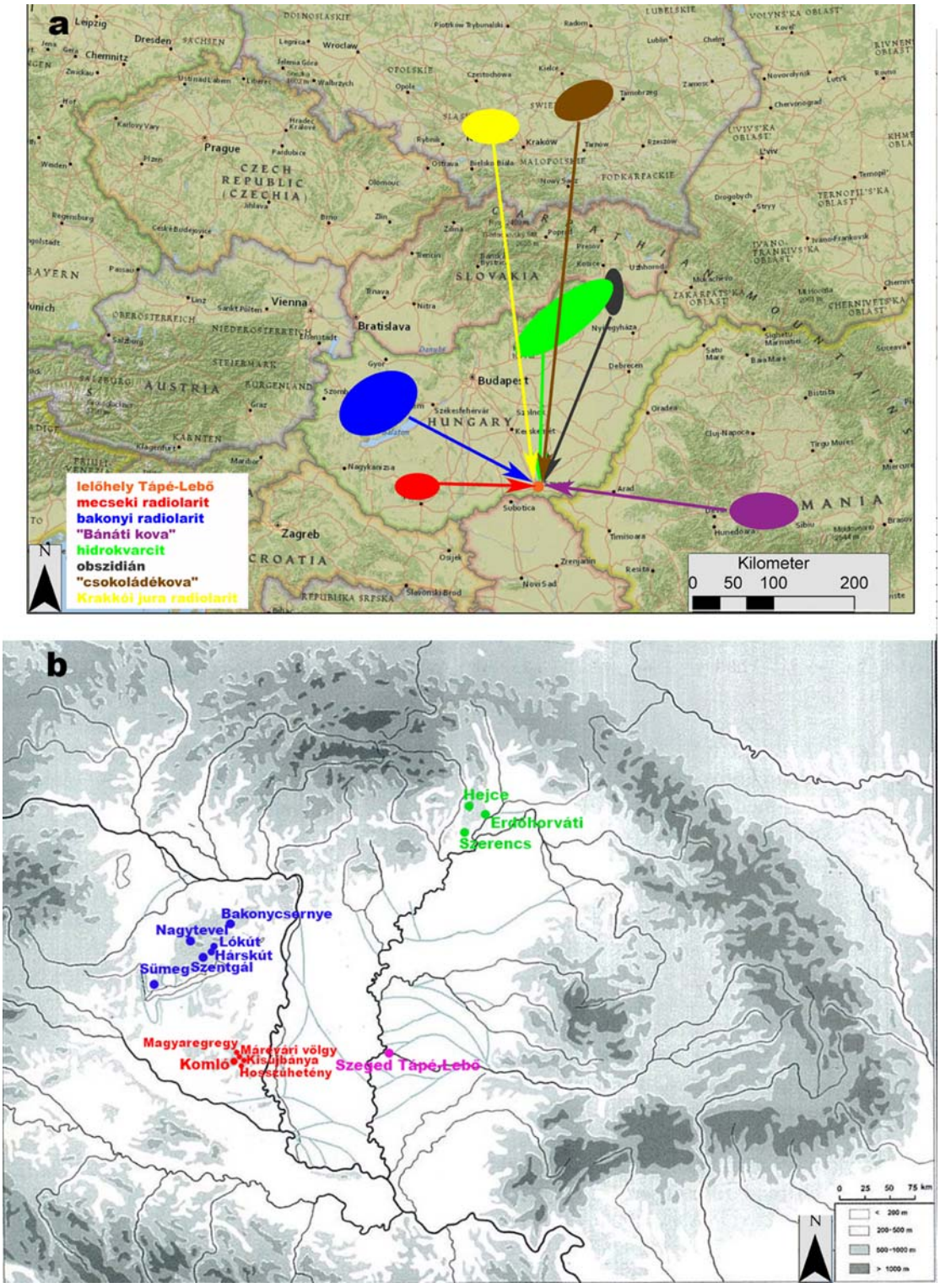
Fig. 1.: a) location of the archaeological site b) raw material dispersion of the artefacts

Így van ez Szeged-Tápé-Lebő esetében is (**1. ábra a, 2. ábra a**). Erről a lelőhelyről a Szegedi Tudományegyetem Régészeti Tanszékének 2010-es és 2011-es terepbejárásából származó leletanyaggal foglalkoztunk. Egy terepbejárásból származó eszköz stratigráfia, kontextus hiányában kevésbé tekinthető értékesnek egy ásatási anyagból előkerült hasonló darabnál, telepről, vagy sírból származó eszköznél. Így roncsolásos vizsgálatokat is választottunk. Illetve az is figyelembe vettük, hogy az eddig magas SiO2 tartalmú pattintott kőeszközökön roncsolásmentes prompt gamma aktivációs analízissel végzett vizsgálatok nem adtak biztos csoportosítási alapot (T. Biró et al. 2009, Kasztovszky et al. 2008, Kasztovszky et al. 2009, Težak-Gregl & Burić 2009). Mivel azonban mégis régészeti leletekről, múltunk, nemzeti örökségünk részéről van szó, így megsemmisítésüket a minimumra próbáltuk szorítani (T. Biró 2009).

Ahhoz hogy a régészeti leletek forrásterületét pontosabban meg tudjuk határozni jelentős mennyiségű geológiai mintát gyűjtöttünk be három feltételezett forrásterületről: a Mecsekből, a Bakonyból, és a Tokaji-hegységből (**2. ábra b**).

A vizsgálataink elsődleges célja az volt egyrészt, hogy pontosítsuk a Szeged-Tápé-Lebőn előkerült kovakőeszközök nyersanyagainak lehetséges forrásterületét (**1. ábra b, 2. ábra a**). Másrészt pedig, hogy a nagy mennyiségű geológiai minta begyűjtésével és vizsgálatával hozzájáruljunk egy a későbbi kutatások során alkalmazható kémiai összetétel adatbázis készítéséhez (T. Biró 2005).

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



2. ábra: a) leletanyag nyersanyagforrásai; b) geológiai minták forrásai

Fig. 2.: a) sources of the archaeological artefacts's raw material; b) sources of the geological samples

Minták és módszerek

Minták

A bakonyi és a tokaji minták kizárólag a Litotéka (Biró & Dobosi 1991, Biró et al. 2000) gyűjteményéből származnak, míg a mecseki minták esetében terepről is történt mintagyűjtés. A Bakonyból 24 darab mintánk, míg a Mecsekből a Litotéka csereanyagából 25, terepi gyűjtésből pedig 37 mintánk volt.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

1. táblázat: A minták származási adatai
Table 1.: Origin of the samples

Geológiai minták			
Minta jele	**Régió**	**Lelőhely**	**Gyűjtés**
B1	Bakony	Lókút,, Hosszúárok	MNM
B2	Bakony	Lókút, Hosszúárok	MNM
B3	Bakony	Lókút, Hosszúárok	MNM
B4	Bakony	Lókút, Hosszúárok	MNM
B5	Bakony	Lókút, Hosszúárok	MNM
B6	Bakony	Szentgál, Tűzköveshegy	MNM
B7	Bakony	Szentgál, Tűzköveshegy	MNM
B8	Bakony	Szentgál, Tűzköveshegy	MNM
B9	Bakony	Szentgál, Tűzköveshegy	MNM
B10	Bakony	Szentgál, Tűzköveshegy	MNM
B11	Bakony	Hárskút, Édesvízmajor	MNM
B12	Bakony	Hárskút, Édesvízmajor	MNM
B13	Bakony	Hárskút, Édesvízmajor	MNM
B14	Bakony	Hárskút, Édesvízmajor	MNM
B15	Bakony	Hárskút, Édesvízmajor	MNM
B16	Bakony	Sümeg, Mogyorósdomb	MNM
B17	Bakony	Sümeg, Mogyorósdomb	MNM
B18	Bakony	Sümeg, Mogyorósdomb	MNM
B19	Bakony	Sümeg, Mogyorósdomb	MNM
B20	Bakony	Sümeg, Mogyorósdomb	MNM
B21	Bakony	Bakonycsernye,Tűzkövesárok TűzköTTtTTTűTűzkövesárok	MNM
B22	Bakony	Bakonycsernye,Tűzkövesárok	MNM
B23	Bakony	Nagytevel, Tevel hegy	MNM
B24	Bakony	Nagytevel, Tevel hegy	MNM
M1	Mecsek	Magyaregregy, Somosi csörge alatt	MNM
M2	Mecsek	Magyaregregy, Somosi csörge alatt	MNM
M3	Mecsek	Magyaregregy, Somosi csörge alatt	MNM
M4	Mecsek	Magyaregregy, Márévári völgy	MNM
M5	Mecsek	Magyaregregy, Márévári völgy	MNM
M6	Mecsek	Magyaregregy, Márévári völgy, Fonyászói mészkő	terep
M7	Mecsek	Magyaregregy, Márévári völgy, Fonyászói mészkő	terep
M8	Mecsek	Kisújbánya, Óbányai völgy, Völgyfő	MNM
M9	Mecsek	Kisújbánya, Kis tuf	MNM
M10	Mecsek	Kisújbánya, Óbányai völgy, Völgyfő	terep
M11	Mecsek	Kisújbánya, Óbányai völgy, Völgyfő	terep
M12	Mecsek	Kisújbánya, Óbányai völgy, Völgyfő	terep
M13	Mecsek	Kisújbánya, Óbányai völgy, Völgyfő	terep
M14	Mecsek	Kisújbánya, Óbányai völgy, patak part mészkőpad	terep
M15	Mecsek	Kisújbánya, Óbányai völgy, patakmeder	terep
M16	Mecsek	Kisújbánya, Óbányai völgy , patakmeder	terep
M17	Mecsek	Kisújbánya, Óbányai völgy, patakmeder	terep
M18	Mecsek	Márévári völgy,Cigány horhos	MNM
M19	Mecsek	Márévári völgy,Cigány horhos	MNM
M20	Mecsek	Márévári völgy,Cigány horhos	MNM
M21	Mecsek	Márévári völgy,Cigány horhos	MNM
M22	Mecsek	Márévári völgy,Balázs orma mellett	terep
M23	Mecsek	Márévári völgy,Balázs orma mellett	terep
M24	Mecsek	Márévári völgy,Balázs orma mellett	terep
M25	Mecsek	Márévári völgy,Balázs orma mellett	terep

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

1. táblázat, folyt.
Table 1., cont.

Geológiai minták			
Minta jele	**Régió**	**Lelőhely**	**Gyűjtés**
M26	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M27	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M28	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M29	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M30	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M31	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M32	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M33	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M34	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M35	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M36	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M37	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M38	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy út melletti feltárás	MNM
M39	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy út melletti feltárás	MNM
M40	Mecsek	Kisújbánya, Szószék alja	terep
M41	Mecsek	Kisújbánya, Szószék alja	terep
M42	Mecsek	Kisújbánya, Szószék alja	terep
M43	Mecsek	Kisújbánya, Szószék alja	terep
M44	Mecsek	Kisújbánya, Szószék alja	terep
M45	Mecsek	Kisújbánya, Szószék alja	terep
M46	Mecsek	Kisújbánya, Szószék alja	terep
M47	Mecsek	Kisújbánya, Szószék alja	terep
M48	Mecsek	Hosszúhetény, Dobogó alja	terep
M49	Mecsek	Hosszúhetény, Dobogó alja	terep
M50	Mecsek	Hosszúhetény, Dobogó alja	terep
M51	Mecsek	Hosszúhetény, Dobogó alja	terep
M52	Mecsek	Hosszúhetény, Dobogó alja	terep
M53	Mecsek	Hosszúhetény, Dobogó alja	terep
M54	Mecsek	Komló, Szögehegy	terep
M55	Mecsek	Komló, Szögehegy	terep
M56	Mecsek	Komló, Szögehegy	terep
M57	Mecsek	Komló, Szögehegy	terep
M58	Mecsek	Komló, Szögehegy	terep
M59	Mecsek	Komló, Szögehegy	terep
M60	Mecsek	Komló, Szögehegy	terep
M61	Mecsek	Komló, Szögehegy	terep
M62	Mecsek	Komló, Szögehegy	terep
H1	Tokaji-hegység	Erdőhorváti	MNM
H2	Tokaji-hegység	Erdőhorváti	MNM
H3	Tokaji-hegység	Erdőhorváti	MNM
H4	Tokaji-hegység	Erdőhorváti	MNM
H5	Tokaji-hegység	Erdőhorváti	MNM
H6	Tokaji-hegység	Erdőhorváti	MNM
H7	Tokaji-hegység	Erdőhorváti	MNM
H8	Tokaji-hegység	Erdőhorváti	MNM
L1	Tokaji-hegység	Hejce, Püspöktábla, Losits F. ásatása	MNM
L2	Tokaji-hegység	Hejce, Püspöktábla, Losits F. ásatása	MNM
L3	Tokaji-hegység	Hejce, Püspöktábla, Losits F. ásatása	MNM
L4	Tokaji-hegység	Hejce, Püspöktábla, Losits F. ásatása	MNM
L5	Tokaji-hegység	Hejce, Püspöktábla, Losits F. ásatása	MNM

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

1. táblázat, folyt.

Table 1., cont.

Geológiai minták			
Minta jele	**Régió**	**Lelőhely**	**Gyűjtés**
L6	Tokaji-hegység	Hejce, Püspöktábla, Losits F. ásatása	MNM
L7	Tokaji-hegység	Hejce, Püspöktábla, Losits F. ásatása	MNM
L8	Tokaji-hegység	Hejce, Püspöktábla, Losits F. ásatása	MNM

Régészeti minták			
Minta jele	**lelőhely**	**dátum**	**előzetes meghatározás**
06-08	szórvány	2006.	mecseki kova
10-F3/2	Alsóhalom	2010. november 19.	mecseki kova
11-I9	Felsőhalom	2011. október 17.	mecseki kova
SZ-11	szórvány	2011. április 15.	mecseki kova
SZ-17	szórvány	2011.április 15.	hidrokvarcit

A Tokaji-hegységből két területről származnak mintáink a Litotéka anyagából, Erdőhorvátiból 8 darab hidrokvarcitnak meghatározott minta, valamint Hejcéről 8 darab limnokvarcitnak meghatározott példány (**1. táblázat**). Az összesen 102 db geológiai mintából 32-t, a 99 db régészeti mintából pedig 26-ot használtunk fel a vizsgálat során. Az eddig elvégzett műszeres vizsgálatok roncsolásos eljárások, a hullámhossz diszperzív röntgen fluoreszcenciához például viszonylag nagy mennyiségű, minimum 4 g porított mintára van szükség, így evvel a módszerrel egyenlőre csak 5 régészeti leletet vizsgáltunk.

Petrográfia

A kőzetek szöveti elemzését 30 µm vastagságú fedetlen vékonycsiszolatokon végeztük. A vizsgálatokhoz Olympus BX41 polarizációs fénymikroszkópot használtunk.

Fázisanalitika- Röntgen pordiffrakció

A vizsgálathoz szükséges mintákat dörzsmozsárban ~50 µm szemcseátmérőre porítottuk.

A vizsgálatokat RIGAKU Ultima IV Bragg-Brentano elrendezésű röntgen diffraktométerrel végeztük. A műszer sugárforrása CuKα, a csőáram 40 mA, a csőfeszültség 50 kV volt. A mérési tartomány 3–60°2Θ, míg a mérési gyakoriság 0,05° volt.

Elemanalitika- Hullámhossz diszperzív röntgen fluoreszcens spektroszkópia

A vizsgálatokhoz RIGAKU Supermini hullámhossz diszperzív röntgen fluoreszcens spektrométert használtunk, melynek a kimutatási határa elemenként 10 ppm. A műszer röntgensugár forrása palládium (Pd), a gerjesztő feszültség 50 kV, az anódáram 4 mA volt. Fő- és nyomelemek kvalitatív meghatározása EZ scan módszerrel, kvantitatív meghatározása pedig SQX félmennyiségi kalkulációval történt. Az alábbi elemeket mértük: Főelemek: Na_2O, MgO, Al_2O_3, SiO_2, P_2O_5, SO_3, Cl, K_2O, CaO, TiO_2, MnO, Fe_2O_3; Nyomelemek: Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, Ba, As, Sb, Ag, U.

Diszkriminancia analízis

A WDXRF mérések eredményeit statisztikai vizsgálatnak vetettük alá. A statisztikai módszerek közül egy olyan csoportosító módszert kerestünk, ami kis mintamennyiségnél is alkalmazható, ezek alapján a diszkriminancia analízisre esett a választásunk. Az eljárás során előre definiálnunk kell csoportokat, a módszer pedig a bemenő paraméterek (változók) alapján teszteli a csoportba sorolhatóság mértékét. Ezután már csoportba nem sorolt (unclassified) minták besorolását is el tudja végezni az általunk definiált csoportokba. Előzetesen három csoportot definiáltunk, a bakonyi és a mecseki radiolaritok, valamint a hidro-, limnokvarcitok csoportját. A vizsgálthoz főelemek közül Na_2O, MgO, Al_2O_3, SiO_2, K_2O, CaO, Fe_2O_3, míg nyomelemek közül Cr, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, As voltak a felhasznált változók. Három csoport esetében az eljárás során két függvényt (diszkriminancia függvények) kapunk, ami alapján az eljárás a legjobban szét tudja választani a csoportokat. Ennek együtthatói azok a kémiai elemek, melyek alapján legjobban el lehet különíteni a mintákat. Az analízist SPSS Statistics 17.0 Release 17.0.0 (aug. 23, 2008) szoftverrel végeztük. (http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/)

Eredmények

Petrográfia

A régészeti minták döntő többségét radiolaritok alkotják, bennük a kovás átitatódás és átkristályosodottság mértéke lényeges eltéréseket mutat (**3. ábra a-d**), de a radiolária vázak átmetszetei minden minta esetében világosan felismerhetők (**3. ábra a-d**). A hidro- illetve limnokvarcitnak meghatározott leletek szövetére a mikroszemcsés, nem saját alakú kalcedon kristályokból álló szövet a jellemző, mely egyes minták esetében lamináris elrendeződést mutat (**3. ábra e-f**). Egyes esetekben növényi szárak kovásodott vázelemei is felismerhetők, melynek üregeit radiális kalcedon halmazok töltik ki (**3. ábra e**). Az SZ-17-es, szintén régészeti mintában a kalcedon mellett amorf szilícium-dioxid fázis (opál) is nagy mennyiségben megjelenik (**3. ábra e**).

A bakonyi lelőhelyekről származó geológiai minták esetében a Lókút Hosszúárokból származó, valamint a Nagytevel, Tevel-hegyről származó minták kivételével megerősítést nyert azok radiolaritos kőzetanyaga (**4. ábra a, d**). A lókúti minta szövetében az erősen kovásodott alapanyagban jó megtartású kovaszivacs vázelemek figyelhetők meg, melyek alapján a kőzetminta spongiolitként határozható meg (**4. ábra d**). Az általunk vizsgált lókúti minta tehát nem a lókúti radiolaritot mintázza meg, hanem minden bizonnyal Lókút Hosszúárok valamilyen más formációjából származik. A Tevel-hegyről származó minta esetében radiolária vázelemeknek nyomai nem azonosíthatók, ellenben a zömében kova alapanyagú kőzetben mészvázas élőlények héjtöredékeinek átmetszetei figyelhetők meg, így az tűzkőként határozható meg. A többi minta szövetében a radiolária vázak átmetszetei világosan felismerhetők, bár az átkristályosodás mértékétől függően eltérő megtartásúak. A kovás alapanyag mindenhol uralkodó, csak a hárskúti, illetve a tevel-hegyi mintákban jelenik meg nagyobb mennyiségű karbonát. A mecseki geológiai minták esetében is a radiolarit az uralkodó, de a bakonyi mintákkal ellentétben itt nagyobb arányú a karbonát mennyisége az alapanyagban (**4. ábra b, e**).

A hidro- és limnokvarcitok esetében a petrográfia, elsősorban azok radiolaritoktól való elkülönítésében játszott szerepet.

Míg a limnokvarcitoknak meghatározott mintákban elsősorban kriptokristályos kvarc (kalcedon) volt a domináns (Hejcéről származó geológiai minták) - ez összhangban van Szekszárdi et al. (2010) eredményeivel -, addig a hidrokvarcitoknak meghatározott mintákban, a kalcedon mellett jelentős az amorf szilícium-dioxid fázis (opál) mennyisége is. Ilyenek az Erdőhorvátiból származó geológiai minták (**4. ábra c, f**).

Fázisanalitika

A mérések kimutatták, hogy a bakonyi radiolaritokban az α-kvarc a domináns alkotó, míg a mecsekiekben a kvarc mellett több helyen karbonátok (elsősorban kalcit) is megjelennek. Hidrokvarcitokban uralkodó a krisztobalit, mellette a kvarc kisebb mennyiségben jelenik csak meg, emellett ezekben a mintákban jelentős az amorf anyag mennyisége is. A limnokvarcitokban az α-kvarc mellett alárendelten kevés moganit jelenléte mutatható ki (**5. ábra**).

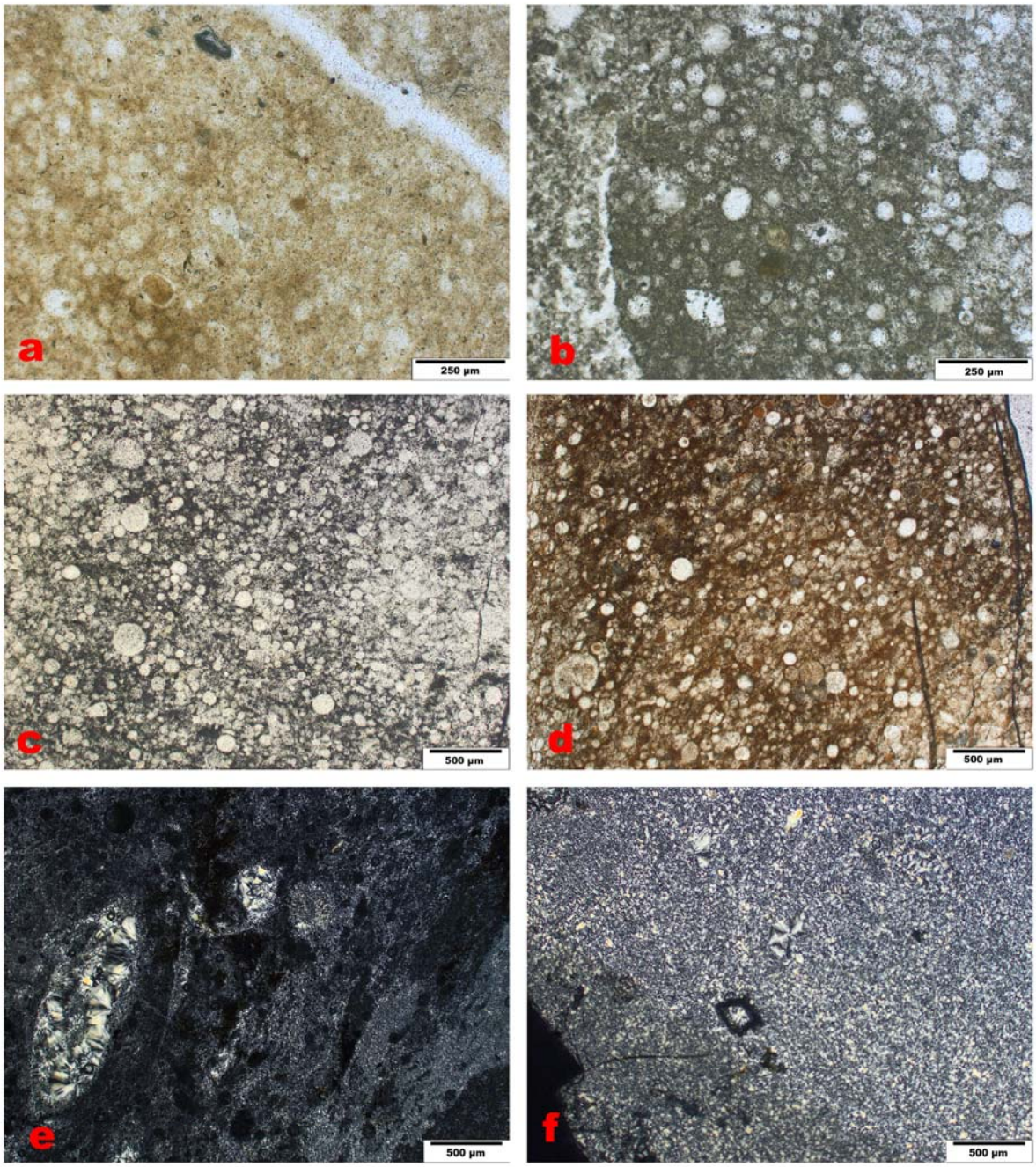
Elemanalitika

A fő- és nyomelem analízis eredményeit a **2. táblázat** tartalmazza.

Főelemek tekintetében a bakonyi és mecseki geológiai minták között CaO vonatkozásában mutatkozik a legnagyobb eltérés. A bakonyi minták kis CaO tartalmával szemben a mecseki minták közül több jelentős CaO tartalmat mutat. A vizsgált, mecseki eredetűnek tartott régészeti radiolarit minták a mecseki geológiai mintákhoz hasonlóan nagy CaO tartalmat mutatnak (**6. ábra**).

A hidro- és limnokvarcitok esetében a hejcei minták (limnokvarcit) kisebb CaO, Fe_2O_3 és K_2O tartalmat mutatnak, mint az erdőhorváti hidrokvarcit minták. Nyomelem összetétel tekintetében a hidro- és limnokvarcitok hasonló értékekkel jellemezhetőek, mely alól csak az egyik erdőhorváti minta jelent kivételt elsősorban Cu, Zn, Rb, és Sr vonatkozásában (**6. ábra**).

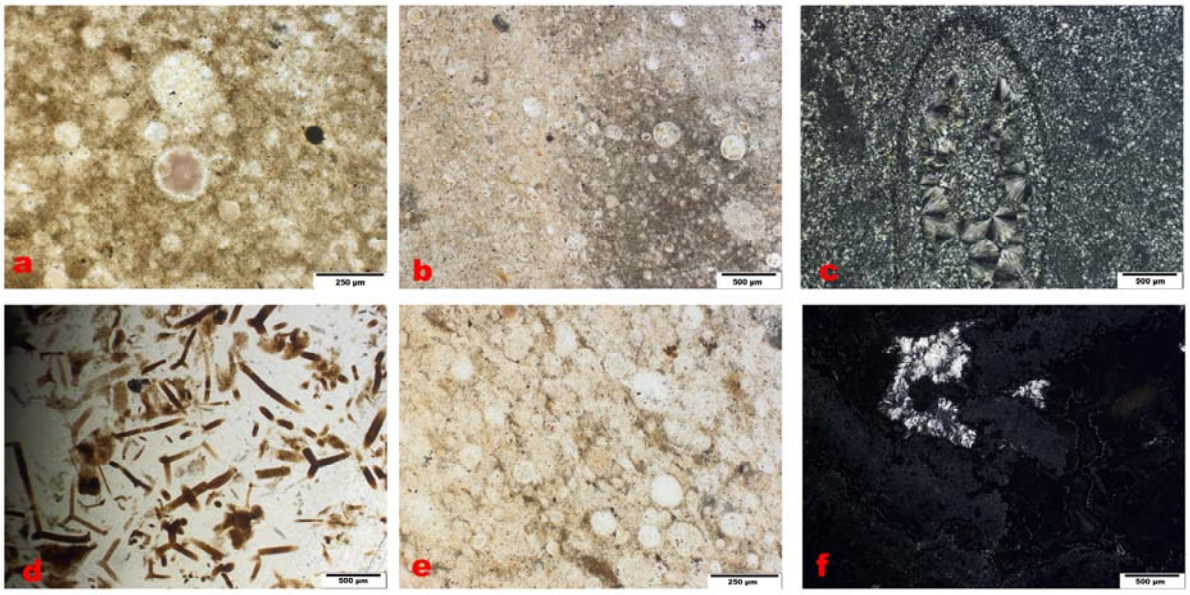
HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



3. ábra: Régészeti minták vékonycsiszolati fotói: a) 10-A8/2-es minta, bakonyi radiolarit b) SZ-14-es minta, bakonyi radiolarit c) SZ-10-es minta, mecseki kova d) 10-D1-es minta, mecseki kova e) SZ-17-es minta, hidrokvarcit f) SZ-22-es minta, hidrokvarcit

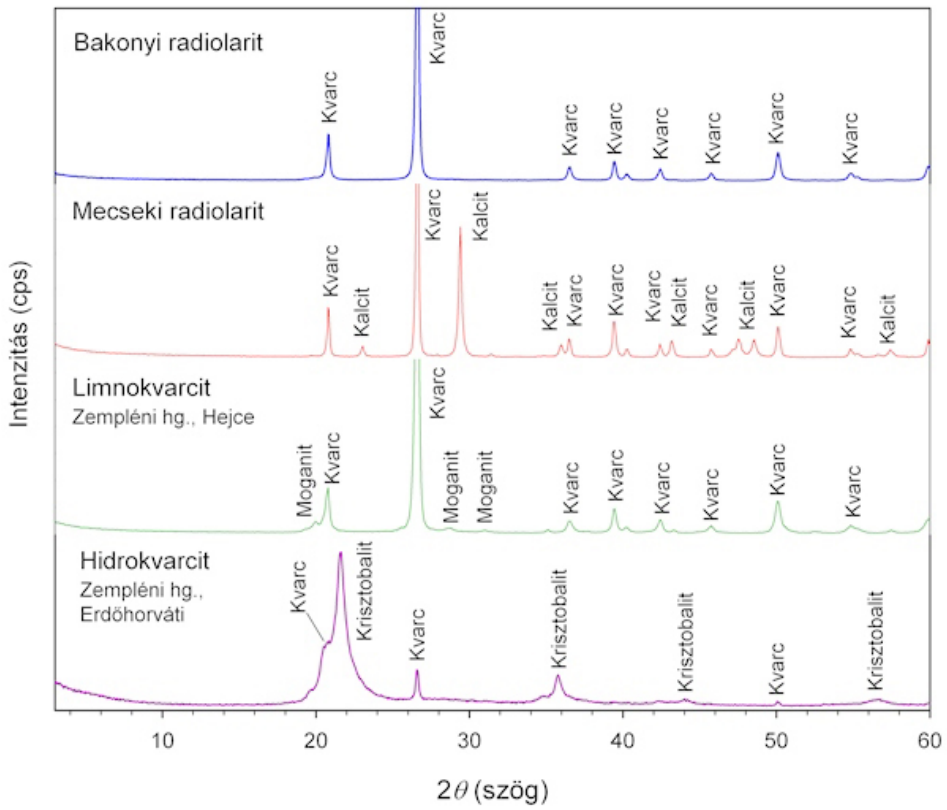
Fig.3.: Thin-section photos of archaeological samples: a) 10-A8/2 sample, Bakony radiolarite b) SZ-14 sample, Bakony radiolarite c) SZ-10 sample, Mecsek flint d) 10-D1 sample, Mecsek flint e) SZ-17 sample, hydroquartzite f) SZ-22 sample, hydroquartzite

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



4. ábra: Geológiai minták vékonycsiszolati fotói: a) B12-es minta Hárskút Édesvízmajorból, bakonyi radiolarit b) M18-as minta Márévári völgy Cigány-horhosból, mecseki radiolarit c) L3-as minta Hejce Püspöktábláról, limnokvarcit d) B1-es minta Lókút Hosszúárokról, spongiolit e) M4-es minta Magyaregregy Márévári völgyből, mecseki radiolarit f) H5-ös minta Erdőhorvátiból, hidrokvarcit

Fig. 4.: Thin-section photos of geological samples: a) B12 sample from Hárskút Édesvízmajor, Bakony radiolarite b) M18 sample from Márévár valley Cigány-horhos, Mecsek radiolarite c) L3 sample from Hejce Püspöktábla, limnoquartzite, d)B1 sample from Lókút Hosszúárok, spongiolite e) M4 sample from Magyaregregy Márévár valley, Mecsek radiolarite f) H5 sample from Erdőhorváti, hydroquartzite



5. ábra: Geológiai minták röntgen pordiffrakciós felvételei

Fig.5.: X-ray powder diffraction patterns of geological samples

2. táblázat: A mért minták kémiai adatai (főelemek)

Table 2.: Chemical data of the measured samples (main elements)

Mintajel	Na_2O	Al_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3	LOI
B1	0,89	0,09	1,72	92,19	-	0,06	0,69	0,39	-	-	0,59	3,18
B2	0,09	0,04	0,38	96,71	-	-	0,16	0,43	-	-	0,51	1,62
B6	0,1	0,02	0,58	96,29	0,04	0,03	0,24	0,32	-	-	0,6	1,68
B7	0,19	0,16	2,2	94,89	0,04	0,02	0,21	0,2	-	0,03	0,28	1,76
B8	0,09	0,04	2,11	95,23	0,04	-	0,17	0,12	-	0,03	0,31	1,84
B11	0,17	0,19	1,32	78,69	0,11	0,7	0,29	13,34	-	0,03	0,58	5,17
B12	0,12	0,05	0,78	95,72	0,06	0,03	0,25	0,34	0,05	0,09	0,44	2,02
B12/2	0,07	0,1	1,18	77,8	0,04	-	0,16	12,07	-	-	0,26	8,3
B13	0,11	0,02	1,64	95,48	-	0,03	0,25	0,17	-	0,05	0,53	1,64
B16	0,11	0,09	1,92	86,64	0,09	-	0,16	5,93	-	-	0,25	4,78
B18	0,08	0,07	0,55	91,41	0,09	0,04	0,18	3,42	-	-	0,52	3,49
B21	0,11	0,09	0,66	95,53	0,06	0,05	0,21	0,49	-	-	0,71	1,97
B23	0,12	0,06	0,41	97,28	0,05	0,05	0,16	0,19	-	-	0,53	1,02
H3	0,09	0,09	5,99	87,9	0,04	0,07	0,45	0,43	0,11	-	1,42	2,86
H4	0,24	-	1,12	93,08	-	0,02	0,2	0,79	-	-	0,5	4,05
H5	0,15	0,88	2,74	83,86	0,04	-	0,79	0,71	-	0,02	3,89	6,79
L1	-	0,04	0,2	97,08	-	0,11	0,13	0,15	-	-	0,57	1,57
L2	0,07	0,03	4,85	92,48	0,03	0,02	0,1	0,16	-	-	0,32	1,87
L3	0,1	0,04	0,38	97,04	0,03	0,04	0,14	0,26	-	-	0,13	1,81
M3	0,22	0,41	3,29	86,95	0,06	-	0,68	3,93	0,13	0,03	1,12	3,13
M4	-	0,06	0,76	93,75	-	-	0,25	2,44	-	-	0,42	2,3
M6	0,14	0,34	1,65	63,25	0,07	0,03	0,78	20,55	0,13	0,09	1,24	11,68
M13	0,17	0,19	2,03	84,76	0,11	0,03	0,36	6,23	0,14	0,03	0,83	5,04
M14	0,12	0,17	2,07	91,73	0,12	-	0,38	1,39	0,17	0,07	1,26	2,4
M19	-	0,26	1,32	41,63	0,07	0,03	0,44	35,13	-	0,32	3,4	17,31
M22	0,1	-	0,45	67,9	0,06	0,03	0,13	21,56	-	0,08	0,6	8,92
M26	-	0,34	1,16	58,61	0,09	0,04	0,24	27,16	-	-	1,43	10,68
M27	0,14	0,1	2,94	90,17	0,05	0,02	0,27	2,59	0,08	-	0,63	3
M42	0,1	0,09	1,31	91,35	0,05	0,11	0,28	3,24	0,11	0,06	0,56	2,63
M46	0,12	0,17	1,88	78,57	0,11	0,02	0,31	10,53	0,08	0,1	0,62	7,42
M47	-	0,1	0,58	86,42	0,08	0,03	0,18	7,67	-	-	0,58	4,33
M54	0,14	0,04	0,92	96,57	0,06	-	0,21	0,17	-	-	0,17	1,71
M55	0,65	0,07	1,85	92,59	0,05	-	0,98	0,26	-	-	0,44	2,98
Régészeti minták												
06-08	0,30	0,12	1,49	90,33	0,38	0,07	0,36	4,65	-	0,19	0,91	1,08
10-F3/2	0,21	0,05	0,98	95,82	0,11	-	0,23	1,62	-	-	0,34	0,66
11-I9	-	0,07	1,18	94,84	-	0,05	0,32	2,45	-	0,05	0,96	0,00
SZ-11	-	0,06	1,09	93,90	0,09	-	0,31	3,04	-	0,03	0,60	0,76
SZ-17	-	-	0,12	98,84	-	-	0,07	0,16	-	0,02	0,26	0,51

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

2. táblázat: A mért minták kémiai adatai, (nyomelemek)

Table 2.: Chemical data of measured samples (trace elements)

Mintajel	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Ba	As	Sb	Ag	U
B1	542	-	-	41	70	67	137	35	132	-	32	-	-	-
B2	483	-	-	22	68	62	138	34	128	-	30	-	-	-
B6	634	-	-	26	69	63	137	34	128	-	28	-	-	-
B7	405	-	-	22	69	64	138	35	131	-	29	-	-	-
B8	406	-	-	30	70	67	137	35	135	-	29	-	-	-
B11	405	-	-	16	67	51	139	29	108	-	17	-	-	-
B12	427	-	-	34	69	64	143	35	128	-	23	-	-	-
B12/2	417	-	7	10	58	38	142	24	89	-	11	-	-	-
B13	538	-	-	49	71	68	137	36	135	-	29	-	-	-
B16	405	-	-	27	63	53	153	31	117	-	16	-	-	-
B18	678	-	-	33	65	56	151	33	121	-	23	-	-	-
B21	780	-	-	34	70	66	143	36	131	-	28	-	-	-
B23	804	-	-	21	69	62	139	34	127	-	27	-	-	-
H3	-	-	-	17	70	66	158	39	178	3576	85	-	-	-
H4	407	-	-	26	69	78	133	35	131	-	26	-	-	-
H5	378	7	13	121	107	146	61	34	137	-	23	-	-	-
L1	875	-	-	25	69	65	141	36	133	-	41	-	-	-
L2	639	-	-	24	69	65	136	35	142	-	38	-	-	-
L3	407	-	-	24	70	65	137	34	128	-	44	-	-	-
M3	511	-	3	26	68	72	161	33	144	-	22	-	-	-
M4	426	-	-	28	65	63	155	34	125	-	25	-	-	-
M6	492	-	9	-	58	39	139	20	82	-	-	-	-	-
M13	534	-	-	42	67	58	153	32	127	-	13	-	-	-
M14	618	-	-	31	76	67	144	34	132	-	27	-	-	-
M19	463	-	20	-	54	16	115	13	46	-	-	-	-	-
M22	649	-	-	1	55	32	137	21	76	-	2	-	-	-
M26	541	-	-	7	61	30	147	23	79	-	3	-	-	-
M27	392	-	-	21	68	65	154	34	134	-	23	-	-	-
M42	378	-	-	38	74	74	165	38	156	-	36	-	-	-
M46	414	-	-	9	66	46	154	27	107	-	10	-	-	-
M47	467	-	-	15	63	53	143	31	116	-	19	-	-	-
M54	378	-	-	27	65	65	178	38	139	-	28	-	-	-
M55	513	-	-	39	69	73	161	37	140	-	31	-	-	-
Régészeti minták														
06-08	567	-	-	42	67	64	210	34	125	-	20	-	-	-
10-F3/2	450	-	-	40	68	65	176	36	135	-	26	-	-	-
11-I9	638	-	-	50	69	66	184	35	130	-	25	-	-	-
SZ-11	625	-	-	79	69	67	177	35	136	-	25	-	-	-
SZ-17	472	-	-	23	67	60	142	35	128	-	44	-	-	-

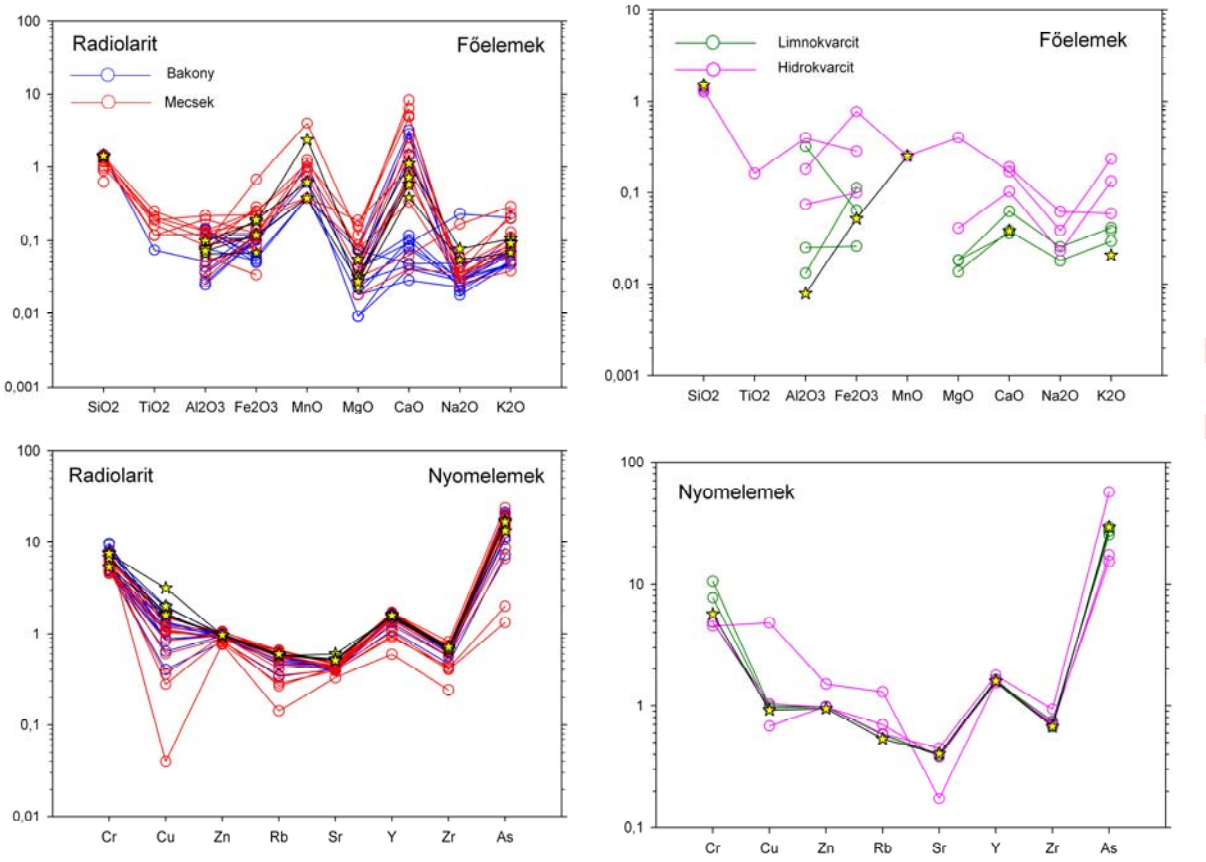
Diszkriminancia analízis

A fő- és nyomelemadatok, mint független változók alapján végzett diszkriminancia analízis során három csoportot definiáltunk: bakonyi és mecseki radiolaritokat, valamint az összevont hidro- és limnokvarcitok csoportját. A hidro- és limnokvarcitok egy csoportként kezelését a kevés minta indokolta. A vizsgálat eredményeként két diszkriminancia függvényt (1. és 2.) kaptunk:

$$D1=1{,}403(Fe2O3)+0{,}107(Sr)-0{,}092(As)-14{,}282 \quad (1)$$

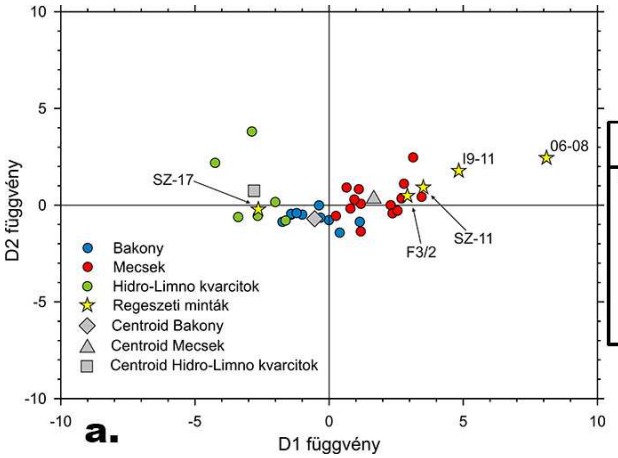
$$D2=1{,}633(Fe2O3)+0{,}038(Sr)+0{,}033(As)-7{,}514 \quad (2)$$

A két függvény közül a D1 függvény alapján lehet a legnagyobb hatékonysággal elkülöníteni az egyes csoportokat (**7. ábra**).



6. ábra: Geológiai és régészeti minták WDXRF-fel mért mért felső kontinentális kéregre (Upper Continental Crust - UCC) normált elemeloszlásai

Fig.6.: Geological and archaeological samples' Upper Continental Crust - UCC normalized elements distributions are measured with WDXRF



Classification Results[a]

		Selector	Predicted Group Membership: Bakony	Mecsek	HidroLimno	Total
Original	Count	Bakony	9	1	0	10
		Mecsek	1	13	0	14
		HidroLimno	1	0	5	6
		Ungrouped cases	0	4	1	5
	%	Bakony	90,0	10,0	,0	100,0
		Mecsek	7,1	92,9	,0	100,0
		HidroLimno	16,7	,0	83,3	100,0
		Ungrouped cases	,0	80,0	20,0	100,0

a. 90,0% of original grouped cases correctly classified.

b.

7. ábra: a) diszkriminancia analízis függvényábrázolása b) diszkriminancia analízis eredménytáblája

Fig.7.: a) function representation of multiple discriminant analyses b) classification results of multiple discriminant analyses

Egy adott ismeretlen minta abba a csoportba tartozik, amely csoport centroid értéke és az adott minta értéke közötti ún. Mahalanobis-féle távolság négyzete a legkisebb. A függvények legnagyobb súlyú változói főelemek tekintetében a vas, nyomelemeknél pedig a stroncium és az arzén, ami azt jelenti, hogy ezen elemek alapján lehet a csoportokat a legjobban elkülöníteni.

A három csoportot 90%-os hatékonysággal különbözteti meg az eljárás, ami azt jelenti, hogy ismeretlen, de valamely előre definiált csoporthoz tarozó mintát 90 %-os valószínűséggel képes

besorolni abba a csoportba, ahová a minta valójában tartozik.

Az így kapott adathalmazba illesztettük 5 régészeti minta mérési eredményeit, melyeket a rendszer besorolt a már létező csoportokba. Ezek alapján 4 mintát mecseki radiolaritnak, míg egyet hidro-, limnokvarictnak határozott meg az eljárás (**7. ábra**). Ezek az eredmények egybevágnak az előzetes régészeti feltevésekkel. A diszkriminancia analízis eredménytáblájából kiolvasható, hogy a bakonyi mintákat 90,0 %-os, a mecsekieket 92,9 %-os, a hidro-, limnokvarcitokat 83,3 %-os biztonsággal tudta csoportba sorolni. A kategorizálatlan esetek a régészeti mintákat jelölik a táblázatban (**7. ábra b**).

Összefoglalás

A petrográfiai és fázisanalitikai vizsgálataink eredményeképpen a vizsgált régészeti minták radiolaritnak lettek meghatározva, míg a mecseki és bakonyi geológiai minták a Tevel-hegyi tűzkő és a Lókút Hosszúárokból származó spongiolit minták kivételével szintén radiolaritnak adódtak. Az Erdőhorvátiból származó minták esetében az állapítható meg, hogy bennük lényegesen több volt az amorf fázis relatív mennyisége, mint a Hejcéről származó mintákban. A kémiai összetétel alapján megállapítható, hogy a mecseki minták magasabb CaO tartalommal bírnak. Erre az eredményre jutottak vizsgálataik során T. Biró et al. (2009) is. Az adatokat statisztikai elemzésnek vetettük alá, az alkalmazott többváltozós diszkriminancia analízis alapján 90 %-os valószínűséggel sikerült elkülönítenünk a bakonyi és mecseki radiolaritokat, valamint a hidro- limnokvarcitokat.

A kis mért mintaszám alapján azonban nem lehet általánosítani a megfigyeléseket, pontosabb következtetések levonásához több mérési adat szükséges.

Öt darab kova anyagú régészeti mintának is meghatároztuk a kémiai összetételét, mely alapján ezeket az alkalmazott statisztikai eljárás be tudta sorolni a korábban definiált csoportokba, amely ebben az esetben megerősíti az előzetes meghatározást.

Egyes mintáknak az elkülönítési hatékonysága tovább növelhető olyan mérési módszerek bevonásával, melyek a ritkaföldfémek mennyiségét is képesek meghatározni (Peh & Halamić 2010).

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk megköszönni Sánta Gábornak, hogy a leletanyagot rendelkezésünkre bocsátotta. Köszönettel tarozunk T. Biró Katalinnak, hogy a Litotéka csereanyagát felhasználhattuk a vizsgálatokhoz, valamint Kulcsár Valériának és Marton Tibornak a régészeti feldolgozásban nyújtott segítségükért, Tóth Máriának a munkánk során nyújtott segítségért.

A kutatás a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Bibliográfia

GOLDMAN György & SZÉNÁSZKY Júlia (2009): Adatok a szakálháti kultúra kereskedelmi kapcsolataihoz. In: *ΜΩΜΟΣ VI*. Őskoros kutatók VI. Összejövetele. Kőszeg, 2009. március 19–21. Nyersanyagok és kereskedelem. Szombathely, 79–86.

KASZTOVSZKY Zsolt, T. BIRÓ Katalin, MARKÓ András & DOBOSI Viola (2008): Cold neutron prompt gamma activation analysis- a non-destructive method for characterization of high silica content chipped stone tools and raw materials. *Archaeometry* **50/1** 12–29.

KASZTOVSZKY Zsolt, T. BIRÓ Katalin, MARKÓ András & DOBOSI Viola (2009): Pattintott kőeszközök nyersanyagainak roncsolásmentes vizsgálata prompt-gamma aktivációs analízissel. *Archeometriai Műhely* **6/1** 31–38.

PEH, Zoran & HALAMIĆ, Josip (2010): Discriminant function model as a tool for classification of stratigraphically undefined radiolarian cherts in ophiolite zones. *Journal of Geochemical Exploration* **107** 30–38.

SZEKSZÁRDI Adrienn, SZAKMÁNY György & T. BIRÓ Katalin (2010): Tokaj hegységi limnokvarcit-limnooplait nyersanyagok és pattintott kőeszközök archeometriai vizsgálata I.: Földtani viszonyok, archeopetrográfia. *Archeometriai Műhely* **7/1** 1–17.

T. BIRÓ Katalin (2005): Gyűjtemény és adatbázis: eszközök a pattintott kőeszköz nyersanyag azonosítás szolgálatában. *Archeometriai Műhely* **2/4** 46–51.

T. BIRÓ Katalin (2009): Geokémiai vizsgálati lehetőségek őskori kőeszközökön. *Archeometriai Műhely* **6/1** 5–10.

T. BIRÓ Katalin & T. Dobosi Viola (1991): *Lithotheca, Comparative Raw Material Collection of the Hungarian National Museum.* Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest.

T. BIRÓ Katalin, T. Dobosi Viola & Schléder Zsolt (2000): *Lithotheca II. Comparative Raw Material Collection of the Hungarian National Museum 1990-1997.* Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest.

T. BIRÓ Katalin, SZILÁGYI Veronika & KASZTOVSZKY Zsolt (2009): Új adatok a Kárpát-medence régészeti radiolarit forrásainak megismeréséhez. *Archeometriai Műhely* **6/3** 25–43.

TEŽAK-GREGL, Tihomila & BURIĆ, Marcel (2009): Archaeometrical research of lithic raw materials for early neolithic prehistoric communities with the help of promp gamma activation analysis: The aims of project, current achievements and future perspectives. *Archeometriai Műhely* **6/3** 1–3.

http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

BÁTASZÉK-NAGYORROS AVAR KORI KOHÓTELEP ÉRC- ÉS SALAKANYAGÁNAK ARCHEOMETRIAI ELEMZÉSE

ARCHAEOMETRICAL INVESTIGATION OF FINDS FOUND IN THE LATE AVAR AGE BLOOMERY WORKSHOPS AT BÁTASZÉK-NAGYORROS (COUNTRY TOLNA, HUNGARY)

GYÖRKE RÉKA[1]; FINTOR KRISZTIÁN[2]; BOZSÓ GÁBOR[2]; SZABÓ MÁTÉ[3]

[1] Szegedi Tudományegyetem, Régészeti Tanszék, Szeged

[2] Szegedi Tudományegyetem, Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, Szeged

[3] MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földtani és Geokémiai Intézet, Budapest

E-mail: reka.gyorke87@gmail.com

Abstract

In Bátaszék some Avar age bloomery workshops were excaveted by Attila Czövek in 2008. Based on the 4 subtypes of the 25 bloomeries of the multi period iron production site, the differing number of bloomeries per working pit and the lack of other remains which can be related to metallurgical work (ore roasting heart, remains of charcoal piles or forge), this site might be one of the missing links between the workshops in the late avar age and the period of the Hungarian Conquest. Based on the result of the chemical, metallographical and mineralogical examination the process of the bloomery iron production was carried out the same way as in the site of similar age. Basicly the ore samples analyzed are of bog iron origin. The slag samples are low basicity fayalit dominant types. Occurence of hight fayalite in the slags and occurence of several stone fragments at the site indicate potential stone dosage into the furnace.

Kivonat

A Tolna megyei, Bátaszék határában, 2008-ban Czövek Attila vezetésével feltárt, több periódusú kohótelep 25 olvasztókemencéjének 4 különböző típusa, az egy munkagödörhöz tartozó kohók eltérő száma és a vasgyártáshoz köthető további objektumok (ércpörkölő gödör, faszénégető boksa, (kovács)műhely hiánya alapján ez a lelőhely talán az egyik hiányzó láncszem a késő avar kori és a magyar honfoglalás kori műhelyek közt. A ércek és salakok kémiai, metallográfiai és ásványtani vizsgálati eredményei alapján a bucavasgyártás munkaszervezése oly módon történt, mint a hasonló korú telepeken. A vizsgált ércminták alapvetően goethites ásványtípusúak, gyepvasérc eredetűek. Vastartalmuk kicsi, meddőanyag összetételük savanyú jellegű, alacsony CaO/ SiO2 bázikusságú. A Ca fayalit fázisban mért értéke alapján feltételezhető a tudatos mészadagolás, amit a lelőhelyen talált nagyobb mennyiségű mészkődarab megléte is alátámaszthat.

KEYWORDS: ARCHAEOMETALLURGY, AVAR AGE, BOG IRON ORE, IRON SLAG

KULCSSZAVAK: ARCHEOMETALLURGIA, AVAR KOR, GYEPVASÉRC, VASSALAK

Bevezetés, a lelőhely ismertetése

2008-ban az épülő M6-os autópálya megelőző feltárása során, egy több periódusú, avar kori kohótelep került elő a mai, Tolna megyei Bátaszék település határában (**1. ábra**). A lelőhelyen 25 bucakemencét sikerült megfigyelni, melyek formatipológiai szempontból 3 különböző típusba sorolhatóak (Czövek 2010). A feltételezhetően huzamosabb ideig működő kohótelep első használati periódusában egy bucakemencéhez egy kisebb munkagödör tartozott. Legkorábban az alsó medencerészükön 30-40 cm mélyen beásott, szabadon álló avar típusú kohók és azok variánsai voltak használatban (**2. ábra 1**). Ebből alakulhatott ki a későbbiekben a 60-70 cm mélyen beásott, tölcséres torok-kiképzésű avar típusú kohók bátaszéki változata (**2. ábra 2**.). A korabeli kohászok próbálkoztak olyan megoldással is, hogy a mellfallal ellátott bucakemencét a munkagödör oldalában, a korabeli felszín alatt építették ki, ami formajegyei alapján a Kr.u. 10-11. században elterjedt fajszi típusú kohók közé sorolható (**2. ábra 3.**). A telep későbbi használati periódusaiban pedig megjelentek a kisebb műhelyek (kohóbokrok) is, amikor már 1 nagyobb munkagödörhöz 2 vagy 3 (esetleg több) avar, illetve bátaszéki típusú kohó tartozott.

Anyag és módszer

A kutatás során a bucakemencékhez köthető érc- és vassalakmintákat kémiai, mikroszerkezeti és ásványtani vizsgálatait végeztük el. Vizsgáltunk pörköletlen (2. minta, 32. minta) valamint pörkölt vasérc mintát (32. p. minta). (**1. táblázat** 1-3. oszlop).

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

1. ábra: A bátaszéki kohótelep felszínrajza (Czövek 2010) a mintavételi helyek megjelölésével

Fig. 1.: Multi-context plan of bloomery workshop in Bátaszék (Czövek 2010), with the the marks of the sampling places

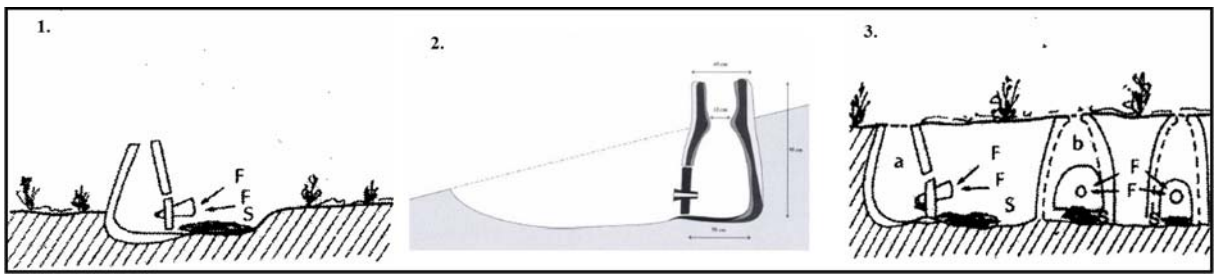
A vassalakminták válogatása során a következő két szempontot vettük figyelembe:

A bucakemencék eltérő típusait. Az avar típusú kohókból négy salakmintát (20., 37., 114., 117. minta), míg az avar típusú kohók bátaszéki változatából három salakmintát (27., 36., 43. minta) válogattunk ki összehasonlító elemzésre. A fajszi típusú kohókat képviselő salakmintát nem sikerült vizsgálni, mivel a kemencebontások miatt konkrétan a bucakemencéhez köthető salakanyag nem volt elkülöníthető;

Az egy munkagödörhöz tartozó bucakemencék számát. Öt salakminta származik olyan bucakemencéből, melyhez egy kisebb munkagödör tartozott (20., 37., 27., 36. és 43. minta), míg a műhelyekhez (1 munkagödöröz 2 vagy 3 kohó tartozott) köthető bucakemencék salakanyagát 2 minta reprezentálja (114. és 117. minta).

A minták szerkezeti-szöveti sajátosságainak megfigyelésére első lépésben ércmikroszkópiát alkalmaztunk. A mikroszkópi vizsgálatok Nikon Microphot FXA típusú polarizációs mikroszkóppal történtek a Szegedi Tudományegyetem Ásványtani Geokémiai és Kőzettani Tanszékén. A vizsgálatokat kiegészítettük röntgen pordiffrakciós fázisanalízissel. A röntgen pordiffrakciós vizsgálatok Rigaku Ultima IV típusú Bragg-Brentano elrendezésű röntgen diffraktométerrel történtek. A mérési beállítások a következők voltak: CuKα sugárzás, 50 kV csőfeszültség, 40 mA csőáramerősség, 3–70°2Θ mérési tartomány, 0,05° mérési gyakoriság, 2/3°-2/3° résrendszer, 0,5° offset szög, 0,5°/perc goniométer sebesség, hajlított grafit egykristály monokromátor, proporcionális számláló detektor. Az érc és salakminták elemösszetételét röntgenfluoreszcens-analízissel vizsgáltuk. A mérésekhez RIGAKU Supermini hullámhossz diszperzív röntgen fluoreszcens spektrométert használtunk, melynek a kimutatási határa elemenként 10 ppm. A műszer röntgensugár forrása palládium (Pd), a gerjesztő feszültség 50 kV, az anódáram 4 mA volt. Fő- és nyomelemek kvalitatív meghatározása EZ scan módszerrel, kvantitatív meghatározása pedig SQX félmennyiségi kalkulációval történt. Az alábbi elemeket mértük: Főelemek: Na_2O, MgO, Al_2O_3, SiO_2, P_2O_5, SO_3, K_2O, CaO, TiO_2, MnO, Fe_2O_3; Nyomelemek: Cr, Co, Ni, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, Ba, As.

Az XRD és az XRF vizsgálatok a Szegedi Tudományegyetem Ásványtani Geokémiai és Kőzettani Tanszékén történtek.



2. ábra: A lelőhelyen megfigyelt kohótípusok: 1. avar típusú bucakemence, 2. avar típusú bucakemence bátaszéki változata, 3. fajszi típusú bucakemence (Gömöri 2000, Czővek 2010)

Fig. 2.: Types of bloomeries on the site: 1. Avar type bog iron ore bloomery, 2. Bátaszék variant of Avar type bog iron ore bloomery, 3. Fajsz type bog iron ore bloomery (Gömöri 2000, Czővek 2010)

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

1. táblázat: Érc-és salakminták WDXRF-fel mért mennyiségi elemeloszlása

Table 1.: Chemical data of the measured ore and slag samples

Oxidok wt%	**2. minta**	**32. minta**	**32.p. minta**	**20. minta**	**27. minta**	**36. minta**	**37. minta**	**43. minta**	**114. minta**	**117. minta**
Na_20	0.8	0	0	0.19	0.32	0.37	0	0	0	0.17
MgO	5.54	1.16	2	1.13	2.32	0.96	2.52	0.88	2.41	1.43
Al_2O_3	9.97	5.19	7.06	6.43	7.5	5.35	6.88	5.11	8.34	5.91
SiO_2	36.29	16.13	20.78	19.04	25.71	17.84	21.84	16.48	27.32	18.03
P_2O_5	0.73	1.82	1.19	2.18	1.61	1.3	1.18	2.19	1.71	1.14
SO_3	0.05	0	0.09	0.12	0.06	0.03	0.02	0	0	0.07
K_2O	1.92	1.15	1.06	2.22	2.37	1.72	1.96	1.4	1.75	1.69
CaO	15.93	3.29	16.25	3.15	11.07	5.85	9.56	10.36	7.11	9.64
TiO_2	0	0.34	0.32	0.37	0.37	0.45	0.37	0.38	0.4	0.32
MnO	0.12	0.94	1.21	2.79	3.01	3.06	2.18	2.75	2.38	2.75
Fe_2O_3	22.08	64.77	37.02	60.02	45.62	62.99	53.47	60.39	48.41	58.58
Össz.	93,43	94,79	86,98	97,64	99,96	99,92	99,98	99,94	99,83	99,73
LOI	5,56%	5,15%	13%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nyomelemek /ppm										
Cr	282	374	0	380	0	401	0	0	15	164
Co	66	258	149	207	137	198	181	176	160	178
Ni	31	66	91	5	6	11	12	0	10	4
Zn	245	35	44	23	31	19	27	23	30	104
V	0	0	0	500	0	0	0	0	600	500
Rb	19.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sr	99	23	56	132	63	44	43	308	57	141
Y	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zr	127	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba	0	0	605	2084	1087	3317	1181	1183	890	996
As	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Az elektronmikroszondás vizsgálatokkal végzett mikrokémiai elemzések révén pedig a salakok egyes alkotóit külön-külön is meghatároztuk, valamint ez alapján az összetétel jelleget kíséreltük meg összekapcsolni a szöveti-szerkezeti bélyegekkel. Az elektronmikroszondás vizsgálatok az MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földtani és Geokémiai Intézetének mikroszonda laboratóriumában készültek egy JEOL JCXA-733 típusú elektron mikroszonda alkalmazásával. A mérések során természetes ásványstandardokat (wollasztonit, spesszartin, olivin) és ZAF korrekciót alkalmaztunk. A kimutatási határ 0,05-0,3 w% körüli az egyes elemekre.

Eredmények

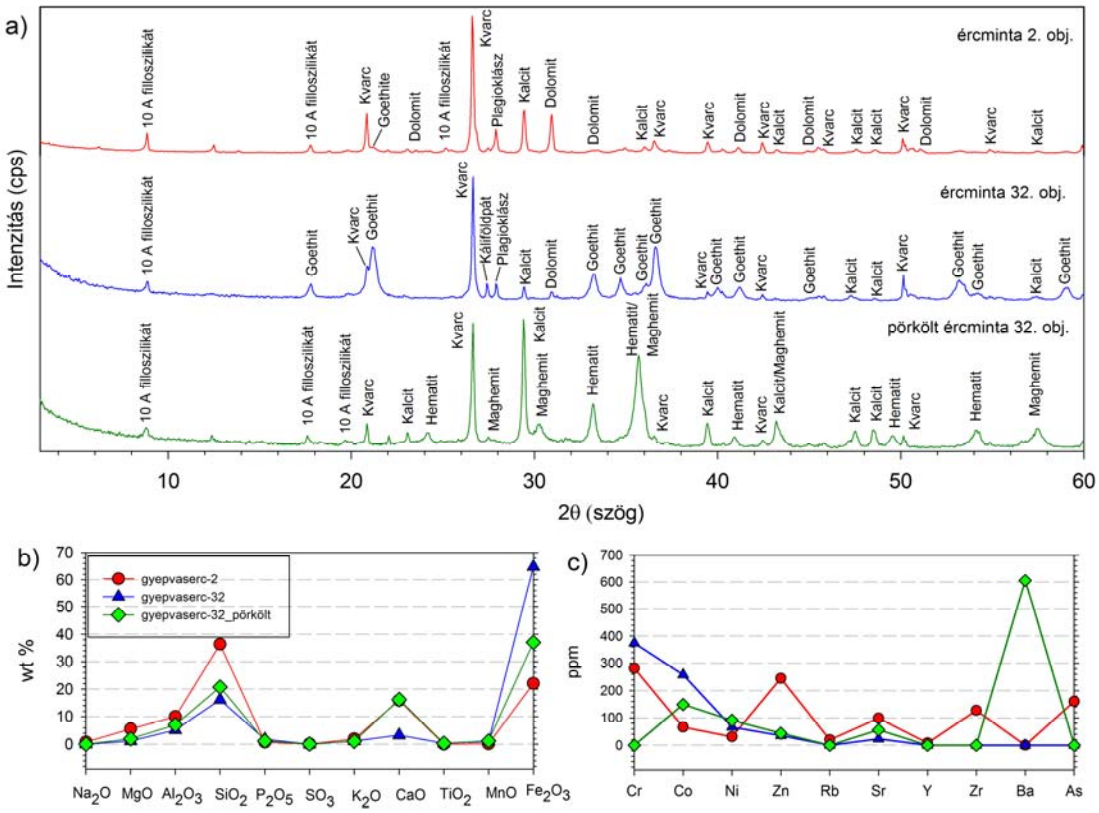
Ércminták

A kutatás jelenlegi fázisában három ércminta elemzése készült el. A minták morfológiai jegyeik alapján minden esetben gyepvasércet reprezentálnak (**3. ábra 1-2.**). Az elvégzett röntgen pordiffrakciós vizsgálatok kimutatták, hogy a pörköletlen gyepvasércminták (2. és 32. minta) alapvetően limonitos jellegűek, goethites ásványtípusúak és jelentős mennyiségű meddő anyagot (döntő mennyiségben kvarcot, kisebb mennyiségben pedig kalcitot, dolomitot, 10Å filloszilikátokat) tartalmaznak.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

3. ábra: Érc- és salakminták

Fig. 3.: Ore and slag samples



4. ábra: Ércminták fázis-és elemösszetétel vizsgálatainak eredményei (**4/a**: a minták röntgenpordiffrakciós felvételei, **4/b** és 4/c: WDXRF-fel mért elemeloszlások)

Fig. 4.: Result of phase and main and trace element analyses of the ore samples (4/a: X-ray powder diffraction patterns of samples, 4/b and 4/c: elements distributions are measured with WDXRF)

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

A pörkölt gyepvasércminta esetében (32. p. minta) a két alapvető kristályos ásványfázis a hematit (Fe_2O_3), illetve a maghemit (γ-Fe_2O_3). A leglényegesebb különbségek a 2. és a 32. ércminták között a Fe_2O_3 tartalomban mutathatók ki (32. minta ~65 wt%, 32. p. minta ~37 wt%, 2. minta ~22 wt%). Ezenkívül a 2. ércminta lényegesen nagyobb, ~30 wt% SiO_2-t tartalmaz a 32. mintához képest (~12 wt% SiO_2), ugyanakkor valamennyi ércminta jelentős ~2 wt% P_2O_5 tartalmat mutat. A minták nyomelemkoncentrációt mutatnak különböző ötvöző anyagok tekintetében, közülük különösen a Cr (0-380 ppm), a Co (80-280 ppm), a Ni (10-100 ppm), a Zn (50-250 ppm), As (0-150 ppm) és a Ba (0-600 ppm) tartalom emelhető ki. Az eredményeket a **4. ábra** és az **1. táblázat** első három oszlopa foglalja össze.

Vassalakminták

A vizsgált vassalakminták morfológiai jellemzőik alapján kohósalakot reprezentálnak. Vizsgáltunk teljesen átolvadt, felületükön szőlőfürtszerű folyást viselő, fekete, csillogó, ugyanakkor lunkeres töretű, nagy sűrűségű ún. folyósalakot (**3. ábra 4**.), valamint kisebb sűrűségű, barnás-vöröses, erősen csipkézett, tagolt szerkezetben megdermedt ún. kemencesalakot is (**3. ábra 3.**). A salakmintákon végzett röntgen pordiffakciós vizsgálatok eredményei alapján a vizsgált salakmintákban előforduló leggyakoribb szövetelemek a wüstit (FeO), a fayalit (Fe_2SiO_4) és az üveges fázis. A vizsgát mintákban ezen kívül változó mennyiségben leucit, Ca-foszfát, kvarc, kirschsteinit, illetve hercinit fázisok mutathatók ki (**5/a ábra**, **2. táblázat**).

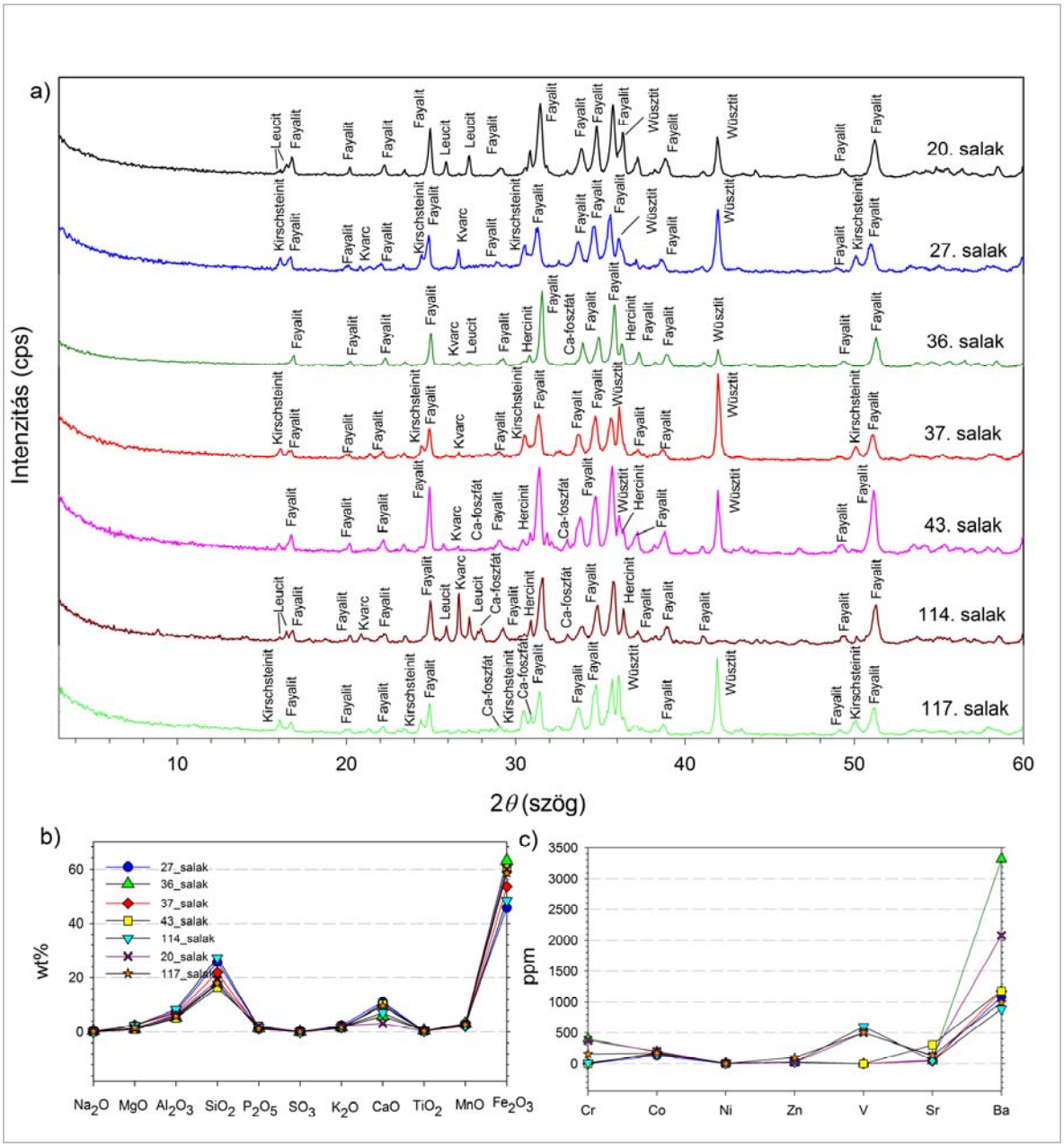
2. táblázat: Salakminták kristályos alkotóinak egymáshoz viszonyított mennyisége

Table 2.: Relative quantity of crystalline component in the slag samples

Minta	Fázisok relatív mennyiségi sorrendje
20. minta	fayalit >> wüsztit > leucit > Ca-foszfát
27. minta	fayalit >> wüsztit > kirschsteinite > kvarc
36. minta	fayalit >> hercinit > wüsztit > kvarc > Ca-fozfát > leucit
37. minta	fayalit >> kirschsteinite > wüsztit > kvarc
43. minta	fayalit >> wüsztit > Ca-foszfát > hercinit > kvarc
114. minta	fayalit > kvarc > leucit > hercinit > wüsztit > Ca-foszfát
117. minta	fayalit > wüsztit >> kirschsteinite > Ca-foszfát

A főelem kémiai összetétel adatokból kiemelendő a salakminták magas SiO2 (~17-27 wt%) és a Fe_2O_3 (~45-62 wt%), valamint CaO (~6-11 wt%) tartalma. A foszfor tartalom (P_2O_5) valamennyi salakmintában jelentős, akár 1-2 wt%-os mennyiséget is elérhet. Számottevő a minták nyomelemtartama is: a Cr (~0-500 ppm), a Co (~0-300 ppm), a Ni (~0-100 ppm), a Zn (~0-100 ppm), a V (~0-650 ppm) és a Ba (~500-3400 ppm) mennyiségben jelennek meg. A vassalakminták vegyelemzési adatait a **6/b** és **6/c ábrán**, illetve az **1. táblázat** 4-10. oszlopában láthatjuk részletesen. A mikroszerkezeti vizsgálatok eredményei alapján a minták fayalit salakot reprezentálnak, anyagszerkezeti szempontból inhomogén szerkezetűek. Négy szövettípus figyelhető meg, amelyek változó mértékben ugyan, de minden mintában jelen vannak. A legjellemzőbb szövetszerkezet a tűs-dendrites wüstit fázis oszlopos-léces megjelenésű fayalit kristályokkal (**6. ábra 1.**). Megfigyelhető olyan mikroszerkezet is, ahol a tömegesen megjelenő saját alakú fayalit kristályok üveges köztes fázissal és dendrites wüstittel jelennek meg (**6. ábra 2.**). Észlelhető olyan szövet is, ahol a kéveszerű halmazokat alkotó fayalit fázis wüstit dendritekkel és üveges amorf alapanyaggal fordul elő (**6. ábra 3.**), és olyan is, ahol a tömeges fayalit fázis közti tereket wüstit szemcséket tartalmazó leucitos üveges alapanyag tölti ki, melyben trikalcium-foszfát, kisebb mennyiségben pedig apatit kristályok jelennek meg helyenként (**6. ábra 4.**). Az ásványfázisok kémiai összetételét elektronmikroszondás vizsgálatokkal állapítottuk meg. Elsődleges célunk volt megvizsgálni, hogy a Ca, a Mn, a Ti, a P és az Mg dúsulása mely fázisokban figyelhető meg. Az eredmények alapján elmondható, hogy a Ca négy fázisban van jelen a mintákban, az üveges alapanyagban (~4-15 wt% CaO), a fayalit fázisban (~5-12 wt% CaO), valamint külön fázisként kirschsteinit ($CaFeSiO_4$) és tricalcium-foszfát (β-$Ca_3(PO_4)_2$) vagy apatit ($Ca_5(PO_4)_3$ (F, Cl, OH)) formájában. A fayalit fázisban továbbá Mn és Ti dúsulás is kimutatható volt (~2-4 wt% MnO, 0,5-1wt% TiO_2), valamint a MnO a wüstit fázisban is jelen volt ~2-4 wt%-ban. A P két fázisban dúsult, az üveges alapanyagban (~2-6 wt% P_2O_5) és külön fázist alkotva Ca-foszfátként. A mikroszondás vizsgálatok alapján a fayalitban Mg dúsulás nem volt tapasztalható. Kis mennyiségben hercinit ($FeAl_2O_4$) kristályok megfigyelhetők a salakokban ugyanakkor magnezioferritet nem volt kimutatható.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



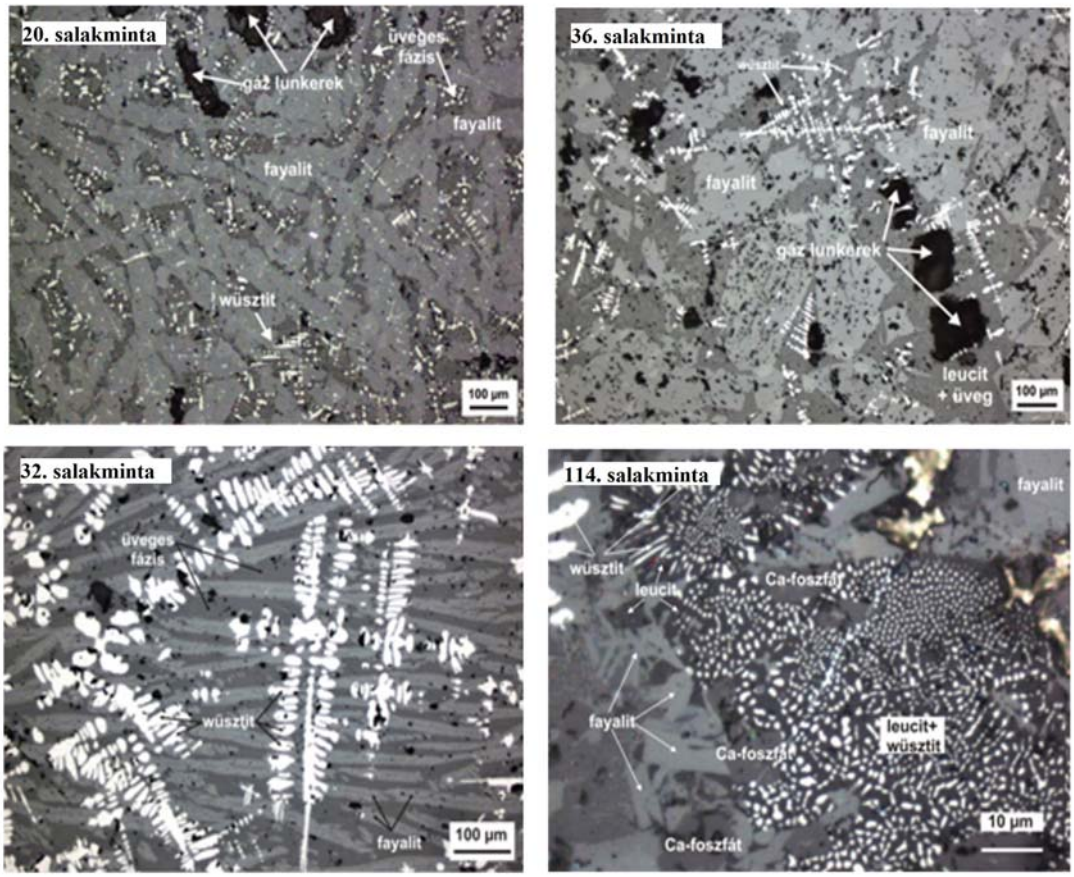
5. ábra: Salakminták fázis-és elemösszetétel vizsgálatainak eredményei (**5/a**: a minták röntgenpordiffrakciós felvételei, **5/b** és **5/c**. WDXRF-fel mért elemeloszlások)

Fig. 5.: Result of phase and main and trace element analyses of the slag samples (**5/a**: X-ray powder diffraction patterns of samples, **5/b** and **5/c**: element distribution measured with WDXRF)

Következtetések

Ércminták

A három ércminta alapján messzemenő következtetések levonására még nem nyílik lehetőség, de a kutatási eredmények alapján, valamint összevetetve őket a hasonló korú vasipari lelőhelyek anyagával a következő megállapítások mondhatók el. Mindhárom vizsgált ércminta gyepvasérc eredetű. A pörköletlen minták alapvetően limonitos jellegűek, goethites ásványtípusúak, túlnyomó részben kristályos fázisokat tartalmaznak. A kohósításra szánt gyepvasérceket a korabeli kohászok előpörkölték. Az előpörkölés az ércek esetében a goethit (FeO(OH)) hidrátvíz-tartalmának eltávolításához volt szükséges (Török 2010/a). Ennek okán a pörkölt gyepvasércminta két alapvető fázisa a maghemit, illetve hematit. A mintákon végzett röntgen pordiffrakciós és kémiai vizsgálatok eredményei alapján meghatározható volt azok kohósíthatóságra, bucakohászati technológiára való alkalmasságuk.



6. ábra: A salakmintákban előforduló szövettípusok
Fig. 6.: Texture-types of the slag samples

A 32-es minta Fe_2O_3 tartalma aránylag nagynak, míg a 2-es minta Fe_2O_3 tartalma kicsinek mondható. A vizsgált két pörköletlen gyepvasérc minta meddőanyag összetétele savanyú jellegű, alacsony bázikusságú (2. minta CaO/SiO_2 = 0,057, 32. minta CaO/SiO_2 = 0,16). Az eddig vizsgált ércminták esetében is a savanyú jelleg, alacsony bázikusság (CaO/SiO_2 = 0,0004-0,144) volt a jellemző (Gömöri–Török 2002). A 32-es minta Fe_2O_3 tartalma és meddő anyag összetétele alapján tehát alkalmas lehetett kohósításra, ám a 2-es minta Fe_2O_3 és meddőanyag összetétele alapján inkább egy fel nem használt, eldobott darabnak tartató. Azonban az sem kizárható, hogy az általunk vizsgált ércmintákat egyikét sem használták fel a kohósítás során. Ugyanis ha összevetjük az ércmintákban mért CaO tartalmat, a salakminták CaO tartalmával, akkor jól látható, hogy az ércminták esetében magasabb érték a jellemző. Alapesetben a kohósítás során a CaO dúsulása figyelhető meg a salakokban, így annak CaO tartalmának magasabb értéket kellene adnia, mint az érc esetében. A mintánkon végzett fázis- és elemösszetétel vizsgálatok eredményei alapján az sem zárható ki, hogy a két pörköletlen ércminta más-más nyersanyaglelőhelyről, geológiai környezetből származik. A minták kémiai összetétel elemzése alapján elmondható, hogy alacsony Ni (átlagosan 0,01 wt%), Co (átlagosan 0,02 wt%) és As (0 wt%) tartalmúak. A P tartalom viszont relatív magas (átlagosan 2 wt%), az S tartalom (0,001 wt%) elhanyagolható.

Vassalakminták

A mikroszerkezeti vizsgálatok eredményei alapján a minták fayalit salakot reprezentálnak, anyagszerkezeti szempontból inhomogén szerkezetűek. Általános jellemző, hogy a fayalit-wüstit halmazok közti teret a különböző vassalakokban rendszerint leucitos-kalszilites-üveges anyag tölti ki (Buchwald 2005), amely az általunk vizsgált minták esetében is elmondható. A vizsgált mintákra jellemző a relatív nagy Fe_2O_3 tartalom, ~45-62 wt% között alakul. Szintén általános jellemző a minták magas SiO_2 tartalma, és, hogy a SiO_2 tartalom fordítottan arányos a Fe_2O_3 tartalommal (Buchwald 2005, Török 2010/b). A röntgen pordiffrakciós vizsgálatok kimutatták azt is, hogy a salakmintákban a kristályos fayalit fázis mellett jelentős mennyiségű amorf fázis van jelen. A vizsgált, alapvetően fayalitos jellegű salakok

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

alacsony CaO/SiO_2 bázikusságúak, savanyú jellegűek. A bátaszéki telep salakanyagának átlagos CaO/SiO_2 = 0,166-0,5 %, az eddig vizsgált salakok esetében a CaO/SiO_2 = 0,005-0,35% között mozog (Gömöri–Török 2002). A vassalakok fémszemcséin végzett elektronmikroszondás kémiai elemzések alapján a minták relatív magas P tartalma és jelentősebb Mn tartalom utalhat a gyepvasérc felhasználásra. Érdekes lehet továbbá a vizsgált salakminták relatív magas Ba tartalma. A megemelkedett Ba tartalom ugyanis a hazai gyakorlatban a rudabányai vasérctelep oxidációs zónájában, illetve a rómaiak által Dél-Alpokban és Dalmáciában művelt, a rudabányaihoz hasonló típusú érctelepekből származó vasércre utalhatnak (Molnár 2011). A Ba tartalom alapján tehát az sem zárható ki, hogy a kohótelep működése során felhasznált vasérc egy bizonyos része nem gyepvasérc eredetű volt. Itt is ki kell emelni, hogy a kutatás jelenlegi fázisában, a megfelelő referencia-minták vizsgálat hiányában csupán tájékoztató jellegű információ lehet. A fayalit összetételben a nagy Ca mennyisége szintén a gyepvasérc vagy esetleg karbonátos kőzetkörnyezetből származó vasérc eredetre utal. Másrészről azonban a Ca a salakképződést elősegítő adalékanyaggal együtt is kerülhet a salak anyagába, sőt ez technológiai jegyeket is tükrözhet, mivel a Ca tartalom növelése megakadályozza a vas fayalitba történő belépését, miáltal a kohászat jobb hatásfokúvá válik (Molnár 2011). A mintákban mért CaO tartalom relatív nagynak mondható, nem biztos, hogy csupán az ércek meddőjéből származik, lehetséges, hogy a kohósítás során tudatosan adagolt salakképző keverék egyik összetevőjére, feltételezhetően mészkő. A Ca fayalit fázisban való megjelenése és a lelőhelyen megfigyelt, felszíni mészkő halmok foltjai is ezt a feltevést támasztják alá. Az elektronmikroszondás vizsgálat eredményei is a tudatos mészadagolás lehetőségét támasztják alá, így a fayalit fázisban jelen lévő Ca jelentős mennyisége. A közölt elmélet azonban még további kutatásokat igényel, hiszen az eddigi eredmények alapján nem zárható ki teljes bizonyossággal, hogy magában az ércmintákban mért nagyobb kalcit és dolomit lehetett a forrása a salakokban mért magas Ca tartalomnak. A vizsgálati eredmények újszerűségét a bucakemencék szerkezeti felépítési variációiból adódó esetleges technológiai jegyek elkülönítése jelentheti. A vizsgált mintákat két csoportra osztva kíséreltük meg az esetleges különbségeket meghatározni. Az avar típusú bucakemencékből vett salakminták képviselik az 1. csoport, míg a 2. csoportba soroltuk az avar típusú kohók bátaszéki változataként leírt bucakemencékből vett mintákat. Mindkét csoport esetében elmondható, hogy a salakminták Fe_2O_3 tartalma nagy. A legnagyobb Fe_2O_3 tartalmat a 2. csoportba tartozó a 36. (62,99 wt%) és a 43. (60, 39 wt%) mintában, illetve az 1. csoportba tartozó 20. (60,02 wt%) mintában mértük. A minták SiO_2 tartalmában nem volt jelentős eltérés, ugyanakkor a 2. csoportból vett minták esetében kisebb értékek figyelhetők meg. A 2. csoport kisebb SiO2 tartalma mellett a Fe_2O_3 tartalom a vizsgált mintákban arányosan magasabb volt. A CaO tartalom tekintetében sem voltak megfigyelhető jelentős eltérések, átlagosan a 2. csoport esetében volt jellemzőbb a nagyobb Ca tartalom. A P_2O_5 valamint a nyomelemek mennyisége mindkét csoport mintáiban hasonló értékek körül alakul. Az egy műhelygödörhöz tartozó kohók száma alapján történő esetleges elkülönítés sem volt lehetséges a vizsgált salakminták alapján, a fázis-és elemösszetetétel vizsgálatok eredményei alapján ugyanis nem voltak kimutathatóak eltérések. A kohótelepen tehát a kisebb műhelyek megjelenésének feltételezhetően praktikussági okai lehettek elsősorban, nem pedig a technológiai jegyekre vezethető vissza alkalmazásuk. A nyomelemösszetétel vizsgálatok alapján egyedül a Ba tartalom emelhető ki, mely a kohóbokrokból vett minták esetében kisebb mértékben volt adatolható.

Összegzés

A vizsgálatok eredményi alapján a bucakemencék különböző szerkezeti felépítése ellenére nem sikerült megfigyelni jelentős eltéréseket a salakok összetételében és szerkezetében sem. Az eltérő típusú bucakemencékből származó salakok fázis- és elemösszetétel tekintetében párhuzamba hozhatóak az eddig vizsgált, hasonló korú kohászati lelőhelyek salakanyagával. Érdekes lehet azonban a kohósítás során tudatosan adagolt salakképző anyag, feltételezhetően mészkő kérdésköre. Amennyiben a további kutatási eredmények is alátámasztják az eddigi eredmények alapján levont következtetéseinket, akkor a vizsgált korszak vasiparának újabb technológiai jegyeit sikerülhet a bátaszéki telep alapján adatolni.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani Czövek Attilának, hogy a leletanyagot rendelkezésemre bocsátotta, továbbá B. Tóth Ágnesnek, Gömöri Jánosnak, Tóth Máriának és Thiele Ádámnak, hogy hasznos tanácsaikkal segítették munkánkat

Györke Réka publikációt megalapozó kutatása a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Bibliográfia

BUCHWALD, V. F.: Iron and steel in ancient times. *Historisk-filosofiske Skrifter* **29**, The Royal Danish Academy of Sciences and Letters, Copenhagen 2005. 113–124.,159–180.

CZÖVEK, A. (2010): Avar kori kohótelep Bátaszék határában. Szekszárd, *WMMÉ* **32** 214–241.

GÖMÖRI, J. (2000): Az avar kori és Árpád-kori vaskohászat régészeti emlékei Pannóniában. (*Magyarország iparrégészeti lelőhelykatasztere I. Vasművesség*.) The archeometallurgical sites in Pannonia from the Avar and early Árpád-period. (*Register of indrustial archelogical sites in Hungary 1. Ironworking*) Sopron, 2000. 1–242.

GÖMÖRI, J.–TÖRÖK, B. (2002): Technical examination of the early medieval ferrous metallurgical finds from hungarian sites. In.: Jerem,Erzsébet-T. Bíró, Katalin (eds.): Archeometry 98, Proceedings of the 31 st Symposium Budapest, April 26-May 3 1998, Archaeolingua, *British Archaeological Reports* (BAR) International Series **1043/II** Oxford, 2002. 375–381.

MÁRTON, P. (2012): A hazai archeomágneses adatok repertóriuma 1966–2010. (Archeomágneses mintavételi adattár 2011). *Archeometriai Műhely* **9/1** 11–18.

MOLNÁR, F. (2011): Salakok és fémek archeometriai vizsgálata. In.: Müller R. et al. szerk., *Régészeti Kézikönyv*, Budapest, 510–524.

TÖRÖK, B. (2010/a): Árpád-kori vaskohászati műhelyek metallurgiája a műszaki vizsgálatok tükrében. *Gesta* - A Miskolci Egyetem Történettudományi Intézetének folyóirata **IX** Archaeometria és Régészet (Szerk.: P. Fischl K., Lengyel Gy.), Miskolc, 2010. 227–232.

TÖRÖK, B. (2010/b): Crystallization of Iron Slags Found in Early Medieval Bloomery Furnaces; 5th International Conference on Solidification and Gravity, Miskolc-Lillafüred, Hungary. (2008) *Materials Science Forum* **649** Trans Tech Publications, Switzerland, 455–460.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

DENDROCHRONOLOGICAL STUDY OF A WOODEN BELFRY FROM SZOKOLYA-KIRÁLYRÉT, HUNGARY

DENDROKRONOLÓGIAI VIZSGÁLATOK A SZOKOLYA-KIRÁLYRÉTI FA HARANGLÁB ANYAGÁN

ZOLTÁN KERN[1]; MÁTYÁS ÁRVAI[1,2]; ANDRÁS GRYNAEUS[3]

[1] Institute for Geological and Geochemical Research, Research Centre for Astronomy and Earth Sciences, MTA, Budapest, Hungary

[2] Eötvös University, Dept. of Physical Geography and Budapest Tree-Ring Laboratory, Dept. of Palaeontology, Budapest, Hungary

[3] Hungarian Dendrochronological Laboratory, Budapest, Hungary

E-mail: kern@geochem.hu, matyas.arvai@gmail.com, dendro@ludens.elte.hu

Abstract

A 94 years long floating oak chronology has been developed from four samples obtained during the reconstruction works of a belfry at Szokolya-Királyrét. Cross-dating against 7 nearest oak reference chronologies unambiguously dated the youngest ring found in the timber to 1901 AD. The earliest possible felling date of the wood was estimated to 1914 AD taking into account the missing sapwood. The strength of synchrony between the belfry's chronology and the nearby reference ones indicates local timber source. The fact that these samples improved the replication over the poorly covered 19th century period of the Central Hungarian Oak Master Chronology, coinciding with the overlapping period of living and historical material lends special significance to them.

Kivonat

A Szokolya-királyréti harangláb a Magyarország, illetve Kárpát-medence történeti faépítményeit bemutató művekben eddig nem került említésre, noha archív fénykép is igazolja hogy közel száz éve már állt. A harangláb rekonstrukciós munkálatai során nyert négy minta dendrokronológiai vizsgálata során sikerült az évgyűrűszélesség sorokat szinkronizálni és egy 94 év hosszúságú lebegő tölgy kronológiát hoztunk létre. A mintákon szíjács évgyűrűt nem lehetett megfigyelni. Nyolc környező tölgy alapkronológiával tett összehasonlítás egyértelműen 1901-re keltezte a legutolsó mért évgyűrűt. Ennek a fának a lehetséges legkorábbi kivágási dátuma 1914-re becsülhető, figyelembe véve az eltávolított szijácsévgyűrűk miatt szükséges korrekciót. A statisztikai értékelés eredményei alapján a harangláb mintáiból épített kronológia a közeli referencia kronológiákkal mutatja a legszorosabb hasonlóságot, amit úgy értelmezhetünk, hogy helyben kitermelt faanyagot használtak a harangláb építéséhez. A minták épp a Közép-magyarországi Tölgy Alapkronológia kevés mintával fedett, 19. századi szakaszához, az élő és történeti minták átlapolási tartományához illeszkednek. Ez kiemelt jelentőséget kölcsönöz a vizsgált anyagnak, hisz a haragláb mintái egy rendkívül kritikus szakaszon erősítik meg a leghosszabb hazai tölgy referencia kronológiát.

KEYWORDS: HISTORICAL OAK TIMBER, DENDROPROVENANCING, WOODEN BELL TOWER, BÖRZSÖNY MTS

KULCSSZAVAK: TÖLGY ÉPÜLETFA, DENDROPROVENIENCIA, FA HARANGTORONY, BÖRZSÖNY

Introduction

Systematic dendrochronological research has been initiated relatively recently in Hungary (Grynaeus et al. 1994, Grynaeus 1995). Due to its dominance in the archaeological material and to the continuous use through historical times, similarly to the usual European trends (Haneca et al. 2009), Hungarian research also focussed on oak species (*Quercus* spp.). After the first well replicated master chronologies were developed and the major dendrochronological zones outlined (Grynaeus 1996, 2002; Dávid & Kern 2007) archaeological (Ilon et al. 2001, Szántó et al. 2007) and art historical (Morgós 2006, Grynaeus & Sarkadi 2007) applications could have also started.

The longest and best replicated regional master chronology in Hungary for *Quercus* spp. spans 1370-1994 AD (Grynaeus 2011). Although the Mediaeval and early Modern periods are relatively well replicated owing to the wealth of successfully synchronized archaeological findings, weirdly, the 19th century, coinciding with the overlapping period of living and historical material, remained most poorly replicated (Grynaeus 2011). This transition period is always critical and needs special attention in composite chronologies (Tegel et al. 2010).

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

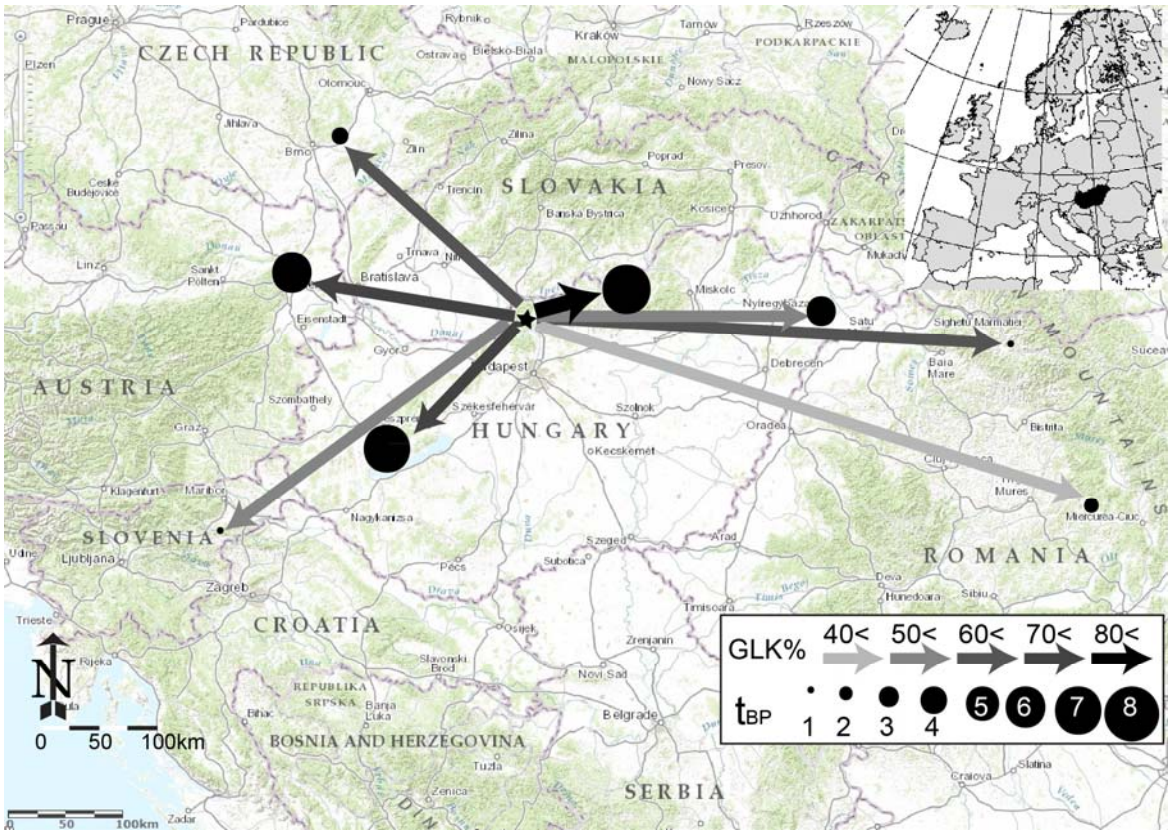


Fig. 1: Location of Szokolya-Királyrét (black star) and the cross-dating statistics for the 1897 AD end-date of the truncated floating chronology of derived from the four trunk posts of the wooden belfry. Each dot represents a qualified nearby oak master chronology. Dot size visualize the modified t-value (t_{BP}, Baillie & Pilcher 1973) while gray arrows show percentage of agreement (GLK%, Eckstein and Bauch, 1969) in decimal steps. Inset map shows the location of Hungary (black) within Europe. (The base map has been created by the web-tool provided by ArcGIS.)

1. ábra: Szokolya-Királyrét (fekete csillag) elhelyezkedése és a fa harangláb négy oszlopából készített csonkolt évgyűrűszélesség kronológia keresztdatálási statisztikái az 1897-es végdátum esetén. Minden pont egy ellenőrzött közeli tölgy alapkronológia érvényességi területének központját jelöli. A pontok mérete a módosított t-értéket (t_{BP}, Baillie & Pilcher 1973), míg a nyilak az együttfutási százalékot (GLK%, Eckstein and Bauch, 1969) szemlélteti, szürkefokozatos skálával, tízes lépésekben. (Az alaptérkép egy az ArcGIS honlapon elérhető térkép-megjelenítő szolgáltatás segítségével készült.)

To strengthen the chronology with additional qualified samples should be obviously rewarded.

There are a few regions in Hungary and the adjacent border zone where wooden constructions are usual, primarily in rural/vernacular architecture. These constructions are highly valued both as elements of the cultural heritage and from ethnographic viewpoint. The paper briefly reports dendrochronological findings of a recently reconstructed wooden belfry from Börzsöny Mts. which region was a "white area" in all recent inventories listing the remarkable historical wooden constructions of Hungary or the surrounding Carpathian Region (Kovács 1999, 2006, Sisa 2001) despite photographic evidence proved the studied belfry's almost centennial history. Dendrochronological analysis on four disk samples obtained from the main trunk posts during the reconstruction activity helped to prove the local origin and to estimate the earliest possible felling date of the used timber.

Material and Methods

Belfry of Szokolya-Királyrét

The site (N 47.894°, E 18.977°) is located in the Börzsöny Mts. (**Fig 1.**). The construction has a classical structure with four trunk posts reinforced with Andrew's cross beams (**Fig 2.**). Used timber is oak. A historical photograph affirms that the belfry has already been erected between 1926 and 1931 (**Fig. 2.**).

Reconstruction was completed in 2012. The structure was placed on a new pedestal and the partially rotten basal part of each post was removed. These four disk samples provided the material for dendrochronological analysis.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

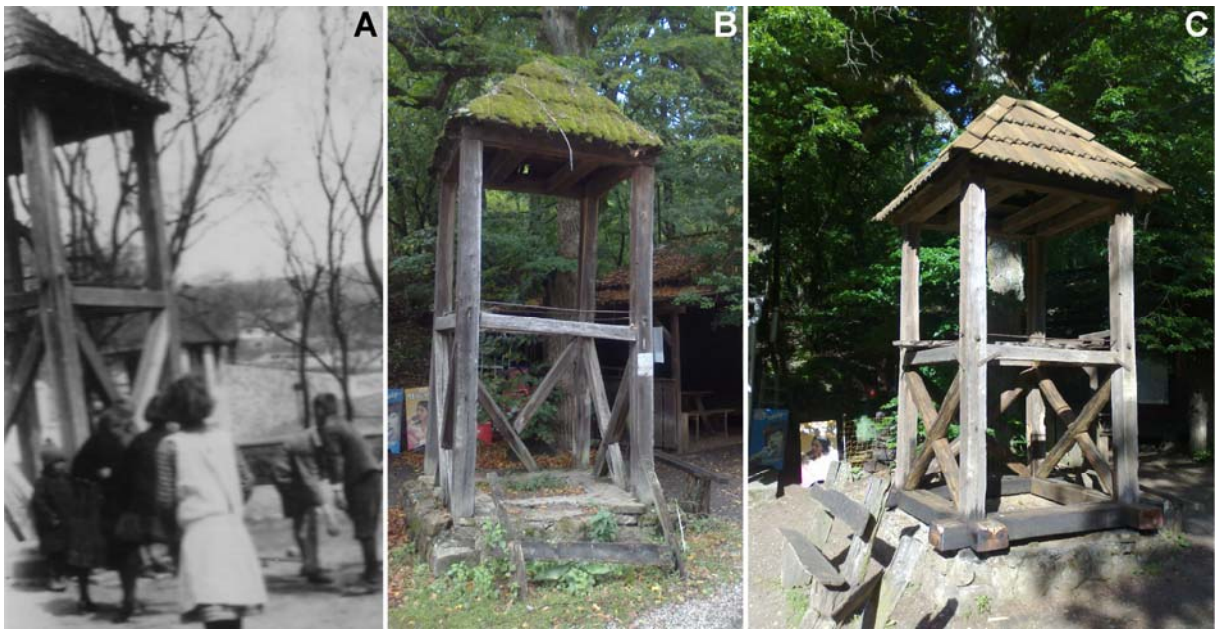


Fig. 2.: Wooden belfry of Szokolya-Királyrét. A) Historical photograph from Cuno Hoffer's inheritance. The date of the historical photo can be between 1926 and 1931. The belfry before B) and after C) the reconstruction works (courtesy of Mr. Zsolt Barton).

2. ábra: A Szokolya-királyréti fa harangláb. A) Archív felvétel Hoffer Cuno fényképi hagyatékából. A kép készítési dátuma 1926 és 1931 között lehet. A harangláb a felújítási munkálatok megkezdése előtt B) és után C) (Barton Zsolt jóvoltából)

Sample preparation and cross-dating

Disks' surface was processed by machine operated abrasive belts with gradually finer grit size until tree-ring structure became clearly visible. Samples had neither bark nor any sapwood rings. Tree-ring sequences were carefully checked and rings were counted (Stokes and Smiley, 1968). A LINTAB digital-positioning table and TSAP Win 4.68 software (Rinn, 2005) were used to measure the annual ring widths with a precision of 0.01 mm, as well as for cross-dating the growth series by graphical comparison against each other. Two radii were measured on each disk. Measurement and cross-dating was done using the facilities of the Budapest Tree-Ring Laboratory (Eötvös University, Dept. of Palaeontology) (Kázmér & Grynaeus, 2003).

The built chronology was compared to nearby oak master chronologies to date and trace the potential distal/proximal origin of the used timber. Eight quality checked oak master chronologies were involved (**Table 1.**):

This spatial synchronization was managed by the Hungarian Dendrochronological Laboratory. The *a priori* knowledge provided by the historic photo was respected and latest date was constrained not to be later than 1931.

Standard dendrochronological statistics such as percentage of agreement (Gleichläufigkeit°%, Eckstein & Bauch 1969) and modified t value (t_{BP}, Baillie & Pilcher 1973) were used to evaluate cross-dating results.

Results and Discussion

Assessment of the belfry sample

Number of counted complete rings in the disks ranged between 82 and 93 (**Fig. 3.**). Nevertheless an additional, incomplete, ring was also observed on the edge of each disk. Lack of sapwood rings proved that the raw material was processed before utilization and sapwood was removed. Extended overlap of the four samples' synchronised series spanned 98 years. Regarding that both ends of the established floating chronology are covered by sole series and visual comparison has already shown that common signal is still lacking at the juvenile rings, the full chronology was truncated. A 88-ring section only (see **Fig. 3.**) was entered into the cross-dating procedure to minimize the risk of spurious statistical significance.

Dating the timber, estimating the construction date

Cross-dating against the oak master chronologies provided clear indication for the origin of the wood both for time and space. The best synchrony was found when the youngest cross-dated ring was assigned to 1897 AD. Obtained statistics with the nearest master chronologies were: i) Central Hungarian Oak Chronology (GLK%=80.5; $p<0.001$; $t_{BP}=7.25$) ii) Balaton Oak Chronology (GLK%=75; $p<0.001$; $t_{BP}=6.9$).

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

Table 1.: Cross-dating statistics with nearby oak master chronologies when last ring of the truncated chronology build from the Szokolya-Királyrét belltower is set to 1897 AD. Overlapping period is equal to the full length (88 yrs) of the except Udvarhelyszék chronology (33 yrs).

1. táblázat: A Szokolya-királyréti harangláb tölgymintáiból készített kronológia és a közeli tölgy alapkronológiák között számított szinkronizálási statisztikák. Az átfedő évgyűrűk száma 88 év kivéve az Udvarhelyszék kronológia esetében ahol csupán 33.

Master chronology	Ref.	GLK% / p-value	t_{BP}
Central Hungarian	Grynaeus 2011	80.5 / p<0.001	7.25
Balaton Highlands	Kern 2007	75 / p<0.001	6.9
Vienna Basin	Geihofer et al. 2005	69.5 / p<0.001	5.95
Maramureş	Baboş & Eggertsson, 2002	63 / p<0.05	1
Moravia	Kolár et al. 2012	61.5 / p<0.05	2,51
Nyírség	Kern et al. 2013	53 / -	4.4
East Slovenia	Čufar et al. 2008	53 / -	0.6
Udvarhelyszék	Botár et al. 2013	50 / p<0.1	2.2

Mapped distribution of t_{BP} and GLK% values further emphasize the waning similarity against farther references (**Fig. 1., Table 1.**). The strongest statistical agreement was found with the Central Hungarian Oak Chronology which represents an oak dendrozone covering also the Börzsöny Mts. (Gryneaus 1996, 2002). The Central Hungarian Oak Chronology in this period pools samples dominantly from the Buda Hills. Therefore this result suggests that the used timber cannot be transported from a remote region more likely locally exploited timber was used in the construction.

Taking into account that the 1897 AD date was obtained for the youngest ring of the truncated chronology, we assign the date of the unmeasured incomplete outermost ring as 1902 AD. In order to estimate the felling date of the tree we had to employ a correction due to the lack of sapwood rings. The average number of rings in sapwood of oaks in Hungary was estimated as 17 +2/-5 (Grynaeus 1996, 2002).

Recent local samples suggest that this general rule is valid also in the Börzsöny area (Grynaeus 1997). Consequently, the possible felling date of the youngest tree can be estimated between 1914(=1902+(17-5)) and 1921(=1902+(17+2)) taking into account the most probable range of normal sapwood rings.

The potential date of construction is between 1915 and 1930. Since one of the trees used as trunk post most probably was still alive at 1914 (i.e. the earliest possible felling date) and the archive photo constrains the construction date before 1931.

Importance of the samples

Studied samples fit a relatively poorly covered 19th century period of the Central Hungarian Oak Master Chronology. Sample depth was critically weak, especially from 1872 and 1890 when less than five samples supported the chronology (**Fig. 3.**). This weak replication not only hampered any potential (dendro)climatological application (Boa 2010, Grynaeus, 2011) but even the robustness of the master chronology could have been questioned. The 1880s, represented by only two series, was definitely the poorest covered decade of the entire chronology. Owing to the belfry sample set, replication remarkably improved (**Fig. 3.**). The minimum replication increased to five and only a triannual period is covered by this low sample depth. It is worth to emphasize that the improved section coincide with the overlapping period of living and historical material (Tegel et al. 2010) lending additional importance to them.

Acknowledgement

Thanks for support from "Lendület" program of the Hungarian Academy of Sciences (LP2012-27/2012). Zsolt Barton (IPOLYERDŐ Zrt.) is acknowledged for the provided samples while Mihály Gyurcsik (mayor of Szokolya) is acknowledged for the electronic copy of the archive photo used in **Fig. 2**. Constructive review from András Morgós and Miklós Kázmér helped to improve the quality of the paper. This is contribution No. 10 of 2ka Palæoclimatology Research Group and No.23 of Budapest Tree-Ring Laboratory.

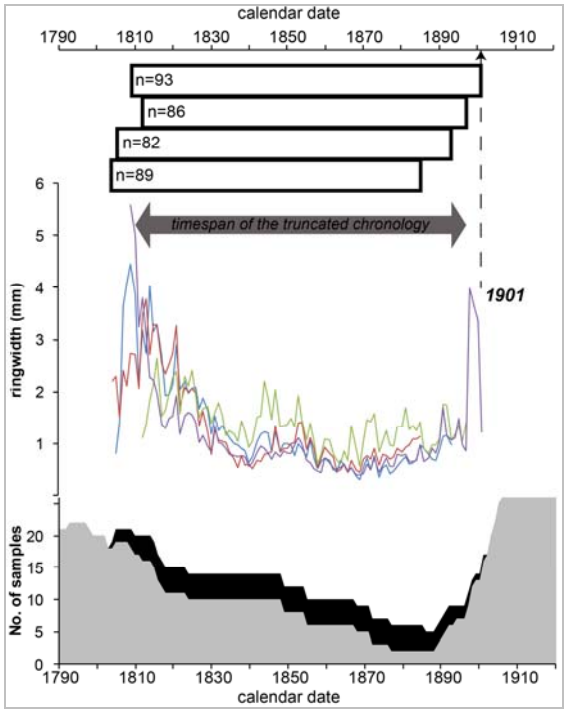


Fig. 3.: Measurement series of four trunk posts of Szokolya-Királyrét wooden belfry. Gridbeam plot shows the span of the series. The date assigned to the last measured ring is also indicated. Number of measured rings is given in each grid. Mean ringwidth series of each sample are plotted in the middle graph. Belfry's replication (black) has been shown as cumulated on sample depth chart of the Central Hungarian Oak Chronology (gray) over the 1790-1920 period in the bottom graph.

3. ábra: A Szokolya-királyréti fa harangláb négy oszlopának mérési adatai. A sáv diagram a faminták által fedett időtartományt mutatja. Az utolsó mért évgyűrűhöz rendelt dátumot is feltüntettük. A mért évgyűrűk száma a mintát jelző téglalapban olvasható. Az átlagos évgyűrűszélesség sorokat a középső grafikon mutatja be. A legalsó ábra a harangláb négy mintáját (feketével) és a Közép Magyarországi Tölgy Alapkronológia 1790-1920 közti időszakára vonatkozó mintaszám adatait (szürkével) ábrázolja halmozott módon.

References

BABOS, A. & EGGERTSSON, O. (2002): The Wooden Churches of Maramureş, Northern Romania. http://www.geol.lu.se/personal/hsl/MARAMURES/MARAMURES.htm, last access: 16.05.2013.

BAILLIE, M.G.L. & PILCHER, J.R. (1973): A simple cross-dating programme for tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin* **33** 7–14.

BOA, K. (2010): Az 1863. évi aszály Magyarországon. In: KÁZMÉR, M. (szerk.): Környezettörténet 2010 Konferencia. *Ált. Földtani Szemle Könyvtára*, 17–18.

ČUFAR, K., DE LUIS, M., ZUPANČIČ, M. & ECKSTEIN, D. (2008): A 548-year tree-ring chronology of oak (*Quercus* spp.) for southest Slovenia and its significance as a dating tool and climate archive. *Tree-Ring Research* **64** 3–15.

DÁVID, SZ. & KERN, Z. (2007): Dendro-chronological and dendroecological research of oak from North Bakony Mts and Gerecse Mts. In: Gömöri, J. (ed.): *Archeology and Ethnography of Forest and Wood,* Sopron, 103–122. (in Hungarian)

ECKSTEIN, D. & BAUCH, J. (1969): Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* **88(4)** 230–250.

GEIHOFER, D., GRABNER, M., GELHART, J., WIMMER, R. & FUCHSBERGER, H. (2005): New master chronologies from historical and archaeological timber in Eastern Austria. In: Sarlatto, M., Di Fillipo, A., Piovesan, G., Romagnoli, M. (Eds.), EuroDendro 2005. *Proceedings of the EuroDendro 2005.* Viterbo, Italy, 50–51.

GRYNAEUS, A. (1995): Dendrochronological research in Hungary (Present status as of May 1995 and Future Development) - *Dendrochronologia* **13** 135–138.

GRYNAEUS, A. (1996): Progress of dendrochronological research in Hungary. *Dendrochronologia* **14** 223–226.

GRYNAEUS, A. (1997): Dendrokronológiai kutatások Magyarországon. – *Kandidátusi értekezés* pp. 138. (manuscript, in Hungarian)

GRYNAEUS, A. (2002): Dendrokronológiai kutatások és eredményei Magyarországon. *Földtani Közlöny* **132** 265–272.

GRYNAEUS, A. (2011): Dendroclimatologiam facere, necesse est! Dendrokronológia és/vagy dendroklimatológia? In: Kázmér M. (szerk.) (2011): Környezettörténet 2. Környezeti események a honfoglalástól napjainkig történeti és természettudományi források tükrében. *Hantken Kiadó,* Budapest, 185–193.

GRYNAEUS A. & SARKADI, M. (2007): A soproni Szentlélek-templom tetőszerkezete. *Művészettörténeti Értesítő* **56** 83–93.

GRYNAEUS, A., HORVÁTH, E. & SZABADOS, I. (1994): Az évgyűrű mint természetes információhordozó. *Erdészeti Lapok* **129** 203–205. (in Hungarian)

HANECA, K., ČUFAR, K. & BEECKMAN, H. (2009): Oaks, tree-rings and wooden cultural heritage: a review of the main characteristics and applications of oak dendrochronology in Europe.

Journal of Archaeological Science **36** 1–11. doi:10.1016/j.jas.2008.07.005

ILON G., GRYNAEUS, A. & TORMA, A. (2001): A szentgotthárdi török kori palánk kutatásáról. - *Vasi honismereti és helytörténeti közlemények* **4** 29–46.

KÁZMÉR M & GRYNAEUS A. (2003): The Budapest Tree-Ring Laboratory. *Association for Tree-Ring Research, Newsletter* **1** 5–6.

KERN, Z. (2007) Tree-ring research in the Balaton Highland and South Bakony Mts. In: Gömöri, J. (ed.): *Archeology and Ethnography of Forest and Wood*, Sopron, 89–102. (in Hungarian)

KERN Z., PATKÓ, M., KÁZMÉR, M., FEKETE, J., KELE, S. & PÁLYI, Z. (2013): Multiple tree-ring proxies (earlywood width, latewood width and $\delta^{13}C$) from pedunculate oak *(Quercus robur* L.*)*, Hungary. *Quaternary International* **239** 257–267. doi: 10.1016/j.quaint.2012.05.037

KOLÁŘ, T., KYNCL, T. & RYBNÍČEK, M. (2012): Oak chronology development in the Czech Republic and its teleconnection on a European scale. *Dendrochronologia* **30** 243–248. http://dx.doi.org/10.1016/j.dendro.2012.02.002

KOVÁCS, J. (1999): Fa haranglábak, harangtornyok. *Petit Print Könyvkiadó*, Budapest. (in Hungarian), 228 pp.

KOVÁCS, J. (2006): Felföldi fa harangházak, *Romanika Kiadó*, Budapest, 183 pp.

MORGÓS, A. (2006): Dendrochronology in Hungary and the possibility of the dating of roof structures. In: DRDÁCKY, M. (ed.) *Proceedings of the ARCCHIP Workshops, European Research on Cultural Heritage State of the Art Studies, Advanced Research Centre for Cultural Heritage Interdisciplinary Projects* ITAM Centre of Excellence Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague, 407-411.

RINN F. (2005): TSAP reference manual. 110 pp.

SISA, B. (2001): Wooden bell towers in the Carpathian Basin, In: Páll, I. (Ed.), *A sóstói múzeumfalu kiskönyvtára* **6.** Nyíregyháza Sóstó-fürdő

STOKES, M.A. & SMILEY, T.L. (1968): An introduction to tree-ring dating. *The University of Chicago Press,* Chicago, IL, 73 pp.

SZÁNTÓ, ZS., KERTÉSZ, R., MORGÓS, A., NAGY, D., MOLNÁR, M., GRABNER, M., RINYU, L. & FUTÓ, I. (2007). Combined techniques to date the first Turkish bridge over the river Tisza, Hungary. *Radiocarbon* **49** 515–526.

TEGEL, W., VANMOERKERKE, J. & BÜNTGEN, U. (2010): Updating historical tree-ring records for climate reconstruction. *Quaternary Science Reviews* **29** 1957–1959. doi:10.1016/j.quscirev.2010.05.018

TÓTH B., GRYNAEUS A., BOTÁR I. (2013) Dendrokronológiai kutatások Erdélyben. Magyar Régészet http://www.magyarregeszet.hu/wp-content/uploads/2013/10/Botar_13O.pdf

KÖZLEMÉNYEK

10 éves az Archeometriai Műhely (AM)

Ten years of Archaeometry Workshop (AM)

Abstract

This short report summarizes antecedents of this periodical and results of the first decade of operation (2004–2013). Statistical elaboration of the products shows the main directions of Hungarian archaeometrical research with a marked focus on stone implements, their raw material, building stones and ceramics, basically in respect of Hungary and the Carpathian Basin. Most of the articles centre on prehistory, notably the Neolithic period. Thematical issues constitute the main ridge of the communications with numerous international collaboration programs and their results. Apart from a minimal number of printed copies the open-access electronic format renders the communications easily available for the international professional audience, as well as some important Hungarian databases. Search in AM is facilitated by a BibTex type query system. Recently the periodical is indexed by Scopus.

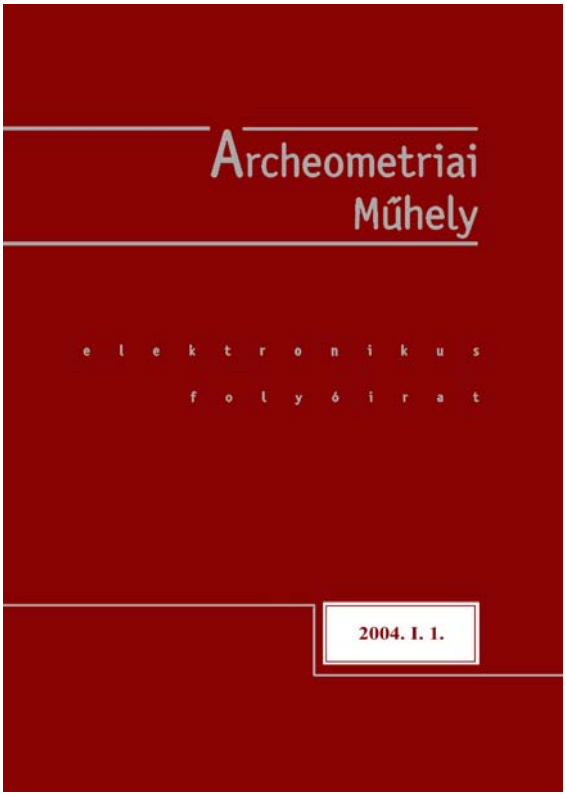
Kivonat

Rövid írásomban a folyóirat előtörténetét és létezésének, valamint eredményeinek egy évtizedét (2004 – 2013) tekintem át. Statisztikai alapú feldolgozásomból világosan kiderül: a hazai archeometria vizsgálódásának legfontosabb iránya a kőnyersanyagok, kőeszközök, őrlőkövek és építőkövek, valamint a kerámia területe, elsősorban természetesen Magyarország és a Kárpát-medence vonatkozásában. A kutatás első helyen kiemelkedő korszaka pedig a neolitikum időszaka. Szinte mindegyik évfolyamban megjelent egy-egy tematikus szám, s ezek között számos nemzetközi együttműködés eredménye olvasható. A kevés számú nyomtatott példány mellet az elektronikus változat a nemzetközi szakmai közönség számára könnyen elérhetővé teszi a periodikát, s ezen keresztül néhány hazai adatbázist is. A folyóiratban történő keresést BibTex rendszerű kereső segíti.

A hazai archeometriai kutatás és a szerkesztőbizottság munkájának elismerését jelzi, hogy a kiadvány bekerült az Elsevier kiadó által működtetett Scopus adatbázisba.

KEYWORDS: ARCHAEOMETRY, HISTORY OF SCIENCE, STATISTICS, E-JOURNAL

KULCSSZAVAK: ARCHEOMETRIA, TUDOMÁNYTÖRTÉNET, STATISZTIKÁK, ELEKTRONIKUS FOLYÓIRAT



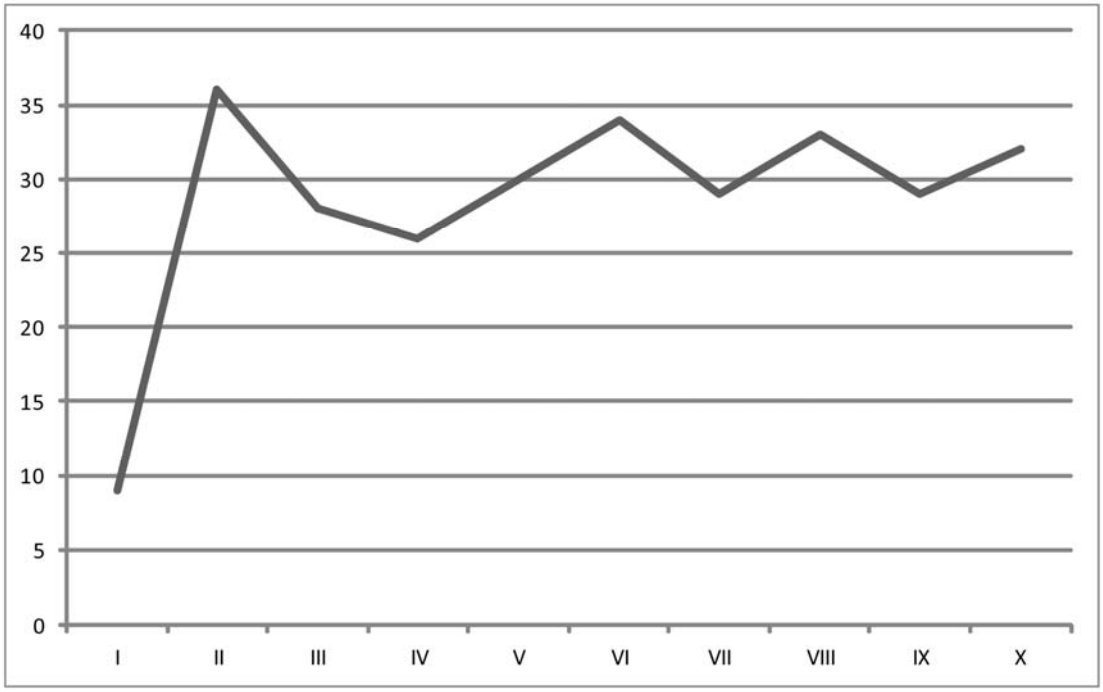
1. ábra: AM címlap

Fig. 1.: Cover of the printed version of AM

Amikor a magyar archeometria folyóiratának egy évtizedét teszem mérlegre, természetesen büszkék lehetünk, és nem feledhetjük el e tudomány történetének első lépéseit megtevő tudós elődeinket. A teljesség igénye nélkül, csak néhányuk neve álljon itt: Bökönyi Sándor, Füzes-Fresch Miklós, Kretzoi Miklós, Krolopp Endre, Loczka József, Miske Kálmán, Nemeskéri János, Neogrády Sándor, Rómer Flóris, Vendl Aladár, Vértes László és Wartha Vince.

Periodikánk közvetlen előzménye az IRAMTO, azaz az „Iparrégészeti és Archeometriai Tájékoztató" című szerény megjelenésű, A4-es méretű, néhány lapos kiadvány, amely a Magyar Tudományos Akadémia Veszprémi Akadémiai Bizottsága kiadásában, a Gömöri János vezette Iparrégészeti (később Iparrégészeti és Archeometriai) Munkabizottság elnökének, majd Járó Márta és T. Biró Katalin szerkesztésében 1982 és 1998 között 16 számot ért meg. Elektronikus változata elérhető a http://www.ace.hu/iramto/index.html helyen. Erről az örvendetes tényről T. Biró Katalin az AM 2010. évi VII. évfolyama 2. számában számolt be, szerényen „elhallgatva", hogy ennek megvalósítása az Ő érdeme.

Az AM (**1. ábra**) tehát egy évtizede, 2004-ben indult, és jelent meg első száma.



2. ábra: Az írások összegző statisztikája 2004 – 2013

Fig. 2.: Summary statistics of papers in AM between 2004 – 2013

Jómagam az indulástól a Szerkesztőbizottság tagja vagyok, amelynek jelenleg 9 tagja van (lásd az impresszumban), valamint Járó Márta és Svingor Éva alapító szerkesztők, ma tiszteleti tagok segítik a munkánkat. A szerkesztő a kezdetektől T. Biró Katalin a Magyar Nemzeti Múzeum munkatársa, s ez az intézmény egyúttal a periodika gazdája / kiadója is. Itt kell megemlékeznem Kovács Tibor (1940 – 2013) főigazgatóról, aki az első pillanattól tisztában volt a folyóirat korszakos tudománytörténeti jelentőségével és támogatta azt.

Az I. évf. csak egy, a II. négy, a III-V. évf. három, a VI. évf. négy számot tartalmazott. Innentől a 2013. évi X. évfolyamig már minden évet 4 füzet fémjelez. A tíz évfolyam 36 száma 288 írást tartalmaz (**2. ábra**).

Az angol nyelvű abstract az első számtól van minden cikkhez, ezáltal a nemzetközi kutatás számára teszi hozzáférhetővé a periodikát. Az első, egészében idegen nyelvű cikkek a II/1. számban (Itáliai obszidiánokról és egy nemzetközi építőanyag vizsgálatról) jelentek meg. Az első, teljes egészében idegen (angol) nyelvű füzet a 2006. évi III. évfolyam 1. száma. Ez a MNM-ben az olasz és a magyar kulturális örökség tárgykörében megrendezett konferencia előadásait tartalmazta. A tanulmányokhoz kulcsszavak a II/1. számtól készültek. A folyóirat cikkeihez BibTex rendszerű kereső is igénybe vehető a folyóirat honlapján, amely szerző, cím, tárgyszó és kivonat (abstract) szerint tárja fel a megjelent tanulmányokat és egyben beilleszthetővé teszi a nagyobb nemzetközi bibliográfiai rendszerekbe is.

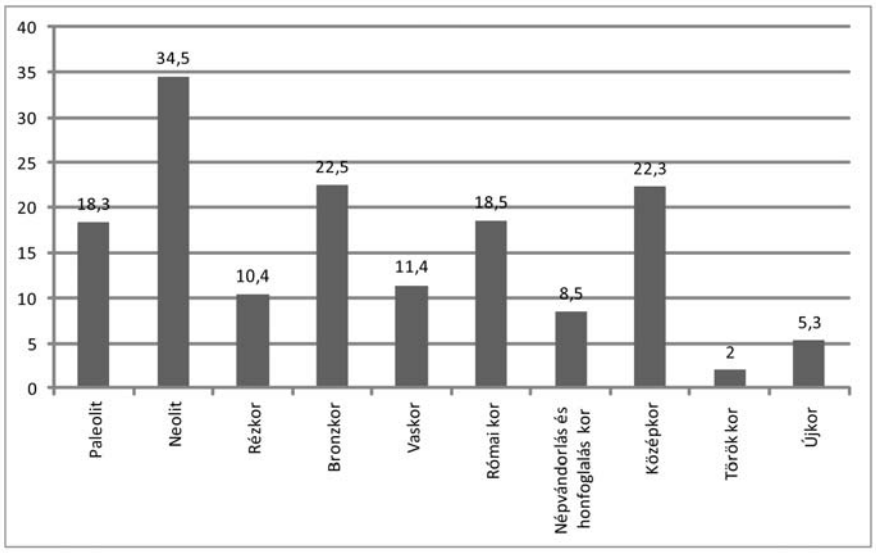
Könyvismertetés először a II/1. számban jelent meg.

Az első tematikus szám a 2005. évi II/2., amely a kerámia vizsgálat témakörében fogant. Ugyanezzel később a 2007. évi IV/2. szám foglalkozott, amely a negyedik tematikus füzet volt. A második tematikus, az olasz–magyar kulturális örökség roncsolás mentes vizsgálatáról szóló 2006. évi III/1. szám. A harmadik a 2007. évi IV/1. a Kretzoi Miklós centenáriumi konferencia anyagát tartalmazza. A nemzetközi archeometriai kutatás másik, nemzetközileg is ismert személyiségével, Vértes Lászlóval kapcsolatos a 2008. évi V/2. szám 6 tanulmánya. Az ötödik tematikus szám a 2008. évi 1., amely a sárospataki „fekete doboz” konferencia tanulmányainak válogatása.

Különlegesnek számít a 2008. évi 3. szám. Ebben 6, a sienai 37. nemzetközi archeometriai konferencián bemutatott előadás, tanulmány formájában olvasható. A hetedik tematikus számnak a 2009. évi 1. füzet tekinthető, amelyben a „geokémiai interpretáció az archeometriai kutatásban” kérdéskört vitatták meg az előadók/szerzők.

A nyolcadik tematikus szám (2009/3) a horvát–magyar együttműködésben történt, a korai neolitikus közösségek kőeszközeit vizsgáló TéT-program eredményeiről számolt be.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



3. ábra: A történelmi korokhoz kapcsolódó tanulmányok statisztikája. A tizedes számok arra utalnak, hogy némelyik tanulmány több korszakot is érintett.

Fig. 3.: Publications by archaeological periods. Decimals are results of publications dealing with several periods.

A kilencedik tematikus szám a „Siliceous rocks and their nomenclature - an interface of mineralogy, petrography and archeology WSC2 workshop találkozóján (Budapest, MNM 2010. augusztus 24) elhangzott előadásokat tartalmazó 2010. évi 3. volt.

A tizedik tematikus összeállítást a 2011. évi 2. szám jelenti, amelyet Kropp Endre tiszteletére a malakológia témakörének szenteltük. A 2011. évi VIII. évfolyam 3. és 4. száma a Miskolcon megrendezett „Archeometria és Kognitív régészeti Konferencia” előadásainak anyagát tartalmazza.

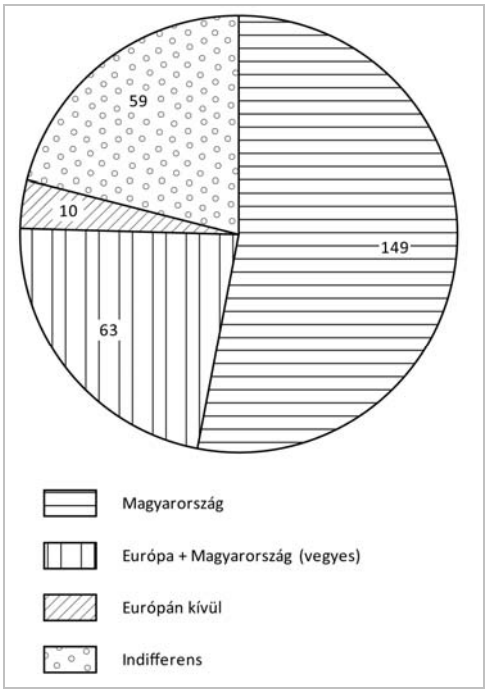
A 2013. évi X. évfolyam 3. és 4. száma a Visegrádon 2013 júniusában megrendezett nemzetközi „Animals and Archaeology Workshop” előadásait tette hozzáférhetővé. Ezáltal a folyóirat szerkesztősége komoly jelzést adott arról, hogy az állatcsontok kutatását az archeometria nem mellőzhető területének tartja.

Meglepő módon és meglehetősen megkésve az első, fémmel (bronz) foglalkozó tanulmány csak a 2007. évi IV/3. számban jelent meg. Ezt a „mellőzöttséget” némileg pótolták a témakört érintő 2011. évi VIII/4. szám írásai. „Az archeometallurgia aktuális kérdései – Fémek és társadalom: az archeometallurgia aktuális kérdései Közép-Európában a 21. század kezdetén” című munkaülés anyaga (2012. évi 2. szám) pedig kitölti a korábbi „fehér foltot”.

Az első, a történelmi Magyarország elcsatolt területeit (ez esetben Erdélyt és a Kárpátalját) érintő archeometriai vizsgálatok újkőkori csiszolt kőeszközöket és pattintott kőeszközöket célzott meg, és a 2008. évi V/2. számban kerültek közlésre.

Itt jegyzem meg, azt a számomra fájó hiányosságot, hogy az régészeti-történeti embertani minták archeometriai tanulmányozásának – egyetlen genetikai cikk kivételével (III. évf. 1. szám) – eredményei nem jelentek meg eddig periodikánkban. Remélem, a jövőben ez változni fog.

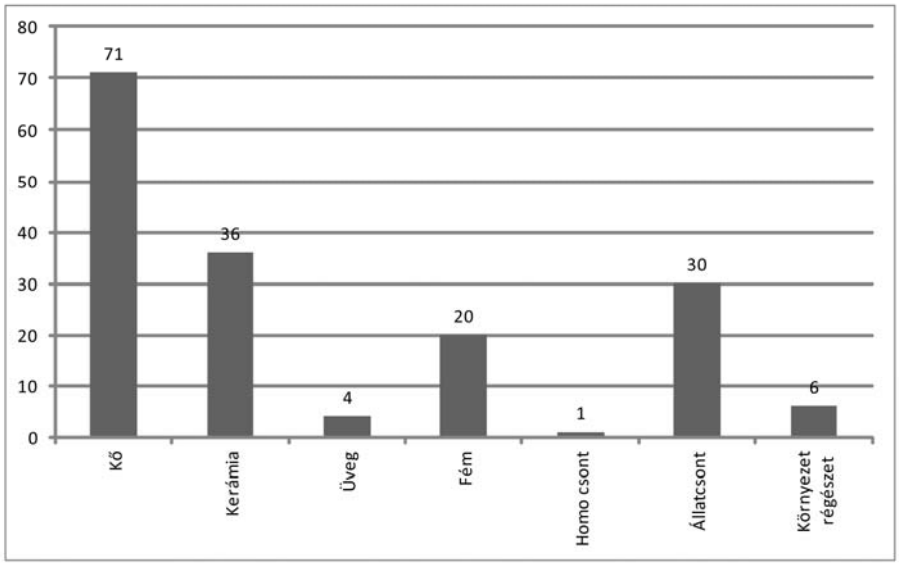
A tíz évfolyam 288 tanulmányából 154 vizsgálódásai kapcsolódnak konkrétan valamelyik történelmi korszakhoz (**3. ábra**). Itt első helyen 35 publikáció a neolitikummal foglalkozott, s az utolsó helyre 2 tanulmánnyal a törökkor került. A képzeletbeli dobogó 2. helyén holtversenyben a bronz- és a középkor áll, míg a 3. helyen – szintén holtversenyben – a paleolitikum és a római kor. (A „csak” módszertani, vizsgálati eljárásokat és módszereket közlő olyan írásokat, amelyek konkrét lelőhelyhez / országhoz nem kötődnek – természetesen nem lehetett az előző szempont szerint besorolni. Ilyennek 58-at ítéltem.)



4. ábra: A tanulmányok topográfiai megoszlása

Fig. 4.: Pie chart of regional relevance of AM studies

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



5. ábra: A vizsgált minták anyaga szerint

Fig. 5.: Publications by main raw material categories

A tanulmányok topográfiai megoszlása (**4. ábra**): 149 magyar, 63 magyar és egyszerre más európai országot is érint, továbbá 10 az Európán kívüli világgal kapcsolatos. (E nézőpontból az indifferens kategóriába soroltam pl. a nemzetközi konferencia-beszámolókat, a könyvismertetéseket.)

A vizsgált minták anyaga szerint (**5. ábra**) a kőzetek / kőeszközök (vakolatot, falfestményt is ide számoltam), a kerámia, az állatcsont és a fém a sorrend a publikációk számát tekintve.

Örömmel nyugtázhatom, hogy az AM által fontos hazai adatbázisok váltak hozzáférhetővé. Úgymint a hazai kerámiavizsgálatok annotált bibliográfiája (2007. évi IV/2.) és a magyarországi archeomágneses adatok (1966–2011) repertóriuma és mintavételi adattára (2012. évi IX/1.). Ezek hozzáférhetővé tétele ugyancsak szerkesztőnk, T. Biró Katalin és néhány lelkes munkatársa, valamint nem mellékesen a hazai archeomágneses kutatás „atyjának", azaz Márton Péternek az érdeme. Rövid írásom befejezése előtt okvetlenül szót kell ejtenem a folyóirat háttérmunkájában (pl. diákok képzése, pályázatok elnyerése, konferenciák szervezése) és a tanulmányok írásában oroszlánrészt vállalókról. Vitathatatlan T. Biró Katalin szerepe, aki csupán a III. évfolyamban nem publikált, ugyanakkor kilenc évfolyamban 17 önálló írást, valamint 14 társszerzőset (összesen 31) jegyez. Szakmány György esetében 24 társszerzővel írott és 1 önálló szerzőségű cikket vehetek számba. Kasztovszky Zsolt 14 társszerzős és 5 önálló szerzőségű (összesen 19) publikációt mondhat magáénak. Zöldföldi Judit 8 társ- és 1 önálló, Székely Balázs pedig 3 társ- és 3 önálló tanulmány szerzői voltak.

Végezetül megvallom, úgy gondolom, ma is fontos megállapításokat és programot tartalmaz a honi régészet számára Bánffy Eszternek a 2009. évi 1. számban megjelent rövid, ámde világos és lényegre törő „Földindulás? A régészet válsága és változása napjainkban / Landslide? The crisis and changes in archaeology in our deys" írása. Feltételezem, a jövő hazai régészetének és benne archeometriájának további alakításához, netán fejlődéséhez – az eddigi és a továbbiakban is garantálható lelkesedésen túl – nem lesz elegendő a „nemzeti" jelző intenzív alkalmazása. Míg a magyar jövő alakul, addig táplálkozhatunk a nemzetközi elismerésből, amelyet 2010 közepén nyert el a folyóirat. Bekerült ugyanis az Elsevier kiadó által működtetett Scopus adatbázisba, ahol a cikkek tartalmát indexelik.

Befejezésül – de nem utolsó sorban – a Szerkesztőbizottság és a folyóirat hazai és külföldi olvasóinak nevében is szeretném megköszönni az Országos Széchényi Könyvtár vezetőségének, hogy a Könyvtár által működtetett Elektronikus Periodika Adatbázis révén folyóiratunk elérhetősége mindenkor biztosított, továbbá a Nemzeti Kulturális Alapnak, hogy több füzet papírformában történő kiadását támogatta.

.

Ilon Gábor

Magyar Nemzeti Múzeum
Nemzeti Örökségvédelmi Központ
II. Regionális Iroda
9700 Szombathely, Szófia u. 33-35.
9704 Szombathely Pf. 12

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)