

TERMÉSZETTUDOMÁNYOS MEGFIGYELÉSEK A KÖZÉPSŐ ÉS KÉSŐ RÉZKORI KULTÚRÁK FAZEKÁSÁRUIN BALATONŐSZÖD-TEMETŐI DÜLŐ LELŐHELYEN

ANALYTICAL DATA ON MIDDLE AND LATE COPPER AGE POTTERY PRODUCTION AT BALATONŐSZÖD-TEMETŐI DÜLŐ

GHERDÁN KATALIN¹, TÓTH MÁRIA,² HERBICH KATALIN,³ MÁRIA HAJNALOVÁ,⁴ MARTIN HLOŽEK,⁵ LUBOMÍR PROKEŠ,⁶ MIHÁLY JUDIT,⁷ HORVÁTH TÜNDE⁸

¹ELTE Régészettudományi Intézet, H-1088 Budapest, Múzeum krt. 4/B, Email: gherdankata@hotmail.com.

²MTA Geokémiai Kutatóintézet, H-1112 Budapest, Budaörsi út 45

³Szegedi Tudományegyetem Földrajzi és Földtani tanszékcsoportjának Földtani és Őslénytani tanszéke, Szeged, Aradi vértanúk tere 1, H-6720

⁴Institute of Archaeology Slovak Academy of Sciences, Akademická 2, 94901 Nitra

⁵Institute of Archaeology and Museology, Masaryk University, Arne Nováka 1, 60200 Brno

⁶Department of Organic Chemistry, Faculty of Science, Masaryk University, Brno

⁷MTA Kémiai Kutatóközpont, H-1025, Budapest, Pusztaszeri út 59-63

⁸MTA Régészeti Intézet, H-1014, Budapest, Úri u. 49

Abstract

The lifestyle of the large Balaton-Lasinja/Furcheustich and Boleráz/Baden settlement of Balatonőszöd-Temetői dűlő was investigated in respect of possible common ceramic forms, technology, tradition, food-products and consumption in the period of Middle and Late Copper Age (Balaton-Lasinja/Furcheustich, Boleráz, Baden cultures) with the help of natural sciences, adding to the archaeological investigations (see Horváth, in this volume).

Kivonat

Az M7 autópálya új nyomvonalán, Balatonőszöd-Temetői dűlőben más korszakok mellett egy középső rézkori Balaton-Lasinja/Furcheustich, és egy késő rézkori Boleráz/Baden település-részletet tártunk fel. A lelőhelyen előkerült kerámialeletek régészeti, ásványtani, paleobotanikai és szervesanyag-maradvány vizsgálatával szeretnénk hozzájárulni a középső/késő rézkor fazekasságának kutatásához: a lehetséges tradíciók és az újtásnak számító technológiák, formák keresésével és összehasonlításával, az életmód és a környezet rekonstruálásával, és a helyi készítés vagy import-áru beszerzésének behatárolásával.

¹ Kerámiaközvetlen (petrográfiai vizsgálatok) vizsgálatok, ELTE Régészettudományi Intézet, H-1088 Budapest, Múzeum krt. 4/B, gherdankata@hotmail.com.

² Ásványtani vizsgálatok, MTA Geokémiai Kutatóintézet, H-1112 Budapest, Budaörsi út 45, totyi@geochem.hu.

³ Növényi lenyomatok vizsgálata, Szegedi Tudományegyetem Földrajzi és Földtani tanszékcsoportjának Földtani és Őslénytani tanszéke, Szeged, Aradi vértanúk tere 1, H-6720, herbich@geo.u-szeged.hu.

⁴ Szerves anyagmaradványok vizsgálata, Institute of Archaeology Slovak Academy of Sciences, Akademická 2, 94901Nitra, maria_hajnal@yahoo.com.

⁵ Szerves anyagmaradványok vizsgálata, Institute of Archaeology and Museology, Masaryk University, Arne Nováka 1, 60200 Brno, mhlozek@seznam.cz.

⁶ Szerves anyagmaradványok vizsgálata, Department of Organic Chemistry, Faculty of Science, Masaryk University, Brno.

⁷ MTA Kémiai Kutatóközpont, H-1025, Budapest, Pusztaszeri út 59-63, mihaly@chemres.hu.

⁸ Régészet, MTA Régészeti Intézet, H-1014, Budapest, Úri u. 49, valdemar@archeo.mta.hu.

KEYWORDS: POTTERY MAKING, PETROGRAPHY, MINERALOGY, ORGANIC RESIDUE, PLANT IMPRINT, MIDDLE / LATE COPPER AGE

KULCSSZAVAK: KERÁMIAKÉSZÍTÉS, KÖZETTANI, ÁSVÁNYTANI, SZERVES-MARADVÁNY VIZSGÁLATOK, NÖVÉNYI LENYOMATOK, KÖZÉPSŐ ÉS KÉSŐ RÉZKOR

Bevezetés

A tanulmány szerzői többfajta anyagvizsgálati módszerrel csatlakoznak a Balatonöszöd-Temetői dűlőben feltárt középső és késő rézkori településrészek kerámialeletein Horváth Tünde által végzett régészeti megfigyelésekhez (ld. Horváth, jelen kötetben).

Petrográfiai vizsgálatok

Mintaválasztás, vizsgálati módszer

Előzetes régészeti és makroszkópos vizsgálatok során 37 db kerámiát választottunk ki részletes petrográfiai elemzésre. A gondos kiválasztással igyekeztünk lefedni a település teljes bolerázi és badeni belső fázisát, az előforduló valamennyi főbb edényformát, valamint makroszkóposan megfigyelhető soványítási csoportot. Emellett különleges formákat, technológiai darabokat, égett agyag-göböket (2 db minta), agyaghurkákat (2 db minta) és festett paticsdarabokat (4 db minta) is vizsgáltunk. A petrográfiai vizsgálatok fő célja az volt, hogy a leleteket szöveti bélyegeik és összetételük alapján csoportosítsuk, a létrehozott csoportokat összevessük a régészeti tipológiai csoportokkal, és ahol lehetséges, következtessünk a kerámiák készítmény technológiájára valamint származási helyére.

A minták kiválasztása során az alábbi szempontok érvényesültek: a minták fedjék le a lelőhelyen megjelenő valamennyi V. Nemejcová-Pavúková által körvonalazott tipológiai csoportot, és képviselve legyen valamennyi fontosabb edényforma (fazék, tál, amfora, tárolóedény, korsó, csésze, különleges vagy szertartási edények és tárgyak). Finom- és házikerámiák, egy nagyméretű tárolóedény, különleges leletek, rontott és selejt vagy kerámiakészítés során keletkezett hulladékanyagok kerültek vizsgálatra.

A kerámiákból készült vékonycsiszolatokat polarizációs mikroszkópban vizsgáltam. Munkám a Szakmány György (1996; 1998) által kidolgozott módszeren alapul, de figyelembe vettem a Prehistoric Ceramics Research Group ajánlásait (Szakmány 1996; 1998), valamint Whitbreadnek (1986; 1989) a kerámiák petrográfiai leírására vonatkozó kitételeit is. A soványítóanyag törmelékszemszékeit leírásánál Pettijohn et al. (1987), valamint Tucker (2001) munkáira támaszkodtam.

Az elemzések során leírtam a kerámiák szövetét (hiatuszos, szeriális), jellemeztem szemcseméret-

eloszlásukat, a nem plasztikus elegyrészek átlagos szemcsenagyságát, a szemcsék koptatottságát, kerekítettségét, orientációját. Vizsgáltam az alapanyag színét és izotropitását. A szöveti vizsgálatokat mennyiségi elemzéssel egészítettem ki, amelynek során összehasonlító ábrák használatával becsültem a nem plasztikus elegyrészek térfogat-százalékos mennyiségét.

Eredmények

A polarizációs mikroszkópos vizsgálatok részletes táblázatos formában összegeztük (**lásd AM 2010/1. 1. melléklet**).

Kerámiák:

A minták többsége (22 kerámia: 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 38. minták, 1. petrográfiai csoport) közeli kapcsolatban van egymással mind a nem plasztikus elegyrészek összetétele, mind granulometriája alapján. Az egyedüli különbség az összetevők arányában van. A 22 db kerámia mindegyikét kerámiatöredékekkel soványították. A szemcseméret-eloszlás kétmaximumos: az aleurit és finomhomok frakciót uralkodóan ásványtöredékek, a középszemcsés és a durvahomok frakciót kerámiatöredékek és karbonátos közettöredékek alkotják. Az utóbbiak – mindkét mérettartományban – rosszul kerekítettek, közepesen-jól koptatottak. A karbonátos közettörmelékek egyaránt megtalálhatók a kerámiák alapanyagában és a soványításra használt kerámiazúzalékban is (**1. ábra/1**).

A kerámiák egy kisebb csoportja (11 db kerámia: 2, 3, 4, 15, 18, 24, 25, 26, 31, 35, 43-44-45- 46. (egy edényből) minták, 2. petrográfiai csoport) szintén kerámiazúzalékkal soványított, de ezek a minták nem tartalmaznak karbonátos közettörmelékeket. A szemcseméret-eloszlás itt is kétmaximumos: a finomhomok frakciót ásványtöredékek, a középszemcsés és durvahomok frakciót kerámiatöredékek alkotják. A csoporton belül az egyes kerámiák csak az összetevők arányában különböznek egymástól. Két minta (2, 25. minta) nagyon kevés (<3%) ásványtöredéket tartalmaz, amelyeket kerámiatöredékek kísérnek. Ez utóbbiak kétfélék. A nem plasztikus elegyrészek összetételét, mennyiségét és a szövetet tekintve egyik csoportjuk nagyon hasonlít az alapanyagra, ahhoz hasonlóan kevés (<3%) nem plasztikus elegyrészt tartalmaz, míg a másik típus a csoport többi (9 db kerámia) kerámiájának összetételét tükrözi, amennyiben bennük a nem plasztikus elegyrészek mennyisége

nagyobb, 10% körüli **(1. ábra/2)**. A csoport kerámiáiban gyakori elegyrészek a vasborsók. Az ilyen típusú konkréciók mocsári, ártéri területek agyagban gazdag talajaiban és réti talajokban gyakoriak (Szendrei 2001; Szakmány et al. 2004).

Ebbe a csoportba tartozik az a nagyméretű tárolóedény, amelynek különböző részeiből vettünk mintát (43. minta: az edény alsó része, 44. minta: az edény felső része, 45, 46. minták: a durvítás anyaga a has felső és alsó részén). Az edény különböző részei hasonló összetételűek (egy petrográfiai csoportba tartoznak), de a minták között kisebb mennyiségbeli eltérések tapasztalhatók. Az edény alsó fala, valamint a felületi durvítások kb. 10%-kal nagyobb mennyiségben tartalmaznak kerámiatöredékeket, mint az edény felső része.

Három kerámia (7, 14, 16. minták, 3. petrográfiai csoport) jelentősen eltér a minták többségétől: ezek a kerámiák nem tartalmaznak karbonátos közettörmelékeket, viszont jellegzetes elegyrészek bennük a kerekített vagy kerekítetlen, jól koptatott átkristályosodó vulkáni üveg törmelékek **(1. ábra/3)**. A szöveti vizsgálatok azt mutatják, hogy ezeket az elegyrészeket a fazekasok nem szándékosan adagolták az alapanyaghoz, tehát nem soványító anyagként kerültek az agyagba. Soványító anyagként ezekben a kerámiákban is kerámiazúzalékot találunk.

Egy kerámia (39. minta, 4. petrográfiai csoport) teljesen elkülönül a fent bemutatott három csoport mintáitól, egyrészt mivel nagy, a kerámiáknál rendkívül ritka, csaknem 50%-nyi mennyiségben tartalmaz nem plasztikus elegyrészeket, amelyek között uralkodóak a kerekítetlen, jól koptatott karbonátos közettörmelékek. Másrészt ez a kerámia nem tartalmaz kerámiazúzalékot, a korabeli fazekasok karbonátos homokkal soványították az agyagot **(1. ábra/4)**.

A kerámiák közti fent bemutatott szöveti és összetételbeli különbségek nem feleltethetők meg tipológiai különbségeknek.

Technológiai maradványok

A technológiai maradványok vizsgálata rendkívül hasznosnak bizonyult a kerámiák származási helyének megállapítása szempontjából. Olyan kiégett nyersanyagdarabot (40. minta: agyag-göb) és edénykészítésből visszamaradt darabokat (41, 42. minták: agyaghurkák) vizsgáltam, amelyek minden bizonnyal a lelőhelyen, helyi nyersanyag felhasználásával készültek.

Ezeknek a daraboknak a szöveti tulajdonságai és nem plasztikus elegyrészeik összetétele jól megfeleltethető a kerámiák összetételének: az egyik

agyag-göb (40. minta) összetétele az 1. petrográfiai csoport kerámiáinak összetételét közelíti, míg az egyik égett agyaghurka (42. minta) összetétele a 2. petrográfiai csoport kerámiáiéhoz hasonló, a másik agyaghurka (41. minta) összetétele pedig a 3. petrográfiai csoportba tartozó kerámiák összetételének feleltethető meg. A salakosra égett agyag-göb (36. minta) egyik csoportba sem volt besorolható, egyrészt mivel nem tartalmaz kerámiazúzalékot, másrészt mivel benne a nem plasztikus elegyrészek mennyisége nagy (40–50% körüli), és bár a homokfrakció tartalmaz karbonátos közettörmelékeket, ez a 39.-es kerámiamintához teszi hasonlóvá, azok mennyisége jóval kisebb, mint a kerámiában **(1. ábra/5)**. Az agyag-göb nem plasztikus elegyrészeinek összetétele, szemcsemérete, koptatottsága, kerekítettsége szinte teljesen megegyezik a karbonátos közettörmelék tartalmazó paticsokéval (52, 53. minták) (ezekről részletesen lásd később).

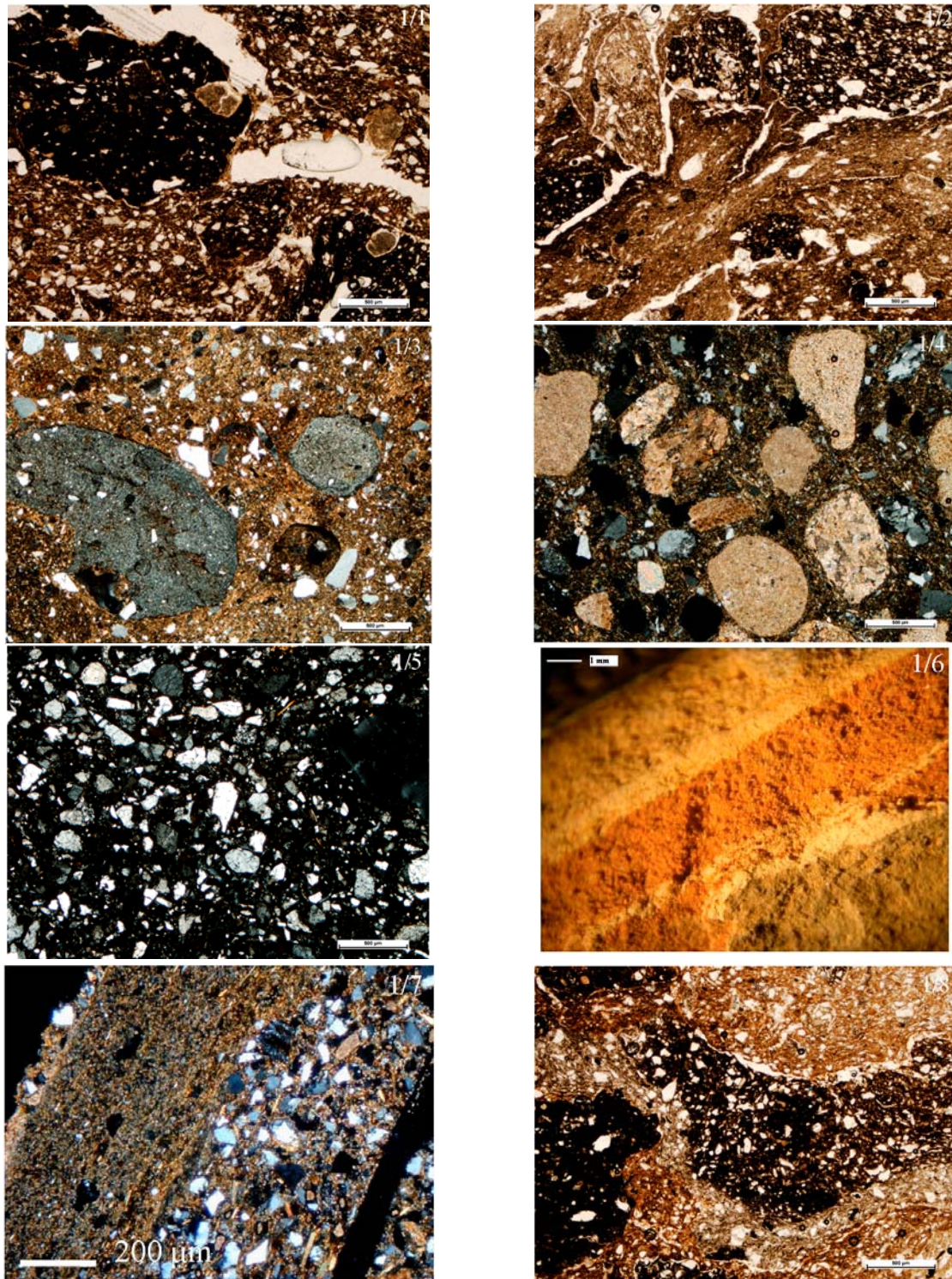
Paticsok

A paticsok összehasonlító petrográfiai vizsgálata (4 db minta: 50, 51, 52, 53. minták) során itt is abból indultunk ki, hogy a paticsok minden bizonnyal helyben készültek (vö. Kovács et al. 2009).

A paticsok, a kerámiákhoz hasonlóan, két nagy csoportra oszthatók: karbonátos közettörmelékeket tartalmazókra (52, 53. minták) és karbonátmentesekre (50, 51. minták). A nem plasztikus elegyrészek összetétele, szemcseméret-eloszlása, koptatottsága, kerekítettsége a kerámiákban találhatóéhoz nagyon hasonló, bár a paticsok nem tartalmaznak kerámiazúzalékot és az egyéb összetevők mennyisége is eltér: a paticsok a kerámiák többségéhez képest nagyobb mennyiségben (40–50%-ban) tartalmaznak nem plasztikus elegyrészeket.

A paticsok réteges szerkezetűek: egy viszonylag vastag (2-3 cm) homokos alaprétegen vékonyabb (1000–2000 µm), finomszemcsés meszes réteg található **(1. ábra/6)**. Az utóbbi változatos vastagságú (50–1000 µm) alrétegekre bontható **(1. ábra/7)**. A fedőrétegek felszíne simított, csakúgy, mint az egyes alrétegek közti felületek. Helyenként a homokos alapréteg a finomszemcsés rétegek között is megjelenik. A vékony, finomszemcsés réteget minden bizonnyal egyfajta vakolatként vagy díszítőanyagként alkalmazták. Az, hogy a homokos alapréteg helyenként a finomszemcsés rétegek között is megjelenik, feltehetően arra utal, hogy a vakolatot/díszítést többször megújították.

A paticsok makroszkópos és mikroszkópos szöveti tulajdonságai is arra utalnak, hogy a paticsok megégették (az épületek tűzben pusztultak el).



1. ábra: Balatonöszöd-Temetői dűlő, kerámia petrográfiai vizsgálatok 1/1.: Karbonátos közettörmelékek kerámia-alapanyagában és a soványító anyagként használt kerámiazúzalékban (17, 1. petrográfiai csoport), polarizációs mikroszkópi felvétel, 1N; 1/2.: Kerámiazúzalék kerámiában: az alapanyagban található nem plastikus elegyrészek mennyisége <3%, a kerámiatöredékek egy részében a nem plastikus elegyrészek mennyisége 10% körüli (25, 2. petrográfiai csoport), polarizációs mikroszkópi felvétel, 1N; 1/3.: Vulkanit szemcsék (átkristályosodó vulkáni üveg) kerámiában (16, 3. petrográfiai csoport), polarizációs mikroszkópi felvétel, +N; 1/4.: Karbonátos homokkal soványított kerámia (39, 4. petrográfiai csoport), polarizációs mikroszkópi felvétel, +N; 1/5.: Homokkal soványított, salakosra égett agyaggöb (36, 5. petrográfiai csoport), polarizációs mikroszkópi felvétel, +N; 1/6.: Patics keresztmetszete, sztereomikroszkópi felvétel; 1/7.: Patics keresztmetszete, polarizációs mikroszkópi felvétel, +N; 1/8.: Égetési szegély (szürke) kerámiazúzalék

Fig. 1.: Balatonöszöd-Temetői dűlő, pottery petroarchaeological analyses

Következtetések

A kerámiák, a technológiai darabok és a paticsok összehasonlító petrográfiai vizsgálata azt mutatja, hogy három típusú nyersanyag volt használatban a telep élete során: (1) karbonátos közettörmelékeket tartalmazó (1. petrográfiai csoport kerámiái, 36, 40. minták: égett agyagöbök, 52, 53. minták: paticsok), (2) karbonátos közettörmeléket nem tartalmazó (2. petrográfiai csoport kerámiái, 42. minta: égett agyaghurka, 50, 51. minták: paticsok), (3) karbonátos közettörmeléket nem tartalmazó, vulkáni eredetű törmeléket tartalmazó (3. petrográfiai csoport kerámiái, 41. minta: égett agyaghurka).

Az a tény, hogy a kerámiák nagy többségének, a technológiai daraboknak és a paticsoknak a petrográfiai összetétele nagyon hasonló, megerősíti azt a feltételezést, hogy a vizsgált kerámiák többsége nagy valószínűséggel helyben, helyi (lelőhely-közeli) nyersanyag felhasználásával készült. A petrográfiai szöveti vizsgálatok alapján ez a nyersanyag egy aleuritos, finomhomokos agyag lehetett, ami helyenként kerekítetlen, jól koptatott karbonátos közettörmelékeket, másutt vulkáni üvegtörmelékeket tartalmazott. A kerámiák többségének szövetében és összetételében tapasztalható változatosság tehát, véleményem szerint, nagy valószínűséggel a lelőhely közelében megtalálható, nyersanyagul felhasznált üledékek természetes változatosságát tükrözi. Ez alól egy kerámia (39. minta, 4. petrográfiai csoport) lehet kivétel. Ennek a kerámiának az alapanyagát a fazekasok karbonátos homokkal soványították (a minta nem tartalmaz kerámiazúalékot). A kerámia nem plasztikus elegyrészeinek összetétele, az ásvány- és közettörmelékek koptatottsága, kerekítettsége nagyon hasonló a többi csoport kerámiáihoz, a különbség a jól koptatott karbonátos közettörmelékek nagy mennyiségében mutatkozik, azaz a kerámia alkotórészei megtalálhatók a telep közelében.

Mint láttuk, a vizsgált kerámiatöredékek túlnyomó többségét (1, 2, 3. petrográfiai csoport kerámiái, technológiai darabok) szándékosan soványították kerámiatöredékekkel, bár a fazekasok nem mindig ugyanazt a mennyiséget használták. A kerámiazúalék mennyiségét összevetve az edények falvastagságával azt találtuk, hogy a vastagabb falú edények nagyobb térfogat-százaléknyi mennyiségben tartalmaznak kerámiatöredékeket.

A kerámiazúalékos soványítással kapcsolatban meg kell említeni, hogy Kreiter Attila (2009) dunaszentgyörgyi késő rézkori Baden kerámiák vizsgálata során, Parsonshoz (2005) hasonlóan a kerámiákban jelenlevő konszolidált agyagos törmelékek (Whitbreadnél: ARG (Whitbread 1986))

nem mindegyikét értelmezi kerámiazúalékként. Továbbá, míg Parsons az agyagdarabkákat a nyersanyag természetes részének tekinti, addig Kreiter szándékosan használt soványító anyagként értelmezi őket. Ezzel kapcsolatban megjegyzendő, hogy az agyagos közettörmelékek, agyag-pelletek, egyéb agyagos törmelékek, kerámiazúalékok kerámián belüli megkülönböztetése nagyon nehéz. Ennek során munkámban Whitbread útmutatásaira támaszkodtam, illetve úgy jártam el, hogy azokban az esetekben, ahol az agyagos törmelékek egyéb közettörmeléket (legtöbbször karbonátos közettörmeléket), esetleg kerámiatöredéket tartalmaztak vagy a töredék, feltehetően a korábbi égetésnek köszönhetően, réteges szerkezetű volt (**1. ábra/8**), egyértelműen kerámiazúalék használatáról, azaz szándékos soványításról beszélünk. Néhány esetben, a lekerekített, legömbölyített agyagos törmelékeket agyag-pelletekként határoztam meg. Ez utóbbiakat az alapanyag természetes elegyrészeiként, nem soványító anyagként értelmezem.

A vizsgálati eredményeket összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a kerámiák többségéről (kész edények, félkész termékek, előkészített nyersanyag, paticsok összevetése) összehasonlító petrográfiai elemzés segítségével bebizonyítottuk, hogy a lelőhelyen, helyi (lelőhely-közeli) nyersanyagból készültek. Egy minta (39. minta) esetében valószínű, de petrográfiai vizsgálataink alapján nem bizonyított a helyi eredet. Vizsgálataink során két, egymástól lényegesen eltérő recept szerint készült kerámiákat találtunk: a minták túlnyomó többségére (36 db kerámia) a kerámiazúalékos soványítás, míg egy kerámiamintára (39. számú minta) a karbonátos homokos soványítás volt jellemző.

Ha a vizsgált kerámiák összetételét összevetjük a közeli, Vörs, Máriaasszony-sziget sokperiódusú lelőhely hasonló korú leleteivel (Gherdán 2009), a tapasztalható hasonlóságok alapján megállapíthatjuk, hogy nagy valószínűséggel a balatonöszödi telepen is a Vörs, Máriaasszony-szigeti rézkori fazekasok által használt nyersanyaghoz hasonló összetételű, helyi (lelőhely-közeli) nyersanyagot használtak.

Ásványtani vizsgálatok

A balatonöszödi lelőhelyen alkalmazott kerámiaégetési technika rekonstrukciójához kerámiák égetési selejtek, nyersanyag maradékok, valamint egy öntőtégely fázisösszetételének (ásványos összetételének) röntgen-pordiffrakciós vizsgálatát végeztük el. A fázisösszetétel (átalakulatlan- és az égetés során kialakuló új fázisok) meghatározása alapján behatárolható az égetési hőmérséklet. A vizsgálatok továbbá

bizonyítékokat adhatnak a kerámiák származási helyével kapcsolatban is, azaz, hogy helyi gyártásról beszélhetünk-e.

Nem készült röntgen–pordiffrakciós felvétel minden kiválasztott, mikroszkóposan vizsgált mintáról (ld. AM 2010/1 1. melléklet), mivel a sorozat elején már kiderült, hogy a fázisösszetétel a kiválasztott minták esetében nagyon hasonló. Ezért inkább más anyag típusú, illetve más kérdésfelvetéssel vizsgálható újabb mintákat választottunk további röntgen–pordiffrakcióra: a kerámiák mellett szertartási tárgy (maszk), okkerrög, festett paticskok és inkrusztációk fázisösszetételét is meghatároztuk, és egy öntőtégely bevonatát és használat közben elszennvedett hőhatását vizsgáltuk.

Vizsgálati módszer

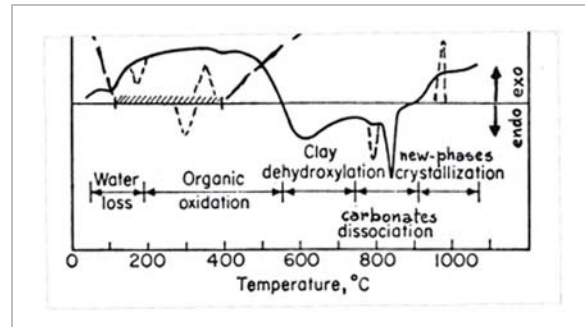
A röntgen-pordiffrakciós felvételek Philips PW 1730 típusú, Bragg-Brentano elrendezésű diffraktométeren készültek. A műszer paraméterei: Cu K α sugárzás, 45 kV feszültség, 35 mA áramerősség, 0,05°-0,01°2 θ léptetés, 1 sec időállandó, 1°-1° detektor-, illetve divergenciárés, PW-1050/25 típusú goniométer, grafit monokromátor, proporcionális detektor. A fázisösszetétel meghatározása porított mintákból történt. A kerámiák különböző színű (vörös, fekete, stb.) rétegeit különválasztottuk és külön elemeztük.

Az égetési hőmérséklet meghatározásának ásványtani alapjai

A kiégetett agyag különböző kristályos és kvázi kristályos, vagy rövidtávú rendezettségű jellemezhető, röntgen–amorf alkotókból áll, ezek minősége és mennyisége elsősorban a nyersanyag ásványi összetételétől függ, de számottevően befolyásolja az égetési hőmérséklet, az égetési időtartam, illetve a kemence atmoszférája, azaz az oxidatív/reduktív viszonyok változása, valamint a kerámiamassza készítésénél alkalmazott adalékanyagok minősége és mennyisége.

A kerámia szerkezet kialakulása három alapvető folyamatra vezethető vissza:

- Az égetés során a hőmérséklet növekedésével létrejövő fázisátalakulásokra.
- Üveges fázis keletkezésére.
- Diffúziós folyamatokra (hőn-tartás, illetve utólagos hőkezelés).

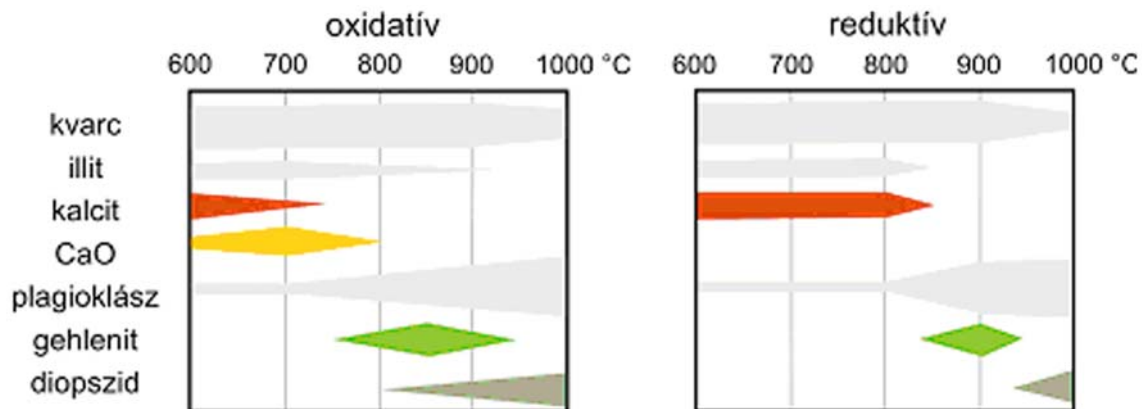


2. ábra: Márgás agyagok endoterm és exoterm átalakulásának szakaszai Veniale 1990 után

Fig. 2.: Phases of endoterm and exoterm transformation of marly clays after Veniale 1990

A **2. ábrán** nyomon követhetők az égetés során végbemenő fázis-átalakulások, illetve megfigyelhetők a jellemző hőmérsékleti szakaszok. A **2. ábra** egy termikus folyamatára: kerámia alapanyagok (márgás agyagok) endoterm és exoterm átalakulásának szakaszait mutatja be:

- 100-110 °C: az adszorpciós – fizikailag kötött víz eltávozása.
- 100-400 °C: a nyersanyagban esetenként jelenlevő hidroxidok bomlása, vizük eltávozása, illetve a szmektitiek (leggyakoribb a montmorillonit) rétegeközi vizének eltávozása, szerves anyag krakkolódása. A szmektitiek szerkezeti átalakulása röntgen-diffrakcióval nyomon követhető: a 14-15Å-ös (001) bázisreflexió kollapszust szenved, 10 Å-re csökken.
- 500-650 °C: agyagásványok szerkezeti vizének elvesztése, agyagásvány struktúrák szétesése, dolomit csaknem teljes elbomlása, kalcit bomlásának kezdete. Ennek a szakasznak a röntgen diffrakciós képe ugyancsak jellegzetes. Kloritos agyag esetében 650 °C-ig a klorit 7Å-ös (002) reflexiója lecsökken, illetve eltűnik, míg a 14 Å-ös (001) bázisreflexió intenzitása megnövekszik. A folyamat diagnosztikáját befolyásolhatja a rehidrált szmektit fázis megjelenése! A kaolinit (001) bázisreflexiója 550-600°C körüli hőmérsékleten – a b-tengely szerinti rendezetlenség mértékének függvényében – ugyancsak megszűnik.
- 700-900 °C: karbonátok teljes elbomlása, fázisátalakulások, új szilikát fázisok kikristályosodása, oxidok képződése, megkezdődik a gehlenit, diopszid, wollasztonit fázisok kialakulása. A keletkezett oxidok diagnosztikai jelentőségük az oxidatív/reduktív környezet meghatározásában, így a hőmérséklet-bebecslés pontosításában.



3. ábra: Márgás agyagból (illites) oxidatív és redukív égetés során keletkező fázisok (Letsch-Noll 1983 után)

Fig. 3.: Phases formed of marly (illitic) clay by oxidative and reductive firing (after Letsch-Noll 1983)

1. táblázat.: Kerámiatöredékek fázisösszetétele és égetési hőmérséklete

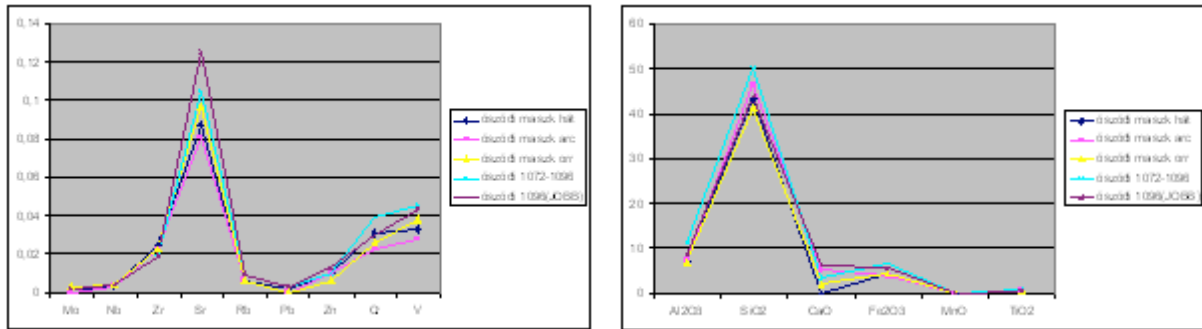
Table 1.: Phase composition and firing temperature of pottery fragments

MINTA	FILE NR.	FÁZISÖSSZETÉTEL	ÉGETÉSI HŐMÉRSÉKLET
4. sz. minta B-2614. Boleráz, finomkerámia	32837	kvarc>>K-földpát, plagioklász>gehlenit, hematit, kalcit, „amorf”	850-900 °C
5. sz. minta R-925 fekete réteg Baden, finomkerámia	32840	kvarc>> plagioklász > K-földpát, >gehlenit>10Å-filloszilikát, kalcit, dolomit, „amorf”	850-900 °C
5. sz. minta R-925 vörös réteg	32841	kvarc>>K-földpát, plagioklász >gehlenit, diopszid, kalcit, 10Å-filloszilikát, „amorf”	850-900 °C
24. sz. minta B-2237 fekete réteg Boleráz/Baden, finom/házikerámia.	32881	kvarc>> plagioklász > 10Å-filloszilikát >K-földpát, „amorf”	850 °C
24. sz. minta B-2237 vörös réteg	32882	kvarc>> plagioklász > K-földpát >10Å-filloszilikát, „amorf”	850 °C
21. sz. minta B-1334 fekete réteg Baden, finomkerámia	32883	kvarc>> plagioklász > K-földpát >10Å-filloszilikát>kalcit, maghemit, gehlenit (ny), „amorf”	850 °C
19. sz. minta B-2428 vörös réteg Baden, házikerámia	32884	kvarc>>K-földpát, plagioklász >10Å-filloszilikát, kalcit, dolomit, hematit, „amorf”	850 °C
19. sz. minta B-2428 fekete réteg	32885	kvarc>>K-földpát, plagioklász >10Å-filloszilikát, kalcit „amorf”	850 °C

Bonyolítja a fent vázlatosan bemutatott folyamatot a karbonátok mennyisége és szemcsemérete. Ugyanis 600 °C-ig a dolomit rendszerint elbomlik, részben a kalcit is, de ha sok karbonát van jelen a rendszerben, az az átalakulási hőmérsékleteket leszállítja, gyors felfűtés esetében pedig bezáródó szemcsék alakulhatnak ki, amik megmaradnak, ha nem kellő idejű a hőtartás, azaz nem alakul ki diffúzió-kontrollált átalakulás. Így lehetséges, hogy kalcit és gehlenit együtt is kimutathatók, pedig a kalcit bomlásának be kellene fejeződnie (850-900 °C), amikor a gehlenit-képződés elkezdődik. Ugyanez igaz a diopszid, wollastonit képződésére is. Ebből következik, hogy kicsit más arányok

alakulnak ki a peremen, mint a kerámiatestben az oxidációs, illetve redukciós zónában. A redukciós zóna kialakulása szinte mindig gyors felfűtést és nem túl hosszú égetési időt jelent. Változhat a fázisösszetétel a használat során is, mert az utólagos hőkezelés további fázisátalakulásokat eredményezhet, hasonló a hosszabb idejű hőtartáshoz. Ezért csak hőmérsékleti tartományokat lehet megadni.

900 °C fölött részleges olvadás: nagy alkália-tartalom esetén már 1000 °C-nál kisebb hőmérsékletnél is krisztobalit, mullit képződése kezdődik meg.



4. ábra: A 1072-1096 kettős beásásból származó kerámia töredékek és az álarctöredék (maszk) kémiai összetétele

Fig. 4.: Chemical composition of pottery fragments from the double pit 1072-1096 and chemical composition of the mask fragment

2. táblázat: Égetési selejtek, maradékok fázisösszetétele, és égetési hőmérséklete

Table 2.: Firing temperature and phase composition of burning residuals

MINTA	FILE NR.	FÁZISÖSSZETÉTEL	ÉGETÉSI HŐMÉRSÉKLET
35. sz. minta B-2425 vörös, puha réteg	32897	kvarc>>plagioklász >K-földpát, > kalcit, dolomit, hematit, maghemit, spinell, 10Å-fillozilikát(ny) „amorf”	1050 °C
35. sz. minta B-2425 szürke réteg	32898	kvarc>> > K-földpát >plagioklász > dolomit >kalcit, hematit, maghemit, spinell,„amorf”	1050 °C
36. sz. minta R-925 átlag	32899	kvarc>>K-földpát.> plagioklász > kalcit, dolomit diopszid, hematit, maghemit, spinell, „amorf (kevés)”	1050 °C
54. sz. minta B-1843	32900	plagioklász >K-földpát > diopszid >kvarc	1050 °C

3. táblázat: Öntőtégely fázisösszetétele és égetési hőmérséklete

Table 3.: Firing temperature and phase composition of casting mould

ÖNTÖTÉGELY	FILE NR.	FÁZISÖSSZETÉTEL	ÉGETÉSI HŐMÉRSÉKLET
55. sz. minta B-2391 külső sárga réteg: bevonat	32903	kvarc >> kalcit > gehlenit, diopszid , kalcit, dolomit (ny), 10Å-fillozilikát, plagioklász , K-földpát(ny)	950 - 1000 °C
55. sz. minta B-2391 belső fekete réteg	32904	kvarc > plagioklász > K-földpát > diopszid > gehlenit > kalcit, dolomit, maghemit	950 - 1000 °C

Az égetési környezet atmoszférája (oxidatív/reduktív) a fázisátalakulások hőmérsékletét alapvetően befolyásolja.

A **3. ábra** szemléletesen mutatja az égetési hőmérséklet: az ezzel együtt kialakuló fázisátalakulások különbségeit oxidatív és reduktív körülmények között:

Eredmények

A vizsgált kerámiák (**1. táblázat**) közül hármát (19, 21. és 24. minták) fázisösszetételük (kvarc, földpátok, 10Å rétegszilikát , karbonát) alapján 850 °C alatti maximális hőmérsékleten égettek. Két finomkerámia (4-5. minta) valamivel magasabb maximális égetési hőmérsékletnek, 850-900 °C-nak lehetett kitéve a Ca-(Mg)-szilikát ásványok – gehlenit, diopszid – jelenléte alapján. Az égetési hőmérséklet a minták különböző színű (fekete,

vörös) részében hasonló, a színbeli különbség oxidatív, illetve reduktív atmoszférára vezethető vissza. A kerámia töredékek diffraktogramjaiban rendre megjelenik az amorf fázisra utaló diffúz reflexió, ez azonban nem az üvegfázis kialakulását, hanem a lebomlott, de szilárd fázisú reakciókban el nem reagált komponensekből kialakult rövid távú rendezettséggel jellemezhető töredékeket, az agyagásványok maradványait jelzi.

Az égetési selejtek, maradékok (35, 36, és 54. minták) hasonló fázisokból állnak (**2. táblázat**, főleg kvarc, földpátok és karbonátok), alapanyaguk márgás agyag, viszonylag nagy karbonát-tartalommal. A hosszabb idejű, vagy többszöri hőhatás, illetve a felfűtési sebesség különbségei eredményezték a fázisok arányainak eltérését, valamint a spinell fázis megjelenését. A krisztobalit fázis hiánya a mintákban arra utal, hogy a maximális hőmérséklet nem érte el az 1050 °C-ot.

4. táblázat: Festékanyagok, inkrusztációk, festett paticsok fázisösszetétele, és égetési hőmérséklete**Table 4.:** Firing temperature and phase composition of pigments, incrustation and painted daub

MINTA	FILE NR.	FÁZISÖSSZETÉTEL	ÉGETÉSI HŐMÉRSÉKLET
37. sz. minta B-2363 okkerrög	32896	dolomit > hematit > maghemit > kvarc > 10Å-filloszilikát > klorit, plagioklász (ny)	-
INKRUSZTÁCIÓ			
31. sz. minta R-925	33101	kalcit > dolomit > kvarc > plagioklász > 10Å-filloszilikát > klorit > Mg(SO ₃)H ₂ O > hematit	-
28. sz. minta R-925	33102	kvarc > kalcit, dolomit > 10Å-filloszilikát, klorit, amfibol	-
32. sz. minta R-925	33103	kvarc >>> plagioklász > 10Å-filloszilikát > klorit > hidroxilapatit (rendezetlen!)	-
PATICSOK			
B-1439 alaptest	32901	kvarc >>> plagioklász, diopszid > K-földpát >> kalcit (nyom)	850-900 °C
B-1439 festés	32902	kvarc > diopszid > plagioklász > K-földpát > gehlenit > kalcit, leucit (analcim?)	850-900 °C
B-1439 alaptest	32925	kvarc >> diopszid > plagioklász > K-földpát > gehlenit (ny) korund??	850-900 °C
B-1439 festés	32926	kvarc > diopszid > plagioklász > K-földpát > gehlenit, kalcit	850-900 °C
B-1439 alaptest	32927	kvarc >>> K-földpát > plagioklász, diopszid, gehlenit > leucit (analcim?) > kalcit, hematit (ny)	850-900 °C
B-1439 festés	32928	kvarc > diopszid > gehlenit > plagioklász > K-földpát > leucit (analcim?)	850-900 °C

5. táblázat: A 1072–1096. gödörből előkerült különleges/szertartási lelet (maszk), a gödörben feltárt kerámialeletek, valamint a gödör környezetéből származó talaj fázisösszetétele, és a kerámialeletek égetési hőmérséklete

Table 5.: Firing temperature and phase composition of the mask fragment from Pit nr. 1072–1096. and comparative samples of pottery and soil from the same pit

MINTA	FILE NR.	FÁZISÖSSZETÉTEL	ÉGETÉSI HŐMÉRSÉKLET
MASZK			
Orrából, fekete réteg	35195	kvarc >> plagioklász > K-földpát > 10Å-filloszilikát > gehlenit > klorit (001)	650-750 °C
Arc jobb oldalából, vörös réteg	35196	kvarc >> plagioklász > K-földpát > kalcit, dolomit (ny), gehlenit > klorit (001) + szemkitt	650-750 °C
Hátuljáról, szennyezett	35197	kvarc > kalcit > plagioklász > K-földpát > 10Å-filloszilikát > klorit > dolomit	650-750 °C
Hátuljáról, orra magasságából	36217	kvarc > K-földpát > plagioklász > 10Å-filloszilikát > kalcit > klorit (001) + szemkitt	650-750 °C
KERÁMIA			
B-1072 belső oldal	36218	kvarc >>> 10Å-filloszilikát > K-földpát > plagioklász > kalcit, dolomit, „amorf”	650-750 °C
B-1072 külső oldal	36219	kvarc >>> K-földpát > plagioklász > 10Å-filloszilikát > klorit (001) + szemkitt	650-750 °C
B-1096 belső oldal	36221	kvarc >>> 10Å-filloszilikát > K-földpát > plagioklász > kalcit, dolomit, „amorf”	650-750 °C
TALAJMINTÁK			
35-50 cm	36062	kvarc >, plagioklász > K-földpát > 10Å-filloszilikát > klorit	-
80-90 cm	36077	kvarc > kalcit > dolomit > plagioklász > K-földpát > klorit > 10Å-filloszilikát	-

A 2391. gödörben előkerült edény formája alapján feltételezett öntőtégely. A vizsgálat alapján (**3. táblázat**) a tégely belsejét a benne hevített anyag megolvadásakor magas hőmérséklet érthette, mégpedig oxigéntől elzártan (ld. a belső szivacsos fekete testet, a redukívabb viszonyok között kialakult maghemit fázist). Ez azonban csak rövid idejű hőhatás lehetett, ami a bezáródott (szilárd

fázisú átalakulás reakciótermékeivel körbevett) kalcit- és dolomit-szemcsék megmaradását eredményezte, ugyanis a rövid hőtartási idő nem volt elegendő a diffúzió kontrollált átalakulásra, azaz a kalcit és dolomit fázisok teljes lebomlására. A krisztobalit fázis hiánya arra utal, hogy a hősokk nem érte el az 1050 °C-ot. Amennyiben fémet olvasztottak a tégelyben, számításba vehető a réz

(olvadási hőmérséklete 1110 °C), bár erre utaló maradványokat nem sikerült kimutatási határ fölött azonosítanunk. A fentieket megerősíti az öntőtégely külső és belső része fázis-összetételbeli különbsége

A 61. számú emberi temetkezési hely mellett feltárt okkerrög fő összetevői **(4. táblázat)** a dolomit, a vas-oxid fázisok (hematit, maghemit) és a kvarc. Összetétele megegyezik a Dél-Balaton régiójában ismert természetes okker-előfordulások összetételével.

A festékanyag a paticsokon és két inkrusztációban karbonátos, a paticsok felületén a kimutatott fázisokban tapasztalt eltérés a hősokk következménye **(4. táblázat)**. Az okkerrel való festésnek a paticsokon nem mutatható ki nyoma. A paticsokban kimutatott Ca-(Mg)-szilikát ásványok (gehlenit, diopszid) 850-900 °C hőhatást jeleznek.

A 32. mintában az inkrusztáció apatitot is tartalmaz, ami csontörlemény adagolására utal **(4. táblázat)**. A hidroxilapatit fázis rendezettsége alapján megállapítható, hogy a csontörleményt nem hőkezelték, ami azt jelzi, hogy nagy valószínűséggel a kerámiák kiégetése után vitték be a díszítmény vájataiba a kitöltő anyagot. Hasonló a helyzet a karbonátos kitöltés esetében is, ugyanis a kerámia test és az inkrusztáció között csak fizikai kapcsolatot figyeltünk meg.

A 1072-1096. kettős beásásban feltárt kerámialeletek és az álarctörredék hasonló ásványos összetételű **(5. táblázat)**. Jellemző a klorit (001) bázisreflexiójának megléte, illetve a kalcit, dolomit fázisok részleges lebomlása. Kiégetési hőmérsékletük (650-750 °C), valamivel alacsonyabb az átlagos kerámiaégetésnél megállapítottnál **(1. táblázat)**.

A potenciális nyersanyaglelőhelyek fázisösszetételének megállapítása végett mintát vettünk az ásatási környezet azon képződményeiből, amelyek számításba vehetők, mint kerámia alapanyag. A fázisösszetétel alapján a kétféle mélységből vett fűrt minták közül a mélyebb rétegből kiemelt minta **(5. táblázat)** gyakorlatilag alkalmas kerámia készítésére. Az illites, kloritos, kalcitos dolomitos alapanyag alacsony hőmérsékletű, gyors felfűtésű égetés során kialakuló szerkezetét és fázisait azonosítottuk az álarcban és a 1072-1096 számú mintákban.

A kémiai összetétel elemzések is igazolják a hasonlóságot, illetve azonosságot (az eltérések belül vannak a geológiai változékonyságon), amit a relatíve kis CaO különbséggel arányos Sr-változás (a karbonát szerkezetbe beépülő Sr) is alátámaszt **(4. ábra)**.

A vizsgált kerámiák **(1. táblázat)** közül három (19, 21, 24. minták) fázisösszetételük (kvarc, földpátok, 10Å rétegszilikát ± karbonát) alapján 850 °C alatti maximális hőmérsékleten égett. Két finomkerámia

(4. és 5. minta) valamivel magasabb maximális égetési hőmérsékletnek, 850-900 °C-nak lehetett kitéve a Ca-(Mg)-szilikát ásványok - gehlenit, diopszid - jelenléte alapján. Az égetési hőmérséklet a minták különböző színű (fekete, vörös) részében hasonló.

Az égetési selejtek, maradékok (35, 36, 54. minták) hasonló fázisokból állnak (ld. **2. táblázat**: főleg kvarc, földpátok és karbonátok), alapanyaguk márgás agyag lehetett, viszonylag nagy karbonát-tartalommal. A hosszabb idejű, vagy többszöri hőhatás, illetve a felfűtési sebesség különbségei eredményezték a fázisok arányainak eltérését, valamint a spinell megjelenését. A kristobalit fázis hiánya a mintákban arra utal, hogy a kapott hő-sokk nem érte el az 1050 °C-ot.

A 2391. gödörben előkerült edény formája alapján öntőtégely. A vizsgálat alapján **(3. táblázat)** a tégely belsejét védő meszes bevonatot a hevített/folyékony állapotba került réz (olvadási hőmérséklete 1110 °C) által okozott magas hőmérséklet érte (ld. a belső szivacsos fekete testet). Ez azonban csak rövid idejű hőhatás lehetett, ami a bezáródott (szilárd fázisú reakciótermékekkel körbevett) kalcit- és dolomitszemcsék megmaradását lehetővé tette. A kristobalit fázis hiánya arra utal, hogy a hő-sokk nem érte el az 1050 °C-ot.

A 61. számú emberi temetkezés mellett feltárt okkerrög fő összetevői **(4. táblázat)** a dolomit, a vas-oxid fázisok (hematit, maghemit) és a kvarc. Összetétele megegyezik a Dél-Balaton régiójában ismert természetes okker-előfordulások összetételével.

A festékanyag a paticsokon és két inkrusztációban karbonátos, a paticsok felületén a kimutatott fázisokban tapasztalt eltérés a hő-sokk következménye **(4. táblázat)**. Az okkerrel való festésnek a paticsokon nem látni nyomát. A paticsokban kimutatott Ca-(Mg)-szilikát ásványok (gehlenit, diopszid) 850-900 °C hőhatást jeleznek.

A 32. mintában az inkrusztáció apatitot tartalmaz, ami csont adagolására utal **(4. táblázat)**.

A 1072-1096. kettős beásásban feltárt kerámialeletek és az álarctörredék hasonló ásványos összetételű **(5. táblázat)**. Kiégetési hőmérsékletük is hasonló (650-750 °C), de valamivel alacsonyabb az átlagos kerámiaégetésnél **(1. táblázat)**.

A vizsgált talajminták két típust képviselnek: a 80–90 cm mélységből származó talajminta nagy karbonát-tartalmú, rétegszilikátként a 10 Å-ös rétegszilikát mellett kloritot tartalmaz. A 35–50 cm mélységből származó talajminta rétegszilikátjai a fenti mintáéhoz hasonló összetételűek, de ez a minta karbonát-mentes.

Következtetések

A kerámiaedények előállítására bonyolult, soklépcsős, fejlett szakmai ismereteket, tapasztalatot igénylő feladat. Az edények minőségét és használhatóságát alapvetően befolyásolja az alapanyag megválasztása, az égetés módja, nevezetesen az, hogy szabályozható-e a felfűtés-, hőtartás-, lehűtés sebessége, valamint a hőmérséklet tartása, illetve az égetési folyamatban az oxigén adagolása.

A háztartási kerámiák legtöbbször lángálló tulajdonságúak kell, hogy legyenek, azaz a hőmérséklet gyors változásait – nyílt tűzön való főzés, fémolvasztás, öntőformák, stb. – a használat során sokszorosan el kell viselniük nagyobb károsodás nélkül. Ennek megvalósításához olyan cserépre van szükség, amelynek a hőtágulása kis mértékű. Ennek megvalósításához alkalmas alapanyag és égetési technológia szükséges. A lángálló kerámia készítésére a lelet-együttes környezetében alkalmas nyersanyag nem található. A megfelelő nyersanyaggal szemben támasztott követelmény, hogy a kiégetett termék lehetőleg durva szövetű legyen (mert az ilyen szövetszerkezet csökkenti a gyors hőmérsékletváltozások során keletkező repedések terjedését), lehetőleg ne tartalmazzon durva szemcsés kvarcot (ugyanis minden felfűtésnél és lehűlésnél a kvarc 500-600°C között térfogatváltozással járó módosulást-változáson megy át), valamint kedvező, ha az alapanyag olyan fázisokat tartalmaz, amelyekből az égetés során a hőállóságot növelő mullit, vagy kordierit képződik.

A lelőhely környékére jellemző üledékes kőzetek, márgás agyagok önmagukban a felsorolt feltételrendszerrel nem teljesítik. Adalékanyagok alkalmazásával kell tehát elérni a kívánt eredményt.

A vizsgált kerámiatöredékek a petrográfiai vizsgálatok szerint rendre kerámiatörmelékkel soványított anyagúak. A kerámiatörmelék adagolásával kettős eredmény érhető el: egyrészt fajlagosan csökkenti a kvarc mennyiségét a masszában, másrészt a kialakult kerámiaszövet rugalmasabbá válik. A kerámiatörmelék ilyen célú alkalmazását bizonyítja a különböző méretű, falvastagságú edényekhez eltérő mértékben történő adagolása. A vastag falú edényekhez nagyobb mennyiségben adagolták, hiszen azok felfűtéssel szembeni rugalmatlansága adalék nélkül sokkal nagyobb lett volna. A kimutatott kalcit és dolomit maradványok mérete és mennyisége arra utal, hogy az égetési hőmérséklet nem érte el az azok teljes

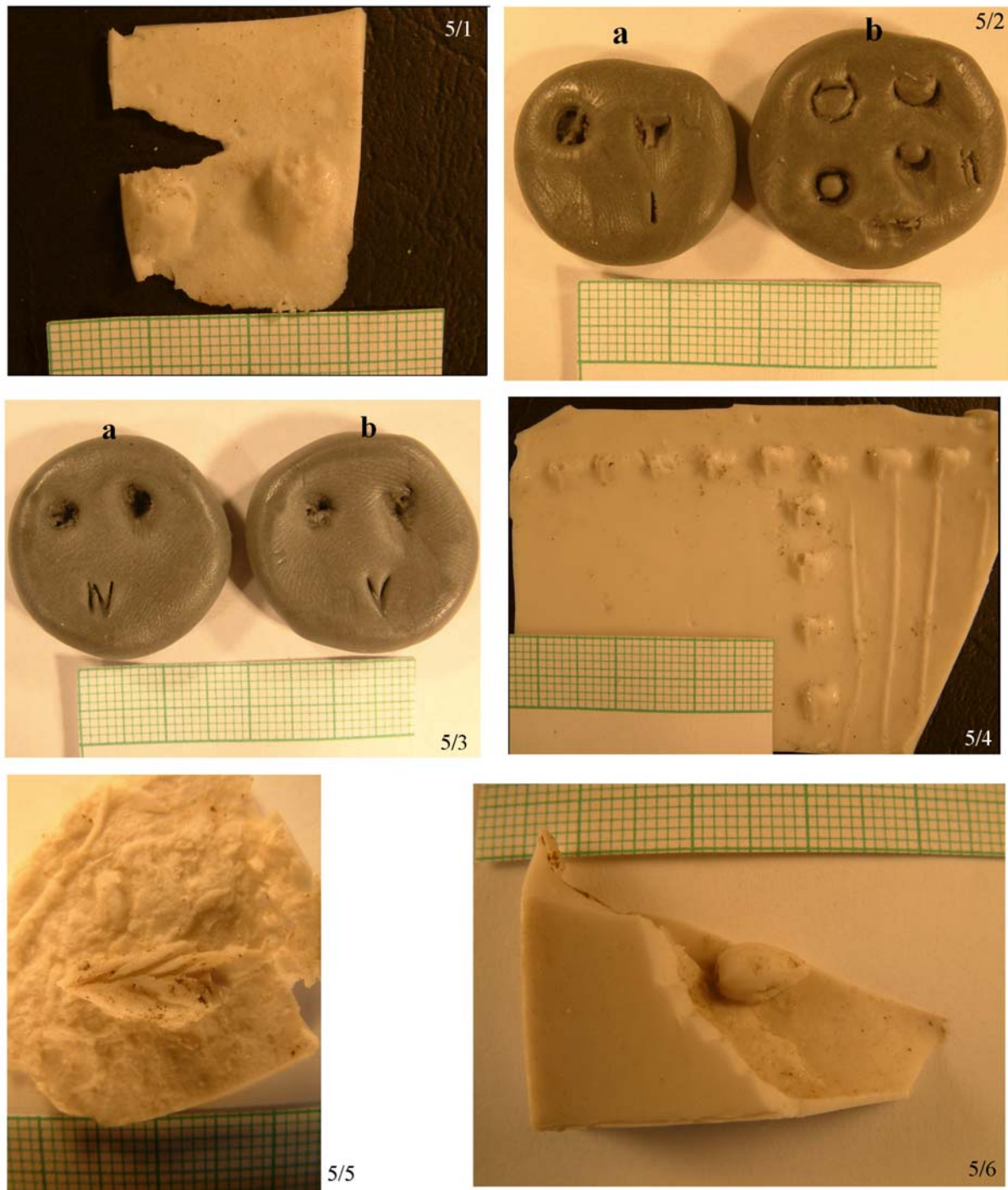
elbomlásához szükséges értéket. A megmaradt karbonátszemcsék – ezek rendre a nagyobb szemcsék – jobb porozitást biztosítottak a terméknek, ami növelte a hőszigetelő képességet. Ez csak relatíve alacsonyabb égetési hőmérséklettel biztosítható, ugyanis tartósan magas hőmérsékleten (850-900 °C) a karbonátok biztosan elbomlanának, illetve mindenképpen gyors felfűtés, rövididejű hőtartás szükséges. A fázisösszetételek alapján megállapított égetési hőmérsékletek arra engednek következtetni, hogy mind gödörégetést, mind pedig máglyaégetést is alkalmaztak.

A gödörégetésnél a tárgyak közvetlenül érintkeznek a tüzelőanyaggal – a tüzelőanyagot az edények közé, illetve rájuk halmozták, azok így közvetlenül érintkezve a tüzelőanyaggal egyenletlenül kaptak oxigént, ezért a felület redukív égetési tulajdonságú, sötétebb színű, gyakran koromfoltos lett. A nyitott gödörben a hőmérséklet nem tartható, nagy hőingadozással folyik az égetés. Az égetés szabályozatlansága miatt gyakori az alul-, illetve a túlégetés, illetve nagyszámú selejt képződik.

A máglyaégetésnél részben hasonlóak a problémák, ami a hőmérséklet szabályozhatóságát és az oxigénadagolást illeti. A máglyaégetésnél elérhető legmagasabb hőmérséklet viszonylag alacsony, körülbelül 600-800°C.

A kerámiák és égetési maradékok fázisösszetétele hasonló, ami megerősíti a petrográfiai vizsgálatok alapján levont következtetést, miszerint a kerámiák többsége nagy valószínűséggel helyben, helyi (lelőhely-közeli) nyersanyag felhasználásával készült. A nyersanyag gyakorlatilag korlátlan mennyiségben állt rendelkezésre a települések közelében, így feltételezhetően hosszú ideig ugyanazt használták, több korszakon keresztül, csak a funkció függvényében változtattak adalékokkal és égetési módokkal az alapvető tulajdonságain.

Az álc és a vele együtt talált háztartási kerámiák hasonlósága alapján levonható az a következtetés, hogy a kultikus tárgyak, kerámiák és a közönséges, vagy háztartási kerámiák előállításánál azonos technológiát követtek, hasonló alapanyagból, hasonló módon égették őket, az előbbieken felsorolt célirányos változtatásokkal: kiégetési hőmérsékletük valószínűleg alacsonyabb volt. A fémöntéshez szükséges pirotechnológia csúcsát 1050 Celsius fokban érte el. Az inkusztációk receptjei nem egységesek: egyaránt előfordulnak karbonát alapú (kalcit-tartalmú) és csontalapú (hidroxilapatit-tartalmú) inkusztációk.



5. ábra: Kerámiadisztések növénylenyomatokkal

5/1.: 1R925b kerámiadisztés szilikongumi pozitívja.; 5/2.: Gyékény és nád szárának gyurmába nyomott mintája.; 5/3.: Tölgy és fűz vesszőjének gyurmába nyomott mintája.; 5/4.: 15.1.B-1614 kerámia disztésének szilikongumi pozitívja.; 5/5.: Alakor (*Triticum monococcum*) kalászának szilikongumi pozitívja.; 5/6.: Kétfibés galagonya (*Crataegus laevigata*) magjának szilikongumi pozitívja.

Fig. 5.: Plant imprints on pottery

Archeobotanikai vizsgálat

Balatonöszöd lelőhelyről 20 darab kerámiatöredéket vizsgáltam meg archeobotanikai szempontból a rajtuk levő díszítés miatt, mivel feltételezhető volt, hogy a díszítéseket növényi részek segítségével készítették.

A minták leírása

BÖK-1: a peremtöredék alsó részén, két sorban található a bebökődés nyomai. A kör alakú bebökődések egymástól 4–5 mm-re vannak, és kb. 4 mm átmérőjű vesszőtől származnak. A felületre 80–90°-ban, jobbról és kissé felülről nyomták bele a vesszőt, amelynek hegye kissé kúpos volt. Lehet, hogy a vessző végét megfaragták. A lenyomat maximális mélysége 3 mm, a kéreg falán nem látszik semmilyen jellegzetesség.

BÖK-2: a bebökődés nyomai két sorban helyezkednek el, a két sor közti távolság 10 mm, a nyomok közti távolság 6–8 mm. A kb. 5 mm átmérőjű vesszőt a kerámia felületére közel merőlegesen nyomták bele. A vessző kérge jobban benyomódik, mint a bele, a benyomódás nagyon sekély (1 mm).

BÖK-3: a bebökődések mintája egy vízszintes vonalat és alatta egy fordított V betűt formáz. A nyomatok közti távolság 4–5 mm. A kb. 4 mm átmérőjű vesszőt a felületre 30–40°-ban, alulról nyomták bele. A maximális mélység 5 mm. A kéreg jobban benyomódik, mint a bél. A kéreg vastagsága 1,5 mm, felületén hosszanti árkok találhatóak.

15.1B-1461: a töredéken egy nyomat van, amely egy mélyebb és közvetlen mellette egy sekélyebb, kisebb átmérőjű bebökésből származik. A 6 mm átmérőjű vesszőt a felületre merőlegesen nyomták rá, a mélyebb negatív maximális mélysége 3 mm, a sekélyebb negatív mélysége 1 mm, ekkor csak a vessző hegyét nyomták az agyagba. A bél jobban benyomódik, mint a kéreg. A kéregnyom felületén hosszanti árkok találhatóak.

15.1B-1614: a bebökődések egy vízszintes és egy függőleges sorba rendeződnek és az így kialakult bal oldali mezőben függőleges vonalkázások is vannak. A 4 mm széles, lapos növényi szárat alulról, a felületre 20–30°-ban nyomták bele, a maximális mélység 2 mm, a nyomok közti távolság 1–5 mm. A vessző kérgén hosszanti árkok figyelhetők meg.

15.1R-925a: az oldaltöredéken induló fül nyoma van, amelyet két oldalt körbevesznek a bebökődések. A nyomok közti távolság 4–8 mm. A kb. 4 mm átmérőjű vesszőt alulról, a felületre 20–30°-ban nyomták bele, a fülkezdemény irányából. A maximális mélység 5 mm, a kéreg jobban

benyomódott, mint a bél, a benyomódás falán hosszanti árkok figyelhetők meg.

15.1R-925b: a bebökődések egy sorban találhatóak, köztük a távolság 7–8 mm. A 6 mm átmérőjű vesszőt alulról, a felületre 40°-ban nyomták bele. A nyomat maximális mélysége 8 mm. A vessző vége kidudorodik, azaz itt volt a szárcsomó (nodus), amelyen felismerhető a levélripacs és talán az egykori levélbe vezető egyik edénynyaláb vége is **(5. ábra/1)**.

15.1R-925c: a két egymáshoz illő töredéken 3 benyomódás látható, egymástól 4–5 mm-re. A kb. 5 mm átmérőjű vesszőt alulról, a felületre 30–40°-ban nyomták bele, a maximális mélység 6 mm. A kéreg jobban benyomódik, mint a bél.

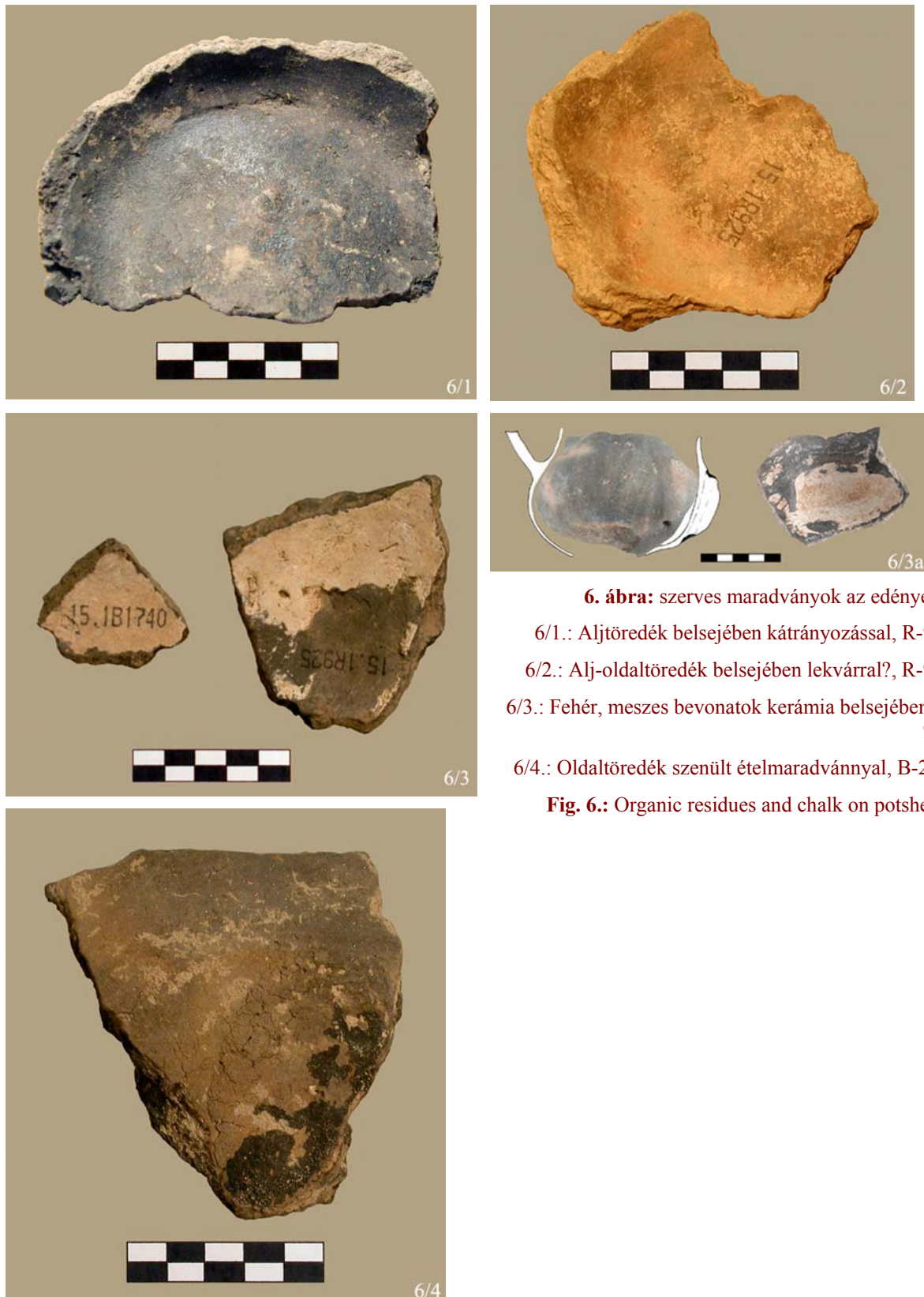
15.1R-925d: a bebökődések nyomai egy vízszintes sorba rendeződnek, a köztük levő távolság 10–11 mm. A 6 mm átmérőjű vesszőt jobb oldalról, a felületre 20–30°-ban nyomták bele, a maximális mélység 7–8 mm. A kéreg jobban benyomódik, mint a bél.

15.1R-925e: a peremtöredéken a perem alatt egy sorban vannak a bebökődések nyomai, egymástól 6–8 mm-re. A 5 mm átmérőjű vesszőt bal oldalról, a felületre 30–40°-ban nyomták bele. A vessző vége egyenetlen, a kéreg és bél egyforma mélyen, maximálisan 6 mm mélyre nyomódik bele.

15.1R-925f: a peremtöredéken a bebökődések a perem alatt két sorban vannak, a sorok közti távolság 3–5 mm, a nyomatok közti távolság 5–6 mm. A kb. 5 mm átmérőjű vesszőt alulról, a felületre 30°-ban nyomták bele, a maximális mélység 5 mm. A vessző felülete hosszirányban erősen barázdált, vége egyenetlen, a kéreg és bél egyforma mélyen nyomódott bele.

15.1R-925g: a töredéken egy sorban vannak a nyomatok, köztük a távolság 6–10 mm, mindegyikből további díszítésként egy-egy bekarcolt vonal indul kissé ferdén lefelé. A mélyedések szabálytalan alakja miatt csak feltételezhető, hogy vesszőt alkalmaztak. Az 5 mm átmérőjű vesszőt alulról, a felületre 20–30°-ban nyomták bele, a maximális mélység 6 mm.

15.1R-925h: a két egymáshoz illő töredéken két bebökődés van egy sorban, köztük a távolság 4 mm, alattuk fordított V alakban szintén növényi szártól származó vonalak húzódnak. A 7 mm átmérőjű vesszőt alulról, kissé jobbról a felületre 20°-ban nyomták bele, a maximális mélység 4 mm. A vessző vége egyenetlen, nem figyelhető meg, hogy a kéreg jobban benyomódott volna. A vonalaknál a maximális mélység 1 mm, a csatornában futó apró gerincek a vessző végének egyenlenségeit jelzik, nem a kéreg felületét, hiszen nem benyomták a vesszőt, hanem a végével húzták a vonalakat.



6. ábra: szerves maradványok az edényeken
 6/1.: Aljtöredék belsejében kátrányozással, R-925;
 6/2.: Alj-oldaltöredék belsejében lekvárral?, R-925;
 6/3.: Fehér, meszes bevonatok kerámia belsejében, R-925;
 6/4.: Oldaltöredék szenült ételmaradvánnyal, B-2693
Fig. 6.: Organic residues and chalk on potsherds.

15.1R-925i: a durva felületű kerámiatöredéken szórtan több bebökődés nyoma is található. Két egymás mellett levő nyomot körömmel vagy kagylóhéjjal karcoltak bele T-alakban. Egy nyom félkör alakú, talán egy 10 mm átmérőjű vesszőtől

származik, melyet a felületre merőlegesen nyomtak bele, a maximális mélység 2 mm. A vessző vége szabálytalan volt. Ezeken kívül két értékelhetetlen lenyomat is van.

15.1SZa: a töredék díszítéseként, a felső részen két sorban található a hozzávetőlegesen kör alakú bebökődések nyomai, a két sor közti távolság 6–8 mm, a lenyomatok közti távolság 10–13 mm. A felületre 80–90°-ban jobbról és kissé alulról nyomták bele a kb. 7 mm átmérőjű vesszőt. A kerámia anyagába mind a kéreg, mind a bél benyomódik, előbbi mélyebben, tehát a vessző puha belü, de nem üreges. A lenyomat maximális mélysége 2 mm, itt látható, hogy az elsődleges kéreg hosszanti irányban barázdált.

15.1SZb: a peremtöredéken a perem alatt egy sorban vannak a bebökődések nyomai, egymástól 9–10 mm-re. A kb. 6 mm átmérőjű vesszőt alulról, kissé balról, a felületre 60–70°-ban nyomták bele. A maximális mélység 2 mm, a kéreg jobban benyomódik, mint a bél.

15.1SZc: a durva kerámatöredék felszínén egy kalász lenyomata látszik, valószínűleg véletlenül nyomódott bele. A kerámia anyagát apró kavicsal soványították, így valószínűleg az edény felületén levő karcnyomok is az apró kavicsoktól származnak.

15.1SZd: a peremtöredék belső felületén egy mag lenyomata látszik, valószínűleg véletlenül került bele.

Annak megállapításához, hogy a kerámiákon levő díszítések milyen növényi részekről származnak, kétféle megközelítést alkalmaztam.

Első megközelítésben a könnyebb tanulmányozás érdekében a lenyomatokról pozitív öntvényeket készítettem, így az apróbb bélyegek is jól láthatóvá váltak. Erre a feladatra az Oxam S1 nevű kétkomponensű szilikongumi bizonyult alkalmasnak. A gumi rugalmas tulajdonsága miatt a negatívra való eltávolítása nem okoz maradandó deformációt, és a mélyebb, valamint a felület alá bukó negatívoknál is jól használható.

A kiöntésnél a Füzes Miklós által leírt tanácsokat követtem (Füzes 1991). A kiönteni kívánt negatívokat előbb meg kellett tisztítani az esetleg bennük maradt piszoktól, hogy az öntvényen minden apró bélyeg látszódjon. A szilikongumi hidrofób tulajdonságát kell kihasználni ahhoz, hogy végül az öntvényt könnyen le tudjuk húzni a felületről. Ezért a negatívot érdemes kiöntés előtt vízbe tenni és megvárni, míg a vizet magába szívja, az esetleges vízcseppeket pedig el kell távolítani, különben az öntvényen nyoma marad és így eltorzítja a pozitívot. A kerámia felülete nem porlik, így előzetesen nem kell konzerválni a negatív felületét.

Második megközelítésben, mintegy kísérletképpen, a díszítéseket megpróbáltam előállítani. Ehhez különféle faágakat és növényi szárazakat nyomtam bele kiégethető gyurmába. Ez a fajta gyurma azért alkalmas, mert könnyen formázható és a kiégetés

után hosszan tárolható. Ahogy az a kerámiákon megfigyelhető volt, miszerint a szárazakat vagy a felületre merőlegesen, vagy kb. 30–40°-ban nyomták bele, úgy a gyurmába is ebből a két irányból nyomtam bele az ágakat.

A fás- és lágyszárú növények közül olyan fajokat választottam, amelyek abban az időben, azon a helyen előfordulhattak (vö. a 1123. Balaton–Lasinja kút alj-töredékén látható levél-nyomatokkal, Horváth et al. 2003). Ehhez adatokat a Balatonöszödnél mélyített térképező fúrások palinológiai elemzéséből vettem, amelyet M. Faragó Mária (Miháltzné Faragó 1983) végzett el. Sajnos a mintákon radiokarbon kormeghatározást nem végeztek, csupán pollenonákat különített el a szerző. A kerámiák a badeni kultúra klasszikus fázisából valók, amely a holocén szubboreális (5000–2500 BP) szakaszára esik, azaz a cikkben közölt VIII. pollenzóna idejére.

A pollendiagramból leolvasható, hogy a területen a szubboreális idején a fás vegetációt főleg a *Fagus* (Bükk) és a *Quercus* (Tölgy) alkotta. Mellettük előfordultak *Corylus* (Mogyoró), *Betula* (Nyír), *Pinus* (Erdei fenyő), *Tilia* (Hárs), *Alnus* (Éger), *Salix* (Fűz), *Fraxinus* (Köris), *Ulmus* (Szil), *Picea* (*Picea*), *Carpinus* (Gyertyán), *Abies* (Jegenyefenyő), *Acer* (Juhar), *Juglans* (Dió) és *Ilex* (Magyal) fajok, míg a nem fás vegetáció főleg *Poaceae* (termesztett és nem termesztett fűfélék), *Cyperaceae* (Sásfélék), *Compositae* (Fészekvirágzatúak), *Chenopodiaceae* (Libatopfélék), *Hippophaë* (Homoktövis), *Plantago* (Útifű), *Potamogeton* (Békaszölő) és *Typha-Sparganium* (Gyékény–Békabuzogány) fajokból állt.

Gyurmába lenyomatokat a következő fajok százaival, vesszőivel készítettem: a fásszárúak közül választottam a tölgyet, mogyorót, nyírt, fűzet, szilt és a diót, a lágyszárúak közül gyékényt, valamint a fűfélékhez tartozó nádat.

Eredmények

Összevetve a gyurmába nyomott szárazak, vesszők lenyomatait, a szilikongumival kiöntött pozitívokat és az eredeti kerámián levő negatívokat, a következőket lehetett megállapítani (vö. a házomladékból származó paticcsok paleobotanikai vizsgálatával: Horváth et al. 2005; Horváth et al. 2007):

A kerámatöredékeket 3 csoportba osztottam. Az első legnagyobb csoportba 15 kerámia tartozik, ahol hengeres átmetszetű vesszőt nyomtak ferdén vagy merőlegesen a kerámia felületébe.

A *Poaceae* fajoknak szalmaszárúak van, azaz a szár csomókkal tagolt, hengeres, a csomóköz belül üreges. A *Phragmites* (Nád) a szalmaszár egy típusával, nádszárral rendelkezik, ami fás

szilárdítószövetű, de szintén üreges szár. A nád esetében tehát a kéreg benyomódott a gyurmába, így belül egy szabályos kör alakú domborulat keletkezett (5. ábra/2), ilyen azonban a kerámiákon nem volt tapasztalható. Tehát azok a vesszők, szárazak, amiket a díszítéshez felhasználtak, mindenképpen béllal rendelkeztek, mégpedig puha béllal, mivel az általában kevésbé nyomódott bele az agyagba, mint a kéreg. Valamint egyik kerámián levő lenyomat formája sem szabályos kerek, mint az a hengeres szárral rendelkező nádnál volt. Így az első csoportba tartozó kerámiák esetében a *Poaceae* fajokat kizárhatjuk.

A *Cyperaceae* fajok palkaszárral rendelkeznek, ami az alsó részén törpe szártagú, felül pedig erősen megnyúlt szártagú. Keresztmetszete kör vagy háromszög alakú. A lenyomatok egyike sem háromszög metszetű szártól származik.

A többi faj esetében, mind a légyszárúak hajtásai, mind a fásszárúak vesszői kör-átmetszetűek és bélszövetűk van.

Megfigyelhető volt az is, hogy ha a ferdén benyomott vessző vagy szár falán hosszanti bordázat volt, akkor ennek nyoma megjelenik a negatívon is. Tehát ha a lenyomat falán hosszanti árkok voltak, akkor az a szár kéreglenyomata, nem pedig a törött szár végének egyenetlenségeiből adódó karcolás. Ilyen hosszanti árkok természetesen a mélyebben vagy a felületre ferdén benyomott díszítéseknél (nem mindegyik esetben) figyelhetők meg, ami hat kerámiánál volt így (BÖK-3, 15.1B-1461, 15.1B-1614, 15.1R-925a, f, 15.1SZa). Látható ezeknél a lenyomatoknál, hogy a hosszanti árkok nem teljesen párhuzamosak és nem szabályos távolságra követik egymást. Ugyanakkor a *Typha* (Gyékény) szárának felületén finom, szabályos távolságra következő párhuzamos bordázottság van, tehát ettől a fajtól sem származnak a lenyomatok.

A fásszárúak közül a mogyoró vesszőjének felülete sima, az epidermis szakadozott. A szil, nyír, dió vesszőinek felülete gyúrt, rajta rövid árkocskák vannak, a tölgy és a fűz esetében pedig hosszan elnyúló, közel párhuzamos árkok vannak. Sajnos ezen belül nem lehet megmondani, hogy mely faj vesszejét használhatták, mivel a díszítések nem túl mélyek. Azokban az esetekben, ahol a negatívok falán hosszanti árkok láthatók, lehetséges, hogy tölgyfa- vagy fűzfavesszőtől származnak (5. ábra/3).

Azoknál a kerámiáknál, ahol a vesszőt merőlegesen és nem túl mélyen nyomták bele, ott csak annyi mondható el, hogy kör átmetszetű, bélszövetű rendelkező, nem sima felületű vesszőt használtak.

A 15 kerámia esetében tehát látható, hogy a díszítéshez valószínűleg fásszárú növények 1–2 éves vesszőit használták, amelyek kör átmetszetűek

és átmérőjük 4–10 mm volt. Egy kerámián ugyanannak a vesszőnek a végét nyomkodták bele a még puha agyagba. A bebökődések általában nem egyforma távolságra vannak, illetve nincsenek ismétlődések a távolságokban, és a nyomok különböző mélységűek (ezt tehát nem pecsétlővel készítették). A különböző kerámiákon más vesszőket használtak, mivel nincs két kerámia, amelyen a nyomok megegyeznének, ugyanakkor azonos faj vesszőjét használhatták.

A második csoportba tartozó 15.1B-1614 számú kerámiatöredéken lapos növényi részt használtak, amelynek falán hosszanti, párhuzamos bordázottság látszik (5. ábra/4). Valószínűleg valamely *Poaceae* faj üreges szalmaszárát leprésettek, és az így keletkezett lapos szárat használták a díszítésre.

A harmadik csoportba két kerámia tartozik, ahol azonban nem beszélhetünk díszítésről. A 15.1Szc számú kerámiatöredéken egy kalász lenyomata található (5. ábra/5). A kalászon a kalászkák két sorban, tömötten helyezkednek el. Valószínűleg alakortól (*Triticum monococcum* L.) származik. A badeni kultúra idején a fő termények közé tartozott az alakor, a tönke és az árpa mellett (Gyulai 2001).

A 15.1Szd számú kerámián szintén egy mag mélyen benyomódott negatívja látszik, amely szintén véletlenül kerülhetett a még puha agyagba, később az edény égetésekor azonban kiégett a szerves anyag. A kiöntött pozitív alapján a mag hossza 7 mm, egyik vége csúcsos, másik végéből lapos bordák indulnak ki, így a mag keresztmetszete tompán ötszögű (5. ábra/6). Valószínűleg kétbibés galagonya (*Crataegus laevigata* (Poir.) DC.) csonthéjas magja. Szintén a badeni kultúra idejéből, Csepel–Vízmű területéről került elő egybibés galagonya termése (Gyulai 2001). A galagonya, más fajokkal együtt az erdőszéleken alkot sűrű, tövises cserjést.

A vizsgálatok alapján megállapítható volt, hogy a badeni kultúra fazekasai a kerámiakészítés során gyakran használták a környezetükben megtalálható növényi anyagokat díszítési célra, és további növényi maradványok kerülhettek az edények anyagába tudatosan, illetve véletlenszerűen is (pl. szárítás, tárolás során).

Növényi lenyomatok és szerves maradványok vizsgálata

A leletanyag dokumentálása során néhány edénytöredéken szabad szemmel is jól látható fekete, szenült anyagot (ételmaradék?), illetve vékony, csillogó bevonatként látható mázat észleltünk, amelyeket anyagmeghatározás céljából különböző vizsgálatokkal elemeztünk.

A minták leírása

- No. 1. R-925 kultúrréteg: 8 db {3 db-ban, ragasztva} alj- oldaltöredék (**6. ábra/1**).

Mikroszkópos vizsgálat: fűféle szárának vagy levelének látható nyoma (gabonaféle?). Ezeket a szárkötegeket feltehetően a külső felületet alkotó iszap/agyag-réteghez adták. Magoknak nem volt nyoma.

Kémiai analízis: tömegspektroszkópiával vizsgáltuk az aljat bevonó fekete anyagot {MS}*. Növényi maradványnak vagy más, szerves, ételmaradványból származó anyagnak nem volt nyoma (pl. zsír, tej, méz). Valószínűleg extrém magas hőmérsékleten grafitizálódott szenült anyagról lehet szó. Ilyen körülmények között minden szerves anyag szervetlenné alakul. Ez a fekete réteg azonban biztosan nem a kerámia javítására szolgált. Bizonyára valamiféle étel lehetett, amelyet azonban sajnos már lehetetlenség azonosítani. A kerámia anyagában kis lekerékített részecskéket találtunk, amelyekkel szinte telítették a kerámia-szövetet. Ezek szerepe esetleg lehetett az, hogy megakadályozzák a folyadék átszivárgását a kerámia falán.

- No. 3. 2348. gödör: 1 db edénytöredék.

Mikroszkópos vizsgálat: nincs észlelhető növényi lenyomat rajta.

Kémiai analízis: fekete bevonat a külső felületen, vizsgálati eredménye az 1. mintához hasonló.

- No. 4. R-925 (48/8 szelvény): 2 db alj- és oldaltöredék.

Mikroszkópos és kémiai vizsgálat: az 1. mintához hasonló.

- No. 5. R-925 (46/10 szelvény): 1 db aljtöredék (**6. ábra/2**).

Mikroszkópos vizsgálat: ld. 1. minta.

Kémiai analízis: a vörös szín a belső felületen feltehetően másodlagos égés nyoma.

- No. 6. R-925 kultúrréteg: 1 db aljtöredék.

Mikroszkópos vizsgálat: szalma-töredék lenyomata és fűfélék levelével végzett fénnyezés nyoma a külső felületen.

Kémiai analízis: nincs nyoma szerves maradványnak.

- No. 8. 2372. gödör: 1 db oldaltöredék.

AB: —

Kémiai analízis: a belső részen fénnyezett "engób" vékony, ragyogó rétegben. A külső felületen másodlagos égés nyoma.

- No. 9-10-11. 1334. gödör, 1740. gödör, R-925 (46/2 szelvény): 3 db oldaltöredék (**6. ábra/3**).

Kémiai analízis: a belső felületet vékony rétegben anhidrát mésszel tapasztották be, vagy azt tárolták az edényben.

* A kémiai analízist a Masaryk Egyetem Természettudományi karán végezték, ld. alább.

Szerves maradványok vizsgálata

Szervesanyag-maradványokat egy kerámiatöredék belső felületén találtunk (R-925, 1. minta, **6. ábra/1**). A minta kloroformban oldhatatlan fekete anyagmaradványokból áll. Kis mennyisége és tulajdonságai miatt a vizsgálathoz a tömegspektrometriát választottuk (mass spectrometry with direct inlet probe, DIP – MS). Ezt a vizsgálati módszert már eredményesen alkalmazták régészeti eredetű anyagmaradványok azonosításánál (Regert-Rolando 2002).

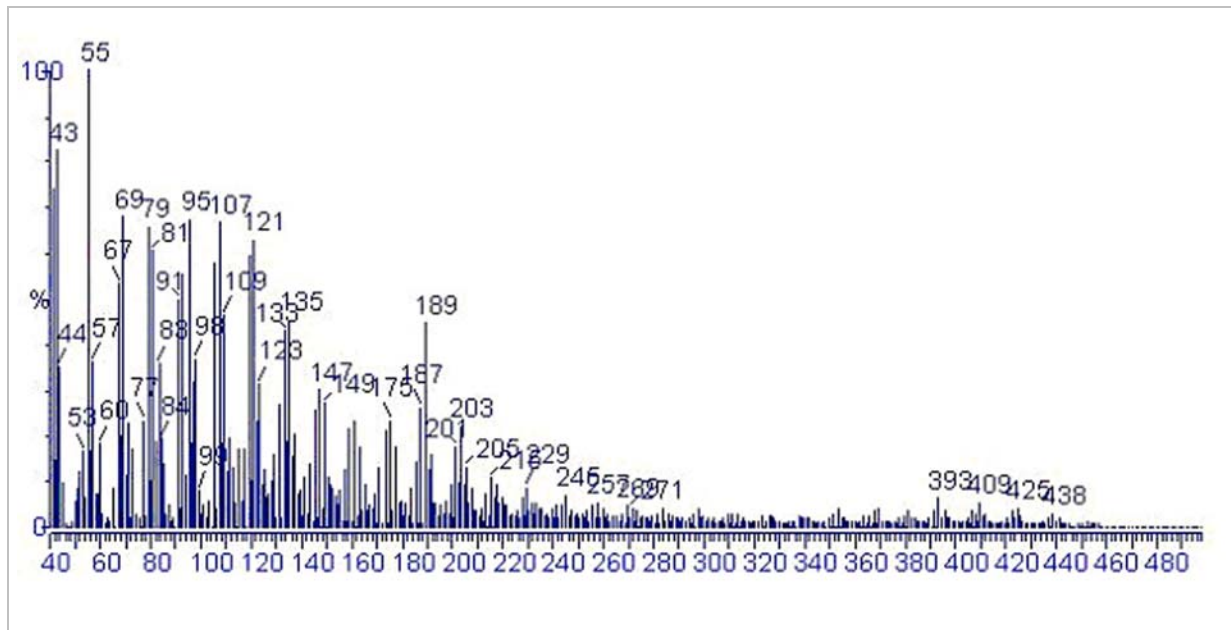
Módszer

Az elemzést Trio 1000 (Fisons Instruments) tömegspektrométeren végeztük, 70eV-os elektron-ionos besugárzással. A méréseket két hőmérsékleten végeztük: két percig 50°C-on, majd 50-től 350 °C-ig, és két percig 350 °C-ig. A tömegtartományt 4–1000 m/z mértük.

Eredmény

A kapott tömegspektrum néhány triterpentin-jellegű maradványt tartalmaz (**7. ábra**), amely legnagyobb valószínűséggel nyírfakéreg-kátrányként azonosítható (m/z 189, 203, 393, 409, 425, Regert-Rolando 2002). Viszonylagosan intenzív töredékek m/z 14 tömegkülönbséggel (pl. m/z 81 and 95; 107, 121 és 135; 147, 162 és 175) jelzik lineáris alifatikus lánc jelenlétét is, amely legnagyobb valószínűséggel zsírsavakként azonosítható. Más részről viszont nincs nyoma tipikus glicerid- vagy viasz-töredékeknek.

A minta hőmérsékleten lefokozott és polimerizált szerves anyagokat tartalmazott, amelyek fa-maradványokként, legnagyobb valószínűséggel nyírfakéreg-kátrányként azonosíthatók. Nagyon valószínű lipidek jelenléte is, de lehetetlen eldönteni, hogy a zsíros maradvány a mintában eredetileg jelen volt (a nyírfakéreg-kátrányhoz gyakran adnak zsíros anyagot), vagy a minta ezzel később szennyeződött (azt tárolták benne). A kerámiatöredék a késő rézkori badeni kultúrára való datálása egybevégt a régészek azon megfigyelésével, hogy a nyírfakéreg-kátrány a neolitikus és a bronzkori közép-európai kultúrák körében egyaránt alkalmazott adhezív anyag volt (Grünberg et al. 1999; Hayek et al. 1990).



7. ábra: Az 1. minta tömegspektruma, (R-925, Balatonöszöd–Temetői dűlő)

Fig. 7.: The mass-spectrum of Sample 1 (layer 925)

Fourier transzformációs infravörös (FTIR) spektroszkópiai vizsgálati eredmények a balatonöszödi edényeken megfigyelt ún. ételmaradványokon

Vizsgált minták

A 432. (behúzott peremű, bikónikus, füles tál, belsejében szenült szerves maradvánnyal, Balaton-Lasinja – **8. ábra/1**); 588. (behúzott peremű tál, belsejében fekete bevonattal – **8. ábra/2**); 589. (füles korsó, szalagfülen alul szenült szerves maradvány – **8. ábra/2**); 1540. (amfora oldaltörredéke, kívül szenült szerves maradvánnyal – **8. ábra/3**); 1851 (nagy méretű fazék vagy amfora aljtörredéke, belül szenült szerves maradvánnyal – **8. ábra/4**); 1907 (alj-oldaltörredék, belül fekete bevonattal – **8. ábra/5**); 2693 (alj-oldaltörredék, belsejében szenült szerves maradvánnyal – **6. ábra/4**) Boleráz/Baden gödrökből származó kerámiákról – elsődlegesen ételmaradékként azonosított - minták. A mérési eredmények reprodukálhatósága érdekében, illetve a minták esetleges inhomogenitása miatt minden edényről 2 mintavételezés történt. A párhuzamos mérések során felvett IR színeképek egy-egy edény esetében azonosnak bizonyultak.

Vizsgálati módszer

Régészeti szerves maradványok szilárd fázisú IR vizsgálata – ATR optika, illetve nagy nyomású gyémánt cella alkalmazásával - egyre elterjedtebb

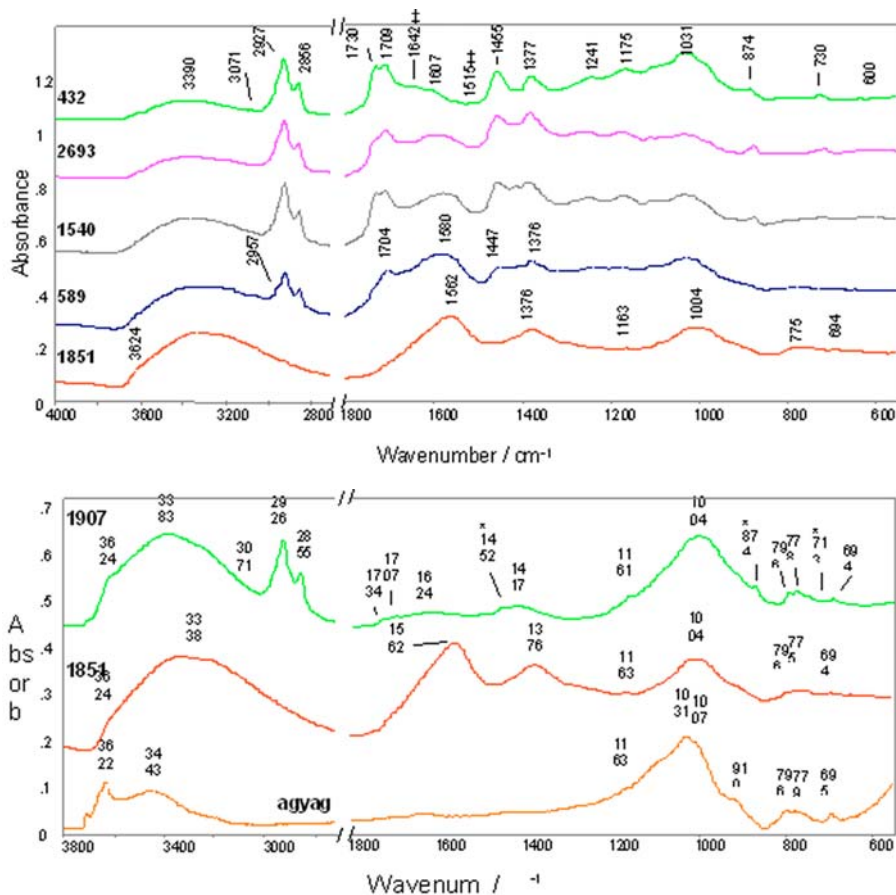
ismeretlen szerves eredetű komponensek elsődleges azonosítására (Shillito et al 2009; Oudemans et al. 2007; Guiliano et al. 2007). Így a későbbi, költség- és munkaigényesebb vizsgálatok – pl. különböző oldószerekben történő extrahálás, GC-MS, stabil izotóparány mérése - eredményesebben megtervezhetők (Spangenberg et al 2006). Az IR spektroszkópiai módszer további előnye, hogy egyidejűleg ad információt a minta szerves és szervetlen összetevőiről egyaránt.

Az infravörös színeképek felvétele ATR (Attenuated Total Reflection = csillapított totálreflexió) reflexiós módszerrel történt, MCT (higany-kadmium-tellur) detektorral ellátott Varian Scimitar 2000 Fourier Transzformációs infravörös (FTIR) spektrométer segítségével. A vizsgált hullámszám tartomány 4000-550 cm^{-1} . Az ATR mérési mód ("Golden Gate" feltét, gyémánt optikai elemmel, aktív felülete: 0,6 x 0,6 mm, egyszeres reflexió) lehetővé teszi nagyon kis mennyiségű minták (500-1000 μg) gyors, minta-előkészítés nélküli vizsgálatát. A minta és az ATR kristály közötti érintkezést egy zafírfejjel ellátott üllővel lehet elérni. A mérések reprodukálhatósága, illetve összehasonlíthatósága érdekében a minta és az ATR kristály közötti érintkezést mindig 60cN.m nyomatékmal valósítottuk meg. A spektrumokban a 2300-1900 cm^{-1} közötti hullámszám tartomány a gyémánt ATR optikai elem elnyelése miatt nem értékelhető; általában ebben a hullámszám tartományban nincsenek szignifikáns sávok, így ez a kiértékelést nem befolyásolja.



8. ábra: 8/1.: Füles fazék belsejében fekete, szenült ételmaradvánnyal a 432. Balaton-Lasinja gödörből.; 8/2.: 588-589. gödör: behúzott peremű tál belsejében szurok-bevonattal, korsó szalagfülén szerves maradvánnyal.; 8/3.: 1540. gödör, amfora oldaltöredéke fekete szerves maradvánnyal.; 8/4.: 1851. gödör, nagyméretű fazék aljtöredéke, belsejében fekete szerves anyaggal.; 8/5.: 1907. gödör, aljtöredék szerves bevonattal

Fig. 8.: Organic residues (birch bark tar) on pottery



9. ábra: a kerámiák faláról lekaptart minták jellemző ATR-FTIR színeképei.

++= fehérjék jelenlétére (pl. kazein) utaló gyenge amid sávok.

Fig. 9.: ATR-FTIR spectra of samples taken from the surface of pottery

10. ábra: a 1907. és 1851. gödrök kerámiáiról lekaptart minták ATR-FTIR színeképei, összevetve agyag referencia színekével.

*=kalcit (CaCO₃) karakterisztikus sávjai.

Fig. 10.: ATR-FTIR spectra of samples taken from the surface of pottery compared to clay reference sample

A sávintenzitásokat minden esetben korrigáltuk, így a színeképek összevethetőek transzmissziós mérési technikával készült referencia-színeképekkel.

Vizsgálati eredmények

A 1907. edényről eltávolított minta IR színeképeit a **9.** és **10. ábrán** tüntettem fel.

A 432, 2693. és 1540. gödrökben feltárt edényekről származó mintarészek IR színeképei közel azonosak. A színeképek alapján a kerámia anyagából származó agyag-szilikátok karakterisztikus sávjai (1031, 600 cm⁻¹) mellett jelentős szerves komponens azonosítható a mintákban.

Spektrumkönyvtári (IRUG 2000: IRUG Spectral Database Edition 2000, Infrared and Raman Users Group, www.irug.org/ed2k, e-VISARCH: e-Vibrational Spectroscopic Databases/e-VISART/e-VISARCH, <http://www.chu.es/udps/database/database1.html>), illetve irodalmi spektrumokkal történő összehasonlítás alapján a színeképek leginkább növényi eredetű gyanták IR színeképeire

hasonlítanak. A C-H vegyértékrezgési tartományban a 3071 cm⁻¹-nél jelentkező ν_{CH}, illetve a 2927 és 2856 cm⁻¹-nél jelentkező jellegzetes CH₂ sávok triterpén gyantához (nyírfakéreg, *Betula*) rendelhető (Colombini et al. 2005).

Az 1730-1710 cm⁻¹ közötti C=O sávok gyűrűs ketoncsoportokhoz rendelhető. A sávok helyzete és intenzitásaránya inkább telített gyűrűk jelenlétét valószínűsíti. (Régészeti mintákban esetében általában telített szénláncú szerves komponensek detektálhatók, mivel a telítetlen zsírsavak a kondenzáció- és a bomlási folyamatok következtében telített zsírsavakká alakulnak.)

A 432, 2693, 1540. és 1907. gödrök edényeiről származó mintákban a színeképekben a 1450 cm⁻¹ körüli közepes intenzitású sáv (átlapolhat az aromás gyűrűk C=C rezgéseivel), valamint a 874 és 713 cm⁻¹-nél detektálható éles sávok egyértelműen kalcit (CaCO₃) rendelhető hozzá. A kalcit 700°C-ig lehet jelen, 800 °C hőmérsékleten elbomlik. Ezeket a mintákat tehát nem melegítették 700°C fölé.

A 432. és 2693. minták esetében a spektrumban nagyon gyenge, de jól definiálható sávok detektálhatók 1642 és 1515 cm^{-1} -nél. Ezek a sávok fehérjék jellegzetes amid sávjaihoz (is) rendelhetőek. Itt meg kell viszont jegyezni, hogy ez egyértelműen az IR színeképek alapján nem igazolható. Mind a poliszaharidok, mind a fehérjék a hőkezelés, illetve az öregedés hatására dehidrolizálnak, kondenzálnak és polimerizálnak, így a különböző kémiai összetételű szerves komponensek azonos irányba mutató kémiai folyamatok miatt nagyon hasonló kémiai összetételű komponensekké alakulhatnak.

Az 589. edényről származó minta színe kis eltérést mutat a fentebb tárgyaltakhoz képest. A C-H vegyértéktartományban metil-csoportokra jellemző sávok is megjelennek, ugyanakkor a C=O ketonokra jellemző sávok relatív aránya is változott. Valószínűleg itt a kiindulási (korabeli) szerves anyagok összetétele is más lehetett. Jóval intenzívebb az 1580 cm^{-1} -nél jelentkező széles, aromás 6-tagú gyűrűkre utaló sáv. Karbonát-sávokat nem azonosítottunk a spektrumban.

Az 1851. edényről származó mintában viszont nem detektáltunk szerves komponensre utaló sávokat. Összevetve szilikát-tartalmú agyag referencia színeképpel (7. ábra), a vizsgált minta talán a kerámia anyagának valamilyen bomlásterméke lehet.

Az 1907. minta esetében kismértékben szintén azonosítottunk szerves komponensre utaló nyomokat, viszont a szervetlen fázis sávjai (a kerámia anyaga) dominálnak a színeképen. Kalcit (CaCO_3) szintén azonosítható.

Irodalom

COLOMBINI, M P., GIACHI, G., MODUGNO, F., RIBECHINI, E. (2005): Characterisation of organic residues in pottery vessels of the Roman age from Antinoe (Egypt). *Microchemical Journal* 79: 83-90.

FÜZES, M. (1991): A Dunántúl korai növénytermesztése és növényleletei. A Štarčevo kultúra és a „Tapolcai csoport”. *Bibliotheca Musei Tapolcensis* 1: 267–362.

GHERDÁN, K., (2009): *7000 év kerámiai, Vörs, Máriaasszony-sziget őskori kerámialeleteinek archeometriai összehasonlító vizsgálata területi kitekintéssel*. Doktori disszertáció, ELTE Földtudományi Doktori Iskola, Kézirat.

GIBSON, A., WOODS, A (1990): *Prehistoric pottery for the archaeologist*. Leicester University Press, 1990.

GRÜNBERG, J. M., GRAETSCH, H., BAUMER, U., KOLLER, J. (1999): Untersuchung der mittelpaläolithischen „Harzreste“ von Königsau,

Vizsgálati eredmények összefoglalása

A 432. (Balaton-Lasinja), 2693, és 1540. késő rézkori gödrökből származó edényekről származó minták fő szerves összetevőjeként elsődlegesen triterpén gyanta (nyírfakéreg) azonosítható. Szervetlen komponensként agyag-ásványok, illetve kalcit mutatható ki. Fehérje jelenléte (pl. kazein) szintén nem kizárt – az amid sávok alapján – viszont egyértelműen sajnos nem igazolható.

Az 589. és 1907. gödrök mintáinál a spektrális eltérések más, a fentiekől eltérő szerves komponensek jelenlétére utalnak. Az 589. gödör mintájánál magasabb az aromás gyűrűs relatív intenzitása, intenzívebb polikondenzáció játszódhatott le.

A 1851. gödör mintájában nem tapasztaltunk szerves komponensre utaló nyomokat. A detektált szervetlen fázis a kerámia felületén kialakult bomlástermékként azonosítható.

A 1907. gödör mintája a szerves összetevő mellett szintén tartalmazza jelentős mennyiségben a fenti bomlásterméket. Kalcit mérhető mennyiségben van jelen.

Ldkr. Aschersleben–Staßfurt. *Jahresschrift für mitteldeutsche Vorgeschichte* 81: 7–38.

GUILIANO, M., ASIA, L., ONORATINI, G., MILLE, G. (2007): Applications of diamond crystal ATR FTIR spectroscopy to the characterization of ambers. *Spectrochimica Acta A* 67: 1407–1411.

GYULAI, F. (2001): *Archaeobotanika*. Józsefvárosi Kézírókönyvek, 2001.

HAYEK, E. W. H., KRENMAYR, P., LOHNINGER, H., JORDIS, U., MOCHE, W., SAUTER, F. (1990): Identification of archaeological and recent wood tar pitches using gas chromatography/mass spectrometry and pattern recognition. *Analytical Chemistry* 62: 2038–2043.

HORVÁTH, T., JUHÁSZ, I., KÖHLER, K. (2003): Zwei Brunnen der Balaton–Lasinja Kultur von Balatonöszöd. *Antaeus* 26: 265–300.

HORVÁTH, T., HERBICH, K., GHERDÁN, K., VASÁROS, ZS. (2005): A badeni kultúra épületei Balatonöszöd-Temetői dűlő lelőhelyen. – Houses of the Baden culture at Balatonöszöd-Temetői dűlő. *Ősrégészeti levelek* 7: 91-128.

- HORVÁTH, T., HERBICH, K., VASÁROS, Zs (2007): Häuser der Badener Kultur am Fundort Balatonöszöd-Temetői dűlő. *ActaArchHung* LVIII: 43-105.
- KOVÁCS, T., SZAKMÁNY, Gy., T. BIRÓ, K., TÓTH, M. (2009): Daub: between pottery and sediment In: T. Biró, K.; Szilágyi, V; Kreiter, A.: *Vessels: inside and outside*. Proceedings of the conference EMAC'07 179-186.
- KREITER, A. (2009): A Baden kultúra kerámiáinak makroszkópos és petrográfiai vizsgálata. – Macroscopic and petrographic analysis of the pottery of the Baden culture. In: (Szerk.: Kvassay, J.) *Település- és temetőfeltárás Dunaszentgyörgy határában. – Settlement and cemetery excavations at the borders of Dunaszentgyörgy*. Kulturális Örökségvédelmi Kismonográfiák 1, Budapest, 2009, 41-59.
- LETSCH, J. & NOLL, W. (1983): Phasenbildung in einigen keramischen Teilsystemen bei 600 °C-1000 °C in Abhängigkeit von der Sauerstoffugazität. - Phase formation in several ceramic subsystems at 600 °C-1000 °C as a function of oxygen fugacity. *Ceramic Forum International - Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft*, 60 (7): 259-267.
- MIHÁLTZNÉ FARAGÓ, M. (1983): Palynológiai vizsgálatok a Balaton fenékmintáin. *MÁFI évi jelentése az 1981. évről*, 1983: 439-448.
- OUDEMANS, T. F. M., BOON, J. J., BOTTO, R. E. (2007) FTIR and solid-state ¹³C CP-MAS NMR spectroscopy of charred and non-charred solid organic residues preserved in Roman Iron age vessels from the Netherlands. *Archaeometry* 49: 571-294.
- PARSONS, T. (2005): A petrographic analysis of Early Copper Age ceramics from Vésztő 20, Körösladány 14, Vésztő-Mágor, and Örménykút 13, in Békés County, Hungary. *La Tinaja* 16: 1-2: 5-10.
- PETTIJOHN, F. J., POTTER, P. E., SIEVER, R. (1987): *Sand and Sandstone*. New York, Springer-Verlag 1987: 1-618.
- REGERT, M., ROLANDO, C. (2002): Identification of archaeological adhesives using direct inlet electron ionization mass spectrometry. *Analytical Chemistry* 74: 965-975.
- SHILLITO, L. M., MATTHEW, J.A., WICKS, K., MARSCHALL, L.-J. R., MATTHEWS, W. (2009): The use of FT-IR as a screening technique for organic residue analysis of archaeological samples. *Spectrochimica Acta A* 72: 120-125.
- SPANGENBERG, J. E., JACOMET, S., SCHIBLER, J. (2006): Chemical analyses of organic residues in archaeological pottery from Arbon Bleiche 3, Switzerland – evidence for dairying in the late Neolithic. *Journal of Archaeological Science* 33: 1-13.
- SZAKMÁNY, Gy. (1996): Petrographical Investigation in Thin Section of Some Potsherds. In: Makkay, J., Starnini, E. and Tulok, M.: *Excavations at Bicske-Galagonyás (part III). The Notenkopf and Sopot-Bicske Cultural Phases*. Societa per la Preistoria della Regione Friuli-Venezia Giulia, Quaderno 6, Trieste, 1996: 143-150.
- SZAKMÁNY, Gy. (1998): Insight into the Manufacturing Technology and the Workshops: Evidence from Petrographic Study of Ancient Ceramics. In: *Archaeometrical Research in Hungary*. Költő, L.-Bartosiewicz, L. (eds.) Budapest-Kaposvár-Veszprém, 1998: 77-83.
- SZAKMÁNY, Gy., GHERDÁN, K., STARNINI, E. (2004): Kora neolitikus kerámiakészítés Magyarországon: a Körös és a Starcevo kultúra kerámiáinak összehasonlító archeometriai vizsgálata. *Archeometriai Műhely*, 2004/1, <http://www.ace.hu/am/index.html>, 28-31.
- SZENDREI, G. (2001): *A hazai talajtípusok mikromorfológiája*. Budapest.
- TUCKER, M. (2001): *Sedimentary petrology*. Blackwell.
- VENIALE (1990): Modern techniques of analysis applied to ancient ceramics. In: Veniale, F. & Zezza, U. (eds.): *Proceedings of the Advanced Workshop "Analytical Methodologies for the Investigation of Damaged Stones"*, Pavia, Italy, 14-21 September 1990, La Goliardica Pavese, 1990: 1 - 45.
- WHITBREAD, I. K. (1986): The Characterisation of Argillaceous Inclusions in Ceramic Thin Sections. *Archaeometry* 28/1: 79-88.
- WHITBREAD, I. K. (1989): A proposal for the systematic description of thin sections towards the study of ancient ceramic technology. In: Maniatis, Y. (ed.): *Archaeometry. Proceedings of the 25th International Symposium*, 127-138.