

BAZALTOS LAPILLITUFA ANYAGÚ ŐRLŐKÖVEK KÖZETTANI ÉS GEOKÉMIAI VIZSGÁLATA (BALATONŐSZÖD - TEMETŐI DÜLŐ LELŐHELY)

PETROGRAPHICAL AND GEOCHEMICAL INVESTIGATION OF GRINDING STONES MADE OF BASALTIC LAPILLI TUFF (BALATONŐSZÖD - TEMETŐI DÜLŐ SITE, HUNGARY)

PÉTERDI BÁLINT¹; JUDIK KATALIN²; DOBOSI GÁBOR²

¹Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Földtani és Geofizikai Gyűjteményi Főosztály

²MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földtani és Geokémiai Intézet

E-mail: peterdi.balint@mfgi.hu, peterdi.balint@gmail.com

Abstract

The present study reports results of petrographical and geochemical analyses on grinding stone fragments from the archaeological site Balatonőszöd – Temetői dűlő (Hungary). Balatonőszöd – Temetői dűlő is the largest excavated and longest-lived site of the Baden Culture in Hungary (more than 200.000 m²) (Fig. 1.). In the site objects of the Balaton-Lasinja Culture and the Boleraz Culture were found too. Altogether 500 finds (made of stone) turned up, among them 11 finds (grinding stones and their fragments) made of basaltic lapilli tuff.

Applying detailed petrographical and geochemical methods as well as comparing literary data, We concluded that the raw material of the grinding stones (and fragments of grinding stones and other non-specific fragments) made of basaltic lapilli tuff most probably originate from the young basaltic pyroclastics of the Balaton-Highland and the Little Hungarian Plain, namely from any of the following localities: Hajagos-hill (Diszel), Csobánc, Kereki-hill, Szigliget, Uzsa, pyroclasts cropping out between Bazsi and Tátika. Hajagos-hill (Diszel) and Uzsa have been discussed as possible source for archaeological finds (from the same excavation) made of basaltic material (Péterdi et al. 2011).

Kivonat

Balatonőszöd - Temetői dűlő lelőhely a Baden kultúra Magyarországon eddig feltárt legnagyobb és leghosszabb életű települése (területe meghaladta a 20 hektárt). A lelőhelyen a Balaton-Lasinja kultúrának és a Boleráz kultúrának is kerültek elő önálló objektumai. Az ásatás során 500 db kőzet-anyagú lelet került napvilágra, ezek között 11 db bazaltos lapillitufából készült őrlőkő, illetve őrlőkő-töredék is található.

Részletes petrográfiai és geokémiai módszerek alkalmazásával, valamint irodalmi összehasonlítás segítségével megállapítottuk, hogy a bazaltos lapillitufából készült őrlőkövek (őrlőkő-töredékek) és egyéb, jellegtelen töredékek nyersanyaga – a juvenilis (vulkáni) elegyrészek minősége és megjelenése, a bennük előforduló piroxén-kristályok összetétele, a kőzetüveg összetétele, a kitorés során felszakított idősebb kőzet-törmelék minősége és az utólagos karbonátos cementáció alapján – nagy valószínűséggel a Balatonfelvidék (illetve a Kisalföld) fiatal bazaltos piroklastitjaiból származik, nevezetesen a következő lelőhelyek valamelyikéről: Hajagos/Diszel, Csobánc, Kereki-hegy, Szigliget, Uzsa, a Bazsi és Tátika között felszínre bukkanó piroklastitok. Ezen lelőhelyek közül a Hajagos/Diszel és Uzsa a régészeti lelőhelyről előkerült bazalt-anyagú régészeti leletek (csiszolt kőeszközök) lehetséges forrásterületeként is felmerült (Péterdi et al. 2011).

KEYWORDS: COPPER AGE, BADEN CULTURE, STONE TOOL, GRINDING STONE, PETROGRAPHY, GEOCHEMISTRY, BASALTIC LAPILLI TUFF, BALATONŐSZÖD

KULCSSZAVAK: RÉZKOR, BADEN KULTÚRA, SZERSZÁMKŐ, ŐRLŐKŐ, PETROGRÁFIA, GEOKÉMIA, BAZALTOS LAPILLITUFA, BALATONŐSZÖD

Bevezetés, régészeti háttér, a kutatás célja

Balatonőszöd-Temetői dűlő lelőhely a késő rézkori Baden kultúra Magyarországon eddig feltárt legnagyobb és leghosszabb életű települése. A feltárt és a hozzá kapcsolódó regisztrált lelőhely együttes területe meghaladta a 20 hektárt (1. ábra). A lelőhelyen a középső rézkori Balaton-Lasinja kultúrának és a Boleráz kultúrának is kerültek elő

önálló objektumai. Északon a Boleráz kultúra településének magja, délebbre az átmeneti és a klasszikus badeni kultúra településének magja található. A Balaton-Lasinja kultúra és a Baden kultúra anyaga több helyen keverve került elő, anélkül, hogy a metszetben későbbi beásás vagy bolygatás nyoma lett volna megfigyelhető. (Horváth et al. 2006, Horváth 2010)



1. ábra: Balatonőszöd-Temetői dűlő. Az ásati terület és közvetlen környezete. Készítette: Viemann Zsolt (www.szekely-kiado.hu ortofotó háttérkép alapján, Horváth et al. 2006).

Fig. 1: The archaeological site (Balatonőszöd – Temetői dűlő) and its surroundings (by Zsolt Viemann, on the basis of the orthophoto of www.szekely-kiado.hu, Horváth et al. 2006)

A továbbiakban a különböző kultúrák csiszolt kőeszközeit (és szerszámköveit) együtt, összevonva tárgyaljuk, mivel bármelyik itt tárgyalt korszak csiszolással megmunkált leleteiről annyira keveset tudunk, hogy az eszközök szétválasztása tipológiailag vagy nyersanyag alapján egyelőre nem

lehetséges, a lelőhelyen pedig a legtöbb korszak a késő rézkorral átfedésben jelentkezett, vagyis a néhány, potenciálisan a középső rézkorba vagy korai bronzkorba is sorolható lelet kora és kulturális besorolása bizonytalan.

Az ásás során 500 db kőzet-anyagú lelet került napvilágra. Ezek régészeti tipizálását Horváth Tünde végezte el. A leletanyagban 11 db bazaltos lapillitufából készült örlőkő, illetve örlőkő-töredék is található.

Munkánk célja a Balatonőszöd – Temetői dűlő lelőhelyről (**1. ábra**) előkerült kőeszközök részletes közzétani és geokémiai vizsgálata; a nyersanyagok származási helyére vonatkozó következtetések levonása.

Vizsgálati módszerek

A leleteket makroszkópos (azaz szabad szemmel és kézi nagyítóval végzett) megfigyelések alapján nyersanyaguk alapján csoportokba soroltuk. A csoportok egy, vagy néhány jellemző (és régészeti szempontból kevésbé értékes, töredékes) példányából vékonycsiszolat készült a részletes, petrográfiai (polarizációs) mikroszkópos vizsgálatokhoz. A mikroszkópos vizsgálatok eredményét (ásványos összetétel, közzetszövet) elektron-mikroszondás ásványkémiai vizsgálatokkal egészítettük ki. A kapott adatokat a szakirodalomban közölt korábbi leírások és elemzések adataival vetettük össze.

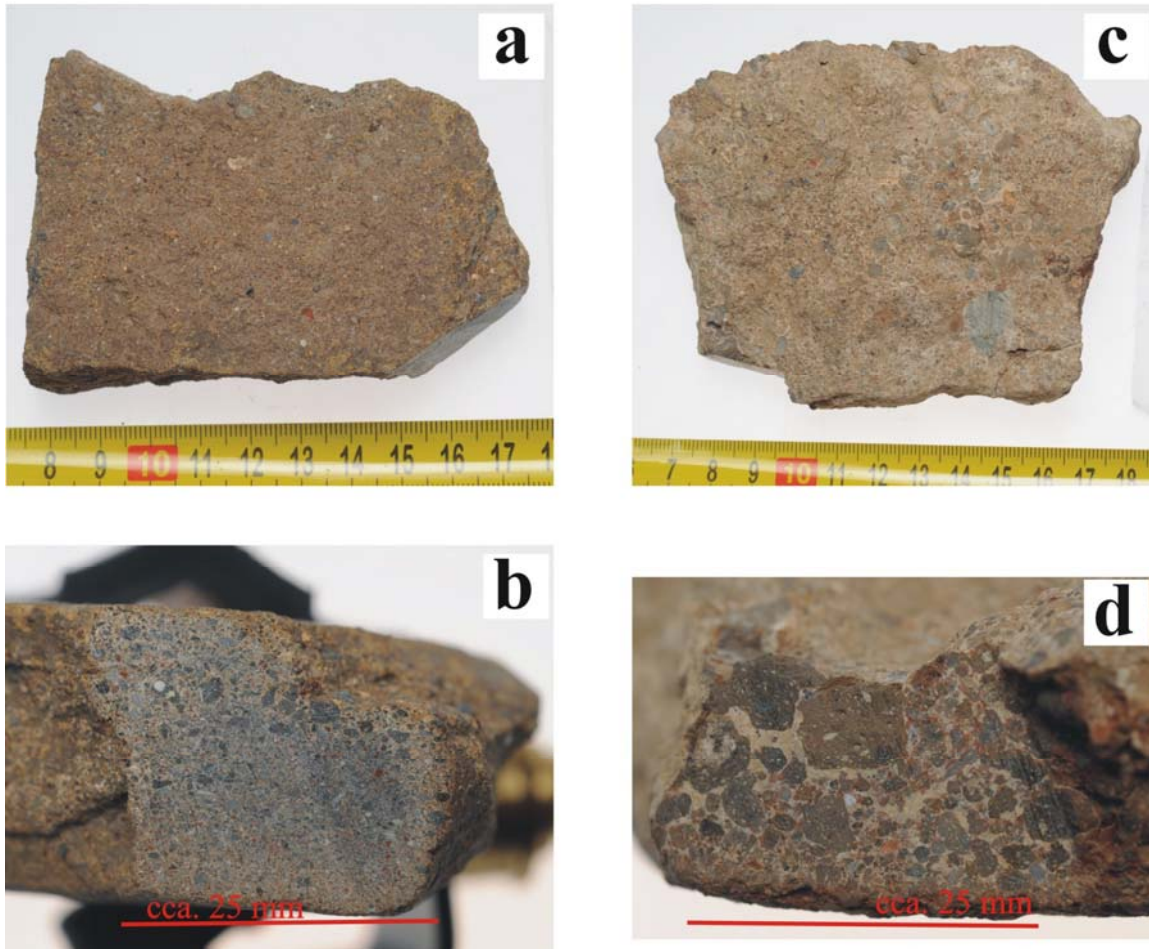
Az elektron-mikroszondás (EPMA) vizsgálatok az MTA Geokémiai Kutató Intézetében, Budapesten készültek (Oxford Instruments INCA Energy 200 típusú energiadiszperzív elemző rendszerrel felszerelt JEOL Superprobe 733 típusú elektronmikroszondával, 15 kV gyorsítófeszültség és 4 nA mintaáram értékek mellett).

A vizsgált mintákról és az elvégzett vizsgálatokról az **1. táblázat** tájékoztat. Az áttekinthetőség érdekében a továbbiakban a mintapéldányokra – a bonyolultabb objektum és szelvénytábla helyett – a táblázat „mintajel” oszlopában található jellel, vagy a kőzetváltozat megnevezésével hivatkozunk.

Objektum	Mintajel	Kőzet	Vékonycsiszolat	SEM / EPMA
49/7 szelvény	BOT 7	Bazaltos lapilli-tufa (1. változat)	+	+
B 2677	BOT 7/b	Bazaltos lapilli-tufa (2. változat)	+	+

1. táblázat:
Mintadarabok és elvégzett vizsgálatok.

Table 1.:
Samples and analyses



2. ábra: Makroszkópos fotók: a) bazaltos lapillitufa (1. változat BOT 7); b) bazaltos lapillitufa; gradált rétegzés (1. változat BOT 7); c) bazaltos lapillitufa (2. változat BOT 7/b); d) bazaltos lapillitufa; gradált rétegzés (2. változat BOT 7/b).

Fig. 2: Macroscopic photos: a) basaltic lapilli tuff (type 1, sample BOT 7); b) basaltic lapilli tuff: graded (type 1, sample BOT 7). ; c) basaltic lapilli tuff (type 2, sample BOT 7/b); d) basaltic lapilli tuff: graded (type 2, sample BOT 7/b).

A petrográfiai (makroszkópos és mikroszkópos) és az elektron-mikroszondás vizsgálatok eredményei

Makroszkópos jellemzőik alapján a lapillitufák két csoportba sorolhatók.

[Megjegyzés: a leletek állapota nem tette lehetővé az összes lelet összetevőinek pontos méret- és arány-vizsgálatát, ezért azokat becsléssel állapítottuk meg. Az átlagos szemcseméret, illetve a lapilli-tartalom egy-egy lelet anyagán belül is változott, ezért cikkünkben a leginkább jellemző közettípus megjelölését, azaz a lapilli-tufát használjuk].

1. változat (4 db):

Barna, szürkésbarna, üdőbb felületen szürke, szemcsevázú piroklasztit. A felületen néhol fehér, karbonátos bevonat alakult ki (**2a ábra**). A szemcseméret változó: a durvább szemcsés részen az átlagos szemcseméret 1-1,5 mm, de 4 mm-es

szemcsék is előfordulnak, a finomabb szemcsés részen a szemcsék mérete 0,5-1 mm. (**2b ábra**) A szemcseméret változása folyamatos, nincs éles réteghatár a durvább és a finomabb szemcsés rész között, azaz gradáció figyelhető meg. A szemcsék szögletesek, vagy nagyon gyengén kerekítettek, színük változatos (fekete, szürke, vörösbarna, zöldesszürke vagy fehér).

2. változat (7 db):

Barnás-szürkés színű, szemcsevázú piroklasztit, a mátrix mennyisége nagyobb, mint az 1. változatban. A felületen néhol fehér, karbonátos bevonat alakult ki. A kőzet az 1. változathoz hasonlóan gradált, de a szemcseméret durvább, mint az 1. változatnál (**2c ábra**): a durvább szemcsés részen az átlagos szemcseméret 2-3 mm, de 12 mm-es szemcsék is előfordulnak, a finomabb szemcsés részen a szemcsék mérete 0,5-3 mm. A szemcseméret változása folyamatos, nincs éles réteghatár a durvább és a finomabb szemcsés rész között. A szemcsék általában szögletesek, a kisebb

szemcsék között nagyon gyengén kerekítettek is előfordulnak, színük változatos (barna, szürke, zöldesszürke). A nagyobb, lapilli-méretű szemcsék némelyike mállott. Üde (vágott) felületen a nagyobb, több mm-es lapillik némelyikének belső szerkezete is látható: sötét alapanyagban legfeljebb 0,5 mm-es, szögletes, fehér vagy sötétszürke „porfirok” láthatóak (**2d ábra**).

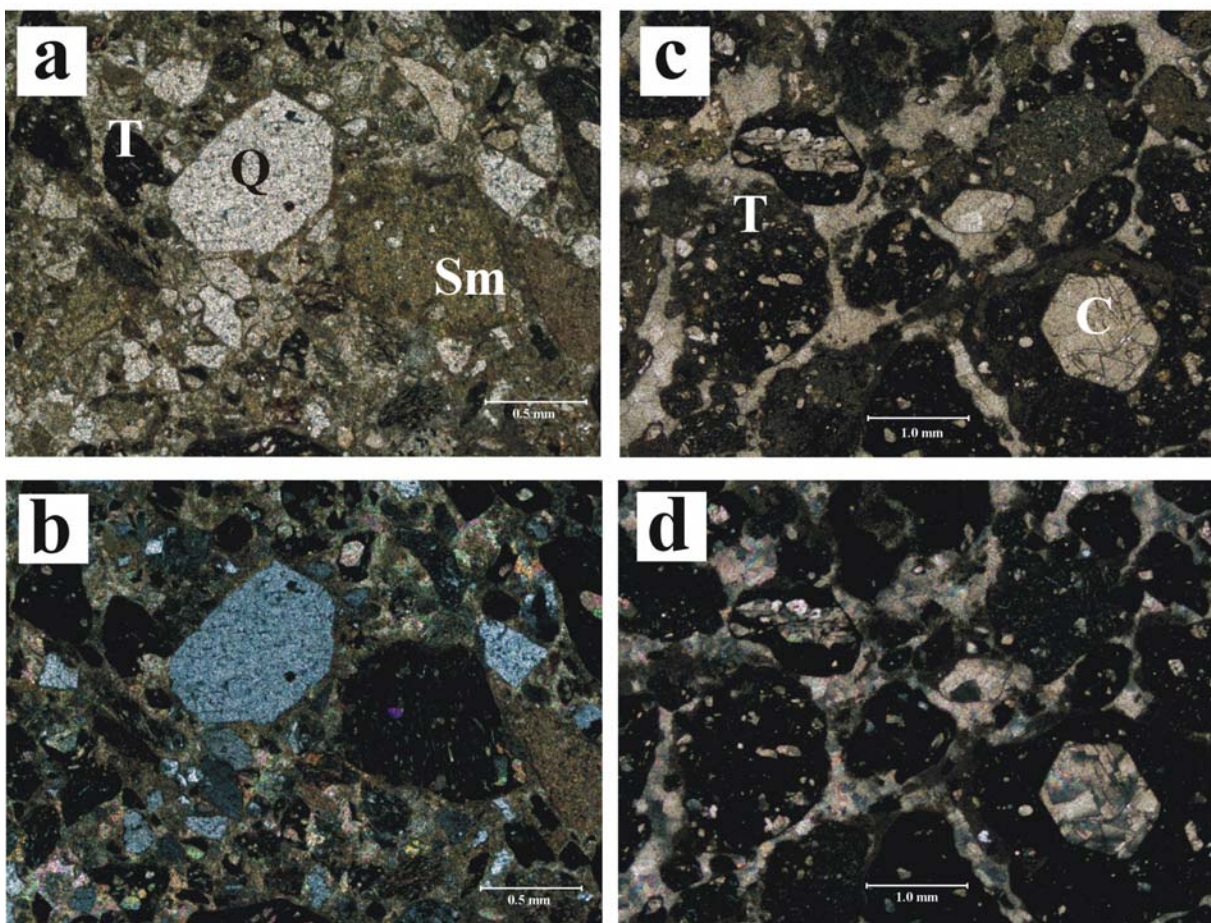
Mikroszkópos jellemzők:

1. változat:

A kőzet bazaltos lapillitufa: oligomikt, közepesen osztályozott, szemcsevázú.

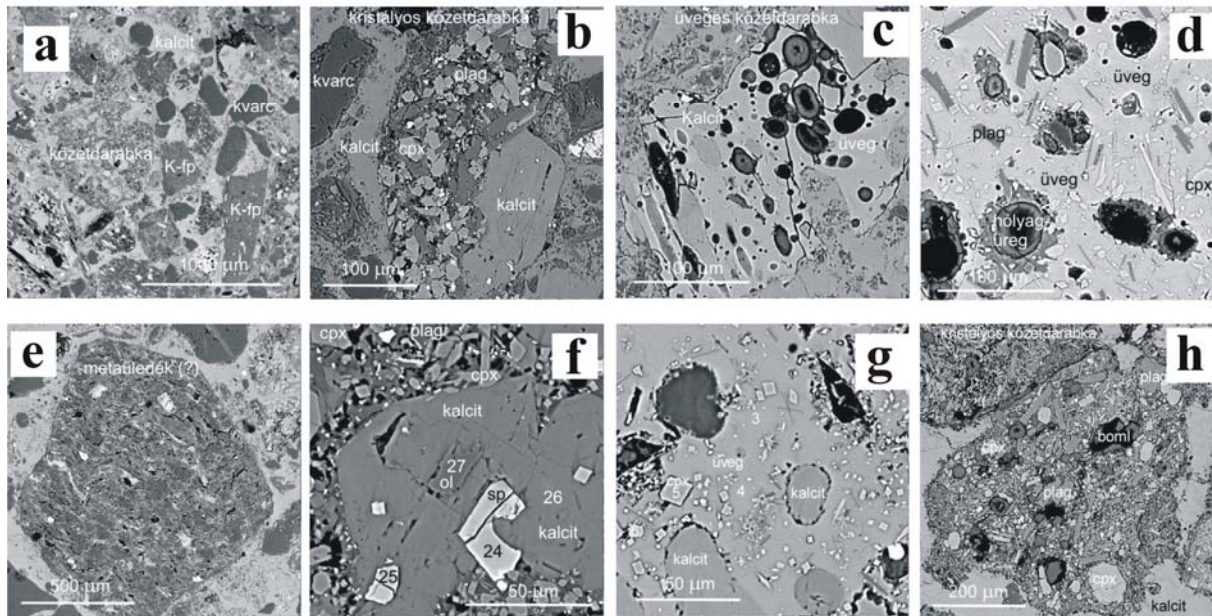
Uralkodó mennyiségben kőzettörmeléket tartalmaz, amely közepes vagy durva szemcseméretű (a

szemcsék mérete néhány száz µm-es, mm-es), általában kerekítetlen, ritkán kerekített szemcsék formájában van jelen (ami kis mértékű, akár helyben történt áthalmozásra utalhat). A kőzettörmelék uralkodóan blokkos megjelenésű, változatos szövetű, gyakran mandulaköves bazalt-törmelék: sötétszürke, fekete kőzetüvegben gömbölyű karbonátos szemcsék (mandulakövek), illetve olivin utáni karbonát-pszeudomorfózák figyelhetők meg (**3a-b ábra**). Gyakoriak a szinte teljesen üveges, hólyagüreges (mandulaköves) szilánkok: sötét színű tachilit és alárendelt mennyiségben világos színű szideromelán is. A kőzetüveg a törmelék-szemcsék szegélyén gyakran átalakult (palagonitosodott) (**3a-b ábra**).



3. ábra: a-b) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (a: 1N, b: +N): szöveti kép: kvarc (Q), szideromelán (Sm) és tachylit (T) kőzetüveg-szilánkok pátitos karbonátos mátrixban (1. változat, BOT 7); c-d) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (c: 1N, d: +N): szöveti kép: tachylit kőzetüveg-szilánkok pátitos karbonátos mátrixban. Olivin utáni kalcit pszeudomorfóza (C) palagonitosodott szegélyű tachylitben. (2. változat, BOT 7/b).

Fig. 3: a-b) Photomicrograph (a: 1N, b: +N): rock texture: quartz (Q), sideromelane (Sm) and tachylite (T) rock glass shreds in sparitic carbonate matrix (type 1, sample BOT 7); c-d) Photomicrograph (c: 1N, d: +N): rock texture: tachylite rock glass shreds in sparitic carbonate matrix. Calcite pseudomorph (C) after olivine in a palagonite rimmed tachylite (type 2, sample BOT 7/b).



4. ábra: a) SEM-fotó: szöveti kép: bazaltos kőzetdarabkák, kvarc- és kálicföldpát-szemcsék karbonátos mátrixban (1. változat, BOT 7); b) SEM-fotó: klinopiroxénből és plagioklászból álló kristályos bazalt kőzetdarabka (1. változat, BOT 7); c) SEM-fotó: üveges bazalt kőzetdarabka különböző kitöltésű hólyagüregekkel (1. változat, BOT 7); d) SEM-fotó: a c)-n látható üveges bazalt kőzetdarabka nagyított képe: klinopiroxén- és plagioklász mikrolitok a kőzetüvegben (1. változat, BOT 7); e) SEM-fotó: metaüledék kőzetdarabka (1. változat, BOT 7); f) SEM-fotó: karbonátosodott olivinszemcse idiomorf spinell-zárvánnyal. A szemcsében még van üde olivinfoszlány (1. változat, BOT 7). A számok mérési pontokat jelölnek; g) SEM-fotó: üveges kőzetdarabka klinopiroxén- és plagioklász-mikrolitokkal, kalcitos kitöltésű hólyagüregekkel (2. változat, BOT 7/b). A számok mérési pontokat jelölnek; h) SEM-fotó: klinopiroxénből és plagioklászból álló kristályos, hólyagüreges bazalt kőzetdarabka (2. változat, BOT 7/b).

Fig.4: a) SEM-photomicrograph: rock texture: basaltic rock fragments, quartz- and alkali-feldspar grains in spartic carbonate matrix (type 1, sample BOT 7); b) SEM-photomicrograph: crystalline basaltic rock fragment made from klinopyroxene and plagioclase (type 1, sample BOT 7); c) SEM-photomicrograph: glassy basaltic rock fragment with amygdalae with different filling (type 1, sample BOT 7); d) SEM-photomicrograph: the glassy basaltic rock fragment (see on picture Fig. 4.c): klinopyroxene and plagioclase microliths in the rock glass ((type 1, sample BOT 7); e) SEM-photomicrograph: metasediment rock fragment (type 1, sample BOT 7); f) SEM-photomicrograph: olivine grain turned to carbonate, with an idiomorph spinel inclusion. In the grain there is a relict part of the original olivine (type 1, sample BOT 7). The numbers are measuring points; g) SEM-photomicrograph: glassy basaltic rock fragment with klinopyroxene and plagioclase microliths and amygdalae filled with calcite (type 2, sample BOT 7/b). The numbers are measuring points; h) SEM-photomicrograph: crystalline basaltic rock fragment made from klinopyroxene and plagioclase with amygdalae (type 2, sample BOT 7/b).

A bazalttörmelék mellett alárendelt mennyiségben a vulkáni fázisok előtt képződött kőzetek feltépt törmelékei is megtalálhatók a kőzetben: kisfokú metaszediment (agyagkő?)-szemcsék, savanyú vulkanittörmelékek (világos színű üveges alapanyagszemcsék, szegélyükön vörös limonitos-hematitos elszíneződéssel), valamint szögletes, változó szemcseméretű (általában néhány száz μm -es) kvarcszemcsék és nagyméretű (mm-es), átalakult, idiomorf-hipidiomorf, táblás-léces megjelenésű kálicföldpát-szemcsék is megjelennek a kőzetben (**4a ábra**). Előfordulnak irányított, folyásos szövetű metaüledék-kőzettörmelék-szemcsék is (**4e ábra**).

Kéregzárvány (nagyméretű kvarcít sok opak szemcsével) is található a kőzetben.

A kötőanyag pátitos karbonát, helyenként limonitos-hematitos, valószínűleg későbbi cementáció terméke.

A makroszkóposan látható gradáció a csiszolatban is megfigyelhető.

2. változat:

A kőzet bazaltos lapillitufa: osztályozatlan, a szemcsék általában kerekítetlenek (a kőzet megjelenése breccsás jellegű), szemcsevázú, bár helyenként a mátrix kerül túlsúlyba.

2. táblázat: elektron-mikroszondás (EPMA) eredmények: régészeti leletek (1. változat), klinopiroxének**Table 2.** Results of EPMA: archaeological finds (type 1), clinopyroxenes.

	bazaltos lapilli-tufa – 1. változat											
	klinopiroxén (kristályos kőzettörmelékben)			klinopiroxén (porfíros, kristályos kőzettörmelék alapanyagában)						klinopiroxén (üveges kőzettörmelékben)		
SiO ₂	41,72	42,82	43,96	48,39	49,09	46,16	46,47	48,30	42,68	41,47	42,64	46,57
TiO ₂	4,25	3,57	3,27	2,19	1,53	2,55	1,86	2,20	4,15	4,63	3,53	2,26
Al ₂ O ₃	10,05	10,14	8,12	5,41	4,39	7,55	5,90	5,39	11,01	9,94	10,19	6,21
Cr ₂ O ₃	0,00	0,03	0,00	0,05	0,32	0,02	0,16	0,26	0,25	0,19	0,35	0,00
FeO	9,44	8,12	9,51	7,37	6,41	7,18	7,85	7,22	8,35	7,89	7,45	7,74
MnO	0,36	0,26	0,28	0,19	0,28	0,10	0,25	0,05	0,17	0,10	0,05	0,06
MgO	10,55	10,96	11,57	14,55	14,91	12,90	14,77	13,78	11,59	11,23	11,37	14,05
CaO	22,26	22,56	21,58	21,77	22,43	22,53	21,71	22,13	22,27	22,58	22,21	22,06
Na ₂ O	0,53	0,59	0,76	0,37	0,30	0,77	0,51	0,34	0,56	0,46	0,58	0,39
summa	99,16	99,05	99,05	100,29	99,66	99,76	99,48	99,67	101,03	98,49	98,37	99,34
Si	1,606	1,636	1,686	1,799	1,832	1,734	1,755	1,807	1,599	1,598	1,634	1,758
Al (IV)	0,394	0,364	0,314	0,201	0,168	0,266	0,245	0,193	0,401	0,402	0,366	0,242
Al (VI)	0,062	0,093	0,053	0,036	0,026	0,069	0,018	0,045	0,085	0,049	0,094	0,034
Ti	0,123	0,103	0,094	0,061	0,043	0,072	0,053	0,062	0,117	0,134	0,102	0,064
Cr	0,000	0,001	0,000	0,001	0,009	0,001	0,005	0,008	0,007	0,006	0,011	0,000
Fe	0,303	0,259	0,304	0,229	0,200	0,225	0,247	0,225	0,261	0,254	0,238	0,244
Mn	0,012	0,008	0,009	0,006	0,009	0,003	0,008	0,002	0,005	0,003	0,002	0,002
Mg	0,605	0,624	0,661	0,806	0,829	0,722	0,831	0,768	0,647	0,645	0,649	0,790
Ca	0,918	0,923	0,887	0,867	0,897	0,907	0,878	0,887	0,894	0,932	0,912	0,892
Na	0,040	0,044	0,056	0,027	0,022	0,056	0,037	0,025	0,041	0,034	0,043	0,029
Al (tot)	0,456	0,457	0,367	0,237	0,193	0,334	0,263	0,238	0,486	0,451	0,460	0,276
Mg-érték	0,666	0,707	0,685	0,779	0,806	0,762	0,771	0,773	0,713	0,717	0,732	0,764
Al ^{VI} / Al ^{IV}	0,16	0,26	0,17	0,18	0,15	0,26	0,07	0,23	0,21	0,12	0,26	0,14

Uralkodó mennyiségben ez a változat is kőzettörmeléket tartalmaz, amely általában durva szemcsés (mm-es szemcseméretű), blokkos megjelenésű, mandulaköves bazalt (sötét (sötétszürke, fekete) kőzetüvegben karbonátos mandulakövekkel, **3c-d ábra**). A bazalt-törmelék egyes szemcséiben opakásvány dúsulás figyelhető meg, egy-egy szemcsében olivin utáni kalcit

pszeudomorfózák láthatóak (**3c-d ábra**). Előfordulnak olivin átalakulásából keletkezett mélyvörös, teljes egészében iddingzitesedett szemcsék is. Gyakoriak a szinte teljesen üveges, hólyagüreges (mandulaköves) szilánkok: sötét színű tachilit és alárendelt mennyiségben világos színű szideromelán is.

3. táblázat: elektron-mikroszondás (EPMA) eredmények: régészeti leletek (2. változat), klinopiroxének**Table 3.:** Results of EPMA: archaeological finds (type 2), clinopyroxenes.

	bazaltos lapilli-tufa – 2. változat																							
	klinopiroxén (kristályos közettörmelékben; *: mikrofokristály)									klinopiroxén (üveges közettörmelékben)														
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	summa	Si	Al (IV)	Al (VI)	Ti	Cr	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	Al (tot)	Mg-érték	Al ^{VI} / Al ^{IV}	
	49,16	43,89	44,96	43,09	43,99*	45,94*	42,19	42,04	42,12	47,11	47,82	45,87	42,95	41,84										
	1,62	3,35	3,30	3,57	3,99	2,63	4,09	4,78	4,32	2,26	2,21	2,83	3,71	4,18										
	4,64	8,59	9,19	9,06	9,67	7,80	10,19	10,94	9,92	6,00	5,55	6,94	10,61	10,76										
	0,55	0,50	0,50	0,23	0,35	0,62	0,35	0,10	0,16	0,17	0,31	0,34	0,28	0,17										
	6,62	6,90	7,34	7,78	8,17	5,81	7,62	7,79	7,83	6,76	6,66	7,02	7,48	8,69										
	0,00	0,07	0,22	0,30	0,13	0,30	0,25	0,21	0,07	0,25	0,00	0,11	0,39	0,14										
	14,88	12,44	12,00	12,07	11,97	13,13	11,13	10,91	11,97	14,28	14,02	13,75	10,74	10,5										
	22,20	22,71	22,52	22,19	22,31	22,35	22,47	22,62	22,49	22,38	22,60	22,29	22,68	22,3										
	0,40	0,44	0,79	0,41	0,79	0,61	0,49	0,72	0,24	0,48	0,32	0,49	0,33	0,48										
	100,0	98,89	100,8	98,70	101,3	99,19	98,78	100,1	99,12	99,69	99,49	99,64	99,17	99,06										
	1,827	1,670	1,678	1,650	1,640	1,728	1,616	1,591	1,607	1,767	1,792	1,726	1,634	1,604										
	0,173	0,330	0,322	0,350	0,360	0,272	0,384	0,409	0,393	0,233	0,208	0,274	0,366	0,396										
	0,030	0,055	0,082	0,058	0,065	0,073	0,076	0,078	0,054	0,032	0,037	0,034	0,109	0,09										
	0,045	0,096	0,093	0,103	0,112	0,074	0,118	0,136	0,124	0,064	0,062	0,080	0,106	0,12										
	0,016	0,015	0,015	0,007	0,010	0,018	0,011	0,003	0,005	0,005	0,009	0,010	0,008	0,005										
	0,205	0,219	0,229	0,249	0,254	0,182	0,244	0,246	0,249	0,212	0,208	0,220	0,237	0,278										
	0,000	0,002	0,007	0,010	0,004	0,010	0,008	0,007	0,002	0,008	0,000	0,004	0,013	0,005										
	0,824	0,705	0,667	0,688	0,665	0,736	0,635	0,615	0,681	0,798	0,783	0,771	0,609	0,599										
	0,884	0,926	0,900	0,910	0,891	0,900	0,922	0,917	0,920	0,899	0,907	0,899	0,924	0,916										
	0,029	0,032	0,057	0,030	0,057	0,044	0,036	0,053	0,018	0,035	0,023	0,036	0,024	0,036										
	0,203	0,385	0,404	0,409	0,425	0,346	0,460	0,488	0,446	0,265	0,245	0,308	0,476	0,486										
	0,801	0,763	0,744	0,734	0,724	0,802	0,722	0,714	0,732	0,790	0,790	0,778	0,720	0,683										
	0,17	0,17	0,25	0,17	0,18	0,27	0,20	0,19	0,14	0,14	0,18	0,12	0,30	0,23										

A közetüveg a törmelékszemszék szegélyén gyakran átalakult (palagonitosodott) (**3c-d ábra**). A szemcséket uralkodóan vulkáni eredetű törmelék alkotja, kevésbé oligomikt, mint az 1. változat, csak nagyon kevés kistok metamorf jelenik meg.

Kéregzárvány (több mm-es kvarcit sok opak szemcsével) is található a közetben.

A kötőanyag pátitos karbonát, a közetet teljesen átítatja, valószínűleg későbbi cementáció terméke.

Elektron-mikroszondás vizsgálatok eredményei:

A bazaltos közettörmelék kristályosságai fokuk alapján két csoportba sorolhatók, mindkét csoport megtalálható mindkét változatban.

Az első csoportba teljesen kristályos, intergranuláris vagy porfíros intergranuláris szövétű közettörmelékek tartoznak, amelyek fő alkotói titánaugit összetételű klinopiroxének (TiO_2 -tartalom: 3,27-4,78%, Al_2O_3 -tartalom: 8,12-10,94%, **2-3. táblázat**) és An_{64-71} -összetételű plagioklászok, illetve az alapanyagukban szintén titánaugitos, de változatosabb összetételű klinopiroxének (TiO_2 -tartalom: 1,53-4,15%, Al_2O_3 -tartalom: 4,39-11,01%, **2-3. táblázat**) és An_{62-69} -összetételű plagioklászok (**4b, h ábra**). Nagyon ritkán 60-80 μm -es nagyságú, idiomorf klinopiroxén (titánaugit) mikrofenokristályok is előfordulnak (TiO_2 -tartalom: 2,63-3,99%, Al_2O_3 -tartalom: 7,80-9,67%, **2-3. táblázat, 4h ábra**). Az egykori alkáli bazalt olivin fenó- és xenokristályai karbonátosodtak, helyüket 5-7%-os vastartalmú kalcit töltötte ki. A kalcitos szemcsék eredetét nem csak a bazaltos törmelékben való megjelenésük és alakjuk bizonyítja, néhány szemcsében ugyanis még előfordulnak nagyon kis méretű, üde (Fo_{87} -összetételű) olivin-reliktumok és az olivin-kristályokra jellemző idiomorf króm-spinell zárványok is (28-30% Cr_2O_3 -tartalommal, 0,9% TiO_2 -tartalommal) (**4f ábra**). Néhány kőzetdarabkában titanomagnetit-kristályok is találhatóak (TiO_2 -tartalom: 16,36-17,36%, FeO -tartalom: 62-91-66,70%).

A második csoportba szinte teljesen üveges törmelékszemcsék (tachilitek, szideromelánok) tartoznak, amelyekben karbonátos (illetve azonosítatlan szilikátos) kitöltésű hólyagüregek, valamint igen apró (10-50 μm -es), idiomorf klinopiroxén- és plagioklász-kristályok vannak (**4c-d, g ábra**). A kőzetüveg összetétele alkáli-bazaltokra jellemző (**4. táblázat**). A klinopiroxén ebben a típusban is titánaugit (2,21-4,63% TiO_2 -tartalommal és 5,55-10,76% Al_2O_3 -tartalommal, **2-3. táblázat**), a plagioklászok An_{67-71} -összetételűek. Az üvegben ritkán bontott szegélyű albit-szemcsék is megjelennek ($\text{An}_{1,7}\text{Ab}_{95,7}\text{Or}_{2,5}$).

A kétféle bazaltos közettörmelékben előforduló klinopiroxének és plagioklászok összetétele nagyon hasonló, alkáli-bazaltokra jellemző típusú, az üveges törmelékek kőzetüvegének összetétele is a differenciált (alacsonyabb magnézium-tartalmú) alkáli-bazaltokra jellemző (**7. ábra**).

Az 1. változatban nagyobb számban megjelenő (a 2. változathoz szinte teljesen hiányzó) metaüledékek kvarcot, káliföldpátot ($\text{An}_{0,2}\text{Ab}_{28,9}\text{Or}_{70,9}$) és ezek bomlástermékeit tartalmazzák (**4e ábra**).

A mátrix vastartalmú kalcit (5-7% FeO -tartalommal), amely lényegében megegyezik az olivin utáni átalakokat alkotó kalcit vastartalmával, bár a vas eloszlása nem egyenletes, apróbb

foltokban magasabb, illetve alacsonyabb a kalcit vastartalma.

Lehetséges forrásterületek

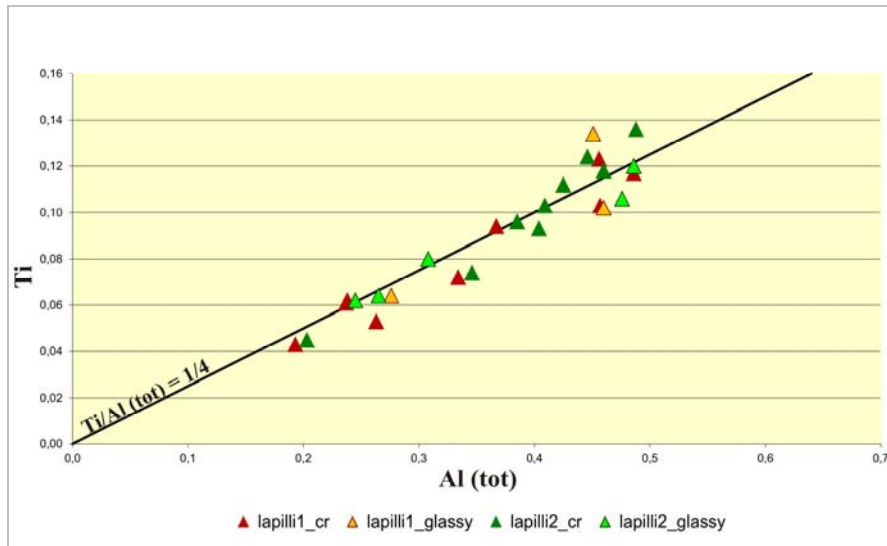
A szerszámkövek (pl. őrlőkövek) készítéséhez alkalmas nyersanyagoknak csak alacsonyabb minőségi követelményeknek kell megfelelnie, mint egy csiszolt kőeszköz (kőbalt) nyersanyagának. Éppen ezért nem valószínű, hogy ez a nyersanyag távoli forrásterületről származna. A régészeti lelőhelyről előkerült bazalt anyagú kőbalták vizsgálatával (Péterdi et al. 2011) ellentétben ezért a Kárpát-medence neogén bazaltos vulkáni területei közül részletesen nem vizsgáltuk az alábbiakat: Grazi-medence (Ausztria), Burgenland (Ausztria), Nógrád – Medves-fennsík, Közép-Szlovákia (Selmecbányai-hegység) (Szlovákia), Persányi-hegység, (Románia), Bánát (Románia); mindazonáltal a későbbiekben utalunk egy-egy terület jellemző tulajdonságára, amely alapján - a földrajzi távolság mellett - kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

A Balaton-felvidéki és kislalföldi bazaltvulkánok nagy része nem csak lávaközeteket, hanem piroklasztitokat is produkált, gyakran nagyobb mennyiségben, mint lávaközeteket. Ulrike Martin és Németh Károly összefoglaló munkája (Martin & Németh 2004) alapján sorra vettük az egyes lelőhelyeket. Terjedelmi okokból jelen dolgozatban csak a potenciális nyersanyagforrásként szóba jöhető lelőhelyeket mutatjuk be részletesebben.

Ásványkémiiai elemzési eredmények értelmezése – összehasonlítás a lehetséges forrásterületekkel

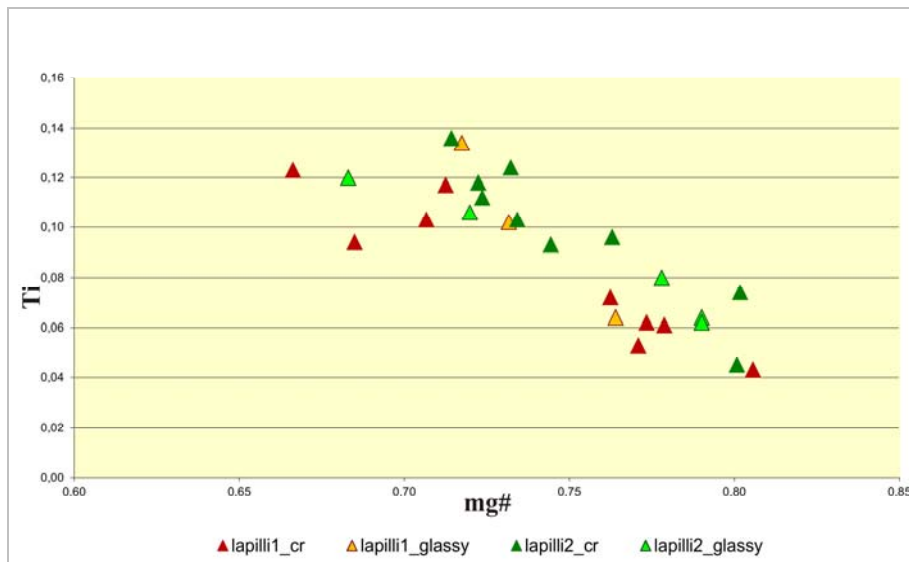
Klinopiroxén a bazaltos közettörmelékben

A régészeti leletek anyagában megjelenő bazaltos közettörmelékben található klinopiroxének titán-alumínium-arányai jól illeszkednek az 1:4 egyenesre (a kristályos és az üveges típusban egyaránt) (**5. ábra**). Ez az arány jellemző a lelőhelyről előkerült bazalt anyagú kőbalták nyersanyagában előforduló klinopiroxénekre is (Péterdi et al. 2011), valamint a Balaton-felvidéki bazaltokban megjelenő titánaugit-kristályokra (Dobosi 1989, Kóthay 2009). [Megjegyezzük, hogy a rendelkezésre álló irodalmi adatok alapján ugyanilyen arány jellemző a Grazi-medence bazaltjainak alapanyagában és mikrofenokristályként megjelenő klinopiroxénekre is (Dobosi et al. 1991). A nógrádi bazaltok titánaugitjai között az 1:4-aránynál kisebb értékek is nagy számban megfigyelhetők (egészen 1:8-arányig) (Dobosi 1989), a Pálhegy bazaltjaiban pedig magasabb (1:3, 1:2) arány jellemző (Dobosi et al. 1991).]



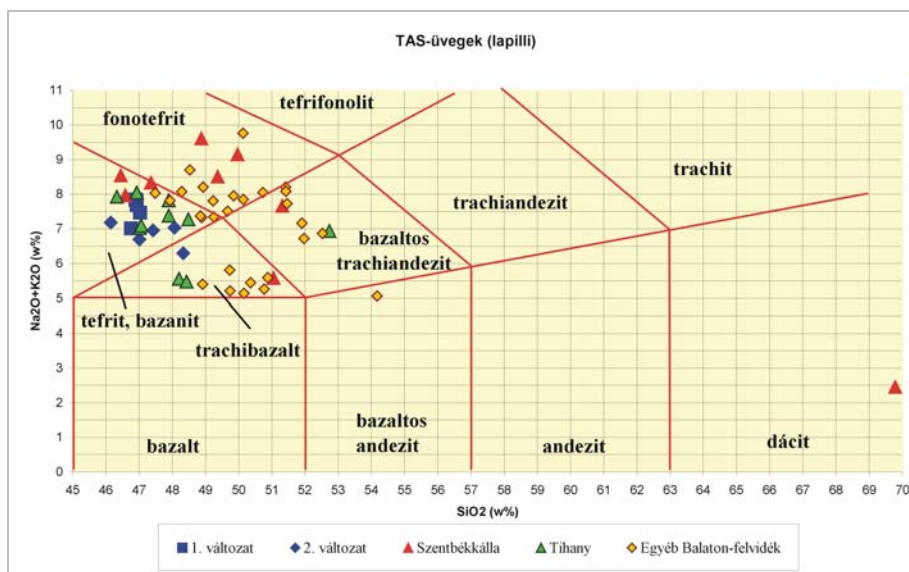
5. ábra: Ásványkémia. Klinopiroxének Ti-tartalma az Al-tartalom függvényében (régészeti leletek). (Jelölések: cr: kristályos kőzetdarabka, glassy: üveges kőzetdarabka.)

Fig. 5: Mineral-chemistry. Ti-content as a function of Al(total)-content of clinopyroxenes (archaeological finds). (Notations: cr: crystalline rock fragment, glassy: glassy rock fragment.)



6. ábra: Ásványkémia. Klinopiroxének Ti-tartalma magnézium-szám függvényében. (régészeti leletek). (Jelölések: cr: kristályos kőzetdarabka, glassy: üveges kőzetdarabka.)

Fig. 6: Mineral-chemistry. Ti-content as a function of the mg-number (mg) of clinopyroxenes (archaeological finds). (Notations: cr: crystalline rock fragment, glassy: glassy rock fragment.)



7. ábra: Bazaltos lapillituffokban és tuffokban megjelenő kőzetüvegszilánkok összetétele. TAS (Total Alkali-Silica)-diagram (régészeti leletek; geológiai lelőhelyek a Balaton-felvidéken (Németh et al. 2003; Martin & Németh 2004)).

Fig. 7: Chemistry of the glass sherds in basaltic lapilli tuffs and tuffs. TAS (Total Alkali-Silica)-diagram [archaeological finds; geological sites on the Balaton-Highland (Németh et al. 2003; Martin & Németh 2004)]

4. táblázat: elektron-mikroszondás (EPMA) eredmények: régészeti leletek, kőzetüveg (üveges kőzettörmelék)**Table 4.: Results of EPMA: archaeological finds, rock glass (glassy rock fragments)**

	bazaltos lapilli-tufa – 1. változat					bazaltos lapilli-tufa – 2. változat				
SiO ₂	47,15	45,48	45,78	45,84	45,89	46,36	44,5	46,9	45,79	46,79
TiO ₂	2,67	2,55	2,77	2,78	2,82	2,35	2,39	2,61	2,58	2,69
Al ₂ O ₃	17,61	17,7	16,79	16,83	17,07	18,03	17,52	18,48	16,92	17,65
FeO	9,43	8,74	10,75	10,7	9,7	10,01	9,83	10,44	10,37	10,56
MnO	0,17	0,03	0,14	0,26	0,44	0,09	0,21	0,29	0,22	0,21
MgO	4,63	4,68	4,09	3,86	4,31	4,39	4,23	3,68	3,74	3,63
CaO	11,1	11,26	9,73	9,77	9,95	10,77	10,82	9,62	9,15	8,97
Na ₂ O	4,98	4,42	4,58	4,61	4,84	3,83	4,1	3,81	2,94	3,58
K ₂ O	2,51	2,41	2,92	3,04	2,85	2,78	2,83	3,07	3,03	3,27
summa	100,25	97,27	97,55	97,69	97,87	98,61	96,43	98,9	94,74	97,35

A régészeti leletek klinopiroxénjeinek magnézium-száma (0,67-0,81) is a Pannon-medence fiatal bazaltjaira jellemző tartományba (0,69-0,86, Dobosi 1989) esik, és ezekhez ugyancsak hasonlóan a titán-, illetve alumínium-tartalom növekedésével a magnéziumszám csökken (Dobosi 1989; Dobosi et al. 1991, Kóthay 2009) (**6. ábra**). A lelőhelyről előkerült bazalt anyagú kőbalták nyersanyagában előforduló klinopiroxének magnézium-száma is gyakorlatilag ugyanebbe a tartományba esik (0,71-0,84, Péterdi et al. 2011).

Az Al^{VI}/Al^{IV}-arány a vizsgált minták klinopiroxénjeiben 0,07-0,30 között változik, az átlagérték 0,19. Ezek az értékek egybeesnek a Balaton-felvidéki bazaltok piroxénjeire jellemző Al^{VI}/Al^{IV} értékekkel (arány: 0,04-0,57 között, átlag: 0,29, Dobosi 1989), valamint a lelőhelyről előkerült bazalt anyagú kőbalták nyersanyagában előforduló klinopiroxénekre jellemző értékekkel (arány: 0,06-0,40 között, átlag: 0,20, Péterdi et al. 2011). [Megjegyezzük, hogy a rendelkezésre álló irodalmi adatok alapján a nógrádi bazaltokra jellemző Al^{VI}/Al^{IV} értékek magasabbak (arány: 0,40-1,02 között, átlag: 0,60, Dobosi 1989), a Grazi-medence és Pálhegy (Burgenland) bazaltjaira azonban a Balaton-felvidékihez hasonló, alacsony értékek a jellemzőek, kivéve Stradner Kogel lelőhelyet, ahol a nógrádi bazaltoknál is magasabb értékek jellemzőek (Dobosi et al. 1991).]

Kőzetüveg a bazaltban

A régészeti leletekben megjelenő bazaltos kőzetüveg darabok (tachilitek) összetétele a TAS (total-alkali-silica) – diagramon a tefrit-bazanit,

illetve a trachibazalt tartományba esik (**7. ábra**). A Balaton-felvidéki bazaltos piroklasztitokban előforduló kőzetüvegszilánkok összetétele szintén lefedi ezt a tartományt, de a fonotefrit, bazaltos trachandezit mezőbe is nagymértékben átnyúlik (**7. ábra**, Németh et al. 2003; Martin & Németh 2004). A kőzetüveg szilánkok összetétele egy-egy lelőhelyen belül is nagy változatosságot mutat (lásd pl. a szentbékálai vagy tihanyi kőzetüveg-összetételeket, **7. ábra**). A terület piroklasztitjai között a legdifferenciáltabb kőzetüvegek tefrifonolitos összetételűek (Martin & Németh 2004).

Kizárt nyersanyagforrások

A régészeti leletek nyersanyagának forrásterületei közül a kőzetüvegszilánkok kémiai összetétele alapján kizárható: a Horog-hegy és a Fekete-hegy. (Martin & Németh 2004)

A felszakított kőzettörmelékben megjelenő mezozoós karbonátos kőzetek miatt kizárható: a Horog-hegy, a Kis-Hegyestű, Hegyesd, a Bondoró-hegy, Szentbékálai és a Harasztos-hegy.

Akkreciós lapilli-tartalom miatt kizárható: a Bondoró-hegy, a pulai 3. fácies, a Kissomlyó 1. egysége és a Ság-hegy. (Martin & Németh 2004)

A felszakított kőzettörmelékben megjelenő nagy mennyiségű permi vörös homokkő miatt kizárható: a tihanyi freatomagmás egységek nagy része (PH 1-3). (Martin & Németh 2004)

Amfibolttartalom alapján kizárható: Balatonboglár (Martin & Németh 2004); valamint Fonyód (Vitális 1904).

Lherzolit- és amfibolit-zárványok alapján kizárható: a szigligeti 1. egység. (Martin & Németh 2004)

A mátrix nagy aránya miatt (mátrixvázú tufák, lapillitufák) kizárható: Szentbékka, a szigligeti 1. egység, Szentgyörgy-hegy, az uzsai 1. egység, Ság-hegy, Egyházaskesző, a Gérce-Sitke közötti dombok és a Somló. (Martin & Németh 2004)

A mátrix nagy muszkovittartalma miatt kizárható: a zánkai Vár-hegy, a Horog-hegy, a Kissomlyó 2. egységének finomszemcsés rétegei, Egyházaskesző, Hercsehegy és a Somló. (Martin & Németh 2004)

A tachilitokban csapdázódott iszaptörmelék illetve vulkáni hamu alapján: a Véndek-hegy és a Hármashegy. (Martin & Németh 2004)

A lapillik közepes vagy jó kerekítettsége, koptatottsága alapján kizárható: a tihanyi 1. és 2. maart kitöltő egységek (ML 1-2), valamint a Kissomlyó 2. egységének durvaszemcsés rétegei. (Martin & Németh 2004)

A leírások alapján a kőzetüveg szilánkok között a világos színű szideromelán üvegszilánkok túlsúlyával jellemezhető piroklasztitok, amelyekben tachilit nem, vagy csak alárendelt mennyiségben található a következők: a Haláp, a Badacsony, a szigligeti 2. egység, az uzsai 1. egység, a Tátika, a Ság-hegy és Gérce-Sitke. (Martin & Németh 2004)

Kizárható még a pulai 1. fácies a vulkáni üveg szilánkok alárendelt mennyisége miatt és a pulai 4. fácies a nagy mennyiségű kristálytörmelék (olivin, piroxén) miatt. (Martin & Németh 2004)

[Megjegyezzük, hogy a rendelkezésre álló irodalmi adatok alapján az alábbi - a régészeti lelőhelytől nagyobb távolságban fekvő - geológiai lelőhelyek is biztonságosan kizárhatók:

Grad (Szlovénia) - akkréciós lapilli-tartalom miatt; a Tobajhoz közeli Kálvária-hegy (Binderberg, Ausztria) - amfibolttartalom alapján; Hárspatak (Limbach, Ausztria) - mivel a kőzetüveg-szilánkok között tachilit nem, vagy csak alárendelt mennyiségben található. (Martin & Németh 2004)]

Nyersanyagforrásként szóba jöhető (és ki nem zárható) lelőhelyek

A régészeti leletek anyagára hasonlít a Hajagos/Diszel, a Csobánc, a Kereki-hegy, a szigligeti 3. egység, az uzsai 2. egység, a Bazsi és Tátika között felszínre bukkanó piroklasztitok (lásd alább).

A nyersanyagforrásként szóba jöhető lelőhelyek:

- Hajagos/Diszel: durvaszemcsés, gradált lapillitufa és finomszemcsés tufa rétegcsoportok váltakoznak.

A bázisos, kissé mikrohólyagüreges, főként tachilit kőzetüveg-szilánkok mérsékelten kerekítettek, szegélyük átalakult. A szögletes szideromelán kőzetüveg-szilánkok mennyisége alárendelt, a bennük megjelenő mikrolitok gyengén irányítottan helyezkednek el. Újra feltépett, áthalmazott lapillitufa klaszterek (egy korábban konszolidálódott lapillitufa törmelékei) is előfordulnak. A durvaszemcsés lapillitufákat később áttörő lávaközetek kontaktusán kialakult peperitekben nagyon vékony (kevesebb, mint 1 mm-es) hülési szegélyű, legfeljebb néhány cm-es méretű bazanittörmelék található. (Martin & Németh 2004)

- Csobánc: rosszul rétegzett, gyengén osztályozott, gyakran szemcsevázú lapillitufa és lapillikő. Nagy mennyiségű juvenilis elegyrész tartalmaz, gazdag erősen palagonitosodott vulkáni üvegszilánkokban. Az eredeti mátrix valószínűleg kimosódott, a helyét kalcit foglalta el. A mátrixban aleurit- és homokszemcsék is vannak, az iszapdarabok között néhány lapilliméretű is előfordul. (Martin & Németh 2004) A gyenge osztályozottság és rétegzettség miatt ez a lelőhely csak a régészeti leletek 2. változatának nyersanyagforrásként kerülhet szóba.

- Kereki-hegy: jól rétegzett piroklasztitok, gazdagok megnyúlt, vagy blokkos, mérsékelten mikrohólyagüreges, tefrites összetételű vulkáni üvegszilánkokban. A felszakított kőzetdarabok között neogén sziliciklasztos üledékek törmelékei fordulnak elő. (Martin & Németh 2004) A régészeti leletekben található üvegszilánkok között főként blokkos, nem megnyúlt alakúak találhatók, de emiatt a lelőhely nem zárható ki biztonságosan a potenciális nyersanyagforrások közül.

- Szigliget, 3. egység: finomtól durvaszemcsésig változó szemcseméretű, rétegzett, felszakított kőzettörmelékben gazdag, üveges lapillitufa és tufapadok. Mélységi kőzet-zárványok ritkák. A kőzet főként felszakított kőzettörmelékekből áll, ezek a sekély prevulkáni sorozatból (neogén sziliciklasztos kőzetekből) eredeztethetők. Az osztályozatlan mátrix diszperz eloszlásban kvarcsemcséket tartalmaz. Akkréciós lapillik nincsenek, de kvarcsemcsékből álló csomók gyakoriak. Előfordulnak nagyméretű, megsült szegélyű neogén üledékdarabok is. Az egység legfelső részén juvenilis elegyrészekben gazdag piroklasztitok található. A szemcsevázú, gyakran kalcittal cementált, inverz gradált lapillikővek lencsét formálnak. Másutt lencsékben normál gradáció is megfigyelhető. Ez utóbbiakban koptatott lapillikődarabok található, amelyekből gyakran hiányzik a hamu-szemcseméretű mátrix, és karakteresen inverz gradáltak. (Martin & Németh 2004)

A vulkáni üveg-szilánkok szögletesek, a nem hólyagüreges változatoktól az erősen

hólyagüregesekig változatos mértékben hólyagüregesek, összetételük tefrites, fonotefrites. (Martin & Németh 2004) A régészeti leletek lehetséges nyersforrásai az egység legfelső részén megjelenő, juvenilis elegyrészekben gazdag kőzetek.

- Uzsa, 2. egység: vörös, gyengén rétegzett, salakos lapillitufa és tufabreccsa, nagyszámú, fluidális szövetű, változatos mértékben hólyagüreges láva-törmelékkel. Ez az egység nagy léptékben gradációt mutat. (Martin & Németh 2004)

- Bazsi és Tátika között: kis vulkanoklasztos egységek, amelyekben a vulkanogén klasztok szögletes, nem, vagy csak mérsékelten hólyagüreges, fekete, bazanitos összetételű, teljesen kristályos vagy tachilites szövetű törmelékek, gyakran akár cm széles palagonitos szegéllyel, finomszemcsés, homogenizált aleuritós, homokos mátrixban. (Martin & Németh 2004)

Fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy ezen lelőhelyek közül a Hajagos/Diszel és Uzsa a régészeti lelőhelyről előkerült bazalt-anyagú régészeti leletek (csiszolt kőeszközök) lehetséges forrásterületeként is felmerült (Péterdi et al. 2011).

A leírások részleges volta miatt a nyersanyagforrások közül ki nem zárható lelőhelyek:

- Tihany, 4. freatomagmás egység (PH 4): a kőzettörmelék aránya 80% körül van, a feltépett klasztok között sok a neogén sziliciklasztos törmelék, a perm vörös homokkő-törmelék aránya 10% alatt marad.

- Pula, 2. fácies: vastagabb pados, durvaszemcsés lapillitufa, nagyrészt inverz gradált rétegekkel. A kőzetüvegszilánkok összetétele tefrites, fonotefrites, szögletes alakúak, mérsékelten hólyagüregesek és mikrolitszegények.

- Kab-hegy: hólyagüreges, salakos lapilliket tartalmazó lapillitufák.

- Gulács: kevés, rosszul feltárt piroklasztit, ezek vulkáni üvegszilánkokat, iszapkő és aleurolit-töredékeket tartalmazó lapillitufák.

- Gércse-Sitke: a tufagyűrűben előforduló mátrixban szegény, vulkáni üvegszilánkokban gazdag, kalcit-cementált kőzetváltozatok.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket fejezzük ki a Balatonöszöd-Temetői dűlő lelőhely feltárását vezető Horváth Tündének, a

leletanyag rendelkezésre bocsátásáért, Sági Tamásnak az alapos és aprólékos lektorálásért, valamint a vizsgálatok finanszírozásában nyújtott segítségért az OTKA K 62874 és K 100385 számú kutatási programjának.

Irodalom

DOBOSI, G. (1989): Clinopyroxene zoning patterns in the young alkali basalts of Hungary and their petrogenetic significance. *Contributions to Mineralogy and Petrology* **101** 112–121.

DOBOSI, G., SCHULTZ-GÜTTLER, R., KURAT, G. & KRACHER, A. (1991): Pyroxene Chemistry and Evolution of Alkali Basaltic Rocks from Burgenland and Styria, Austria. *Mineralogy and Petrology* **43** 275–292.

HORVÁTH, T., S. SVINGOR, É. & MOLNÁR, M. (2006): Újabb adatok a baden-péceli kultúra keltezéséhez. *Archeometriai Műhely* (<http://www.ace.hu/am>) **3/3** 19–30.

HORVÁTH, T. (2010): Megfigyelések a középső és késő rézkori kultúrák fazekasáruin Balatonöszöd – Temetői dűlő lelőhelyen. Készítéstechnikai vizsgálatok. *Archeometriai Műhely* (<http://www.ace.hu/am>) **7/1** 51–82.

KÓTHAY, K. (2009): Alkáli bazaltos magma fejlődéstörténete szilikátolvadék-zárványok vizsgálata alapján, a Balaton-felvidéki Hegyestű és Haláp példáján (közvetlen PhD dolgozat, ELTE TTK FFI Közéleti és Geokémiai Tsz.)

MARTIN, U. & NÉMETH, K. (2004): Mio/Pliocene Phreatomagmatic Volcanism in the Western Pannonian Basin. *Geologica Hungarica Series Geologica* **26** 1–193.

NÉMETH, K., MARTIN, U. & CSILLAG, G. (2003): Lepusztult freatomagmás vulkáni kráter és kúrtökítőltés-roncsok (diatrémák) a Bakony-Balaton-felvidék vulkáni területén. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2000-2001*: 83–99.

PÉTERDI, B., SZAKMÁNY, Gy., JUDIK, K., DOBOSI, G., KOVÁCS, J., KASZTOVSZKY, Zs. & SZILÁGYI, V. (2011): Bazalt anyagú csiszolt kőeszközök közzetani és geokémiai vizsgálata (Balatonöszöd – Temetői Dűlő lelőhely). *Archeometriai Műhely* **8/1** 33–68.

VITÁLIS, I. (1904): Adatok a Balaton-felvidék bazaltos kőzeteinek ismeretéhez. *Földtani Közöny* **34** 377–399.