

# ELŐTANULMÁNYOK A KERÁMIA NYERSANYAG MINTAVÉTELEZÉS STRATÉGIÁJÁNAK KIDOLGOZÁSÁHOZ A KÖZÉPSŐ NEOLITIKUS BÜKKI KULTÚRA FINOMKERÁMIÁJÁNAK ARCHEOMETRIAI VIZSGÁLATA KAPCSÁN

## PROSPECTING FOR ARCHAEOLOGICAL POTTERY PROVENANCE: EXPERIENCES ON MIDDLE NEOLITHIC BÜKK CULTURE FINEWARE FROM HUNGARY

SZILÁGYI VERONIKA<sup>1\*</sup>, SZAKMÁNY GYÖRGY<sup>2</sup>, T. BIRÓ KATALIN<sup>3</sup>, HEINRICH  
TAUBALD<sup>4</sup>, TÓTH MÁRIA<sup>5</sup>, BALÁZS RÉKA<sup>5</sup>, VIKTORIA LENO<sup>4</sup>, ZÖLDFÖLDI  
JUDIT<sup>4</sup>, CSENGERI PIROSKA<sup>6</sup>

<sup>1</sup> MTA Izotópkutató Intézet, Budapest, Konkoly-Thege út 29-33., H-1121,

<sup>2</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, FFI, Közzettan-Geokémiai Tanszék, Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c, H-1117

<sup>3</sup> Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest, Múzeum körút 14-16, H-1088

<sup>4</sup> Chair of Isotope Geochemistry, University of Tübingen, 56 Wilhelm Str., D-72074 Tübingen, Germany

<sup>5</sup> MTA Geokémiai Kutatóintézet, Budapest, Budaörsi út 45., H-1112

<sup>6</sup> Herman Ottó Múzeum, Miskolc, Görgey A. utca 28., H-3529

E-mail: [szilagyv@iki.kfki.hu](mailto:szilagyv@iki.kfki.hu)

### Abstract

*Provenance investigation of archaeological pottery means determining the sources of natural or artificial mixture of raw materials, and requires tracking the steps of a complex manufacturing process. The basic step is to sample the possible raw materials and to compare them with the pottery. It is a fundamental task to develop an effective sampling strategy for ceramic raw materials according to the conditions of the different archaeological sites.*

*This paper discusses the problems of geological fieldwork during the investigation of Middle Neolithic Bükk Culture (c. 5200-5000 B.C.) fine pottery in Hungary. Improving our knowledge on appropriate sampling strategy, this study showed two sites with similar geology and slightly different geomorphological position which gave different results. The variable influence of the local geology on the near-surface sediments may be the underlying reason. Therefore, provenance analysis of archaeological ceramics should be supported by proper petrological-mineralogical-geochemical and sedimentological databases, built on systematic sampling and investigation of local near-surface sediments. For Neolithic pottery in Hungary we are creating for this purpose the CeraMIS database as an initial set of information. Such a dataset can help to better understand the natural variability of the potential raw materials of a certain area and help to determine the local or non-local origin of pottery.*

### Kivonat

*A régészeti kerámiák nyersanyageredet (proveniencia) vizsgálata egy bonyolult készítési folyamat visszanyomozását jelenti. Ennek során mind a természetes nyersanyagok lehetséges lelőhelyeit, mind az esetleges mesterségesen létrehozott keverék anyagok alkotóit azonosítani kell. A régészeti lelőhely környezetéből gyűjtött, kerámiakészítésre alkalmas üledékek mintázása és összehasonlító vizsgálata az egyik általánosan alkalmazott módszer a proveniencia vizsgálatokban. Ehhez azonban minden egyes lelőhely esetében a megfelelően széleskörű és reprezentatív mintavételezési stratégia kidolgozása szükséges.*

*Tanulmányunk a középső neolitikus Bükk kultúra (B.C. 5200-5000) finomkerámiájának proveniencia vizsgálata során szerzett terepi mintavételi tapasztalatunkról számol be. Célunk az volt, hogy ismereteket szerezzünk a vizsgált bükki települések kerámiakészítéshez felhasznált nyersanyagairól. Két kiválasztott lelőhely példáján azt szemléltetjük, hogy a hasonló földtani, illetve alig eltérő geomorfológiai adottságok esetén ugyanaz a mintavételi módszer nem egyenlő mértékben sikeres. Ennek oka az lehet, hogy a lelőhelyek felszínközeli üledékeinek kialakulásában eltérő szerepet játszott a folyóvízi és az in situ közet-üledékképződés. Mindez rámutat arra, hogy a megalapozott proveniencia vizsgálathoz szükség van a helyi nyersanyagok természetes közet-ásványtani, geokémiai és szedimentológiai változékonyságának ismeretére. Ehhez a lehetséges nyersanyagok szisztematikusan mintavételezését és vizsgálatát, valamint az eredmények adatbázis jellegű összegzését kell elvégezni.*

*Kutatócsoportunk a hazai neolitikus kerámiák több éves vizsgálata alapján elkezdte egy ilyen adatbázis létrehozását, CeraMIS néven. Reményeink szerint a folyamatosan bővülő adatbázis a jövőben segíteni fogja a régészeti kerámiák (helyi vagy nem helyi) nyersanyageredetének meghatározását.*

KEYWORDS: KEYWORDS: PROVENANCE, NATURAL VARIABILITY, SAMPLING STRATEGY, PETROGRAPHY, GEOCHEMISTRY

KULCSSZAVAK: NYERSANYAGEREDET VIZSGÁLAT, TERMÉSZETES VÁLTOZÉKONYSÁG, MINTAVÉTELI STRATÉGIA, KÖZETTAN, GEOKÉMIA

## Bevezetés

A régészeti kerámiák nyersanyageredet vizsgálata egy bonyolult készítési folyamat visszanyomozását jelenti. Ennek során mind a természetes nyersanyagok (pl. agyag, kőzetlisztes-homokos agyag) lehetséges lelőhelyeit, mind az esetleges mesterségesen (pl. soványítással, agyakok keverésével) létrehozott keverék anyagok alkotóit azonosítani kell. A régészeti lelőhely környezetéből gyűjtött, kerámiakészítésre alkalmas üledékek mintázása és összehasonlító vizsgálata az egyik általánosan alkalmazott módszer a proveniencia vizsgálatokban. Ehhez azonban minden egyes lelőhely esetében a megfelelően széleskörű és reprezentatív mintavételezési stratégia kidolgozása szükséges. A kőzetliszt-homok szemcseméretű alkotók (nem plasztikus elegyrészek, soványító anyag) alapvető vizsgálati módszere a mikroszkópos petrográfia. A finomabb szemcseméretű alapanyag azonban műszeres ásványtani és geokémiai vizsgálatot igényel.

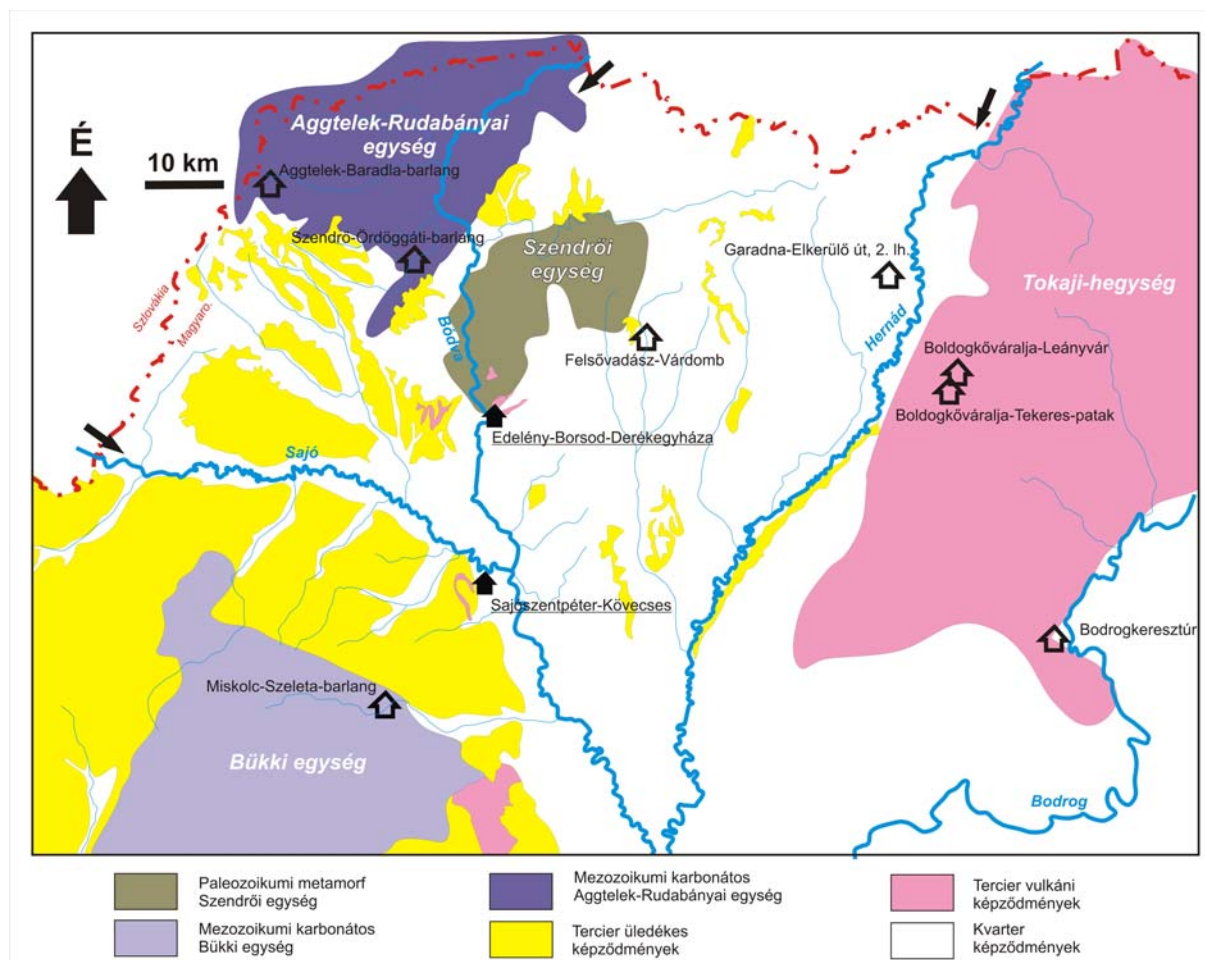
Komoly problémát jelent a régészeti kerámiák jelenlegi összetételének összehasonlítása a lehetséges nyersanyagokkal. Ennek az az oka, hogy a kerámia ásványos és kémiai összetétele nagyban módosulhat a kiinduló anyagéhoz képest az összetett kerámiakészítési folyamat (pl. nyersanyag előkészítés, soványítás, kiégetés) folyamán. Emellett az edényhasználat és az azt követő betemetődés (üledékképződés, talajosodás) eseményei is fontos változásokat idézhetnek elő az edénytestben.

A lehetséges nyersanyagok mintázása során azt is figyelembe kell venni, hogy több száz vagy ezer évvel korábban alkalmazott anyagokat keresünk. Az egyik alapvető feltétele a sikeres proveniencia vizsgálatoknak az, hogy a nyersanyagok lelőhelyen belüli természetes (ásványtani, kémiai) változékonysága kisebb legyen, mint a különböző lelőhelyek közötti változékonyság (pl. Weigand et al. 1977; Neff & Glowacki 2004; Caple 2006; Tykot 2004). Földrajzilag helyi-közei (általában ~1 km, max. 7 km) és távoli-ismeretlen (több mint 7 km) nyersanyagforrásokat különítenek el (a definíciók Arnold 2005 és 2006 emberi-állati teherhordásra korlátozódó népcsoportoknál végzett néprajzi megfigyeléseinek alapulnak). Földtani szempontból 1-7 km-es távolságon belül már jelentős változás lehetséges az üledék litológiájában és mállottságában.

A fent ismertetettekhez a hazai kutatások esetében még azt fontos hozzátenni, hogy a Kárpát-medence földtani-geomorfológiai adottságai gyakori és változatos megjelenésű, kerámiakészítésre alkalmas agyagos nyersanyag képződést tettek lehetővé. Különösen fontos tehát kidolgoznunk a megfelelően hatékony mintavételezési stratégiát a régészeti kerámiák nyersanyageredet vizsgálatához.

Tanulmányunk a középső neolit Bükki kultúra (B.C. 5200-5000; Csengeri 2010) finomkerámiájának proveniencia vizsgálata során szerzett terepi mintavételi tapasztalatunkról számol be. Finomkerámiának a finomszemcsés (<1 mm) és vékonyfalú (<6 mm), leggyakrabban bomba alakú edények díszített (bekarcolt díszű, inkusztált, polírozott) vagy díszítetlen töredékeit tekintettük. Célunk az volt, hogy ismereteket szerezzünk a vizsgált bükki települések kerámiakészítéshez felhasznált nyersanyagairól. Tapasztalatainkat a jövőbeli, széleskörű nyersanyag mintavételezési munkáknál tervezzük felhasználni. Emellett az egyes régészeti lelőhelyek esetében tervezhető mintavételezéshez szándékozunk alapismeretet adni.

A középső neolitikus Bükki kultúra finomkerámiájáról, illetve a lehetséges helyi nyersanyagokról eddig tíz régészeti lelőhely környezetéből gyűjtött ismereteinket már többször összefoglaltuk (Szilágyi et al. 2011; Taubald & T. Biró 2007, **1. ábra**). A "hegyvidéki" kultúra származtatásáról és elterjedéséről, illetve sajátos finomkerámiájáról több szerző készített összefoglalót (Kalicz & Makkay 1977; Tompa 1929; Csengeri 2010). Egy DAAD-MÖB német-magyar kétoldalú kutatóprogram keretében ezen finomkerámia archeometriai jellemzését végeztük el néhány, a kultúrterületen belüli lelőhelyen. A tíz lelőhely kiválasztása egyrészt régészeti jelentőségükön alapult, másrészt figyelembe vettük földtani és földrajzi-geomorfológiai adottságaikat is. Ennek megfelelően választottunk ki folyóvízi, hegytetői, hegyoldali és barlangi lelőhelyeket. Ezzel párhuzamosan a paleozoikumi metamorf alapkőzettől (pl. Szendrői egység), a mezozoikumi karbonátos (pl. Aggtelek-Rudabányai egység) és a terciér-kvarter vulkáni képződményeken (pl. Tokaji-hegység) keresztül a fiatal kvarter üledékekig változott a kiválasztott lelőhelyek geológiai háttere (**1. ábra**).



**1. ábra:** Északkelet-Magyarország egyszerűsített földtani térképe a tanulmányban bemutatott (teli fekete jelek) és a kutatóprogramban vizsgált (üres jelek) bükki kultúrabeli régészeti lelőhelyek elhelyezkedésével. A fekete nyilak azt jelzik, hogy a folyók ugyanazon lehordási területről, a paleozoikumi metamorf-(meta)granitoid Gömöri egységből (Szlovákia) erednek.

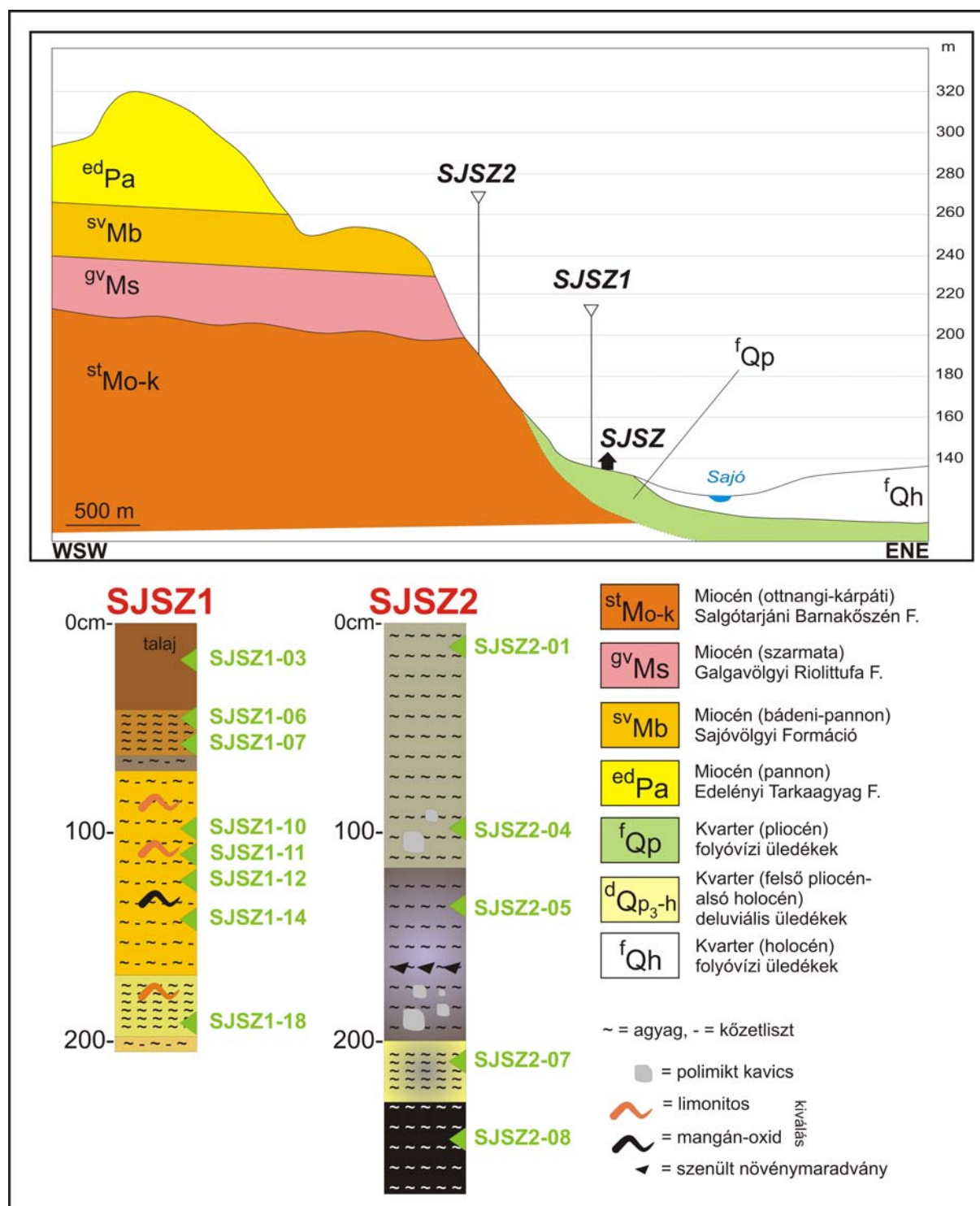
**Fig. 1.:** Simplified geological map of North-east Hungary. Source archaeological localities of Bükk culture fine pottery discussed in this paper (marked with full black signs) and involved in the research project (marked with open signs). Black arrows indicate that the rivers raise from the same background, the Palaeozoic Metamorphic-(Meta)granitoid Gömör Unit (Slovakia).

Ezzel a heterogén lelőhely összetétellel terveztük megalapozni a jól elkülöníthető kerámia-származtatást, ami a proveniencia vizsgálat fő célja.

A terepi mintavételezés és a minták vizsgálati eredményeinek szemléltetésére a tíz lelőhelyből kettőt mutatunk be példaként a jelenlegi tanulmányban (Sajószentpéter-Kövecses = SJSZ, Edelény-Borsod-Derékegyháza = EBDE). A két lelőhely sok tekintetben mutat hasonlóságot: mindkettő egy nagy folyóvölgy közvetlen közelében helyezkedik el, bár némileg eltérő topográfiai helyzetben. Mindkét lelőhely közelében található kis kiterjedésű, helyi jelentőségű vulkáni kőzetkibukkanás, ugyanakkor a felszíni-felszínközeli üledékképződést elsősorban a kanyarulat, közép szakasz jellegű folyó határozza meg.

Sajószentpéter-Kövecses a Sajó síkján fekszik (**2. ábra**). Földtani értelemben a Sajó a szlovákiai Gömöri kristályos egység paleozoikumi metamorf-granitoid képződményeinek erodált anyagát gyűjti össze. A helyi felszínközeli képződmények miocén tavi és piroklasztikus eredetűek. A felszínen kiterjedt kvarter folyóvízi üledékek találhatók (Gyalog 2005; Bérczi & Jámor 1998; Fülöp 1994).

Borsod-Derékegyháza a Bódva és a Balajti-patak összefolyásától északkeletre néhány száz méterre, egy domboldalon található (**3. ábra**). A Bódva a Sajóhoz nagyon hasonló lehordási területtel rendelkezik, amelyet szintén a Gömöri kristályos egység paleozoikumi metamorf-granitoid kőzetei jellemeznek.

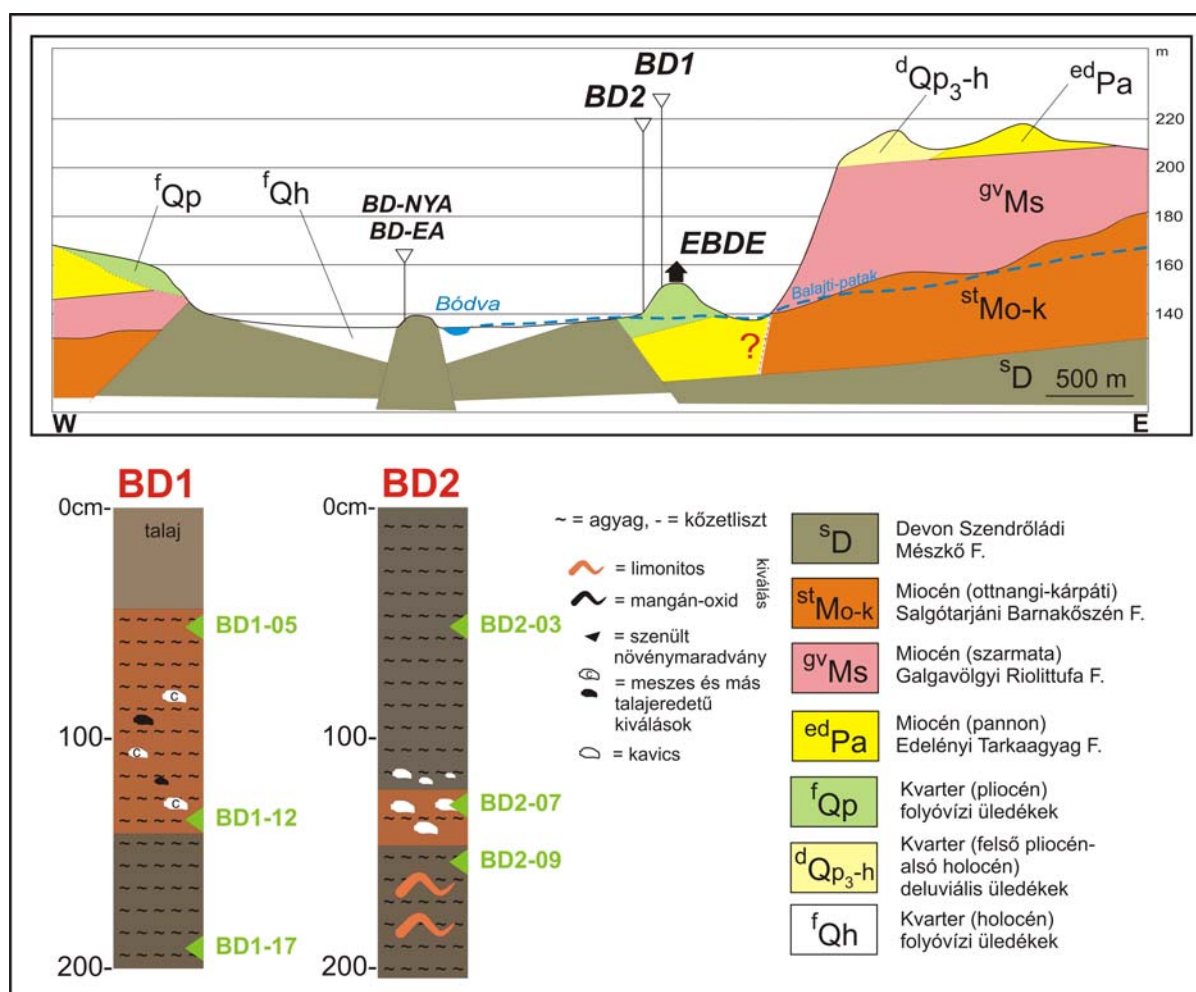


**2. ábra:** Sajószentpéter-Kövecses környékének (túlmagasított) földtani szelvénye, és a lemélyített talaj-üledékfúrások (SJSZ1 és 2) litológiai oszlopai.

**Fig. 2.:** Lithological cross section (overheightened) of the vicinity of Sajószentpéter-Kövecses and the lithological columns of the hand-drilled soil-sediment profiles (SJSZ1 and 2).

Emellett a lelőhely közelében devon kristályos mészkő és fillit (a Szendrői egység képződményei) kibukkanásai megtalálhatók. A fiatalabb, szintén felszínen hozzáférhető kőzetek között miocén piroklasztitok és tavi üledékes kőzetek fordulnak

elő. A Balajti-patak elsősorban a közeli piroklasztitok mállott anyagát gyűjti össze. Az alacsonyabb térszínen, a Bódva völgyében kiterjedt kvarter folyóvízi üledéktakaró borítja a felszínt (Gyalog 2005; Bérczi & Jámor 1998; Fülöp 1994).



**3. ábra:** Edelény-Borsod-Derékegyháza környékének (túlmagasított) földtani szelvénye a felszíni mintavételi pontokkal (BD-NYA, -EA), illetve a lemélyített talaj-üledékfúrások (BD1 és 2) litológiai oszlopai.

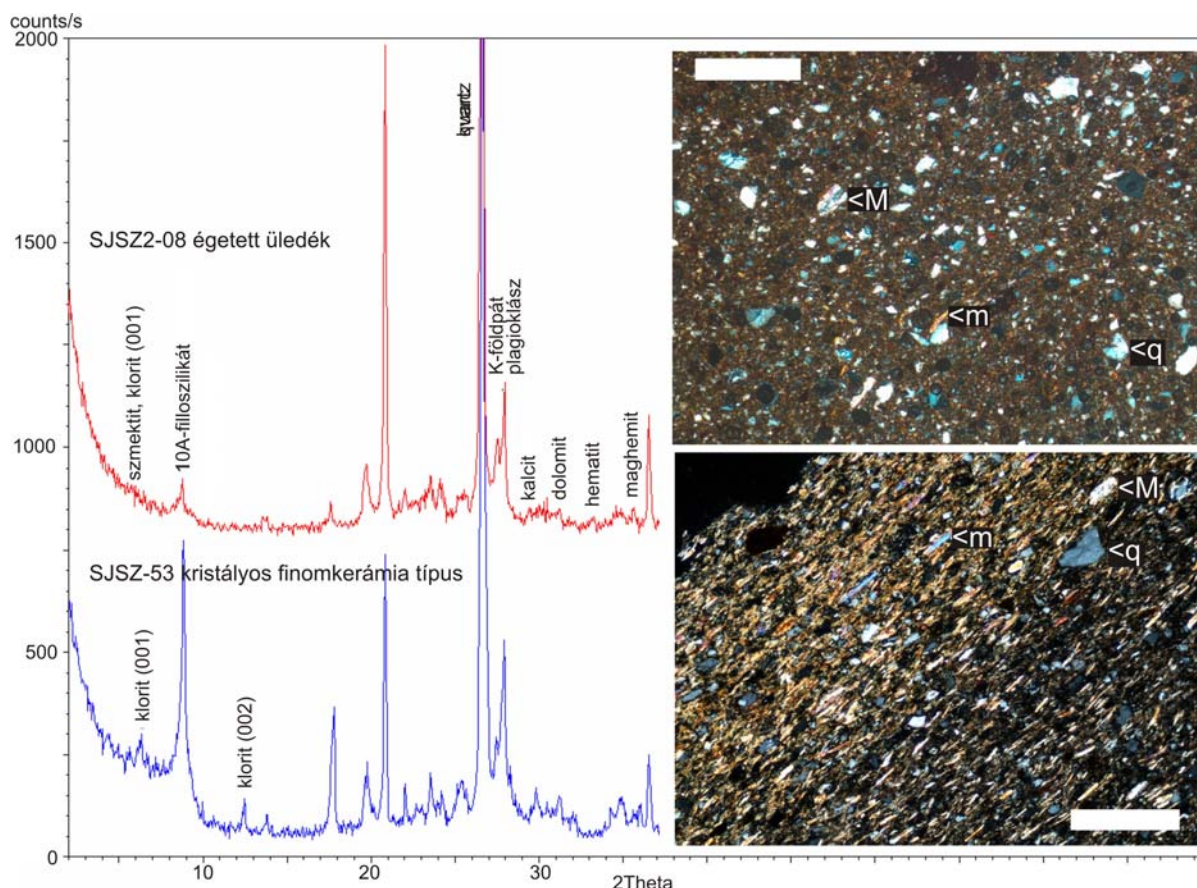
**Fig. 3.:** Lithological cross section (overheightened) of the vicinity of Edelény-Borsod-Derékegyháza with the surfacial sampling point (BD-NYA, -EA) and the lithological columns of the hand-drilled soil-sediment profiles (BD1 and 2).

### Mintavétel, minták és módszerek

A későbbi, a jelenlegi lehetőségekhez képest szélesebb körű mintavételezés megalapozására olyan mintavételi stratégiát kerestünk, amely kevés mintavételi ponttal – elsősorban időben – viszonylag nagy intervallumot fog át. A ~2 méter mély, kézi talaj-üledékfúrások tűntek a legalkalmasabb módszernek lévén, hogy több ezer év üledékét – ezáltal a neolitikum idején is hozzáférhető nyersanyagokat – tárják fel. A fúrási pontokat a régészeti lelőhelyekhez közel, a földtani adottságok térképi léptékű változékonyságának figyelembe vételével jelöltük ki. A mintákat minden talaj-üledék szelvényből 10-20 cm-enként vettük, így a mélység függvényében történő ásványos és kémiai összetételbeli természetes változékonyságot is nyomon lehet követni. További, részletes vizsgálatra fúrásonként 3-6

mintát jelöltünk ki. Néhány lelőhely esetében felszíni mintázással is kiegészítettük az így nyert mintaegyüttest.

Az alkalmazott terepi mintavételezési módszer eltér a nemzetközi irodalomban általában publikált eljárásoktól. Nagy összehasonlító mintaszámmal dolgozó terepbejárásra alapozott kerámia proveniencia vizsgálatok elsősorban a szárazabb éghajlatú mediterrán térségből ismertek (Adan-Bayewitz & Perlman 1985; Gomez et al. 2002; Buxeda I Garrigós et al. 2003; Hein et al. 2004a és b; Laviano & Muntoni 2006). Ezek a kutatók felszíni mintavételezést végeztek, amely azonban – a klimatikus adottságok miatt – megközelítőleg összevethető volt a vizsgált (néhány ezer éves) régészeti korszakokban felszínen található nyersanyagokkal.



**4. ábra:** Vékonycsiszolati fotók és az ásványos összetételt mutató diffraktogramok Sajószentpéter-Kövecses lelőhely égetett üledékeinek (vörös görbe, SJSZ2-08), illetve a kristályos finomkerámia típus (kék görbe, SJSZ-53) reprezentatív példányai esetében. A fotókon a skála 500  $\mu\text{m}$ -t jelöl, a rövidítések: 'M' metamorf-granitoid közettörmelék, 'm' csillám, 'q' kvarc. A diffraktogramokon a fő ásványos alkotók legfőbb csúcsai szerepelnek megjelölve.

**Fig. 4.:** Thin section photographs and mineralogical composition (by XRD) of representative samples of the fired local clayey raw materials (red curve, SJSZ-08) and the crystalline type fine ware (blue curve, SJSZ-53) at Sajószentpéter-Kövecses. The main peaks of the major phases are indicated in the diffractograms. Scale on the photographs is 500  $\mu\text{m}$ , abbreviations are 'M' metamorphic-granitoid rock fragment, 'm' mica, 'q' quartz.

A Kárpát-medencében azonban a nedvesebb éghajlat és intenzívebb mállási folyamatok miatt a neolit térszín alá hatoló agyaggyerő gödrök megközelítőleg 1-2 m-es mélységben lehetnek (ha átlagosan 30 cm/1000 év szedimentációs rátával számolunk, amely azonban szélsőséges esetekben 1-100 cm/1000 év értéket is elérhetett a különféle topográfiai helyzetekben) (Sümeghy 1955; Rónai 1985; Juhász 1991).

A fűréssel vételezett üledékmintákból nedvesítés után kis tömböket formáztunk, amelyeket szárítást követően 700°C-os maximális hőmérsékleten 4 órán át oxidatív légköri elektromos kemencében égettünk ki. A kísérleti égetés körülményeit úgy választottuk meg, hogy minél inkább hasonlítsanak az eredeti neolit égetési technikára. Ennek körülményeit a bükki kerámiák archeometriai vizsgálatával becsült paraméterek határozták meg: 650-850°C-os maximális égetési hőmérséklet (Tóth

et al. in prep), változó, de uralkodóan oxidatív légkör, valamint a feltételezhető máglyás vagy gödrös égetés, amely égetőterekben az égetés folyamat az etnoarcheológiai kutatások szerint (Livingstone Smith 2001) kevesebb mint 1 órától több óráig tarthat(ott). A próbatestekből – a kerámiákhoz hasonlóan – vékonycsiszolatot és a műszeres vizsgálatokhoz pormintákat készítettünk.

Sajószentpéter-Kövecses lelőhely közelében két kézi talajfűrést mélyítettünk. Az SJSZ1 jelű fűrés helyét a pliocén-holocén folyóvízi üledékfedőn (amelyen a neolit település állt), míg az SJSZ2 jelűt miocén agyagos-köszes tavi képződményeken jelöltük ki (2. ábra). Borsod-Derékegyháza lelőhelyen szintén két fűrést végeztünk. Mindkét szelvény pozíciója a pleisztocén-holocén folyóvízi üledékekre esik, bár a közelben miocén agyagos-köszes és piroklasztos képződmények is előfordulnak a felszínen. A BD1 jelű fűrést a neolit

településével topográfiaiilag azonos, kiemelt, domboldali pozícióban mélyítettük, míg a BD2 jelűt alacsonyabban, a domb lábánál (**3. ábra**). Ezen lelőhely esetében egy felszínről gyűjtött mintát (BD-NYA jelöléssel) is felhasználtunk, amely a közeli, Bódva parti borsodi földvár (Edelény határában) felszíni üledéke. Emellett az összehasonlításához figyelembe vettük egy, szintén a földvár területéről, a 10. századi település ásatása során előkerült, részlegesen megégett agyagtömb mintát is (BD-EA jelöléssel). Ez utóbbi agyagtípus a térségben a fazekasok által bizonyosan alkalmazott nyersanyagként értelmezhető.

A teljes bükki kerámia kutatásunkat érintő vizsgálat összesen 123 db finom-, 57 db durvakerámia, illetve 63 db természetes üledékmintán történt meg. Jelen tanulmányban Sajószentpéter-Kövecses lelőhelyről 6 finomkerámia és 13 üledékminta, míg Edelény-Borsod-Derékegyháza lelőhelyről 10 finomkerámia és 8 üledékminta vizsgálati eredményeit közöljük.

A geológiai és régészeti minták összetételi és szöveti jellemzése petrográfiai mikroszkóppal (PM; ELTE, Közettan-Geokémiai Tsz., Budapest), röntgen fluoreszcens spektroszkópiával (XRF; Dept. Geochemistry, Univ. of Tübingen) és röntgen pordiffrakciós analízissel (XRD; MTA Geokémiai Kutatóintézet, Budapest) történt. Az alkalmazott módszerek részletes leírását Gherdán és társai (2007) publikálták. Az így nyert (PM, XRD és XRF) eredményeket hasonlítottuk össze a régészeti és a geológiai minták esetében.

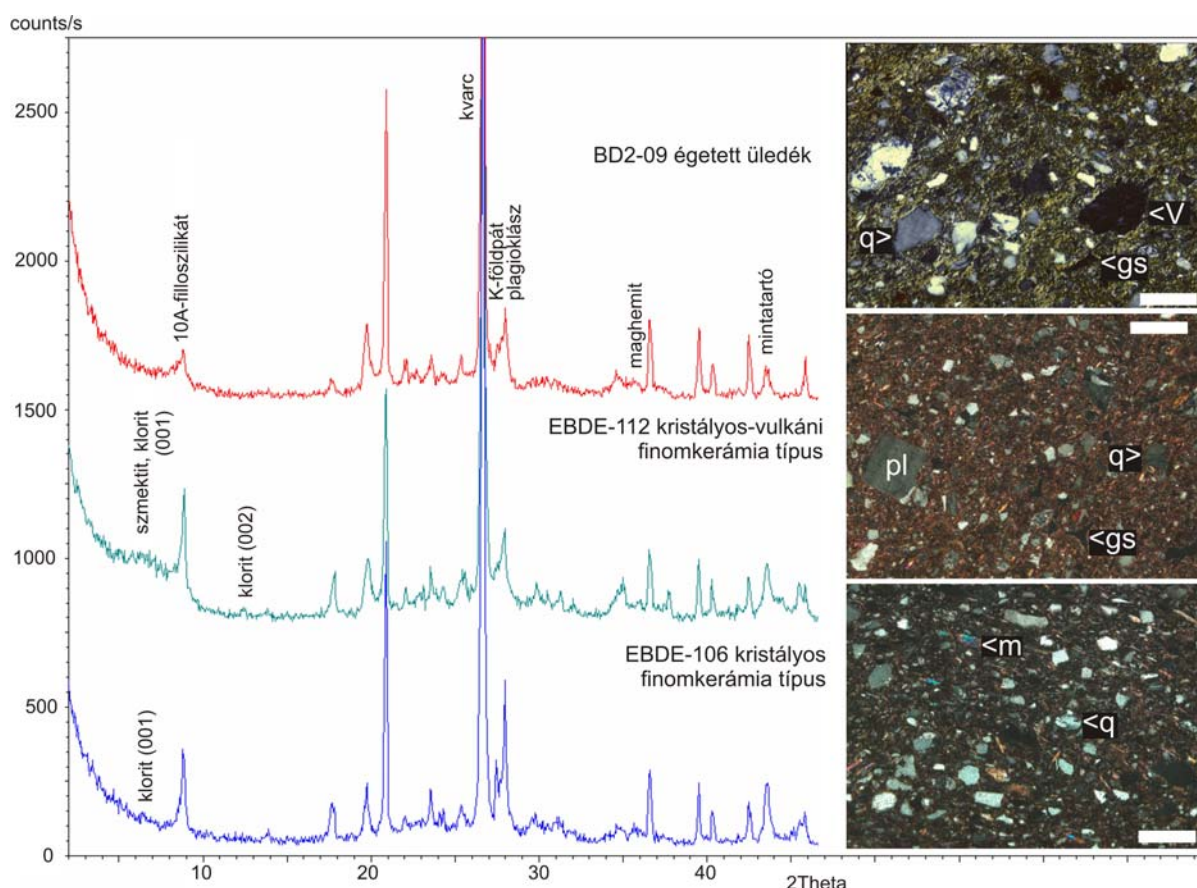
## Eredmények

A mikroszkópos petrográfiai vizsgálatok alapján a bükki finomkerámia viszonylag egységes szöveti tulajdonságokkal jellemezhető minden vizsgált régészeti lelőhelyen (Szilágyi et al. 2011, in press). A kerámiáknak közép-finomszemcsés, szeriális és tömött szövete van, amely egy jól osztályozott szemcseméretű, mérsékeltén képlékeny és mészszegény (1-3wt% CaO az XRF mérések alapján) agyagos kőzetliszt. A szövetől eltérően a kerámiák nem plasztikus elegyrészeinek ásványos-kőzettani összetétele változatosabb. Két fő összetételi csoport különíthető el a legtöbb vizsgált lelőhelyen. Az egyik kizárólag metamorf-granitoid (ezért kristályos típusnak nevezett), míg a másik a metamorf-granitoid mellett vulkáni-piroklasztos (ezért kristályos-vulkáni típusnak nevezett) kőzet- és ásványtörmelékeket tartalmaz. A kristályos típus fő nem plasztikus elegyrészei a kvarc (hullámos kioltású mono- és polikristályos), muszkovit, ritka mállott káliföldpát vagy (zónásság mentes) ikres plagioklász, valamint kvarcit, fillit és (meta)granitoid kőzettörmelékek. Az előbb említettek mellett a kristályos-vulkáni típusban még változó mennyiségű piroklasztos (horzsakő,

kőzetüveg szilánk) vagy vulkáni kőzet- és ásványtörmelék (üde, egyenes kioltású, monokristályos kvarc, piroxén vagy amfibol, üde és zónás plagioklász) fordul elő. Sajószentpéter-Kövecses lelőhelyen a vizsgált finomkerámiák kizárólag metamorf-granitoid eredetű elegyrészeket tartalmaznak. Az XRD vizsgálatok a legfinomabb szemcsés frakcióból kvarcot, 10Å-ös rétegszilikátot, plagioklászt, káliföldpátot és esetenként nyomnyi mennyiségű kalcitot, dolomitot, gehlenitet, diopszidot és kloritot mutatattak ki (**4. ábra**). Borsod-Derékegyháza lelőhely esetében a vizsgált finomkerámiák megoszlottak a kristályos és kristályos-vulkáni összetételi típusok között. Ezekben a mintákban az XRD vizsgálatok közös fázisként azonosították a kvarcot, 10Å-ös rétegszilikátot, plagioklászt, káliföldpátot, 7Å-ös rétegszilikátot, illetve néhány esetben nyomnyi mennyiségű kalcitot, dolomitot, gehlenitet és diopszidot (**5. ábra**). Ami eltérésként mutatkozott a két összetételi csoport között, az elsősorban a 10Å-ös fázist érintette: a kristályos finomkerámia típusban szericit/muszkovit, míg a kristályos-vulkáni típusban illit/szericit szerkezet mutatkozott. Emellett a 7Å-ös fázis a kristályos típusban kloritként, a kristályos-vulkáni típusban kevert szmektit/kloritként értelmezhető.

A Sajószentpéter közelében gyűjtött üledékminták mindkét fúrás esetében (**2. ábra**) agyag-kőzetlisztes agyag anyagúak. Színük sárgától feketéig változik. Az SJSZ1 jelű fúrás kőzetlisztes agyagja azonban jelentős mennyiségű limonitos és mangán-oxidos talajeredetű kiválást tartalmaz, míg az SJSZ2 jelű fúrás inkább szürke-fekete kavicsos agyagból áll. A kavicsok oligomikt összetételűek (kvarcit és andezit). A detritális (kőzetliszt-homok szemcseméretű) klasztok metamorf-granitoid kőzet eredetűek (kvarc, csillám, ritka mállott földpát). Az XRD vizsgálatok a kísérletileg kiégetett mintákból kvarcot, illitet, plagioklászt, káliföldpátot, illetve esetenként nyomokban 10Å-ös rétegszilikátot, kalcitot, dolomitot vagy kloritot mutattak ki (**4. ábra**).

A Borsod-Derékegyháza közeléből származó üledékminták mindkét fúrás esetében barna-szürke agyagok (**3. ábra**). Az uralkodó finomszemcsés üledékhez gyakran társul kavics szemcseméretű törmelék, amelynek összetétele eltérő a két fúrásban. A BD1 jelű fúrás elsősorban meszes vagy más anyagú, talajeredetű konkréciókat, míg a BD2 jelű tufatörmeléket tartalmaz. A detritális (kőzetliszt-homok szemcseméretű) klasztok mind metamorf-granitoid (hullámos kioltású, mono- és polikristályos kvarc, csillám, mállott és ikres plagioklász, kvarcit, káliföldpát, turmalin, cirkon), mind piroklasztos eredetűek (üde, egyenes kioltású, monokristályos kvarc, üde és zónás plagioklász, kőzetüveg szilánk, horzsakő).



**5. ábra:** Vékonycsiszolati fotók és az ásványos összetételt mutató diffraktogramok Edelény-Borsod-Derékegyháza lelőhely égetett üledékeinek (vörös görbe, BD2-09), illetve a kristályos-vulkáni (zöld görbe, EBDE-112) és a kristályos (kék görbe, EBDE-106) finomkerámia típus reprezentatív példányai esetében. A fotókon a skála 200 µm-t jelöl, a rövidítések: 'V' vulkáni kőzettörmelék, 'gs' piroklastos kőzetűveg szilánk, 'm' csillám, 'q' kvarc, 'pl' plagioklász. A diffraktogramokon a fő ásványos alkotók legfőbb csúcsai szerepelnek megjelölve.

**Fig. 5.:** Thin section photographs and mineralogical composition (by XRD) of representative samples of the fired local clayey raw materials (red curve, BD2-09) and the crystalline-volcanic type (green curve, EBDE-112) and crystalline type fine ware (blue curve, EBDE-106) at Edelény-Borsod-Derékegyháza. The main peaks of the major phases are indicated in the diffractograms. Scale on the photographs is 200 µm, abbreviations are 'V' volcanic rock fragment, 'gs' pyroclastic glass shard, 'm' mica, 'q' quartz, 'pl' plagioclase.

A felszínről gyűjtött üledékminták (BD-NYA és -EA) vörös-barna kőzetlisztes agyagok kevés homokszemcsével. Ezek a minták nem tartalmaznak vulkáni eredetű alkotórészeket a kőzetliszt-homok frakcióban. Fő törmelékes elegyrészeik a hullámos kioltású, mono- és polikristályos kvarc, kevés fillit- és homokkő törmelék, csillám és akcesszóriák (turmalin, cirkon, gránát). Az XRD vizsgálatok alapján a kísérletileg kiégetett BD1-2 üledékek alkotói kvarc, plagioklász, kálföldpát, valamint 10Å-ös rétegszilikát, maghemit, hematit és amorf anyag (**5. ábra**).

A teljes kőzet- és kerámiamintákból készített kémiai analízis átlagértékeit és szórását az **1. táblázatban** összegeztük. A különféle mintákban az egyes elemek kémiai változékonyságát

normalizált sokváltozós diagramokon elemeztük. Az SJSZ üledékek általában magasabb  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Zr}$ ,  $\text{Nb}$ ,  $\text{Ce}$  és  $\text{Ni}$  koncentrációt mutatnak, mint az SJSZ finomkerámiák. Ezzel párhuzamosan a kerámiák a  $\text{TiO}_2$ -ot,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ot, alkáli és alkáli földfémeket,  $\text{P}_2\text{O}_5$ -ot, néhány ritkaföldfémeket és a cinket dúsítják. Az üledékek és a kerámiák csoportjai kismértékű szórást mutatnak a nyomelem eloszlásban, azaz a csoportok homogénen viselkednek. A szórás azonban jelentős, illetve az eloszlás eltérő a geológiai és régészeti minták összehasonlításában. Az EBDE minták esetében nagyobb változékonyság jellemzi a kerámiákat, mint az üledékeket. A BD üledékekben nagyobb a  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Zr}$ ,  $\text{Nb}$  és  $\text{Y}$  koncentráció, mint az EBDE kerámiákban. Ezzel párhuzamosan a kerámiákban dúsul a  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , és részben a  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Rb}$ ,  $\text{Sr}$ ,  $\text{Ba}$  és  $\text{Ce}$ . A  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$  és

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> koncentráció értékek jelentősen, a Na<sub>2</sub>O és K<sub>2</sub>O értékek kisebb mértékben szórnak. Az üledékek és a kerámiák csoportjai nagyobb szórást mutatnak a nyomelem eloszlásban, mint az SJSZ mintáknál. Ez egyben azt is eredményezi, hogy a kristályos és a kristályos-vulkáni finomkerámia típusok nem mutatnak egyértelmű különbséget elem-eloszlásukban.

### **Értelmezés**

A régészeti és geológiai minták jellemzésének alapját a petrográfiai mikroszkópos vizsgálatok képezték. Ezek egyrésztől bizonyították, hogy a kerámiák viszonylag egységes szöveti jegyekkel bírnak. A hasonló szöveti jellemzők hasonló fizikai tulajdonságokat (szemcseméret és -eloszlás), illetve hasonló nyersanyag előkészítési eljárást (iszapolás) jeleznek. A petrográfiai vizsgálatok másrésztől a nem plasztikus elegyrészek többfésülését mutatták ki. Két nagy összetételi csoport, a kristályos és a kristályos-vulkáni különíthető el, amelyek nem léte nem magyarázható pusztán a nyersanyag iszapolásával. A kérdés az, hogy a két nagy típus hány nyersanyag forrást takar. A kétféle összetételi csoport szinte minden vizsgált bükki kultúrabeli lelőhelyen előfordult. Ez alapján feltehető, hogy nem lelőhely specifikusak, hanem inkább egy több forrásból táplálkozó nyersanyag ellátási rendszer elemei. A leletmennyiség alapján azonban azt feltételeztük, hogy lelőhelyenként legalább az egyik nyersanyag típus helyi, ezért volt érdemes a helyi üledékek összehasonlító vizsgálatával foglalkozni.

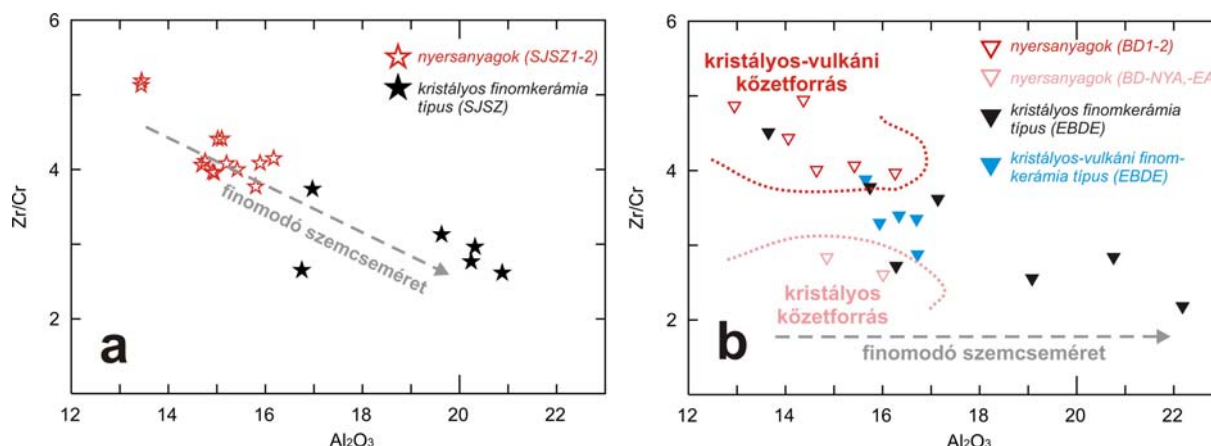
Sajószentpéter-Kövecses esetében az üledék-fúrásokat a pliocén-holocén folyóvízi agyag – kőzetlisztes agyag, illetve a miocén agyagos-köszenes tavi képződményeken mélyítettük. Az eltérő aljzat ellenére nem tapasztaltunk jeletős eltérést a két fúrás mintáinak összetételében. Emellett vulkáni kőzet- vagy ásványtörmelékek sem azonosíthatók a minták kőzetliszt-finomszemcsés homok frakciójában, bár helyi piroklasztos kőzetek kibukkannak a közelben. Az üledékek detritális szemcséi metamorf-granitoid eredetűek. Ez a tulajdonság összhangban áll azzal, hogy a sajószentpéteri bükki finomkerámiák is kizárólag metamorf-granitoid eredetű nem plasztikus elegyrészeket tartalmaznak, tehát a kristályos típusba sorolhatók. Ez alapján egyértelmű, hogy a lelőhelyen nem használtak vulkáni eredetű nyersanyagot kerámiakészítésre.

Borsod-Derékegyháza lelőhely esetében mindkét üledékfúrást a pleisztocén-holocén folyóvízi üledékeken, de a miocén piroklasztos kőzetkibukkanások közelében mélyítettük. Ennek köszönhetően a két fúrás anyaga hasonló. Az üledékek detritális szemcséi részben metamorf-granitoid, részben piroklasztos eredetűek. Ez a tulajdonság részben összhangban áll azzal, hogy a

borsod-derékegyházai bükki finomkerámiák egyik része a kristályos, másik része a kristályos-vulkáni típusba sorolható. Ez alapján úgy tűnik, hogy a lelőhelyen mind metamorf-granitoid, mind vulkáni eredetű nyersanyagot használtak kerámiakészítésre.

A kerámiák geokémiai összetételének értelmezésekor a finom-középszemcsés törmelékes üledékes kőzetek (homokkő, aleurolit, agyagkő) proveniencia vizsgálata során alkalmazott törvényszerűségeket használjuk fel. Természetesen azzal a feltétellel, ha a kerámia nyersanyagát nem keverték mesterségesen (pl. soványítással, agyagkeveréssel), tehát természetes üledéknek tekinthető. A kémiai összetételt alapvetően az ásványos összetétel határozza meg, azaz a nyersanyag közettani sajátosságai. A Si, Ti, Al, Fe, Mn, P és Zr, Nb, Y, ritkaföldfémek, V, Cr, Co elemek nem érzékenyek (immobilisak) az üledékképződés során zajló folyamatokra (Taylor & McLennan 1985; McLennan & Taylor 1991; Cullers & Berendsen 1998; Götze 1998; Gaiero et al. 2004). Emiatt koncentrációértékeik az eredeti, erodált kőzet összetételét tükrözik. Ezzel szemben a Na, K, Ca, Mg és a Rb, Ba, Sr a mállás és szállítódás folyamán mobilizálódhat. Így ez utóbbi elemek koncentrációértékei sokkal inkább a betemetődés és közettévalás kémiai folyamataira jellemzőek.

A kerámiák vizsgálatakor az elemek eddigiekben ismertett geokémiai viselkedése mellett azt is figyelembe kell vennünk, hogy a kerámiakészítési folyamatra hogyan reagálnak. Buxeda I Garrigós és társai (2003) kutatási eredményei azt bizonyították, hogy a plasztikus alapanyag iszapolással történő előkészítése (azaz a különböző szemcsefrakciók szétválasztása) nem feltétlenül jár jelentős kémiai összetétel változással, ha metamorf és granitoid kőzetek mállásával képződött üledéket használunk. Az iszapolás leginkább a ritkaföldfémeket érinti, amelyek dúsulnak a finomszemcsés (agyagos) frakcióban. Ez a viszonylag inert viselkedés annak tulajdonítható, hogy a metamorf-granitoid eredetű üledékek (amilyenek pl. a Gömői fillitek, csillámpalák és metagranitok) gyakran kevés akcesszórius elegyrészt tartalmaznak, illetve a fő ásványos alkotóik (kvarc, csillám, földpát) viszonylag homogéne oszlanak el a különböző szemcsefrakciókban. Krétai kerámia nyersanyagok tisztítását követően a nyomelemek általános dúsulását detektálták Kilikoglou és társai (1988). A szerzők azonban részletezték (a kalcit tartalom kivételével) az ásványos összetétel hatását erre a kémiai összetételbeli változásra. Az alkáli fémek (pl. Olin et al. 1978; Buxeda I Garrigós et al. 2001, 2002) és a kalcium (pl. Schwedt et al. 2004) a nagy hőmérséklet hatására történő mobilizálódásával több szerző foglalkozott.



**6. ábra:**  $\text{Al}_2\text{O}_3$  vs.  $\text{Zr/Cr}$  kétváltozós diagram (a) Sajószentpéter-Kövecses, illetve (b) Edelény-Borsod-Derékegyháza lelőhely nyersanyag és бүккi finomkerámia mintái esetében. A kerámiák kémiai összetétele mindkét esetben finomabb szemcseméretre utal, mint a megmintázott nyersanyagok szemcsemérete. Az EBDE kristályos-vulkáni típusú finomkerámiák esetében a kétféle nyersanyagforrásból származó anyagok kevert használata feltételezhető.

**Fig. 6.:**  $\text{Al}_2\text{O}_3$  vs.  $\text{Zr/Cr}$  bivariate diagram for (a) Sajószentpéter-Kövecses samples and (b) Edelény-Borsod-Derékegyháza samples. The chemical composition clearly indicates the finer grain size of pottery than comparative sediment samples. Note the possibility of two different originated sources in the case of crystalline-volcanic fine ware.

A vas és mangán oldódási-kicsapódási folyamatai talajos környezetben jól ismertek (pl. Schwertmann 2008). Emellett a kerámiák foszfortartalmának széles határok közötti ingadozása szintén ismeretes, bár még nem teljesen magyarázott (pl. Duma 1972; Fabbri et al. 1994; Maggetti 2001).

Mindezen jelenségek jelentősen befolyásol(hat)ják a kerámia betemetődés utáni kémiai összetételét, ennek megfelelően vehetjük alapul a geokémiai értelmezéskor az egyes elemek koncentrációértékeit. Az adott minták esetében az elemek változékonyságát is figyelembe véve a Si, Ti, Al, Zr, Nb, Y, ritkaföldfémek (az Eu kivételével), V és Cr elemeket tekintettük a proveniencia vizsgálat szempontjából alkalmazhatónak. A régészeti és geológiai minták kémiai összetételének összefüggéseit a  $\text{Al}_2\text{O}_3$  vs.  $\text{Zr/Cr}$  kétváltozós diagramon szemléltettük (**6a és b ábrán**). Az alumínium tartalom egyenes összefüggést mutat a nagyobb agyagásvány-tartalommal, azaz az alkalmazott anyagok finomszemcsességével (Cullers 1995, 2000). A kerámiák  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalma szinte minden esetben nagyobb a geológiai mintáknál. Ez azt jelenti, hogy az általunk mintázottnál finomabb szemcsés nyersanyagokat használtak a бүккi fazekasok finomkerámia készítéséhez. A cirkónium és a króm a magmás geokémiai folyamatokhoz erősen kötődnek, de ellentétes kemizmus mellett. A Zr a savanyú, míg a Cr a bázisos vulkanitokban dúsul. A két elem aránya esetünkben alkalmas a nyersanyagokban megjelenő vulkáni eredetű komponens jellemzésére – különösképpen Borsod-

Derékegyháza lelőhely esetében. A  $\text{Zr/Cr}$  arány a (**6b ábrán**) a kristályos-vulkáni típusú finomkerámiák kétféle nyersanyag természetes keveréséből való származásának lehetőségét veti fel. A kétféle nyersanyag a kis  $\text{Zr/Cr}$  aránnyal jellemezhető, metamorf-granitoid (kristályos) eredetű Bódva üledékek (BD-NYA, -EA), illetve a nagy  $\text{Zr/Cr}$  aránnyal jellemezhető, a metamorf-granitoid mellett piroklasztos kőzettörmelékeket is tartalmazó (kristályos-vulkáni) domboldali (Balajti-patak völgyéhez kötődő, a BD1-2 fűrészekkel feltárt) üledékek.

A sajószentpéteri minták vizsgálatánál összevetve a geokémiai és petrográfiai megállapításainkat azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a helyi, metamorf-granitoid kőzet eredetű nyersanyagokat – bár az általunk megmintázottaknál finomabb szemcsés változatban – használták kerámiakészítésre. Ezt a feltételezést az is alátámasztja, hogy sem a kerámiákban, sem a helyi üledékekben nem azonosítható a közeli vulkáni kőzetforrás petrográfiai vagy geokémiai ujjlenyomata. A kevésbé karakteres jelleg azonban azt is magában hordozza, hogy a nyersanyag lelőhely pontosabb azonosítása nem valószínű. Ez abból is nyilvánvaló, hogy az eltérő aljzaton mélyített üledékfűrészek között nem volt lényeges anyagi különbség. A borsodi minták esetében petrográfiai és geokémiai adatok összevont értelmezésével arra következtethetünk, hogy a kerámiák egy részénél és a helyi üledékekben azonosítható a közeli vulkáni kőzetforrás. Ennek azonban petrográfiai, de különösen geokémiai

jellemzése nehéz a nagy változékonyság miatt. Ez abból adódhat, hogy helyről helyre változik a piroklasztos és a metamorf-granitoid forrásanyag keveredési aránya. Ugyanakkor éppen ez a változatosság adhat lehetőséget a jövőben a nyersanyag forrás pontosabb azonosítására.

### Diszkusszió

Tanulmányunk elgondolkodtató példát mutat arra, hogy két, földtanilag-geomorfológiailag hasonló lelőhely esetében az azonos elven végzett potenciális nyersanyag mintavételi stratégia eltérő sikert mutathat. Ez régészeti szempontból azért fontos, mert azt is szükséges értelmezni, hogy két hasonló adottságú településen a Bükki kultúra fazekasai miért választottak eltérő nyersanyagokat a finomkerámia készítéséhez.

Sajószentpéter-Kövecsesen az egykor használt nyersanyagok és az általunk megmintázott üledékek közös közettani-geokémiai jellemzője, hogy a Sajó folyóvízi üledékképződése határozza meg összetételüket. Az üledékek a Gömői kristályos egység metamorf-(meta)granitoid kőzeteinek lepusztulásával képződtek, és az azokra jellemző petrográfiai-geokémiai jellegeket mutatják. A helyi, felszínen is előforduló, vulkáni eredetű nyersanyagok használatára nem találtunk bizonyítékot sem a régészeti, sem a geológiai anyagban. Mivel a sajószentpéterihez petrográfiaiilag hasonló kristályos típusú bükki finomkerámiát az általunk vizsgált összes Bükki kultúrabeli lelőhelyen találtunk, ezért ezt a kristályos összetételű (metamorf-granitoid kőzet eredetű) nyersanyag típust egy regionális, a Bükki kultúra területén széles körben hozzáférhető forrásnak tekintjük (ami a Gömői kristályos egységről eredő folyók üledékeit jelentheti). Ez az általános elterjedés és a viszonylag homogén összetétel kérdésessé teszi az egyes lelőhelyekhez tartozó egyedi kitermelőhelyek pontosabb azonosítását.

Borsod-Derékegyháza esetében, az egykor a kristályos-vulkáni típusú finomkerámiák készítésére használt nyersanyagok és az általunk megmintázott üledékek közös közettani-geokémiai jellemzője, hogy összetételüket a Bódva folyóvízi üledékének és Balajt-patak által beszállított vulkáni komponens keveredése határozza meg. Ennek eredményeként az üledékek viselik mind a Gömői kristályos egység metamorf-(meta)granitoid, mind a helyi miocén vulkáni eredetű anyagok petrográfiai-geokémiai tulajdonságait. A két komponens keveredési aránya azonban nagyon eltérő lehet a piroklasztos kőzetforrástól való távolság és az üledék mállottsága függvényében. A kristályos-vulkáni finomkerámiák esetében tehát egy helyi nyersanyagforrásról beszélhetünk, amelynek pontosabb azonosítására egy szélesebb körű mintavételezéssel (és az üledékben a keveredési

arányok feltérképezésével) lehetőség adódhat a jövőben.

### Összefoglalás

Két kiválasztott lelőhely példáján azt szemléltettük, hogy a hasonló földtani, illetve alig eltérő geomorfológiai adottságok esetén ugyanaz a nyersanyag mintavételi módszer nem egyenlő mértékben sikeres. Ennek oka az lehet, hogy a lelőhelyek felszinközeli üledékeinek kialakulásában eltérő szerepet játszott a folyóvízi és az in situ kőzet-üledékképződés. Sajószentpéter esetében a régészeti és a megmintázott geológiai minták hasonló ásványos összetétele egy regionális szinten hozzáférhető nyersanyag forrás használatára utalhat. Borsod-Derékegyháza esetében a helyi léptékben hozzáférhető nyersanyagok használata is kimutatható volt. A kérdés tehát az, hogy milyen tulajdonságok alapján döntünk el, hogy egy adott lelőhely esetében milyen mintavételi stratégiát válasszunk. Az ugyanis egyértelmű, hogy nincsen univerzális megoldás. Hiába vettük figyelembe a földtani felépítést és az általános topográfiai adottságokat, a jóval árnyaltabb tulajdonságokra (pl. az üledékek mállottsági viszonyaira) is tekintettel kell lenni a megfelelő terepi módszer kidolgozásánál. Eerre pedig olyan előzetes vizsgálatok mutathatnak rá, mint jelen tanulmányunk. Emellett azt is fontos tapasztalatnak tekinthetjük, hogy a kárpát-medencei neolitikus kultúrák esetében is alkalmazható lehet – amennyiben a modern kori mesterséges kontamináció kizárható – a felszínről gyűjtött üledékminták vizsgálata. Ez abból következtethető, hogy az 1-2 m-es üledékfúrásainkban nem mutatkozott jelentős petrográfiai-geokémiai változás a legmélyebb és a legsekélyebb mélységközökből vételezett minták között – legalább is a Bükki kultúrára jellemző hegyvidéki felső-középszakasz jellegű folyóvizek környezetében.

Mindez arra is felhívja a figyelmet, hogy a megalapozott proveniencia vizsgálathoz szükség van a helyi nyersanyagok természetes kőzet-ásványtani, geokémiai és szedimentológiai változékonyságának ismeretére. Ehhez a lehetséges nyersanyagok szisztematikus mintavételezését és vizsgálatát, valamint az eredmények adatbázis jellegű összegzését kell elvégezni. Kutatócsoportunk a hazai neolitikus kerámiák több éves vizsgálata alapján elkezdte egy ilyen adatbázis létrehozását, CeraMIS (Ceramic Measurement and Information System) néven. Az adatbázis mikroszkópos petrográfiai, műszeres ásványtani (XRD és mikroanalitikai módszerek), illetve kémiai (XRF, INAA, ICP-MS, PGAA) információkat összesít (Zöldföldi *et al.* in press). Reményeink szerint a folyamatosan bővülő adatbázis a jövőben segíteni fogja a régészeti kerámiák (helyi vagy nem helyi) nyersanyag eredetének meghatározását.

**1. táblázat:** Sajószentpéter-Kövecses és Borsod-Derékegyháza bükki kultúrabeli régészeti lelőhelyekről származó potenciális nyersanyagok és finomkerámiák átlagos, illetve minimum-maximum koncentráció értékei (analitikai módszer: XRF).

**Table 1.:** Average and minimum-maximum concentration values of chemical elements (by XRF) for potential raw materials and Bükk culture fine pottery from Sajószentpéter-Kövecses and Borsod-Derékegyháza.

|                                | Sajószentpéter-Kövecses     |             |                             |             |                       |             | Edelény-Borsod-Derékegyháza |             |
|--------------------------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------------|-------------|
|                                | SJSZ<br>1<br>fúrás<br>(n=8) | min-max     | SJSZ<br>2<br>fúrás<br>(n=5) | min-max     | SJSZ<br>ker.<br>(n=6) | min-max     | BD 1<br>fúrás<br>(n=3)      | min-max     |
| SiO <sub>2</sub>               | 72,82                       | 70.55-74.67 | 71,55                       | 70.78-72.29 | 62,65                 | 58.07-66.47 | 68,46                       | 66.63-70.34 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,92                        | 0.87-0.98   | 0,88                        | 0.85-0.91   | 0,95                  | 0.83-1.05   | 0,93                        | 0.91-0.95   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 14,54                       | 13.32-15.63 | 15,29                       | 14.83-15.92 | 18,68                 | 15.38-20.32 | 14,42                       | 13.59-15.18 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5,04                        | 4.32-5.71   | 5,29                        | 5.13-5.41   | 5,15                  | 4.04-5.91   | 5,2                         | 4.78-5.54   |
| MnO                            | 0,09                        | 0.07-0.11   | 0,1                         | 0.09-0.10   | 0,03                  | 0.02-0.03   | 0,11                        | 0.10-0.11   |
| MgO                            | 1,3                         | 1.12-1.52   | 1,42                        | 1.36-1.47   | 1,82                  | 1.40-2.09   | 1,08                        | 1.02-1.13   |
| CaO                            | 1,03                        | 0.97-1.11   | 1,09                        | 0.97-1.24   | 1,75                  | 1.63-1.90   | 0,79                        | 0.77-0.80   |
| Na <sub>2</sub> O              | 1,13                        | 1.06-1.26   | 1,15                        | 1.07-1.27   | 1,31                  | 1.07-1.59   | 0,87                        | 0.83-0.91   |
| K <sub>2</sub> O               | 2,1                         | 1.88-2.29   | 1,99                        | 1.80-2.26   | 3,25                  | 2.71-3.57   | 2,04                        | 1.97-2.11   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,12                        | 0.09-0.14   | 0,07                        | 0.06-0.08   | 1,91                  | 1.09-3.05   | 0,1                         | 0.08-0.13   |
| LOI                            | 0,72                        | 0.60-0.86   | 0,64                        | 0.29-0.97   | 2,36                  | 3.41-5.44   | 5,74                        | 5.10-6.37   |
| Rb                             | 116                         | 111-119     | 115                         | 110-123     | 134                   | 107-151     | 117                         | 110-127     |
| Sr                             | 95                          | 86-102      | 97                          | 95-101      | 183                   | 156-221     | 82                          | 82          |
| Ba                             | 473                         | 436-502     | 444                         | 421-494     | 1472                  | 1290-1876   | 443                         | 425-459     |
| Zr                             | 358                         | 333-415     | 342                         | 311-366     | 262                   | 244-314     | 393                         | 369-418     |
| Nb                             | 21                          | 20-24       | 17                          | 0-22        | 16                    | 17-21       | 25                          | 24-26       |
| Y                              | 42                          | 38-46       | 43                          | 40-45       | 41                    | 29-47       | 47                          | 47-48       |
| La                             | 29                          | 25-34       | 32                          | 29-37       | 35                    | 30-44       | 36                          | 35-37       |
| Ce                             | 172                         | 155-185     | 190                         | 159-237     | 117                   | 99-138      | 99                          | 93-101      |
| Nd                             | 40                          | 28-48       | 38                          | 33-45       | 50                    | 48-53       | 42                          | 39-47       |
| Sm                             | 5,9                         | 4.3-7.8     | 6,9                         | 5.8-7.6     | 7,5                   | 5.0-9.1     | 6,9                         | 6.6-7.4     |
| Eu                             | 0,7                         | 0.6-0.9     | 0,8                         | 0.7-0.9     | 1                     | 0.8-1.1     | 0,7                         | 0.7-0.8     |
| Yb                             | 4,7                         | 4.2-5.0     | 4,8                         | 4.5-5.1     | 4,4                   | 3.8-4.9     | 4                           | 3.9-4.0     |
| V                              | 105                         | 95-113      | 110                         | 105-117     | 116                   | 89-132      | 110                         | 102-116     |
| Cr                             | 84                          | 78-96       | 81                          | 75-87       | 88                    | 80-94       | 91                          | 85-96       |
| Co                             | 0                           | 0           | 2                           | 0-4         | 7                     | 15, jan     | 16                          | 16-17       |
| Ni                             | 119                         | 110-128     | 119                         | 101-133     | 38                    | 35-77       | 94                          | 93-97       |
| Zn                             | 46                          | 38-51       | 50                          | 46-54       | 78                    | 51-102      | 61                          | 60-62       |

### Köszönetnyilvánítás

Kutatásunkat az „Újkőkori kerámiák távolsági kereskedelme” című MÖB-DAAD (magyar-német) kétoldalú együttműködési program keretében folytattuk (honlap: [www.ace.hu/daad/daad3](http://www.ace.hu/daad/daad3)).

**1. táblázat:** Sajószentpéter-Kövecses és Borsod-Derékegyháza bükki kultúrabeli régészeti lelőhelyekről származó potenciális nyersanyagok és finomkerámiák átlagos, illetve minimum-maximum koncentráció értékei (analitikai módszer: XRF)., folyt.

**Table 1.:** Average and minimum-maximum concentration values of chemical elements (by XRF) for potential raw materials and Bükk culture fine pottery from Sajószentpéter-Kövecses and Borsod-Derékegyháza, cont.

|                                | Edelény-Borsod-Derékegyháza |             |           |        |                              |             |                         |             |
|--------------------------------|-----------------------------|-------------|-----------|--------|------------------------------|-------------|-------------------------|-------------|
|                                | BD 2<br>fúrás<br>(n=3)      | min-max     | BD-<br>EA | BD-NYA | EBDE<br>ker.<br>K-V<br>(n=5) | min-max     | EBDE<br>ker. K<br>(n=5) | min-max     |
| SiO <sub>2</sub>               | 68,98                       | 67.83-70.96 | 70,47     | 67,59  | 66,64                        | 65.01-68.85 | 66,63                   | 63.02-69.17 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,83                        | 0.82-0.84   | 0,86      | 0,86   | 0,79                         | 0.74-0.82   | 0,88                    | 0.82-0.97   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 12,98                       | 12.24-13.76 | 14,67     | 15,18  | 15,59                        | 14.88-16.09 | 17,33                   | 15.29-20.42 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 4,7                         | 4.55-4.92   | 5,41      | 5,71   | 5,12                         | 4.84-5.54   | 4,82                    | 3.80-6.45   |
| MnO                            | 0,12                        | 0.12-0.14   | 0,11      | 0,1    | 0,07                         | 0.03-0.10   | 0,06                    | 0.03-0.12   |
| MgO                            | 1,14                        | 1.07-1.26   | 1,25      | 1,18   | 1,38                         | 1.25-1.46   | 1,62                    | 1.51-1.80   |
| CaO                            | 1,26                        | 1.17-1.35   | 2,74      | 1,12   | 1,29                         | 0.80-1.57   | 1,35                    | 0.80-2.17   |
| Na <sub>2</sub> O              | 1,02                        | 0.97-1.08   | 0,93      | 0,87   | 1,07                         | 1.01-1.13   | 1,05                    | 0.79-1.28   |
| K <sub>2</sub> O               | 2,25                        | 2.08-2.42   | 2,18      | 2,08   | 3,17                         | 3.04-3.41   | 3,25                    | 2.87-4.10   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,28                        | 0.19-0.37   | 0,12      | 0,11   | 0,71                         | 0.28-1.27   | 0,32                    | 0.13-0.55   |
| LOI                            | 6,45                        | 5.42-7.62   | 1,81      | 5,92   | 4,18                         | 2.02-5.25   | 2,34                    | 1.40-3.61   |
| Rb                             | 115                         | 105-123     | 119       | 128    | 118                          | 103-132     | 134                     | 116-171     |
| Sr                             | 100                         | 95-108      | 100       | 86     | 140                          | 102-165     | 131                     | 102-172     |
| Ba                             | 464                         | 439-480     | 465       | 461    | 1069                         | 617-1743    | 735                     | 544-998     |
| Zr                             | 340                         | 318-376     | 278       | 267    | 238                          | 210-285     | 230                     | 196-271     |
| Nb                             | 21                          | 20-21       | 22        | 22     | 19                           | 0-19        | 17                      | 0-20        |
| Y                              | 43                          | 42-45       | 44        | 42     | 27                           | 10-39       | 27                      | 16-38       |
| La                             | 35                          | 32-38       | 44        | 44     | 24                           | 15-36       | 31                      | 25-39       |
| Ce                             | 91                          | 86-95       | 89        | 84     | 169                          | 84-222      | 172                     | 88-231      |
| Nd                             | 35                          | 33-39       | 43        | 42     | 34                           | 28-48       | 39                      | 30-53       |
| Sm                             | 6,3                         | 5.8-6.6     | 7,3       | 7,5    | 6,7                          | 5.2-8.5     | 5,1                     | 0.0-7.1     |
| Eu                             | 0,8                         | 0.7-0.8     | 0,8       | 0,8    | 0,9                          | 0.7-1.0     | 0,8                     | 0.5-0.9     |
| Yb                             | 3,7                         | 3.6-3.8     | 3,8       | 3,5    | 3                            | 1.3-3.8     | 3,1                     | 2.0-4.3     |
| V                              | 93                          | 89-97       | 102       | 110    | 106                          | 99-112      | 119                     | 101-143     |
| Cr                             | 77                          | 74-79       | 98        | 102    | 71                           | 58-73       | 75                      | 63-100      |
| Co                             | 14                          | 14-15       | 17        | 18     | 14                           | 0-14        | 15                      | 0-15        |
| Ni                             | 83                          | 75-89       | n.d.      | n.d.   | 99                           | 82-109      | 99                      | 85-128      |
| Zn                             | 72                          | 59-85       | 68        | 67     | 61                           | 42-86       | 56                      | 44-85       |

## Irodalom

ADAN-BAYEWITZ, D. & PERLMAN, I. (1985): Local pottery provenience studies: a role for clay analysis. *Archaeometry*, **27**, 2, 203-217.

ARNOLD, D.E. (2005): Linking society with the compositional analyses of pottery: a model from comparative ethnography. in Livingstone Smith, A., Bosquet, D., Martineau, R., eds., "Pottery Manufacturing Processes: Reconstitution and Interpretation", BAR International Series 1349, 15-21.

ARNOLD, D.E. (2006): The threshold model for ceramic resources: a refinement. in Gheorghiu, D., ed., "Ceramic Studies. Papers on the social and cultural significance of ceramics in Europe and

Eurasia from prehistoric to historic times", BAR International Series 1553, 3-9.

BÉRCZI I. & JÁMBOR Á. (1998): Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana. MOL-MÁFI Publication, Budapest, 517 p.

BUXEDA I GARRIGÓS, J., CAU ONTIVEROS, M.A., KILIKOGLU, V. (2003): Chemical variability in clays and pottery from a traditional cooking pot production village: testing assumptions in Pereruela. *Archaeometry*, **45**, 1, 1-17.

BUXEDA I GARRIGÓS, J., KILIKOGLU, V., DAY, P.M. (2001): Chemical and mineralogical alteration of ceramics from a Late Bronze Age kiln at Kommos, Crete: the effect on the formation of a reference group. *Archaeometry*, **43**, 3, 349-371.

- BUXEDA I GARRIGÓS, J., MOMMSEN, H., TSOLAKIDOU, A. (2002): Alterations of Na, K and Rb concentrations in Mycenaean pottery and a proposed explanation using X-ray diffraction. *Archaeometry*, **44**, 2, 187-198.
- CAPLE, C. (2006): Objects: reluctant witnesses to the past. Taylor & Francis, New York, 266 p.
- CSENGERI, P. (2010): A bükki kultúra kutatásának új eredményei Borsod-Abaúj-Zemplén megyében. *Gesta*, **IX**, pp. 55-77.
- CULLERS, R.L. (1995): The controls on the major- and trace-element evolution of shales, siltstones and sandstones of Ordovician to Tertiary age in the Wet Mountains region, Colorado, U.S.A. *Chemical Geology*, **123**, 107-131.
- CULLERS, R.L. (2000): The geochemistry of shales, siltstones and sandstones of Pennsylvanian-Permian age, Colorado, USA: implications for provenance and metamorphic studies. *Lithos*, **51**, 181-203.
- CULLERS, R.L. & BERENDSEN, P. (1998): The provenance and chemical variation of sandstones associated with the Mid-continent Rift System, U.S.A. *European Journal of Mineralogy*, **10**, 987-1002.
- DUMA, GY. (1972): Phosphate content of ancient ceramics as indication of use. *Current Anthropology*, **13**, 127-130.
- FABBRI, B., GUARINI, G., ARDUINO, E., COGHÉ, M. (1994): Significato del fosforo nei reperti ceramici di scavo. in Burrigato, F., Grubessi, O., Lazzarini, L., eds., "Proceedings of the 1<sup>st</sup> European Meeting on Archaeological Ceramics", Roma, Università degli studi La Sapienza, Dipartimento di Scienza della Terra, 183-192.
- FÜLÖP, J. (1994): Magyarország geológiája — Paleozoikum II. Akadémiai Kiadó, Budapest, 447 p.
- GAIERO, D.M., DEPETRIS, P.J., PROBST, J., BIDART, S.M., LELEYTER, L. (2004): The signature of river- and wind-borne materials exported from Patagonia to the southern latitudes: a view from REEs and implications for paleoclimatic interpretations. *Earth and Planetary Science Letters*, **219**, 357-376.
- 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.
- GOMEZ, B., NEFF, H., RAUTMAN, M.L., VAUGHAN, S.J., GLASCOCK, M.D. (2002): The source provenance of Bronze Age and Roman pottery from Cyprus. *Archaeometry*, **44**, 1, 23-36.
- GÖTZE, J. (1998): Geochemistry and provenance of the Altendorf feldspathic sandstone in the Middle Bunter of the Thuringian basin (Germany). *Chemical Geology*, **150**, 43-61.
- GYALOG, L. (2005): Magyarázó Magyarország fedett földtani térképéhez, 1:100.000. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 188 p.
- HEIN, A., DAY, P.M., CAU ONTIVEROS, M.A., KILIKOGLOU, V. (2004a): Red clays from Central and Eastern Crete: geochemical and mineralogical properties in view of provenance studies on ancient ceramics. *Applied Clay Science*, **24**, 245-255.
- HEIN, A., DAY, P.M., QUINN, P.S., KILIKOGLOU, V. (2004b): The geochemical diversity of Neogene clay deposits in Crete and its implications for provenance studies of Minoan pottery. *Archaeometry*, **46**, 3, 357-384.
- JUHÁSZ, GY. (1991): Lithostratigraphical and sedimentological framework of the Pannonian (s.l.) sedimentary sequence in the Hungarian Plain (Alföld), eastern Hungary. *Acta Geologica Hungarica*, **34**, 1-2, 53-72.
- KALICZ, N. & MAKKAY, J. (1977): Die Linienbandkeramik in der Grossen Ungarischen Tiefebene. *Studia Archaeologica*, **7**, Akadémiai Kiadó, Budapest.
- KILIKOGLOU, V., MANIATIS, Y., GRIMANIS, A.P. (1988): The effect of purification and firing of clays on trace element provenance studies. *Archaeometry*, **30**, 1, 37-46.
- LAVIANO, R. & MUNTONI, I.M. (2006): Provenance and technology of Apulian Neolithic pottery. in M. Maggetti & B. Messiga, eds., "Geomaterials in Cultural Heritage", Geological Society of London, London, 49-62.
- LIVINGSTONE SMITH, A. (2001): Bonefire II: the return of pottery firing temperatures. *Journal of Archaeological Science*, **28**, 991-1003.
- MAGGETTI, M. (2001): Chemical analyses of ancient ceramics: what for? *Chimia*, **55**, 923-930.
- MCLENNAN, S. M. & TAYLOR, S.R. (1991): Sedimentary rocks and crustal evolution: tectonic setting and secular trends. *Journal of Geology*, **99/1**, 1-21.
- NEFF, H. & GLOWACKI, D.M. (2004): Ceramic source determination by instrumental neutron activation analysis in the American Southwest. in Glowacki, D.M. & Neff, H., eds., "Ceramic Production and Circulation in the Greater Southwest", Monograph 44, The Cotsen Institute of Archaeology, University of California, Los Angeles, 1-14.
- OLIN, J.S., HARBOTTLE, G., SAYRE, E.V. (1978): Elemental composition of Spanish and

Spanish-colonial majolica ceramics in the identification of provenience. *in* Carter, G.F., ed., "Archaeological chemistry II", *Advances in Chemistry Series*, 171, American Chemical Society, Washington, D.C., 200-229.

RÓNAI, J. (1985): Az Alföld negyedidőszaki földtana. *Geologica Hungarica*, **21**, 66-121.

SCHWEDT, A., MOMMSEN, H., ZACHARIAS, N. (2004): Post-depositional elemental alterations in pottery: neutron activation analyses of surface and core samples. *Archaeometry*, **46**, **1**, 85-101.

SCHWERTMANN, U. (2008): Iron oxides. *in* Chesworth, W., ed., "Encyclopedia of Soil Science", Springer, Berlin, 363-369.

SÜMEGHY, J. (1955): A magyarországi pleisztocén összefoglaló ismertetése. MÁFI Évi Jelentése 1953-ról, 395-404.

SZILÁGYI, V., TAUBALD, H., T. BIRÓ, K., S. KOÓS, J., CSENGERI, P., TÓTH, M., SZAKMÁNY, GY. (2011): Archaeometrical data on the fineware of the Middle Neolithic Bükk culture – preliminary results. *in* Turbanti-Memmi, I., ed., "Proceedings of the 37<sup>th</sup> International Symposium on Archaeometry", Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 159-167.

SZILÁGYI, V., T. BIRÓ, K., CSENGERI, P., SZAKMÁNY, GY., TAUBALD, H., MIHÁLY, J., BERTHOLD, C., S. KOÓS, J., ZÖLDFÖLDI, J. (in press): Petro-mineralogical and geochemical characterization of Middle Neolithic Bükk Culture fine ware from Garadna, NE Hungary. *in* Martinón-Torres, M., ed., "Proceedings of the 10<sup>th</sup> European

Meeting on Ancient Ceramics", Archaeopress, Oxford.

TAUBALD, H. & T. BIRÓ, K. (2007): Archaeometrical analyses of Neolithic pottery and comparison to potential sources of raw materials in the immediate environment of the settlements – a first summary of the MÖB-DAAD exchange program. *Archeometriai Műhely*, **2007/2**, 1-4.

TAYLOR, S.R. & MCLENNAN, S.M. (1985): The continental crust: its composition and evolution. Blackwell Scientific Publications, 312 p.

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

TÓTH, M., BALÁZS, R., SZILÁGYI, V., SZAKMÁNY, GY. (in prep): Phase analysis of Bükk pottery and local sediments (with special regard to fineware). *Archeometriai Műhely*.

TYKOT, R.H. (2004): Scientific methods and applications to archaeological provenance studies. *in* Martini, M., Milazzo, M., Piacentini, M., eds., "Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi" Course CLIV", IOS Press, Amsterdam, 407-432.

WEIGAND, P.C., HARBOTTLE, G., SAYRE, E.V. (1977): Turquoise sources and source analysis: Mesoamerican and Southwestern U.S.A. *in* Earle, T.K. & Ericson, E., eds., "Exchange Systems", Academic Press, New York, 15-34.

ZÖLDFÖLDI, J., HEGEDŰS, P., TAUBALD, H., T. BIRÓ, K., SZILÁGYI, V., SZÉKELY, B. (2011): CeraMIS - interactive Internet-based information system on Neolithic pottery. *Arheologia e Calcolatori*, **21**, 295-308.

