

# ÖSSZEFOGLALÓ AZ EBENHÖCH CSISZOLT KŐESZKÖZ GYŰJTEMÉNY ARCHEOMETRIAI VIZSGÁLATÁNAK EREDMÉNYEIRŐL

FRIEDEL ORSOLYA<sup>1</sup>, BRADÁK BALÁZS<sup>2</sup>, SZAKMÁNY GYÖRGY<sup>1</sup>, SZILÁGYI  
VERONIKA<sup>3</sup>, T. BIRÓ KATALIN<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Közettan-Geokémiai Tanszék, ELTE Természettudományi Kar, Budapest,

e-mail: [tolleetlege@gmail.com](mailto:tolleetlege@gmail.com)

<sup>2</sup>Természetföldrajzi Tanszék, ELTE Természettudományi Kar, Budapest

<sup>3</sup>Központi Fizikai Kutató Intézet, Budapest

<sup>4</sup>Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest

## Abstract

*The polished stone tool collection of Ferenc Ebenhöch, abbot-canon in Győr comprise today nearly 700 items in the Hungarian National Museum. It is of special importance due to the large quantity as well as the exquisite quality of the objects. The collection was acquired by the HNM in the late decades of the 19<sup>th</sup> century. The authors performed a complete petroarchaeological investigation project on this collection. All items were described and documented macroscopically. The main raw material groups were ascertained. All of the important groups were sampled and further investigated by petrographic, physical and geochemical methods. Thin sections were made with standard petrographic description. Magnetic susceptibility of viable pieces were measured. Non-destructive chemical analysis (Prompt Gamma Activation Analysis) was performed on selected pieces and electron microprobe analyses was done on a part of the thin sections. The dominant raw material types of the polished stone tools are different types of metabasite (greenschist-amphibolite types), serpentinite, basalt and in minor quantities, other volcanites, metamagmatites like metagabbro and occasionally hornfels, HP metamorphic rocks (eclogitic rocks) and sandstone.*

## Kivonat

*Ebenhöch Ferenc győri apát-kanonok közel 700 darabból álló csiszolt kőeszköz gyűjteménye nemcsak mennyisége, hanem az ép eszközök nagy száma és szépsége miatt is egyedülálló. A gyűjtemény a XIX. század végén került a Magyar Nemzeti Múzeum tulajdonába. Munkánk során a kőeszközökről makroszkópos leírás készült, meghatározásra kerültek a főbb kőzettípusok és csoportok. A főbb típusok jelentős részéből vékonycsiszolat készült, amelyekről mikroszkópos leírást készítettünk. A nyersanyagok pontosabb meghatározása végett a vizsgálatokat mágneses szuszceptibilitás méréssel, prompt gamma aktivációs analízissel történő kémiai elemzésekkel és ásványkémiai vizsgálatokkal egészítettük ki. A nyersanyagok között nagy mennyiségben metabázit (zöldpala-amfibolit) típusok, szerpentinít és bazalt, kisebb mennyiségben egyéb vulkanitok, metamagmatitok, elsősorban metagabbro, ritkán mész-szilikát szaruszirt, nagynyomású (eklogitos) kőzetek és homokkő fordul elő.*

KEYWORDS: POLISHED STONE TOOLS, METABASITE, GREENSCHIST, BASALT, EBENHÖCH-COLLECTION

KULCSSZAVAK: CSISZOLT KŐESZKÖZÖK, METABÁZIT, ZÖLDPALA, BAZALT, EBENHÖCH-GYŰJTEMÉNY

## Bevezetés

Ebenhöch Ferencz győri apát-kanonok csiszolt kőeszköz gyűjteménye nemcsak mennyisége, hanem az ép eszközök nagy száma és szépsége miatt is egyedülálló. Csiszolt kőeszköz gyűjteménye 691 példányból állt, melyből 216 darabot 1870 körül a Magyar Nemzeti Múzeumnak ajándékozott, 44 darab a győri Főgymnasium múzeumába (ma Bencés Gimnázium) került, ami

ma már a győri Xantus János Múzeum gyűjteményét gazdagítja, ezenkívül 40 darabot barátjának (Ebenhöch, 1876) ajándékozott. Ebenhöch 1872 után még 391 csiszolt kőeszköz példányt gyűjtött, amelyek később szintén a Magyar Nemzeti Múzeum tulajdonába kerültek. A későbbiek során a háborúk alatt sok műtárgy eltűnt, illetve megsérült, az Ebenhöch kőeszköz gyűjtemény sem maradt meg teljes egészében.



**1. ábra:** A kőkorszok régészeti lelőhelyének előfordulási területe

Eredetileg feltehetően több, mint 700 darabból állt a gyűjtemény, a leltári számozás is ezt bizonyítja. Ebből a Magyar Nemzeti Múzeum gyűjteménye, 681 darab kőkorszok került vizsgálatra. Az eddig egyedüli kőzetan-szerű feldolgozása valamikor még Ebenhöch korában történhetett meg, azóta az anyag érintetlenül pihent a múzeum Óskori Gyűjteményének raktárában. Ebenhöch a kollekción a Dunántúl északnyugati részéből, 6 megyéből, közel 70 lelőhelyről gyűjtötte össze (Ebenhöch, 1876) (**1. ábra**).

Munkánk célja a gyűjtemény kőszokzeinek archeometriai feldolgozása (elsősorban kőzetani szempontú leírása, kőzettípusainak beazonosítása, a nyersanyagok alapján főbb csoportokba sorolása, és a lehetséges nyersanyag-lelőhelyek minél pontosabb lehatárolása) volt.

### Módszerek

A kőkorszok gyűjtemény minden egyes példányáról készült makroszkópos leírás. A főbb kőzetcsoportok pontosabb beazonosításához 30 kőkorszokból készült vékonycsiszolat petrográfiai mikroszkópos elemzését is elvégeztük. A mikroszkópos vizsgálatokhoz igyekeztünk a mintákat úgy kiválasztani, hogy az reprezentatív legyen, de mivel ez roncsolásos vizsgálat, nem minden makroszkóposan elkülönített csoportból volt lehetőségünk vékonycsiszolatot készíteni. A csiszolatok petrográfiai mikroszkópos vizsgálata és a makroszkópos leírása mellett, azok kiegészítő vizsgálatoként roncsolásmentes mágneses szuszeptibilitás méréseket végeztünk, melynek segítségével sikerült a makroszkópos vizsgálatok során felállított főbb kőzetcsoportokat pontosabban meghatározni, és az egyes csoportokba a kőkorszokot biztosabban besorolni. A mérést Kappameter KT-5 típusú kézi, hordozható mágneses szuszeptibilitás mérővel végeztük.

A kémiai elemzések során 38 minta prompt gamma aktivációs analízissel történt roncsolásmentes

elemzése történt meg a Központi Fizikai Kutató Intézetben. A prompt gamma aktivációs analízis teljesen roncsolásmentes módszer, így alkalmas az értékes régészeti minták vizsgálatára (Szentmiklósi L., Kasztovszky Zs. 2007). A magmás és metamorf kőzeteken végzett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy ez a módszer megbízható eredményeket ad a főelemekről ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ), továbbá bizonyos nyomelemeket is meghatározhatunk vele: könnyű elemeket (H, B, Cl, ), nehézfémet (Cd, Hg), ritkaföldfémeket (Nd, Sm, Gd, Eu, Dy) és egyéb, bázisos kőzetekre jellemző nyomelemeket (pl. Sc, V, Co, Ni, Cr) (Kasztovszky, et al., 2000). A különböző kőzettípusok esetében azonban nem minden fent felsorolt nyomelemről és ritkaföldfémről kaptunk értékelhető adatokat. A fentiekén túlmenően 7 mintából készült elektronmikroszkopos (EPMA) ásványkémiai vizsgálat az ELTE Kőzetan-Geokémiai Tanszékén, Amray 1830 I/T6 típusú pásztázó elektron-mikroszkopával.

### Eredmények

#### Petrográfia

A **zöldpala** (metabázit) csoportba soroltuk be azokat a kőzeteket, amelyek erősen palásak, általában sötét színűek, zöldek, szürkés, feketés árnyalatúak, illetve azok variációi. Noha az ebbe a csoportba sorolt kőzetek metamorf foka gyakran meghaladja a zöldpala fáciesre jellemző értékeket, az archeometriai irodalomban ezekre a kőzetekre tágabb értelemben a zöldpala név honosodott meg (Szakmány & Kasztovszky, 2004), de a fentiek alapján helyesebb lenne metabázitnak nevezni ezeket. Ezek a zöldpala (metabázit) nyersanyagú kőkorszok a gyűjteménynek közel a háromnegyedét (398 darab) teszik ki. I-es típusú zöldpala 9 db, II/a típusú zöldpala 342 db, II/b típusú zöldpala 13 db, III. típusú zöldpala 34 db. A zöldpala (metabázit) csoport kőbaltáiról általánosságban elmondható, hogy jól polírozottak, kevésbé mállottak, alakjuk változatos. Használati nyomok láthatók rajtuk. Méretük az ujjnyi kicsi (néhány cm hosszú) vésőtől a gyűjtemény legnagyobb nyéllukas balta méretéig terjedhet, mely közel 40 cm hosszú és közel másfél kilós példány. Megmunkálásukra jellemző, hogy általában a palásság párhuzamos a vésők/balták hosszabbik oldalával, vagyis merőleges a fokára.

A zöldpala (metabázit) nyersanyagú kőkorszokot makroszkóposan megfigyelhető kőzetani tulajdonságaik alapján három csoportra különítettük el:

I. csoport: Világos-közepesen sötét zöld színű, finomszemcsés jól palás kőzetek, melyek fehér, nagyméretű (akár cm-es) földpát kristályokat vagy földpát szemcsékből álló lencsét tartalmaznak.



**2a. ábra:** Metabázit (zöldpala-amfibolit) csoportba tartozó kőeszközök makroszkópos képe



**2b. ábra:** Szerpentinit anyagú kőeszközök makroszkópos képe

Általában lapos véső baltákat alakítottak ki belőlük, de előfordul néhány kaptafa alakú balta is. Átlagos méretük 3-10 cm között van.

Polarizációs mikroszkópban megfigyelhetően a kőzetben legnagyobb mennyiségben a saját alakú, finomszemcsés amfibol (tremolit-aktinolit), illetve a finomszemcsés plagioklász (albit) fordul elő. Emellett viszonylag gyakori a nagyon finomszemcsés klinozoit-epidot, valamint található még a kőzetben opak ásványok és előfordulhat benne klorit.

II. csoport: Sötétzöld-feketészöld-zöldesfekete színű, tökéletesen palás, nagyon finomszemcsés kőzetek, melyeknél élesen elkülönül az 1 mm-nél vékonyabb sötétzöld és fekete sávokból álló palásság. Legjellemzőbb rá a kaptafa alakú forma (**2a. ábra**), de gyakori még a lapos véső balta alak is, ritkán nyéllukas változatok is előfordulnak. A kőeszközök mérete nagyon változatos, alig néhány cm-től, akár 40 cm-ig is terjedhet.

A kőzetek polarizációs mikroszkópban meghatározható ásványos összetételét tekintve, legnagyobb mennyiségben sajátalakú, nyúlt, gyakran tűs vagy szálas amfibol figyelhető meg, melynek átlagos hossza 100 µm körül van. Jellemző, hogy a palássági síkban ezek az amfibolok orientálatlanul helyezkednek el. Emellett megjelenik a bázisos plagioklász, mely vékony sávokban dúsul az amfibol mellett, kialakítva a kőzetre jellemző finom palásságot. Szórványosan megfigyelhető még kvarc, apatit, pirit és opak elegyrészek is.

Két minta előzetes elektron-mikroszondás ásványkémiái vizsgálatának eredményei alapján a II. csoportba tartozó zöldpala-metabázitokat két alcsoportra különítettük el.

A II/a típusban kétféle amfibol található az egyik magneziohornblende, a másik antofillit vagy

cummingtonit (ezt a SEM-EPMA vizsgálatokra alapján sem lehetett egyértelműen eldönteni). Az uralkodó földpát bázisos plagioklász, emellett albit csak kis mennyiségben fordul elő. Az opak ásvány kis Mn-tartalmú ilmenit, emellett a vizsgálattal kisméretű apatitot is találtunk.

A II/b típusban a földpát inhomogén, nem egyensúlyi jellegű, uralkodóan bázisos, helyenként azonban savanyú összetételű. Az antofillit vagy cummingtonit ebben a típusban is előfordul, magneziohornblendét azonban nem találtunk. Kétféle opak fázist határoztunk meg, a pirit jelentősen ritkább, mint az ilmenit. Kis mennyiségű apatit és kvarc szintén előfordul ezekben a kőzetekben.

Megjegyezzük, hogy a II/a és II/b típusú zöldpalák esetében azok magneziohornblende, illetve cummingtonitos / antofillites összetételű amfibolja, valamint a plagioklász bázisos jellege alapján a kőzetekre a metabázit elnevezés helyesebb lenne.

III. csoport: Közepesen sötét vagy sötétzöld színű, kevésbé kifejtett palás kőzetek, amelyek nagyméretű fehér színű földpát-csomókat tartalmaznak, vagyis makroszkópos megjelenésükben nem hasonlítanak az előző két csoport tagjaihoz. E csoport kőzeteiből készült vékonycsiszolatok mikroszkópos vizsgálata azt mutatja, hogy a kőzet uralkodóan finomszemcsés, kissé nyúlt, halványzöld-olajzöld, gyengén pleokroós, vagy szintelen amfibolból és kevés opakásványból áll. A makroszkóposan is jól látható fehér csomók nagyon rosszul kristályos saussuritból állnak. Az ásványos összetétel alapján a kőzet finomszemcsés amfibolit.

A *serpentinit* anyagú kőbalták változatos színben fordulnak elő a gyűjteményben. Leggyakrabban zöldes-sárgás és vöröses színűek (**2b. ábra**), de van néhány sötét, majdnem fekete vöröses árnyalatú és fehéres-kékes színű is.

**1. táblázat:** A metabázit (zöldpala-amfibolit) anyagú kőszközök PGAA-val mért kémiai összetétele (főelemek %-ban a nyomelemek adatai ppm-ben megadva).

Leltári szám	Típus	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
1876.300.84.	I	50,04	1,32	13,77	8,94	0,15	8,72	11,40	2,63	2,84	2,84
1876.300.99.	I	48,31	1,29	15,20	8,97	0,20	9,47	8,60	4,11	<KH	3,78
1876.300.218.	I	47,48	0,93	15,90	7,78	0,14	9,31	10,88	3,70	0,24	3,47
1871.285.III.113.	II/a	56,65	2,47	11,26	11,85	0,16	6,57	6,48	3,15	0,11	1,22
1877.19.29.	II/a	46,12	2,96	11,26	13,47	0,16	11,79	8,99	1,46	<KH	3,39
1876.300.269.	II/a	48,59	1,93	7,70	15,60	0,23	15,81	5,38	0,32	0,80	3,25
1876.300.168.	II/a	48,64	1,89	7,41	13,33	0,20	15,15	8,82	0,79	0,61	2,43
1871.285.III.100.	II/a	49,16	3,38	10,98	14,00	0,21	8,81	10,41	1,32	0,20	1,38
1876.300.50.	II/a	54,76	3,56	9,73	12,51	0,14	6,61	10,08	0,94	0,25	1,32
1876.300.63.	II/a	49,59	4,20	11,45	14,20	0,20	6,92	10,18	1,75	0,07	1,33
1876.300.110.	II/b	55,94	3,39	10,40	12,85	0,18	5,56	8,91	1,12	0,20	0,92
1876.300.116.	II/b	49,00	2,34	8,83	14,29	0,24	16,93	1,60	0,46	1,64	3,54
1877.19.97.	III	44,06	0,92	20,03	8,06	0,15	7,89	12,74	2,66	0,44	2,94

Leltári szám	Típus	B	S	Cl	Sc	V	Cr	Co	Ni	Nd	Sm	Gd
1876.300.84.	I	<KH	<KH	140	50	319	673	107	<KH	22,5	2,22	1,95
1876.300.99.	I	<KH	<KH	83	33	298	<KH	<KH	<KH	<KH	2,19	3,72
1876.300.218.	I	4,03	<KH	113	27	254	693	<KH	<KH	17,7	1,11	<KH
1871.285.III.113.	II/a	<KH	<KH	239	39	285	<KH	<KH	<KH	<KH	5,10	6,70
1877.19.29.	II/a	0,86	1541	149	<KH	<KH	<KH	60	<KH	47,6	5,51	5,85
1876.300.269.	II/a	21,62	1001	179	34	284	269	128	<KH	29,4	2,70	4,08
1876.300.168.	II/a	12,25	2585	154	12	208	<KH	70	<KH	<KH	2,86	3,49
1871.285.III.100.	II/a	1,70	<KH	<KH	39	368	393	215	<KH	<KH	5,33	7,00
1876.300.50.	II/a	2,49	<KH	<KH	32	339	285	<KH	<KH	44,0	5,35	6,89
1876.300.63.	II/a	<KH	<KH	87	40	371	<KH	284	<KH	<KH	7,29	8,39
1876.300.110.	II/b	0,97	1825	80	<KH	297	<KH	<KH	<KH	61,7	7,33	7,49
1876.300.116.	II/b	58,18	3847	105	30	258	267	98	283	<KH	3,62	5,04
1877.19.97.	III	13,85	<KH	<KH	27	<KH	447	164	<KH	<KH	1,77	3,08

Felületük kitűnően polírozott, mállási kéreg nem figyelhető meg rajtuk, de néhány esetben a mállás hatására a felületen a szín kivilágosodhatott. Méretük változatos, sokra jellemző a nyéllukas alak, ezeknél gyakori, hogy a sérült példányok elsősorban a nyélluknál törtek el. Emellett elenyésző mennyiségben előfordul lapos vésőbalta is közöttük, ezek általában színben is eltérnek a nyéllukas változatoktól, sötétebb színűek, majdnem feketék. A

szerpentin balták tipikus ásványos összetétele a mikroszkópos vizsgálatok alapján antigorit, krizotil, illetve másodlagos opak ásványok. Esetenként piroxén reliktumok megfigyelhetők. A metamorfózis előrehaladtával egyes példányokban ritkán amfibol is képződött. Felületük kitűnően polírozott, mállási kéreg nem figyelhető meg rajtuk, de néhány esetben a mállás hatására a felületen a szín kivilágosodhatott.

**2. táblázat:** A bazalt anyagú kőeszközök PGAA-val mért kémiai összetétele (főelemek %-ban a nyomelemek adatai ppm-ben megadva).

Leltári szám	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3t</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
1871.285.II.4.	46,20	2,32	13,91	11,28	0,15	9,50	9,86	3,43	2,44	0,83
1876.300.29.	58,06	1,47	12,77	8,19	0,13	4,97	5,62	5,29	1,03	2,37
1876.300.66.	47,27	2,30	14,32	10,78	0,20	7,32	10,10	3,91	3,08	0,64
1876.300.91.	51,72	2,03	12,10	12,39	0,23	5,80	9,54	3,21	0,20	2,49
1876.300.475.	53,69	0,80	13,13	8,62	0,13	9,21	7,93	2,23	1,22	2,81
1877.19.24.	45,82	2,48	13,10	10,42	0,20	10,54	10,08	3,88	2,89	0,43

Leltári szám	B	S	Cl	Sc	V	Cr	Co	Ni	Nd	Sm	Gd
1871.285.II.4.	0,52	<KH	883	<KH	<KH	<KH	49	<KH	<KH	5,56	4,48
1876.300.29.	1,23	<KH	287	29	260	<KH	>KH	<KH	<KH	5,44	7,19
1876.300.66.	<KH	<KH	676	26	<KH	<KH	<KH	<KH	65	5,02	<KH
1876.300.91.	<KH	651	357	40	431	<KH	68	<KH	<KH	3,74	6,40
1876.300.475.	0,79	<KH	204	25	266	923	<KH	159	31	2,43	2,73
1877.19.24.	<KH	<KH	786	26	383	<KH	<KH	<KH	64	6,06	6,02

KH - kimutatási határ

A **bazalt** anyagú kőeszközökre jellemző, hogy sötét, fekete vagy csaknem fekete színűek, tömöttek, finomszemcsésék. Felületükön vékony, szürkés mállási kéreg alakult ki, de a frissen vágott felület már sötét, csaknem fekete színű üde kőzetet mutat. Főként lapos véső baltákat készítettek bazaltból, ritkábban kaptafa alakú balta is található a gyűjteményben ebből a nyersanyagból. Szabad szemmel ritkán fekete piroxén, illetve zöld olivin apró kristályai ismerhetők fel. Polarizációs mikroszkóp alatt megfigyelhető, hogy az olivin és klinopiroxén fenokristályok mellett az alapanyag finomszemcsés, sok tús plagioklász, finomszemcsés piroxént, opakásványt és változó mennyiségű kőzetüveget tartalmaz. Esetenként - zömében kvarc- és piroxénből álló - kéregzárványok, illetve azok szegélyén kialakult finomszemcsés piroxénből és kevés csillámból álló aggregátumok is előfordulnak.

A ritkábban előforduló nyersanyagból álló csiszolt kőeszközök közül a **mész-szilikát szaruszirt (hornfels)** zöldesszürke-szürkészöld, nagyon finomszemcsés, sávos kőzet, amely finomszemcsés klinopiroxén, valamivel jobban kristályos Ca-gazdag plagioklász, valamint elszórtan, apró opakásványok szorosan összefogazódott szemcséiből áll. A **nefrit** csaknem monomineralikus, szálas tremolit-aktinolit kévékből álló kőzet. A **nagynyomású metamorfítok**

(eklogit/jadeitit/omfacitit) zöld, tömött, masszív, nagyon ritka kőzetek, az eszközök szinte teljesen ép példányai miatt ezekből nem volt lehetőségünk vékonycsiszolatot készíteni.

A **metagabbró**, illetve durvaszemcsés amfibolitok nagyon változatos összetételűek. Színük változatos, szemcseméretük általában több milliméteres nagyságrendű. Az eredeti klinopiroxén többé-kevésbé átalakult, gyakran teljesen amfibolosodott, gyakori a kloritosodás. A plagioklász saussuritesedett, szegélyén gyakori az új albit képződése. Egyes típusok eredetileg rombos piroxént is tartalmaztak, amelyek szélén a metamorfózis hatására barna amfibol képződött. További típusként réteges (layered) gabbró átkristályosodott változataival is találkoztunk.

A **vulkanit** anyagú balták közül az andezit általában szürke színű, benne üveg- és kristályos plagioklász és augit fenokristályok fordulnak elő sok kőzetüveget tartalmazó alapanyagban, a kőzet szövete általában hialopilites. A piroxén esetenként kumuloporfir alkot. A látit-trachit az andezitnél világosabb színű, fenokristályai elsősorban a nagyméretű sanidín és a kisebb mennyiségben és méretben előforduló plagioklász. Emellett ritkán barnaamfibol is előfordul. Az alapanyagban a közel párhuzamosan elhelyezkedő léces földpátok mellett klinopiroxén, amfibol és opakásvány fordul elő.

## Mágneses szuszceptibilitás (MS, $\kappa$ ) mérések eredménye

Kőzetleletek mágneses szuszceptibilitás mérésének archeometriai területen történő felhasználása az 1990-es évektől került előtérbe (Thorpe, W.O. & Thorpe R.S., 1993). Magyarországi csiszolt kőszköz leletanyagon először Bradák et al. (2005) végeztek ezzel a módszerrel nagy mennyiségű elemzést. A módszer, nagy előnye hogy gyors, roncsolásmentes vizsgálat végezhető vele. Segítségével a különböző  $\kappa$  értékek alapján pontosítani lehet a petrográfiai leírás során elkülönített kőzetcsoportokat, ennek különösen a nagyon finomszemcsés kőzetekből készült kőszközöknél volt jelentősége, emellett a feltételezett nyersanyag-lelőhelyek kőzetanyagának mérésével párhuzamosításokra is lehetőség nyílik. (Přichystal & Trnka. 2001).

Az Ebenhöch-gyűjtemény bazalt anyagú kőszközzeiről megállapítható, hogy a  $\kappa$  értékek nem különböznek egymástól határozottan. Megfigyelhető egy kisebb számú eszközökből álló „csoport” melynek értéke nem haladja meg a  $1 \times 10^{-3}$  SI-t. A másik „csoport”, mely magas  $\kappa$  értékeket mutat, a bazalt anyagú eszközök többségét foglalja magába. Átlagosan  $4 - 35 \times 10^{-3}$  SI érték közé esnek ezeknek az eszközöknek a mágneses szuszceptibilitás értékei. A két érték között hiátus van, ez alapján a két bazalt típus MS alapján jól elkülöníthető egymástól. A bazaltokhoz makroszkóposan hasonlító, sötét színű, finomszemcsés, de kisebb MS értékkel rendelkező kőszközök nem különíthetők el egyértelműen mágneses szuszceptibilitás vizsgálattal ettől a csoporttól, hiszen a bazaltok esetében is előfordulnak kisebb  $\kappa$  értékek, összességében azonban azt mondhatjuk, hogy a bazaltokra általában a viszonylag magas ( $> 4 \times 10^{-3}$  SI) értékek jellemzőek.

A zöldpala (metabázit) eszközök mágneses szuszceptibilitás értékei alapján két nagy csoportot sikerült elkülöníteni. A legtöbb zöldpala kőszköz mágneses értéke  $0,1$  és  $2,6 \times 10^{-3}$  SI érték közé esik. Ettől jól elkülönül az a zöldpala típus, melynek szuszceptibilitása  $4$  és  $60 \times 10^{-3}$  SI közötti értékekkel jellemezhető. Az első csoport, melynek  $\kappa$  értékei  $0,1$  és  $2,6 \times 10^{-3}$  SI érték közé esnek, makroszkópos tulajdonságai alapján elkülöníthető két alcsoportra. Eredményeinket összehasonlítva a Bradák et al. (2005) munkájában nagyszámú kőszközökből és feltételezett nyersanyag-lelőhelyekről származó kőzetekből végzett mágneses szuszceptibilitás mérési eredményekkel, a kis  $\kappa$  értékekkel jellemezhető két

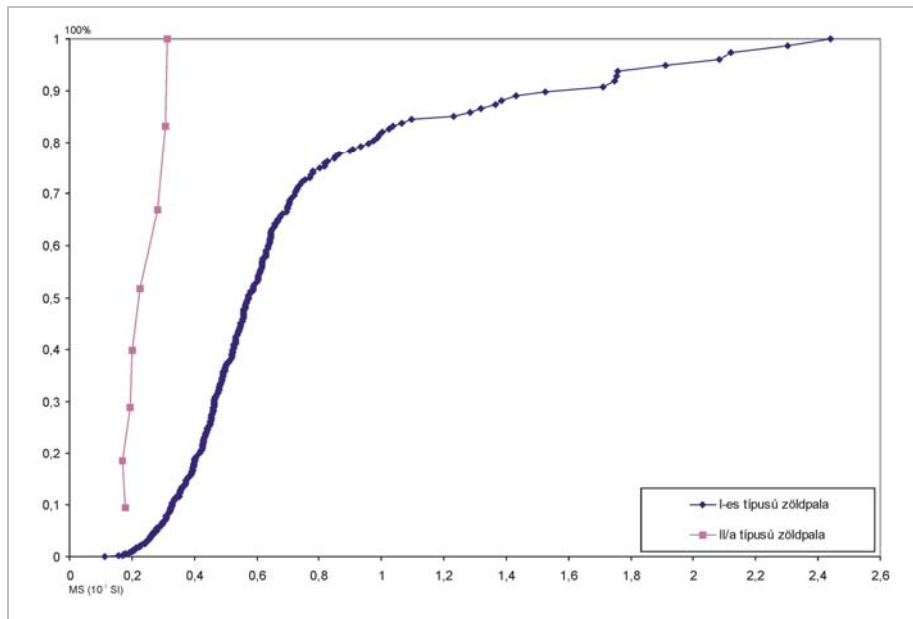
alcsoportot makroszkópos és mágneses tulajdonságaik alapján egyrészt Felsőcsatári típusú, másrészt a Cseh-masszívum északi részéből, Železný Brod környékéről származó zöldpalákkal azonosíthatjuk. A nagy mágneses értékkel rendelkező csoport tagjai, amelyek sem makroszkóposan sem mikroszkóp alatt nem különíthetők el határozottan a kis mágneses értékkel rendelkező, Cseh-masszívum-beli zöldpaláktól, szintén a Cseh-masszívumból, de annak délkeleti részén, Želešice környékén előforduló zöldpalák MS értékeihez hasonlóak (3. ábra).

A zöldpalákon kívül a gyűjtemény jelentős hányadát teszik ki további metamorf kőszközök, ezek elsősorban a szerpentinitek, nefrittek, eklogitok és jadeititek. A szerpentinitek MS értékei még akár egy kőbaltán belül is tág intervallumban mozognak, amit részben a nagy mágneseshetőségű opak ásványok inhomogén eloszlása okozhat, emellett azonban a mállás is befolyásolhatja a MS értékeket. Nem zárható ki azonban, hogy a szerpentinitek eltérő területekről és földtani egységekből való származása okozza az eltérő értékeket, erre a szerpentinítből készült kőszközök eltérő formája és színe is utal. Általában azonban, a szerpentinitek  $\kappa$  értékei noha változóak, de uralkodóan nagy értéket mutatnak ( $20-90 \times 10^{-3}$  SI), és csak egyes esetekben fordulnak elő ennél kisebb értékek (minimálisan  $0,02 \times 10^{-3}$  SI). Ezen tulajdonságból kifolyólag a mágneses mérés segítségével történő biztos elkülönítés csak korlátozottan lehetséges, ez további részletes vizsgálatot igényel.

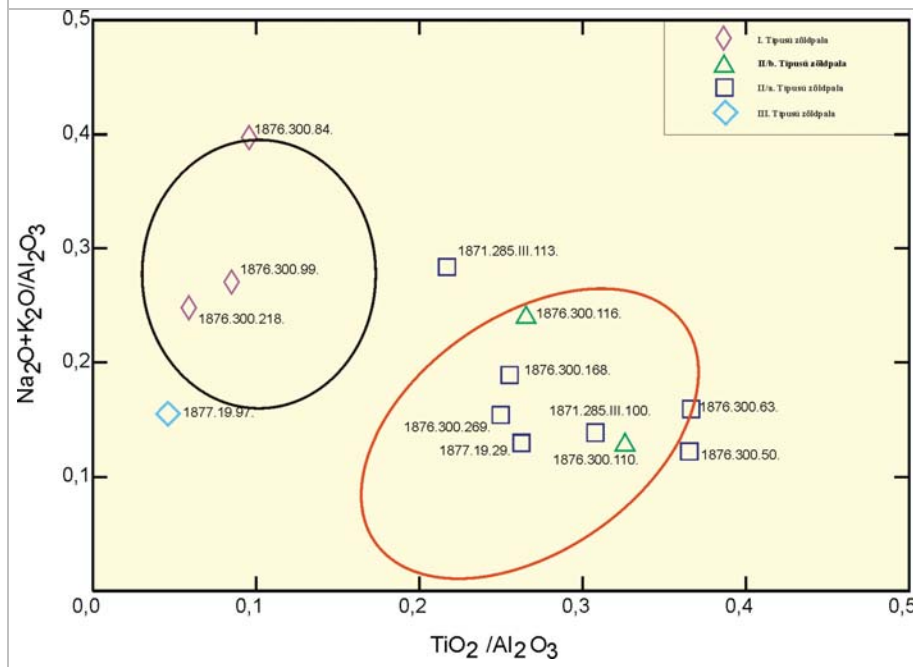
Az Ebenhöch-gyűjteményben előforduló nagynyomású metamorfotokra jellemző a kis mágneses szuszceptibilitás érték. Az értékeik átlagosan  $0,02$  és  $0,9 \times 10^{-3}$  SI érték közé esnek, ezen belül a vasban szegény jadeititét jelentősen kisebb, mint az eklogitét. A nefrit eszközök mágneses szuszceptibilitása  $0,1$  és  $0,7 \times 10^{-3}$  SI értékek közé esik, amely a nem jadeitites nagynyomású metamorfotok MS értékeivel esik egybe.

## Prompt gamma aktivációs analízis (PGAA)

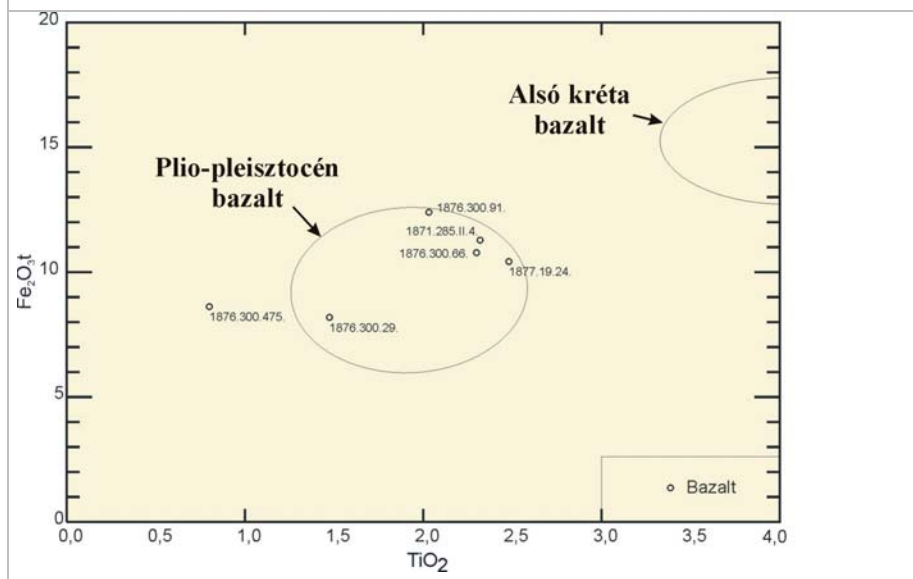
38 kőszközről készült PGAA módszerrel kémiai elemzés, melyek között elsősorban zöldpala (metabázit) és bazalt anyagú eszközöket választottunk ki elemzésre, egyrészt mivel ez a két kőzettípus jelentős mennyiségben szerepelt a nyersanyagok között, másrészt azért, mert ezekről állnak rendelkezésre korábbi munkákból származó alapadatok (Szakmány & Kasztovszky 2004; Fűri et al., 2004) (1. és 2. táblázat).



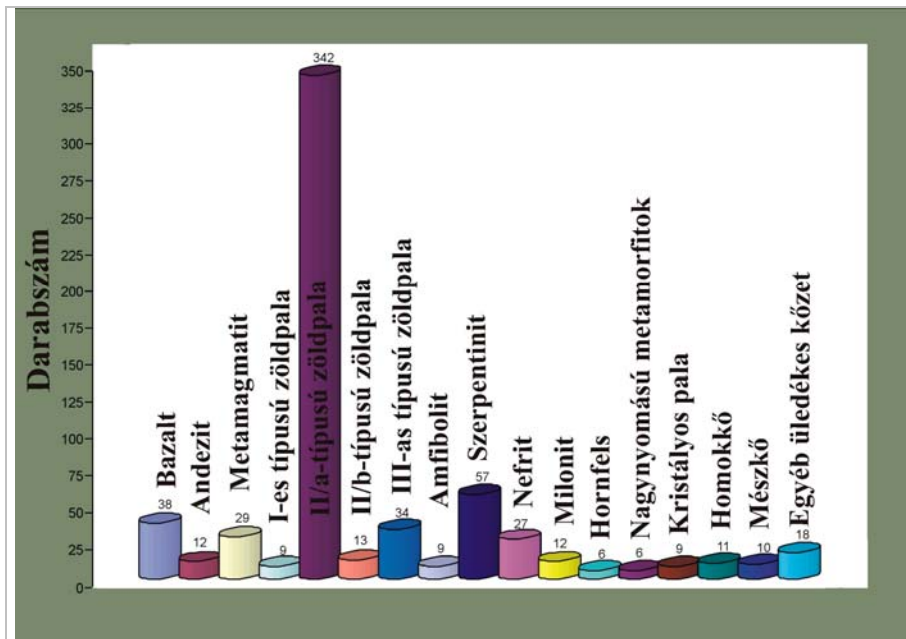
3. ábra: I-es és II/a-típusú zöldpala mágneses szuszceptibilitás adatai alapján készült diagram.



4. ábra: I-es és II-es típusú zöldpala PGAA mérési eredményei a  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  diagramon. A kijelölt területek Szakmány és Kasztovszky (2004) alapján a felsőcsatári és cseh-masszívumbeli zöldpalák összetételét jelölik (Vörös – Cseh-masszívum, fekete – Felsőcsatár)



5. ábra: Az Ebenhőchgyűjteményből származó bazalt kőeszközök mérési eredményei a  $(\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{TiO}_2)$  diagramon. A jelölt pontok az Ebenhőchgyűjtemény mintái, a bekarikázott terület pedig egyrészt a Plio-pleisztocén bazaltokból származó kőeszközök összetételét, másrészt az alsó kréta bazaltok összetételét mutatja (Füri et al., 2004)



**6. ábra:** A kőeszközök nyersanyagának gyakorisági eloszlása

A metabázit (zöldpala) kőeszközökön mért adatainkat összevetve Szakmány és Kasztovszky 2004-es adataival, megállapítható, hogy az Ebenhöch-gyűjteményben előforduló I-es típusú zöldpalák a Felsőcsatárról származtatott kőeszközökkel, a II-es típusú eszközök pedig a Cseh-masszívumból származtatott kőeszközök összetételével mutatnak jelentős hasonlóságot.

Eredményeink megerősítik, hogy a Cseh-masszívum területéről származó II/a ("Železný Brod"- típusú zöldpala) és II/b ("Želešicei" – típusú zöldpala) minták PGAA módszerrel nem különíthetők el egymástól (**4. ábra**).

Az Ebenhöch-gyűjtemény bazalt kőeszközein mért adatainkat, összevetve Furi et al. (2004) által a Kisalföldről és Balaton-felvidékről származtatott plio-pleisztocén bazaltok PGAA módszerrel mért kémiai összetételi adataival, ezek közel egybe esnek, ahogy azt az **5. ábra** mutatja.

#### **A nyersanyag típusok gyakorisága:**

Az Ebenhöch-gyűjtemény csiszolt kőeszközeinek nyersanyagai között uralkodó mennyiségben a zöldpala-metabázit csoport (összesen 4 alcsoportra osztható), azon belül is elsősorban a IIa eszköztípus uralkodik, közel 50%-os aránnyal. Kisebb mennyiségben a szerpentinit (8,5%) valamint a vulkanitok közül a bazalt (5,5%) fordul elő. Kis mennyiségben neutrális vulkanitok (andezit, trachit és látit) (közel 2%), metagabbroidális kőzetek (4%), és nefrit (közel 4%) fordul elő. Nagyon ritkán (<2%) találhatunk kristályos pala és milonit nyersanyagú, továbbá elszórtan mész-szilikát szaruszirtból (hornfels), telér kőzetekből, nagynyomású metamorfitek (eklogit, jadeit) és üledékes kőzetekből (homokkő, mészkő, márga) készült kőeszközöket a gyűjteményben (**6. ábra**).

#### **Diszkusszió – összefoglalás**

Munkánk során a Magyar Nemzeti Múzeum tulajdonát képező Ebenhöch csiszolt kőeszköz gyűjtemény 681 leletének archeometriai feldolgozását végeztük el. A kőeszközök petrográfiai leírása után a főbb nyersanyagcsoportok meghatározását végeztük el, amelyhez mágneses szuszceptibilitási és geokémiai vizsgálatokat is segítségül hívtunk.

A kőzettani meghatározásokkal együtt megkíséreltük meghatározni, illetve lehatárolni a kőeszközök nyersanyagának származási helyét, amelyet az alábbiakban vázolunk (**7. ábra**).

A csiszolt kőeszközök között legnagyobb számban metabázit (zöldpala-amfibolit) fordul elő, arányuk a gyűjteményben meghaladja a 60%-ot. Vizsgálataink alapján négy típust különítettünk el: Az I-es típusú „valódi” zöldpalák a Felsőcsatári zöldpalákkal mutatnak rokonságot, a II-es típusú zöldpalák, amelyek összetételük alapján amfibolit fáciesbe tartozó metabázitok a Cseh-masszívum hasonló megjelenésű és összetételű kőzeteivel mutatnak nagyfokú hasonlatosságot. Ezen belül a kis MS értékkel rendelkező kőzettípus ("Železný Brod"- típusú zöldpala), a Cseh-masszívum északi részéről, a Jizerské Hory hegységből, a nagy MS értékkel rendelkező kőzettípust ("Želešice" – típusú zöldpala), pedig a Cseh-masszívum déli részéről Želešice mellett előforduló zöldpala kőzettéstől származtatható. Külön ki kell emelnünk, hogy a két fajta Cseh-masszívumbeli zöldpala egyéb általunk használt analitikai módszerrel nem volt elkülöníthető, ezért ezek részletes, elsősorban további ásványkémiai vizsgálata a jövőben feltétlenül indokolt lenne.





**7. ábra:** A kőszközök nyersanyagának lehetséges származási

A negyedik típusú zöldpala - amely összetétele alapján finomszemcsés amfibolit - nyersanyagának származási helyét egyelőre nem sikerült meghatározni., hasonló összetételű kőzetek a Kis-Kárpátokban előfordulnak, de ezekkel eddig összehasonlító elemzés nem történt. Zöldpala-metabázit anyagú kőszközök a Kárpát-medencében számos helyen kerültek elő, így például a Mihályd gyűjteményben is ez a legnagyobb példányszámú nyersanyag-típus (Szakmány et al. 2001), de más leletanyagban is megtalálhatóak (pl. Szakmány 1996, Judik et al. 2001, Oravecz & Józsa 2004, 2005.) uralkodó mennyiségben azonban a Dunántúl, annak is nyugati és északnyugati régiójából származó leletgyűjtéseiben fordulnak elő.

A zöldpala mellett a másik két domináns mennyiségben megjelenő kőzetcsoporthoz a szerpentinit (57 darab), és a bazalt (38 darab). A bazaltok esetében, az ásványos és a kémiai összetétel alapján feltételezzük, hogy a nyersanyag a Kisalföld, vagy a Balaton-felvidék valamelyik bazaltvulkánjának anyagából származhat.

A szerpentinitnek nyersanyagát egyelőre szintén nem sikerült pontosan azonosítani, a nyersanyagok

eredetét korábbi más leletanyagban történő vizsgálati eredményekkel és az irodalomban szereplő adatokkal összevetve a Keleti Alpok Penninikumából (pl. Nikl et al 2002), illetve a Gogolów – Jordanów-hegységből valószínűsítjük (Skoczylas et al., 2000).

A hornfels (mész-szilikát szaruszirt) anyagú kőszközök szinte az egész Kárpát-medencében előfordulnak a kora neolitikumtól kezdődően, D-i, DK-i irányban jellemzően növekvő mennyiséggel. A kőzetek származása egyelőre nem ismert, eddigi feltételezések szerint a Banatit-öv kontaktusából származhatnak (Starnini & Szakmány, 1998; Starnini et al., 2007). Az ásványos összetétel (diopszid, anortitos összetételű plagioklász) mindenképpen nagy hőmérsékletű kontaktust jelez.

A nefrit kőszközök nyersanyagának származási helyét egyes szerzők a Gogolów – Jordanów-hegységből (Dél-Lengyelország) származtatják (Skoczylas et al., 2000).

A nagynyomású metamorfit nyersanyagú kőszközök széles körben elterjedtek a Ny-Alpok és a Pó-síkság területén. Az Ebenhöch gyűjteményben fellelt néhány példány alakja, színe és kémiai összetétele hasonlít egyes alpi típusokra,

ezért feltételezhetően onnan származtathatjuk ezeket (D'Amico & Starnini, 2000, D'Amico & Starnini, 2003).

A durva szemcsés amfibolitok és a metagabbrók, a Kárpát-medencei kőszköz leletanyagokban, elsősorban a Dunántúlon sok lelőhelyen előforduló nyersanyag típusok. A nyersanyag lelőhely azonosítása egyelőre még nem megoldott, mivel a Kárpát-medence környezetében számos helyen fordul elő amfibolit (Ny-, és K-Kárpátok, Száva-Vardar zóna), illetve metagabbró is, és egyelőre részletes összehasonlító archeometriai vizsgálata még nem történt meg. A terület közelsége alapján az amfibolit feltételezhetően a Ny-Kárpátokból, a metagabbrók pedig a Keleti-Alpokból származhatnak.

Andezitből és más neutrális vagy savanyú vulkanitból csiszolt kőszköz általában ritkán készült, ezek a kőzetek inkább elsősorban szerszámkő alapanyagául szolgáltak. Az Ebenhöch gyűjteményben előforduló kevés andezit anyagú kőbalta nyersanyagához hasonló andezit típusok a Közép Szlovák Vulkáni Területen, esetleg a Börzsönyben fordulnak elő (Hovorka & Illášová, 1996., Szakmány, 1996). A trachit-látit eredete szintén kérdéses, ennél a nyersanyagnál azonban érdemes megjegyezni, hogy ehhez a kőzettípushoz teljesen hasonló megjelenésű és összetételű kőzettömbök előfordulnak, Győr közelében pleisztocén kavicsösszletben (Józsa S. szóbeli közlés).

### **Köszönetnyilvánítás:**

A munkát az OTKA K. 62874 számú pályázat támogatta. Külön köszönet jár a Magyar Nemzeti Múzeumnak, hogy az Ebenhöch gyűjteményét vizsgálati célokból a rendelkezésünkre bocsátotta. Köszönjük Kasztovszky Zsoltnak, Józsa Sándornak és az ELTE TTK Kőzettan-Geokémiai Tanszék többi dolgozójának a munka során nyújtott sok segítséget. Köszönet jár Egry Ildikónak is, az egykori győri múzeumi háttér megismeréséhez nyújtott segítségével.

### **Irodalomjegyzék:**

BRADÁK, B., SZAKMÁNY, GY. & JÓZSA, S. (2005): Mágneses szuszceptibilitás mérések – új módszer alkalmazása csiszolt kőszközök vizsgálatában. – *Archeometriai Műhely* **II/1** 13-22. [www.ace.hu/am](http://www.ace.hu/am)

D'AMICO, C. & STARNINI, E. (2000): Eclogites, jades and other HP-metaophiolites of the Neolithic polished stone tools from Northern Italy. - *Krystalinikum* **26** 9-20.

D'AMICO, C. & STARNINI, E. 2003: Eclogites, jades and other HP-metaophiolites employed for

prehistoric polished stone implements in Italy and Europe – *Periodico di Mineralogia* **73** 17-42.

EBENHÖCH, F. 1876: Győr vidékének kőkorszaki leletei – *Magyar Orvosok és Természetvizsgálók Nagygyűléseinek Munkálatai* 249-260.

FÜRI, J., SZAKMÁNY, GY., KASZTOVSZKY, ZS. & T. BIRÓ, K. 2004: The origin of the raw material of basalt polished stone tools in Hungary - *Slovak Geological Magazine* **10/1-2** 97-104.

HOVORKA, D. & ILLÁŠOVÁ, L. 1996: Neolithic Eclogite hammer from the Nitriansky Hrádok (Western Slovakia) – *Geologica Carpathica* **47/6** Bratislava 1996 367-370.

JUDIK, K., BIRÓ, K. & SZAKMÁNY, GY 2001: Petroarchaeological research on the Lengyel Culture polished stone axes from Aszód, Papi földek. in: Regenye, J. (ed.): *Sites and Stones: Lengyel culture in Western Hungary and beyond.* - Directorate of the Veszprém county Museums, Veszprém, 119-129.

KASZTOVSZKY, ZS., RÉVAY, Z, BELGYA, T, MOLNÁR G.L. & SZAKMÁNY, GY. 2000: Investigation of Neolithic Greenschist Polished Stone from Charpatian-Pannonian Basin, Hungary by Prompt Gamma Activation Analysis. – Abstract, *32nd International Symposium Archadeometry*, Mexico City.

NIKL, A., SZAKMÁNY, GY. & T. BIRÓ K 2002: Petrological-geochemical studies of Neolithic stone tools from Tolna County, Hungary. In: Jerem, E & T. Biró, K. (eds.): *Archaeometry 98 Proceedings of the 31st Symposium, Budapest, April 26-May 3, 1998.* – *BAR International Series* **1043 (II)** Oxford 777-781.

ORAVECZ, H. & JÓZSA, S. 2004: Archaeological and petrographic investigation of polished stone tools of the Neolithic and Copper Age period from the collection of the Hungarian National Museum. – *Slovak Geological Magazine* **10** 105-134.

ORAVECZ, H. & JÓZSA, S. 2005: A Magyar Nemzeti Múzeum újkőkori és rézkori csiszolt kőszerszámainak régészeti és petrográfiai vizsgálatának eredményei. - *Archeometriai Műhely* **II/1** 23-47. [www.ace.hu/am](http://www.ace.hu/am)

PŘICHYSTAL, A. & TRNKA, G. 2001: Raw materials of polished stone artefact from two sites in Lower Austria – *Slovak Geological Magazine* **7/4** 337-339.

SKOCZYLAS, J., JOCHEMCZYK, L., FOLTYN, E. & FOLTYN, E. 2000: Neolithic serpentinite tools of west-central Poland and Upper Silesia - *Krystalinikum* **26** 157-166.

STARNINI, E. & SZAKMÁNY, GY. 1998: The lithic industry of Neolithic sites of Szarvas and Endrőd (southern-eastern Hungary): typological

and archaeometrical aspect - *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **50** 279-342.

STARNINI, E., SZAKMÁNY, GY. & WHITTLE, A. 2007: Polished, ground and other stone artefacts. In: Whittle, A. (ed.): The Early Neolithic on the Great Hungarian Plain. Investigation of the Körös culture site of Ecségfalva 23, County Békés – *Varia Archaeologica Hungarica* **21**. Budapest 667-676.

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

SZAKMÁNY, GY., FÜRI, J. & SZOLGAY, ZS 2001: Outlined petrographic results of the raw materials of polished stone tools of the Mihályd-

collection, Laczkó Dezső Museum, Veszprém (Hungary). in: Regénye, J. (ed.): *Sites and Stones: Lengyel Culture in Western Hungary and beyond.* - Directorate of the Veszprém county Museums, Veszprém, 109-118.

SZAKMÁNY, GY. & KASZTOVSZKY, ZS. 2004: Prompt Gamma Activation Analysis, a new method in the archaeological study of polished stone tools and their raw materials - *European Journal of Mineralogy* **16** 285-295.

SZENTMIKLÓSI L. & KASZTOVSZKY ZS. 2007: Prompt Gamma Aktivációs Analitikai Gyakorlat - Az ELTE vegyész- és mérnök-fizikus szakos hallgatói számára – MTA Izotópkutató Intézet, 2007

THORPE, W O. & THORPE, R. S. 1993: Magnetic susceptibility used in non-destructive provenanceing of roman granite columns - *Archaeometry* **35/2** 185-195.



# GORZSA KÉSŐ NEOLIT TELL TELEPÜLÉSRŐL ELŐKERÜLT KŐESZKÖZÖK ARCHEOMETRIAI VIZSGÁLATÁNAK ELŐZETES EREDMÉNYEI (TISZA KULTÚRA, DK MAGYARORSZÁG)

SZAKMÁNY, GY.<sup>1</sup> – STARNINI, E.<sup>2</sup> – HORVÁTH, F.<sup>3</sup> – BRADÁK, B.<sup>4</sup>

<sup>2</sup>ELTE Közettan-Geokémiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

E-mail: [gyorgy.szakmany@geology.elte.hu](mailto:gyorgy.szakmany@geology.elte.hu)

<sup>2</sup>Genovai Egyetem Régészeti és Klasszikus Filológiai Tanszék, Genova

<sup>3</sup>Móra Ferenc Múzeum, Szeged

<sup>4</sup>ELTE Természetföldrajzi Tanszék, Budapest

## Abstract

*A multidisciplinary study of the stone tool assemblage from the Late Neolithic, tell settlement of Hódmezővásárhely-Gorzsa (Tisza Culture) is in progress, involving traditional typological classification of instruments combined with functional analyses and archaeometric analyses for the study of raw material provenance. The site lies at the confluence of the Tisza and Maros rivers in the Great Hungarian Plain, where stone resources are not directly available and had to be acquired from distant areas. In terms of absolute chronology, <sup>14</sup>C calibrated dates place the occupation of the tell roughly between 4970-4380 Cal BC.*

*During several seasons of excavations, conducted from 1978 to 1996, ca 1,000 square meters of the tell settlement were investigated and about 820 stone artefacts were collected. This paper is provide a preliminary report on the archaeometric analyses of the polished and ground stone assemblage from this tell-site.*

*Raw material determination was conducted starting with macroscopic and petrographic microscopic studies in thin section, together with magnetic susceptibility measurements.*

*The dominant raw material types of the polished, cutting edged stone tools are hornfels, basalt, basic intrusive and dyke rocks (dolerite-metadolerite-metamicrogabbro), moreover several other rock types were used subordinately. Among the grinding stones and abrasive implements, the most important raw materials are different types of sandstones, andesite, granitoide-metagranitoide, mica rich metasedimentary rocks, quartzite and limestone.*

*Studies of ceramics and chipped stone tools have shown that the tell Gorzsa had extensive cultural and economic relationships with neighbouring sites and archaeological cultures. Provenance studies of the rocks employed for the stone assemblage suggest similar results, enlarging the range of possible cultural connections.*

## Kivonat

*Hódmezővásárhely-Gorzsa lelőhely késő neolit, Tisza kultúrába tartozó tell település kőeszköz együttesének multidiszciplináris feldolgozási programja keretében az eszközök hagyományos tipológiai feldolgozása mellett azok funkciójának elemzését, valamint a nyersanyagok kőzettani jellemzését és a kőzetek forrásterületének lehatárolását megcélzó archeometriai feldolgozást együtt végezzük. A terület a Tisza és a Maros folyók összefolyásának közelében az Alföld délkeleti részén, kőeszköz nyersanyagok alkalmas felszíni kőzet-előfordulásoktól távol fekszik. A tell település <sup>14</sup>C módszerrel végzett radiometrikus kormeghatározás szerint 4970-4380 Cal BC között működött.*

*Az 1978-1996 között végzett ásások közel 1000 m<sup>2</sup>-nyi tell településrendszert tártak fel, amelyen közel 820 csiszolt kőeszköz és szerszámkő került elő. A közlemény ezek előzetes archeometriai feldolgozásának eredményeit mutatja be.*

*A nyersanyagok meghatározását makroszkópos és polarizációs mikroszkópos módszerekkel végeztük, emellett megmértük, a kőeszközök mágneses szuszceptibilitását ( $\kappa$ ), majd korrekciók számolása után megadtuk a valódi szuszceptibilitás értéket.*

*A csiszolt kőeszközök leggyakoribb nyersanyagfajtái: mész-szilikát szaruszirt (hornfels), bazalt valamint bázisos intruzív és telér kőzetek (dolerit-metadolerit-metamikrogabbro). Alárendelten számos más kőzettípusból is készültek eszközök. A szerszámkövek nyersanyagai között elsősorban homokkő, andezit és granitoid-metagranitoid változatok uralkodnak, emellett gyakoriak még a csillám-gazdag metaüledékes kőzetek, a kvarcit és a mészkő.*

*Eredményeink a kerámiák és a pattintott kőeszközök eddigi vizsgálati eredményeit megerősítve azt mutatják, hogy Gorzsa tell település intenzív kulturális és gazdasági kapcsolatot tartott fent a környező területeken élő egyidős kultúrákkal.*

KEYWORDS: TISZA CULTURE, LATE NEOLITHIC, POLISHED STONE TOOLS, GROUND STONES, RAW MATERIALS, PETROGRAPHY, MAGNETIC SUSCEPTIBILITY

KULCSSZAVAK: TISZA KULTÚRA, KÉSŐ NEOLITIKUM, CSISZOLT KŐESZKÖZ, SZERSZÁMKŐ, NYERSANYAG, PETROGRÁFIA, MÁGNESES SZUSZCEPTIBILITÁS

### **Bevezetés, régészeti háttér**

Hódmezővásárhely-Gorzsa lelőhely a Tisza kultúrába tartozó késő neolit tell település a Tisza és a Maros összefolyásához közel, az Alföld délkeleti részén. Hegyvidéki területektől, ahonnan kőeszközök számára alkalmas nyersanyag előfordulhat, viszonylag távol fekszik (**1. ábra**). A legutolsó ásatási periódus 1978-ban kezdődött és közel 20 évig tartott Horváth Ferenc vezetésével (Horváth 2005). A mintegy 7 hektáros területen a tell település közel 1000 m<sup>2</sup>-nyi területe került feltárássra, amelynek során a késő neolittól a szarmata korszakig tártak fel rétegeket. A legnagyobb vastagságúnak a késő neolit Tisza kultúra II-V periódusának rétegei adódtak (Horváth 2005) A Tisza kultúra, amely 5 fázisra osztható, időben a Proto-Lengyel és a Lengyel I-IIIa kultúrákkal, továbbá a Vinča kultúra C és D fázisaival feleltethető meg (Horváth 2005). Az abszolút koradatok szerint Gorzsa tell település 4970-4380 BC alatt működött. Gorzsa tell településről előkerült kőeszközök vizsgálata már jó néhány éve elkezdődött, eddig a pattintott kőeszközök vizsgálati eredményeiről készültek tanulmányok (T Biró 1998, Starnini et al. 2007a).



**1. ábra:** A lelőhely elhelyezkedése.

Újabbán a csiszolt kőeszközök és a szerszámkövek tipológiai osztályozását és az eszközök funkciójának vizsgálatát, továbbá az archeometriai vizsgálatát is megkezdjük. Ez utóbbi legfontosabb célja a kőeszközök nyersanyag összetételének, típusainak meghatározása és a nyersanyagok lelőhelyének lehetőleg minél pontosabb behatárolása. Jelen munka az archeometriai kutatások előzetes eredményeit, a csiszolt kőeszközök (polírozott, vágóélel ellátott eszközök, fejszék/balták, vésők, nyéllyukas balták és szerszámkövek (örlőkövek, malomkövek, fenőkövek, finom csiszolókövek (polírozók), ütőkövek legfontosabb nyersanyagfajtaikat és azok szöbe jöhető forrásterületeit mutatja be.

### **Módszerek**

Munkánk során eddig 679 kőeszköz részletes makroszkópos leírását végeztük el, amelyekből reprezentatív válogatás után készült 150 vékonycsiszolatot írtunk le petrográfiai (polarizációs) mikroszkóppal. Ezen felül minden kőeszköz mágneses szuszceptibilitását megmértük. Jelen munkában ez utóbbi adatok kiértékelése során azonban csak azoknak az eszközöknek a  $\kappa$  értékeit használtuk fel az egyes nyersanyagfajták jellemzésénél, ahol a köztípus petrográfiai módszerekkel egyértelműen meg tudtuk határozni.

### **Mágneses szuszceptibilitás**

Miután a mágneses szuszceptibilitás mérések még csak kevésbé terjedtek el a kőeszközök archeometriai vizsgálati során, ezért ezt a módszert valamivel részletesebben ismertetjük, különös tekintettel az alkalmazott korrekciókra. A kőzetek mágneses szuszceptibilitásának mérését az indokolja, hogy csiszolt kőeszközök nyersanyagának meghatározása gyakran nehézségekbe ütközik. Sokszor a műtárgyakon csak roncsolásmentes vizsgálatok végezhetők, és a szabad szemmel (+ kézi nagyítóval, esetleg sztereomikroszkóppal) végzett makroszkópos közhathatározás gyakran sok pontatlanságot eredményez. A terepi mérésekre kifejlesztett Kappameter KT-5 műszerrel (Geofizika Brno) gyorsan, roncsolásmentesen, és nagyon kis költséggel, nagy mennyiségben végezhetünk mágneses szuszceptibilitás méréseket, amelyek jól kiegészítik a makroszkópos leírások eredményeit, különösen a nagyon finomszemcsés kőzetekből

készült műtárgyak esetén. Régészeti leletek, illetve műtárgyak archeometriai célú szuszceptibilitás vizsgálatával viszonylag kevés munka foglalkozik (pl. Williams-Thorpe & Thorpe 1993, Přichystal 2000, Williams-Thorpe et al. 2000, Bradák et al. 2005). Csiszolt kőeszközökön először Přichystal (2000) és Williams-Thorpe et al. (2000) végeztek méréseket. Kis méretű, illetve egyenetlen felületű minták esetében, azonban a mért értékek korrekciójára van szükség. Bár Williams-Thorpe és munkatársai már a kilencvenes évektől kezdve foglalkoznak a különböző méréseket kiegészítő korrekciós értékek meghatározásával (Williams-Thorpe & Thorpe 1993, Williams-Thorpe et al. 2000), a közelmúlt kőeszközökön végzett, a közettani jellemzőket kiegészítő mágnesezhetőség vizsgálataiban nem alkalmaztak korrekciós számokat (Přichystal & Gunia 2001; Přichystal & Trnka 2001; Lee et al. 2005).

A műszer leírása minden 100 mm és 60 mm közötti átmérőjű, valamint minden 50 mm-nél vékonyabb minta esetén korrekciós érték alkalmazását szükségesnek tart. A vastagság korrekció problémájával Williams-Thorpe és munkatársai (2000) foglalkoztak. A kőeszközök mágnesezhetőség mérésekor jól alkalmazható korrekciós szorzókat 5-55 milliméter eszközvastagságra adták meg. A későbbiek során Bradák et al. (2005) által elvégzett kísérletek eredményei jól összecsendenek Williams-Thorpe és munkatársai eredményével.

A csiszolt kőeszközök mérete azonban gyakran kisebb, mint a műszer leírásában megadott méretkorrekcióra javasolt mintaátmérő, továbbá a kőeszközök alakja ritkán közelíti meg a mérőfej kör alakját. A mérendő felület és annak jellegzetesen nyúlt alakja miatt szükséges korrekcióval eddig még senki sem foglalkozott. Emellett a szuszceptibilitás értéket befolyásolhatja még a minta mérési felületének egyenetlensége, ennek modellezése azonban rendkívül bonyolult probléma, ezért ezzel jelen tanulmányban nem foglalkozunk. A csiszolt kőeszközök nyúlt alakja a mérések eredményeinek értelmezése során két jelentős kérdést vet fel:

1) A mérőfejen túlnyúló eszközök esetén milyen hosszúság határértékig változik a mért mágnesezhetőség?

2) Milyen módszerrel határozható meg a közel kör alakú érzékelő-felülettől eltérő (gyakran ellipszissel modellezhető) eszközök fedési korrekciója, illetve megadható-e az előzőek alapján számított olyan „elvi körátmérő” amihez fedési korrekciót lehet kapcsolni?

A felmerülő kérdésekre laboratóriumi vizsgálatok és mintatesteken végzett modellkísérletek segítségével próbáltunk választ találni.

A mintákat a Medves fennsíkrol (Karancs, Nógrád megye) származó bazalttömbből készítettük el ( $\kappa_{\text{átlag}}: 10 \times 10^{-3}$  SI), mivel korábbi vizsgálatainkkal kimutattuk, hogy a kőzetminőség közel homogén mágnesezhetőség esetén, nem befolyásolja a korrekciós értékeket (Bradák et al., 2005).

1) A mintatestek vizsgálata előtt, a mérőfelületen túlnyúló eszközök mágnesezhetőség értékének változását próbáltuk detektálni a túlnyúlás mértékének függvényében. A kísérletek szerint 12 és 8 cm hosszúság között gyakorlatilag nem változott a mért szuszceptibilitás. A  $\kappa$  érzékelhető csökkenése csak 7,5 cm-es mintahosszúságnál volt megfigyelhető. A kísérletek alapján a Kappameter KT-5 mérőműszer érzékelő fején túlnyúló kőeszközök vizsgálatakor, az adott lelet teljes hosszúságától függetlenül, a fedési korrekcióhoz szükséges „elméleti körátmérő” meghatározásakor (lásd alább) 8 cm-es hosszúságadattal érdemes számolni.

2.1) A nyúlt kőeszközök formáját közelítőleg, különböző megnyúltságú ellipszisekként értelmeztük. A szuszceptibilitás értéket leginkább, túl a mágnesezhetőségi kérdéseken, a mérőműszer érzékelőfejét különböző mértékben lefedő lelet alakja befolyásolja a lefedettség mértékén keresztül. Ezt a feltevést próbáltuk kísérleti úton igazolni. Két különböző ellipszis alapú hasábot (EAH) („a” minta: 12x3 cm; „b” minta: 8x4,5 cm) készítettünk melyek szuszceptibilitása  $8,01 \times 10^{-3}$  SI („a” eszközmodell) és  $10 \times 10^{-3}$  SI („b” eszközmodell) volt.

2.2) Elképzelésünk alapján a megnyúlt eszközök mérése során úgy alkalmazhatjuk a fedési korrekciót, hogy az ellipszoid alappal megegyező területű „elméleti” körrel számolunk. Kérdés tehát, hogy az ellipszoid alapú eszközmodellek és az „a” és „b” ellipszis területével megegyező kör alapú hasákok („a1” és „b1”) szuszceptibilitása mennyire egyezik.

2.3) Feltételezésünk ellenőrzésére két kör alapú hasábot („a1” minta: 4,6 cm; „b1” minta 5,6 cm átmérőjű hengert) készítettünk el, melyek átmérőjének meghatározásakor, a feltevésünkre alapozva (2c) az alábbi egyenleteket használtuk (a minták vastagsága egységesen 3 cm volt):

$$T_{\text{ellipszoid}} = T_{\text{kör}}(a)$$

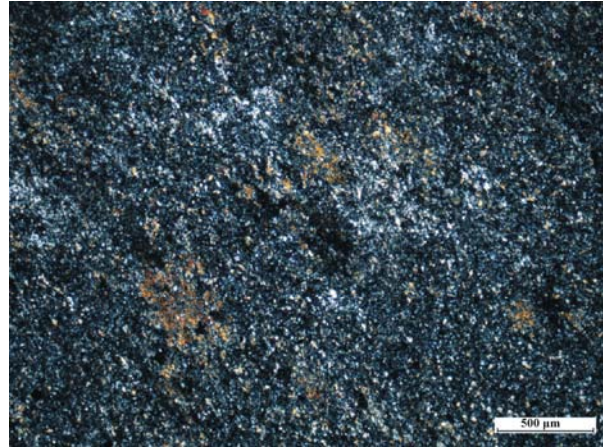
$$\pi (\text{szélesség}/2)(\text{hosszúság}/2) = r^2 \pi (b)$$

$$d = \sqrt{(\text{szélesség}/2)(\text{hosszúság}/2)} (c)$$

A fenti elméleti számítások alapján kapott átmérők szerint elkészített „a1” kör alapú hasáb minta szuszceptibilitása  $8,01 \times 10^{-3}$  SI, a „b1” mintáé pedig  $9,94 \times 10^{-3}$  SI volt. Az ellipszis alapú hasáb minták és a hozzájuk tartozó, számított adatok alapján elkészített kör alapú minták szuszceptibilitás értékei tehát nagyfokú azonosságot mutattak.



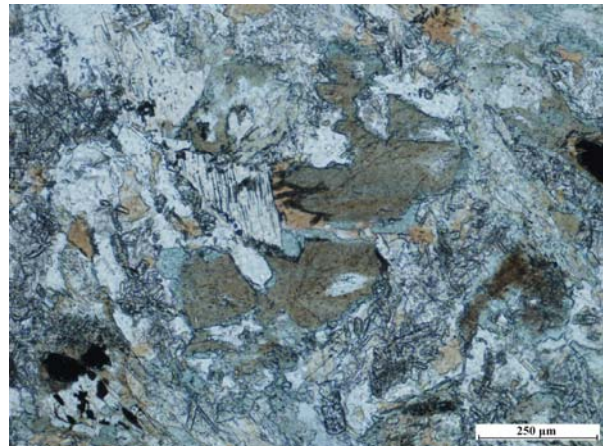
**2. ábra:** Hornfelsből készült szürke színű, ép lapos vésőbalta; GOR-233 számú köeszköz.



**3. ábra:** Finomszemcsés piroxénből (színes) és földpátból (fehér-szürke) álló hornfels anyagú csiszolt köeszköz polarizációs mikroszkópos képe; GOR-651 számú köeszköz.; +nikol.



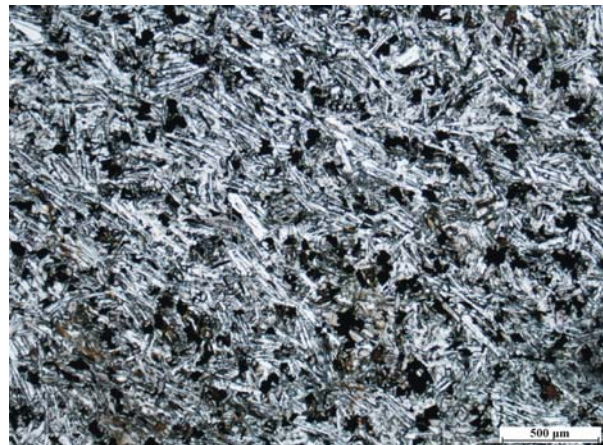
**4. ábra:** Metadoleritből készült nyéllyukas balta töredéke; GOR-214 számú köeszköz.



**5. ábra:** Metadolerit anyagú csiszolt köeszköz jellegzetes mikroszkópos képe; GOR-214 számú köeszköz; 1 nikol.



**6. ábra:** Bazaltból készült nyéllyukas balta töredéke; GOR-231 számú köeszköz.

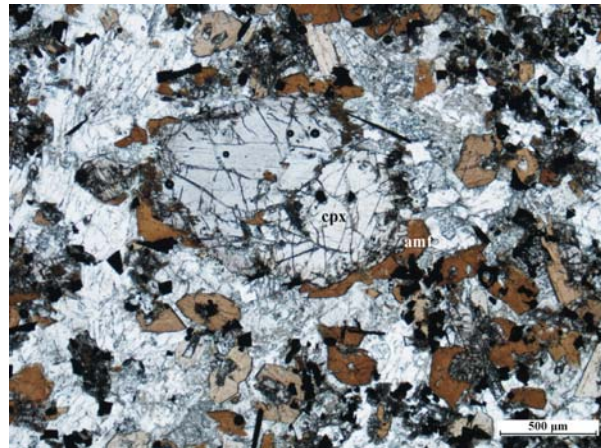


**7. ábra:** Bazalt anyagú csiszolt köeszköz mikroszkópos képe. Jellemző a folyásos szövet és a fenokristályok hiánya; GOR-86 számú köeszköz; 1 nikol.





**8. ábra:** Alkáli doleritből készült balta; GOR-498 számú kőeszköz.



**9. ábra:** Alkáli dolerit anyagú csiszolt kőeszköz mikroszkópos képe. Jellemző a klinopiroxén (cpx) körül továbbnövkedett alkáli amfibol (amf); GOR-365 számú kőeszköz; 1 nikol.

3. A fentiek szerint a vizsgálatok és a műszer leírásában ajánlott korrekciós szorzók alapján, a megnyúlt, 8 cm-nél rövidebb kőeszközökre a következő korrekciós faktort érdemes használni:

$$\text{korrekciós szorzó} = 4,3792 \times \left[ \sqrt{(\text{szélesség}/2)(\text{hosszúság}/2)} \right]^{-0,3215}$$

## Eredmények

### Csiszolt kőeszközök

A Gorzán előkerült csiszolt kőeszközök számos kőzettípusból készültek, de közülük csak néhány nyersanyag gyakori, sok kőzettípusból csak elvétve találunk csiszolt kőeszközöket. A leggyakoribb nyersanyagok a mész-szilikát szaruszirt (hornfels), (meta)bázitok (dolerit-metadolerit-metamikrodolerit-metamikrogabbró) és a bazalt. Ezekon kívül kisebb jelentőségben előfordulnak alkáli bázisos magmatitok, savanyú-neutrális összetételű vulkanitok, illetve telérokzetek vagy szubvulkanitok, metaultrabázitok, zöldkövek (zöldpala, kloritpala), amfibolit és fehér, nagyon finomszemcsés kőzetekből készült csiszolt kőeszközök. Nagyon ritkán fordulnak elő csillámpalából, kvarc-muskovit palából, gneiszből, mészkőből, tufitból álló csiszolt balták vagy pengék. Az alábbiakban egyrészt a leggyakoribb, másrészt azokat a nyersanyag típusokat ismertetjük részletesebben, amelyek előfordulási helyét többé-kevésbé le tudtuk határolni.

1, A leginkább elterjedtek (mintegy 35%) a **mész-szilikát szaruszirt (hornfels)** anyagú csiszolt kőeszközök, melyek halvány zöld-zöldesszürke-szürke-szürkésfehér színű, nagyon finomszemcsés, tömött, kemény, szívós, tetszetős megjelenésű példányok, gyakran teljesen vagy csaknem teljesen épek. Általában kicsi-közepes méretű lapos

balták/fejszék, illetve kaptafa alakú balták készültek ebből a kőzettípusból (**2. ábra**). Ásványos összetételüket tekintve uralkodóan finomszemcsés diopszidból és földpátból állnak, ritkábban opakásvány, esetenként biotit is megjelenik bennük. A kőzetek szövete granoblasztos vagy poikiloblasztos, ritkán sávosság észlelhető. Az ásványok szorosan összefogazódva, irányítatlanul helyezkednek el, a poikiloblasztos változatok jobban kristályosak, bennük nagyobb méretű földpát vagy piroxén (diopszid) szemcsék alakultak ki és a földpátban finomszemcsés diopszid, a diopszidban finomszemcsés földpát kristályok zárványként fordulnak elő. (**3. ábra**).

Ami a kőzettípus mágnességét illeti, a valódi szuszceptibilitás érték jellemzően nagyon szűk tartományban mozog ( $0,2-0,4 \times 10^{-3}$  SI).

2, A **dolerit-metadolerit-metamikrogabbró** szintén igen elterjedt csiszolt kőeszköz nyersanyag típus (mintegy 20%). Ebből a kőzettípusból általában tört balták fordulnak elő a leletanyagban. Sötétszürke-fekete, kemény, tömött, finomszemcsés kőzetek, de szabad szemmel, illetve kézi nagyítóval az egyedi ásványszemcsék azért láthatóak és elkülöníthetőek (**4. ábra**). A szemcseméret különbségek és a nagyon kisméretű metamorf felülbélyegezés intenzitása alapján mikroszkóp alatt különböző változatok elkülöníthetőek, de az egyes alcsoportok között ásványos összetételben lényeges különbség nincs. A kőzetek eredetileg plagioklászából, klinopiroxénből, ilmenitből és kevés apatitból álltak, a kőzet szövete eredetileg intergranuláris vagy szubofitos volt. Az elsődleges ásványok a metamorfózis során többé-kevésbé átalakultak, a piroxén amfibollá, elsősorban barna amfibollá, illetve egyes mintákban részben aktinolitá. A plagioklász saussuritesedett, és egyes mintákban

megfigyelhető új albit kialakulása is. Az ilmenit leukoxénesedett, ennek során általában rosszul kristályosodott titanitá alakult. Egyes esetekben klorit, nagyon ritkán pedig zeolit, prehnit és kalcit is képződött (**5. ábra**).

A kőzetek mágneses szuszeptibilitási adatai alapján két csoport volt elkülöníthető, az egyik csoportra nagy ( $20-45 \times 10^{-3}$  SI), a másikra kicsi ( $<1 \times 10^{-3}$  SI) valódi  $\kappa$  értékek jellemzőek.

3, A **bazalt** anyagú csiszolt kőszeközök szintén gyakoriak (kb 10%) a gorzsai leletanyagban. Fekete, esetleg sötétszürke, finomszemcsés, kemény, tömött kőzettípus (**6. ábra**). Makroszkóposan nagyon hasonlít a dolerit-metadolerit csoport kőzeteihez, de azoknál valamivel finomabb szemcsés. Polarizációs mikroszkóp alatt azonban egyértelműen elkülöníthető a két csoport. A bazaltban nagyon ritkán fordul elő porfirós elegyrész (olivin), emellett jellemzően folyásos szövetű, amire a plagioklász lécek közel párhuzamos elrendeződése utal. Az uralkodóan plagioklászából álló mátrixban kevesebb finom szemcsés klinopiroxén, gyakorlatilag teljesen átalakult olivin valamint opakásvány és kőzetüveg fordul elő (**7. ábra**).

A kőzet valódi mágneses szuszeptibilitása általában nagy, de ezen belül változó ( $7-27 \times 10^{-3}$  SI).

4, Az **alkáli gabbró-alkáli dolerit-tefrit-fonolit** anyagú kőszeközök (balták és fejszék) gyakorisága a bazaltokéhoz hasonló. Ezeknek a kőszeközöknek jelentőségét az adja, hogy a nyersanyag származási helye egyértelműen meghatározható (ld. később). A kőzetek színe általában sötétszürke, csaknem fekete, esetenként barnás árnyalatú (**8. ábra**). Az előzőekben tárgyalt dolerit-metadolerit csoportnál valamivel durvább szemcsések, szabad szemmel is felismerhetők a fehér földpát lécek és a közöttük előforduló szürke és fekete elegyrészek. A kőzetek szövete intergranuláris vagy szubofitos. Ásványos összetételében gyakori a klinopiroxén, amelyet gyakran alkáli amfibol, esetenként biotit övez (**9. ábra**). Az olivin csak nagyon ritkán, egyes szemcsék központi részén maradt meg üdén, általában teljesen szerpentinesedett és/vagy kloritosodott. A plagioklász viszonylag üde. Ritkán, legkésőbbi kiválási terméként, kalcit és analcim együttese is megjelenik. Akcesszóriaként jellemző az apatit viszonylag nagy mennyiségű és méretű előfordulása. Szanidin és nefelin alkáli piroxénnel együtt kizárólag a fonolitban fordul elő. A tefrit és fonolit kőszeközök részletes leírását T. Biró et al. (2003) munkájában már ismertették.

A nyersanyagcsoport valódi  $\kappa$  értékei általában magasak ( $11-15 \times 10^{-3}$  SI), a bazalt anyagú kőszeközök értékeivel átfedést mutatnak.

5, A **zöldpala (metabázit), amfibolit, kloritpala** nyersanyagú kőszeközök csak néhány százalékban jelennek meg a gorzsai leletanyagban. Általában zöld vagy zöldesfekete (az amfibolit fekete) színű tömött kőzetek, a zöldpala és a kloritpala annyira finomszemcsések, hogy az egyedi kristályszemcsék szabad szemmel nem ismerhetők fel (**10. ábra**). Az amfibolit valamivel durvább szemcsés, a tús-oszlopos fekete amfibolszemcsék (főleg polírozott felületen) kézi nagyítóval láthatóak. A kőzettípusok változatosságából adódóan az ásványos összetétel is változatos. Fontosabb kőzetalkotó ásványok az amfibol, amelynek típusa a kőzet típusától, metamorf fokától függően változó, a saussuritesedett plagioklász, zoizit-epidot, újonnan képződött plagioklász (általában albit, az amfibolitban oligoklászos esetleg andezines összetételű), klorit, opakásvány.

A nagyon változatos szuszeptibilitás értékek ( $0,1-40 \times 10^{-3}$  SI) egyrészt a kőzetek változatosságát, másrészt - az azonos kőzettípusok esetében - azok feltehetően eltérő nyersanyag lelőhelyét jelzik.

6, A Gorzsáról előkerült leletanyagban csak elvétve fordulnak elő **savanyú-neutrális vulkanit, metavulkanit vagy telér** (esetleg **szubvulkáni**) kőzetanyagú csiszolt kőszeközök. Általában világos színűek, egyes esetekben vöröses-lilás színűek vagy árnyalatúak, finomszemcsés, kemény és masszív kőzetek. Szabad szemmel a porfirós szövet, és benne a fehér, táblás-léces plagioklász szemcsék finom szemcsés mátrixban általában felismerhetők. Ásványos összetételük, szöveti jellegeik változatosak.

A valódi  $\kappa$  értékeik szórnak, de nem érnek el magas értékeket ( $0,5-6 \times 10^{-3}$  SI).

7, A leletanyagban mintegy 15%-ban fordulnak elő nagyon jellegzetes, fehér, nagyon finomszemcsés kőzetből készült kaptafa alakú vagy lapos vésőbalták (**11. ábra**). Ezek közül egyrészt előfordulnak mészszilikát szaruszirt (hornfels) anyagúak (ld. korábban), másrészt azonban vannak **aleurolit-agyagkő**, illetve annak **meszes kovás változatai**, sőt jelentős mennyiségben **magnezitet** tartalmazó kőzetek is közöttük.

A kőszeközök mágneses szuszeptibilitásának értéke igen alacsony, gyakorlatilag 0, maximálisan  $0,2 \times 10^{-3}$  SI értéket ér el.

Hasonló csiszolt kőszeközökről, mind alak, mind nyersanyag tekintetében Antonović (1997, 2006) és Antonović et al. (2006) számoltak be Szerbiából, a Vinča kultúrából, ahol ezekből a helyi nyersanyagokból készült kőszeközök viszonylag nagy számban fordulnak elő.

8, A leletanyagban elvétve találhatunk **metaultrabázit** (szerpentinit, illetve szerpentinit breccsa) nyersanyagú nyeltyukas baltatöredékeket.



**10. ábra:** Zöldpala anyagú, kisméretű, ép vésőbalta; GOR-532 számú kőeszköz.



**11. ábra:** Fehér, nagyon finomszemcsés magnezites kova anyagú, kaptafa alakú balta; GOR-488 számú kőeszköz.



**12. ábra:** Szürke, jól osztályozott csillámos homokkőből (a, típus) készült fenőkő töredéke; GOR-464 számú kőeszköz.



**13. ábra:** Polimikt, gyengén osztályozott szürke homokkő (b, típus) őrlőkő töredéke; GOR-392 számú kőeszköz.



**14. ábra:** Vörös homokkő (c, típus) fenőkő töredékei; GOR-549 számú kőeszköz.



**15. ábra:** Fehér, kilúgozott homokkő (d, típus) szerszámkő töredéke; GOR-391 számú kőeszköz.



**16. ábra:** Kavicsos homokkő meszes kötőanyaggal (e, típus) örlőkő töredéke; GOR-608 számú kőeszköz.



**17. ábra:** Andezitből (a, típus) készült örlőkő töredéke plagioklász és piroxén fenokristályokkal; GOR-496 számú kőeszköz



**18. ábra:** Hólyagüreges andezitből (c, típus) készült örlőkő töredéke; GOR-519 számú kőeszköz.



**19. ábra:** Nagyméretű plagioklász és amfibol fenokristályos andezit (e, típus) örlőkő töredéke; GOR-550 számú kőeszköz.



**20. ábra:** Szürkés rózsaszín gránit (a, típus) szerszámkő töredéke; GOR-301 számú kőeszköz.



**21. ábra:** Húsvörös színű graniotid nagyméretű biotit aggregátumokkal (b, típus) szerszámkő töredéke; GOR-303 számú kőeszköz.

A teljesen átalakult kőzetek olivinből és rombos piroxénből átalakult szerpentinásványokból és monoklin piroxénből képződött kloritból állnak. Emellett gyakori a másodlagos magnetit. Az ásványos összetétel és a még felismerhető eredeti kőzetszövet arra utal, hogy az eredeti ultrabázisos kőzet lherzolit lehetett.

A valódi  $\kappa$  érték változatos,  $4-57 \times 10^{-3}$  SI, ami az átalakultság eltérő mértékéből és a mágnesezhető ásványok (magnetit) inhomogén eloszlásából adódhat.

## Szerszámkövek

Gorza tell településről előkerült kőeszközök közül a szerszámkövek mennyisége mintegy négyszerese a csiszolt kőeszközökének. A nyersanyagokat tekintve legjelentősebbek a sziliciklasztos kőzetek (uralkodóan különböző típusú homokkövek, ritkábban aleurolit és konglomerátum), az andezit és a granitoid-metagranitoid változatok. A fentiekén kívül viszonylag gyakori a csillámpala-csillámos kvarcit valamint a kvarcit kavics, kis mennyiségben találunk mészkő és márga változatokat. Elvéve fordul elő tufit, radiolarit és radiolarit breccsa, szerpentin breccsa.

Az alábbiakban csak a leggyakoribb típusokról adunk rövid áttekintést, részletes ismertetésüket egy későbbi munkában tervezzük.

1. A szerszámkövek között számos sziliciklasztos kőzettípus, ezen belül elsősorban **homokkő** nyersanyagú fordul elő, ezek a szerszámkövek közel felét teszik ki. A különböző színű, szemcseméretű és összetételű homokkövek feltehetően különböző területekről, korokból és formációkból származnak. Előzetesen a homokköveket – megjelenésük és összetételük alapján - az alábbi hat csoportba osztottuk be:

- Sötétszürke, jól, esetleg közepesen osztályozott orthohomokkő, esetenként jelentős mennyiségű muszkovittal (fehér csillámmal) (**12. ábra**).
- Polimikt, gyengén osztályozott, általában sötétszürke orthohomokkő (**13. ábra**).
- Vörös vagy lila homokkő, ritkábban aleurolit. Esetenként a rétegzés felismerhető, a finomabb szemcsés változatok általában lamináltak (**14. ábra**). Gyakran tartalmaz savanyú vulkanit törmeléket. Egyes példányokon kezdődő palásodás megfigyelhető.
- Fehér színű kovásodott, esetenként kilúgozott metahomokkő (**15. ábra**).
- Viszonylag jól osztályozott, közép- vagy sötétszürke homokkő-kavicsos homokkő, jól koptatott szemcsékkel, esetenként kavicsokkal.

Jellegzetessége a durvaszemcsés pátos kalcit kötőanyag (**16. ábra**).

f) A wacke szürke színű, és csak alárendelt mennyiségben fordul elő.

A sziliciklasztos kőzetek mágnesezhetősége nagyon változatos, ezek részletes kiértékelését részletes petrográfiai leírásukkal együtt a későbbiek során tervezzük.

2. Petrográfiai vizsgálatok során eddig 5 különböző típusú **andezit** változatot különítettünk el. Ezek eltérő makroszkópos megjelenésük mellett ásványos összetételükben, esetenként mágnesezhetőségi értékükben is különböznek egymástól,

a) A leggyakoribb andezit típus szürke, esetenként szürkéslila színű, a porfíros szövet szabad szemmel is jól felismerhető (**17. ábra**). Fenokristályként jellemző az üvegzárványos plagioklász, a kétgenerációs képződésű klinopiroxén és az opakásvány. Ezen kívül nagyon gyakori és jellegzetes az endogén zárványok jelenléte. Egyes példányokban a fentiekén kívül rombos piroxén, barna amfibol és biotit fenokristályok is megjelennek, a két utóbbi elegyrész változó mértékben opacitosodott. Akcesszóriaként apatit fordul elő. Az alapanyag változó mennyiségű kőzetüveget tartalmaz.

A  $\kappa$  értékek ennél a csoportnál két egymástól eltérő tartományban oszlanak meg,  $6-7 \times 10^{-3}$  SI, illetve  $13-17 \times 10^{-3}$  SI.

A további andezit típusok lényegesen ritkábbak, esetenként csak egy-egy példány képviseli őket a leletanyagban.

b) Biotit andezit, benne plagioklász és üde biotit fenokristályokkal és csaknem teljesen üveges alapanyaggal.

c) Hólyagüreges amafitos andezit. Egyedüli fenokristály a plagioklász, a mátrixban gyakoriak a plagioklász lécek-tűk, kevés opakásvány és kőzetüveg fordul elő (**18. ábra**).

d) A gránátos andezit (dácit?) erősen oxidálódott, vörös színű kőzet. A plagioklász fenokristályok magja agyagásványosodott, emellett teljesen opacitosodott színes elegyrészek (eredetileg biotit?) és kevés gránát fordul elő benne.

e) A hornblende andezit durvaszemcsés és általában zöldes árnyalatú (**19. ábra**), benne a plagioklász mellett zöld-sárgászöld pleokroizmusú hornblende és kevés opacitosodott biotit fordul elő. Az alapanyag átkristályosodott.

A b)-e) típusú andezitek  $\kappa$  értéke általában  $2-8 \times 10^{-3}$  SI között mozog. A kőzetek átalakultsága a szuszceptibilitás értéket lecsökkenti, a leginkább átalakult változatok  $\kappa$  értéke 1 alatti.

3, A **granitoid-metagranitoid** nyersanyagú szerszámköveket 6 csoportra osztottuk ásványos összetétel, szöveti sajátosságok és a mágneses szuszceptibilitás értékek alapján.

a) A legjelentősebb számban előforduló gránit típus üde változata szürkés rózsaszínű (**20. ábra**). Legfontosabb ásványai a jelentős mennyiségű kvarcon kívül a pertites káliföldpát (mikroklin) és a közel azonos mennyiségű szericitesedett plagioklász. A biotit általában aggregátumokban fordul elő. Kevés, késői muszkovit szintén előfordul.

b) A durvaszemcsés, jellegzetesen húsvörös színű granitoid nagyméretű (akár 1 cm-es) fekete biotit aggregátumai szabad szemmel is szembeötlőek (**21. ábra**). A földpát szintén durvaszemcsés, és nagyon sok igen apró tús amfibol zárványt tartalmaz. A kvarc viszonylag kevés. A kőzet legjellegzetesebb ásványa a gránát, amely két generációs, az idősebb durvaszemcsés és a fiatalabb, üde, finomabb szemcsés. Akcesszóriaként opakásvány, cirkon és apatit fordul elő.

c) A kvarcmonzonit típusban a kvarc mennyisége viszonylag kevés. A durva szemcsés mikroklin és a finom szemcsés plagioklász mennyisége közel azonos. Színes elegyrészként hornblende és biotit fordul elő.

d) A gránit aplit finomszemcsés, csak nagyon kevés mafikus ásványt tartalmaz. A kőzet gyengén átkristályosodott, ennek során új plagioklász valamint epidot képződött.

e) A metagránit(1) típusban a káliföldpát kivételével az ásványok erőteljesen átalakultak. Az idős plagioklász szericitesedett, emellett üde, új plagioklász generáció is kialakult. A biotit fehér csillámmá és opakásvánnyá alakult. Jellegzetes elegyrész a turmalin.

f) A metagránit(2) uralkodóan nagy mennyiségű kvarcból, szericitesedett káliföldpátból, szericit-muszkovitból és teljesen limontitosodott, feltehetően biotit utáni pszeuromorfózákból áll.

A granitoid-metagranitoid kőzetek szuszceptibilitás értéke általában viszonylag alacsony,  $2,5 \times 10^{-3}$  SI alatti, és gyakran az  $1 \times 10^{-3}$  SI-et sem éri el. Ritkán - elsősorban az erősebben átalakult kőszközők közül azok, amelyek limonitosodtak -, magasabb  $\kappa$  értékeket is mértünk, de ennek értéke ezeknél sem haladja meg az  $5 \times 10^{-3}$  SI-t.

### **Diszkusszió - a nyersanyagok származási helye**

A gorzsai kőszköző leletanyag feldolgozása még folyamatban van, ezért a kőszköző nyersanyagok származási helyéről az eddigi vizsgálati eredmények alapján egyelőre az alábbi elképzelések vázolhatók.

A nyersanyagok egy jelentős részének legvalószínűbb származási területei a Száva-Vardar Zóna, illetve az Erdélyi középhegység a kapcsolódó Maros-völgygel együtt lehetnek. Ezeken a területeken a gorzsai kőszközők anyagához hasonló bizonyos andezit változatok és más vulkanitok, telérközetek, granitoid-metagranitoid változatok, törmelékes üledékes kőzetek (elsősorban szürke homokkövek), zöldpala változatok, kloritpala, amfibolit és metaultrabázitok fordulnak elő.

A Maros-völgyben és a Vardar-övenben jelentős mennyiségben fordulnak elő ofiolitos kőzetek, amelyek (részben) forrásul szolgálhattak a dolerit-metadolerit változatoknak, de ez utóbbi kőzetek a leletanyagban előfordulókhoz nagyon hasonló megjelenésben szintén megtalálhatóak a Nyugati-Bükkben, Szarvaskő környékén. Gorzsa a három előfordulási területtől közel azonos távolságban helyezkedik el, ráadásul mind a három terület vízi úton viszonylag jól megközelíthető lehetett a neolitikumban. A dolerit-metadolerit változatok származási helyére vonatkozólag így további részletes kutatásokra lesz szükség, de érdemes annyit megemlíteni, hogy a Kárpát-medence északi területein fellelt neolitikus és rézkori leletanyagban, a gorzsaihoz nagyon hasonló petrográfiai jellegű szarvaskői metabázitok elterjedt és kedvelt nyersanyag típusnak számítottak (Oravecz & Józsa 2005).

A Mecsek hegységben a gorzsai kőszközők nyersanyagaihoz nagyon hasonló megjelenésű és összetételű vörös-lila homokkövek találhatóak a felszínen. Emellett a kőszközők anyagához teljesen hasonló összetételű és szövetű alkáli gabbró-alkáli dolerit-tefrit-fonolit változatok csak itt fordulnak elő a Kárpát-medencében és környezetében. Gorzsáról származó fonolit és tefrit anyagú kőszközőkről és azok vizsgálati eredményeiről Biró et al. (2003) Lengyeli kultúráról szóló publikációjukban már beszámoltak, akik a nyersanyagok lelőhelyét szintén a Mecsek hegységre teszik.

Az ásványos összetételbeli és szöveti hasonlatosság alapján ugyancsak a Mecsekből származtatható a gorzsai leletanyagban előforduló bazalt valamint egyes savanyú-neutrális telérközetek nyersanyaga. A mecseki eredetű bazalt anyagú kőszközők más magyarországi leletanyagokban történő előfordulásáról már jelentős ismeretekkel rendelkezünk Furi et al. (2004) révén, akik az Alföldről több lelőhelyről is azonosították a mecseki bazaltot, mint kőszköző nyersanyagot.

A Banatit-öven (az Erdélyi-középhegységben, illetve részben a mentén húzódó közel 200 km hosszúságban elnyúló savanyú-neutrális magmás kőzetekből álló zóna) esetleg ehhez közeli területen más magas hőmérsékletű magmatit kontakt zónája

lehet a mész-szilikát szaruszirt (hornfels) kőzetek forrása. Noha a gorzsaihoz teljesen hasonló összetételű és megjelenésű hornfels anyagú kőeszközök az egész Kárpát-medencéből ismertek különböző neolitik kultúrákból, azok gyakorisága kelet és dél felé növekszik, és Erdélyben, valamint a Vinča kultúrában is szélesen elterjedtek (Antonović 2006, Antonović et al. 2006, Starnini et al. 2007b), ezért feltételezzük, hogy a hornfels nyersanyagának forrását a Kárpát-medencétől DK-re fekvő területeken kell keressük.

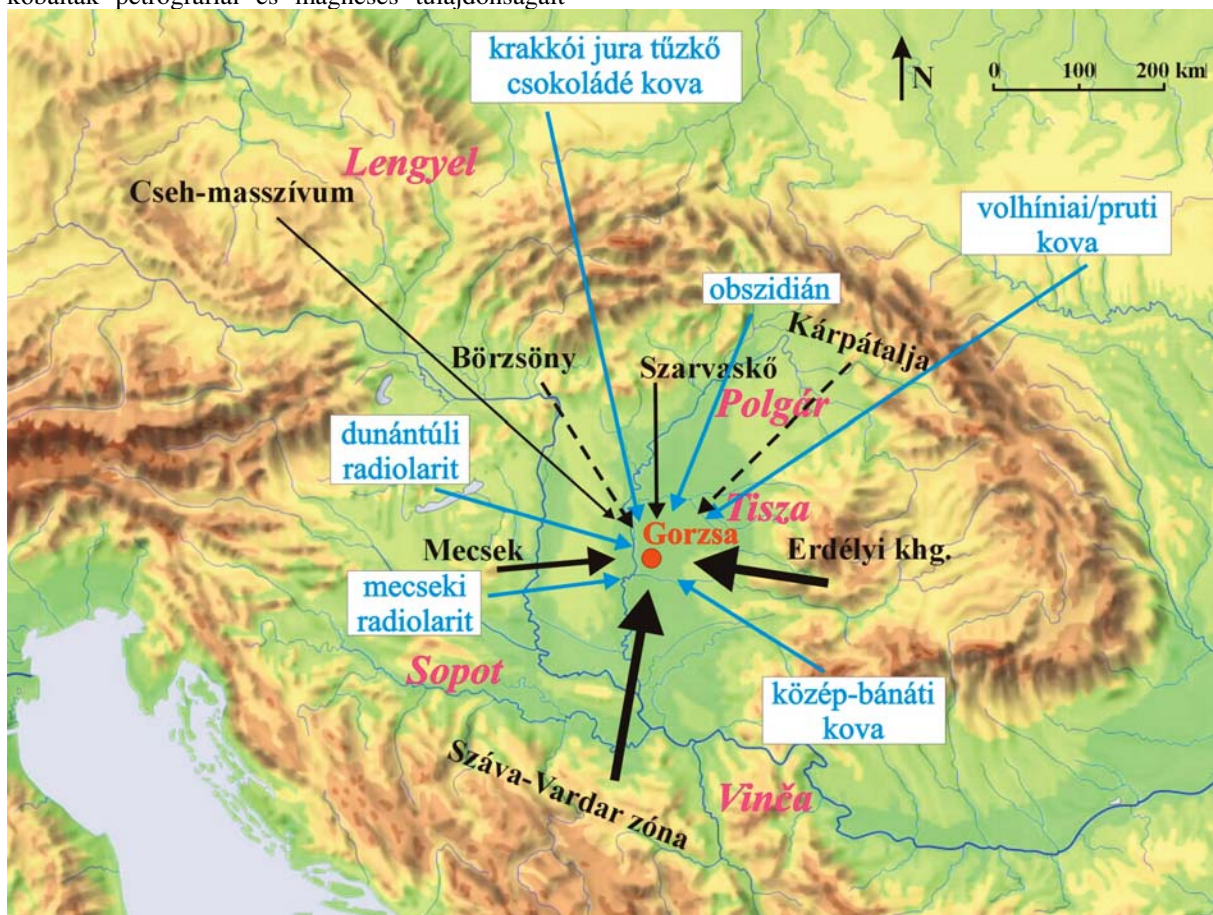
A Börzsönyben és a Kárpátaljai Vulkanai Területen a gorzsai anyagban előforduló andezitekhez petrográfiaiailag hasonló megjelenésű vulkanitok fordulnak elő. Az andezit nyersanyag források pontosítására azonban további részletes, ásványkémiai és kőzetkémiai vizsgálatok lesznek szükségesek a jövőben, miután ez a kőzettípus a Kárpát-Pannon régióban és környékén számtalan területen előfordul.

Egyes Gorzsáról előkerült zöldpala (metabázit) kőbalták petrográfiai és mágneses tulajdonságait

tekintve nagyon sok hasonlatosságot mutatnak a Cseh-Masszívumban, Želešice, illetve Železný Brod környékén (Jizerské Hory hegység) előforduló metabázitokhoz (Szakmány & Kasztovszky 2001, 2004). Emellett ki kell hangsúlyozzuk, hogy a gorzsai kőeszközök nagyon kisméretű, sokszor ép vagy csaknem teljesen ép példányok, ami szintén utalhat ezek meglehetősen távoli származási helyére.

### Konklúzió, jövőbeli tervek

A késő neolitik Tisza kultúrába tartozó Gorzsa tell településről származó csiszolt kőeszközök és szerszámkövek előzetes petrográfiai és mágneses susceptibilitási vizsgálati eredményei azt mutatják, hogy az egykor itt élő lakosság számos kőzettípusból készült eszközt használt, amelyet viszonylag messziről kellett a helyszínre szállítaniuk, lévén a lelőhely közelében nincs kőzet-előfordulás a felszínen, a legközelebbi kőzetkibukkanások mintegy 60 km-re találhatók a lelőhelytől.



**22. ábra:** A Gorzsáról előkerült csiszolt kőeszközök és a szerszámkövek nyersanyagainak lehetséges származási helyei (fekete nyilak), feltüntetve a pattintott kőeszközök főbb típusainak származási területeit (kék nyilak). Megjegyzések: 1) lila dőlt betűvel a Tisza kultúrával egyidőben fennálló kultúrákat tüntettük fel; 2) a nyilak változó vastagsága az egyes területekről származtatható nyersanyagok jelentőségét jelképezi, a szaggatott nyíl a feltételezett származást jelzi.

Ez arra a már korábban kimutatott tényre utal, hogy a Tisza kultúra emberei szoros kapcsolatot kellett tartsanak az egyidőben létező szomszédos és akár távolabbi kultúrákkal (Horváth 2005). Erre nem csak a csiszolt kőeszközök és szerszámkövek feltételezett távoli nyersanyaglelőhelyei utalnak, hanem a lelőhelyről előkerült és korábban feldolgozott pattintott kőeszközök nyersanyagai is, többek között a mecseki radiolarit, a teveli tüzkő, a dunántúli radiolarit, a közép-bánáti kova, a jura krakkói tüzkő, a csokoládé kova, a volhíniai/pruti tüzkő, a kárpáti obszidián és a mátrai eredetű limnokvarcit (T. Biró 1998, Starnini et al. 2007a). A gorzsa leletanyagban előforduló csiszolt kőeszközök és szerszámkövek korábban vázolt nyersanyag-lelőhelyei jó egyezést mutatnak a pattintott kőeszközök nyersanyagának forrásterületével, illetve azok irányaival (**22. ábra**).

A jövőben a kőzetanyag további részletes feldolgozását tervezzük, melynek során egyeztetni kívánjuk, hogy volt-e az egyes tell szintekhez, fázisokhoz kötődően technológiai, tipológiai és nyersanyag változás, Ezáltal remélhetőleg további részletek válnak világossá a tell település szerkezetét, elfoglalását illetően. Vizsgálatainkkal remélhetőleg választ kaphatunk arra is, hogy a település különböző tevékenységi területein milyen eszközöket használtak, ezáltal az itt élt emberek tevékenységéről pontosabb ismereteket szerezhetünk.

Végezetül a jövőben a nyersanyagok további archeometriai feldolgozását tervezzük, kémiai, ásványkémiai, röntgen diffrakciós és SEM vizsgálatokat kívánunk végezni a felhasznált kőzetek összetételének pontosabb meghatározása és a nyersanyaglelőhelyek azonosítása céljából.

### Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak Józsa Sándornak a vékonycsiszolatok elkészítésében és kiértékelésében nyújtott segítségért. A munka az NKTH támogatásával, az IT69/2007 számú, 2008-2010 közötti magyar-olasz kormányközi TÉT pályázat keretében, valamint az OTKA K62874 pályázat támogatásával készült.

### Irodalom

ANTONOVIC, D., 1997: Use of Light White Stone in the Central Balkans Neolithic. *Starinar* **48**, 33-39.

ANTONOVIC, D., 2006: On importance of study of the Neolithic ground stone industry in the territory of Southeast Europe. *Analele Banatului, S.N., Arheologie – Istorie* **XIV/1**, 53-61.

ANTONOVIC, D., RESIMIC-SARIC, K & CVETKOVIC, V., 2006: Stone raw materials in the Vinča culture: petrographic analysis of assemblage from Vinča and Belovode. *Starinar* **55**, 53-66.

BRADÁK, B., SZAKMÁNY, GY. & JÓZSA S., 2005: Mágneses szuszceptibilitás mérések – Új módszer a csiszolt kőeszközök vizsgálatában, *Archeometriai Műhely* **2005/1**: 13-22.

FÜRI J., SZAKMÁNY GY., KASZTOVSZKY ZS. & T. BIRÓ K., 2004: The origin of the raw material of basalt polished stone tools in Hungary. *Slovak Geological Magazine* **10**, 97-104.

HORVÁTH F., 2005: Gorzsa. Előzetes eredmények az újkőkori tell 1978 és 1996 közötti feltárásából. In: BENDE L. & LŐRINCZY G., (eds.): *Hétköznapok Vénuszai*. Tornyai János Múzeum, Hódmezővásárhely, 51-83.

LEE, C. H., CHOI, S-W., LEE, H. M. & LEE, M. S., 2005: Archaeogeological implication of lithic artifacts from the Unjeonri Bronze Age Site, Cheonan, Republic of Korea. *Journal of Archaeological Science* **33/3**, 335-348.

ORAVECZ, H. & JÓZSA, S., 2005: A Magyar Nemzeti Múzeum újkőkori és rézkori csiszolt kőszerszámainak régészeti és petrográfiai vizsgálatainak eredményei. *Archeometriai Műhely* **2005/1**, 23-47.

PŘICHYSTAL, A., 2000: Stone raw materials of Neolithic-Aeneolithic polished artefacts in Czech Republic: The present state of knowledge. *Krystalinikum* **26**, 119-136.

PŘICHYSTAL, A. & GUNIA, P., 2001: Magnetic properties of Lower Silesian serpentinites and some serpentinite artefacts from SW Poland and Moravia. *Slovak Geological Magazine* **7/4**, 421-422.

PŘICHYSTAL, A. & TRNKA, G., 2001: Raw materials of polished artefacts from two sites in Lower Austria. *Slovak Geological Magazine* **7/4**, 337-339.

STARNINI, E., VOYTEK, B.A. & HORVÁTH, F., 2007a: Preliminary results of the multidisciplinary study of the chipped stone assemblage from the Tisza Culture site of Tell Gorzsa (Hungary). In: KOZŁOWSKI J.K. & RACZKY P. (eds.): *The Lengyel, Polgár and related cultures in the Middle/Late Neolithic in Central Europe*. Krakow, 257-268.

STARNINI, E., SZAKMÁNY, GY. & WHITTLE, A., 2007b: Polished, ground and other stone artefacts. In: WHITTLE, A. (ed.): *The Early Neolithic on the Great Hungarian Plain. Investigation of the Körös culture site of Ecsefalva 23, County Békés*. Varia Archaeologica Hungarica **XXI.**, Budapest, 667-676.



SZAKMÁNY, GY. & KASZTOVSZKY, ZS., 2001: Greenschist – amphibole schist Neolithic polished stone tools in Hungary. In: 4th Workshop of the IGCP/UNESCO Project No. 442, September 24th-28th Udine and Geonova, Italy, 26-28.

SZAKMÁNY, GY. & KASZTOVSZKY, ZS., 2004: Prompt Gamma Activation Analysis: a new method in the archaeological study of polished stone tools and their raw materials. *European Journal of Mineralogy* **16**, 285-295.

T. BIRÓ K., 1998. Lithic implements and the circulation of raw materials in the Great Hungarian Plain during the Late Neolithic period. Hungarian National Museum, Budapest.

T. BIRÓ T., SCHLÉDER ZS., ANTONI J. & SZAKMÁNY GY., 2003: Petroarchaeological studies on stone artefacts from Baranya county, Hungary II. *Janus Pannonius Múzeum évkönyve* **46-47** (2001-2002), 37-76.

WILLIAMS-THORPE, O. & THORPE, R. S., 1993: Magnetic susceptibility used in non-destructive provenanceing of roman granite columns, *Archaeometry* **35/2**, 185-195.

WILLIAMS-THORPE, O., JONES, M. C., WEBB, P. C. & RIGBY, I. J., 2000: Magnetic susceptibility thickness corrections for small artefacts and comments on the effects of 'background' materials, *Archaeometry* **42/1**, 101-108.



## ELŐZETES EREDMÉNYEK A BÜKKI KULTÚRA FINOMKERÁMIÁJÁNAK NYERSANYAG AZONOSÍTÁSI ÉS TECHNOLÓGIAI VIZSGÁLATÁBÓL

SZILÁGYI V.<sup>1</sup> – T. BIRÓ K.<sup>2</sup> – CSENGERI P.<sup>3</sup> – S. KOÓS J.<sup>3</sup> – SZAKMÁNY GY.<sup>4</sup> –  
TÓTH M.<sup>5</sup> – TAUBALD H.<sup>6</sup>

<sup>1</sup>MTA Izotópkutató Intézete, Nukleáris Kutatások Osztálya, Budapest. Email: [szilagyi@iki.kfki.hu](mailto:szilagyi@iki.kfki.hu)

<sup>2</sup>Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest

<sup>3</sup>Herman Ottó Múzeum, Miskolc

<sup>4</sup>ELTE FFI Közettan-Geokémiai Tanszék, Budapest

<sup>5</sup>MTA Geokémiai Kutatóintézete, Ásvány-Közettani és Szerves Geokémiai Osztály, Budapest

<sup>6</sup>Geokémiai Tanszék, Eberhard Karls Egyetem, Tübingen, Németország

### Abstract

*Prehistoric pottery used to serve mainly, almost exclusively, simple everyday needs. It is rarely transported beyond tribal/cultural boundaries over large distances. The fineware of artistic beauty and high craftsmanship of the Middle Neolithic Bükk culture could be an exception to that rule, since the known distribution of the Bükk culture fine pottery extends far over the territory occupied by the cultural group.*

*Our investigations focused on some basic questions of fine Bükk pottery. The subjects of the research were ceramic finds and comparative raw material samples from some important sites of the Bükk culture (Aggtelek-Baradla cave, Borsod (Edelény)-Derékegyháza, Felsővadász-Várdomb and Sajószentpéter-Kövecses). Our aim was to find out whether special raw materials were selected and/or individual recipes were applied for the production of fine Bükk pottery, and if it is possible to fingerprint Bükk wares by archaeometrical methods, which will be of essential help in the study of Bükk 'exports', established by stylistic/archaeological methods. The framework of the archaeometrical study involved polarising microscopic petrographic observations, mineralogical characterisation by XRD method and instrumental geochemical investigation using XRF.*

*Although the investigated sample collection was limited and covered only few sites, our research yielded the first archaeometrical data on high quality Bükk finewares. It became clear that the representative fine ceramic fragments can be clearly distinguished from both the coarser ware and some of the comparative local sediments. In addition, the complete fine-ware collection shows inhomogeneity (two quality types) concerning its raw material. The results of our complex petro-mineralogical and geochemical investigation provided basic knowledge for the further archaeometrical research of Bükk finewares. In addition, it is very probable that the determination of the provenance and the description of the making technology can be possible.*

### Kivonat

*Az őskorban a kerámiagyártás szinte kizárólag a mindennapi szükségletek (főző-, tálaló-, tárolóedények) kielégítésére dolgozott. Ennek megfelelően a fazekasáruk zömében helyben, vagy a készítési helytől csak kis távolságra kerültek felhasználásra. Néhány őskori kultúra kézművessége azonban olyan művészi szépségű és mesteri alkotásokat hagyott maga után, amelyek a korszak átlagos technikai és művészeti tudásszintjét messze meghaladták, és ezeket a törzsi/kulturális határokon túl is megtaláljuk a korabeli lelőhelyeken. Az egyik ilyen kiemelkedő kézműipari teljesítmény a középső neolitikus bükki kultúra rendkívül szép megjelenésű, szinte tojáshej vékonyságú falú, inkrusztált díszítésű edényei.*

*Kutatásunk néhány alapvető, a bükki finomkerámia készítésére vonatkozó kérdésre kereste a választ. Néhány jelentős, bükki kultúrabeli lelőhely (Aggtelek-Baradla-barlang, Borsod (Edelény)-Derékegyháza, Felsővadász-Várdomb és Sajószentpéter-Kövecses) kerámia leletanyagát, illetve a lelőhelyek környezetéből gyűjtött lehetséges nyersanyagokat vizsgáltuk. Fő célunk a sajátos, bükki finomkerámia készítési körülményeinek archeometriai módszerek segítségével történő azonosítása, az esetleges speciális nyersanyag használat és/vagy technológia megállapítása volt. Ezeknek ismeretében ugyanis a jövőbeli kutatások alkalmával lehetségessé válik távoli, a kultúra területén kívüli lelőhelyek leletanyagában importként jelentkező bükki finomkerámiák azonosítása. Az archeometriai kutatás polarizációs mikroszkópos petrográfiai, műszeres ásványtani (XRD) és kémiai (XRF) vizsgálatokat foglalt magába.*

*Bár a vizsgált mintacsoport kisszámú volt és csupán néhány lelőhelyre terjedt ki, cikkünk előzetes eredményeket szolgáltat a bükki kultúra finomkerámiájának gyártására vonatkozóan. A finomkerámia leletek anyaga világosan elkülönül a durva házikerámiáktól és a helyi nyersanyagok bizonyos részétől. A régészetiileg bükki*

*finomkerámiaként leírt mintacsoporton belül két, minőségükben eltérő alcsoportot lehetett azonosítani. Kőzet-ásványtani és geokémiai vizsgálataink alapot szolgáltatnak a továbbiakban a bükki finomkerámia szisztematikus archeometriai kutatásához, és azt is körvonalazzák, hogy lehetséges az eredet (fazekas központok) és az alkalmazott receptek (sajátos készítési technológia) azonosítása.*

KEYWORDS: MIDDLE NEOLITHIC, BÜKK CULTURE, FINWARE, RAW MATERIAL SELECTION, TECHNOLOGY

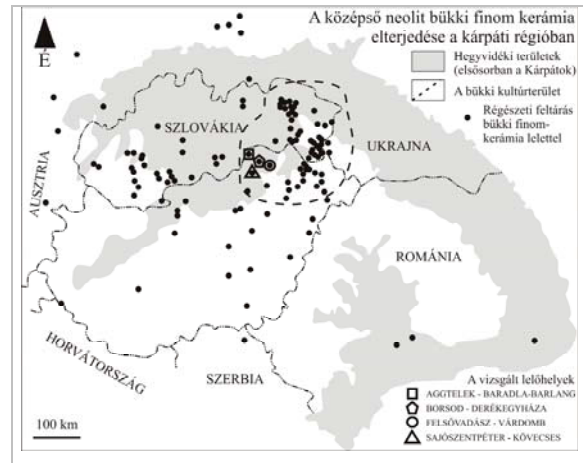
KULCSSZAVAK: KÖZÉPSŐ NEOLITIKUM, BÜKKI KULTÚRA, FINOMSZEMCSÉS DÍSZKERÁMIA, NYERSANYAG MEGVÁLASZTÁSA, KÉSZÍTÉSI TECHNOLÓGIA

## Bevezetés

Az őskorban a kerámiakészítők szinte kizárólag a mindennapi szükségletek (főző-, tálaló-, tárolóedények) kielégítésére dolgoztak. Ennek megfelelően a hétköznapi használatra szolgáló termékek zömében helyben, vagy a készítési helytől csak viszonylag kis távolságra kerültek felhasználásra. Léteznek azonban kivételek ez alól az általánosítás alól. Néhány őskori kultúra kézművessége olyan művészi szépségű és mesteri alkotásokat hagyott maga után, amelyek a korszak átlagos technikai és művészeti tudásszintjét messze meghaladták, és ezeket a törzsi/kulturális határokon túl is megtaláljuk a korabeli lelőhelyeken. Az egyik ilyen kiemelkedő kézműipari teljesítmény a középső neolitikus bükki kultúra (5000 BC körül) nevéhez fűződik, amely az alföldi vonaldíszes kerámia kultúrájának kései változataként (Kalicz, 1970; Kalicz & Makkay, 1977; Visy et al., 2003) a mai Észak-északkelet-Magyarország és Szlovákia hegyvidéki (Bükk és Tokaji-Eperjesi-hegység) területére terjedt ki. A rendkívül szép megjelenésű edények gyakran szinte tojás-héj vékonyságú fallal, valamint kifinomult technikára valló, inkruszált díszítéssel rendelkeznek. A bükki kultúra ezen finomszemcsés díszkerámiájának elterjedése az adriai partoktól Lengyelorszáig ismert, tehát a bükki kultúra területét jóval meghaladta (**1. ábra**).

A bükki kultúra a közép-európai kora (kárpat-medencei középső) neolitikus kultúra-komplexum kései szakaszában, az i.e. 6. évezred végén az addigi nagyobb régészeti egységből vált ki. Közösségei a folyó völgyeken kívül a hegyvidékeken, köztük a Bükk és a Gömör-Tornai-karsztvidék barlangjaiban is feltűnnek. Elképzelhető, hogy a bükki kultúra népe a művészi szinten kivitelezett kézműves termékekre specializálódott. Nemcsak kerámiájuk, hanem obszidiánból pattintott kőeszközeik is rendkívül igényes munkát tükröznek, és szintén megtalálhatók a kultúra területén kívül (Biró, 1998).

Kutatásunk néhány alapvető, a bükki finomszemcsés díszkerámia készítésére vonatkozó kérdésre kereste a választ. Mi lehetett ezen művészi igényű kerámia anyagának a titka? Létezett-e egyetlen, speciális nyersanyag, amelyet a kerámia-készítők alkalmaztak vagy az anyagelőkészítés-kerámiakészítés technikája-technológiája volt-e sajátos?



**1. ábra:** A bükki kultúra finomszemcsés díszkerámiájának elterjedése a kultúra területén belül (határait szaggatott vonal jelöli), illetve a Kárpát-medencében és azon kívül az eddig ismert adatok alapján

Ez a kérdés egyben magába foglalja azt a gondolatot is, hogy lehatárolható-e az a régiót, ahol a bükki finomszemcsés díszkerámia készült.

A kérdéskör megválaszolására természettudományos anyagvizsgálati módszereket alkalmaztunk. A leletek előzetes archeometriai vizsgálatával egy olyan összetett (kőzet-ásványtani-geokémiai) jellemzőjét próbáltuk meghatározni a sajátos finomkerámia típusnak, amely alapján esetleg a további kutatás során a bükki kultúra területének határain kívülről származó, a stilisztikai/régészeti bélyegek alapján bükki típusú finomkerámiának ítélt példányok esetében is eldönthető lesz azok „bükki” eredete.

Fő célunk tehát egy olyan, archeometriai módszerek segítségével történő jellemzése a sajátos, bükki finomszemcsés díszkerámia készítési körülményeinek (az esetleges speciális nyersanyag használatának és/vagy a készítési technológiának), amelynek ismeretében a későbbiekben lehetőség adódhat a távoli, kultúra területén kívüli lelőhelyek leletanyagában importként jelentkező bükki típusú finomkerámiák azonosítására. A vizsgált lelőhelyek viszonylatában az is felderíthető, hogy a késztermékek vagy a kézműves ismeretek mozgásáról/terjedéséről van szó.

**1. táblázat:** Az archeometriai vizsgálat alá vetett régészeti kerámia és összehasonlító talaj-/üledékminták mennyiségi megoszlása a lelőhelyek tekintetében (a kerámia csoportok elnevezésének magyarázatát, illetve részletesebb leírását lásd alább, a „Mikroszkópos petrográfiai vizsgálatok” című fejezetben)

Lelőhelyek	"első osztályú" bükki finom kerámia	"másod-osztályú" bükki finom kerámia	bükki házi kerámia	Más korokból származó kerámia	Összes kerámia	Összehasonlító talaj/üledék
Aggtelek-Baradla barlang	2 <i>RAG-04,-06</i>	2 <i>RAG-05,-07</i>	3 <i>RAG-01-03</i>	2 (vaskor) <i>RAG-08,-09</i>	9	10
Felsővadász-Várdomb	4 <i>RFV-01,-02c, -04, FVD-V/5a</i>	2 <i>RFV-03, FVD-V/5b</i>	6 <i>RFV-05,FVD-Cs,-45,-8/5a,-8/5b</i>	2 (bronzkor) <i>FVD-VI/5,-6</i>	14	6
Borsod-Derékegyháza	1 <i>RBD-02</i>	1 <i>RBD-03</i>	1 <i>RBD-01</i>	3 (bronzkor) <i>RBD-04,-05,-06</i>	6	6
Sajószentpéter-Kövecses	3 <i>Szstp-01-03</i>	-	4 <i>Szstp-04-07</i>	-	7	-

### Mintaválasztás és módszerek

A cél érdekében egy nagyobb, a neolitikus fazekassággal foglalkozó (DAAD-MÖB) kutatási projekt részeként a bükki kultúra néhány jelentős lelőhelyének (Aggtelek-Baradla-barlang, Borsod (Edelény)-Derékegyháza és Felsővadász-Várdomb) leletanyagából vizsgáltunk kerámiákat. Emellett a projekt keretein kívül Sajószentpéter-Kövecses lelőhely anyagából is analizáltunk mintákat. Mind a négy lelőhely a bükki kultúra területének déli részén található. Aggtelek-Baradla-barlang nemcsak különleges (barlangi) adottságai miatt, hanem a teljesen hegyvidéki jellegéből adódóan is kiválik a lelőhelyek közül, mivel a többi bükki kultúrabeli telep hegyek között, de folyóvölgyekben (Sajó, Bódva, Vadász-patak) létesült.

A kutatás előzetes jellegéből adódóan a mintaválasztás csupán néhány lelőhely kisszámú kerámia leletére terjedt ki. Az archeometriai vizsgálat alá vetett 58 minta közül 29 régészeti kerámia (bükki finom-, illetve szintén a bükki kultúrához tartozó, durva kerámia), míg 22 a lelőhelyek közeléből gyűjtött, talaj vagy agyagos üledék volt. Finomkerámiaként a finomszemcsés (<1 mm) és vékonyfalú (<6 mm) töredékeket, durva kerámiaként az ennél durvább szemcsés (>1 mm) és vastagabb falú (>6 mm) példányokat definiáltuk. A kerámiatöredékek díszítettsége változó. A finomkerámiák polírozottak, bekarcolt díszűek, inkrusztáltak, agyag bevonatosak (slip) és/vagy díszítetlenek. A durva kerámiák díszítetlenek vagy plasztikus (csípett) díszűek. Annak érdekében, hogy az egyes lelőhelyeken belül a nyersanyag használat időbeli folytonosságát vagy változását felmérjük, a bükki kultúra kerámiája mellett a lelőhelyek egyéb korszakainak (bronz-, illetve vaskor) tárgyai körül

is vizsgáltunk 7 mintát (**1. táblázat**). Az egyes régészeti minták fotói a <http://www.ace.hu/daad/daad2/mintavetel-2006.htm> weboldalon megtalálhatók.

Az összehasonlító geológiai minták az egyes régészeti lelőhelyek földtani felépítésének ismeretében kerültek begyűjtésre (Gyalog, 2005), általánosságban miocén-negyedidőszaki folyóvízi (alluviális és proluviális), lejtő- és helyben álló üledékekből. Minden mintavételi esetben két, kézi talajfúróval mélyített, megközelítőleg 2 m mélységű fúrásból választottuk ki a különböző mélységközökhöz rendelhető talaj-, illetve üledéktípusokat. Aggtelek-Baradla-barlang esetében az előbbi mintavételi eljárástól annyiban térünk el, hogy az első mintavételi hely (AG jelű minták) maga a barlang volt, míg egy fúrást (AGF jelű minták) a barlangon kívül mélyítettünk. A másik két lelőhelyen a két-két fúrás helyét úgy jelöltük ki, hogy a geológiai és/vagy a topográfiai viszonyok tekintetében eltérjenek egymástól. Felsővadász-Várdomb esetében a patakpart közeléből, tehát topográfiai mélyedésből származik az FV1 jelű fúrás, míg a dombsor egyik nyergéből az FV2 jelű fúrás. Borsod-Derékegyháza a BD1 jelű fúrás mélyült a kiemelt, domboldali térségben és a BD2 jelű fúrást a mélyebb, dombalji részen jelöltük ki. A mintavételezés során célunk az volt, hogy olyan lehetséges nyersanyagokat mintázzunk meg, amelyek egyrészt finomszemcsés, másrészt akár a középső neolitikum idején is megtalálhatók voltak a felszín közelében. A fúrások részletes leírása és a geológiai minták fotói a <http://www.ace.hu/daad/daad2/furas2006.html> weboldalon megtalálhatók.

A barlangi és a többi, fúrásból származó minták közül megmunkálhatóság (agyagtartalom, képlékenység) alapján választottuk ki azokat, amelyeket a kerámiákkal történő részletes összehasonlító vizsgálat alá vetettünk. A fentebb említett 22 darab minta ennek a szelekciónak az eredménye.

Az archeometriai kutatás polarizációs mikroszkópos petrográfiai, műszeres ásványtani (XRD) és kémiai (XRF) vizsgálatokat foglalt magába. A régészeti és az összehasonlító talaj-/üledékminták azonos módszerű vizsgálata lehetővé tette, hogy összemérhető eredmények alapján keressük a választ a fenti kérdésekre.

A mikroszkópos közettani vizsgálatokat az ELTE FFI Közvetlen-Geokémiai Tanszékén, míg a röntgen pordiffrakciós (XRD) méréseket az MTA Geokémiai Kutatóintézetében, a röntgen fluoreszcens (XRF) analízist pedig a németországi Tübingeni Egyetem Geokémiai Tanszékén végeztük el. A műszerek pontos paramétereinek leírását lásd Gherdán et al. (2007) munkájában.

### ***A lelőhelyek bemutatása***

Az aggteleki Baradla-barlang, mely Magyarország legnagyobb barlangja (a Baradla-Domica barlangrendszer része), az Aggteleki-karszt területén található. Régészeti kutatása a XIX. században kezdődött és a mai napig tart. Mind a magyar, mind a szlovák kutatásban a bükki kultúra legjelentősebb lelőhelyei között tartják számon. A régészeti szempontból legfontosabb feltárásokat Nyáry Jenő, Kadić Ottokár, Márton Lajos, Tompa Ferenc, Gallus Sándor és legutóbb Rezi Kató Gábor vezette a barlangban, előterében pedig Korek József ásott (Kalicz & Makkay, 1977; Holl, 2007). A barlang aggteleki szakaszán több helyen található őskori településnyomok: kultúrretek, metszetben látszó cölöplyukak, illetve tüzelőhelyek (Holl 2007). A termékből és járatokból nagy mennyiségű bükki finomkerámia töredéket ismerünk.

A Baradla-barlangtól eltérő földrajzi környezetben, a Cserehát területén, a Vadász-patak völgyében található Felsővadász-Várdomb lelőhely, mely a jelenlegi patakmeder partjánál 10-12 méterrel magasabban, dombtetőn helyezkedik el. Őskori településeinek feltárását 1982 és 1984 között Koós Judit vezette. A lelőhelyen a bükki települési objektumok mellett a kultúra kettős temetkezése, illetve középső és késő rézkori, valamint kora és középső bronzkori leletek, jelenségek is kerültek elő (Koós, 1986a; Koós, 1986b; Csengeri, 2001; Csengeri, 2004; Holl, 2007). A feltárásokból több mint 10000 darab a bükki kultúrába sorolható kerámiatöredék ismert, melyekből 25 edényt restauráltak. A leletanyagban a nagy mennyiségű házi kerámia mellett igen magas arányban (30-40%) található a bekarcolt díszítésű bükki

finomkerámia. Ez utóbbiakon előforduló díszítőminták és a fehér, sárga, vörös inkrusztáció használata arra utalnak, hogy a települést a bükki kultúra klasszikus és késői fázisában lakták (Csengeri 2001). A kerámia leletek néhány anyagcsoportjának mikroszkópos petrográfiai vizsgálatát Szakmány György (2001) végezte.

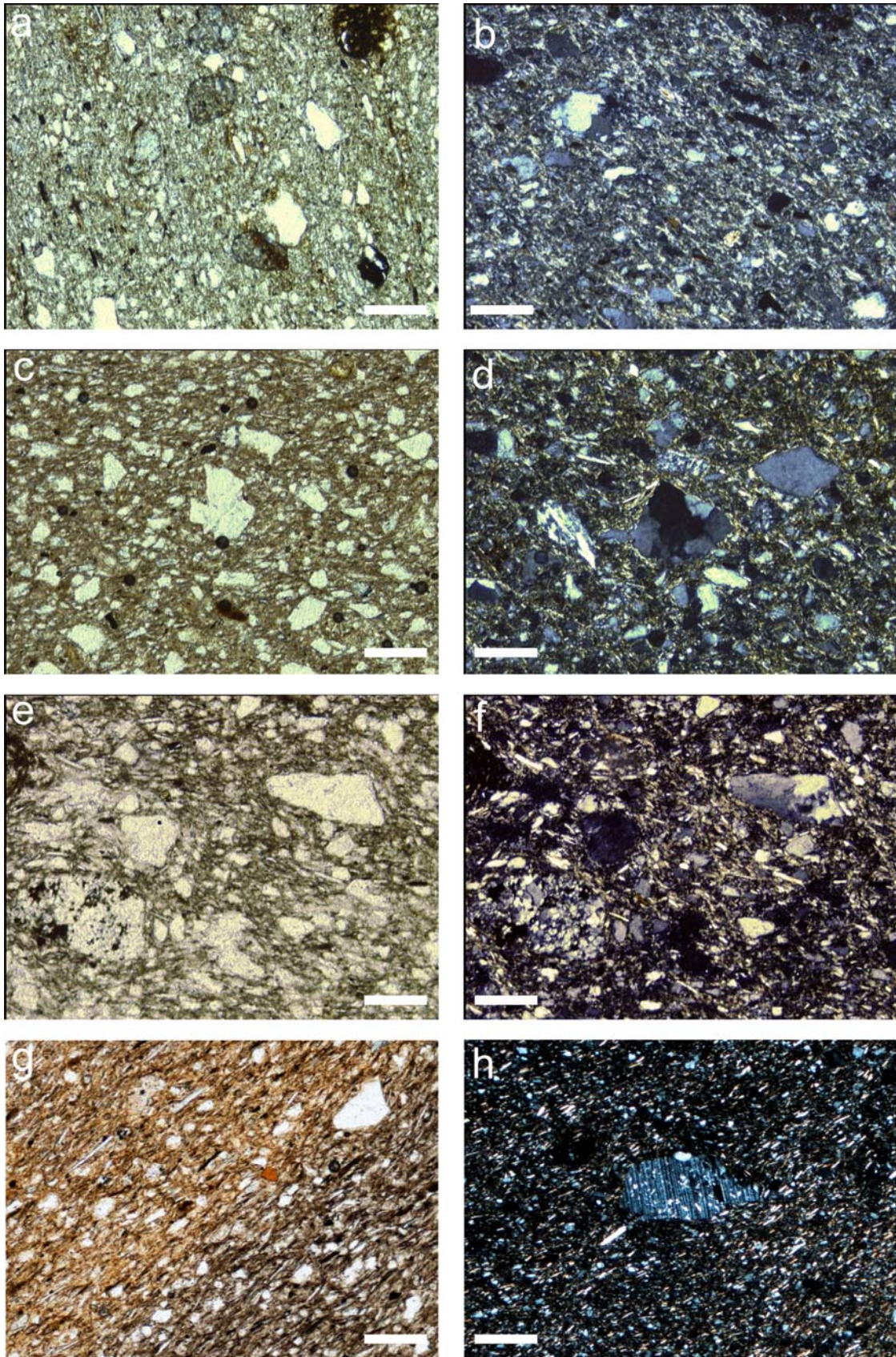
Felsővadászhoz hasonló földrajzi körülmények között, a mai Edelény település határában, egy vízfolyás menti platón helyezkedik el Borsod-Derékegyháza, mely a középső neolitikus kultúra egyik legismertebb lelőhelye. Hírneve elsősorban az 1928-as, angol-magyar együttműködés keretében folytatott ásatásának köszönhető, melynek célja a bükki kultúrára jellemző településszerkezet és háztípusok vizsgálata volt (Tompa 1929). Ezt megelőzően és ezt követően is végeztek azonban ásatásokat a lelőhelyen. A feltárt települési objektumok főként gödrök és tűzhelyek, melyekből igen gazdag leletanyag, több ezer kerámiatöredék származik. A település a bükki kultúra klasszikus fázisához köthető (Tompa, 1929; Kalicz & Makkay, 1977).

Az utóbbi években Sajószentpéter-Kövecses lelőhelyről is nagy mennyiségben kerültek elő bükki kerámiák. A lelőhely régészeti feltárását S. Koós Judit vezette 2001-ben. A lelőhely a Sajó-völgy déli peremén, a folyó jobb partján húzódó, ÉNy-DK-i irányú egykori folyóterazon helyezkedik el. Területén a kultúra kisebb településrésze látott napvilágot két földfelszínre épített paticsomladékával, a körülöttük található agyaggyerő és hulladékgyödrökkel, cölöplyukakkal, valamint egy zsugorított csontvázas, okkermellékletes temetkezéssel (Csengeri, 2003). A kerámiaanyag körülbelül 5000 töredékből áll, melyek közül csupán 3 edény volt restaurálható. A töredékek 20%-a finomkerámia, 80%-a pedig durva kerámia, utóbbiak közt viszont magas arányban találhatóak a vonaldíszes darabok (a feldolgozás jelenleg még közöletlen). A lelőhely feltehetően a bükki kultúra korai fázisába (Kalicz-Makkay rendszere szerinti Bükk I., J. Lichardus rendszere szerinti Bükk AB; Csengeri 2003) sorolható.

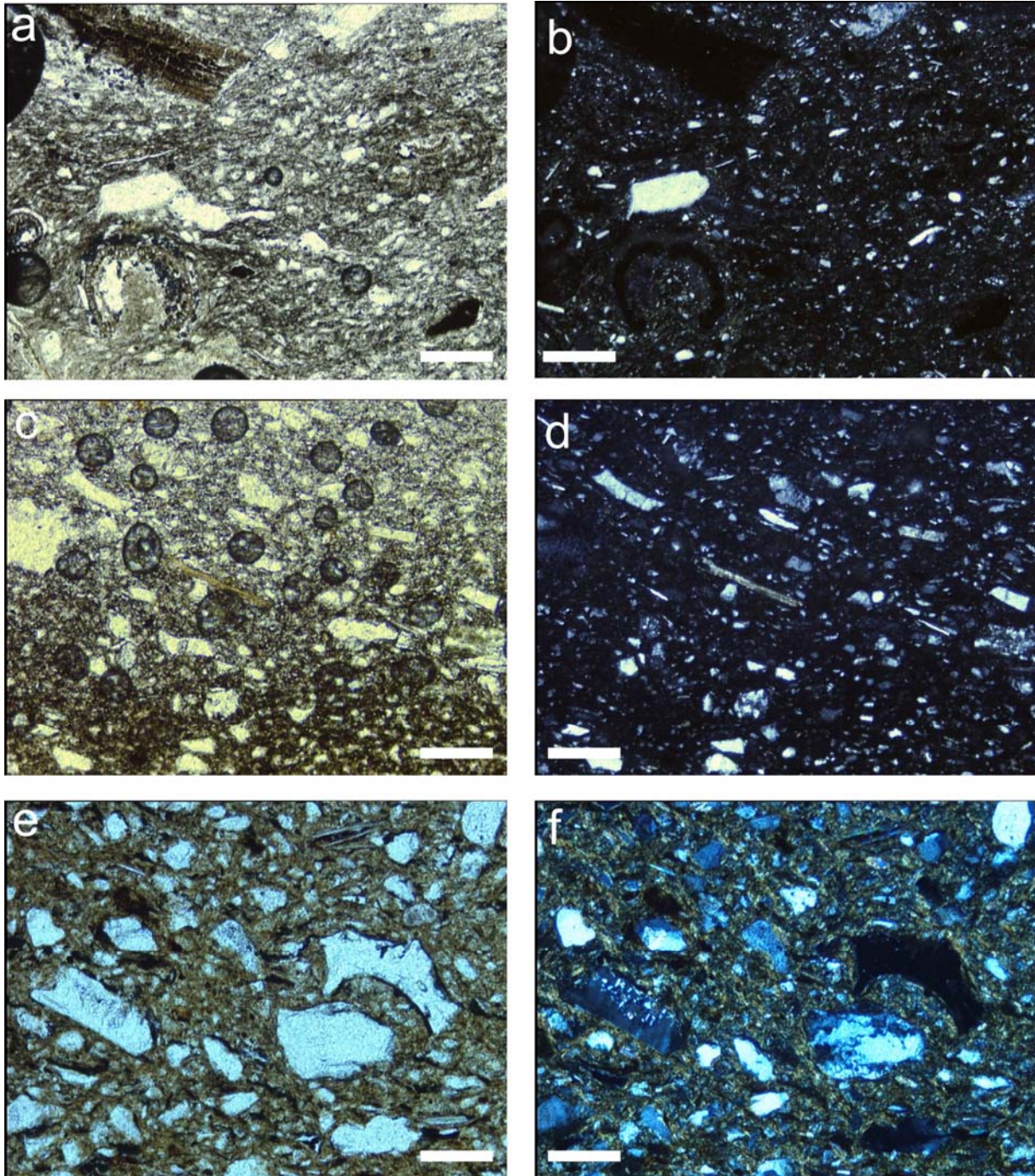
### ***Mikroszkópos petrográfiai vizsgálatok***

A polarizációs mikroszkópos közettani vizsgálatok során a korábbiakban említett valamennyi mintát részletesen leírtuk, azonban az alábbiakban a bükki kultúrához köthető finomkerámiákra korlátozva ismertetjük az adatokat. A durvább szemcsés házi kerámiák, illetve az egyéb korokból származó agyagedények leírására itt nem térünk ki, csupán annyiban használjuk fel a vonatkozó eredményeket, hogy megállapítsuk, anyaguk mennyiben tér el a neolitikus finomkerámiáktól.

Aggtelek-Baradla-barlang esetében a vizsgált négy bükki típusú finomkerámia közül a RAG-04 és



**2. ábra:** A vizsgált négy régészeti lelőhelyről előkerült "első osztályú" bükki finomkerámiák jellegzetes szöveti képe: Aggtelek-Baradla-barlang (a) RAG-04 és (b) RAG-06; Felsővadász-Várdomb (c) RFV-01 és (d) RFV-02c; Borsod-Derékegyháza (e-f) RBD-02; Sajószentpéter (g) Ssztp-01 és (h) Ssztp-03 (minden esetben a bal oldali kép 1 nikollal, a jobb oldali kép keresztezett nikollal készült, a méretarány 250  $\mu\text{m}$ )



**3. ábra:** A vizsgált három régészeti lelőhelyről előkerült "másodosztályú" bükki finomkerámiák jellegzetes szöveti képe: Aggtelek-Baradla-barlang (a-b) RAG-07; Felsővadász-Várdomb (c-d) RFV-03 és Borsod-Derékegyháza (e-f) RBD-03 (minden esetben a bal oldali kép 1 nikollal, a jobb oldali kép keresztezett nikollokkal készült, a méretarány 250  $\mu\text{m}$ )

RAG-06 minták csillámos, kőzetlisztes agyag (átlagosan 50–80  $\mu\text{m}$ ) alapanyaggal jellemezhetők, amelyben kőzetliszt szemcseméretű, metamorf eredetű ásványtörmelékek (hullámos kioltású monokristályos kvarc, muszkovit, földpát) találhatóak (**2. a-b ábra**).

A szövet finomszemcsés, szeriális és tömött. A RAG-05 és RAG-07 kerámiák agyagos alapanyaga

az előbbiektől annyiban tért el, hogy kevésbé csillámos, illetve növényi soványítást tartalmaz, ami miatt kevésbé tömött a szövet (**3. a-b ábra**). A két neolitikus házi kerámia elsősorban durvább átlagos szemcseméretében tért el a finomkerámiáktól, illetve minden esetben növényi soványításúak voltak. A két vaskori cseréptöredék közül az egyik a RAG-05 és RAG-07 mintákhoz volt hasonló, míg



a másik példány tört kerámia soványítást tartalmaz és durvaszemcsés.

A Felsővadász-Várdombról származó hat bükki típusú finomkerámia töredék közül az RFV-01, -02c, -04 és az FVD-V/5a kerámiákra csillámos, kőzetlisztes agyag (átl. 50–90 µm) alapanyag és kőzetliszt szemcseméretű, metamorf (kismértékben granitoid) eredetű ásványtörmelékek (hullámos kioltású monokristályos kvarc, muszkovit, földpát), illetve limonit jellemzők, amelyek egy finomközépszemcsés, szeriális, tömött szövetté rendeződnek (**2. c-d ábra**). Az RFV-03 és FVD-V/5b minták esetében a legfőbb eltérés a durvább, középszemcsés (átl. 100 µm) és gyengén hiátuszos (majdnem szeriális) szövet (**3. c-d ábra**). Ebből adódóan a nem plasztikus alkotórészek sem kizárólag ásványtörmelékekből állnak, hanem metamorf kőzettörmelékek is előfordulnak. Ezen kerámiák agyagos alapanyaga kevésbé csillámos, mint a finomkerámiák másik csoportjái. A hat házi kerámia vagy tört kerámia, vagy homokos soványítással készült és átlagos szemcseméretük durvább a finomkerámiáknál. A két bronzkori kerámiára szintén a durvaszemcsés szövet és a homokkal történő soványítás jellemző.

A borsod-derékegyházai két darab bükki típusú finomkerámia minta petrográfiailag nem bizonyult egyezőnek, bár a finomszemcsés (átl. 70–90 µm), szeriális, tömött szövet mindkét kerámiát jellemzi. Az RBD-02 jelű minta töredékének csillámos, kőzetlisztes agyag alapanyagába metamorf eredetű (kvarc, muszkovit) ásványtörmelékek és biotit ágyazódik (**2. e-f ábra**). A RBD-03 jelű kerámia nem az alapanyagában, hanem elsősorban a törmelékes alkotóiban tér el az RBD-02-től, mivel a metamorf mellett vulkáni törmelékes szemcséket (tufából származó kőzetüveg szilánkokat) is tartalmaz (**3. e-f ábra**). A lelőhelyről származó házi kerámia durvaszemcsések és homok soványítást tartalmaznak, míg a három bronzkori lelet hasonló az RBD-03 jelű minta anyagához.

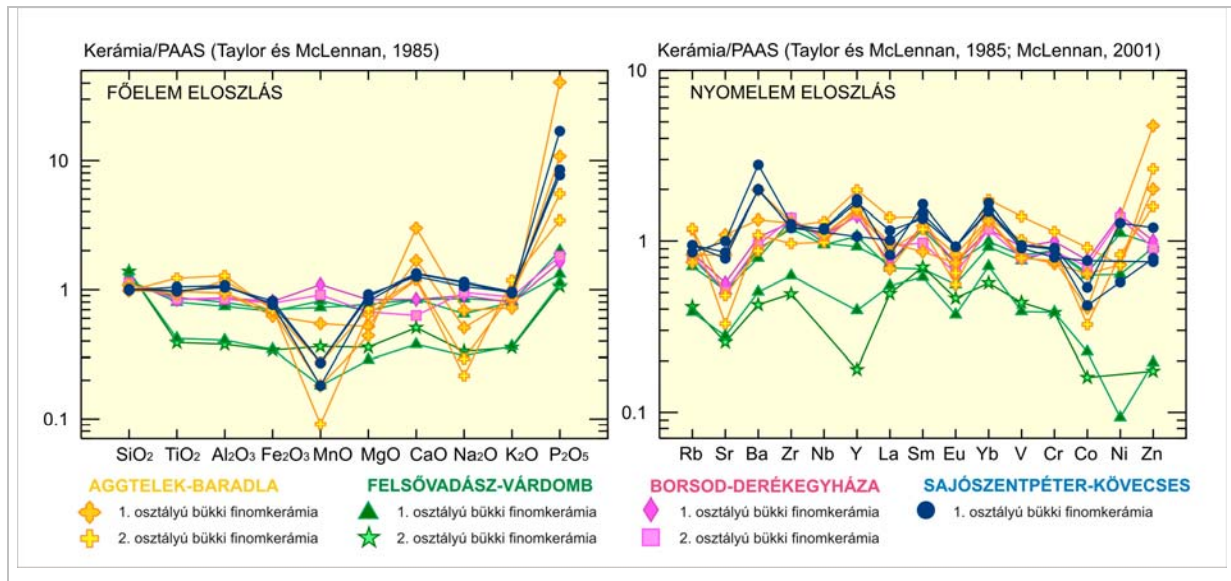
A Sajószentpéter-Kövecsesről vizsgált mindhárom (Ssztp-01, -02, -03) bükki típusú finomszemcsés kerámia hasonló szövettel és ásványos összetétellel jellemezhető. A finomszemcsés (átl. 50–60 µm), szeriális, tömött szövetben csillámos, kőzetlisztes agyag alapanyag és metamorf (néhol granitoid) eredetű ásványtörmelékek (kvarc, muszkovit, földpát) az alkotók (**2. g-h ábra**). Az ásatáson előkerült házi kerámiák (4 db) vagy durvább szemcsések, vagy növényi soványítást tartalmaznak.

Az egyes lelőhelyek esetében a stilsztikai-régészeti bélyegek alapján bükki típusú finomszemcsés díszkerámiának ítélt leletek mikroszkópos petrográfiai leírása azt mutatta, hogy Sajószentpéter-Kövecses kivételével valamennyi lelőhelyen el lehetett különíteni egy "első osztályú"

bükki finomkerámia (**2. a-h ábra**) és "másodosztályú" bükki finomkerámia (**3. a-f ábra**) típusú. Ezek makroszkópos megjelenésükben igen hasonlóak voltak, azonban az anyagi összetételük egy kiemelkedő és egy gyengébb minőségű nyersanyag használatát mutatja. Az "első osztályú" bükki finomkerámia finomszemcsés, szeriális, tömött szövetű és csillámos, kőzetlisztes agyag alapanyaggal jellemezhető, amelyben kőzetliszt szemcseméretű, metamorf eredetű ásványtörmelékek ágyazódnak. Ez a kerámia típus vagy egy természetes módon tiszta, finomszemcsés alapanyagból, vagy egy tisztított (iszapolt), eredetileg kissé durvább szemcséket is tartalmazó alapanyagból készült soványítás nélkül. A "másodosztályú" bükki finomkerámia kategóriába sorolt edények készítésekor vagy az "első osztályú"-hoz hasonlóan finomszemcsés, de eltérő – egyértelműen a lelőhely földtani viszonyait mutató – összetételű (lásd Borsod-Derékegyháza esetét), vagy durvább szemcsés és esetleg soványított (lásd Aggtelek-Baradla-barlang és Felsővadász-Várdomb esetén) alapanyagot használtak. Mindkét bükki finomkerámia kategória szöveti megjelenése gondos nyersanyag választást sugall, amely a kerámiakészítés magas színvonalát tükrözi. A minőségbeli eltérés azonban jelentős, és az "első osztályú" edényeknél a kiváló anyagválasztás mellett az adalékanyag hozzáadását is feleslegessé tette. Ez a különbség – bár szabad szemmel nem feltűnő – egy mesteri munkát végző kézműves számára fontos lehetett.

Aggtelek-Baradla-barlang esetében a vizsgált négy bükki típusú finomkerámia közül kettő tartozott az "első osztályú" (RAG-04, -06) és kettő a "másodosztályú" bükki finomkerámia (RAG-05, -07) típusba. A Felsővadász-Várdomból származó hat bükki típusú finomkerámia töredék közül négy bizonyult "első osztályú" (RFV-01, -02c, -04, FVD-V/5a) és kettő "másodosztályú" bükki finomkerámia (RFV-03, FVD-V/5b) típusúnak. A borsod-derékegyházai két darab bükki típusú finomkerámia minta egyetlen "első osztályú" (RBD-02) és egyetlen "másodosztályú" bükki finomkerámia (RBD-03) formájában oszlott meg. A Sajószentpéter-Kövecsesről vizsgált mindhárom (Ssztp-01, -02, -03) finomszemcsés kerámia az "első osztályú" bükki finomkerámia kategóriába sorolható.

Az Aggtelek-Baradla-barlang lelőhelyéről gyűjtött potenciális nyersanyag minták közül a durvább szemcsés üledékek (AG-04, AGF-04, -9, 14) kiszűrését követően két agyagtípus vált elkülöníthetővé. Az AG-01 és AG-06 jelű minták finomszemcsés, szeriális szövetű, képlékeny agyagok, míg az AG-02, -03, -05, -07 jelűek középszemcsés, szeriális-gyengén hiátuszos szövetű, tömött és ezért kevésbé képlékeny kőzetlisztes agyagok.



**4. ábra:** A négy lelőhelyről származó "első osztályú" és "másodosztályú" bükki finomkerámiák fő- és nyomelem eloszlása (PAAS-ra normált értékek, magyarázatot lásd a szövegben)

A két csoport ásványos összetételben (hullámos kioltású mono- és polikristályos kvarc, muszkovit, limonit, plagioklász és kálföldpát, agyagos közettörmelék, akcesszóriaként opakásványok, turmalin, cirkon, amfibol) nem különbözik jelentősen, csupán a durvább szemcsés anyagban megjelennek a közettörmelékek.

Felsővadász-Várdombon a lehetséges nyersanyagok között hiatusos szövetű, közép-durvaszemcsés, de viszonylag képlékeny agyagos alapanyagú kőzetlisztes-homokos agyagok (FV1-02, -03, FV2-02, -04, -10) és egy sajátos, foltos megjelenésű, heterogén tarkaagyag (FV2-14) fordultak elő. Az ásványos összetétel ezekben az esetekben is hasonló (hullámos kioltású mono- és polikristályos kvarc, plagioklász és kálföldpát, muszkovit, agyagos közettörmelék, metamorf közettörmelék, mészgöbcs, akcesszóriaként opakásványok, turmalin, cirkon, gránát), bár a tarkaagyag akcesszória tartalma alacsony. Emellett limonitos konkréciók szintén előfordulnak.

A borsodi lelőhely környezetében gyűjtött összehasonlító geológiai minták törmelékes szemcséinek összetétele elsősorban a két fúrás (BD1 és BD2) viszonylatában tér el, és nem a rétegsorbeli mélység függvényében. Mindkét fúrás anyaga hiatusos szövetű, középszemcsés, de emellett viszonylag képlékeny agyagos alapanyagú kőzetlisztes-homokos agyag. Az ásványos összetétel (egyenes és hullámos kioltású mono- és polikristályos kvarc, muszkovit, plagioklász és kálföldpát, tufás közettörmelék (kőzetüveg szilánk és horzsakő), metamorf közettörmelék, akcesszóriaként amfibol, opakásványok, turmalin, cirkon, gránát), valamint limonit, annyiban módosul a két fúrás esetében, hogy a BD1 fúrásban csak

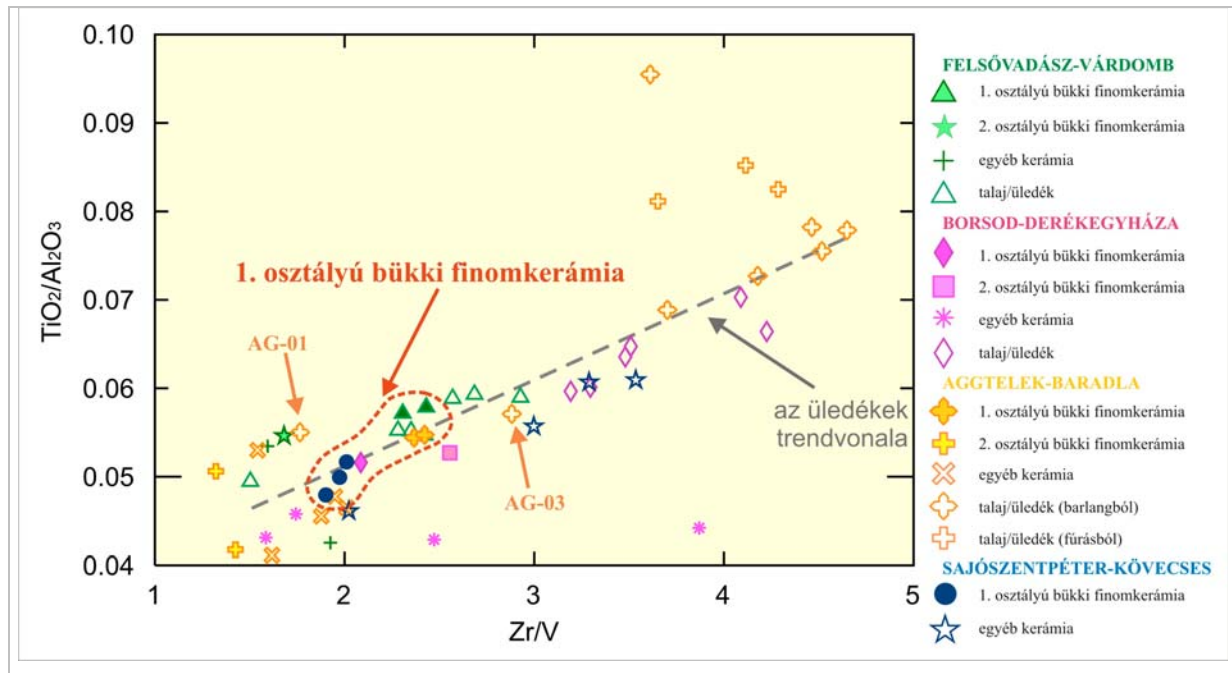
ásványtörmelékek (nagyon ritkán üde kőzetüveg szilánkok) képviselik a vulkáni törmelékes komponenst, amely a BD2 fúrás anyagában dominánssá válik és elsősorban üde kőzetüveg szilánkok formájában jelenik meg.

Sajószentpéter-Kövecsesről nem vizsgáltunk összehasonlító talaj/üledékmintákat.

Az egyes lelőhelyek esetében a régészeti kerámiák és a helyi üledékek összehasonlító mikroszkópi vizsgálata azt mutatja, hogy mindenhol előfordul a lelőhelyek közvetlen környezetében olyan fizikai tulajdonságú (szövetű, szemcseméretű) üledék, amely alkalmas lehetett kerámia készítésére. Az ásványos összetétel azonban nem minden esetben egyezett meg a kerámiák anyagával, így például Borsod-Derékegyháza kerámialeleteinek esetében az "első osztályú" bükki finomkerámia nem tartalmazza azokat a piroklasztit törmelékeket, amelyek a helyi üledékek jellegzetes komponensei.

### Geokémiai vizsgálatok

A részletes kémiai jellemzésre kiválasztott 28 régészeti és 23 geológiai minta XRF analízisének eredményeit (2. táblázat) kétféle diagram típusban jelenítettük meg, illetve azok alapján értelmeztük. Az első diagram típus az ún. sokelemes, „spider” diagram, amelyben az abszolút koncentráció értékek helyett egy széles körben használt referenciaértékhez (esetünkben a PAAS, „Post Archaean Australian Shale” nevű, a geokémiában a finomszemcsés sziliciklasztos üledékekre alkalmazott átlagos összetételhez) viszonyított arányok jeleníthetők meg (Taylor és McLennan, 1985; McLennan, 2001).



**5. ábra:** Diszkriminatív Zr/V – TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> korrelációs diagram a vizsgált régészeti és összehasonlító geológiai minták kémiai összetételbeli kapcsolatainak bemutatására

Ennek a normálásnak az eredményeképpen hangsúlyosabban kirajzolódnak az egyes minták adott elemre vonatkozó hasonlóságai vagy különbözőségei, és mindezek a jellegek egyszerre több elem esetében tanulmányozhatók. A **4. ábra** fő- és nyomelem eloszlási diagramjai az "első osztályú" és a "másodosztályú" bükki finomkerámia minták geokémiai viszonyát mutatják.

A főelem eloszlás két felsővadász mintától eltekintve a SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> és K<sub>2</sub>O esetében jó egyezést mutat mind a minták között, mind az átlagos PAAS összetétellel. Nagy ingadozás tapasztalható azonban a MnO, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O és P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> értékei között, ami ezen elemeknek a felszíni-felszínközeli folyamatokra (oldatmozgásokra, kémhatás vagy redox viszony változásaira) való érzékenységéből ered. A nyomelem eloszlás szintén hasonló képet mutat: ugyanazon két felsővadász mintával kivételével a nyersanyagok származási helyére elsősorban utaló, immobilis nyomelemek (Zr, Nb, Y, RFF-k, V, Cr) hasonló lefutással, az átlagos PAAS összetételhez közeli és egymástól csak kis mértékben eltérő normált értékekkel jellemezhetők. A mobilis nyomelemek (Rb, Sr, Ba), valamint a Co, Ni és Zn viszont széles tartományban szóródnak. A két kiugróan más elem eloszlást mutató felsővadász mintát (a "másodosztályú" bükki finomkerámia típusba sorolható RFV-03 és az "első osztályú" bükki finomkerámiaként leírt RFV-04) esetében a SiO<sub>2</sub> magasabb értéke miatt szisztematikus „hígulást” (a koncentrációérték lecsökkenést)

tapasztalunk minden más főelemnél. Mivel ez a többlet SiO<sub>2</sub>-tartalom elsősorban kvarc fázis formájában jelenik meg, amely nagyon kis mennyiségben tartalmaz nyomelemeket, hatást gyakorol a kerámiák anyagának átlagos nyomelem tartalmára is. Ez azt jelenti, hogy annak ellenére, hogy mind a fő-, mind a nyomelem eloszlás hasonló lefutású, mint a többi kerámia esetében, az abszolút és relatív koncentráció értékek nagymértékben eltérnek (alacsonyabbak) az átlagostól ezen két minta esetében. Kivételt jelent ezen kijelentés alól a csillaggal jelölt RFV-03 minta Y és Zn tartalma, amely eltér a többi finomszemcsés kerámia összetételétől.

Az 4. ábrán látható, hogy a szóródó adatokat mutató fő- és nyomelemek között több a mobilis, mint az immobilis viselkedésű, azonban a MgO és a Na<sub>2</sub>O (részben a CaO, Co, Ni, Zn) értékekben tapasztalható eltérések vélhetően eltérő nyersanyag eredetre utalnak. Mindemellett a hasonló eloszlású immobilis főelemek alapján feltételezhető, hogy minden finomkerámia esetében hasonló fizikai tulajdonságú (agyagtartalmú, képlékenységgű) anyagot kerestek a kerámiakészítéshez. A könnyen mobilizálódó elemek eltérő viselkedésének oka a lelőhelyenként eltérő betemetődési viszonyokban kereshető. A két, magas SiO<sub>2</sub>-tartalommal jellemzett felsővadász kerámia petrográfiai vizsgálata különbözőnek mutatta ezt a két mintát, illetve az RFV-04 mintát az "első osztályú" bükki finomkerámiákhoz (RFV-01, -02) hasonlít a mikroszkóp alatt.

Mintaszám	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI
RAG-01	54.85	0.92	19.61	6.24	0.03	0.86	2.66	0.28	3.04	3.57	7.43
RAG-02	61.28	0.84	18.39	5.25	0.07	0.86	2.54	0.23	2.81	1.74	5.43
RAG-03	65.98	0.73	15.33	6.36	0.12	0.73	2.24	0.34	2.33	0.91	4.70
RAG-04	63.62	0.91	16.72	4.22	0.06	1.07	2.05	0.57	2.94	1.62	5.61
RAG-05	60.76	0.88	21.03	4.94	0.01	1.35	1.47	0.25	4.15	0.53	4.38
RAG-06	57.52	0.91	16.58	4.63	0.02	0.91	3.65	0.77	2.49	6.08	6.10
RAG-07	59.58	1.18	23.22	4.83	0.03	1.50	1.51	0.34	3.29	0.85	3.30
RAG-08	62.60	0.76	18.43	6.16	0.07	1.37	1.73	0.78	2.58	0.24	5.47
RAG-09	62.28	0.88	16.52	7.63	0.20	1.07	1.86	0.24	2.77	0.68	5.51
AG-01	61.13	1.04	18.88	6.47	0.02	0.96	0.71	0.46	3.31	0.56	5.61
AG-02	73.50	0.97	12.49	4.51	0.02	0.70	0.51	0.50	2.34	0.25	3.52
AG-03	54.48	0.95	16.54	6.35	0.12	1.12	5.39	0.70	2.37	1.92	9.29
AG-04	68.84	0.92	12.19	4.80	0.04	1.21	2.58	0.44	2.11	0.77	5.68
AG-05	64.21	0.90	11.55	4.59	0.03	0.70	5.04	0.36	1.75	4.59	5.65
AG-06	67.65	1.02	14.93	5.29	0.08	1.15	0.83	0.81	2.34	0.18	5.11
AG-07	69.00	1.04	14.28	5.40	0.10	1.01	0.76	0.60	2.00	0.15	4.92
AG-08	69.56	1.05	10.99	4.31	0.14	0.81	2.67	0.58	1.74	0.19	7.18
AGF-04	69.24	1.09	12.79	4.62	0.16	0.80	0.94	0.66	1.93	0.15	6.88
AGF-09	72.40	1.00	12.07	4.50	0.13	0.73	0.59	0.57	1.82	0.14	5.22
AGF-14	70.80	1.03	12.77	4.72	0.13	0.76	0.55	0.52	1.88	0.15	5.71
RBD-01	67.47	0.69	16.13	5.79	0.08	1.70	1.79	1.18	2.78	0.27	1.74
RBD-02	68.02	0.82	15.88	5.71	0.12	1.80	1.07	1.06	2.87	0.26	2.11
RBD-03	68.85	0.82	15.58	5.54	0.10	1.44	0.80	1.11	3.17	0.28	2.02
RBD-04	58.84	0.88	19.15	9.11	0.08	1.10	1.20	0.59	3.23	2.10	3.52
RBD-05	64.95	0.67	15.55	5.01	0.08	1.21	1.89	1.39	3.19	1.21	4.61
RBD-06	68.62	0.66	14.94	4.39	0.05	0.85	1.54	1.34	2.93	0.30	4.09
BD1-05	66.63	0.91	15.18	5.54	0.10	1.13	0.80	0.83	2.11	0.13	6.37
BD1-12	68.41	0.92	14.50	5.30	0.11	1.08	0.79	0.87	1.97	0.09	5.75
BD1-17	70.34	0.95	13.59	4.78	0.11	1.02	0.77	0.91	2.03	0.08	5.10
BD2-03	67.83	0.84	12.95	4.55	0.12	1.10	1.17	1.03	2.25	0.28	7.62
BD2-07	70.96	0.82	12.24	4.63	0.14	1.07	1.35	1.08	2.08	0.19	5.42
BD2-09	68.15	0.83	13.76	4.92	0.12	1.26	1.26	0.97	2.42	0.37	6.30
RFV-01	67.81	0.83	14.18	4.76	0.08	1.59	1.03	0.97	2.85	0.20	5.46
RFV-02c	69.47	0.76	13.23	4.64	0.09	1.42	1.04	0.73	2.79	0.30	4.87
RFV-03	85.23	0.38	7.03	2.43	0.04	0.77	0.65	0.40	1.30	0.17	1.27
RFV-04	84.59	0.42	7.53	2.44	0.02	0.62	0.48	0.37	1.33	0.17	1.89
RFV-05	68.29	0.82	15.39	4.56	0.08	1.46	1.17	0.45	2.92	0.52	4.76
FVD-Cs	61.32	0.84	19.91	8.11	0.06	1.26	0.91	0.67	3.41	0.78	2.33
FVI-01	69.77	0.69	11.69	4.01	0.21	1.19	1.61	0.80	2.18	0.28	7.11
FVI-03	71.35	0.67	11.31	3.99	0.23	1.13	1.93	0.81	2.17	0.30	5.96
FV2-02	68.36	0.74	12.59	4.52	0.13	1.23	1.44	0.75	2.44	0.37	7.20
FV2-04	67.94	0.72	12.94	5.20	0.14	1.24	1.14	0.74	2.46	0.35	6.79
FV2-10	67.62	0.71	12.96	4.87	0.15	1.32	1.50	0.70	2.47	0.53	6.86
FV2-14	58.15	0.72	14.59	4.75	0.14	2.10	6.35	0.50	2.62	0.25	9.90
Ssztp-01	60.69	0.93	18.72	5.63	0.03	1.84	1.65	1.30	3.41	1.18	3.96
Ssztp-02	58.17	0.98	19.05	5.17	0.02	1.69	1.60	1.26	3.25	2.55	5.37
Ssztp-03	61.57	0.94	19.66	5.42	0.03	1.96	1.58	1.24	3.43	1.32	2.73
Ssztp-04	61.16	0.93	15.29	5.39	0.02	1.13	2.20	1.18	2.20	4.60	5.33
SSztp-05	65.98	0.90	14.82	5.03	0.04	1.31	1.92	1.15	2.56	1.94	3.93
Ssztp-06	62.74	0.87	15.62	6.06	0.04	1.20	1.85	1.03	2.30	3.92	4.05
Ssztp-07	62.50	0.76	16.54	5.08	0.05	1.72	1.35	1.09	2.73	1.12	6.34
Kimut. határ (ppm)	240	12	244	180	5	88	48	75	24	14	

Mintaszám	Rb	Sr	Ba	Zr	Nb	Y	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Yb	V	Cr	Co	Ni	Zn	Sum
RAG-01	136	102	886	247	19	50	39	95	44	8.0	0.8	4.6	123	92	9	-	744	99.49
RAG-02	138	102	1270	241	18	44	25	181	39	10.0	1.0	4.0	128	69	25	56	195	99.44
RAG-03	122	136	1094	200	14	30	15	64	18	4.8	0.7	2.6	102	72	17	81	76	99.76
RAG-04	133	166	1289	269	20	42	26	85	38	6.8	0.9	3.8	114	74	13	44	171	99.38
RAG-05	186	66	703	203	18	40	34	103	40	6.5	0.6	3.8	142	89	7	50	135	99.74
RAG-06	120	218	864	268	20	41	37	91	38	4.8	0.8	3.7	111	77	8	-	403	99.66
RAG-07	190	96	568	257	23	54	53	124	54	7.7	0.7	4.9	195	114	18	43	225	99.63
RAG-08	119	82	601	209	17	39	31	81	37	6.4	0.7	3.5	129	99	17	79	100	100.18
RAG-09	130	64	437	188	20	42	31	74	32	6.7	0.8	3.8	122	85	20	57	224	99.64
AG-01	174	71	451	260	24	39	37	89	39	7.9	0.7	3.5	147	94	8	46	178	99.15
AG-02	114	59	357	415	26	47	29	92	49	5.2	0.5	3.9	93	69	6	62	111	99.31
AG-03	124	109	390	333	24	53	38	96	52	6.3	0.8	4.6	116	93	18	36	300	99.24
AG-04	110	93	341	420	24	46	35	91	47	8.0	0.8	3.8	93	74	9	59	139	99.57
AG-05	90	186	350	411	24	47	39	95	41	6.9	0.9	3.9	88	68	5	-	326	99.38
AG-06	119	86	422	411	25	55	37	95	49	8.7	0.9	4.7	111	89	15	88	75	99.38
AG-07	116	76	367	469	27	59	40	106	49	9.9	1.0	5.0	112	83	18	95	76	99.26
AG-08	98	72	395	353	26	49	36	99	47	7.6	0.8	4.2	98	77	14	54	78	99.22
AGF-04	109	80	448	427	29	55	39	106	48	7.7	0.9	4.7	104	78	18	78	63	99.26
AGF-09	99	68	391	411	27	50	29	99	41	7.1	0.8	4.2	96	78	17	72	52	99.16
AGF-14	105	68	402	373	27	48	35	96	43	6.6	0.7	4.1	102	78	18	70	52	99.02
RBD-01	126	129	672	179	13	35	33	87	33	5.7	0.8	3.2	113	80	14	62	86	99.63
RBD-02	136	113	683	271	20	38	28	88	30	6.9	0.8	3.3	130	100	15	85	85	99.70
RBD-03	132	102	617	285	19	39	36	84	35	5.4	0.7	3.3	111	86	14	82	77	99.71
RBD-04	128	277	1569	245	29	74	45	94	41	8.1	1.3	6.7	141	90	41	96	311	99.80
RBD-05	129	189	1660	257	17	36	17	81	31	4.6	0.8	3.1	104	62	11	71	63	99.77
RBD-06	119	144	1297	319	21	37	23	85	38	6.3	0.8	3.2	83	60	9	77	62	99.70
BD1-05	127	82	459	369	24	47	37	101	41	6.7	0.7	4.0	116	93	17	93	61	99.72
BD1-12	114	82	446	391	24	47	35	93	39	7.4	0.8	3.9	112	96	16	97	62	99.79
BD1-17	110	82	425	418	26	48	36	101	47	6.6	0.7	4.0	102	85	16	94	60	99.68
BD2-03	115	95	480	326	20	43	32	86	33	5.8	0.7	3.7	93	74	14	75	71	99.73
BD2-07	105	98	439	376	21	45	35	95	39	6.4	0.8	3.8	89	77	15	89	59	99.97
BD2-09	123	106	472	318	21	42	38	92	34	6.6	0.8	3.6	97	79	14	83	85	100.34
RFV-01	126	102	516	281	18	25	28	81	29	6.5	0.8	2.8	115	88	13	38	78	99.75
RFV-02c	113	103	586	248	17	29	27	77	35	3.8	0.6	2.6	107	89	13	67	81	99.33
RFV-03	66	51	276	103	-	5	19	-	11	3.9	0.5	1.6	61	38	3	-	15	99.67
RFV-04	61	56	327	131	-	11	21	-	21	3.4	0.4	2.0	54	38	5	6	17	99.84
RFV-05	116	139	635	198	16	28	27	72	31	5.8	0.8	2.7	124	94	15	69	82	100.41
FVD-Cs	148	335	1000	248	21	53	68	128	45	8.4	1.3	4.7	129	101	20	81	98	99.60
FV1-01	105	105	425	236	15	30	26	75	27	4.0	0.7	2.7	88	78	13	62	57	99.52
FV1-03	102	99	416	246	17	31	32	73	26	5.2	0.7	2.7	84	72	11	68	56	99.84
FV2-02	118	117	465	253	16	34	27	80	26	5.1	0.7	3.0	99	83	13	67	72	99.77
FV2-04	119	120	476	224	15	31	31	74	32	5.9	0.8	2.7	98	82	15	72	77	99.66
FV2-10	119	129	460	234	15	32	26	73	33	5.5	0.8	2.9	99	93	14	69	79	99.68
FV2-14	135	182	428	177	15	29	32	76	33	5.6	0.9	2.6	118	89	14	72	68	100.07
Ssztp-01	151	158	1303	251	-	29	39	99	49	8.0	1.0	4.2	127	80	15	-	64	99.35
Ssztp-02	137	200	1814	264	21	45	44	120	51	7.5	1.0	4.7	132	89	8	35	67	99.11
Ssztp-03	151	172	1290	252	21	47	32	110	49	9.1	1.0	4.3	132	91	11	77	102	99.89
Ssztp-04	89	258	1433	355	23	49	29	92	36	6.1	1.0	4.2	100	91	8	82	46	99.43
SSztp-05	99	159	1203	329	23	45	32	89	39	6.3	0.9	3.9	100	88	11	79	63	99.57
Ssztp-06	97	239	1507	312	21	48	26	84	37	6.7	1.1	4.2	104	89	12	78	64	99.68
Ssztp-07	126	137	893	206	17	33	26	78	41	5.4	0.7	3.1	102	81	11	86	85	99.28
Kimut.határ (ppm)	2.9	3.0	11.1	8.5	3.8	1.8	5.1	10	3.2	2.1	0.0	0.2	2.6	3.5	1.6	3.3	3.0	

**2. táblázat (előző oldalon):** Az XRF analízissel nyert részletes kémiai elemzés eredményei a kiválasztott 28 régészeti és 23 geológiai minta esetében, illetve az alkalmazott módszer kimutatási határértékei az egyes elemek esetében.

A petrográfiai értékelés tehát nem támasztja alá a két minta egymáshoz való kémiai hasonlóságát, valamint a magas SiO<sub>2</sub>-tartalmakra sem ad magyarázatot.

A többi vizsgált mintára vonatkozó fő- és nyomelem eloszlási diagramok tanulságai alapján elmondható, hogy az egyes lelőhelyekről előkerült finomszemcsés kerámiák kémiai összetétele nem mutat olyan karakteres jelleget, ami alapján elválaszthatók volnának a többi (eltérő megjelenésű és szövetű és/vagy korú) kerámiától. A finom- és házi kerámia, valamint nyersanyag minták kémiai összetételének lelőhelyenként történő összevetése a következő következtetéseket tette lehetővé. A Baradla-barlang esetében a kerámiák – elsősorban Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO és Y, RFF tartalom alapján – a barlangból gyűjtött üledékekkel mutattak hasonlóságot (a barlangon kívüli fűrés nyersanyagaival szemben), egymástól pedig nem különböztek el egyértelműen. Fontos azonban megjegyezni, hogy az üledékek Co-Ni-Zn anomáliája a kerámiákban nem észlelhető. Mindezek alapján ezen a lelőhelyen az "első osztályú" és a "másodosztályú" bükki finomkerámiák is készülhettek helyi nyersanyagból. A Felsővadászon gyűjtött finomszemcsés és egyéb kerámiák összetétele jól elkülöníthető (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> és Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, valamint számos nyomelem tekintetében), bár a 14 régészeti mintából csak 6 példány műszeres analízisére volt mód. A már fentebb is említett, "másodosztályú" bükki finomkerámia (RFV-03) elsősorban nyomelem tartalmában mutat némi eltérést. A helyi, potenciális nyersanyagok összetételével észlelhető hasonlóság alapján feltehető, hogy a "első osztályú" bükki finomkerámiák ebből a típusú helyi nyersanyagból származhatnak, azonban a "másodosztályú" bükki finomkerámia nem. A borsodi kerámiák összetétele változatos képet mutat, az egyes petrográfiai típusok viszonylag egyértelműen elválaszthatók, amennyiben több fő- és nyomelem viselkedését vesszük figyelembe. A finom kerámiák és a potenciális, helyi nyersanyagok viszonyáról elmondható, hogy az "első osztályú" bükki finomkerámiának (eltérő MgO, Cr és Co tartalma miatt) valószínűleg nem az általunk mintázott helyi üledékekhez hasonló kiinduló anyaga (talán nem is helyi?) volt, míg a "másodosztályú" bükki finomkerámiák készülhettek helyi nyersanyagból. Meg kell azonban említeni, hogy a két (BD1 és BD2) fűrésből származó minták karakteres petrográfiai különbségei (a BD2 fűrésben sokkal nagyobb arányban jelentkezik a vulkanoklasztit eredetű törmelékanyag, mint a BD1 fűrésben) a

kémiai összetételben egyáltalán nem jelentkeznek, azok fő- és nyomelem összetétele szinte (a CaO és a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kivételével) tökéletesen egyezik. Ez a tény viszont bizonytalanná teszi a kémiai összetételen alapuló eredethatározást a borsod-derékegyházi leletek esetében. A sajoszentpéteri kerámia minták vizsgálatakor nem volt lehetőség összehasonlító talaj/üledékminták gyűjtésére, ezért csupán a házi kerámiával történő összevetésre hagyatkozhatunk. A finom- és durvább szemcsés kerámiák elem eloszlása nem különül el egymástól jelentősen, bár a valóban durvaszemcsés házi kerámia (Ssztp-07) átlagos nyomelem tartalma alacsonyabb. Ez az egyezés azt sugallja, hogy minden kerámia egyféle eredetű nyersanyagból készülhetett.

Az általunk alkalmazott diagramok másik típusa, a kétváltozós korrelációs diagram volt. A **5. ábrán** olyan immobilis és inkompatibilis fő- (TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) és nyomelem (Zr/V) arányokat tüntettünk fel, amelyek a kerámiakészítéshez alkalmazott nyersanyagok eredetének meghatározásában döntő szerepűek, mivel az üledékképződés és a kerámiakészítés sok fázisú folyamatai során stabilisan viselkednek. A diszkriminatív diagram egyik leglátványosabb eleme, hogy az összehasonlító talaj/üledékminták (néhány aggteleki példánytól eltekintve) megközelítőleg egyetlen lineáris trendvonalra illeszkednek. Az immobilis-inkompatibilis elemek aránya fokozatosan növekszik ezen vonal mentén elhelyezkedő üledékekben, mégpedig a felsővadásztól a borsodiakon keresztül az aggtelekiekig. A kerámiák ezzel szemben nem illeszkednek a tendenciába, illetve annak bal alsó, „szegényedett” (alacsony immobilis-inkompatibilis elemarányokat mutató) ágában fordulnak elő leginkább (néhány sajoszentpéteri minta a trendvonal középső szakaszára esik). A másik fontos megfigyelés az, hogy a négy különböző lelőhelyről származó "első osztályú" bükki finomkerámia egy viszonylag szűk összetételi tartományra korlátozódik, szemben a széles körben szóródó, egyéb kerámiákból (köztük a "másodosztályú" bükki finomkerámiákból) származó adatokkal. Ez az együtt mozgás olyan összetartozást (műhelykapcsolatot?) sugall ezen finomkerámiák esetében, amelyet a viszonylag kis mintaszám miatt egyelőre még nem tudunk értelmezni. A jelenség azonban mindenképpen figyelmet érdemel és további vizsgálatokat tesz szükségessé. Az "első osztályú" bükki finomkerámiák és a potenciális nyersanyagok tekintetében egyértelmű összefüggés nem rajzolódik ki. A kompakt, "első osztályú" bükki finomkerámia csoporthoz legközelebb álló talaj/üledékminták a Felsővadász-Várdombról és két esetben az aggteleki Baradla-barlangból (AG-01, -03) gyűjtött lehetséges nyersanyagokkal mutatják a legnagyobb hasonlóságot.

### **Ásványos összetétel vizsgálat XRD-vel**

Részletes fázis összetételi vizsgálatot Aggtelek-Baradla-barlang 4 kerámiáján (RAG-01, -02, -03, -06) és 3 barlangi üledékén (AG-01, -03, -06), valamint felsővadász-várdombi üledékeken (FV1-02, -03, FV2-02, -04, -10, -14) végeztünk.

Az "első osztályú" bükki finomkerámiák fázis analízise során olyan ásvány együttes detektálható (Aggtelek-Baradla-barlang: kvarc >> 10Å-ös rétegszilikát (illit) > plagioklász > kálföldpát > hematit), amely közepes, 750–850°C-os maximális hőmérsékleten történő kiégetésre utal. Az oxidált formában megjelenő vas jelenléte azt jelzi, hogy a kerámiák általánosan szürkének mondható színe ellenére a kiégetés nem egyértelműen redukív légkörben történt.

A célzott nyersanyag vizsgálatok a geokémiai (részben közettani) eredmények alapján kerültek kiválasztásra. Az összehasonlító talaj/üledékminták XRF analízise a Baradla-barlang egyes üledék típusait, illetve a felsővadászi nyersanyagokat mutatta a legmegfelelőbb összetételűnek az "első osztályú" bükki finomkerámia készítéséhez. A barlangi minták vermikulitos (duzzadó agyagásványos) kőzetlisztes agyagok, amelyek kisebb-nagyobb mennyiségben szabad szemmel is látható karbonát csomókat tartalmaznak (kvarc >> 10Å-ös rétegszilikát (szericit-muszkovit) > kalcit, plagioklász > kálföldpát > vermikulit > hematit). A duzzadó agyagok rossz térfogatváltozási tulajdonságai (száradáskor és kiégetéskor végbemenő zsugorodás és repedezés) miatt általában nem használhatók soványítás nélkül kerámiakészítésre. Ez alapján nem valószínű, hogy a soványítás nélkül készült "első osztályú" és "másodosztályú" bükki finomkerámiák ebből a barlangi nyersanyagból készülhettek volna. A felsővadászi régészeti lelőhely környezetében mélyült két fúrás (FV1 és FV2) üledékeinek ásványos összetétele a fúrások helyétől és a mintavétel mélységétől függetlenül hasonló (kvarc >> 10Å-ös rétegszilikát (illit) > plagioklász > kálföldpát > szmektit > kalcit), csupán a karbonát tartalom mutat ingadozást. Az illit mellett minden esetben jelenlévő duzzadó komponens (esetenként kevert illit-szmektit szerkezet) nem zárja ki az agyagos talajok/üledékek kerámiakészítésre való alkalmasságát.

### **Eredmények**

A négy lelőhelyről kiválasztott finom- és házi kerámiák, illetve az összehasonlító elemzéshez gyűjtött talaj/üledékminták kőzet-ásványtani és geokémiai módszerekkel történő vizsgálata megmutatta, hogy majdnem minden lelőhelyen (Sajószentpéter kivételével) egy "első osztályú" és egy "másodosztályú" kerámiákat tartalmazó finomszemcsés kerámia csoport különíthető el a

házi kerámiáktól, illetve a más korszakokból származó edényektől. A régészeti szempontból igen hasonló megjelenésű edények az "első osztályú" bükki finomkerámia típus esetében finomszemcsés, soványítatlan alapanyag alkalmazásával készültek, míg a "másodosztályú" példányok esetében vagy más összetételű vagy durvább szemcsés és/vagy soványított alapanyagot használtak. A bükki finomkerámia két osztálya között tehát a kivitelezési technika színvonalában mutatkozik észlelhető különbség, míg maguk az edények makroszkópos megjelenésükben nem térnek el egyértelműen egymástól.

Az Aggtelek-Baradla-barlang lelőhely esetében mind az I., mind a "másodosztályú" bükki finomkerámia készülhetett helyi nyersanyagból. Ebben az esetben azonban az "első osztályú" bükki finomkerámiához a barlangi, duzzadó agyagot használták soványítás nélkül, ami szokatlan nyersanyag a kerámiagyártásban. A "másodosztályú" finomkerámia példányok esetében növényi anyaggal történő soványítás azonosítható, ami inkább elképzelhetővé teszi a vermikulitos agyag használatát, mint a másik típus esetében.

Felsővadász-Várdombon a finomszemcsés kerámiáknak szintén mindkét típusa származhat helyi nyersanyagból, amely az anyagvizsgálat alapján minden szempontból alkalmas kerámiakészítésre. Az "első osztályú" bükki finomkerámiák agyagos alkotójának összetétele azonban nagyobb egyezést mutat a vizsgált helyi talajok/üledékek összetételével, mint a "másodosztályú" példányoké, így az utóbbiak – ha kis mértékben is – másféle (és durvább szemcsés) agyagos alapanyagból készülhettek.

A Borsod-Derékegyháza előkerült kerámialeletek esetében feltehető, hogy az "első osztályú" bükki finomkerámia nem helyi nyersanyagból készült, míg a "másodosztályú" tartalmazza azokat a komponenseket (piroklasztit törmelékeket), amelyek igazolják a helyi eredetet.

A Sajószentpéter-kövecsesi leletek között egyetlen típusú finomszemcsés kerámiát lehetett azonosítani, amely leginkább a többi lelőhely "első osztályú" bükki finomkerámiájához hasonlít. Az összehasonlító geológiai minták hiányában ezen lelőhely finomkerámiájáról csak az állítható, hogy hasonló kémiai összetételű, mint a házi kerámiák. Ez valószínűvé teszi, hogy azokkal együtt helyi nyersanyagból készült.

A "első osztályú" bükki finomkerámia mind a négy lelőhelyen viszonylag hasonló paraméterekkel jellemezhető, míg a "másodosztályú" bükki finomkerámiák minden lelőhelyek kissé más módon különböznek az "első osztályú"-tól. Ez a tény arra utalhat, hogy az "első osztályú" bükki dísedények között szorosabb lehetett a kapcsolat, mint pusztán a kulturális közösség. Érdemes tovább

vizsgálni a kultúra leletanyagában a hasonlóságokat. A "másodosztályú" bükki díszkerámiák eltérései sokkal inkább sugallják a lelőhelyenkénti természeti adottságokból eredő különbségeket.

### Összefoglalás

Bár a vizsgált mintacsoport kisszámú volt, illetve csupán néhány lelőhelyre terjedt ki, alapvető, előzetes eredményeket szolgáltatunk a bükki kultúra finomkerámiájának készítésére vonatkozóan. A bükki finomkerámia leletek anyaga világosan elkülönül a durva házi kerámiáékétól, illetve a legtöbb esetben a lehetséges, helyi nyersanyagokétól is (a felsővadász-várdombi és néhány baradla-barlangi üledék azonban szerepelhetett nyersanyagként). Emellett a régészeti finomkerámia kategórián belül is szétválasztható két, egymástól minőségében eltérő típus (1. és "másodosztályú"). Kombinált, kőzet-ásványtani és geokémiai vizsgálataink alapot szolgáltatnak a bükki finomkerámia egy későbbi, szisztematikus archeometriai kutatásához, és azt is körvonalazzák, hogy lehetséges az eredet (készítési helyek) és az alkalmazott receptek (sajátos készítési technológia) azonosítása.

### Köszönetnyilvánítás

Kutatásunk a „Magyarországi újkőkori kerámiák archeometriai vizsgálata és közvetlen környezetükben található potenciális nyersanyag-lelőhelyekkel való összehasonlításuk” DAAD-MÖB német-magyar kétoldalú együttműködési projektjének (2005-2006) keretében zajlott (lásd [www.ace.hu/daad/daad2](http://www.ace.hu/daad/daad2)).

### Irodalom

BIRÓ, T. K. (1998): *Lithic implements and the circulation of raw materials in the Great Hungarian Plain during the Late Neolithic Period*, Hungarian National Museum, Budapest, 350 p.

BIRÓ, T. K. (in press): Az őskori lelőhely kőanyaga, In: *A bükki kultúra települése Felsővadász-Várdombon*. Borsod-Abaúj-Zemplén Megye Régészeti Emlékei, Miskolc.

CSENGERI, P. (2001): Adatok a bükki kultúra kerámiaművességének ismeretéhez. A felsővadász-várdombi település leletanyaga, *Herman Ottó Múzeum Évkönyve* **40** 73-105.

CSENGERI, P. (2003): A bükki kultúra települése Sajószentpéter, Kövecsesen, (Előzetes kutatási jelentés) In: *Régészeti Kutatások Magyarországon 2001*, Budapest, Kulturális Örökség Minisztériuma és Magyar Nemzeti Múzeum, 31-46.

CSENGERI, P. (2004): Adatok a Cserhát őskori településtörténetéhez, In: Nagy, E., Dani, J. & Hajdú, Zs. (eds.) *ΜΩΜΩΣ II., Óskoros Kutatók II. Összejövetelének konferenciakötete*, Debrecen, 2000. november 6–8., Hajdú-Bihar Megyei Múzeumok Igazgatósága, Debrecen, 45-59.

GHERDÁN, K., SZAKMÁNY, GY., TÓTH, M., T. BIRÓ, K. & KISS, V. (2007): Archaeometric studies on Early Bronze Age pottery from Vörs-Máriaasszony-sziget. *Archeometriai Műhely*, **2007/2**, 21-31.

GYALOG, L. (ed.) (2005): *Magyarázó Magyarország fedett földtani térképéhez, 1:100.000*. – Magyar Állami Földtani Intézet.

HOLL, B. (2007): A Baradla-barlang régészeti kutatása, *Archeológiai Értesítő* **132** 267-288.

KALICZ, N. (1970): *Clay gods. The Neolithic period and the Copper Age in Hungary*, Hereditas, Corvina, Budapest, 87 p.

KALICZ, N. & MAKKAY, J. (1977): Die Linienbandkeramik in der Großen Ungarischen Tiefebene, *Studia Archaeologica* **7** 385 p.

KOÓS, J. (1986a): Archäologische Beiträge zur Geschichte der Bükker Kultur in Nordost-Ungarn, In: Chopovský (ed.) *Urzeitliche und frühhistorische Besiedlung der Ostslowakei in Bezug zu den Nachbargebieten*. Nitra, Archäologisches Institut der Slowakischen Akademie der Wissenschaften, pp. 103-107.

KOÓS, J. (1986b): Jelentés a Felsővadász-Várdombon folytatott ásításokról, 1982—1984, *Herman Ottó Múzeum Közleményei* **24** 18-20.

SZAKMÁNY, GY. (2001): Felsővadász-Várdomb neolitikus és bronzkori kerámiatípusainak petrográfiai vizsgálata. *Miskolci Herman Ottó Múzeum Évkönyve*, **XL** 107-125.

TOMPA, F. (1929): Die Bandkeramik in Ungarn, *Archaeologica Hungarica* **5-6.**, Budapest.

VISY, ZS., NAGY, M. & B. KISS, ZS. (eds.) (2003): *Hungarian archaeology at the turn of the Millennium*, Budapest, 482 p.



## MISSMARBLE

### EGY ARCHEOMETRIAI, MŰVÉSZETTÖRTÉNETI ÉS MŰEMLÉKVÉDELMI CÉLÚ, INTERNET-ALAPÚ, INTERDISZCIPLINÁRIS ADATBÁZIS

ZÖLDFÖLDI JUDIT<sup>1</sup> – HEGEDÜS PÉTER<sup>2</sup> – SZÉKELY BALÁZS<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Tübingeni Egyetem, Földtudományi Intézet

Wilhelmstrasse 56, 72074 Tübingen, [zoeldfoeldi@yahoo.de](mailto:zoeldfoeldi@yahoo.de)

<sup>2</sup> 7754 Bóly, Arany János út 1.

<sup>3</sup> Bécsi Műszaki Egyetem, Fotogrammetriai és Távérzékelési Intézet

<sup>4</sup> ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszék

#### Abstract

*After a four-year-long development phase the MissMarble database, a system managing measurement results of archeological and geological samples of marble, is ready to be used. The system provides a user-friendly, interactive user interface. The data bank contains data about more than 1600 samples, further 1300 samples are about to be added currently. In this paper we present the isotope-geochemical subsystem of the data bank.*

*In some cases the values of the stable ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$ ) isotope ratios are separable from those of the other marble occurrences, though the overlapping of the distributions is by far more typical. The same applies to the strontium ( $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$ ) isotope ratios. However, the integrated application of the three isotopic ratios often clarifies the provenance of the sample.*

#### Összefoglalás

*Mintegy négyéves fejlesztőmunka eredményeképp létrejött a MissMarble adatbázis, amely régészeti és geológiai márványminták elemzési eredményeit foglalja össze egy felhasználóbarát, internet alapú interaktív rendszer felületén keresztül. Jelenleg az adatbázis 1600-nál több minta adatait tartalmazza, és további 1300 minta integrálása van folyamatban. Jelen munkában a rendszer izotópgeokémiai vonatkozású alrendszerét mutatjuk be.*

*A stabilizotóp- ( $\delta^{13}\text{C}$ - és  $\delta^{18}\text{O}$ -) adatok alapján a lelőhelyek között általában átfedés tapasztalható és csak néhány esetben különülnek el az adatok. Ugyanez mondható el a stroncium ( $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$ ) izotóparányra. A három izotóparány együttes alkalmazása azonban igen gyakran egyértelművé teszi a minta származását.*

KEYWORDS: MARBLE, DATA BASE, PROVENANCE, ISOTOPE,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$

KULCSSZAVAK: MÁRVÁNY, ADATBÁZIS, EREDETMEGHATÁROZÁS, IZOTÓP,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$

#### Bevezetés

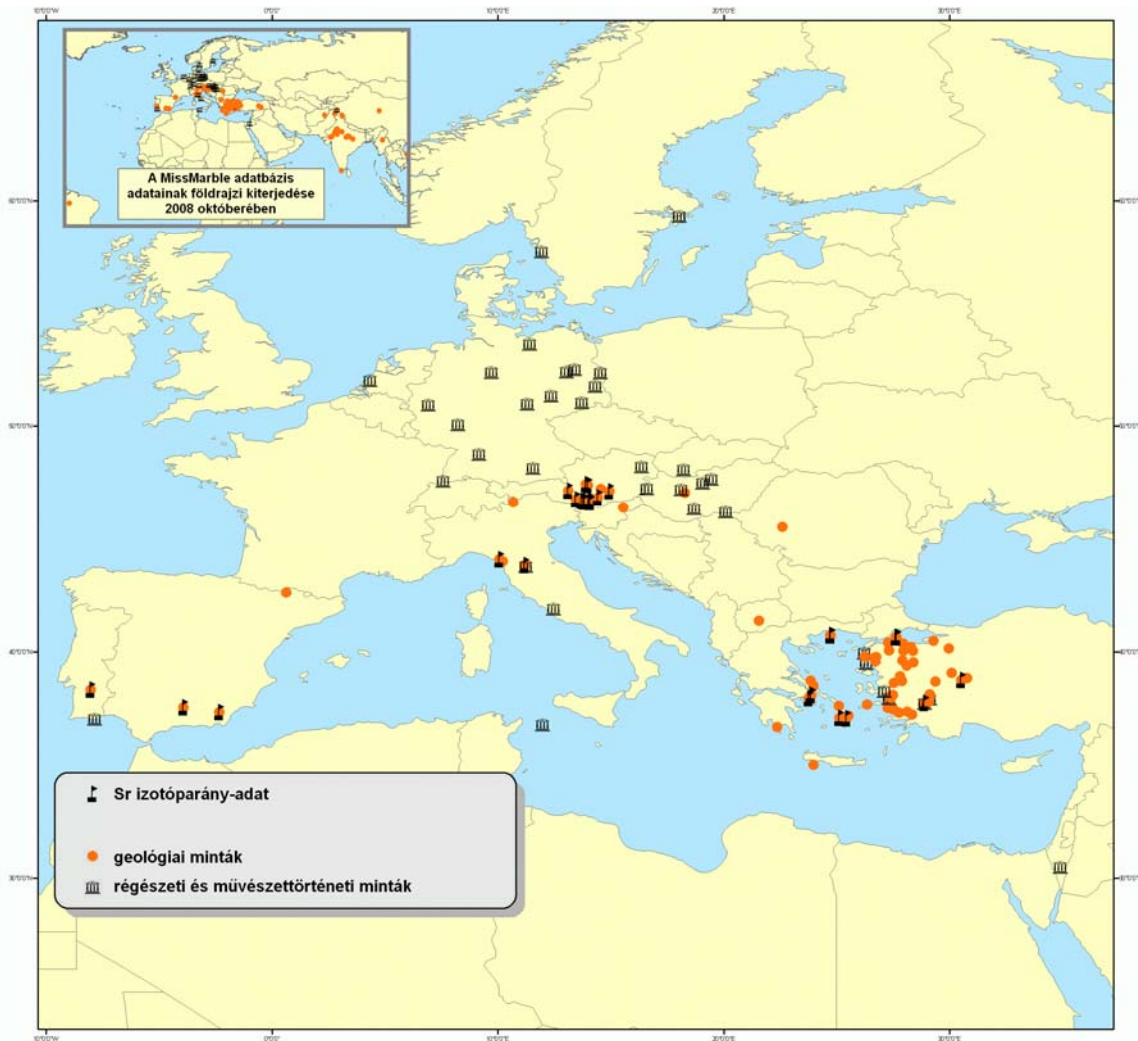
A kutatási projektek futamideje alatt rengeteg adat gyűlik össze a szakirodalom feldolgozása, terepi munka, különböző mérések, laborvizsgálatok során, de ezeket a "nyers" adatokat általában nem publikálják. Formátumuk, adathordozójuk gyakran egyedi. Mindezek tulajdonképpen a tudományos kutatás számára rendelkezésre állnának, de legtöbbször csak az adott kutató rendelkezik információval az adatok tartalmáról, tárolási módjáról. A megoldás az lenne, ha a felhasználás-orientált adatok jól szervezeten, nemzetközi szabványoknak megfelelően lennének tárolva olyan megbízható adatközpontokban, archívumokban, ahol ezeket hosszú időn keresztül őrzik és gondozzák. E kutatási adatok koordinált és egyértelmű elérhetősége minden, nemzetközi interdiszciplináris projektekből résztvevő kutató szolgálatára válik, továbbá a nyers adatok elérhetősége az eredeti kutatási projekt eredményeit

is értékesebbé és fontosabbá teheti. A természettudományi szakembereken kívül bölcsészek, restaurátorok, muzeológusok és más téren tevékenykedő specialisták (pl. gyűjtemények koordinátorai) is alapvetően érdeklődnek az elsődleges adatok visszakereső rendszerei iránt.

Projektünkben a márványvizsgálatok eredményeit igyekszünk a csatlakozó kutatók számára átfogó módon, integráltan rendelkezésre bocsátani az általunk kifejlesztett MissMarble adatrendszeren keresztül.

#### Kliens-szerver architektúra

Projektünk célja egy könnyen hozzáférhető adatbázis kifejlesztése volt a márványok témájában (Zöldföldi et al. 2004b), amely felhasználóbarát felülettel, a bevitt adatok minőségellenőrzésével, a szakszerű tárolás, jól átgondolt archiválás, és a felhasználók közötti információcserlehetőségével rendelkezik.



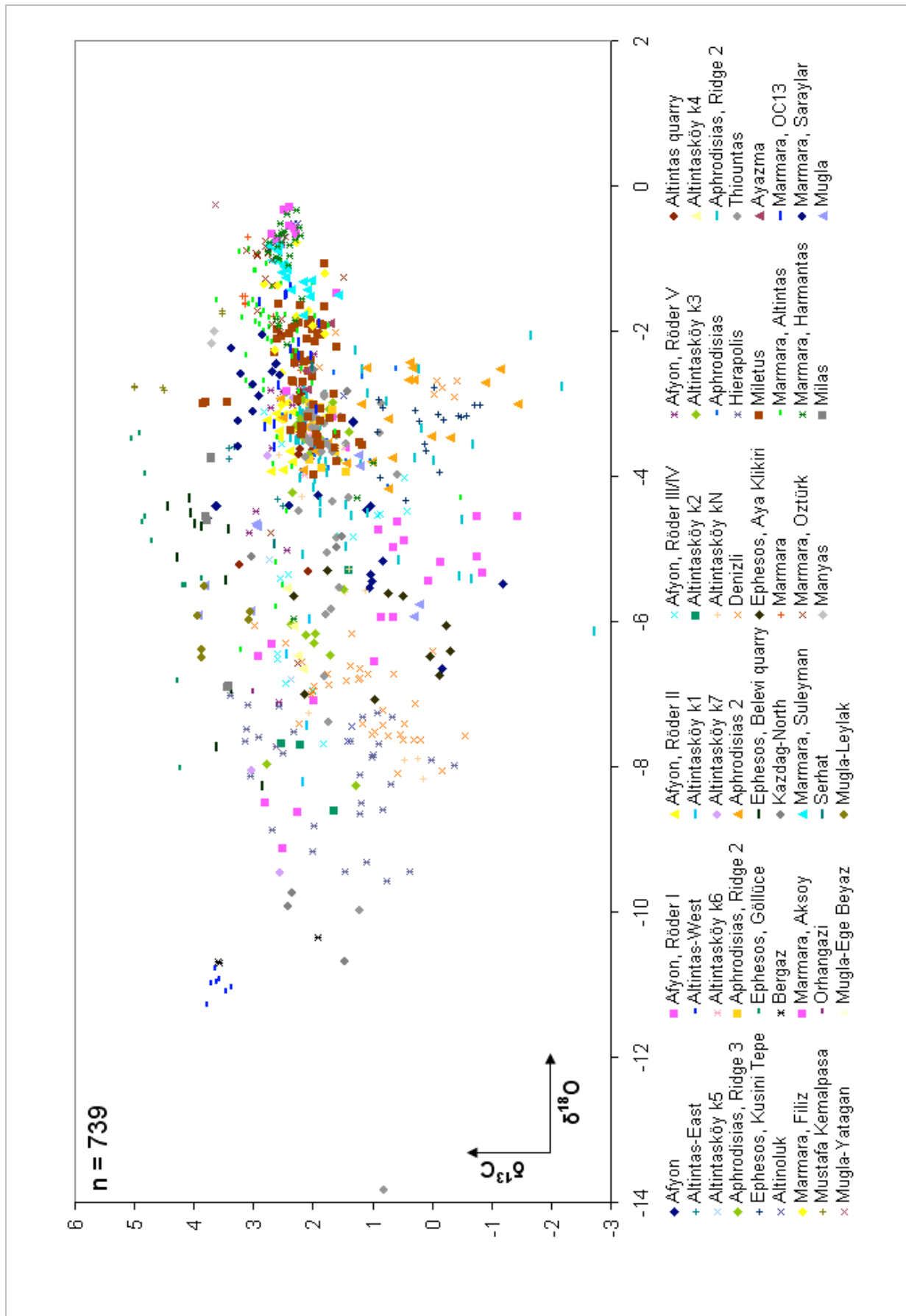
**1. ábra:** A MissMarble adatbankban 2008 októberében tárolt geológiai és régészeti illetve művészettörténeti márványminta-adatok földrajzi elterjedése. Kis zászlóval jelöltük azon lelőhelyeket, melyekről  $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$ -adattal rendelkezünk.

Az internetes technológia fejlődése a kliens-szerver architektúra által lehetővé teszi sok felhasználó egyidejű kapcsolódását. A kliensszoftveren keresztül a felhasználó különféle lekérdezéseket, elemzéseket végezhet a márványlelőhelyek, illetve régészeti tárgyak, művészettörténeti objektumok és építészeti elemek tekintetében is. A kifejlesztett rendszer célja az is, hogy segítséget, gyakorlati tanácsokat nyújtson az adatok összehasonlításában, származási hely meghatározásában, információt adjon a mintákon végrehajtott különféle mérési technikákról, az eredmények egymás közötti ill. más irodalmi adatokkal való összehasonlítási lehetőségeiről, továbbá körülhatárolja, mely információk hiányoznak adott lelőhelyről, nyersanyagról. Utóbbi lehetőség az új kutatási területek, kérdésfeltevések esetében is segítséget nyújt ezek kidolgozásában. Másfelől az adatok ilyen jellegű összegyűjtése lehetségessé teszi, hogy anyagigényes, időigényes és drága méréseket ne kelljen megismételni.

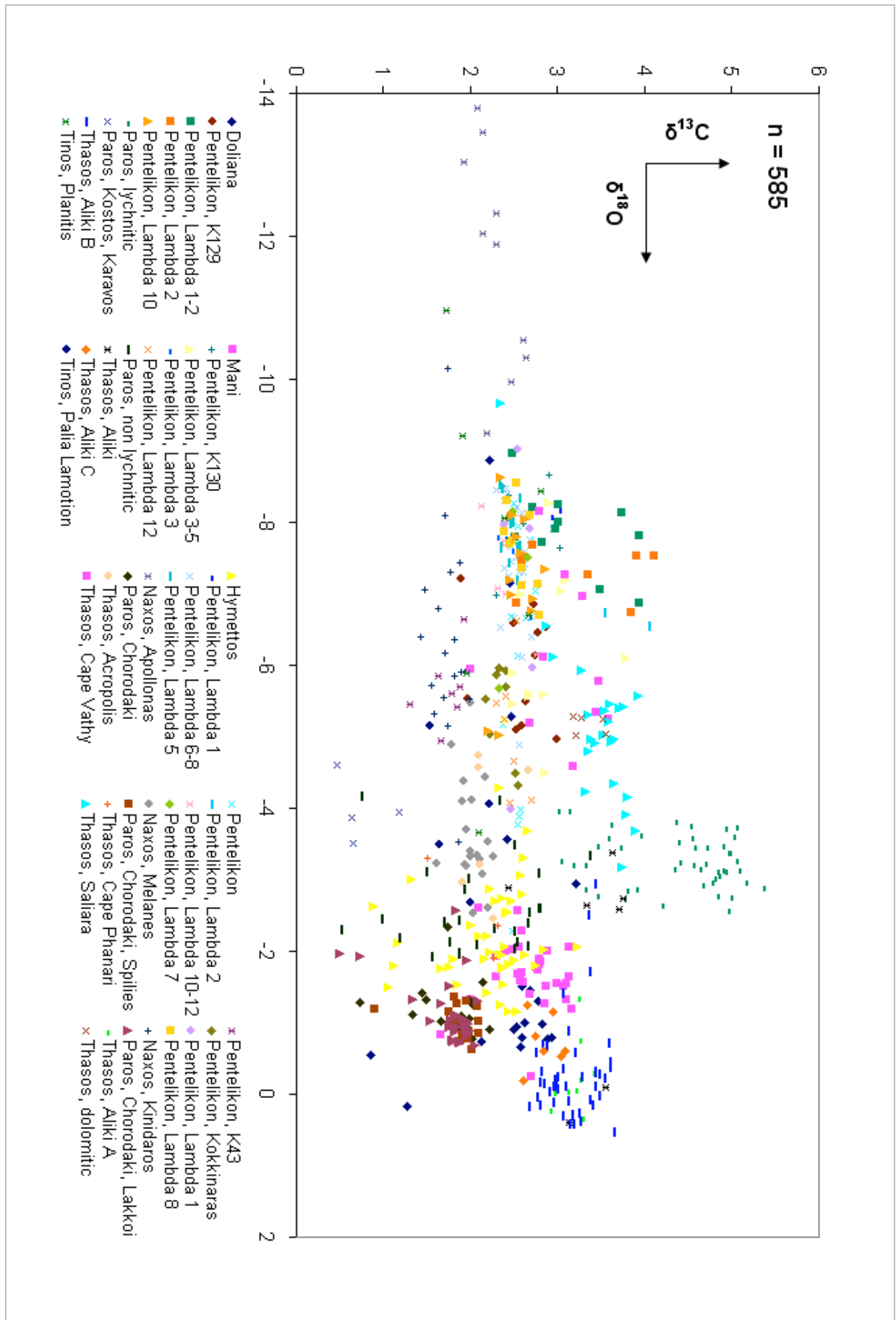
### Adattartalom

A kategóriájától függetlenül minden adatsor tartalmazhatja a következő tulajdonságokat: a minta pillanatnyi feltalálási helye, azonosítása; szín, szöveti elemzések, közettani leírás ásványi és kémiai összetétel, izotópgeokémiai vizsgálatok eredményei, mérnökgeológiai vizsgálatok, stb. A földtani minta esetében a földtani besorolás (kor, fácies) jelenik meg új szempontként; régészeti és művészettörténeti minták esetében a tárgyak régészeti ill. művészettörténeti leírása, származás-vizsgálati eredményei, konzerválási és restaurálási tapasztalatok rögzítése lehetséges.

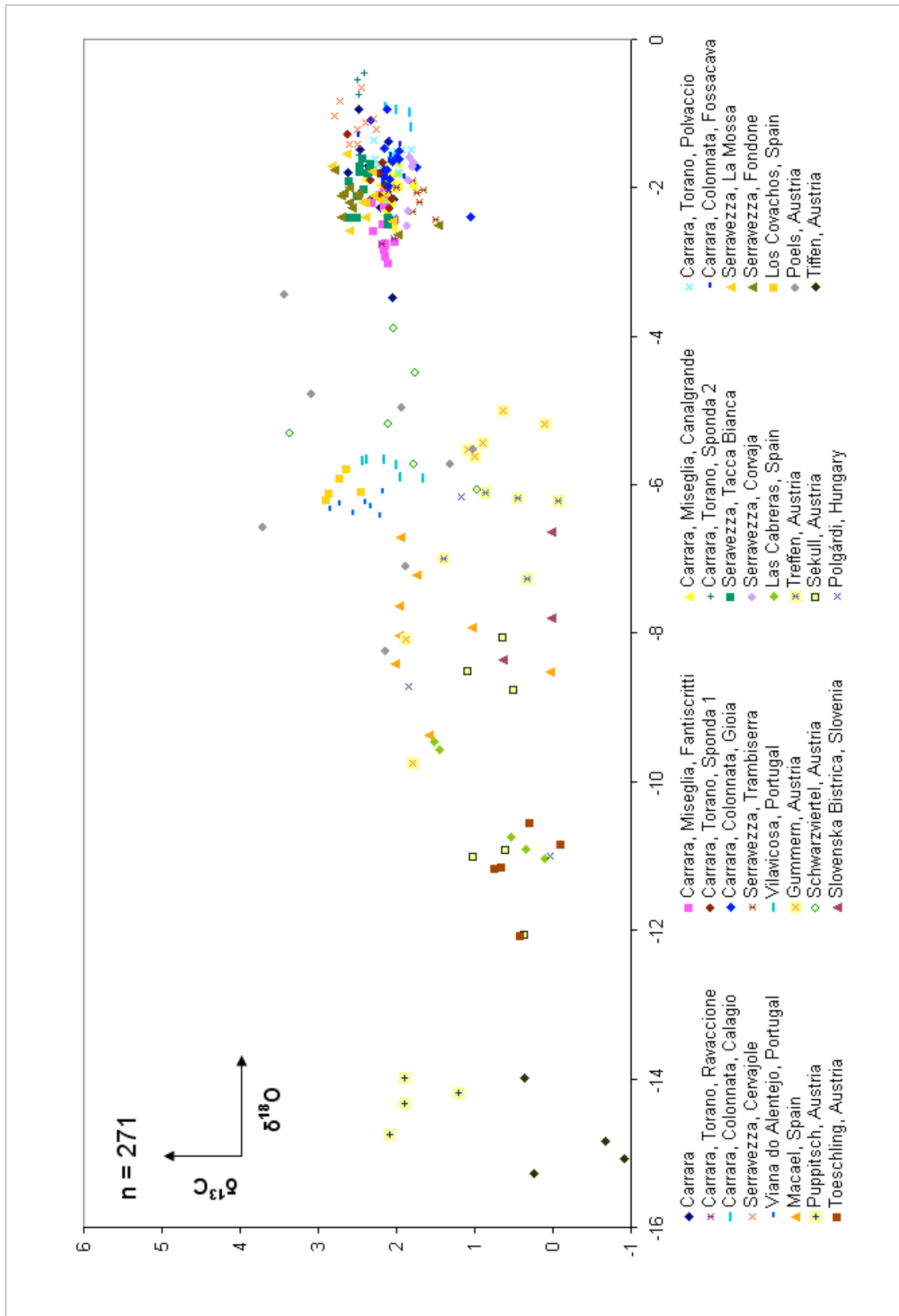
A rendszerben további módosítások és kiegészítések adatvesztés és -konverzió nélkül megvalósíthatók. Cél a felhasználók igényei, tapasztalatai és észrevételei alapján a rendszer új funkciókkal (pl. új mérési eljárások eredményeivel) való bővítése. A rendszer részletesebb bemutatása egy korábbi munkánkban olvasható (Zöldföldi et al. 2008).



**2.a ábra:** Az anatóliai bányákból származó márványok stabilizotóp-eloszlása (Craig & Craig 1972, Herz 1985, Gorgoni et al. 2002, Cramer 2004, Zöldföldi & Satir 2003, Attanasio et al. 2006, Zöldföldi & Székely 2008 és eddig nem publikált adatok alapján).



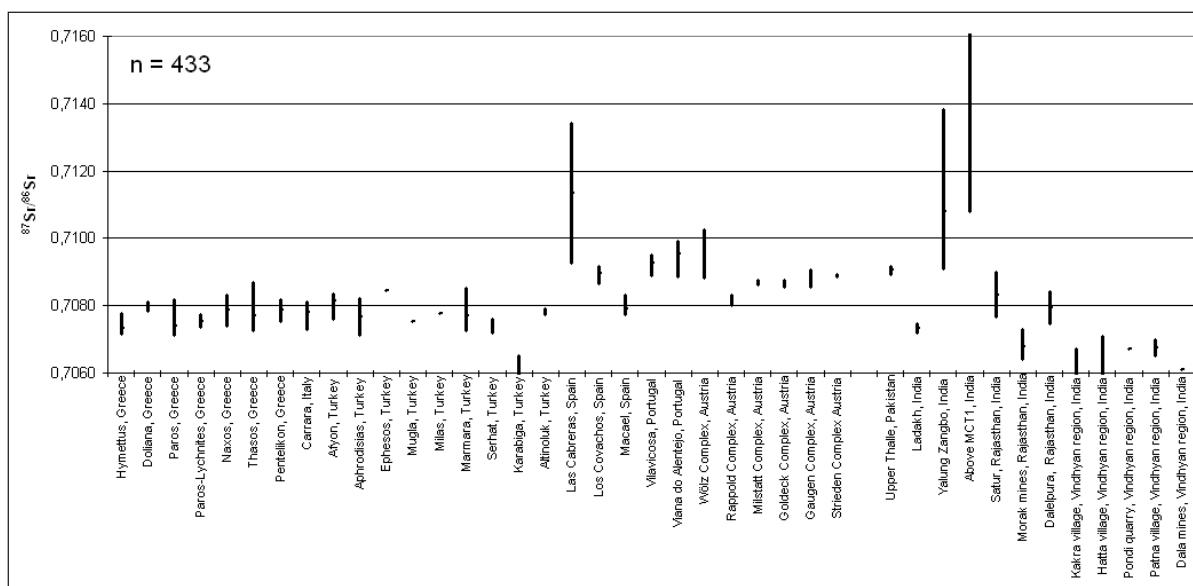
**2.b ábra:** A görög bányákból származó márványok stabilizotóp-eloszlása (Craig & Craig 1972, Gorgoni et al. 2002, Herz 1985, Cramer 2004, Attanasio et al. 2006 alapján).



2.c ábra: Egyéb európai bányákból származó márványok stabilizótóp-eloszlása (Lapunte 1995, Lapunte et al. 2000, Zöldföldi et al. 2004a, Unterwurzacher 2005, Morbidelli et al. 2007 alapján).



**2.d ábra:** Az indiai szubkontinensről illetve Indokínából(d) származó márványok stabilizótóp-eloszlása (Santosh et al. 1996, Pecher et al. 2002, Maheshwari et al. 2002, Liu et al. 2006 és Garnier et al. 2008 alapján).



**3. ábra:** Összefoglaló diagram az archeometriai és geológiai irodalomból származó  $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$  izotóparányokról (Kumar et al. 2002, Morbidelli et al. 2002, Pentia et al. 2003, Brill et al. 2005, Liu et al. 2006, Zöldföldi & Satir 2003 és eddig nem publikált adatok alapján).

### A $\delta^{13}\text{C}$ , $\delta^{18}\text{O}$ és $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$ izotóprendszer

Az adatbázis jelenleg (2008 októberében) több mint 1600 adatsort tartalmaz. A márványok eredetének meghatározásában a legtöbbször használt vizsgálati eredmény (ld. pl. Craig & Craig 1972, Gorgoni et al. 2002, Herz 1985, Cramer 2004, Unterwurzacher 2005, Attanasio et al. 2006) a stabilizotóp-arány ( $\delta^{13}\text{C}$  és  $\delta^{18}\text{O}$ ). Ennek köszönhetően természetesen ezen adatok mennyisége van túlsúlyban az adatbankban is: hozzávetőleg 1500 adatsort tartalmaz stabilizotóp-eredményeket. A  $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$  izotóparány meghatározása – mivel a vizsgálat kis mennyiségű (ca. 200  $\mu\text{g}$ ) pormintán is elvégezhető – egyre nagyobb szerepet játszik régészeti ill. művészettörténeti minták eredetének meghatározásában (Morbidelli et al. 2007, Pentia et al. 2003, Brill et al. 2005, Zöldföldi & Satir 2003). A MissMarble e cikk írásakor 433 ilyen adatot tartalmaz. Az adatok – habár távlatilag a globális lefedés a cél – jelenleg főleg három földrajzi területről származnak: Mediterráneum, az Alp-Kárpáti-Pannon térség (AICaPa) és az indiai szubkontinens illetve Indokína (Kumar et al. 2002, Morbidelli et al. 2002, Pentia et al. 2003, Brill et al. 2005, Liu et al. 2006, Zöldföldi & Satir 2003; **1. ábra**).

A **2. ábra** összefoglalást ad az adatbankban szereplő geológiai minták stabil izotópgeokémiai tulajdonságairól lelőhelyek szerint csoportosítva. Ezek a diagramok jól mutatják, hogy az egyes lelőhelyekről származó minták eredményei többé-kevésbé jól körülhatárolható mezőket képeznek, amelyek viszont sok esetben egymást átfedik. Alig néhány esetben fordul elő az, hogy egy lelőhely már ezen vizsgálatok alapján elkülöníthető a

többtől. Ilyenek például az ausztriai Puppitsch és Tiffen márványelőfordulásokból származó minták (2c ábra), illetve a görögországi Paros szigetéről származó „lychnites” és Naxos szigetén található Apollonas bányából származó márványok (**2b. ábra**).

A **3. ábra** az archeometriai és geológiai irodalomból származó  $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$  izotóparányokat hasonlítja össze. Néhány lelőhely kivételével – Las Cabrerias Spanyolországban, Yalung Zangbo és MCT1 Indiában – az értékek 0,706 és 0,710 közé esnek. Ennek megfelelően önmagában ez az izotóparány szintén ritkán alkalmas a származás egyértelmű eldöntésére.

Tapasztalataink alapján azonban a három izotóp együttes alkalmazása alapján az esetek túlnyomó többségében a vizsgált régészeti lelet, művészettörténeti tárgy vagy építészeti elem eredete nagy biztonsággal meghatározható, de legalábbis néhány lehetséges lelőhelyre korlátozható. Ezt tapasztaltuk a Pantelleria szigetéről származó római kori portrék eredetének meghatározásánál: Antonia Minor és Titus portréi a pároszi „lychnites” márványból készültek (Zöldföldi et al. 2009, nyomtatásban). Egy Pakisztánból származó márvány portré esetében a korábbi eredményekkel (Bopearachchi 2007) ellentétben megállapítottuk, hogy a nyersanyag nem származhat Marmara szigetéről, sőt egyéb más Mediterrán lelőhelyről sem a magas  $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$  izotóparány miatt (0,708946; Zöldföldi & Neunteufel 2009, nyomtatásban).

Más esetekben végleges döntéshez további módszer(ek) alkalmazása szükséges. Ilyen lehet a szemcseméret-elemzés (pl. Schmid et al. 1995,

Perugini et al. 2003, Attanasio et al. 2003, 2006, Zöldföldi & Székely 2004, 2008), a katódlumineszcencia vizsgálat (pl. Ramseyer et al. 1989, Barbin et al. 1991, 1992, Herrmann & Barbin 1993, Lapuente et al. 2000), az elektronspin-rezonancia vizsgálat (pl. Cordischi et al. 1983, Polikreti & Maniatis 2002, Attanasio 2003, Attanasio et al. 2006), a fő-, mellék- és nyomelemek koncentrációja (pl. Conforto et al. 1975, Roos et al. 1995, Lapuente 1995, Cramer 2004, German & Cramer 2005) és a járulékos ásványok meghatározása (pl. Lepsius 1890, Zöldföldi & Satir 2003). A MissMarble adatbázis természetesen ezen adatokat is tartalmazza.

### **Következtetések**

A MissMarble projekt keretében létrehozott adatbázis – ismereteink szerint – az eddigi legbővebb a márványok tekintetében. Az adatbázis mintegy 1600 adatsora túlnyomó részben tartalmaz szén-, oxigén-, alárendeltben stroncium-izotóparány mérési adatokat. Az átfogó adatbázis adatainak tanulsága – összhangban az irodalomban eddig leírtakkal – azt mutatja, hogy a lelőhelyek jelentős része átfedő eloszlásokat mutat az egyes izotóparányok esetén, viszont együttes alkalmazásukkal a minták származása nagyon gyakran egyértelműen meghatározható.

### **Köszönetnyilvánítás**

A szerzők nem mulasztják el köszönetüket kifejezni mindazon adatszolgáltatóknak, akik hozzájárultak adataik adatbázisba integrálásához. A projekt korai szakaszában az adatok egy része a DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) támogatásával, továbbá DAAD-MÖB együttműködés keretében jött létre (ld. pl. Zöldföldi és Székely 2004, Zöldföldi et al. 2004a).

### **Irodalom**

ATTANASIO, D. (2003): Ancient white marbles: analysis and identification by paramagnetic resonance. Roma: 'L'Erma' di Bretschneider, 1-284.

ATTANASIO, D., BRILLI, M. & OGLE, N. (2006): The Isotopic Signature of Classical Marbles. L'Erma di Bretschneider, Roma, 1-297.

BARBIN, V., RAMSEYER, K., BURNS, S.J., DECROUEZ, D., MAIER, J.L. & CHAMAY, J. (1991): Cathodoluminescence signature of white marble artefacts. *Materials Research Society Symp. Proc.* **185**: 299-308.

BARBIN, V., RAMSEYER, K., DECROUEZ, D., BURNS, J.S., CHAMAY, J., MAIER, J.L. (1992): Cathodoluminescence of white marbles: an overview. *Archaeometry* **34**: 175-183.

BOPEARACHCHI, O. (2007): Acroliths from Bactria and Gandhara. In: *D.M. Srivanasan (ed): On the Cusp of an Era*. Brill, Leiden & Boston. 119-132.

BRILLI, M., CAVAZZINI, G. & TURI, B. (2005): New data of  $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$  ratio in classical marble: an initial database for marble provenance determination. *Journal of Archaeological Science* **32**: 1543-1551.

CONFORTO, L., FELICI, M., MONNA, D., SERVA, L., TEDDEUCCI, A. (1975): A preliminary evaluation of chemical data (trace element) from classical marble quarries in the Mediterranean. *Archaeometry* **17**: 201-213.

CORDISCHI, D., MONNA, D., SEGRE, A.L. (1983): ESR analysis of marble samples from Mediterranean quarries of archaeological interest. *Archaeometry* **25**: 68-76.

CRAIG, V. & CRAIG, H. (1972): Greek Marbles: Determination of provenance by isotopic analysis. *Science* **176**: 401-403.

CRAMER, Th. (2004): Multivariate Herkunftsanalyse von Marmor auf petrographischer und geochemischer Basis. Doctoral Thesis, Technical University Berlin, 1-334.

GARNIER, V., GIULIANI, G., OHNENSTETTER, V., FALLICK, A.E., DUBESSY, J., BANKS, D., VINH, H.Q., LHOMME, T., MALUSKI, H., PECHER, A., BAKHSH, K.A., LONG, P.V., Trinh, P.T. & SCHWARZ, D. (2008): Marble-hosted ruby deposits from Central and Southeast Asia: Towards a new genetic model. *Ore Geology Reviews* **34**: 169-191.

GERMANN, K. & CRAMER, Th. (2005): Methoden der Herkunftsbestimmung für Naturwerksteine. Das Beispiel des Marmors. *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften* **156**: 25-31.

GORGONI, C., LAZZARINI, L., PALLANTE, P. & TURI, B. (2002): An updated and detailed mineropetrographic and C-O stable isotopic reference database for the main Mediterranean marbles used in antiquity. In: *J. Herrmann, N. Herz & R. Newman (eds): Interdisciplinary Studies on Ancient Stone*, Archetype Publications, London, 110-131.

HERRMANN, J. Jr., BARBIN, V. (1993): The exportation of marbles from the quarries on Thasos; cathodoluminescence of samples from Turkey and Italy. *American Journal Archaeology* **97**: 91-103.

HERZ, N. (1985): Isotopic analysis of marble. In: *G. Rapp Jr. & J.A. Gifford (eds): Archaeological Geology*, Yale Univ. Press, New Haven, United States, 331-351.



- KUMAR, B., DAS SHARMA, S., SREENIVAS, B., DAYAL, A.M., RAO M.N., DUBEY, N., CHAWLA, B.R. (2002): Carbon, oxygen and strontium isotope geochemistry of Proterozoic carbonate rocks of the Vindhyan Basin, central India. *Precambrian Research* **113**: 43-63.
- LAPUENTE, P.M. (1995): Mineralogical, petrographical and geochemical characterisation of white marbles from Hispania. In: *Maniatis Y, Herz N & Basiakos Y (eds): The study of Marble and other Stones Used in Antiquity*. Archetype Press, London, 151-160.
- LAPUENTE, P.M., TURI, B., BLANC, Ph. (2000): Marbles from Roman Hispania: stable isotope and cathodoluminescence characterization. *Applied Geochemistry* **15**: 1469-1493.
- LEPSIUS, G.R. (1890): Griechische Marmorstudien. Königliche Akademie der Wissenschaften, Abh. 17, Reimer, Berlin 1-57.
- LIU, Y., BERNER ZS., MASSONE, H.-J., ZHONG, D. (2006): Carbonatite-like dykes from the eastern Himalayan syntaxis: geochemical, isotopic, and petrogenetic evidence for melting of metasedimentary carbonate rocks within the orogenic crust. *Journal of Asian Earth Sciences* **26**: 105-120.
- MAHESHWARI, A., SIAL, A.N., SHARMA, A., HUSSAIN, S., CHAUHAN, N.K. (2002): Carbon Isotope Composition of Raialo Carbonates and Its Equivalents, Mesoproterozoic Delhi Supergroup, India: Implications for Stratigraphic Correlation. *Gonwana Research* **5**: 554-556.
- MORBIDELLI, P., TUCCI, P., IMPERATORI, C., POLVORINOS, A., MARTINEZ, M.P., AZZARO, E., and M. J. HERNANDEZ (2007) Roman Quarries of "Anasol" and "Anasol"-type marbles. *European Journal of Mineralogy* **19**: 125-135.
- PECHER, A., GIULIANI, G., GARNIER, V., MALUSKI, H., KAUSAR, A.B., MALIK, R.H., MUNTAZ, H.R. (2002): Geology, geochemistry and Ar–Ar geochronology of the Nangimali ruby. *Journal of Asian Earth Sciences* **21**: 265-282.
- PENTIA, M., HERZ, N. & TURI, B. (2003): Provenance determination of classical marbles: a statistical test based on  $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$ ,  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  and  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  isotopic ratios. In: *L. Lazzarini (ed.): Interdisciplinary studies on ancient stones*. Bottega D'Erasmus, Padova, 219-226.
- PERUGINI, D., MORONI, B. & POLI, G. (2003): Characterisation of marble textures by image and fractal analysis. In: *L. Lazzarini (ed.): Interdisciplinary studies on ancient stones*. Bottega D'Erasmus, Padova, 241-246.
- POLIKRETI, K. & MANIATIS, Y. (2002): A new methodology for marble provenance investigation based on EPR Spectroscopy. *Archaeometry* **44**: 1-21.
- RAMSEYER, K., FISCHER, J., MATTER, A., EBERHARDT, P., GEISS, J. (1989): A cathodoluminescence microscope for low intensity luminescence. *Journal of Sedimentary Petrology* **59**: 619-622.
- ROOS, P., MOENS, L., DE RUDDER, J., DE PAEPE P, HENDE, J. van & WAELKENS, M. (1995): Chemical and petrographical characterization of greek marbles from Pentelikon, Naxos, Paros and Thasos. In: *N. Herz & M. Waelkens (eds): Classical Marble: Geochemistry, Technology, Trade*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 263-272.
- SANTOSH, M., SATISH-KUMAR M., YOSHIDA M., HARLEY, S.L. (1996): Calc-silicate assemblages from the Kerala Khondalite Belt, southern India: implications for pressure-temperature-fluid histories. *Journal of Southeast Asian Earth Science* **14**: 245-263.
- SCHMID, J., RAMSEYER, K. & DÉCROUEZ, D. (1995): A new element for the provenance determination of the white marble: Quantitative Fabric Analysis. In: *Schwoerer, M. (ed.): Archéomatériaux, Marbres et autres roches*. CRPAA-PUB, Bordeaux, 171-175.
- UNTERWURZACHER, M., POLLERES, J. & MIRWALD, P. (2005): Provenance study of marble artefacts from the roman burial area of Faschendorf (Carinthia, Austria). *Archaeometry* **47**: 265-273.
- ZÖLDFÖLDI, J. & SATIR, M. (2003): Provenance of white marble building stones in the monuments of the ancient Troia In: *G.A. Wagner, E. Pernicka & H.P. Uerpman (eds): Troia and the Troad*, Springer, Berlin, 203-223.
- ZÖLDFÖLDI, J. & SZÉKELY, B. (2004): Kísérlet a nyugat-anatóliai tektonikai egyégek kvantitatív textúraelemzésen alapuló szétválasztására régészeti származásvizsgálati szempontból. *Archeometriai Műhely* **1**: 23-27.
- ZÖLDFÖLDI, J., PINTÉR, F., SZÉKELY, B., TAUBALD, H., T. BIRÓ, K., MRÁV, Zs., TÓTH, M., SATIR, M., KASZTOVSZKY, Zs. & SZAKMÁNY, Gy. (2004a): Római márványtöredékek vizsgálata a Magyar Nemzeti Múzeum gyűjteményéből. *Archeometriai Műhely* **1**: 40-46.
- ZÖLDFÖLDI, J., SZÉKELY, B. & FRANZEN, Ch. (2004b): Interdisciplinary data base of historically relevant marble material for archaeometric, art historian and restoration use, In: *G. Grassegger-Schön & Patitz, G. (eds): Natursteinsanierung Stuttgart 2004, Neue Natursteinsanierungsergebnisse und*

*messtechnische Erfassungen*, Siegl, München, pp. 79-86.

ZÖLDFÖLDI, J. & SZÉKELY, B. (2008): Quantitative Fabric Analysis (QFA) on marble from West Anatolia: Application of raster- (fractal) and vector-based (geometric) approaches. *British Archaeological Reports Int.* **1746**: 413-420.

ZÖLDFÖLDI, J., HEGEDÜS, P. & SZÉKELY, B. (2008): Interdisciplinary data base of marble for archaeometric, art historian and restoration use. In: Ü. Yalcin, H. Özbal & G. Paşamehmetoğlu (eds): *Ancient Mining in Turkey and the Eastern*

*Mediterranean*, Atilim University, Ankara, 225-251.

ZÖLDFÖLDI, J. & NEUNTEUFEL, R. (2009, in print): Provenance of the Bodhisattva marble head from Peshawar. *Abstracts of ASMOSIA IX<sup>th</sup> Conference, Tarragona, 8-13. June 2009.*

ZÖLDFÖLDI, J. SCHÄFER, Th. & SZÉKELY, B. (2009, in print): Provenance analysis of the three splendid marble heads of Pantelleria (Italy). *Abstracts of ASMOSIA IX<sup>th</sup> Conference, Tarragona, 8-13. June 2009.*

# ÚJABB EREDMÉNYEK AZ ÜVEGEK ARCHEOMETRIAI VIZSGÁLATÁBAN PROMPT GAMMA AKTIVÁCIÓS ANALÍZIS SEGÍTSÉGÉVEL

KASZTOVSZKY ZSOLT<sup>1</sup>, JERZY KUNICKI-GOLDFINGER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>MTA Izotópkutató Intézet, 1121 Konkoly Thege út 29-33, Budapest, [kzsolt@iki.kfki.hu](mailto:kzsolt@iki.kfki.hu)

<sup>2</sup>Institute of Nuclear Chemistry and Technology, Dorodna 16, 03-195 Warsaw, Poland

[jelenleg: Cardiff School of History and Archaeology, Cardiff University, Cardiff CF10 3EU, Wales, UK]

## Abstract

*Chemical (elemental and isotopic) analysis is a basic tool in provenance as well as conservation studies of historical glass. Besides the widely applied Electron Probe Microanalysis (EPMA), X-ray Fluorescence Analysis (XRF) and Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS), less known Prompt Gamma Activation Analysis (PGAA) is a powerful method to investigate whole glass objects or fragments. In 2004, we initiated a research project to investigate elemental composition of historical glass objects, unearthed in Poland with PGAA and EPMA. PGAA was applied for quantification of major components, as well as of some minor elements of glass. The non-destructive feature of PGAA, as well as its very low (0.3 µg/g) detection limit for boron is highly capitalized on, as we discussed in Kasztovszky et al. (2005a). Boron concentration can provide important technological information in glass archaeometry. However, it is very difficult to analyze it by the use of traditional non-destructive methods. In this respect, PGAA seems to be a complementary tool for other analytical methods already well known and used in glass archaeometry.*

## Kivonat

*A kémiai (elemi- és izotóp-) összetétel meghatározása a történelmi üvegek eredet-meghatározásának fontos eszköze. A prompt gamma aktivációs analízis [PGAA] – a széles körben elterjedt módszerek (az elektronmikroszkopos elemzés [EPMA], a röntgenfluoreszcencia elemzés [XRF] vagy az induktívan csatolt plazmagerjesztéses tömegspektrometria [ICP-MS]) mellett – igen hatékonyan bizonyult ép vagy töredékes üveg leletek roncsolásmentes vizsgálatában. 2004-ben egy kutatási programot indítottunk, melynek fő feladata a lengyelországi Elbląg és Poznań területén előkerült középkori és barokk üvegek összetételvizsgálata EPMA és PGAA segítségével. PGAA-val mintavételezés nélkül meghatározható a tárgyak főösszetevőinek és néhány nyomelemének koncentrációja. A PGAA bórra vonatkozó kiemelkedően nagy érzékenységet (0,3 µg/g kimutatási határ) nagy előnyt jelent, mivel a börtartalom értékes információt adhat az üvegek gyártási technológiájára vonatkozóan. Ugyanakkor a bór nyomnyi mennyisége más roncsolásmentes módszerekkel rosszul mérhető, így a PGAA jó kiegészítője lehet a korábban említett technikáknak (pld. az EPMA-nak).*

KEYWORDS: PGAA, EPMA, GLASS ARCHAOMETRY, FAÇON-DE-VENISE

KULCSSZAVAK: PGAA, EPMA, ÜVEGVIZSGÁLATOK, FAÇON-DE-VENISE

## Bevezetés és célkitűzések

A történelmi üvegek eredetvizsgálata és konzerválása során a kémiai elemzés (izotóp- ill. elemösszetétel meghatározás) alapvető vizsgálati módszer. A széles körben alkalmazott elektron-mikroszkopos elemzés (EPMA), röntgenfluoreszcencia analízis (XRF) és induktívan csatolt plazma tömegspektrometria (ICP-MS) mellett a kevésbé elterjedt prompt gamma aktivációs analízis (PGAA) is jól alkalmazható ép vagy töredékes üvegtárgyak összetételének vizsgálatára. Egy 2004-ben indult együttműködés keretében Lengyelország területén előkerült történelmi (középkori és barokk) üvegleletek PGAA és EPMA vizsgálatát kezdtük el. A tárgyak fő kémiai összetevőinek és néhány nyomelemének koncentrációját határoztuk meg PGAA módszerrel. Az első

mérési sorozat eredményeit korábban már közzétettük (Kasztovszky et al. 2005a, Kasztovszky et al. 2005b). Az üvegek fő- és nyomelem összetétele lehetőséget nyújt a tárgyak osztályozására, tágabb értelemben műhely azonosítására is. A vizsgálatok során nagy mértékben kihasználtuk a PGAA bórra vonatkozó extrém nagy érzékenységet (0,3 µg/g kimutatási határ). Az üvegek börtartalma értékes információt adhat a készítési technikára vonatkozóan; ugyanakkor kis mennyiségű bór kimutatása roncsolásmentes módon problematikus. Az irodalomban kevés eredményt közöltek a bór kimutatásáról üvegek archeometriai vizsgálataiban (Brill 1999; Wagner et al. 2008). Így a PGAA hasznos kiegészítője lehet az üvegek archeometriájában már hagyományosan alkalmazott módszereknek (Kasztovszky et al. 2005a, Kasztovszky et al. 2005b).

**1. táblázat (a): A PGAA-val vizsgált üvegminták leírása**

Nr	Tulajdonos	Inv. No.	Műtárgy	Kor	Szín
159	Poznańi Nemzeti Múzeum	n.a.	serleg	XVIII. sz.	színtelen
174	Elblági Múzeum	EM/XXXI/3661	serleg fdV	XVI-XVII. sz.	színtelen
176	Elblági Múzeum	EM/XXXI/1900	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	színtelen
179	Elblági Múzeum	IIIG 6894	kehely	XVIII. sz.	színtelen
181	Elblági Múzeum	EM/XXII/10377	kehely	XVIII. sz.	színtelen
182	Elblági Múzeum	EM/XXV/1730	kehely	XVIII. sz.	színtelen
183	Elblági Múzeum	EM/XXV/2432	serleg	XVIII. sz.	színtelen
184	Elblági Múzeum	EM/XXV/2758	kehely	XVIII. sz.	színtelen
186	Elblági Múzeum	EM/XXV/2017	kehely	XVIII. sz.	színtelen
187	Elblági Múzeum	EM/XXIV/359	Roemer	XVII. sz.	halványzöld
189	Elblági Múzeum	EM/XXV/2866	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	színtelen
190	Elblági Múzeum	EM/XXIII/5176	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	színtelen
191	Elblági Múzeum	EM/XXII/476	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	halványzöld
196	Elblági Múzeum	EM/5301	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	színtelen
197	Elblági Múzeum	EM/XV/4833	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	színtelen
198	Elblági Múzeum	EM/XXII/590	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	színtelen
199	Elblági Múzeum	EM/XXV/1813	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	színtelen
200	Elblági Múzeum	EM/XXII/250	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	színtelen
201	Elblági Múzeum	EM/XXII/9986	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	színtelen
208	Poznańi Nemzeti Múzeum	n.a.	tál fdV	XVI-XVII. sz.	kék
215	Magántulajdon	n.a.	festett üveg	Középkor	zöld
216	Magántulajdon	n.a.	festett üveg	XIX. sz.	borostyán?
218	Magántulajdon	n.a.	üveglap	XVIII. sz.	színtelen
451	Gdański Tengerészeti Múz.	n.a.	palack	XVI-XVII. sz.	zöld
516	Elblági Múzeum	EM/XXII/957	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	színtelen
517	Elblági Múzeum	EM/XXII/9052	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	halvány barna
518	Elblági Múzeum	EM/XXII/8654	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	halvány zöldeskék
519	Elblági Múzeum	EM/XXII/10016	serleg fdV	XVI-XVII. sz.	kék
520	Elblági Múzeum	EM/XXII/6088	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	kék
521	Elblági Múzeum	EM/XXII/11228	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	színtelen
522	Elblági Múzeum	EM/XXII/10900	kancsó fdV	XVI-XVII. sz.	kék
523	Elblági Múzeum	EM/XXII/10448	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	halványzöld
524	Elblági Múzeum	EM/XXX/14681	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	kék
525	Elblági Múzeum	EM/XXII/8646	serleg fdV	XVI-XVII. sz.	halványzöld
526	Elblági Múzeum	EM/XXII/5432	serleg fdV	XVI-XVII. sz.	halványzöld
527	Elblági Múzeum	EM/XXII/7181	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	halványzöld
528	Elblági Múzeum	EM/XXII/6085	serleg fdV	XVI-XVII. sz.	színtelen
529	Elblági Múzeum	EM/XXII/6071	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	színtelen
530	Elblági Múzeum	EM/XXII/8788	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	zöld
531	Elblági Múzeum	EM/XXII/10053	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	színtelen
532	Elblági Múzeum	EM/XXII/10839	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	halványzöld
533	Elblági Múzeum	EM/XXII/10268	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	színtelen
534	Elblági Múzeum	EM/XXII/5384	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	halványzöld
535	Elblági Múzeum	EM/XXII/591	kehely fdV	XVI-XVII. sz.	színtelen

Jelen cikk főként módszertani megállapításokat tartalmaz, a részletesebb régészeti/archeometriai következtetések levonását további mérések után tervezzük.

**A vizsgált minták**

Két mérési sorozatban összesen 44 középkori és barokk üvegtárgy töredékét vizsgáltuk PGAA-val (**1. táblázat**). Többségük a XVI. és XVII. századból származik, az 1., 4-9. és 23. számú objektum XVIII. századi, egy (a 21. számú) középkori, egy (a 22. számú) pedig XIX. századi.

**1. táblázat (b):** A PGAA-val vizsgált üvegminták összetétele (wt%).

Nr	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O
<i>D.L.</i>	2,1	0,56	0,03	0,19	1,36	1,6	1,6	0,027	0,046	0,08	0,02
159	78,5	< D.L.	1,19	13,50	6,40	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.
174	63,7	1,60	14,22	5,32	8,90	3,8	< D.L.	0,127	0,840	0,66	0,13
176	69,3	< D.L.	5,06	19,54	3,10	< D.L.	< D.L.	0,059	0,843	0,27	0,70
179	78,1	< D.L.	< D.L.	13,60	7,10	< D.L.	< D.L.	0,005	0,267	0,13	0,05
181	77,5	< D.L.	14,09	0,34	6,80	< D.L.	< D.L.	0,041	0,124	0,05	0,03
182	69,2	< D.L.	0,79	18,97	10,70	< D.L.	< D.L.	0,035	0,144	< D.L.	0,06
183	75,7	< D.L.	< D.L.	13,75	9,90	< D.L.	< D.L.	0,019	0,117	0,12	0,10
184	76,5	< D.L.	< D.L.	14,12	8,20	< D.L.	< D.L.	0,030	0,194	0,00	0,10
186	71,4	< D.L.	< D.L.	18,48	9,30	< D.L.	< D.L.	0,014	0,431	0,22	0,11
187	65,5	< D.L.	2,15	5,71	22,20	3,0	< D.L.	0,105	0,367	0,43	0,05
189	62,4	< D.L.	< D.L.	20,25	13,30	3,0	< D.L.	0,054	0,779	< D.L.	0,07
190	61,8	< D.L.	4,77	23,92	8,30	< D.L.	< D.L.	0,159	0,386	0,20	0,13
191	61,3	< D.L.	< D.L.	11,36	16,70	2,7	2,6	0,082	1,015	0,28	0,02
196	64,9	< D.L.	1,97	17,12	14,00	< D.L.	< D.L.	0,060	0,594	< D.L.	< D.L.
197	63,8	< D.L.	1,77	15,08	15,10	3,0	< D.L.	0,073	0,725	< D.L.	< D.L.
198	64,5	< D.L.	1,35	17,49	12,50	3,0	< D.L.	0,055	0,534	0,16	0,09
199	66,9	1,80	2,53	8,80	16,50	3,3	< D.L.	0,101	0,870	0,31	0,06
200	74,4	< D.L.	< D.L.	16,51	8,40	< D.L.	< D.L.	0,022	0,278	0,11	0,11
201	61,4	< D.L.	3,50	19,92	13,20	< D.L.	< D.L.	0,181	0,352	0,35	0,18
208	65,5	< D.L.	18,26	3,43	4,00	1,6	< D.L.	0,046	0,253	1,19	0,17
215	50,7	< D.L.	< D.L.	19,66	26,20	< D.L.	< D.L.	0,141	1,320	0,55	0,42
216	65,8	< D.L.	7,99	19,00	5,00	< D.L.	< D.L.	0,040	0,013	0,08	1,67
218	68,6	< D.L.	5,19	15,45	10,10	< D.L.	< D.L.	< D.L.	0,024	0,05	0,11
451	59,1	4,82	2,14	1,03	25,19	2,8	< D.L.	0,344	0,067	2,33	0,07
516	59,6	1,08	0,05	19,12	14,38	2,9	< D.L.	0,053	1,099	0,22	0,12
517	60,0	1,02	< D.L.	17,72	16,72	2,5	< D.L.	0,052	1,042	0,20	0,09
518	63,1	2,29	2,26	8,84	17,01	2,7	< D.L.	0,117	0,987	0,38	0,08
519	57,8	1,33	< D.L.	12,60	17,86	2,9	< D.L.	0,061	0,949	0,28	0,10
520	63,7	2,10	1,81	10,10	15,88	3,0	< D.L.	0,106	0,910	0,71	0,07
521	56,6	1,88	0,09	10,58	18,60	2,9	1,8	0,075	0,909	0,28	0,08
522	58,5	1,28	0,27	12,85	17,97	< D.L.	< D.L.	0,065	0,990	0,33	0,45
523	59,2	2,29	0,34	5,87	25,33	2,6	3,0	0,090	0,438	0,47	0,08
524	64,3	< D.L.	1,75	10,00	16,80	2,7	1,6	0,112	0,928	0,46	0,08
525	56,7	1,57	< D.L.	17,54	16,33	2,6	< D.L.	0,063	0,600	0,18	0,13
526	64,4	2,30	0,65	7,07	19,76	2,4	1,6	0,092	0,814	0,44	0,11
527	58,7	1,92	0,29	10,78	16,79	2,8	1,7	0,081	0,806	0,27	0,10
528	56,2	1,39	0,23	11,67	20,66	3,5	3,3	0,073	1,035	0,33	0,07
529	56,3	1,64	0,11	16,73	16,03	2,7	2,9	0,079	1,319	0,41	0,15
530	52,2	2,82	0,50	7,57	26,41	3,9	2,6	0,180	1,705	0,65	0,09
531	59,6	0,93	0,07	16,99	16,12	2,9	< D.L.	0,069	0,904	0,21	0,06
532	63,9	2,06	2,40	9,86	17,10	2,6	< D.L.	0,107	0,856	0,31	0,18
533	60,3	1,50	0,08	10,76	19,07	3,0	2,1	0,090	1,301	0,31	0,06
534	59,0	1,77	0,39	11,28	18,86	3,3	2,6	0,124	1,124	0,48	0,09
535	57,4	0,97	0,26	22,68	12,51	2,5	< D.L.	0,037	0,689	0,12	0,07

A tárgyak nagy része Elblag (Lengyelország) óvárosában egy emésztőgödör ásatásán került elő, kisebb részét Poznań (Lengyelország) óvárosának ásatásán találták.

Néhány darab magányűjtemények része, egy pedig egy balti-tengeri víz alatti ásatási lelet. A tárgyak túlnyomó része „façon-de-Venise” vagy barokk stílusú edény, de néhány üvegtál töredéket és egy „Roemer” serleget is vizsgáltunk. A tárgyak

legtöbbje színtelen vagy halványan színezett. A fentiekben kívül néhány standard referencia mintát – SU 4001, 4002, 4003; Corning B, C, D és NIST 610, 612, 614 – is vizsgáltunk.

### **Kísérleti leírás**

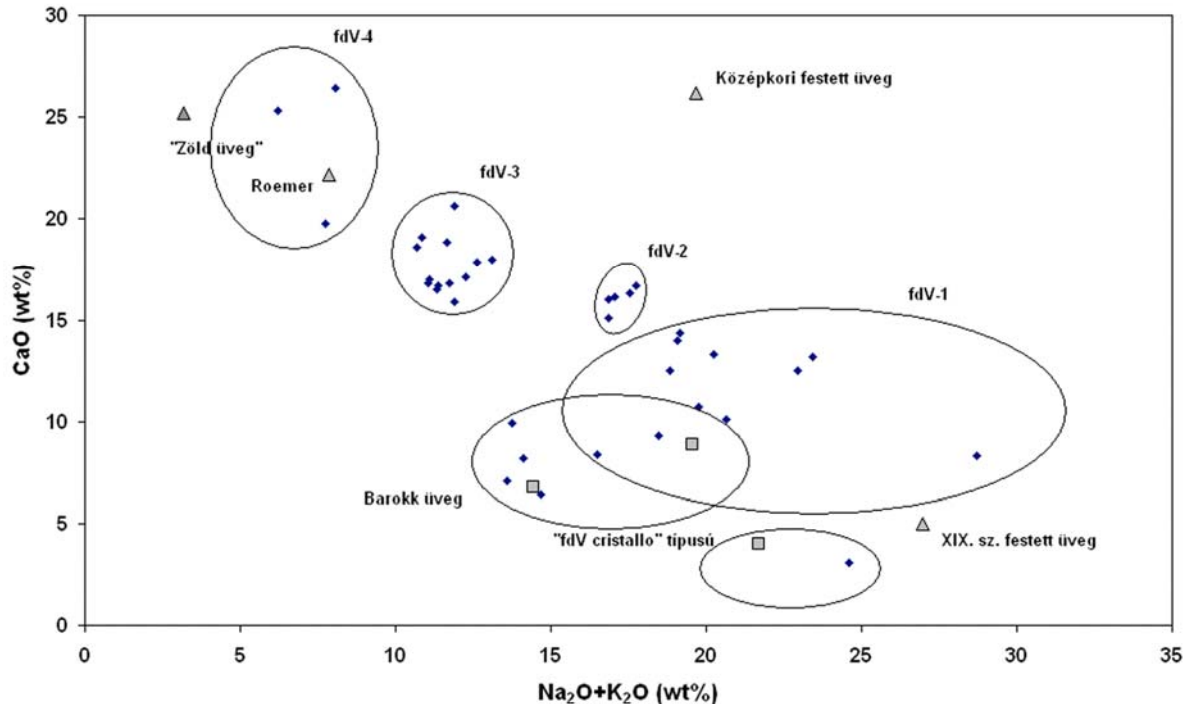
A PGAA mérések technikai körülményeit korábban már részletesen ismertettük (Révay et al. 2004). Itt röviden összefoglaljuk a főbb jellemzőket.

**1. táblázat (c):** A PGAA-val vizsgált üvegminták összetétele (wt%).

Nr	Cl	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BaO	PbO	SnO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<i>D.L.</i>	0,007	0,0001	0,005		0,1	0,5	0,3		0,25	0,00005	0,00002
159	0,16	0,0000	< D.L.	< D.L.	0,2	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.		
174	0,80	0,0196	0,010	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.		
176	0,27	0,0601	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.		
179	0,09	0,0160	< D.L.	< D.L.	0,8	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.		
181	0,14	0,0000	< D.L.	< D.L.	0,2	< D.L.	0,7	< D.L.	< D.L.		
182	0,10	0,0453	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.		
183	0,22	0,0197	< D.L.	< D.L.	0,2	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.		
184	0,11	0,0223	< D.L.	< D.L.	0,8	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.		
186	0,07	0,0318	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.		
187	0,33	0,0465	0,006	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.		
189	0,15	0,0465	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.		
190	0,23	0,0598	0,005	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.		
191	0,04	0,0437	0,009	0,02	< D.L.	3,8	< D.L.	< D.L.	< D.L.		
196	0,30	0,0432	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.		
197	0,28	0,0459	0,013	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.		
198	0,23	0,0334	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.		
199	0,55	0,0520	0,012	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.		
200	0,09	0,0440	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.		
201	0,07	0,0481	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.		
208	0,73	0,0240	0,262	0,36	< D.L.	< D.L.	1,7	2,6	< D.L.		
215	0,04	0,0689	0,019	0,03	< D.L.	0,9	< D.L.	< D.L.	< D.L.		
216	0,32	0,0140	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.		
218	0,45	0,0209	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.		
451	0,45	0,0283	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	0,28	0,00025	0,00028
516	0,05	0,0428	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	0,00005
517	0,06	0,0456	< D.L.	< D.L.	< D.L.	0,5	< D.L.	< D.L.	< D.L.	0,00010	0,00010
518	0,48	0,0458	0,017	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	0,00006	0,00007
519	0,01	0,0450	0,039	< D.L.	< D.L.	5,6	< D.L.	< D.L.	0,32	0,00005	0,00007
520	0,42	0,0498	0,091	< D.L.	0,2	0,6	< D.L.	< D.L.	< D.L.	0,00007	0,00010
521	0,01	0,0481	0,012	< D.L.	< D.L.	5,5	0,3	< D.L.	0,38	0,00008	0,00009
522	0,01	0,0463	0,035	< D.L.	< D.L.	5,7	< D.L.	< D.L.	0,36	0,00005	0,00007
523	0,01	0,0578	0,006	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	0,28	0,00007	0,00009
524	0,33	0,0545	0,140	< D.L.	< D.L.	0,6	< D.L.	< D.L.	< D.L.	0,00010	0,00010
525	0,01	0,0419	0,005	< D.L.	< D.L.	3,9	< D.L.	< D.L.	< D.L.	0,00006	0,00008
526	0,10	0,0457	0,009	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	0,25	0,00006	0,00007
527	0,01	0,0406	0,010	< D.L.	< D.L.	4,8	0,6	< D.L.	0,30	< D.L.	< D.L.
528	0,05	0,0504	< D.L.	< D.L.	< D.L.	1,1	< D.L.	< D.L.	0,38	0,00007	0,00008
529	0,04	0,0397	< D.L.	< D.L.	< D.L.	0,9	0,5	< D.L.	< D.L.	0,00012	0,00012
530	0,01	0,0717	0,023	< D.L.	0,1	0,8	< D.L.	< D.L.	0,34	0,00008	0,00011
531	0,04	0,0530	< D.L.	< D.L.	< D.L.	0,6	< D.L.	< D.L.	0,30	0,00005	0,00007
532	0,43	0,0417	0,011	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	< D.L.	0,00006	0,00008
533	0,02	0,0439	< D.L.	< D.L.	< D.L.	0,8	0,3	< D.L.	< D.L.	0,00008	0,00012
534	0,09	0,0458	< D.L.	< D.L.	< D.L.	0,6	< D.L.	< D.L.	< D.L.	0,00009	0,00010
535	0,05	0,0406	< D.L.	< D.L.	< D.L.	0,6	< D.L.	< D.L.	0,30	< D.L.	0,00006

A minták besugárzása a Budapesti Kutatóreaktor  $5 \cdot 10^7 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  intenzitású vízszintes hidegneutronnyalábjában történik, melynek hőmérséklete (20 K). A vizsgált mintát egy vákuumozható mintatartóba helyezük, rögzített pozícióba. A besugárzásra egy maximum  $2 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$  keresztmetszetű nyalábot használunk, amely szükség esetén  $^6\text{Li}$ -tartalmú neutronelnyelő anyagból készült résekkel akár 5

$\text{mm}^2$ -re szűkíthető. Mivel a neutronok behatolnak a minta mélyebb rétegeibe, eredményül a „bevilágított” térfogat átlagos elemi összetételét kapjuk. A módszer nagy előnye, hogy nem szükséges mintát venni a vizsgálandó tárgyból, szinte bármilyen alakú, méretű és fizikai állapotú (úm. szilárd, folyékony, gáz) vizsgálható.



**1. ábra:** A vizsgált üvegek csoportosítása kalcium- és alkálitartalom alapján

A neutronbefogást követően keletkező radioaktív termékek a legtöbb gyakorlati esetben néhány napon belül lebomlanak. Mindent összevetve a PGAA módszer roncsolás mentesnek tekinthető.

A mérés a neutronbefogás, azaz az  $(n,\gamma)$  reakció során keletkező prompt- és „késő”-gamma fotonok detektálásán alapul. A kémiai elemeket a kibocsátott gamma fotonok energiája alapján azonosítjuk, a fotonok száma, azaz a csúcsok intenzitása az adott kémiai elem mennyiségével arányos. A gamma spektrumokat egy HPGe-BGO detektorrendszerrel gyűjtjük, a spektrum csúcsait a „HYPERMET PC” programmal illesztjük. A standardizálás az ún. „prompt  $k_0$ -módszerrel” történt, saját „ $k_0$ -könyvtár” alapján (Révay et al. 2001).

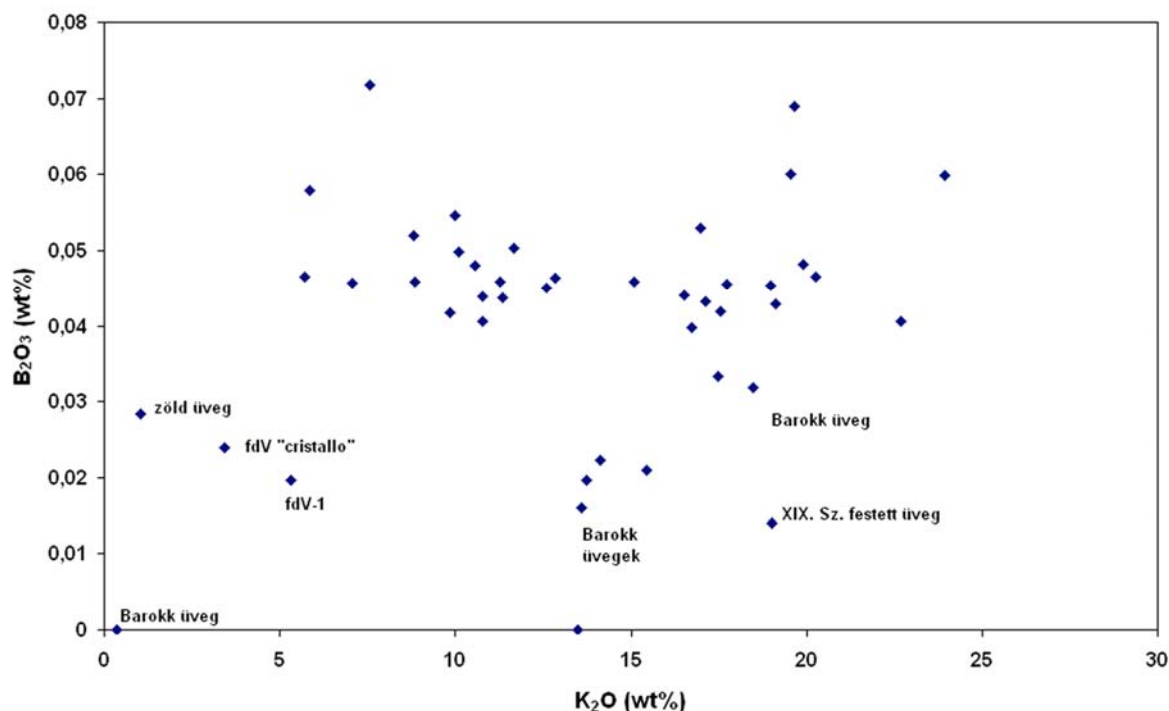
A PGAA-val elvileg minden kémiai elem kimutatható, bár az egyes elemekre vonatkozó érzékenységek több nagyságrendet fednek le. A legjobban mérhető elemek a B, Cd, Sm és a Gd, a legkevésbé mérhetőek a C, N, O, F, Sn és Pb. A kimutatási határok a mérési idő növelésével csökkenthetők. Az üvegekben mennyiségileg meg tudjuk határozni a fő összetevőket és néhány nyomelemet.

### Eredmények

A PGAA-val legtöbb üveg mintában mennyiségileg meghatároztuk a fő összetevőket (Si, Na, K, Ca, H) és a B, Cl, Co, Ti, Fe, Mn, Sm, Gd nyomelemeket.

Néhány mintán (régészeti ill. standard referencia mintákon) ellenőriztük a PGAA megbízhatóságát, összehasonlítva az eredményeket az elektronmikroszondás (EPMA) mérések eredményeivel. Amint azt már korábban (Kasztovszky et al. 2005a, Kasztovszky et al. 2005b) megmutattuk, a PGAA és EPMA eredmények jó egyezést mutattak. Az összehasonlításból kiderül, hogy a legtöbb minta esetében a PGAA érzékenysége nem volt elegendő az Al, Mg, P, S, Cu, As, Ba, Sn és Pb mennyiségi meghatározására, viszont kifejezetten jobb módszer a H, B, Cl, Sm és Gd mérésére, mint az EPMA. A PGAA mérési eredmények a *Táblázatban* találhatóak. Az összetevők koncentrációit oxidokként, súly% egységekben adtuk meg. A numerikus értékek annyi tizedesjegy pontossággal szerepelnek, amennyit a mérés bizonytalansága megenged.

Az analitikai eredmények alapján – a CaO ill. alkálitartalom alapján – a façon-de-Venice (fdV) edények öt csoportba sorolhatók: „fdV cristallo”-szerű és fdV 1-4 (**1. ábra**). Többségük káliumüveg, bár van közöttük két nátriumüveg is. A fenti csoportoktól elkülönült továbbá a barokk üvegek egy csoportja, valamint a következő egyedi darabok: egy késő középkori zöld üveg, egy XIX. századi és egy középkori festett üveg. Egy vizsgált „Roemer” üveg az fdV-4 csoportba esik. Az **1. ábrán** bemutatott csoportosításnál figyelembe vettük a vizsgált időszak európai üvegeinek már ismert jellemző összetételeit.



**2. ábra:** A vizsgált üvegek csoportosítása bór- és kálium tartalom alapján

Ezek az első eredményként kapott csoportok azonban nem feltétlenül feleltethetők meg konkrét műhelyeknek. Részletesebb archeometriai (geokémiai ill. régészeti) következtetések levonásához további mérésekre és az eredmények többféle matematikai módszer szerinti kiértékelésére van szükség, összevetve a tipológiai elemzésekkel. Ígéretes lehet néhány nyomelem, pl. a Ba kiugróan magas (néhány súly%) mennyisége, mely műhely ill. nyersanyag azonosítására alkalmas lehet.

A kutatás jelenlegi fázisában néhány további partikuláris megállapítást tehetünk: A vizsgált üvegek nagy része magas kálium tartalmú, csupán egy magas nátrium tartalmú, néhány kevert alkáli típusú. A káliumüvegek egy csoportjánál korrelációt találtunk a nátrium- és a klórkoncentráció között. Ezen túlmenően a magas klórtartalom a magas szilíciumtartalmú üvegek között volt megfigyelhető.

A barokk és a XIX. századi üvegek bórtartalma sokkal kisebb – jellemzően < 0,04% - volt, mint a fdV üvegek többségénél. Az fdV üvegek között csupán két nátriumüveg bórtartalma volt hasonlóan alacsony, mint a barokk üvegeké (**2. ábra**). Ez a tény egyértelműen mutatja, hogy az említett két fdV üveg különböző eredetű.

### Következtetések

Korábban megmutattuk, hogy a prompt gamma aktivációs analízis az üvegek archeometriájában jól használható roncsolásmentes „tömbi” (bulk) analitikai módszer. A fő összetevők és néhány nyomelem mennyiségileg meghatározhatók. A PGAA ugyanakkor egyedül a kis mennyiségű bór és hidrogén kimutatásában, az EPMA jó kiegészítője lehet. Jelen cikkben újabb középkori ill. barokk üvegek kémiai összetételét közöltük, PGAA mérések alapján. Egyes kémiai összetevők szerint megadtuk a vizsgált üvegminták egy lehetséges csoportosítását, melyet a későbbiekben műhely ill. nyersanyag azonosítására szeretnénk felhasználni.

### Köszönetnyilvánítás

A PGAA mérések a Budapesti Kutatóreaktornál készültek, az EU 6. Keretprogram RII3-CT-2003-505925 sz. szerződése támogatásával. A szerzők köszönetet mondanak Grażyna Nawrolskának és Piotr Wawrzyniaknak a minták összegyűjtésében nyújtott segítségért. Köszönjük az Elblągi Régészeti-Történelmi Múzeumnak, a Poznańi Nemzeti Múzeumnak, a Gdański Tengerészeti Múzeumnak, hogy a mintákat rendelkezésünkre bocsátották.



**Irodalom**

BRILL, R.H. (1999): Chemical Analyses of Early Glasses. The Corning Museum of Glass, Corning, New York 1999. Vol. 1 - *Catalogue of Samples*, vol. 2 - Tables of Analyses.

KASZTOVSZKY, ZS., KUNICKI-GOLDFINGER, J. J., DZIERŻANOWSKI, P., NAWROLSKA, G., WAWRZYNIAK, P. (2005): PGAA and EPMA as complementary non-destructive methods for analysis of boron content in historical glass, 8<sup>th</sup> *International Conference on „Non-Destructive Investigations and Microanalysis for the Diagnostics and Conservation of the Cultural and Environmental Heritage*, Lecce, Italy, 15-19 May 2005. Proceedings published on CD-ROM.

Kasztovszky Zs., Kunicki-Goldfinger, J. J., Dzierzanowski, P., Nawrońska, G., Wawrzyniak P. (2005): Történelmi üvegek roncsolásmentes vizsgálata prompt gamma aktivációs analízissel és elektron-mikroszondával (in Hungarian), *Archeometriai Műhely* **II/1** 48-56.

RÉVAY, ZS., MOLNÁR, G. L., BELGYA, T., KASZTOVSZKY, ZS., FIRESTONE, R. B. (2001): A new gamma-ray spectrum catalog and library for PGAA, *J. Radioanal and Nucl Chem* **248/2** 395-399.

RÉVAY, ZS., BELGYA, T., KASZTOVSZKY, ZS., WEIL, J. L., MOLNÁR, G. L. (2004): Cold neutron PGAA facility at Budapest, *Nucl. Instr. and Methods in Physics Research B* **213** 385-388.

WAGNER, B., NOWAK, A., BULSKA, E., KUNICKI-GOLDFINGER, J., SCHALM, O., JANSSENS, K. (2008): 'Complementary analysis of historical glass by scanning electron microscopy with energy dispersive X-ray spectrometry and laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry', *Microchimica Acta* **162/3-4** 415-424.



# RADIOGRÁFIÁVAL KOMBINÁLT PROMPT-GAMMA AKTIVÁCIÓS ANALÍZIS ÉS NEUTRON DIFFRAKCIÓS MÉRÉSEK AZ ANCIENT CHARM PROJEKT SZÁMÁRA TERVEZETT FEKETE DOBOZOKON<sup>1</sup>

<sup>1\*</sup>KIS Z., <sup>1</sup>SZENTMIKLÓSIL., <sup>1</sup>BELGYA T., <sup>1</sup>KASZTOVSZKY ZS., <sup>2</sup>KOCKELMANN, W., <sup>3</sup>FESTA, G., <sup>4</sup>KIRFEL, A., <sup>5</sup>KUDEJOVA, P., <sup>5</sup>SCHULZE, R., <sup>6</sup>T. BIRÓ K., <sup>6</sup>DÚZS K., <sup>6</sup>HAJNAL ZS., <sup>7</sup>VISSER, D. ÉS AZ ANCIENT CHARM EGYÜTTMŰKÖDÉS\*

<sup>1</sup>MTA-Izotópkutató Intézet, Pf. 77, H-1525 Budapest;

<sup>2</sup>ISIS Facility, Rutherford Appleton Laboratory, Chilton, OX110Qx, UK;

<sup>3</sup>Università degli Studi di Roma Tor Vergata, I-00133 Rome, Italy;

<sup>4</sup>Mineralogical Institute, Bonn University, D-53113 Bonn, Germany;

<sup>5</sup>Cologne University, D-50937 Cologne, Germany,

<sup>6</sup>Magyar Nemzeti Múzeum, H-1088 Budapest;

<sup>7</sup>FRM-II, TUM, D-85747 Garching, Germany

\*Levelező szerző: Kis Z., MTA-Izotópkutató Intézet, Pf. 77, H-1525 Budapest

email: [zkis@iki.kfki.hu](mailto:zkis@iki.kfki.hu)

## Abstract

*The aim of the 'Ancient Charm' project is to combine Neutron Tomography (NT), Prompt Gamma Activation Analysis (PGAA), Time-of-flight Neutron Diffraction (TOF-ND), Neutron Resonance Capture Analysis (NRCA) and Neutron Resonance Transmission (NRT) in order to generate 3D images of the elemental and phase compositions of complex museum objects. For the development and benchmark of the combined methods, complex test samples, so called 'black boxes', were constructed and then analysed by the different techniques. These test objects are sealed cubes, containing 2D or 3D arrangements of materials relevant to the compositions of archaeological samples. The Prompt Gamma Activation Imaging (PGAI) is a new terminology – introduced in the AC project – for determining the compositions of small volumes within the sample by scanning. The presented experimental results are obtained from PGAI and TOF-ND investigations.*

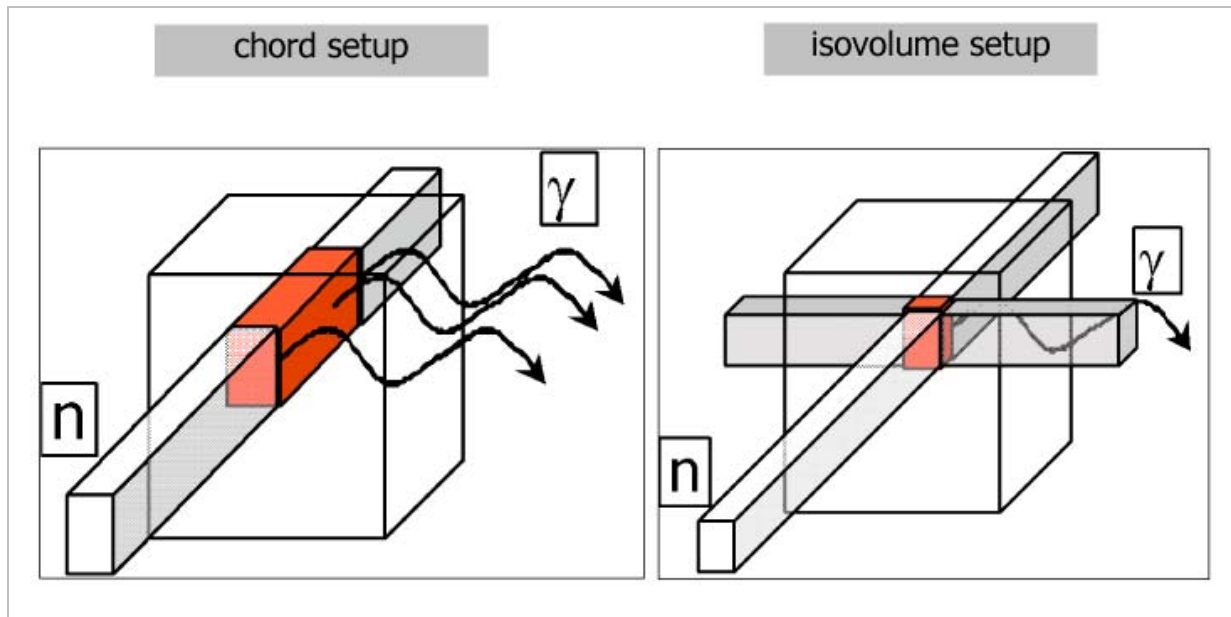
## Kivonat

*Az EU FP6 Ancient Charm projekt fő célkitűzése összetett, értékes műtárgyak elemeloszlásának, fázisszerkezetének háromdimenziós, roncsolásmentes feltérképezése a meglévő neutronos analitikai módszerek (neutrontomográfia (NT), prompt-gamma aktivációs analízis (PGAA), repülésiújdó neutrontdiffrakció (TOF-ND), neutron-rezonanciabefogás analízis (NRCA) és neutron-rezonanciáttranszmisszió (NRT)) kombinálásával ill. fejlesztésével. A vizsgálatok elvégzéséhez ún. fekete dobozok készültek, amelyek vas ill. alumínium falú próbatestek, belsejükben régészeti szempontból fontosnak tartott anyagok komplex elrendezésével. A prompt-gamma aktivációs leképezés (PGAI) egy új terminológia; olyan 3D-s elemösszetétel vizsgálatot jelent, amelynek során keskeny neutronnyalábbal a minta kis térfogategységeit lépésenként elemezzük. Jelen cikk egy kiválasztott fekete dobozon végzett PGAI ill. TOF-ND vizsgálat eredményeit mutatja be.*

KEYWORDS: PROMPT GAMMA ACTIVATION IMAGING, NEUTRON, 3D ELEMENT MAPPING, ANCIENT CHARM

KULCSSZAVAK: PROMPT-GAMMA AKTIVÁCIÓS LEKÉPEZÉS, NEUTRON, 3D ELEMTERKÉP, ANCIENT CHARM

<sup>1</sup> Jelen közlemény az ISA 2008 Szimpózium "Poster section II, scientific session: Metals and metallurgical ceramics" szekciójának No. 456 poszterére hivatkozik



**1. ábra:** A PGAI mérés két alapvető elrendezése (bal: húrtérfogatos; jobb: izotérfogatos)

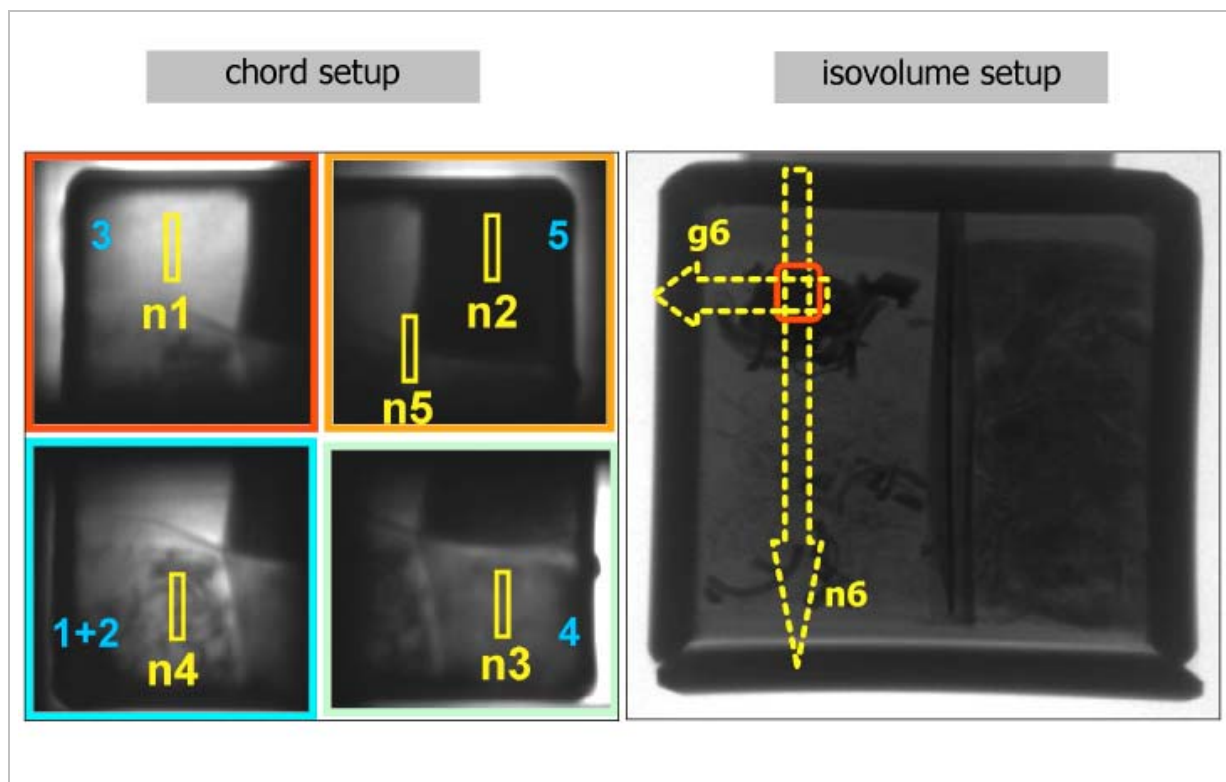
### Bevezetés és célkitűzések

Az EU FP6 Ancient Charm projekt (<http://ancient-charm.neutron-eu.net/ach>) fő célkitűzése összetett, értékes műtárgyak háromdimenziós elemeloszlásának, fázisszerkezetének roncsolásmentes feltérképezése neutronos mérési módszerekkel (Gorini 2007). Ezek közé tartozik a neutronradiográfia/tomográfia (NR/NT), a prompt-gamma aktivációs analízis (PGAA), a repülésiidő-neutrodiffrakció (TOF-ND) és a neutron-rezonanciabefogás analízis (NRCA). A Magyar Nemzeti Múzeum (Dúzs 2008) és a Bonni Egyetem (Kirfel 2008) kétfajta zárt dobozt készített el azzal a céllal, hogy segítségükkel kidolgozhatjuk a fenti neutronos eljárások megfelelő kombinációját és azok validálását. Ezek az ún. "fekete dobozok" egyrészt vas-, másrészt alumíniumfalúak, 40 ill. 50 mm-es éllel, továbbá az összetett régészeti mintákra jellemző belső tartalommal.

Jelen közleményben az elvégzett PGAA és TOF-ND vizsgálatok egyes eredményei kerülnek bemutatásra. A mérések közös jellemzője, hogy mindkét vizsgálati módszer roncsolásmentes, de amíg a PGAA az elemi összetételt, addig a TOF-ND a fém és ásványi összetevők fáziseloszlását méri. Az említett kombinálás jegyében a tárgyak érdekes részei NR/NT módszerekkel feltérképezhetők. Ezután – a hagyományos tömbi besugárzástól eltérően – a rögzített tárgy a tér minden irányában mozogni (xyz), továbbá forogni ( $\omega$ ) is képes mozgó asztallal a leszűkített neutronnyaláb útjába pozicionálható és ezáltal a számunkra érdekes, általában kisméretű térrészek egyedileg vizsgálhatóvá válnak.

### Módszer

A prompt-gamma aktivációs képalkotás (PGAI – prompt gamma activation imaging) viszonylag új fogalma a vizsgálandó minta kis térfogategységeinek elemi összetétel meghatározását jelenti (Kasztovszky & Belgya 2006). Az éppen vizsgált térfogategység a szűkített neutronnyaláb és a gamma-kollimátor látómezejének közös része. Ezt a térben rögzített pontot, amely az analitikai információ forrása – az orvosi képalkotáshoz hasonlóan – *izocentrumnak* neveztük el. Esetünkben nem is pontról, inkább térfogatrészről van szó, ezért helyesebb az *izotérfogat* elnevezés. Ha mintánkat mozgatjuk e térben rögzített kis térfogat körül, akkor a minta minden egyes pozíciójához tartozó gamma spektrum alapján térbeli felbontású analitikai információ szerezhető. Ez a kettős kollimáláson alapuló mérés azonban jelentősen lecsökkenti a  $\gamma$ -fotonok számlálási sebességét, aminek egyenes következménye a szükséges mérési idő növekedése. Megoldást a gyengébb térbeli felbontás elfogadása jelenthet, azaz a gamma-kollimátor eltávolításával a gamma detektor az egész tárgyat „látja”. Ebben az esetben a neutronok hatására keletkező fotonok egy, a tárgyon keresztül húzódó, húr szerű térfogattól érhetik a detektort, vagyis leginkább a húr irányában homogén mintarészek vizsgálatára alkalmas az elrendezés. Húrelrendezés esetén tomografikus rekonstrukciós módszer (ún. visszavetítéssel) felhasználásával kaphatunk valódi háromdimenziós elemi összetételt, amihez azonban ismét több spektrum mérése szükséges. A leírt elrendezések vázlata az **1. ábrán** látható.



**2. ábra:** PGAI mérési pontok a vasfalú (H-VI) dobozon. (bal: húrterfogat; jobb: izotérfogat; n1-n6: neutronnyaláb; g6: gamma detektor szűkített látószöge)

### Prompt-gamma aktivációs képalkotás

Mindösszesen 9 “fekete doboz” mérése történt az Izotópkutató Intézetben, a Budapesti Kutatóreaktor NIPS mérőhelyén (Kis et al. 2008). A kiválasztás alapját a minták anyagi és strukturális sokfélesége, és nem utolsósorban a rendelkezésre álló mérési idő korlátozott volta jelentette.

A tárgyak számunkra érdekes részeit a mérőrendszer részét képező neutrontomográf által felvett radiografikus képek segítségével azonosítottuk, míg a pozicionálást a tér minden irányában elmozdulni képes mozgatóasztallal oldottuk meg. Az analitikai mérések során a szűkített neutronnyaláb mérete 2 mm × 20 mm vagy 2 mm × 10 mm volt. A kollimátor nyílásának magassága az aktuálisan vizsgált tárgy struktúrájához alkalmazkodott, figyelembe véve a rendelkezésre álló mérési időt is. Ez utóbbi jellemzően 200–3600 sec volt, a mérési térfogatban aktuálisan elhelyezkedő mintarész analitikai érzékenységének függvényében. Mind a 9 dobozt tanulmányoztuk hűrelrendezésben, míg négyüket izotérfogatos módon is mértük. A fekete dobozok vizsgálati eredményei közül most csak a H-VI számú dobozét ismertetjük.

### A NIPS rendszer általános jellemzői:

- fluxus:  $7 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  hidegneutron nyaláb, szükség esetén neutronkollimátorral szűkítve
- térbeli felbontástól függő spektrumszám (akár több száz); 200–3600 sec spektrumonként
- a tárgy érdekes részeinek neutronradiográfias felvételeken alapuló pontos pozicionálása
- neutronok behatolási mélysége: általában centiméteres tartomány
- még nem alkalmaztunk önárnyékolási és önabszorpciós korrekciót, ezért az elemi összetétel adatok csupán kvalitatív ill. „félkvantitatív” jellegűek.

### Húrgeometria jellemzői:

- magasabb számlálási sebesség
- legjobban a dobozok elnyújtott részeinek vizsgálatára volt alkalmas
- rosszabb térbeli felbontás

**1. táblázat: A H-VI vasfalú doboz PGAI és TOF-ND méréseinek részletei**

\* : A vastagon szedett elemek a főkomponensek, a többi elem kisebb mennyiségben lehet jelen

Nr.	Névleges összetétel	Mérési elrend. és PGAI nyáláb sorsz.	PGAI eredmények*	TOF-ND eredmények (Festa et al. 2008)
1+2	Ag talkban	húr: n4 izotérfogot: n6	H, Si, Cl, Mn, Fe, Cu, Ag	kvarc (SiO <sub>2</sub> ), gipsz (CaSO <sub>4</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> ), talk (Mg <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub> (Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> )), Al vagy Ag: PGAI alapján: Ag
3	homok	húr: n1	H, B, Na, Al, Si, Cl, K, Ti, Mn, Fe, Cu	kvarc, gipsz, talk, Al vagy Ag: PGAI alapján: Ag Cu-típusú fcc (bronz, sárgaréz): PGAI alapján: sárgaréz
4	vasreszelék	húr: n3	H, B, Al, Cl, Mn, Fe	gipsz, talk, wüstit (FeO), magnetit (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ), Cu-típusú fcc (bronz, sárgaréz): PGAI alapján: sárgaréz
5	kőso	húr: n2	Na, Al, Cl, Cu	kvarc, halit (NaCl), gipsz, talk, Cu-típusú fcc (bronz, sárgaréz): PGAI alapján: sárgaréz
6	Al lemez	-	-	
7	Cu lapok	húr: n5	H, Na, Al, Si, Cl, Mn, Fe, Cu, Zn, Ag	halit (NaCl), gipsz, talk, Al vagy Ag: PGAI alapján: Ag Cu-típusú fcc (bronz, sárgaréz): PGAI alapján: sárgaréz

**Izotérfogatos geometria jellemzői:**

- alacsonyabb számlálási sebesség
- a dobozok pontszerű részeinek vizsgálatára is alkalmas
- eddigi legkisebb mért térfogat (legjobb térbeli felbontás): 2,3 mm × 2,3 mm × 5 mm

**Repülési idő-neutrodiffrakció**

Több esetben előfordult, hogy a PGAI módszer nem adott teljes információt a vizsgált tárgy fémes ill. ásványi fázisairól. A mérések kombinálása során azonban bebizonyosodott, hogy a PGAI és a TOF-ND eljárás ilyen esetekben remekül kiegészíti egymást. A neutrodiffrakciós méréseket az angliai Rutherford Appleton Laboratory ISIS berendezésének ROTAX (Kockelmann et al. 2000) ill. GEM (Day et al. 2004) mérőegységeinél végezték. A TOF-ND mérések során az alkalmazott pulzált neutronnyaláb polikromatikus, azaz a neutronok hullámhossza (és egyben energiája) széles hullámhossz(energia)-tartományt ölel fel (Kockelmann & Kirfel 2006). Mindkét diffraktométer sok, egymás mellé épített detektorral érzékeli a kristályrácsra kisebb ill. a nagyobb szögökben szóródott neutronokat. Az így kialakuló szóródási mintázatokkal lehetőség van nagy rácsállandó-tartomány lefedésére. A fekete dobozok

mérése során a tipikusan alkalmazott nyáláb méret 10 mm × 10 mm volt. Az egyes mérési pontokat szintén a neutron- ill. röntgenradiográfia felvételek alapján választották ki. A TOF-ND kísérletek részletes leírása és az eredmények bemutatása Festa et al. (2008) publikációjában található meg.

**A TOF-ND rendszer fő jellemzői:**

- nincs mintaelőkészítés
- nagyméretű tárgyak is vizsgálhatók
- milliméter szintű térbeli felbontás
- térfogati (átlagos) analízis
- hasonló a röntgendiffrakcióhoz (XRD)
- elsősorban kristályos anyagok vizsgálatára alkalmas
- kvantitatív fázis- és szerkezetanalízis
- textúra és feszültség vizsgálata a fémekben

**Eredmények**

**Vasfalú doboz (H-VI):** A különböző irányokból készített röntgen- ill. neutronradiográfias felvételek tanúsága szerint, a dobozt négy, közelítőleg egyforma térrészre osztja fel két, egymást keresztező elválasztó lap (**2. ábra**). A radiográfiai

felvételeken mért eltérő transzmissziós értékek alapján az egyes részek várhatóan más-más anyaggal töltöttek. A négy térrész PGAI és TOF-ND vizsgálatai eredményeinek részletei az **1. táblázatban** találhatóak.

A PGAI vizsgálatok során kiderült, hogy az (1+2)-vel jelölt térrészben jelenlévő, erősen neutronelnyelő forgácsszerű, rostszerű anyag, ezüst. A 3-as térrészben elsősorban szilícium, a 4-esben vas, míg az 5-ösben nátrium és klór volt kimutatható. Az Na és Cl 5-ös részben mért 1:1-es mólaránya miatt feltételezhető, hogy kősó (NaCl) formában van jelen. Az (1+2) és az 5-ös jelű részben alumínium jelenlétére utaló jelet mértünk. Az elválasztó lapok kereszteződésénél történt mérés megerősítette a réz (Cu) jelenlétét.

Ezek az eredmények jól egyeznek a TOF-ND vizsgálatok eredményeivel. A TOF-ND a – gyaníthatóan töltőanyagként használt – gipszet és talkot az összes térrészben azonosította. Az eredmény származhat a dobozra bocsátott nyaláb helytelen irányításától is, de a névleges összetétel későbbi megismerése után valószínűbb a töltőanyag átfolyása az (1+2) térrészből a többibe. A TOF-ND kvarcot azonosított az (1+2) és a 3-as részben, vasoxidokat (wüstit és magnetit) a 4-esben, kvarcot és nátrium-kloridot az 5-ösben, valamint alumíniumot és ezüstöt az (1+2)-esben (lásd 1. táblázat). A két anyag gyakorlatilag azonos rácsjellemzői miatt a TOF-ND nem képes különbséget tenni az Al és az Ag között, ezért a PGAI mérési eredmények alapján igazolhatjuk az ezüst jelenlétét. A PGAI ellenben nem tud különbséget tenni a különböző oxidációs számú vasoxidok között, amelyek meghatározása a TOF-ND érdeme. A wüstit valószínűleg a doboz vasfalának anyagában lehet. A TOF-ND továbbá kimutatta egy, a tiszta rézénél nagyobb rácsállandóval rendelkező, fcc-szerkezetű (lapcentrált) fázis jelenlétét, ami valamilyen rézötvözetre (bronz vagy sárgarézt) utal. A cink (Zn) PGAI általi kimutatása a sárgarézt irányába döntötte el a kérdést.

### **Következtetések**

A hagyományos PGAA és a TOF-ND napjainkban már standard roncsolásmentes módszerei az elemi összetétel ill. fázisanalitikai vizsgálatoknak és a besugárzott térrész átlagos jellemzőiről adnak felvilágosítást. Ha a neutronnyaláb és a gamma detektor látószögének nagymértékű szűkítése révén csökkentjük e térfogatot, akkor lehetőségünk van a minta helyi jellemzőinek mérésére is.

A fekete dobozokon elvégzett kísérletek alapján kijelenthetjük, hogy az alkalmazott módszerek (PGAI, TOF-ND, NR/NT) egymást jól kiegészítik, de önmagukban gyakran kevésbé képesek a minta átfogó jellemzésére. A vizsgálatokat előre meg-

lehet tervezni nagyfelbontású 2D/3D neutron-radiográfiai / tomográfiai (NR/NT) felvételek tanulmányozásával, melyekkel a tárgyak geometriai szerkezete és neutrongyengítése feltérképezhető. A képek szűrkeségskálán vett értékeihez azonban csak a PGAI és a TOF-ND eredmények ismeretében rendelhetünk az összetételre ill. fázisra vonatkozó információt. A PGAI “látja” az elemeket a besugárzott térfogatban, míg fázisérzékenysége révén a TOF-ND a kristályos struktúráról ad felvilágosítást; mindkettő fontos a régész és restaurátor számára a tárgy helyes leírása ill. a további kezelése szempontjából.

Végezetül meg kell említeni, hogy pontos mennyiségi analízist csak a neutronok önárnyékolását és a gamma-sugárzás mintán belüli elnyelődését is figyelembe véve lehet adni. Ennek útja pl. Monte Carlo szimulációk elvégzése.

### **Köszönetnyilvánítás**

Köszönettel tartozunk az ANCIENT CHARM EU FP6 NEST Contract No. 15311, a NAP VENEUS05 Contract No. OMFB 00184/2006 és a GVOP-3.2.1-2004-04-0268/3.0 projektek támogatásáért. A garchingi FRM-II kutatórektor ANTARES csoportja és a Genti Egyetem Center for X-ray tomography csoportja által elvégzett tomográfiai és radiográfiai vizsgálatokért szintén köszönettel tartozunk. A munkát támogatta még az angliai ISIS spallációs neutronforrás a CNR-CCLRC Agreement No. 01/9001 keretében. Az olasz Consiglio Nazionale delle Ricerche anyagi támogatása is köszönetet érdemel.

### **Irodalomjegyzék**

DAY, P., ENDERBY, J.E., WILLIAMS, W.G., CHAPON, L.C., HANNON, A.C., RADAELLI, P.G. & SOPER, A.K. (2004) GEM: The general materials diffractometer at ISIS – multibank capabilities for studying crystalline and disordered materials, *Neutron News* **15/1** 19-23.

DÚZS, K. (2008) Realisation of the planned ‘black Archeometriai Műhely / *Archaeometry Workshop V/1* 7-20.

FESTA, G., KOCKELMANN, W., KIRFEL, A. (2008) Neutron diffraction analysis of black boxes, *Archeometriai Műhely / Archaeometry Workshop V/1* 61-72.

GORINI, G. (2007) Ancient Charm: A research project for neutron-based investigation of cultural-heritage objects, *Il Nuovo Cimento* **30C(1)** 47-58.

KASZTOVSZKY, ZS. & BELGYA, T. (2006) From PGAA to PGAI: from bulk analysis to elemental mapping, *Archeometriai Műhely / Archaeometry Workshop III/2* 16-21.

KIRFEL, A. (2008) Construction and description of the UniBonn black boxes, *Archeometriai Műhely / Archaeometry Workshop V/1* 21-34.

KIS, Z., BELGYA, T., SZENTMIKLÓSI, L., KASZTOVSZKY, ZS., KUDEJOVA, P., SCHULZE, R. (2008) Prompt gamma activation imaging on 'black boxes' in the 'Ancient charm' project, *Archeometriai Műhely / Archaeometry Workshop V/1* 41-60.

KOCKELMANN, W. & KIRFEL, A. (2006): Neutron diffraction imaging of cultural heritage objects, *Archeometriai Műhely / Archaeometry Workshop III/2* 1-15.

KOCKELMANN, W., WEISSER, M., HEINEN, H., KIRFEL, A. & SCHAFER, W. (2000) Application spectrum and data quality of the Time-to-Flight Neutron Diffractometer ROTAX at ISIS, *Materials Science Forum* **321-324 I**: 332-337.



# ELŐZETES TANULMÁNY BELVÁRDGYULA-SZARKAHEGY (M60-AS GYORSFORGALMI ÚT 98. SZ. LELŐHELY) KÉSŐ NEOLITIKUS (LENGYEL KULTÚRA) TELEPÜLÉSRŐL SZÁRMAZÓ KERÁMIÁK PETROGRÁFIAI VIZSGÁLATÁRÓL

KREITER ATTILA<sup>1</sup> – SZAKMÁNY GYÖRGY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat, 1036 Budapest, Dugovics Titusz tér 13-17  
E-mail: [attila.kreiter@kosz.gov.hu](mailto:attila.kreiter@kosz.gov.hu)

<sup>2</sup>ELTE Közettan-Geokémiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C  
E-mail: [gyorgy.szakmany@geology.elte.hu](mailto:gyorgy.szakmany@geology.elte.hu)

## Abstract

*The aim of this paper is to provide the results of a preliminary investigation into the ceramic technology of the Lengyel culture from Belvárdgyula-Szarkahegy, Hungary. By the means of macroscopic and petrographic analysis the technology of different vessel types is compared in order to assess possible similarities and differences in their manufacturing. The results of the analysis are compared with the results of other Lengyel culture settlements from Szemely-Hegyes and Zengővárkony that are situated within the same geographical area. At Belvárdgyula a relationship between vessel types and technological practices was observed in that consumption vessels have very fine fabrics and household wares usually have a much coarser fabrics. In assessing the fabric groups it seems that the raw materials of the different vessel types are very similar although potters treated them differently, for example through levigation and different types of tempering. There also seems to be a relationship between painting and vessel types in that only consumption wares are painted and coarse wares are not. The most common temper is clay pellet or argillaceous rock fragments that are characteristic for both consumption and household wares. The implication of the results from Belvárdgyula becomes more clear when the technological practices are compared between the sites. In the three sites many similarities can be recognized in technological practices. The most striking similarity is that the consumption wares not only look similar typologically but the technology of most of the examined vessels seems identical (very fine, probably levigated clay, slab building, firing under fully reduced circumstances). A fundamental difference between the sites is that at Zengővárkony coarse tempering appears among the consumption wares while this type of tempering among consumption wares is not present at Szemely, and at Belvárdgyula coarse tempering is also characteristic for household wares. A further difference between the sites is that at Szemely the use of grog for tempering is common, but this practice was not observed at Zengővárkony and Belvárdgyula. In the latter site, instead clay pellets and/or argillaceous rock fragments seem to be the main temper. Another interesting feature of the technological comparison is that organic tempering was present at Szemely but could not be observed at Zengővárkony and Belvárdgyula. The results clearly show that within consumption wares not only was it important that they should look similar, but it was also required to make them in a similar manner. Alongside the technological similarities the observed differences also show that within similar vessel types, mainly within household wares, potters used different recipes.*

## Kivonat

A vizsgálat célja, hogy előzetes tanulmányt készítsünk a Lengyel kultúra kerámiatechnológiájáról, Belvárdgyula-Szarkahegy lelőhelyről. Makroszkópos és polarizációs mikroszkópos petrográfiai vizsgálat segítségével összehasonlítjuk a különböző edénytípusok kerámiatechnológiáit, így betekintést kapunk a hasonló edénytípusokon belüli lehetséges technológiai hasonlóságokba és különbségekbe. Az eredményeket nem elszigetelten vizsgáljuk, hanem összehasonlítjuk a Lengyel kultúra Szemely-Hegyes és Zengővárkony lelőhelyeiről származó kerámiák vizsgálatának eredményeivel. Az utóbbi két lelőhely ugyanazon földrajzi területen van, mint Belvárdgyula. A vizsgálatok alapján Belvárdgyulán megfigyelhető összefüggés bizonyos edénytípusok és technológiai eljárások között. Ez abban nyilvánul meg, hogy a finomkerámiák elsősorban nagyon finom nyersanyagúak, a házi kerámiák pedig durvább nyersanyagúak. A vizsgált kerámiák összetétele alapvetően nagyon hasonló, nagyon finomszemcsés nyersanyagú, amely nyersanyagot a készítők különböző módon dolgoztak fel. A festés és a nyersanyaghasználat között szintén megfigyelhető összefüggés abban a tekintetben, hogy míg a finomkerámiákon vörös festés van, a durvább nyersanyagú kerámiákon nem figyelhető meg festés. A vizsgált kerámiák esetében a leggyakoribb soványítóanyag az agyagpellet/agyagkőzet, amely a finom- és durvakerámiákra is jellemző. A belvárdgyulai eredmények jelentősége nyilvánvalóbbá válik, ha a három lelőhely kerámiatechnológiáját összehasonlítjuk. A lelőhelyek kerámiatechnológiái között számos hasonlóság ismerhető fel. A legjellegzetesebb az, hogy a finomkerámiák között nemcsak tipológiai hasonlatosság

van, hanem a készítése technikájuk (nagyon finom, valószínűleg iszapolt nyersanyag, laptechnika, redukált kiégetési körülmények) is számos hasonlóságot mutat mindhárom lelőhelyen. A hasonlóságok mellett eltérések is mutatkoznak a települések kerámiatechnológiái között. Szemelyben megfigyeltünk növényi soványítást, azonban Zengővárkonyban és Belvárdgyulán nem. Zengővárkonyban durva, kőzettörmelékes soványítás a finomkerámiák körében is jelen van, ami Szemelyen a finomkerámiáknál nem fordul elő, illetve Belvárdgyulán is főleg a házi kerámiák soványításában van durvaszemcsés kőzettörmelék. További különbség a három lelőhely között, hogy míg Szemelyben a tört kerámiával történő soványítás gyakori, addig ezt a technológiai eljárást nem figyeltük meg Zengővárkonyban. Belvárdgyulán viszont a fazekasok a tört kerámia helyett agyagpelletet/agyagkőzetet használtak soványítóanyagul, amelyek tulajdonképpen a készítés során össze nem tört és homogenizált keményebb agyagdarabkák. Az eredmények mindhárom lelőhelyen azt mutatják, hogy a finomkerámiák nagy részénél nemcsak az volt fontos, hogy hasonlóan nézzenek ki, hanem az is, hogy hasonló módon készüljenek. A technológiai hasonlóságok mellett megfigyelt különbözőségeket is mutatják, hogy a hasonló kerámiákon, főleg a házi kerámiákon belül, a fazekasok számos különböző készítési eljárást is használtak.

KEYWORDS: LENGYEL CULTURE, CERAMIC TECHNOLOGY, CLAY PELLETT AND ARGILLACEOUS ROCK FRAGMENT TEMPERING

KULCSSZAVAK: LENGYEL KULTÚRA, KERÁMIA TECHNOLÓGIA, AGYAGPELLET/AGYAGKŐZET SOVÁNYÍTÁS

## Bevezetés

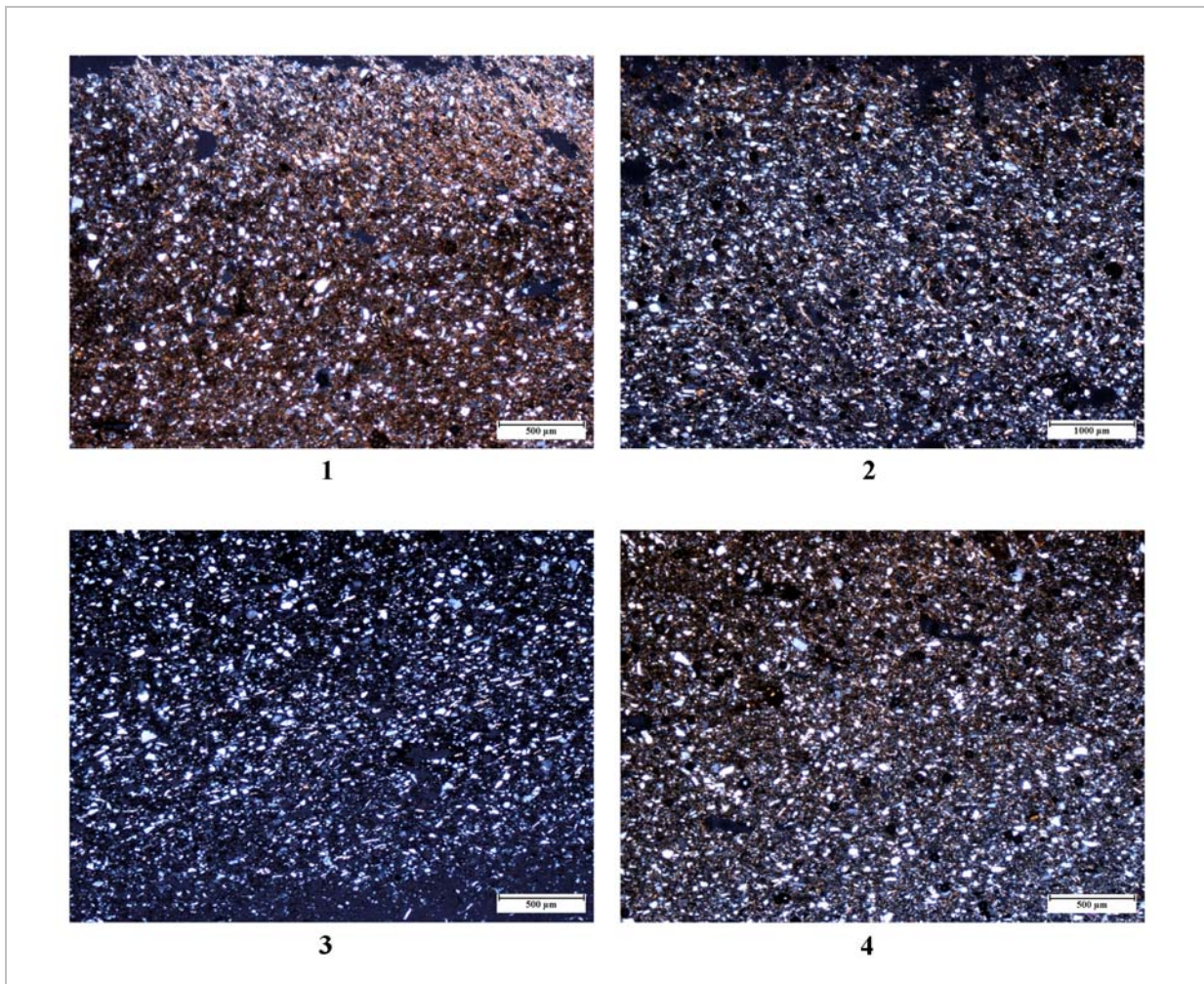
A vizsgált Lengyel kultúrabeli lelőhely a Gyulapusztáról D-i irányba Belvárdgyula felé tartó földúttól K-re, a belvárdi pincesorig húzódó területen fekszik. 2006 folyamán a lelőhely nagyobbik, Ny-i felén folyt régészeti kutatás. A feltárás és a légifotók tanúsága alapján egy körárokrendszer és a hozzátartozó nagy, É-D-i kiterjedésű lengyeli telep D-i részét keresztezi a nyomvonal. A lelőhelyről 16 különböző edénytípushoz (finom és házi) tartozó mintát választottunk ki polarizációs mikroszkóppal történő petrográfiai (kőzettani) vizsgálatra.<sup>1</sup> A minták makroszkópos leírását az **1. melléklet** tartalmazza. A minták kiválasztásánál fő szempont volt a lehető legnagyobb technológiai változatosság, vagyis, hogy a minták összetételében makroszkóposan is megfigyelhetők legyenek különbségek, így a különböző összetételű csoportokból kiválasztott minták vékonycsiszolatban összehasonlíthatók. Az eredményeket nem elszigetelten vizsgáljuk, hanem összehasonlítjuk a Lengyel kultúra Szemely-Hegyes és Zengővárkony lelőhelyeiről származó kerámiák vizsgálatának eredményeivel. Az utóbbi két lelőhely ugyanazon földrajzi területen van, mint Belvárdgyula, így az egymáshoz közel fekvő Lengyel telepek kerámiatechnológiája jól összehasonlítható, így információt kapunk a Lengyel kultúra kerámiatechnológiájának lehetséges egységességéről, vagy különbözőségéről. A petrográfiai elemzés során az összetevők térfogatszázalékos arányát, a méretkategóriáikat, az osztályozottságukat, valamint a kerekítettségüket a Nyugat Európában általánosan alkalmazott *Prehistoric Ceramic Research Group* kissé módosított iránymutatásai alapján határozzuk meg (PCRG 1997).<sup>2</sup>

## Petrográfiai vizsgálat eredményei

A polarizációs mikroszkópos petrográfiai vizsgálat alapján a tizenhat kerámia töredéket a bennük megfigyelt nem plasztikus összetevők alapján négy fő csoportra lehetett osztani.

### 1. csoport (1. ábra)

Ebbe a csoportba hat minta sorolható (4. korsó/bögre (**1. ábra 1.**), 5. csésze (**1. ábra 2.**), 9. bögre (**1. ábra 3.**), 12. csésze (**1. ábra 4.**), 13. csésze, 15. csésze). A kerámiák nyersanyaga nagyon finomszemcsés. A kerámiák szövete számos esetben jól irányított. A szemcsék nagyon jól osztályozottak, méreteloszlásuk szeriális, szögletesek, illetve kissé szögletesek. A mintákban az összes nem plasztikus elegrésztt figyelembe véve az uralkodó szemcseméret 0,02-0,05 mm között van. A minták nagyon finomszemcsés kvarc összetétellel jellemezhetők, amelyek mennyisége sok és nagyon sok között változik. Ezen kívül szórványos és kevés finomszemcsés kvarc is megfigyelhető (maximális szemcsemérete 0,25 mm). A mintákban főleg szórványos és kevés, nagyon finomszemcsés muszkovit fordul elő, de egy mintában (5.) közepes mennyiség figyelhető meg. Két mintában (12., 15.) szórványosan, közép- és durvaszemcsés karbonátos konkréciók is előfordulnak. A karbonátos konkréciók mérete 0,25-1,5 mm között változik. A mintákban szórványosan előfordul nagyon finom-, illetve finomszemcsés földpát(?), biotit, kova és mészkő. Akcesszóriaként epidot, zoizit, rutil, turmalin és cirkon is előfordul. Az ebbe a csoportba tartozó kerámiákat valószínűleg nem soványították, de a szemcsék nagyon jó osztályozottsága és a kerámia kompakt (tömött) szövete a nyersanyagok tisztítására, például iszapolására utal.

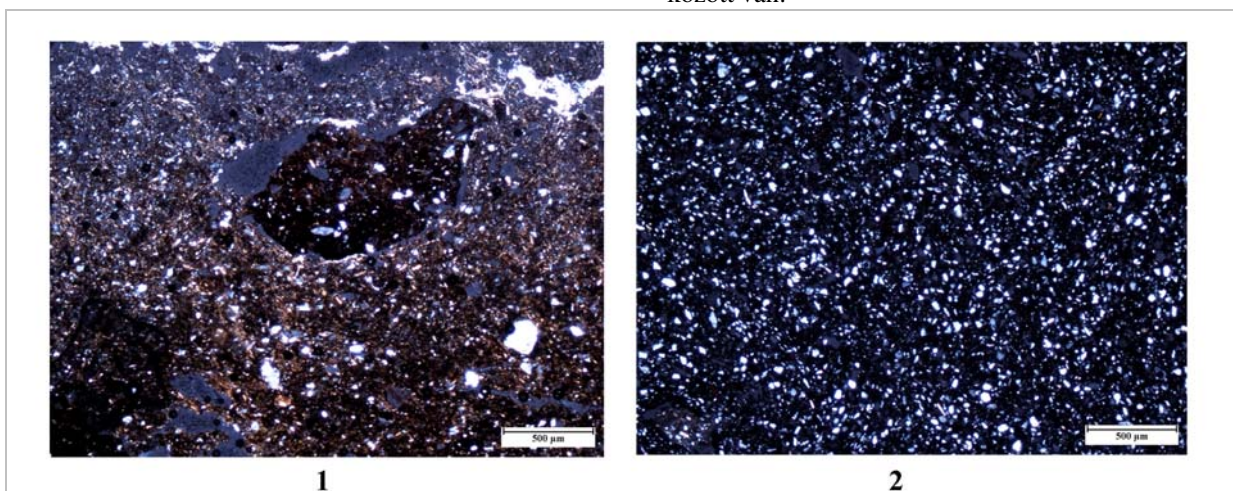


**1. ábra:** 1. csoport (nagyon finomszemcsés nyersanyag, +N). 1.: 4. minta; 2.: 5. minta; 3.: 9. minta; 4.: 12. minta.

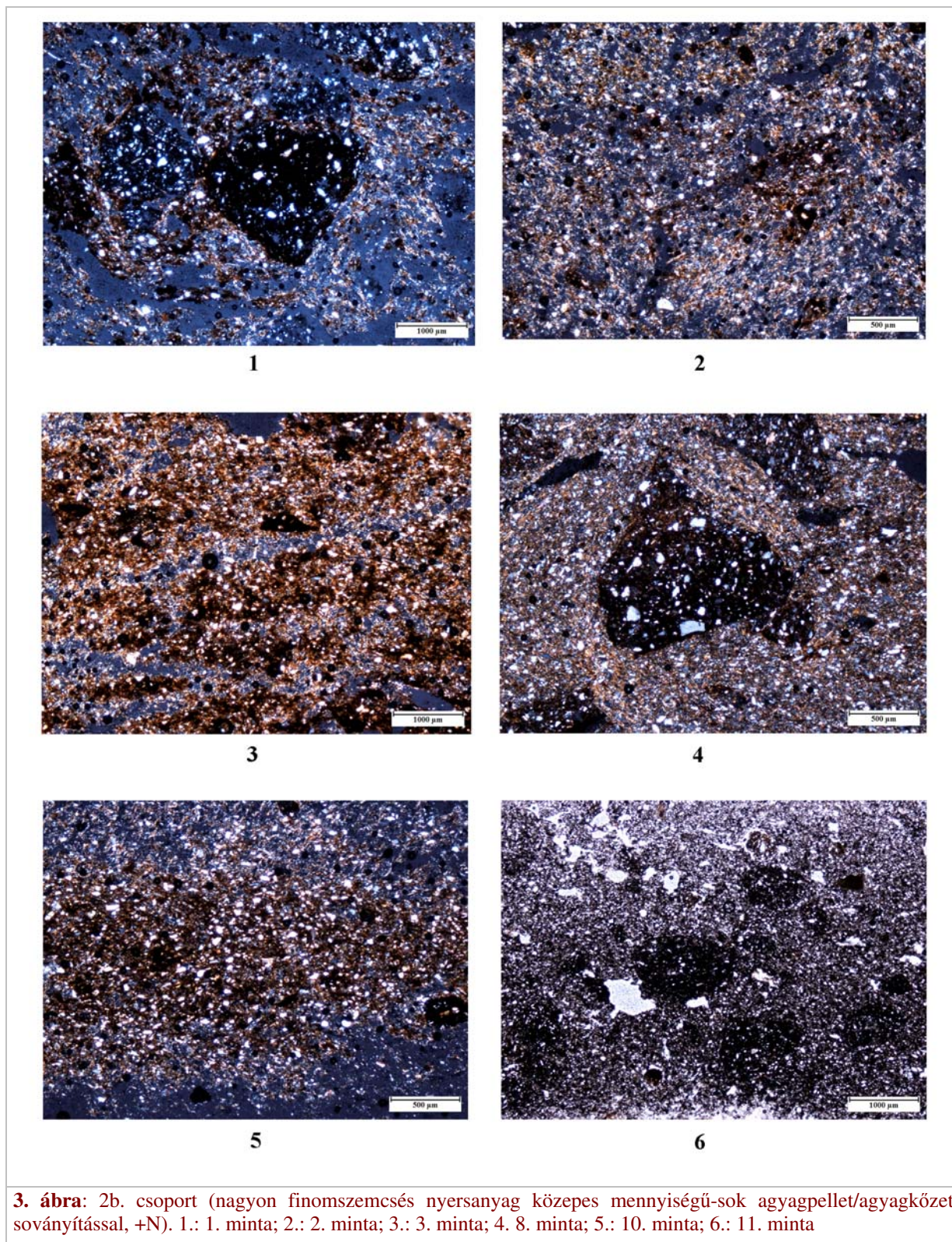
**2a. csoport (2. ábra)**

Ebbe a csoportba két minta sorolható (14. tábl (2. ábra 1.), 16. korszó (2. ábra 2.)). A kerámiák nyersanyaga alapvetően nagyon finomszemcsés, különösen a 16. minta (2. ábra 2.) szövete kompakt

(tömött), jól irányított. A szemcsék jól osztályozottak, méreteloszlásuk szeriális, szögletesek, illetve kissé szögletesek. A mintában az összes nem plasztikus elegyrészt figyelembe véve az uralkodó szemcseméret 0,03-0,05 mm között van.



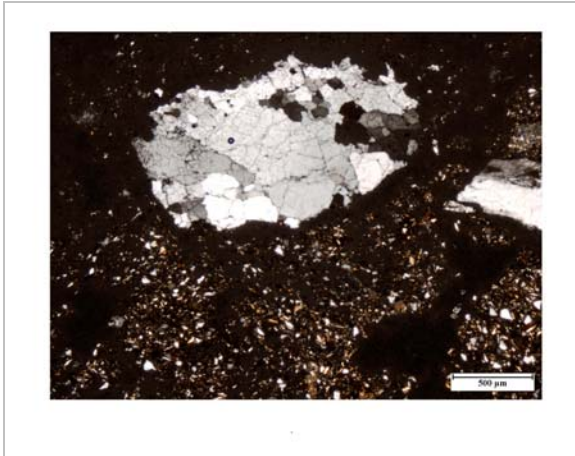
**2. ábra:** 2a. csoport (nagyon finomszemcsés nyersanyag kevés agyagpellel/agyagkőzet soványítással, +N). 1.: 14. minta; 2.: 16. minta.



**3. ábra:** 2b. csoport (nagyon finomszemcsés nyersanyag közepes mennyiségű-sok agyagpellet/agyagkőzet soványítással, +N). 1.: 1. minta; 2.: 2. minta; 3.: 3. minta; 4. 8. minta; 5.: 10. minta; 6.: 11. minta

A minták főleg nagyon finomszemcsés kvarc összetétellel jellemezhetők, de megfigyelhető kevés finomszemcsés, illetve közpszemcsés kvarc is. A kvarc mennyisége sok (14. minta, **2. ábra 1.**), illetve nagyon sok (16. minta). A mintákban kevés, nagyon finomszemcsés muszkovit fordul elő. A mintákban jelen van még szórványos, illetve kevés, 0,5-1,5 mm-es, kissé szögletes agyagpellet /

agyagkőzet, amely soványítóanyagként került a kerámiák anyagába. Ezek szándékosan hozzáadott soványítóanyagok lehetnek, mert szemcseméret eloszlásuk hiátuszos, és alapvetően egy nagyon finomszemcsés nyersanyagban vannak jelen, így nehezen képzelhető el, hogy természetes úton vannak benne a mintákban.



**4. ábra:** 3. csoport (nagyon finomszemcsés nyersanyag kavicsos durvahomok soványítással, +N). 6. minta.

Az egyik mintában (14.) másodlagos karbonátképződés is megfigyelhető. Az 16. minta szövete nagyon hasonlít az 1. csoportban lévő 9. minta szövetére, de míg a 9. mintában nincs agyagpellel / agyagkőzet, addig a 16. mintában van.

#### **2b. csoport (3. ábra)**

Ebbe a csoportba hat minta sorolható (1. korsó (3. ábra 1.), 2. csőtálpas tál (3. ábra 2.), 3. tárolóedény (3. ábra 3.), 8. tál (3. ábra 4.), 10. tál (3. ábra 5.), 11. tál (3. ábra 6.)). A szemcsék méretének eloszlása szeriális. A szemcsék jól osztályozottak, szögletesek, illetve kissé szögletesek. A mintákban az összes nem plasztikus elegyrészt figyelembe véve az uralkodó szemcseméret 0,02-0,05 mm között van. A finom-, közép- és durvaszemcsés elegyrészek mérete 0,5-2 mm között változik. A kerámiák nyersanyaga alapvetően közepes-sok, nagyon finomszemcsés kvarc összetétellel jellemezhető, de szórványos finom-, közép- és durvaszemcsés kvarc, valamint granitoid törmelék is megfigyelhető. A kvarcok között polikristályos szemcsék is vannak. A mintákban szórványos, illetve kevés, nagyon finomszemcsés muszkovit fordul elő.

Az egyik mintában (8.) zoizit-klinozoizit is előfordult. Ezt a csoportot az különbözteti meg az előző csoporttól, hogy a kerámiák soványítóanyaga közepes mennyiségű, illetve sok durvaszemcsés, kerekített, illetve kissé kerekített agyagpellel/agyagkőzet. A szemcsék mérete 0,5-3 mm között változik, de az uralkodó szemcseméret 1-2 mm. Az agyagpellel/agyagkőzet ebben az esetben is szándékosan hozzáadott soványítóanyagok, hiszen szemcseméret eloszlásuk hiátusos és alapvetően egy nagyon finomszemcsés nyersanyagban vannak jelen.

#### **3. csoport (4. ábra)**

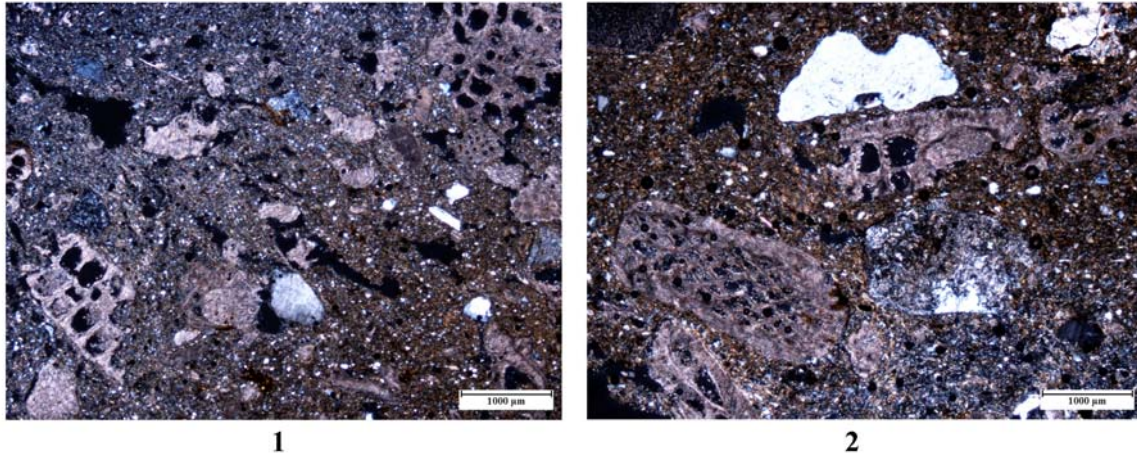
Ebbe a csoportba egy minta sorolható (6. virágcserep alakú tál).

Az ásványszemcsék méreteloszlása hiátusos. A mintában az összes nem plasztikus elegyrészt figyelembe véve az uralkodó szemcseméret 0,02-0,05 mm között van. Összetétele alapvetően sok nagyon finomszemcsés kvarc. A kvarc szemcsék jól osztályozottak, szögletesek, illetve kissé szögletesek. A mintában van kevés, középszemcsés és durvaszemcsés polikristályos kvarc, valamint szórványos mennyiségben granitoidból származó ortoklász is megfigyelhető. Továbbá kevés, közép- és durvaszemcsés kissé kerekített mészkő is előfordul. A közép- és durvaszemcsés elegyrészek között az uralkodó szemcseméret 0,5-1,5 mm között van, a maximális szemcseméret pedig 3,25 mm.

A mintában megfigyelhető még közepes mennyiségű, nagyon finomszemcsés muszkovit is, valamint közepes mennyiségű durvaszemcsés, kissé szögletes, illetve kerekített agyagpellel/agyagkőzet. Az uralkodó szemcseméretük 0,5-1,5 mm között van, a maximális szemcseméret pedig 2 mm. A mintában a soványítóanyag az agyagpellelten/agyagkőzeten kívül finomkavicsos homok lehetett, amire a törmelékiszemcsék hiátusos méreteloszlása utal. A mintában másodlagos karbonátképződés is megfigyelhető.

#### **4. csoport (5. ábra)**

Ebbe a csoportba egy minta sorolható (7. tárolóedény (5. ábra 1-2.)). A mintában az összes nem plasztikus elegyrészt figyelembe véve az uralkodó szemcseméret 0,02-0,05 mm között van. A közép- és durvaszemcsés elegyrészek között az uralkodó szemcseméret 0,5-1 mm között van, a maximális szemcseméret pedig 2,5 mm. A kerámia nyersanyaga alapvetően nagyon finomszemcsés kvarc, mennyisége közepes, a szemcsék szögletesek, illetve kissé szögletesek. Kevés közép- és durvaszemcsés monokristályos és polikristályos kvarc, valamint granitoid törmelék is megfigyelhető. A kvarc és granitoid szemcsék gyengén osztályozottak, méreteloszlásuk hiátusos. A szemcsék szögletesek, illetve kissé szögletesek. Ebben a nyersanyagban figyelhetők meg bioklasztokat (bryozoa) tartalmazó karbonátos törmelék. A karbonátos anyag mennyisége sok, mérete főleg közép- és durvaszemcsés, de finom szemcsék is megfigyelhetők. A közép- és durvaszemcsés karbonátos elegyrészek között az uralkodó szemcseméret 0,5-1 mm között van, a maximális szemcseméret pedig 2,7 mm. A karbonátos törmelékek, valamint a közép- és durvaszemcsés kvarc és granitoid szemcsék gyengén osztályozottak, méreteloszlásuk hiátusos, ami szándékos soványításra utal. A nyersanyagot olyan finomkavicsos homokkal soványíthatták, melyben durvaszemcsés karbonátos anyag, valamint kvarc és granitoid törmelék volt.



**5. ábra** 4. csoport (nagyon finomszemcsés nyersanyag bioklasztokat tartalmazó kavicsos durvahomokos soványítással, +N). 1-2.: 7. minta.

### *Az eredmények értékelése/összefoglalás*

A lelőhelyről a vizsgált minták fő összetevője a nagyon finomszemcsés kvarc, ezen kívül granitoid, illetve abból származó ásványtörmelékek is előfordulnak. A lelőhelyhez legközelebb gránit a felszínen a Mecsek hegységtől délkeletre húzódó Geresdi-dombság területén („Mórági-rög”) fordul elő. A mintákban a granitoid törmelék mellett tengeri eredetű mészkőtörmelékek is megtalálhatóak, melyek szintén jellemzőek a Mecsekre. Ennek ismeretében a vizsgált kerámiák helyben készülhettek, de változatosságot mutatnak a felhasznált nyersanyagok, soványítóanyagok, illetve azok előkészítésének tekintetében.

A lelőhelyről származó minták petrográfiai vizsgálata alapján az **1. csoportba** finomkerámiák tartoznak, de nem egy bizonyos finomkerámia típus, hanem megtalálható a csoportban egy korsó vagy bögre (4. minta), négy csésze (5., 12., 13., 15. minták), melyekből kettő festett, továbbá egy külsején vörös festésű bögre (9. minta) (**1. ábra**). Ezen kerámiák összetétele nagyon hasonló, készítőik jól iszapolt nyersanyagot használtak a készítésükhöz. A **2a. csoport**, hasonlóan az előzőhöz, nagyon finomszemcsés kvarc összetétellel jellemezhető, de ebben a csoportban a kerámiák készítői agyagpellelet/agyagkőzetet is raktak a nyersanyagba. A mintákban ez az utóbbi soványítóanyag csak szórványosan, illetve kevés mennyiségben van jelen, tehát a készítőik csak nagyon kis mennyiséget használtak fel belőle. Ezt a csoportot egy kis tál (14. minta) és egy korsó (16. minta) képviseli (**2. ábra**). A **2b. csoport**, hasonlóan az előző csoporthoz, nagyon finomszemcsés kvarc összetétellel jellemezhető, továbbá a kerámiák készítői közepes, illetve sok agyagpellelet/agyagkőzetet is raktak a nyersanyagba (**3. ábra**). Ebbe a csoportba sorolható egy korsó, külsején vörös festés nyomaival (1.

minta), egy csőtálpas tál, melynek külsején és belsején is vörös festés nyomai láthatók (2. minta), egy tárolóedény (3. minta), valamint három tál (8., 10., 11. minták), melyekből kettőnek a külsején és belsején szintén vörös festés nyomai láthatók (8. és 10. minták). A **3. csoportba** egy virágcserep alakú tál (6. minta) sorolható. Összetételében alapvetően hasonlít az előző csoportokra, de közép- és durvaszemcsés kvarc, valamint ortoklász is előfordul benne az agyagpelleleten/agyagkőzeten kívül. Ezen csoport esetében a soványítóanyag az agyagpelleleten/agyagkőzeten kívül finomkavicsos homok lehetett (**4. ábra**). A **4. csoportba** egy tárolóedény tartozik (7. minta) (**5. ábra**). Ennek a csoportnak nagyon jellegzetes, a többi kerámiától teljesen eltérő, fosszília tartalmú karbonátos kőzet összetétele van, néhány közép- és durvaszemcsés kvarc és granitoid törmelékkel. A nagyon finomszemcsés aleuritos agyagot finomkavicsos durvahomokkal soványították.

A vizsgálatok alapján elmondható, hogy a belvárdgyulai mintákban megfigyelhető összefüggés bizonyos edénytípusok és technológiai eljárások között. A finomkerámiák elsősorban nagyon finomszemcsés nyersanyagúak, a legdurvább nyersanyagú minták pedig házi kerámiákhoz tartoznak.

Minden csoportot egybevetve a kerámiák összetétele alapvetően nagyon hasonló (nagyon finomszemcsés), de a kerámiák készítői ezeket a nagyon hasonló nyersanyagokat dolgozták fel (tisztították, soványították) némileg különbözőféleképpen. A festés és a nyersanyaghasználat között szintén megfigyelhető összefüggés abban a tekintetben, hogy míg az 1., 2a. és 2b. csoportok esetében - amelyekbe egy kivétellel finomkerámiák tartoznak (a kivétel egy tárolóedény töredéke, melyen nem figyeltünk meg vörös festést) - jelen van a vörös festés, a durvább nyersanyagú 3. és 4. csoportok kerámiáin viszont

nem figyelhető meg festés. A vizsgálatok segítségével nem bizonyítható a tört kerámia soványítóanyagként való használata, sőt a szemcsék kerekítettsége, tömörsége inkább arra enged következtetni, hogy a fazekasok agyagpelleket/agyagkőzetet használtak soványítóanyagul. Az agyagpellek/agyagkőzetek tulajdonképpen a készítés során össze nem tört és homogenizált keményebb agyagdarabkák.

A tört kerámia, az agyagpellek és agyagkőzet elkülönítésére Whitbread (1986) dolgozott ki iránymutatást a törmelékszemszék határvonalát, kerekítettségét, alakját, optikai jellegeit, belső és külső jellegzetességeit, összetételét és színét figyelembe véve. Ez alapján a vizsgált mintákban agyagpellek/agyagkőzetek figyelhetők meg, melyek elsősorban kissé kerekítettek, gyakran éles határvonalúak, tömött szerkezetűek, az összetevőik nem orientáltak, és színük sötétebb a kerámia alapanyagának a színénél. Megjegyzendő, hogy a makroszkópos vizsgálat során ezek a szemcsék szintén agyagpelleknek/agyagkőzeteknek tűntek, és nem tört kerámiáknak, mert a tört kerámiák esetében gyakran megfigyelhető, hogy azok tűzfoltosak, változatos színűek, illetve, az egyik oldaluk gyakran simított vagy fényezett, attól függően, hogy a kerámia, amelyből származnak milyen felületkezelésen esett át. Arra, hogy a készítők szándékosan adták-e a nyersanyaghoz az agyagpelleket/agyagkőzeteket, a kerámiák szöveti vizsgálatánál találunk gyakori utalásokat. Ez abban nyilvánul meg, hogy a készítők alaposan előkészített nyersanyagot használtak, amiben az agyagdarabkák hiátuszos szemcsemérettel jellemezhetők, és ez szándékos soványításra utalhat.

A belvárdgyulai kerámiaminták vizsgálatának eredményeit nem elszigetelten értelmezzük, hiszen lehetőség van ugyanabból a földrajzi térségből, hasonló korú lelőhelyekről származó mintákkal történő összehasonlításra. Ezen vizsgálatot megelőzően 15-15 különböző kerámiatípusokhoz tartozó minta petrográfiai elemzését végeztük el Szemely-Hegyes és Zengővárkony lelőhelyekről, melyek szintén a Lengyel kultúrát képviselik (Kreiter & Szakmány 2008). Belvárdgyula kb. 10 km-re fekszik Szemelytől, és kb. 22 km-re Zengővárkonytól. Szemely és Zengővárkony települések egymástól kb. 20 km-re fekszenek. A három lelőhely kerámiatechnológiája között számos hasonlóság van. Az egyik legszembevetőbb, hogy a kisméretű finomkerámiák jól előkészített, feltehetően iszapolt, nagyon finomszemcsés nyersanyagból készültek. Belvárdgyula lelőhelyen ezt a nagyon finom nyersanyagot még különböző mennyiségű agyagpellek/agyagkőzettel is soványították (2a. és 2b. csoportok). A zengővárkonyi második csoportban (Kreiter & Szakmány 2008: Z2. csoport, 8. kép) tapasztalt

fosszília tartalmú karbonátos kőzet soványítást nem figyeltük meg Szemelyben, viszont jelen van Belvárdgyulán (4. csoport). Ez természetesen lehet annak is köszönhető, hogy Szemelyben nem volt a felszínen, vagy ahhoz közel olyan nyersanyag, amely ilyen összetétellel jellemezhető. Egy szemelyi kerámiában (Kreiter & Szakmány 2008: SZ4. csoport) is előfordultak fosszília tartalmú karbonátos kőzettöredékek, de csak kis mennyiségben és nagyon töredékesen. Szintén említésre méltó, hogy a Szemelyben megfigyelt növényi soványítást (Kreiter & Szakmány 2008: SZ3. csoport, 3. kép) nem figyeltük meg sem Zengővárkonyban, sem pedig Belvárdgyulán. További eltérés a három lelőhely között, hogy a Zengővárkonyban tapasztalt durvaszemcsés soványítás (Kreiter & Szakmány 2008: Z3. csoport, 9. kép) a finom kerámiák körében nem fordul elő Szemelyben (Kreiter & Szakmány 2008: 4. és 5. csoportok, 4-5. kép) és Belvárdgyulán is elsősorban a házi kerámiák soványításában van durvaszemcsés összetevő. További alapvető különbség a három lelőhely között, hogy míg Szemelyben a tört kerámiával való soványítás gyakori, addig ezen technológiai eljárást nem figyeltük meg Zengővárkonyban és Belvárdgyulán. Az utóbbi lelőhelyen viszont úgy tűnik, hogy a fazekasok a tört kerámia helyett agyagpellek/agyagkőzetet használtak soványítóanyagul. Megjegyzendő, hogy Szemelyben sem kizárólag tört kerámiát használtak soványítóanyagul, hiszen az egyik kerámiában a növényi soványítás mellett a fazekas agyagpellek/agyagkőzetet is felhasznált soványításra (Kreiter & Szakmány 2008: SZ3. csoport).

A vizsgálatok eredményei előzetes eredményekként értékelhetők, a vizsgált minták kis száma nem teszi lehetővé messzemenő következtetések levonását. Mindenesetre az előzetes eredmények azt mutatják, hogy a különböző településtípusok (a szemelyi és a belvárdgyulai településekhez többszörös körárok köthető, Zengővárkonyban viszont nem figyelték meg körárkot) között elvileg lehetnek különbségek a kerámia technológiákban, ezt azonban csak további településekről vizsgált minták bevonásával lehet tisztázni, illetve a vizsgált településekről további minták vizsgálata szükséges. Az eredmények egyértelműen mutatják, hogy a finomkerámiák mindhárom településen nagyon hasonló módon készültek (nagyon finomszemcsés, jól iszapolt nyersanyag, laptechnika, redukált kiégetés), attól függetlenül, hogy a három település között lehettek különbségek a hozzáférhető nyersanyagok tekintetében. A települések között megfigyelt technológiai változatosság arra is utal, hogy a fazekasok hasonló edénytípusok készítésén belül különböző nyersanyagtípusokat is használtak.

**Jegyzetek**

<sup>1</sup> Köszönetet mondunk Gábor Olivérnek és a Baranya Megyei Múzeumok Igazgatóságának a kerámiák vizsgálatra bocsátásáért. A kerámia vizsgálatot az NK 68255 OTKA program (Neolitikus kultúrák kapcsolatrendszere kerámiavizsgálatokon keresztül) támogatásával végeztük el.

<sup>2</sup> Térfogatszázalékos arány: szórványos (1–2 %), kevés (3–10 %), közepes (10–20 %), sok (20–30 %), nagyon sok (30–40 %), bőséges (40–50 %). 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). Összetevők méretének osztályozottsága: rosszul osztályozott, közepesen osztályozott, jól osztályozott, nagyon jól osztályozott. Összetevők kerekítettsége: szögletes,

kissé szögletes, kissé kerekített, kerekített, jól kerekített.

***Felhasznált irodalom***

KREITER, A. & SZAKMÁNY, Gy. (2008): Előzetes tanulmány Szemely-Hegyes és Zengővárkony késő neolitikus (Lengyel kultúra) településekről származó kerámiák petrográfiai vizsgálatáról. *Archeometriai Műhely* **2** 55-68.

PCRG (1997): *The study of later prehistoric pottery: general policies and guidelines for analysis and publication*. Prehistoric Ceramic Research Group: Occasional Papers Nos 1 and 2. 65 pp.

WHITBREAD, I. K. (1986): The characterisation of argillaceous inclusions in ceramic thin sections. *Archaeometry* **28** 79-88.



## 1. Melléklet

Előzetes tanulmány Belvárdgyula-Szarkahegy (M60-as gyorsforgalmi út 98. sz. lelőhely) késő neolitikus (Lengyel kultúra) településről származó kerámiák petrográfiai vizsgálatáról

AM 2008/3

KREITER ATTILA & SZAKMÁNY GYÖRGY

### 1. Melléklet

A kerámiák makroszkópos leírása

#### 1. (225 obj. 2777-es zacskó) (3. ábra 1.)

Feketés, illetve sötétszürke (legközelebbi Munsell érték: Gley1 2,5/N, fekete), szürke törésfelületű, kívül-belül fényezett, de belül kopott felületű, nagyon finomszemcsés, enyhén csillámos homokos anyagú, bikónikus, szögletes hastörésű korsó oldaltörédeke. Oldalán kis bütyök vagy fül volt, amely letört. Külsején vörös festés nyomai láthatók. Magasság: 5,3 cm, szélesség: 8,3 cm, falvastagság: 0,3-1 cm.

#### 2. (207. obj. 3.ány., 2418-as zacskó) (3. ábra 2.)

Sötétszürke (legközelebbi Munsell érték: Gley1 3/N, nagyon sötét szürke), törésfelületén kívül szürke, belül barna, redukált kiégetésű, kívül-belül simított csótalpas tál peremtörédeke. A perem külsején és belsején kb. 1,3 cm-es vörös sáv van. Ezek alatt pedig szintén egy vörös sáv található. A belsején a sáv mérhető szélessége 0,7 cm, a külsején pedig 0,6 cm. Anyaga alapvetően finomszemcsés, amelyben főleg 1-3 mm-es tört kerámia és/vagy agyagpellel/agyagkőzet (sötétszürke és fekete szemcsék) van. Megfigyelhető még szórványos, 1-2 mm-es kavics is. Magasság: 4,4 cm, szélesség: 3,5 cm, falvastagság: 0,6 cm.

#### 3. (207. obj. 3.ány., 2418-as zacskó) (3. ábra 3.)

Sötétszürke (legközelebbi Munsell érték: Gley1 3/N, nagyon sötét szürke), törésfelületén barna, redukált kiégetésű, kívül fényezett, belül kissé simított tárolóedény? ívelt hasának törédeke. Külsején egy pontban vörös festés nyoma figyelhető meg. Anyaga alapvetően finomszemcsés, amelyben főleg 1-3 mm-es tört kerámia és/vagy agyagpellel/agyagkőzet (sötétszürke és fekete szemcsék) figyelhető meg. Megfigyelhető még szórványos, 1-2 mm-es mészkő és hasonló méretű kerekített kőzet is. Magasság: 8,2 cm, szélesség: 10,6 cm, falvastagság: 0,6-0,8 cm.

#### 4. (322 obj. 1606-os zacskó) (1. ábra 1.)

Sötétszürke (legközelebbi Munsell érték: Gley1 3/N, nagyon sötét szürke), szürke törésfelületű, kívül-belül fényezett, de felületkezelése elnagyolt,

nagyon finomszemcsés, enyhén csillámos homokos anyagú, bikónikus korsó vagy bögre oldaltörédeke, oldalán kis, félgömb alakú bütyökkel. A külsején megfigyelhető, hogy egy agyagréteget vittek fel rá, amely eltakar egy, a töredék belsején jól kivehető lyukat. A töredék profiljának törésfelületén laptechnika figyelhető meg. Magasság: 3,3 cm, szélesség: 6,2 cm, falvastagság: 0,2-0,5 cm.

#### 5. (162. obj. 1053-as zacskó) (1. ábra 2.)

Kívül-belül sötétszürke (legközelebbi Munsell érték: Gley1 3/N, nagyon sötét szürke), szürke törésfelületű, redukált kiégetésű, de belül tűzfoltos, kívül-belül simított, nagyon finomszemcsés, enyhén csillámos homokos anyagú, kisméretű, enyhén kihajló, rövid nyakú kis csésze peremtörédeke. A töredéken kívül-belül vörös festés nyomai figyelhetők meg. Magasság: 3 cm, szélesség: 4,2 cm, falvastagság: 0,2-0,4 cm.

#### 6. (477. obj. 4724-es zacskó) (4. ábra)

Barnásszürke (legközelebbi Munsell érték: 10YR 6/2, világos barnásszürke), törésfelületén szürke, redukált kiégetésű, kívül-belül simított, virágcserep alakú tál profiltörédeke, a perem alatt kis fogóbütyökkel. Anyaga alapvetően finomszemcsés, amelyben főleg tört kerámia és/vagy agyagpellel/agyagkőzet (sötétszürke és fekete szemcsék), valamint kevés 2-3 mm-es kavics figyelhető meg. Szórványosan főleg közepes méretű karbonátos törmelék is előfordul. Magasság: 9,8 cm, szélesség: 12,6 cm, falvastagság: 0,8-1 cm.

#### 7. (225. obj. 2777-es zacskó) (5. ábra 1-2.)

Kívül-belül világosszürke (legközelebbi Munsell érték: 10YR 7/2, világosszürke), törésfelületén világos- és sötétszürke, redukált kiégetésű, de tűzfoltos, kívül-belül simított tárolóedény felfelé álló, madárcsőr alakú füle. Anyaga alapvetően finomszemcsés, törésfelületén sok, 1-4 mm-es karbonátos törmelék figyelhető meg, köztük bioklasztok is, valamint kevés, főleg 1-2mm-es kavics. Magasság: 6,7 cm, szélesség: 4,6 cm, edény falvastagság: 0,6 cm.

#### 8. (65. obj. 2045-ös zacskó) (3. ábra 4.)

Sötétszürke (legközelebbi Munsell érték: Gley1 3/N, nagyon sötét szürke), törésfelületén szürke, redukált kiégetésű, kívül-belül simított, egyenetlen felületű kónikus tál perem- és oldaltörédeke. A peremen, illetve a belsején a perem alatt, valamint a teljes külső felületén vörös festés nyomai láthatók. A töredék profilján laptechnika nyoma figyelhető meg. Anyaga alapvetően finomszemcsés, amelyben főleg 2-3 mm-es tört kerámia és/vagy agyagpellel/agyagkőzet (sötétszürke és fekete szemcsék) van. Magasság: 8,5 cm, szélesség: 7,5 cm, falvastagság: 0,7-1,2 cm.

## 9. (174. obj. 869-es zacskó) (1. ábra 3.)

Kívül világos barnásszürke (legközelebbi Munsell érték: 10YR 6/2, világos barnásszürke), belül sötétszürke, törésfelületén szürke, redukált kiégetésű, kívül-belül simított, nagyon finomszemcsés, homokos anyagú kisméretű bögre válltöredéke, külsején vörös festés nyomaival. Magasság: 2,4 cm, szélesség: 5 cm, falvastagság: 0,2-0,4 cm.

## 10. (68. obj. 226-os zacskó) (3. ábra 5.)

Sötétszürke (legközelebbi Munsell érték: Gley1 3/N, nagyon sötét szürke), törésfelületén szürke, redukált kiégetésű, kívül-belül simított, egyenetlen felületű tál enyhén S profilú perem- és oldaltöredéke. A perem külsején egy 2,2 cm-es, belsején pedig egy 1,9 cm-es vörös sáv látható. Ezek alatt pedig szintén egy-egy vörös sáv van. A belsején a sáv mérhető szélessége 4,5 cm, a külsején pedig 3,5 cm. A tálnak valószínűleg volt egy füle vagy bütyke, amely letört. Ennek az illesztése megfigyelhető. A vörös sáv azután készült, hogy a fül letört, mert a vörös sáv keresztülmegy az illesztés nyomain. Anyaga alapvetően finomszemcsés, amelyben sok, főleg 1-3 mm-es tört kerámia és/vagy agyagpellet/agyagkőzet (szürke és sötétszürke szemcsék) figyelhető meg. A töredék profilján laptechnika nyoma figyelhető meg. Magasság: 7,5 cm, szélesség: 7,9 cm, falvastagság: 0,6-0,7 cm.

## 11. (27. obj. 961-es zacskó) (3. ábra 6.)

Sötét, illetve világosszürke (legközelebbi Munsell érték: Gley1 3/N, nagyon sötét szürke, 10YR 7/1 világos szürke), törésfelületén szürke, redukált kiégetésű, kívül-belül fényezett, kónikus tál perem- és oldaltöredéke. Anyaga alapvetően finomszemcsés, amelyben sok 1-3 mm-es tört kerámia és/vagy agyagpellet/agyagkőzet (sötétszürke és fekete szemcsék) figyelhető meg. Magasság: 7,6 cm, szélesség: 10,1 cm, falvastagság: 0,4-1 cm.

## 12. (27. obj. 961-es zacskó) (1. ábra 4.)

Kívül világosbarna és szürke (legközelebbi Munsell érték: 10YR 6/2, világos barnásszürke), belül szürke, barna törésfelületű, redukált kiégetésű, de kívül tűzfoltos, kívül-belül fényezett, nagyon finomszemcsés, enyhén csillámos homokos anyagú, kisméretű, enyhén profilált kónikus csésze perem- és oldaltöredéke. Magasság: 5,4 cm, szélesség: 6,5 cm, falvastagság: 0,1-0,7 cm.

## 13. (126. obj. 213-as zacskó)

Kívül főleg barna (legközelebbi Munsell érték: 7,5YR 5/4, barna) és szürke, belül szürke, szürke törésfelületű, redukált kiégetésű, de kívül tűzfoltos, kívül belül simított, nagyon finomszemcsés, enyhén csillámos homokos anyagú, kisméretű, rövid, függőleges nyakú, kónikus testű kis csésze perem- és oldaltöredéke. A nyak és a váll találkozásánál vékony vízszintesen bekarcolt vonal látható. Magasság: 3 cm, szélesség: 5,2 cm, falvastagság: 0,2-0,8 cm.

## 14. (126. obj. 213-as zacskó) (2. ábra 1.)

Kívül barnás (legközelebbi Munsell érték: 7,5YR 4/2, barna), belül barna, törésfelületén szürke, redukált kiégetésű, kívül-belül simított, ívelt hasvonalú kónikus tál oldaltöredéke vízszintes szalagfüllel. Anyaga alapvetően finomszemcsés, amelyben főleg 2-3 mm-es tört kerámia és/vagy agyagpellet/agyagkőzet (szürke és barna szemcsék) figyelhető meg. A töredék alsó és felső része többé-kevésbé vízszintes törésvonalú, és valószínűleg azt a részt jelzi, ahol a részek össze voltak erősítve. Magasság: 6 cm, szélesség: 12 cm, falvastagság: 0,6 cm.

## 15. (207. obj. 2418-as zacskó)

Kívül világosbarna, illetve barnásszürke (legközelebbi Munsell érték: 10YR 7/3 nagyon fakóbarna, 10YR 6/2 világos barnásszürke), belül világosszürke, szürke törésfelületű, redukált kiégetésű, de kívül tűzfoltos, kívül-belül simított, nagyon finomszemcsés, enyhén csillámos homokos anyagú, kisméretű csésze oldaltöredéke. A töredék külsején pontokban vörös festés nyomai figyelhetők meg. Magasság: 2,6 cm, szélesség: 4 cm, falvastagság: 0,2-0,4 cm.

## 16. (267 obj. 1223-as zacskó) (2. ábra 2.)

Kívül főleg világosbarna (legközelebbi Munsell érték: 10YR 6/3, fakóbarna) és szürke, szürke törésfelületű, belül szürke, kívül-belül simított, nagyon finomszemcsés enyhén csillámos homokos anyagú, szűk nyakú, gömbös testű korsó perem- és oldaltöredéke. A töredék alsó része vízszintes törésvonalú, azt a részt jelezve, ahol a nyakat a hashoz erősítették. A kerámia soványítása kevés, főleg 2-4 mm-es tört kerámia és/vagy agyagpellet/agyagkőzet (sötétszürke, barna és fekete szemcsék). Magasság: 7 cm, szélesség: 7,7 cm, falvastagság: 0,6-0,9 cm.

# NON-DESTRUCTIVE MICRO-ANALYSIS OF ART AND ARCHAEOLOGICAL OBJECTS USING MICRO-XRF

SIMON FITZGERALD

HORIBA Jobin Yvon Ltd, London, United Kingdom, HA7 1BQ

[simon.fitzgerald@horiba.com](mailto:simon.fitzgerald@horiba.com)

## Abstract

*The technique of micro X-ray fluorescence provides a fast, non-destructive analytical method for the analysis of elemental composition in a wide range of samples, with microscopic spatial resolution. Within archaeometry this technique is used to characterise a wide range of materials. A number of applications in this field are presented in this overview article, demonstrating the power of this technique for archaeologists and museum scientists.*

## Összefoglalás

*A mikro-Röntgen fluoreszcens vizsgálati technika változatos anyagú műtárgyak vizsgálatát teszi lehetővé, gyorsan, roncsolás nélkül és mikroszkópi méretű felbontásban. Ezt a technikát az archeometria számos területén alkalmazzák. A tanulmány áttekintést nyújt erről a vizsgálati technikáról, gyakorlati példákkal, elsősorban régészek és múzeumi szakemberek részére.*

KEYWORDS: X-RAY FLUORESCENCE, MICRO-XRF, ELEMENTAL, ANALYSIS, MICRO-ANALYSIS, NON-DESTRUCTIVE, PAINTING, PEARLS, GANGI-DAMA

KULCSSZAVAK: RÖNTGEN-FLUORESCENCIA, MIKRO-XRF, ELEMÖSSZETÉTEL VIZSGÁLAT, MIKROANALÍZIS, RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLAT, FESTMÉNY, GYÖNGY, GANGI-DAMA

## Introduction

X-ray fluorescence (XRF) is a widely used technique for both qualitative and quantitative elemental analysis of solids, powders and liquids (Jenkins 1932). It offers fast identification of most elements in the periodic table (typically covering the range  $^{11}\text{Na}$  to  $^{92}\text{U}$ ), based on detection of fluorescence X-rays emitted from the sample after X-ray excitation. However, traditionally it is a macro technique and typically requires large volumes of sample and destructive sample preparation; for example, grinding and pressing into a powder pellet, or fusing with inert materials to form a glass bead. The incident X-rays can penetrate many micrometers/millimetres into the sample (depending on the precise composition). The depth from which the XRF signal is detected also depends on the sample's composition. In the case of low or medium atomic number elements the characteristic XRF X-rays emerge from a shallow surface layer of the sample – typically in the order of a few tens of micrometers or less.

The benefits of XRF include fast analysis (with measurement times of tens of seconds through to a few minutes), suitability for major and trace element analysis (% and ppm levels), and excellent quantitative capabilities. Whilst in many scientific fields the benefits which XRF provides outweighs the time consuming and destructive preparation techniques which are its major drawbacks, for museum scientists and archaeologists this is not the case. By their very nature the samples are valuable and historic, therefore non-destructive analytical

methods are preferred. Additionally the area of interest is very often not of the macro scale. Scientific study of artefacts usually requires detailed analysis of individual sections/parts, and thus the capability for microscopic visualisation and analysis.

In recent years the development of high performance XRF microscopes has revolutionised the capabilities of this useful technique. Glass optics allow the creation of microscopic X-ray beams, with diameters ranging from several millimeters down to 10 micrometers (Rindby et al. 1999). Hence it is now possible to analyse individual particles or features on the microscopic scale. Furthermore, by scanning the sample underneath the X-ray beam element images can be created which show the distribution of elements across the sample (Hosokawa et al. 1997). Modern bench top systems retain the benefits of bulk XRF, but combine them with microscopy – most importantly, sample preparation is not always necessary. In such instruments, the area of interest is simply located using optical cameras integrated within the system, and the measurement is then started.

Micro-XRF can be compared with other X-ray analytical techniques, for example, SEM/EDX (X-ray analysis on a scanning electron microscope) (Goldstein et al. 2003). They both offer elemental analysis with high spatial resolution based on the detection of characteristic X-rays from the sample. The excitation method differs for each technique - X-rays for micro-XRF and an electron beam for SEM/EDX. The majority of SEM/EDX systems

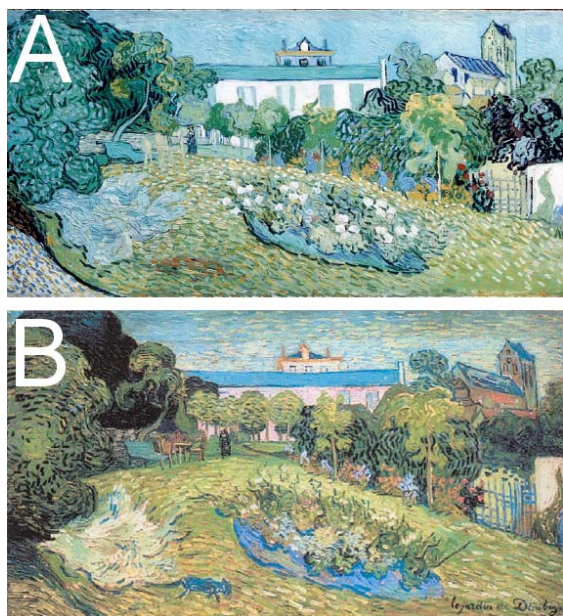
require samples to be analysed in a high vacuum, a condition which is not always compatible with priceless historical objects. Furthermore, such objects are often too large for the small chambers found in typical SEM/EDX systems – in comparison, typical micro-XRF systems offer considerably larger sample chambers, allowing samples with centimeter and meter dimensions to be accommodated.

Despite being a new and emerging technique there are numerous examples of micro-XRF providing museum scientists with valuable information regarding their objects. Such composition data allows them to understand the processes and materials used during creation of the artefact, which in turn means that the most appropriate conservation methods can be selected. Other areas which benefit from the technique include corrosion identification, valuation and authenticity, and internal structure analysis (using simultaneous transmission X-ray imaging).

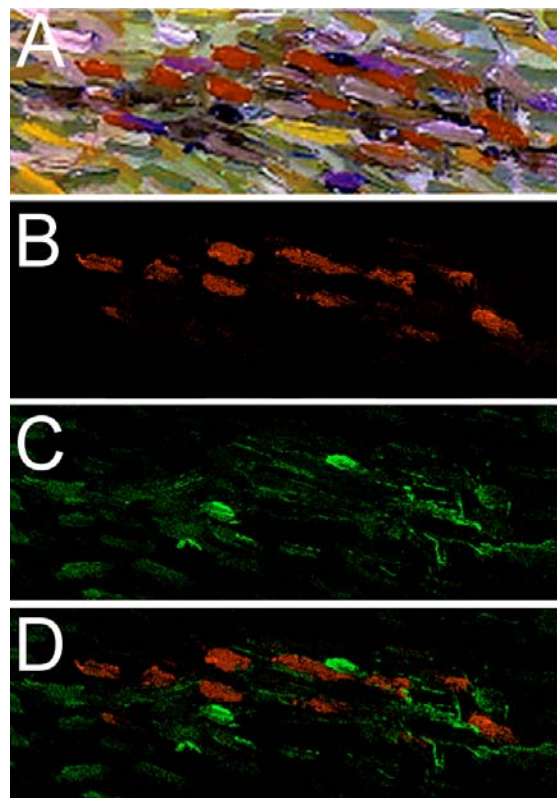
This article offers an overview of typical results obtained using bench top micro-XRF systems for archaeometric purposes, and should not be considered exhaustive in its content. Other reviews of the micro-XRF technique provide additional examples both for archaeometry and many other varied fields (Janssens et al. 1999).

### Painting

The famous painting “Le Jardin de Daubigny” by Vincent van Gogh exists in two forms (**Figure 1**), which are normally displayed in museums in



**Figure 1:** “Le Jardin de Daubigny” at (A) Hiroshima, and (B) Basel.



**Figure 2:** images of “black cat” region of “Le Jardin de Daubigny”: (A) optical image, (B) iron, (C) chromium, (D) overlaid iron and chromium.

Hiroshima (Japan) and Basel (Switzerland). In the Basel painting there is a small black cat which is not visible in the Hiroshima version. Interestingly, a past photograph of the Hiroshima “Le Jardin de Daubigny” clearly shows the presence of the black cat in this version too, suggesting it has been painted over at some point after its creation. In recent work micro-XRF was used to investigate this change in picture composition (Shimoyama 2009).

The portion of the Hiroshima painting where the black cat was thought to be originally was analyzed by XRF mapping. On the canvas there are many paints which have characteristic elements, allowing them to be quickly distinguished. Using 10  $\mu\text{m}$  spatial resolution the distribution of specific pigments could be followed across the painting.

The resulting image of chromium (**Figure 2**) shows the head, neck, forefoot and tail of the cat, whilst the strong brown paint which covers the original cat is linked to iron. The overlaid image of chromium and iron distribution clearly illustrates these two paints – close inspection shows that chromium and low concentrations of iron co-exist in the black cat regions, leading to the supposition that the black cat was originally painted using a mixture of chrome yellow (chromium) and Prussian blue (iron).



Figure 3: extract from the Nepalese manuscript page – the red box highlights the analysis region.

### Manuscript

An ancient Nepalese manuscript containing a coloured illustration of Amida (or Amitābha), a celestial buddha described in the Mahāyāna school of Buddhism was analysed. This sample, provided by courtesy of the Classical Manuscripts Digital Archive Study Center (Ryukoku University Library, Japan), was investigated to understand the pigments used within the illustration (Figure 3). Due to the penetrating nature of hard X-rays it is

possible to probe not only the topmost layer of visible pigments, but also those which have been used for undercoating.

A mapping experiment over the 70 mm x 70 mm area with a 100 µm X-ray beam diameter quickly identifies the main elements used in the pigments. Figure 4 illustrates the resulting XRF mapped images.

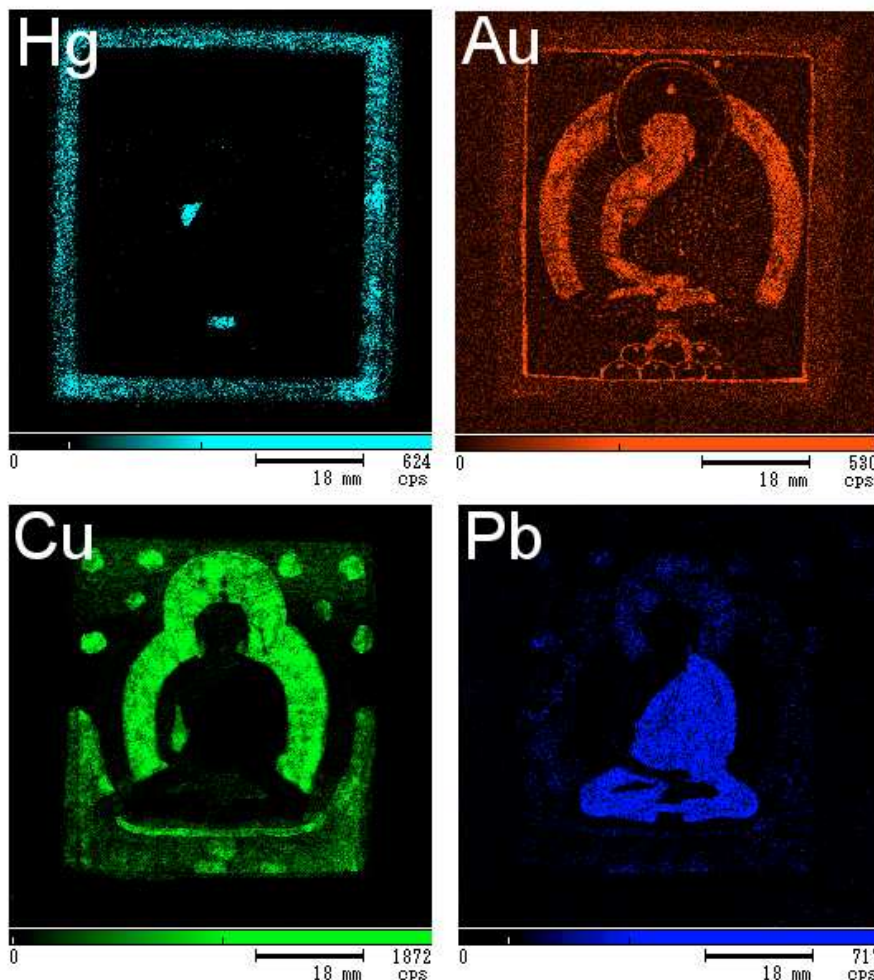


Figure 4: XRF mapped images showing the intensities of mercury (Hg), lead (Pb), gold (Au) and copper (Cu)

**Table 1:** Assignment of pigments identified. Number regions are illustrated in *Figure 5*.

Analysis Points		Colour	Elements	Assignment
1	Undercoat	Yellow	Pb, Cr	Chrome Yellow (PbCrO <sub>4</sub> )
2	Frame	Red	Hg	Vermilion (HgS)
3	Surplice	Orange	Pb	Diachylon (Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> )
4	Skin	Gold	Au	Gold leaf
5	Leaf	Green	Cu	Carbonate (CuCO <sub>3</sub> /Cu(OH) <sub>2</sub> )
6	Halo	Blue	Cu	Basic copper (2CuCO <sub>3</sub> /Cu(OH) <sub>2</sub> )
7	Petal	White/Pink	Ca, Mg, Si, Pb, Cr, Cu	Mixture of CaO, CaCO <sub>3</sub> and Mg <sub>3</sub> (Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>2</sub> with chrome yellow (PbCrO <sub>4</sub> ) painted on top of copper based containing blue pigments

**Figure 5:** Detail of the painted illustration – numbered regions relate to those given in Table 1.

Analysis of seven individual points allowed tentative assignments to be made of the pigments used (**Figure 5**, **Table 1**). These range from pure gold leaf for the skin, to traditional lead, mercury and copper containing inorganic species for other areas. The white/pink petals contain a complicated mix of calcium and magnesium compounds, mixed with chrome yellow, all of which have been painted on to an underlying coating of blue copper pigments.

### Glasses

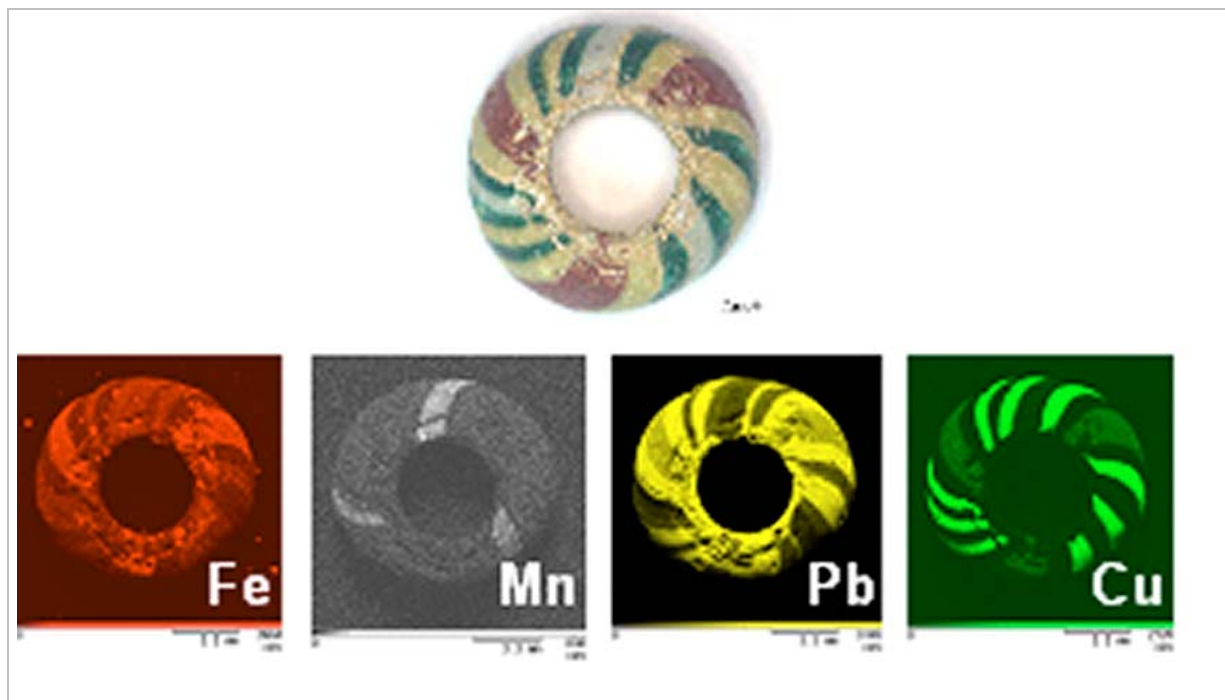
A *gangi-dama* is a special ring/bead found or excavated within old Japanese burial mounds as a personal ornament – typical examples are made up

of two or more coloured glasses. A particular *gangi-dama* from the Funaki-yama excavations, provided by Paleo Laboratory Company Ltd, was analysed by XRF to shed light on the specific elements used for the colouring of the glass. **Figure 6** shows the results of mapping experiments across the whole ring, approximately 12 mm in diameter.

The yellow-white glass of the matrix is identified as lead glass, whilst the other coloured regions are due to iron (red areas), copper (green areas), and manganese (white areas) additives.

### Authenticity and provenance of pearls

Many museum objects include precious metals, gemstones and other ornaments. Micro-XRF can be used to quickly identify whether these are authentic or counterfeits. An interesting example is the identification of authenticity and characterization of pearls. The three main categories of pearls are natural, cultured and imitation (Kunz 1908). Natural pearls are formed when a small irritant is trapped inside a mollusc. The mollusc senses the irritant and deposits minerals around it, principally calcium carbonate (aragonite). In time this grows into the much sought after pearl. Cultured pearls are formed in molluscs through human intervention – for example, seeding with a specific irritant to initiate the mineralization process. Synthetic pearls can be in the form of plastic, glass and calcium carbonate imitations with a synthetic coating to give the expected colour and lustre. Imitation pearls composed of plastic or glass can quickly be categorised by their lack of calcium content – **Figure 7** illustrates optical, micro-XRF and transmitted X-ray images of two black pearls. The left hand pearl is real, as evidenced by the presence of calcium – the right hand example is a plastic counterfeit, and thus shows no XRF signal for calcium.



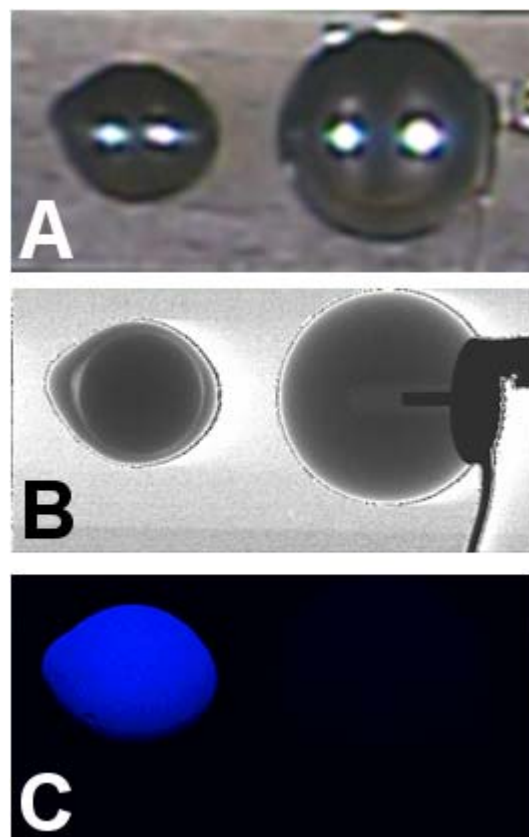
**Figure 6:** Optical image and XRF mapped images of gangi-dama showing intensities of iron (Fe), manganese (Mn), lead (Pb) and copper (Cu)

The internal structure of the pearls depends upon their origin. For example, natural seawater pearls are usually formed without a nucleus, whilst cultured seawater pearls typically have a nucleus and a layer of conchiolin ( $C_{32}H_{48}N_2O_{11}$ , a ceratin-type scleroprotein) 0.5-2mm thick. Freshwater pearls can be found both with and without nuclei, but the most common variety (Chinese) has no nucleus. They are distinguished from seawater pearls by their surface characteristics (i.e., lustre and patterning) (Kunz 1908).

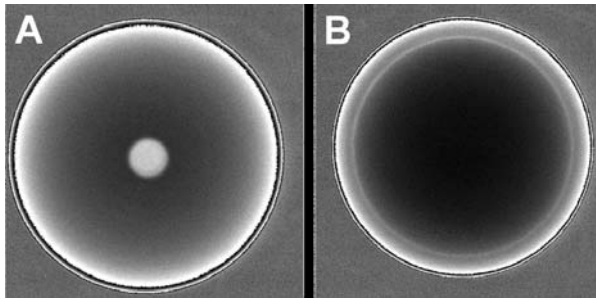
X-ray transmission images (**Figure 8**) of Chinese freshwater and Tahiti seawater cultured pearls show distinct internal structures (aside from the drilled hole at the centre of the Chinese example). In particular, the clearly visible ring structure in the Tahiti seawater pearl is explained by a thick membrane of conchiolin. Chinese freshwater pearls are cultured around a minute fragment of organic tissue, and show no nuclei or conchiolin layers.

### Summary

The non-destructive nature of micro-XRF analysis allows fast and easy elemental characterisation of museum objects as diverse as manuscripts, ornaments and pearls. Samples were analysed non-destructively without any time consuming or damaging preparation. Such analyses illustrate the excellent synergy between cultural and scientific disciplines, allowing curators to understand and obtain new information regarding fabrication processes, raw materials, authenticity and provenance.



**Figure 7:** (A) Optical image, (B) transmission X-ray image and (C) calcium XRF image over two pearls. The dark region in the transmission X-ray image corresponds to the metal jewellery clasp set into the right hand pearl. The left hand pearl exhibits the internal conchiolin ring structure.



**Figure 8:** transmission X-ray images of two cultured pearls, (A) high quality freshwater pearl from China, and (B) seawater pearl from Tahiti. The bright centre of the Chinese pearl is due to a hole drilled through the pearl, but otherwise there are no visible features. For the Tahitian seawater the outer conchiolin ring can be observed, with the boundary observed as a bright ring in the image.

### References

GOLDSTEIN, Joseph, NEWBURY, Dale, JOY, David, LYMAN, Charles, ECHLIN, Patrick, LIFSHIN, Eric, SAWYER, Linda, & MICHAEL, Joseph, (2003): Springer Scientific and Business Media Inc., New York, 689 pp.

HOKOKAWA, Yoshinori, OHZAWA, Sumito, NAKAZAWA, Hiromoto & NAKAYAMA, Yasuyuki, (1997): An X-ray guide tube and a desk top scanning X-ray analytical microscope. *X-ray Spectrometry*. **26/6** 380-387.

JANSSENS, Koen, ADAMS, Freddy & RINDBY, Anders ed., (1999): Microscopic X-ray fluorescence analysis. John Wiley & Sons, Inc., New York, 419 pp.

JENKINS, Ron, (1932): *X-ray fluorescence spectrometry*. John Wiley & Sons, Inc., New York. 207 pp.

KUNZ, George, (1908): The book of the pearl. The Century Company, New York, 650 pp.

RINDBY, Anders, ADAMS, Freddy & ENGSTRÖM, Per, (1999): Microfocusing X-ray optics. In: JANSSENS, Koen, ADAMS, Freddy & RINDBY, Anders (ed.): Microscopic X-ray fluorescence analysis. John Wiley & Sons, Inc., New York, 63-94.

SHIMOYAMA, Susumu, (2009): Bridging science and art – discovery of the black cat hidden in “Le jardin de Daubigny” (V. van Gogh) through element mapping image analysis. Oral presentation in: JST Symposium on Micro and Trace X-ray Analysis, Osaka City University, Japan.



## KÖZLEMÉNYEK

### **Beszámoló a 37. Nemzetközi Archeometriai Szimpóziumról (37th International Symposium on Archaeometry, 12-16 May 2008, Siena, Italy)**

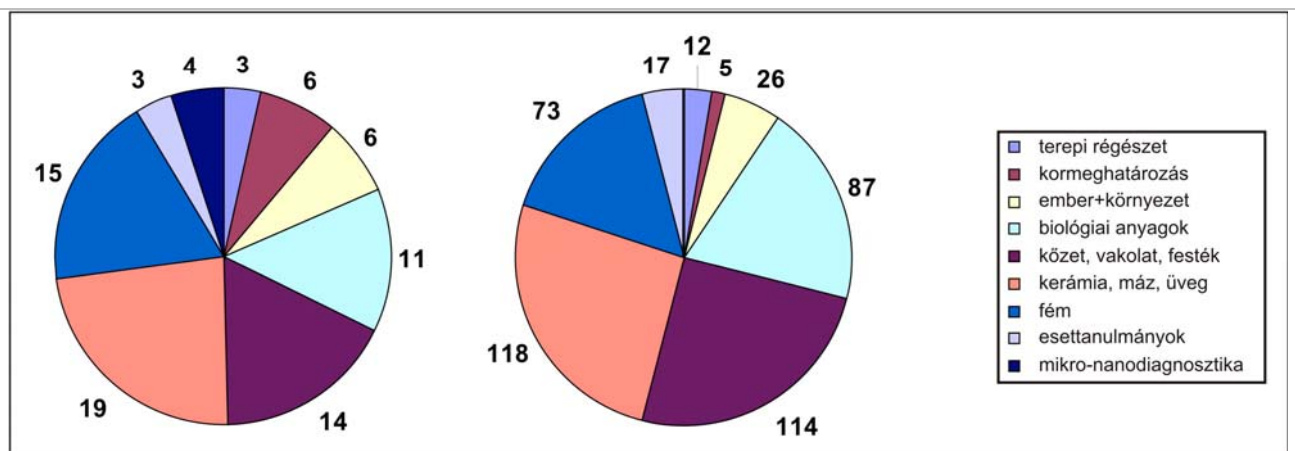
Immár negyed évszázada, hogy az ISA rendezvénye utoljára Olaszországban (Nápolyban) járt. 2008 tavaszán újra ebben az országban, a sienai egyetemen (a Pszichiátriai Intézetben!, **1. ábra**) rendezték meg az archeometria területén működő legnagyobb szabású szakmai találkozót. Az érdeklődés a szokásos mértékünél is nagyobb volt, amint az várható is egy, a régészeti természettudományos kutatásban élen járó ország, mint vendéglátó esetében.

A konferencián összesen 81 előadás és 452 poszter került bemutatásra. A tematika a már hagyományosnak tekinthető felosztást követte: terepi régészet (távérzékelés, geofizikai módszerek, mintavételi és terepbejárási stratégiák, a leletek megtartási állapotának in situ vizsgálata, monitoring), kormeghatározás (új módszerek, új alkalmazások, új értelmezések, kultúrák szinkronizálása) különös tekintettel a radiokarbon kormeghatározásra, ember-környezet kölcsönhatása (geoarcheológia, klíma- és környezet-rekonstrukció), biológiai anyagok vizsgálata (DNS-vizsgálat, táplálkozás rekonstrukció és élelmiszer-maradványok vizsgálata, archeozoológia és -botanika, demográfiai és mobilitási kutatások), ételkészítési és -fogyasztási szokások kutatása, technológiai és származási hely vizsgálatok (kőeszközök, vakolatok, festékek, kerámiák, mázak, üvegek, fémek esetében), illetve integrált esettanulmányok. A szervezők által választott speciális tematikus szekció az egykori technológiai fogások mikro-nano mérettartományú vizsgálatáról szólt, amely jó lehetőséget teremtett a hazai kutatások bemutatására is. Az előadások és poszterek egyes témák közötti megoszlását az **2. ábra** mutatja.



**1. ábra** A konferencia helyszíne és a magyar résztvevők, együttműködő partnereinkkel együtt. Dúzs Kriszta felvétele.

Ahogy a már általánosnak mondható, a legnagyobb létszámú szekciók a technológiai és származási hely vizsgálatokkal foglalkoztak (különösen a kőeszközök-vakolatok-festékek, a kerámiák-mázak-üvegek és a fémek vonatkozásában).



**2. ábra** A konferencián bemutatott előadások (1. diagram) és poszterek (2. diagram) tematikus megoszlása

Az utóbbi évek előremutató kutatásainak eredményeképpen az előbbi szekciókhoz hasonló mértékű megerősödést mutat a biológiai agyagok vizsgálata. Az elsősorban szervetlen anyagok vizsgálatára specializálódott hallgatóság számára ez az érdekes módszereket bemutató és új távlatokat nyitó szakterület várhatóan a következő évek legnagyobb érdeklődésre számot tartó témája lesz az archeometrián belül. A már korábban is elterjedt ételmaradvány-vizsgálatok mellett az emberi maradványok különféle szerves molekuláinak (pl. fehérjék) analízisével az egykori népesség egészségi állapotáról, betegségeiről, elhalálási okairól tudnak információt nyújtani a kutatók.

Örvendetes eredmény, hogy a konferencián nagy számban vettek részt magyar kutatók is. Bár csupán egyetlen szóbeli előadás hangzott el (Márk László, PTE, Biokémiai és Orvosi Kémiai Tsz.), ez azonban éppen az előzőekben említett, a legdinamikusabban fejlődő tudományterületről szólt, a biológiai anyagok vizsgálatának témakörében. A magyar résztvevők 16 posztert mutattak be, ebből 6 nem magyar első

szervezővel, téma szerint technológiai és származási hely vizsgálatok (10), bioarcheológia (1), kormeghatározás (1), konzerválás-műemlékvédelem (3) és új módszer fejlesztése (1) tárgykörében. A viszonylag közeli konferencia-helyszín miatt a szerzők jelentős része személyesen is jelen tudott lenni. Az Archeometriai Műhely jelen számában a konferencián bemutatott magyar eredmények jelentős részét közöljük, magyar nyelven.

A szimpózium programja megtekinthető a rendezvény hivatalos honlapján:

(<http://www.unisi.it/eventi/isa2008/>).

Az előadások anyagát rövid cikkek formájában elektronikus úton (e-book) a Springer.com és a Springerlink.com webhelyeken fogják megjelentetni a szervezők.

*Szilágyi Veronika*  
geológus  
MTA Izotópkutató Intézet  
[szilagyv@iki.kfki.hu](mailto:szilagyv@iki.kfki.hu)

\*