

ARCHAOMETRICAL RESEARCH OF LITHIC RAW MATERIALS FOR EARLY NEOLITHIC PREHISTORIC COMMUNITIES WITH THE HELP OF PROMPT GAMMA ACTIVATION ANALYSIS: THE AIMS OF PROJECT, CURRENT ACHIEVEMENTS AND FUTURE PERSPECTIVES

KORA-NEOLITIKUS KÖZÖSSÉGEK KŐESZKÖZEINEK ARCHEOMETRIAI VIZSGÁLATA PROMPT GAMMA AKTIVÁCIÓS ANALÍZISSSEL - KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A RADIOLARITOKRA ÉS OBSZIDIÁNOKRA: A PROGRAM CÉLKITŰZÉSEI, EREDMÉNYEI ÉS PERSPEKTÍVÁI

TIHOMILA TEŽAK-GREGL & MARCEL BURIĆ

Zagreb University

Email: mburic@ffzg.hr

Abstract

After two initial years of work on Hungarian-Croatian project "Archaeometrical research of lithic raw materials for early Neolithic prehistoric communities with the help of Prompt Gamma Activation Analysis, with special regard to radiolarites and obsidians", this paper brings part of its outcomes: current achievements and guidelines for future steps from Croatian perspective. The very first petrographical analyses of Neolithic obsidian and radiolarites excavated on Croatian soil were covered with this research. Also, a few accessible samples from Bosnia and Herzegovina were also processed for a first time. Authors suggest a potential obsidian data-base in which all (or part of) known information of analysed samples would be stored and accessible via Internet.

Kivonat

Két éves együttműködés alapján szeretnénk beszámolni a következőkben a "Kora-neolitikus közösségek kőeszközeinek archeometriai vizsgálata Prompt Gamma Aktivációs Analízissel - különös tekintettel a radiolaritokra és obszidiánokra" című és tartalmú horvát-magyar kétoldalú nemzetközi együttműködési program eredményeiről, és felvázolni a további együttműködési terveket a horvát fél szempontjából. Ebben a programban valósult meg először horvátországi régészeti lelőhelyekről származó obszidián és radiolarit eszközök vizsgálata; továbbá, néhány mintát volt alkalmunk megvizsgálni Bosznia-Hercegovina területéről is. A szerzők javasolják egy interneten keresztül elérhető obszidián adatbázis létrehozását is, ahol a vizsgált minták adatai hozzáférhetővé tehetők.

KEYWORDS: OBSIDIAN, RADIOLARITE, STONE ARTEFACTS

KULCSSZAVAK: OBSZIDIÁN, RADIOLARITE, KŐESZKÖZÖK

The Aims

The project Archaeometry research of lithic raw materials for early Neolithic prehistoric communities with the help of Prompt Gamma Activation Analysis, with special regard to radiolarites and obsidians has not been finished, although participants in the projects met this October in Budapest for the closing event. But it was not the time to make great and final conclusions - the project just came to the end of the initial phase. Why did we choose exactly this subject? The lithic implements gave the name to the longest period in human history i.e. prehistory - the term Neolithic, deriving from ancient Greek, as well as its counterparts in other languages, is determined by the fact that the stone was the most

important raw material for producing tools, weapons and other artifacts - at least the material that archaeology can prove. For a long time of prehistoric research such artifacts have mostly been studied by the means of their typological and stylistic features. Though we must say that even the 19th century archaeologists, with the help of the geologists, already tried to analyse the petrographic and mineralogical contents of the stone artifacts. The study of the raw material, that had been used by different prehistoric communities, is very important in tracing the movement of prehistoric goods and, consequently people, what is one of the key questions of the process of Neolithisation. So one of the main aims of the outlined project was to find out the possible sources of defined raw material. We chose radiolarites and obsidians because both of them are key-elements in the lithic

supply of the Carpathian Basin and they could be found in most Neolithic assemblages. Present-day Hungary and Croatia were parts of the same area, Carpathian or Pannonian basin and during the most part of prehistory they had similar situation, the same or very close related prehistoric communities settled both territories. We know that from various archaeological evidence, but we wanted to confirm those connections also in the sense of exchange not only of the goods but also of the raw material. That is best evident concerning the supply of obsidian - there are no geological resources of obsidian on the territory of present-day Croatia. And yet we have obsidian artifacts at many Neolithic sites in Croatia. If we want to trace the sources and the routes of its origin and distribution we had to look to Carpathian or to Mediterranean sources. Of course we already supposed that the most obsidian implements found in the context of Neolithic cultures, especially Sopot Culture, in the northern part of Croatia, should originate from Carpathian basin, i.e. northern Hungary, and that the artifacts along the Adriatic coast should most probably derive from Italian sources. Questionable was the area of Bosnia and Hercegovina which had always been the transitional zone between Pannonian and Mediterranean part of Croatia. The archaeological evidence already showed the cultural mixture of both influences, Adriatic and Pannonian. Once again, thanks to the results gained during this project, we confirmed that the area in question was the border zone in the sense of supply of obsidian. At the central Bosnian Neolithic sites we found obsidian deriving from both areas, Carpathian and Mediterranean, as will be discussed in more detail in following lines.

Since the beginning of the study of the lithic raw material the largest problem were the methods applied. Most of them are destructive - they damage or even destroy archaeological artifacts. Of course archaeologists and museums curators are not supposed to allow that. It is necessary to apply a non-destructive method, which Prompt Gamma Activation Analysis proved to be.

What did we achieve during the last two years? We collected both samples, archaeological and geological, we found out possible sources of radiolarites also in Croatia, we confirm import from the territory of Hungary to the territory of Northern Croatia and Central Bosnia, we confirm the import from the Italian sources to the Croatian Adriatic coast as well as to central Bosnia where we also defined the border zone. When concerning Croatia we finally started systematic raw material prospection and mapping of raw material resources. While looking for the possible sources of raw

material we found for the first time in Croatia traces of prehistoric mining activities. The main aim of the project has been fulfilled in the sense that we started creating the data basis of archaeological artifacts and geological samples of radiolarites and obsidian, originated from the areas of Hungary, Croatia and Bosnia and Herzegovina.

As said at the beginning, this is not the end of our work, this is only the initial phase in which we proved that our choice of the subject and the method applied was good and effective and that we should continue in the same way. How to go on and what would be the perspectives of our future work?

Perspective and achievements on obsidian samples

The perspective of the project we see in developing the data basis (which would include the results of the analyses, illustrations of the artifacts and samples, referent literature), enlarging it and make it available to all interested scientists. The fact is that 100% of available Croatian and Bosnian obsidian (archaeological) artifacts were enfolded within this project. One should keep in mind that there was no single analysis performed on such material from both countries. Shape of Croatia (horseshoe shape), division of its Neolithic into two main geographical groups (continental and coastal group) as well as some other features, gives an opportunity to "predict" the spread of luxurious and imported material like obsidian (Fig. 1). Since the two nearest neighbouring sources of obsidian lies north and south of Croatia, import of obsidian is divided in the same manner: imports to continental part originate from Carpathian source while obsidian finds from coastal sites belong to western Mediterranean source group.

After those "expected" results, a new question raised: where does the border between Carpathian and Mediterranean obsidian lie? Thanks to excellent collaboration with the archaeological institutions in Bosnia and Herzegovina and their scholars (namely Zilka Kujundžić-Vejzagić and Ljiljana Jevtić from the Prehistory Section of National Museum of Bosnia and Herzegovina in Sarajevo), we were able to collect all known Neolithic obsidian finds from old excavations in Obre I and Gornja Tuzla. During that collection process, a new excavation at Okolište (Central Bosnia) was performed by the German archaeological team. The excavations were conducted by Prof. Dr. Johannes Müller, Institut für Ur- und Frühgeschichte, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Germany.



Fig. 1: Map of obsidian sources from which archaeological obsidians are found in Croatia and B&H. Red dot marks Central Bosnian sites (Okolište and Obre). (Map provided by Google Earth, 2009.)

1. ábra: A horvátországi és bosznia-hercegovinai régészeti obszidiánok és a nyersanyagforrások. A vörös kör a közép-boszniai lelőhelyeket jelzi (Okolište and Obre). (Google Earth térkép, 2009.)

The two sites situated in Central Bosnia (Obre and Okolište) show to be lying on the exact border zone between above mentioned obsidian sources (Fig. 1). It is important to emphasise that Obre contains the obsidians from Carpathian and W Mediterranean sources, following the same pattern visible on Neolithic pottery flow (mixture of two cultural complexes: Starčevo from north and Impresso from south).

Data base

"Side effect" that originated from this project made participants to consider making the web-based database where all results would be stored. Base with the data like finding place, context, stratigraphy, chemical composition given by PGAA of specific obsidian artifacts, would be very helpful for scholars dealing with the problems of Balkan and Central European Neolithic in general. Furthermore, such database can be used in future, to

construct much larger one, which would contain the data from all available European sites that enclose obsidian artifacts.

Acknowledgements

The authors would like to express their gratitude for making the Bosnian samples available for this research. I've just added two sentences at the end of acknowledgments: Also, authors wishes thank to the following Institutions in Croatia for making their samples available: Šibenik Town Museum (Emil Podlug), Archaeological museum Zadar (Dražen Maršić & Natalija Čondić), Museum of Slavonija (Jasna Šimić) and Archaeological museum of Istria (Darko Komšo). From the Croatian side, this project is supported by Croatian Ministry of Science, Education and Sports (Project Nr. 0130 696) and Croatian-Hungarian bilateral project (Project Nr. 1-200-2580).

HORVÁT ÉS BOSNYÁK RÉGÉSZETI LELŐHELYEKRŐL SZÁRMAZÓ OBSZIDIÁN ESZKÖZÖK EREDETVIZSGÁLATA PGAA-VAL

PROVENANCE STUDY OF CROATIAN AND BOSNIAN ARCHAEOLOGICAL OBSIDIAN ARTEFACTS BY PGAA

KASZTOVSZKY ZS.¹, SZILÁGYI V.¹, T. BIRÓ K.², TEŽAK-GREGL T.³, BURIĆ M.³,
ŠOŠIĆ R.³, SZAKMÁNY GY.⁴

¹MTA Izotópkutató Intézet, 1121 Budapest, Konkoly-Thege út 29-33.

²Magyar Nemzeti Múzeum, 1088 Budapest, Múzeum krt. 14-16.

³University of Zagreb, Department of Archaeology, Ivana Lučića 3, Zagreb HR-10000, Croatia

⁴Eötvös Loránd Tudományegyetem, Közöttan-Geokémiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C.

Abstract

In 2008-2009 we started to work on archaeological obsidians from Croatia and Bosnia-Herzegovina within the frame of a Croatian-Hungarian project. The main objective of our work was to perform a provenance study of these obsidian artefacts. The chemical compositions of the systematically collected samples have been determined non-destructively with Prompt Gamma Activation Analysis. Obsidian is among the important raw materials of prehistoric tool production in the Carpathian Basin, and a popular subject of archaeometric studies. According to previous studies, three main groups could be separated. The main categories are the transparent-translucent Carpathian 1 (C1 – Slovakian) type, the non-transparent Carpathian 2 (C2 – Hungarian) and the Carpathian 3 (C3) type from Ukraine. In order to determine the origin of obsidian raw materials, we have analysed Carpathian (C1 and C2) and Mediterranean (Melos, Lipari, Sardinia) geological samples as well as archaeological pieces from Hungary and Romania. Our PGAA database on obsidian is continuously expanding with the new analytical results.

In our earlier studies, we concluded that PGAA is suitable for differentiating between various Carpathian and the Mediterranean obsidians. Adding Croatian and Bosnian archaeological obsidian data to our library, we found that some of them can be best identified as C1 (Slovakian) and some are chemically similar to the Lipari obsidians.

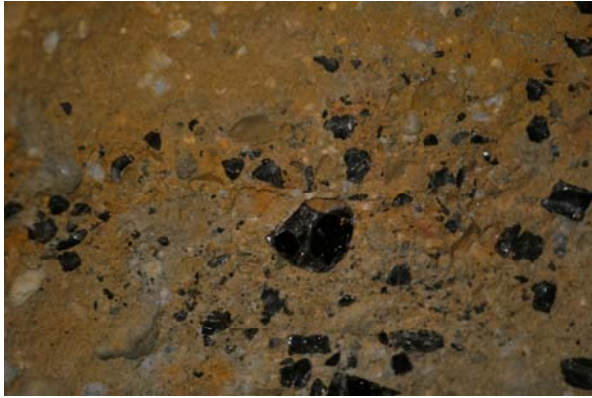
Kivonat

2008-2009-ben horvát-magyar együttműködés keretében megkezdtük a Horvátország és Bosznia-Hercegovina területén fellelt régészeti obszidiánok összehasonlító elemzését. Munkánk fő célkitűzése ezen régészeti obszidián leletek provenienciá vizsgálatát volt. A szisztematikus mintagyűjtésből származó leletek fő- és nyomelem összetételét roncsolásmentes prompt-gamma aktivációs analízissel határoztuk meg. Az obszidián a Kárpát-medencei kőeszközök egyik fő nyersanyaga, egyben az archeometriai kutatások gyakori tárgya is. Korábbi tanulmányok szerint három fő csoportjuk, az átlátszó-áttetsző kárpáti 1 (C1 - szlovák) típus, az átlátszatlan kárpáti 2 (C2 - magyar) típus, valamint a Kárpátalja területéről származó kárpáti 3 (C3) típus különíthető el. A nyersanyag eredetének meghatározása céljából összehasonlításként kárpáti (C1 és C2) és mediterrán területről (Mélosz, Lipari, Szardínia), származó geológiai, illetve magyarországi és romániai régészeti obszidián mintákat elemeztünk.

Korábbi eredményeink szerint a PGAA-adatok alapján megkülönböztethetők egymástól a kárpáti – ezen belül a C1, C2 és C3 –, valamint a mediterrán obszidiánok. Az újabb eredményeket az adatbázisunkba illesztve megállapítottuk, hogy a horvát és bosnyák obszidiánok egy része a C1 típusúhoz, másik része a Lipariból származó mediterrán obszidiánokhoz hasonló.

KEYWORDS: OBSIDIAN, CROATIA, BOSNIA-HERZEGOVINA, PROVENANCE, NEOLITHIC, PGAA

KULCSSZAVAK: OBSZIDIÁN, HORVÁTORSZÁG, BOSZNIA-HERCEGOVINA, ÚJKÖR, EREDETVIZSGÁLAT, PGAA



1a. ábra: Obszidián elsődleges geológiai előfordulása, riolittufa rétegben. Bodrogszerdahely, Szlovákia.

Fig. 1a.: Primary occurrence of obsidian in rhyolite tuff (Bodrogszerdahely, Slovakia).



1b. ábra: Obszidián másodlagos (felszíni) geológiai előfordulása, Viničky, Szlovákia.

Fig. 1b.: Secondary occurrence of obsidian on the surface (Viničky, Slovakia).

Bevezetés

Az obszidián az őskori kőeszköz leletanyag meghatározó nyersanyaga, valamint számos korábbi anyagvizsgálati (archeometriai) kutatás tárgya. A főalkotók és nyomelemek meghatározása az obszidián eszközök eredetvizsgálatában eredményes lehet, mivel a lelőhelyek földrajzi különbségei jól tükröződnek a kémiai összetételben is. Az obszidiánok anyagvizsgálatára korábbi kutatások különböző, mára már rutin módszernek számító technikákat alkalmaztak. Ezek a következők: hagyományos neutronaktivációs analízis (INAA) (Williams et al. 1984, Kilikoglou et al., 1996), induktívan csatolt plazma-tömegspektrometria (ICP-MS) (Carter et al., 2006), röntgen-fluoreszcencia (XRF) (Biró et al., 1988; Constantinescu et al., 2002), illetve töltött részecskék által indukált röntgen-emissziós spektrometriát (PIXE) (Constantinescu et al., 2002; Le Bourdonnec et al., 2005). Az említett módszerek alkalmasak fő- és nyomelem összetevők mérésére, de többnyire roncsolással járó mintavételt, ill. mintaelőkészítést igényelnek.

A horvát és boszniai obszidián régészeti leletek proveniencia vizsgálatának azért van nagy jelentősége, mert nincs az obszidiánnak geológiai forrása a mai Horvátország és Bosznia területén, sőt környezetükben sem. A kutatásaink során a Budapesti Kutatóreaktornál végzett prompt-gamma aktivációs analízis (PGAA) segítségével kívántuk azonosítani a régészeti leletek nyersanyagforrásait. A vizsgálati módszer választását a PGAA teljes mértékben roncsolásmentes jellege indokolja.

A vizsgált minták

A projekt keretében vizsgált horvátországi és boszniai régészeti leletek a középső- és késő-neolitikumból származnak, és átfogóan jellemzik a területről ismert teljes régészeti obszidián leletanyagot. Az obszidián geológiai előfordulásai a mediterrán régióban jól ismertek és jól dokumentáltak (Tokaj, Földközi-tenger, Égei-tenger, Anatólia). A nyersanyag eredetének meghatározása érdekében szisztematikus mintagyűjtést végeztünk a Tokaj-Eperjesi-hegység ismert lelőhelyeiről (**1a. és 1b. ábra**). További összehasonlító anyagként korábbi analitikai eredményeinket használtuk fel, melyek magyarországi, romániai régészeti leletek, továbbá Kárpát-medencei és mediterrán (Lipari, Szardínia, Mélosz) geológiai minták PGAA vizsgálatából származnak. Az összehasonlító minták a Magyar Nemzeti Múzeum Litotéka gyűjteményéből (Biró & Dobosi 1991; Biró et al., 2000) valamint a Paleolitik és az Őskori Gyűjteményéből származnak. A vizsgált minták területi eloszlását a **2. ábrán** és az **1. táblázatban** foglaljuk össze. Összességében 26 horvát és bosnyák területről származó, 28 magyarországi, 5 romániai régészeti mintát, továbbá 20 Kárpát-medencei és 6 mediterrán geológiai mintát vizsgáltunk. A kémiai összetevőket tartalmazó adatbázisunk folyamatosan bővül, eddig részleteket publikáltunk belőle (Kasztovszky & Biró 2006; Kasztovszky et al., 2008). A jövőben tervezzük, hogy a már létező márvány- és kerámia-leletek adatbázisai mintájára (Zöldföldi et al. 2008, Zöldföldi et al. in press) létrehozunk egy obszidián adatbázist.

1. táblázat: Az általunk vizsgált obszidiánok jellemzői (Rövidítések: CRO – Horvátország, BiH – Bosznia, HU – Magyarország, ARM – Örményország, TURK – Törökország, RO – Románia, SLO – Szlovákia, I – Olaszország, UKR – Ukrajna, GR – Görögország; RÉG – régészeti lelet, GEO – geológiai minta)

Table 1.: list of obsidian samples analysed by PGAA (Abbreviations: CRO – Croatia, BiH – Bosnia and Herzegovina, HU – Hungary, ARM – Armenia, TURK – Turkey, RO – Romania, SLO – Slovakia, I – Italy, UKR – Ukraine, GR – Greece; RÉG – archaeological obsidian finds, GEO – geological comparative samples)

JEL A TÉRKÉPEN	LELŐHELY	DARAB	ORSZÁG	RÉG/GEO	RÉG. KOR / GEOL. TÍPUS
A Tét Horvát-Magyar együttműködésben vizsgált 26 db					
O-2	Sušac	2	CRO	RÉG	középső/késő neolitikum
O-3	Vela Spila	1	CRO	RÉG	középső/késő neolitikum
O-4	Danilo	1	CRO	RÉG	középső neolitikum
O-5	Đevrske	1	CRO	RÉG	neolitikum
O-6	Oštrovica	1	CRO	RÉG	neolitikum
O-7	Obre	7	BiH	RÉG	középső neolitikum
O-8	Smilčić	1	CRO	RÉG	középső neolitikum
O-9	Okolište	2	BiH	RÉG	késő neolitikum
O-10	Bapska-Gradac	1	CRO	RÉG	késő neolitikum
O-11	Kolodvar	1	CRO	RÉG	késő neolitikum
O-12	Čepin	1	CRO	RÉG	késő neolitikum
O-13	Crveni Otok	1	CRO	RÉG	Nincs adat
-	Gornja Tuzla	6	BiH	RÉG	késő neolitikum

Az értékelésben további 126 mediterrán geológiai mintára vonatkozó irodalmi adattal is kiegészítettük összehasonlító adatbázisunkat (Barca et al., 2007; Luglie et al., 2007 és 2008; Le Bourdonnec et al., 2007; Acquafredda & Muntoni 2008; Acquafredda et al., 1999; Kilikoglou et al., 1996).

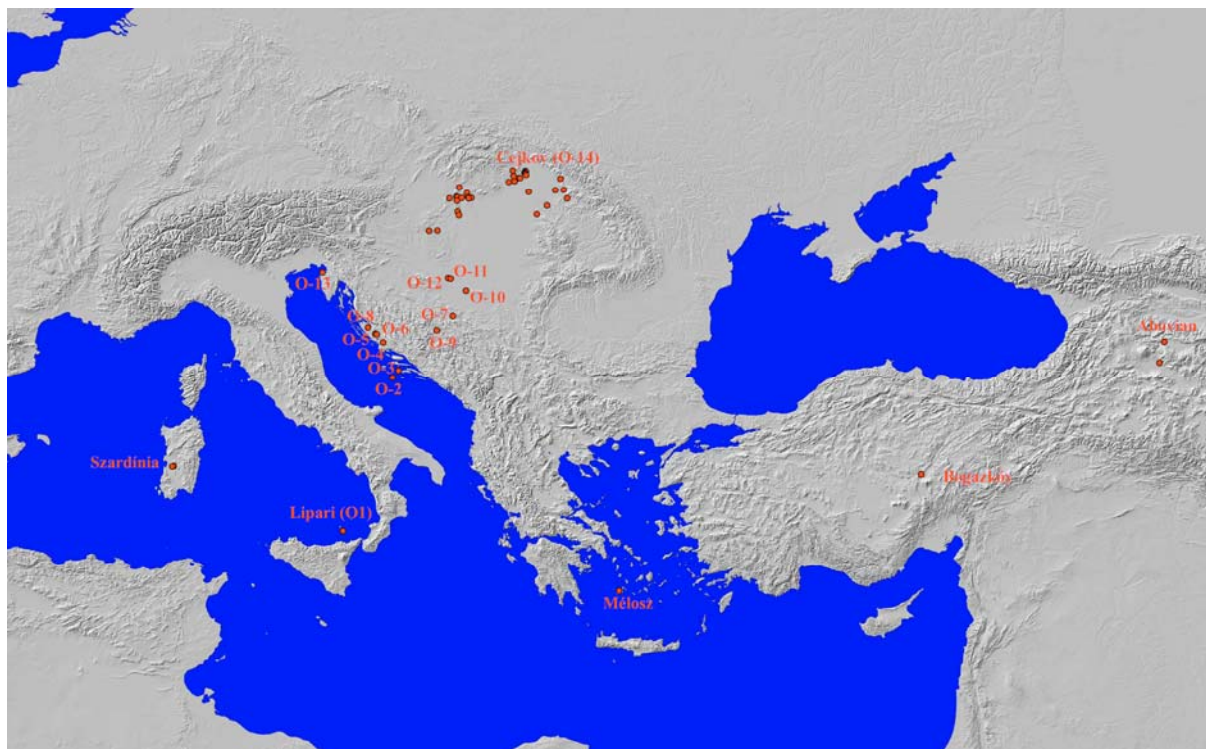
Vizsgálati módszer

A roncsolásmentes elemanalitikai vizsgálatokat a Budapesti Kutatóreaktor $10^8 \text{ cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ intenzitású hidegneutron-nyalábjánál működő PGAA mérőrendszerrel végeztük. A PGAA mérések főbb alapelveit Révay és Belgya foglalta össze (Révay & Belgya, 2004). A budapesti hidegneutronos PGAA-mérőrendszer aktuális technikai jellemzőit Révay és munkatársai tették közzé (Révay et al., 2008). A mintákat levegőn mértük, a nyaláb keresztmetszetét

5 mm^2 és 400 mm^2 között változtattuk, úgy, hogy a detektált beütésszám ne okozzon jelentős holtidőt a mérőrendszerben, azaz ne haladjon meg a másodpercenkénti 1000 beütést. Mivel a neutronok mélyen behatolnak a mért minta anyagába, a kapott eredmény a „bevilágított” térfogatra vonatkozó átlagérték. A spektrumokat precízen kalibrált Compton-elnyomós HPGe detektorral gyűjtöttük (Molnár et al., 2002). A tipikus mérésidő az obszidiánok esetében 1 óra körül volt. A spektrumok kiértékelésére a Hypermet-PC programot használtuk (Révay et al., 2005). A kvantitatív elemzés a k_0 -módszeren alapszik (Molnár et al. 1998), a standardizálást és a felhasznált PGAA-könyvtárat Révay és munkatársai ismertetik (Révay et al., 2004). A koncentráció értékek bizonytalanságát Révay által közölt módon számoltuk (Révay, 2006).

1. táblázat: Az általunk vizsgált obszidiánok jellemzői (folyt.)**Table 1.:** List of obsidian samples analysed by PGAA (cont.)

JEL A TÉRKÉPEN	LELŐHELY	DARAB	ORSZÁG	RÉG/GEO	RÉG. KOR / GEOL. TÍPUS
Korábban vizsgált, régészeti és geológiai összehasonlító anyag (Kasztovszky et al. 2008)					
50 db					
-	Megyaszó	5	HU	RÉG	mahagóni
-	Abovian	1	ARM	RÉG	mahagóni
-	Bogazköy	1	TURK	RÉG	mahagóni
-	Arka	1	HU	RÉG	C2T
-	Kálló	1	HU	RÉG	C2T
-	Legénd	4	HU	RÉG	C1 / C2T / C2E / mahagóni
-	Dömös	1	HU	RÉG	C1
-	Pilismarót	1	HU	RÉG	C1
-	Hont	1	HU	RÉG	C2E ?
-	Balatonszemes	1	HU	RÉG	C1
-	Galgagyörk	1	HU	RÉG	C2T
-	Püspökhatvan	1	HU	RÉG	C2T ?
-	Mogyorósbánya	1	HU	RÉG	C1
-	Ságvár	1	HU	RÉG	C1
-	Pilisszántó	1	HU	RÉG	C1
-	Hidasnémeti	1	HU	RÉG	C1
-	Érd	1	HU	RÉG	C2E ?
-	Mikola	1	RO	RÉG	C1
-	Nagykálló	1	HU	RÉG	C1
-	Szigetcsép	1	HU	RÉG	C2T
-	Tahitótfalu	1	HU	RÉG	C1
-	Tasnád-	1	RO	RÉG	
-	Urziceni	1	RO	RÉG	
-	Busag	1	RO	RÉG	
-	Calinesti	1	RO	RÉG	
-	Bodrogolaszi	1	HU	GEO	
-	Tolcsva	2	HU	GEO	
O-14	Cejkov	1	SLO	GEO	
-	Viničky	2	SLO	GEO	
-	Mád	1	HU	GEO	
O-1	Lipari	2	I	GEO	
-	Szardínia	2	I	GEO	
-	Mélosz	2	GR	GEO	
-	Kašov	1	SLO	GEO	
-	Rokoszovi	2	UKR	GEO	



2. ábra: A vizsgált obszidián minták (régészeti és geológiai) lelőhelyei. Az alaptérképet Holl Balázs készítette

Fig. 2.: Sources and sites of the obsidian samples investigated by PGAA. Base map constructed by Balázs Holl

A PGAA módszerrel valamennyi főelem, ill. azok oxidjainak számított mennyiségét (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , H_2O), és néhány nyomelem (B, Cl, Nd, Sm, Gd) mennyiségét tudtuk meghatározni. A PGAA-spektrumok jellegzetessége, hogy a bór 477 keV-es csúcsa a többi prompt-gamma csúcstól eltérő alakú, kiszélesedett. Ez a bór csúcs illesztésének egy különleges módját igényli, amit Szentmiklósi és munkatársai írtak le (Szentmiklósi et al. 2007). A PGAA nagy előnye, hogy segítségével a nyomnyi mennyiségű bór – amely más roncsolásmentes módon nem mérhető –, valamint a klór igen jól mérhető. Másrészt a bór és a klór két olyan kémiai összetevő, amelyek leginkább alkalmasnak bizonyultak a vizsgált obszidiánok osztályozására. A besugárzást követő néhány napon belül a minták indukált radioaktivitása a kimutathatóság szintje alá csökkent.

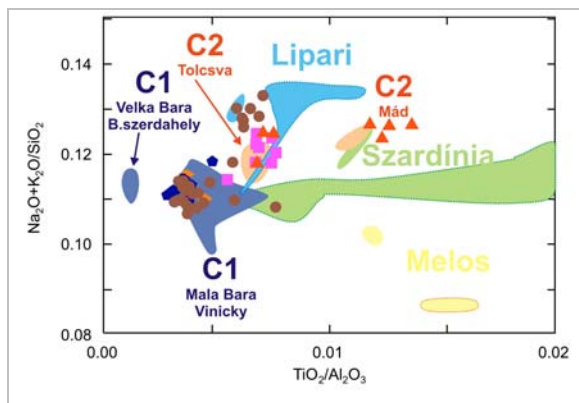
Eredmények

Valamennyi általunk vizsgált obszidián minta és az irodalomban fellelhető összehasonlító anyag kémiai összetételét adatbázisunkban foglaltuk össze. A régészeti leletek nyersanyagának eredetmeghatározása céljából az egyes fő- és nyomelem koncentrációkból, illetve azok hányadosaiból kétváltozós diagramokat készítettünk.

A lehetséges mintacsoportok meghatározására további – valamennyi detektált kémiai összetevőt figyelembe vevő – statisztikai módszert, ún. főkomponens analízist (PCA) alkalmaztunk (Kasztovszky & Biró, 2006).

Korábbi eredményeink szerint a PGAA-mérések alapján az irodalomból ismert C1, C2, a legújabb C3 kárpáti obszidián típusok, valamint a különböző mediterrán típusok (Lipari, Szardínia, Mélosz) egymástól jól elkülöníthetők (Kasztovszky & Biró 2006; Kasztovszky et al., 2008).

A vulkáni üvegek kémiai összetételének jellemzésére a főelemek közül nemcsak a SiO_2 -tartalom, hanem az alkáli-alkáliföldfém-oxidok valamint a CaO , Al_2O_3 is használatos. Munkánk során olyan főelem arányokat alkalmaztunk, amelyek egyrésztől bizonyos szintig párhuzamosíthatók a vulkáni kőzetek geokémiai osztályozásával (pl. alkalinitás: $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{SiO}_2$), másrésztől a kőzetmállás során is stabilan viselkedő elemeket vesz figyelembe (pl. $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$). A legtöbb irodalmi adat a főelem koncentrációkról állt rendelkezésünkre (Luglie et al., 2007 és 2008; Le Bourdonnec et al., 2007; Acquafredda & Muntoni 2008; Acquafredda et al., 1999), amely értékeket diszkriminációs diagramok megalkotásánál változatlanul felhasználtunk.



3. ábra: A vizsgált és az irodalmi adatokkal jellemzett obszidiánok csoportosítása TiO_2/Al_2O_3 és $(Na_2O+K_2O)/SiO_2$ arányaik alapján.

Fig. 3.: Grouping of obsidian on the basis of main components ratio TiO_2/Al_2O_3 és $(Na_2O+K_2O)/SiO_2$

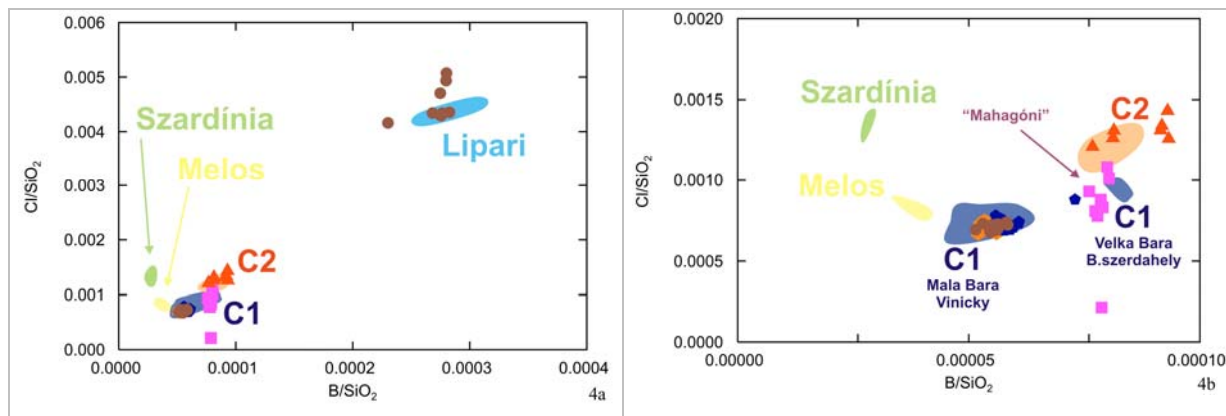
Jelmagyarázat /Key of colours and symbols:



Az értelmezéskor azonban figyelembe kell vennünk, hogy a koncentráció adatokat különféle módszerekkel (PIXE, SEM-EDS) nyerték, amelyek más-más elven alapulnak, a minta más-más kémiai alkotóiról adnak információt, valamint más-más hibahatárral dolgoznak. Ennek ellenére konzisztens és a különböző obszidián források elkülönítésére alkalmas elemarány értékeket kaptunk (3. ábra).

A nagyobb alkalinitást mutató lipari-szigeti $(Na_2O+K_2O)/SiO_2 = 0,12-0,14$, illetve a kisebb alkalinitást mutató Méloszi $(<0,10)$ minták egyértelműen elkülönülnek a közepes értékekkel jellemezhető $(0,10-0,12)$ kárpáti és szardíniai mintáktól. A TiO_2/Al_2O_3 arány további szétválasztást tett lehetővé. A C2 típusú obszidiánok egyik csoportjától eltekintve a kárpáti obszidiánokra kis arányérték $(<0,008)$ jellemző, míg a mediterrán régió forrásterületein szélesebb tartományban szétnyúló, de nagyobb érték $(>0,008)$ az uralkodó. Emellett a kárpáti C1 és C2 típusok a TiO_2/Al_2O_3 arány alapján két-két alcsoportra tagolódnak. A C1 típuson belül a Velka Bara-ról és Bodrogszerdahelyről származó nyersanyagok jelentősen kisebb $(0,001-0,002)$ immobilis főelem aránnyal rendelkeznek, mint ugyanazon csoport Mala Bara-i és Viničky-i előfordulásai $(0,004-0,008)$. A C2 típus esetében a kisebb értékek $(0,007-0,008)$ a Tolcsva, a nagyobbak $(0,011-0,012)$ a Mád környéki mintákat jellemzik. A saját mérési és irodalomból átvett, geológiai obszidián mintákra vonatkozó arányértékek színes felhőkben ábrázolt eloszlására illetve a régészeti mintákat, egyértelműen leolvasható, hogy az általunk vizsgált leletek nagyobb részben a Kárpát-medencéből származnak. A régészeti leletek közül jelen cikk szempontjából külön figyelmet érdemelnek a határozottan két csoportra oszló horvát-bosnyák régészeti obszidián minták. Néhány szóródó értéktől eltekintve a horvát-bosnyák minták egyik csoportja beilleszkedik a C1 típusú kárpáti obszidián forrás felhőjébe, azaz közepes $(Na_2O+K_2O)/SiO_2$ $(\sim 0,11)$ és kis TiO_2/Al_2O_3 $(\sim 0,4)$ aránnyal jellemezhető, hasonlóan a Magyarországról előkerült és makroszkóposan C1 típusúnak határozott leletekhez, illetve néhány romániai lelőhely obszidiánjához. A horvát-bosnyák minták másik csoportjának „alkalinitási értéke” viszont nagyobb $(\sim 0,12-0,13)$, ami a Lipariról származó geológiai mintákéhoz hasonlítható. A Magyarországról származó régészeti leletek esetében az előbbieken már említett C1 és C2 altípusok elkülönülése úgy jelentkezik, hogy a C1-ben a Mala Bara-Viničky felhőhöz tartoznak, míg a C2-ben mindkét altípus összetételéhez hasonlítanak a leletek, azonban az ún. „mahagóni obszidián” minták a tolcsvai altípushoz hasonlóak. A mahagóni obszidiánokról Biró és munkatársai 2005-ös cikkükben írtak részletesen (Biró et al., 2005).

Több szerző is igazolta, hogy a forrásrégiók nagyobb biztonsággal történő csoportosítására a nyomelem összetétel nyújt lehetőséget (Kilikoglou et al., 1996; Carter et al., 2006). A rendelkezésünkre álló adatok alapján a vizsgált obszidián minták osztályozására legalkalmasabb nyomelemek a bór és a klór.



4a. ábra: A vizsgált horvátországi és boszniai régészeti obszidiánok elkülönítése bór- (B/SiO_2) és klórtartalom (Cl/SiO_2) alapján.

Fig. 4a.: Separation of Croatian and Bosnian archaeological obsidian samples on the basis of boron (B/SiO_2) and chlorine (Cl/SiO_2) content.

4b. ábra: A 4a. ábra kinagyított részlete (lásd a skálát).

Fig. 4b.: Detail of Fig. 4a (see scale)

Jelkules: ld. **3. ábrát** / Key of symbols: see **Fig. 3**.

Az irodalomból ismert, hogy a kálium, bór és egyéb fluid-mobilis elemek kőzetbeli koncentrációja összefüggésben áll az adott terület vulkanizmusával (Tonarini et al., 2001 és 2003). A bór nagy mennyiségben van jelen a szubdukciós zónák közelében lévő vulkáni kőzetekben. Gonfiantini és munkatársai (Gonfiantini et al., 2003) által közölt adatok szerint a lipari obszidiánok bórkoncentrációja 100-200 $\mu g/g$. Az obszidiánok klór és fluortartalmát Corradossi és Martini vizsgálta (Coradossi & Martini, 1981). Különböző eredetű (örmény, török, mexikói, izlandi és magyar) obszidián előfordulások elkülönítésére sikerrel alkalmazták a bórtartalom meghatározását Elekes és munkatársai (Elekes et al., 2000).

A nemzetközi szakirodalomban rendszeresen nyersanyagforrás azonosítására használt nyomelemek jelentős része (Rb, Sr, Y, Zr és Nb, Kilikoglou et al., 1996) a PGAA mérőrendszerrel roncsolásmentesen nem mérhetők.

A jelen tanulmányban ábrázolt B/SiO_2 vs. Cl/SiO_2 diagram (4a. és annak kinagyított bal alsó része a 4b. ábra) a főelem arányoknál jóval élesebben és szemléletesebben elkülönítve mutatja be a fő nyersanyagforrásokhoz tartozó obszidián mintákat. A legfőbb különbség a Lipari-szigetek obszidiánja és az összes többi lelőhely között mutatkozik. A lipari obszidián jellemzően nagy mennyiségű bórt és klórt tartalmaz (ennek megfelelően az szilíciumtartalomra vonatkoztatott elemarányok is nagy értékeket mutatnak: $\sim 3 \cdot 10^{-4}$ és $4 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-3}$). A többi vizsgált lelet és geológiai minta a diagram bal alsó sarkában helyezkednek el, azaz a kis B és Cl koncentrációkkal jellemezhető tartományba sorolhatók. Ebben a régióban is vannak azonban

különbségek, amint azt a 4b. ábra mutatja. A mediterrán (szardíniai és méloszi) mintákat kis B/SiO_2 értékük ($< 5 \cdot 10^{-5}$) különíti el a kárpátiaktól ($> 5 \cdot 10^{-5}$). A kárpáti obszidián típusok közül a C2 típus általánosságban nagyobb illótartalmú (azaz B- és Cl-tartalma is nagyobb). Az altípusokra tagolódás csak a C1 típuson belül észlelhető: a Velka Bara-Bodrogszerdahely csoport nyersanyagai nagyobb ($8 \cdot 10^{-5} - 9 \cdot 10^{-5}$) B/SiO_2 arányt mutatnak, mint a Mala Bara-Viničky-i előfordulások ($5 \cdot 10^{-5} - 7 \cdot 10^{-5}$). Ismét hangsúlyoznunk kell, hogy a régészeti leletek közül a jelen cikk szempontjából külön figyelmet érdemelnek a határozottan két csoportra oszló horvát-bosnyák minták. Egyik csoportjuk beilleszkedik a C1 típusú kárpáti obszidián Mala Bara-Viničky forrás felhőjébe, tehát viszonylag alacsony B/SiO_2 ($\sim 6 \cdot 10^{-5}$) és Cl/SiO_2 ($\sim 7 \cdot 10^{-3}$) arány jellemzi – ami 40 $\mu g/g$ körüli bór, illetve 500 $\mu g/g$ körüli klór koncentrációnak felel meg. A horvát-bosnyák minták másik csoportjában ezek az értékek viszont jelentősen nagyobbak ($\sim 2,7 \cdot 10^{-4}$, illetve $4 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-3}$), ami a Lipariról származó geológiai mintákkal párhuzamosítható. Ezen mintákban a bór 200 $\mu g/g$ körüli, míg a klór 3000 $\mu g/g$ körüli koncentrációtartományban jelenik meg. A Magyarországról származó régészeti leletek megoszlanak a C1 és C2 típusok között, az ún. „mahagóni obszidián” minták a C2 típus és a Velka Bara-Bodrogszerdahely altípus között helyezkednek el összetételüket tekintve.

Értelmezés

Vizsgálataink legfontosabb eredménye, hogy a bór- és klórtartalom – illetve részben a főelem összetétel – alapján a horvát és bosnyák régészeti mintákat két

jól elkülöníthető csoportra tudtuk szétválasztani. Egyik részük – a dalmát tengerpartról, azaz Oštrovica, Vela Spila, Sušac, Smilčić, Danilo, Đevrske lelőhelyekről származók – jellemzően magas bór- és klórkonzentrációt mutatnak. Ezek a régészeti minták a többi fő- és nyomelem mennyisége alapján is kizárólag a Lipariból származó geológiai mintákkal mutatnak hasonlóságot. Részben saját méréseink, részben az irodalmi főelem adatok alapján a dalmáciai régészeti obszidiánok nyersanyagának Méloszi, illetve szardíniai eredete nagy valószínűséggel kizárható. Mindezek alapján a fenti régészeti minták nagy valószínűséggel a nyugat-mediterrán régió obszidián forrásaiból, konkrétan Lipariból származnak. A többi horvát, illetve bosnyák régészeti lelőhelyekről – nevezetesen az Okolišteről, Bapska-Gradacról, Kolođvarról, Čepinről, Gornja Tuzlaról és Obreről – származó minták jelentősen kevesebb bórt, ill. klórt tartalmaznak. Ez utóbbi csoport egyértelműen a kárpáti obszidiánokkal, még pontosabban a szlovák (C1) típusú, azaz a Viničkyből, illetve Mala Baraból származó obszidiánokkal mutat hasonlóságot.

Vizsgálataink során nagy mértékben kihasználtuk, hogy a prompt-gamma aktivációs analízissel a bór és a klór – nagy neutronbefogási hatáskeresztmetszetük következtében – igen jól mérhető kémiai elemek, melyek esetünkben a leginkább alkalmasnak bizonyultak provenienciavizsgálatra. A vizsgálat megbízhatóságának növelése érdekében hasznos lenne bór- és klórtartalomra vonatkozó irodalmi adatokkal bővíteni adatbázisunkat. Sajnos azonban a bór, mint nyomelem mérési nehézségei miatt ilyen referencia adatok nem állnak rendelkezésünkre.

Következtetések

A prompt-gamma aktivációs analízis, mint roncsolásmentes „tömbi” (bulk) módszert, alkalmasnak találtuk értékes egyedi, horvátországi és boszniai obszidián régészeti leletek nyersanyageredetének azonosítására. Elsősorban a vizsgált minták bór- és klórtartalma alapján két nyersanyagellátási terület valószínűsíthető: a földközi-tengeri Lipari, ill. a Kárpát-medencei szlovák (C1-típusú) a legvalószínűbb származási helyek. A Kárpát-medence nyersanyagforrásainak és régészeti obszidián leleteinek vizsgálatára saját méréseink megbízható és reprezentatív alapot adnak; a mediterrán régió többi obszidián forrása esetében adatbázisunkat – a szakirodalmi adatokon túl – további, saját mérési adatokkal szeretnénk bővíteni a közeljövőben.

Ezen túlmenően szeretnénk kiterjeszteni a régészeti obszidiánok vizsgálatát a délkelet-európai régió további területeire (Szerbia, Románia, Bulgária).

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a Tét Alapítvány a CRO 14/2006 sz. pályázatban, az OTKA a K 62874 sz. pályázatban, valamint a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatja.

Irodalom

- ACQUAFREDDA, P., ANDRIANI, T., LORENZONI, S., ZANETTIN, E. (1999): Chemical characterization of obsidians from different Mediterranean sources by non-destructive SEM-EDS analytical method. *Journal of Archaeological Science*, **26**, pp. 315-325.
- ACQUAFREDDA, P., MUNTONI, I.M. (2008): Obsidian from Pulo di Molfetta (Bari, Southern Italy): provenance from Lipari and first recognition of a Neolithic sample from Monte Arci (Sardinia). *Journal of Archaeological Science*, **35**, pp. 947-955.
- BARCA, D., De FRANCESCO, A.M., MIROCLE CRISCI, G. (2007): Application of laser ablation ICP-MS for characterization of obsidian fragments from peri-Tyrrhenian area. *Journal of Cultural Heritage*, **8**, pp. 141-150.
- BIRÓ, K.T., POZSGAI, I., VLADÁR, A. (1988): Central European obsidian studies. State of affairs in 1987. In: JÁRÓ, M. & KÖLTŐ L. eds., *Archaeometrical Studies in Hungary* Budapest, KMI **1**, pp. 119-130.
- BIRÓ, K. T. ., DOBOSI, V. (1991): LITHOTHECA - Comparative Raw Material Collection of the Hungarian National Museum. Budapest, Magyar Nemzeti Múzeum, p. 1-268.
- BIRÓ, K. T., DOBOSI, V., SCHLÉDER, Zs. (2000): LITHOTHECA - Comparative Raw Material Collection of the Hungarian National Museum. Vol. II. Budapest, Magyar Nemzeti Múzeum, p. 1-320.
- BIRÓ, K. T., MARKÓ, A., KASZTOVSZKY, Zs. (2005): 'Red' obsidian in the Hungarian Palaeolithic transition in Central and Eastern Europe. *Praehistoria*, **6**, pp. 91-101.
- LE BOURDONNEC, F.-X., DELERUE, S., DUBERNET, S., MORETTO, P., CALLIGARO, T., DRAN, J.C., POUPEAU, G. (2005): PIXE characterization of Western Mediterranean and Anatolian obsidians and Neolithic provenance studies. *Nuclear Instruments and Methods B*, **240**, pp. 595-599.
- LE BOURDONNEC, F.-X., POUPEAU, G., LUGLIE, C. (2006): SEM-EDS analysis of western Mediterranean obsidians: a new tool for Neolithic provenance studies. *Comptes Rendus Geoscience*, **338**, pp. 1150-1157.

- CARTER, T., POUPEAU, G., BRESSY, C., PEARCE, N.J.G. (2006): A new programme of obsidian characterization at Çatalhöyük, Turkey. *Journal of Archaeological Science*, **33**, pp. 893-909.
- CONSTANTINESCU, B., BUGOI, R., SZIKI, G. (2002): Obsidian provenance studies of Transylvania's Neolithic tools using PIXE, micro-PIXE and XRF. *Nuclear Instruments and Methods B*, **189**, pp. 373-377.
- CORADOSSI, N., MARTINI, M. (1981): Fluorine and chlorine in granitoids from the Basin and Range Province, Western United States. *Bulletin of Volcanology*, **44-3**, pp. 565-571.
- ELEKES, Z., UZONYI, I., GRATUZE, B., RÓZSA, P., KISS, Á.Z., SZŐÖR, Gy. (2000): Contribution of PIGE technique to the study of obsidian glasses. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, **161-163**, pp. 836-841.
- GONFIANTINI, R., TONARINI, S., GRÖNING, M., ADORNI-BRACCESI, A., AL-AMMAR, A.S., ASTNER, M., BÄCHLER, S., BARNES, R.M., BASSETT, R.L., COCHERIE, A., DEYHLE, A., DINI, A., FERRARA, G., GAILLARDET, J., GRIMM, J., GUERROT, C., KRÄHENBÜHL, U., LAYNE, G., LEMARCHAND, D., MEIXNER, A. (2003): Intercomparison of Boron Isotope and Concentration Measurements. Part II: Evaluation of the results obtained. *Geostandard and Geoanalysis Research*, **27**, pp. 41-57.
- KASZTOVSZKY, Zs., T. BIRÓ, K. (2006): Fingerprinting carpathian obsidians by PGAA: first results on geological and archaeological specimens. In: *Proceedings of 34th International Symposium on Archaeometry, Zaragoza, 2004. E-book: <http://www.dpz.es/ifc/libros/ebook2621.pdf>, Institución „Fernando el Católico” (C.S.I.C.) Excm. Diputación de Zaragoza*, pp. 301-308.
- KASZTOVSZKY, Zs., T. BIRÓ, K., MARKÓ, A., DOBOSI, V. (2008): Cold neutron prompt gamma activation analysis – a non-destructive method for characterisation of high silica content chipped stone tools and raw materials. *Archaeometry*, **50**, pp. 12-29.
- KILIKOGLU, V., BASSIAKOS, Y., GRIMANIS, A.P., SOUVATZIS, K. (1996): Carpathian obsidian in Macedonia, Greece. *Journal of Archaeological Science*, **23**, pp. 343-349.
- LUGLIE, C., LE BOURDONNEC, F.-X., POUPEAU, G., ATZENI, E., DUBERNET, S., MORETTO, P., SERANI, L. (2007): Early Neolithic obsidians in Sardinia (Western Mediterranean): the Su Carroppu case. *Journal of Archaeological Science*, **34**, pp. 428-439.
- LUGLIE, C., LE BOURDONNEC, F.-X., POUPEAU, G., CONGIA, C., MORETTO, P., CALLIGARO, T., SANNA, I., DUBERNET, S. (2008): Obsidians in the Rio Saboccu (Sardinia, Italy) campsite: Provenance, reduction and relations with the wider Early Neolithic Tyrrhenian area. *Comptes Rendus Palevol*, **7**, pp. 249-258.
- MOLNÁR, G.L., RÉVAY, Zs., BELGYA, T. (2002): Wide energy range efficiency calibration method for Ge detectors. *Nuclear Instruments and Methods A*, **489**, pp. 140-159.
- MOLNÁR, G.L., RÉVAY, Zs., PAUL, R.L., LINDSTROM, R.M. (1998): Prompt-gamma activation analysis using the k0 approach. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles*, **234**, pp. 21-26.
- RÉVAY, Zs., BELGYA, T. (2004): Principles of PGAA method. In: *Handbook of Prompt Gamma Activation Analysis with Neutron Beams*, (G.L. Molnár ed.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/New York, pp.1-30.
- RÉVAY, Zs., FIRESTONE, R.B., BELGYA, T., MOLNÁR, G.L. (2004): Prompt Gamma-Ray Spectrum Catalog, in *Handbook of Prompt Gamma Activation Analysis with Neutron Beams*, (G.L. Molnár ed.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/New York, pp. 173-366.
- RÉVAY, Zs., BELGYA, T., MOLNÁR, G.L. (2005): Application of Hypermet-PC in PGAA. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **265**, pp. 261-65.
- RÉVAY, Zs. (2006): Calculation of uncertainties in prompt gamma activation analysis. *Nuclear Instruments and Methods A*, **564**, pp. 688-697.
- RÉVAY, Zs., BELGYA, T., SZENTMIKLÓSI, L., KIS, Z. (2008): Recent developments in prompt gamma activation analysis in Budapest. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **278**, pp. 643-646.
- SZENTMIKLÓSI, L., GMÉLING, K., RÉVAY, Zs. (2007): Fitting the boron peak and resolving interferences in the 450-490 keV region of PGAA spectra. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **271**, pp. 447-453.
- TONARINI, S., LEEMAN, W.P., FERRARA, G. (2001): Boron isotopic variations in lavas of the Aeolian volcanic arc, South Italy. *Journal of Volcanological and Geothermal Research*, **110**, pp. 155-170.
- TONARINI, S., LEEMAN, W.P., CIVETTA, L., D'ANTONIO, M., FERRARA, G., NECCO, A. (2003): B/Nb and $\delta^{11}\text{B}$ systematics in the Phlegrean Volcanic District, Italy. *Journal of Volcanological and Geothermal Research*, **122**, pp. 1-17.

ZÖLDFÖLDI J., HEGEDŰS P. & SZÉKELY B. (2008): MissMarble: egy archeometriai, művészettörténeti és műemlékvédelmi célú, internet-alapú, interdiszciplinális adatbázis, *Archeometriai Műhely / Archaeometry Workshop* **5/3**, 41-49.

ZÖLDFÖLDI, J., HEGEDŰS, P. , SZÉKELY, B., SZILÁGYI, V., BIRÓ, K.T. in press: CeraMIS - interactive Internet-based information system on Neolithic pottery. In press for *Archaeologia e Calcolatori* 2010.

GENERAL CHARACTERISTICS OF STARČEVO SITES AND ITS LITHIC ASSEMBLAGES INCLUDED IN TĚT PROJECT

A TĚT PROGRAM KERETÉBEN VIZSGÁLT STARČEVO LELŐHELYEK ÉS KŐESZKÖZ LELETGYŰJTTESEK ISMERTETÉSE

RAJNA ŠOŠIĆ KLINDŽIĆ

¹University of Zagreb, Faculty of Humanities and Social Sciences, Department of Archeology, Ivana Lučića, 10000 Zagreb, Croatia Email: rsosic@ffzg.hr

Abstract

In this project samples from 6 archaeological sites in Croatia were analysed (Zadubravlje, Galovo, Virovitica-Brekinja, Đakovo –Ivandvor, Đakovo-Tomašanci and Cernička Šagovina). All of them belong to Starčevo culture. Each site will be presented with its general characteristics, position in relative and/or absolute chronology within Starčevo culture, and settlement composition. Lithic assemblages from sites will be compared to establish differences or similarities in typology and phases of production.

Kivonat

A "Kora-neolitikus közösségek kőeszközeinek archeometriai vizsgálata Prompt Gamma Aktivációs Analízissel – különös tekintettel a radiolaritokra és obszidiánokra" című horvát-magyar együttműködési programban hat koraneolitikus régészeti lelőhely anyagát vizsgáltuk a mai Horvátország területéről. Ezek: Zadubravlje, Galovo, Virovitica-Brekinja, Đakovo –Ivandvor, Đakovo-Tomašanci és Cernička Šagovina. Valamennyi lelőhely a Starčevo kultúrához tartozik. A cikk az érintett lelőhelyek általános jellemzőit és település szerkezeti adatait mutatja be, ezeknek relatív és/vagy abszolút kronológiai helyzetét a Starčevo kultúrán belül. Összehasonlítjuk a kőeszköz leletanyag főbb jellemzőit is, hogy megállapítsuk a különbségeket és hasonlóságokat a tipológia és a készítési fázisok terén.

KEYWORDS: STARČEVO CULTURE, SETTLEMENT, LITHIC ASSEMBLAGE

KULCSSZAVAK: STARČEVO KULTÚRA, TELEPÜLÉS, KŐESZKÖZ LELETANYAG

Introduction

In the frames of the project "Archaeometrical research of lithic raw materials for early Neolithic prehistoric communities with the help of Prompt Gamma Activation Analysis, with special regard to radiolarites and obsidian" lithic material from various sites was analysed with PGAA (Prompt Gamma Activation Analysis). Samples of chipped stone artefacts were analysed from 6 Starčevo culture sites. This paper will present general characteristics of those sites.

Zadubravlje

Zadubravlje is Starčevo culture site about 15 km east of Slavonski Brod in Eastern Croatia. During the construction of the Zagreb-Belgrade motorway in the late 80ies, rescue archaeological excavations were conducted. Area of 6200 m² was unearthed, which is only a part of the settlement (Minichreiter 1992). In the east part of the settlement, numerous post holes, big hearth and few features filled with ash were found (Minichreiter 1992, 31). Towards

the central part of the settlement, there were few features with big concentration of lithic material. In the central part of the settlement, there were 3 big features, according to the excavator they were dwelling pits (Minichreiter 1992, 31). In one of those features (feature 9), 4 kilns were found – two cylindrical, and 2 domed. In the vicinity of the feature there was a well. The biggest feature (feature 10) in the very centre of the settlement contained numerous finds (pottery, chipped and polished stone artefacts, millstones and animal bones) (Minichreiter 1992) In 4 features there were lithic assemblages with more than 500 pieces (feature 6, 9, 10, 19). Quantity of 500 and more pieces can be described as workshop assemblage (Balcer 1995). Material from all those features demonstrates characteristic workshop assemblages; although there is no direct evidence of workshop characteristics of the features itself, more likely assemblages represent waste from workshops on surface that were brushed in to features. (Karavanić et. al, in press). Among tool types, simple tools on blades predominate. Geometric microliths are also present, but in very small quantities.



Fig. 1: Map of the archaeological localities with radiolarite involved in the project

1. ábra: A program során vizsgált radiolaritos horvátországi régészeti lelőhelyek

Features with workshop assemblages are dated to 5930 – 5040 cal BC: feature 6, 5720-5530 (68,2%; Z-2921); feature 9, 5720-5530 (68,2%; 2922); feature 10, 5930-5740 (55,5%; 2923) (Krajcar-Bronić et al. 2004). Zadubravlje represents well elaborated settlement with all infrastructure required– pottery workshops, clay extraction pits, food storage, production of stone tools (Minichreiter 1992).

Galovo

Starčevo site Galovo is situated in town Slavonki Brod (Eastern Croatia). Systematic archaeological

excavations are carried out since 1997. So far, 2500 m² is excavated. Part of the site was destroyed by the brickyard activities. (Minichreiter 2007). On the site, numerous features (working and dwelling pits etc.) were unearthed. In two features, 4 burials were found; Two male, and one female. Male and female burial from feature 9 are missing head, and male from the feature 15 was buried without the face. According to ¹⁴C dates, three phases of the settlement can be distinguished. First phase from 6100-5700 BC, second phase around 5700, and third phase around 5300-5000 BC (Minichreiter 2007, 197; Minichreiter & Krajcar Bronić 2006). There was intense production on the site of pottery,

fabric, food and stone tools, both chipped and polished. It can be securely determined that the first and the second phases of production of flakes, blades and bladelets were carried out at the site, which has been corroborated by the presence of cores and of the artefacts with a cortex. Small number of tool types was documented. Within the analysed material predominant tools are simple retouched blades. Geometric microliths are, as well as in Zadubravlje present in small quantities (Šošić 2007) Tools in general comprise small part of the assemblage. Some of the blades retain sickle gloss.

Cernička Šagovina

Cernička Šagovina is Starčevo culture site near Nova Gradiška in Western Slavonia. According to pottery, it belongs to late phases of Starčevo culture, but no absolute dates are made. Excavated part of the site is around 50 m². Lithic assemblages consist of 41 pieces, mostly retouched or used blades.

Virovitica – Brekinja

Virovitica-Brekinja is the most western Starčevo site analysed in the project. Starčevo culture settlement was excavated on area of 5400 m². According to archaeological material this site belongs to later phases of Starčevo culture. The planned road route passes over the periphery of the Neolithic settlement, which stretches east of the route. Thus in excavations mostly the working zones and fences with various purposes were identified. Only one residential structure (a pit dwelling) was unearthed, but it was only partly excavated due to the fact that a larger part of the structure was outside the expropriation line (Sekelj-Ivančan & Balen 2006, 71). Lithic assemblage consists of 300 pieces, and indicates low-scale, but present production activity on the site. Again, most of the tools are simple retouched blades, there are more scrapers than on other sites, and also small quantity of geometric microliths.

Đakovo-Tomašanci

The archaeological site of Tomašanci – Palača is located on the route of the motorway Beli Manastir – Osijek – Svilaj, in the vicinity of Đakovo. Among the remains of the material culture most dominant are pottery vessels, mainly of a reddish or ochre colour, often adorned with barbotine or dark paintings. Rounded pots and vessels on foot predominate among all shapes (Balen et al. in press). Few working or dwelling pits were investigated, as well as numerous postholes that were probably forming constructions elements and fences (Balen et al. in press). According to the material, this site also belongs to later phases of Starčevo culture. Lithic assemblage is not

numerous (56 pieces) and indicates no on-site production activity. Simple retouched blades predominate among tools.

Đakovo-Ivandvor

Ivandvor is Starčevo site located on the route of the motorway Beli Manastir – Osijek-Svilaj in the vicinity of Đakovo. Only one feature was analysed so far, and it reveals characteristics of later phases of Starčevo culture. (Gerometta 2009). Lithic assemblages indicate some workshop activities, but not as intense as in Galovo and Zadubravlje. As on other Starčevo culture sites between the Sava and Drava rivers, industry is based on blades, and simple retouched blades predominate among tools.

References

- BALCER (1995): The Relationship between a settlement and flint mines. A preliminary study of the Eneolithic workshop assemblages from Ćmielów (Southern Poland). *Archaeologia Polona* **33**: 209-221.
- BALEN J., GEROMETTA, K., BURIĆ, M. (in press): The Issue of Chronology and the Settling of the Starčevo Culture in Northern Croatia. In press.
- GEROMETTA (2009): *Tipološka analiza keramike starčevačke kulture i problem njene relativne kronologije na primjeru materijala iz sj 1324-1325 s lokaliteta Ivandvor kraj Đakova*. Unpublished diploma work. University of Zagreb.
- KRAJCAR-BRONIĆ, K., MINICHREITER, K., OBELIĆ, B. I HORVATINČIĆ, N. (2004): The oldest early Neolithic (Starčevo culture) settlements in Croatia: Zadubravlje-Dužine and Slavonski Brod – Galovo. *Radiocarbon and Archaeology. Fourth International Symposium*. Oxbow books: Oxford.
- MINICHREITER, K. (1992): *Starčevačka kultura u sjevernoj Hrvatskoj*. Arheološki zavod Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb, 1992.
- MINICHREITER, K. (2007): *Slavonski Brod Galovo. Deset godina arheoloških istraživanja*. Institut za arheologiju. Zagreb.
- MINICHREITER, K., KRAJCAR BRONIĆ, I. (2006): Novi radiokarbonski datumi rane starčevačke kulture u Hrvatsko. *Prilozi Instituta za arheologiju* **23**: 5-16.
- SEKELJ IVANČAN, T. & BALEN, J. (2006): Prapovijesno naselje Virovitica – Brekinja. *Annales Instituti archaeologici* **2**: 67-72.
- ŠOŠIĆ (2007): Značajke cijepanog litičkog materijala iz male grobne jame 15 s lokaliteta Galovo u Slavonskom Brodu. In: *Minichreiter, K. Slavonski Brod - Galovo, 10 godina arheoloških istraživanja*. Institut za arheologiju Zagreb.

RADIOLARITES AND RADIOLARIAN CHERTS IN NORTHERN CROATIA - POSSIBLE SOURCES FOR THE PRODUCTION OF ARTIFACTS

RADIOLARIT ÉS RADIOLÁRIÁS TŰZKŐ ÉSZAK-HORVÁTORSZÁGBAN - LEHETSÉGES KŐESZKÖZ NYERSANYAGFORRÁSOK

¹JOSIP HALAMIC & ²RAJNA ŠOŠIĆ KLINDŽIĆ

¹Croatian Geological Survey, Sachsova 2, HR-10000 Zagreb, Croatia. E-mail: josip.halamic@hgi-cgs.hr

²University of Zagreb, Faculty of Humanities and Social Sciences, Department of Archeology, Ivana Lučića, 10000 Zagreb, Croatia

E-mail: rsosic@ffzg.hr

Abstract

Rhythmic bedding of alternating nonsiliceous and siliceous layers is one of the most prominent features of biogenic siliceous sediments. One of the best examples of rhythmites are Mesozoic ribbon radiolarites.

In Northern Croatia, the deposits of radiolarian cherts and radiolarites, partially associated with magmatic rocks are located in county Banovina (Zrinska Mt), Žumberak, Medvednica, Ivanščica and Kalnik Mts. These rocks are constituents of Late Jurassic subduction complex (tectonic mélange). Palaeontological investigations revealed their Triassic (Ladinian-Carnian) and Jurassic (latest Bajocian-early Callovian) age.

Macroscopical and microscopical examinations of samples reveal its low quality for stone tools production, but also its feasibility for local ad-hoc production. The radiolarites and radiolarian cherts near Lasinja in the northern Banovina are the possible sources for production of artifacts during (at least) the Lasinja culture period on wider territory of continental Croatia.

Kivonat

A biogén eredetű kovás üledékek többnyire kovás és kovában szegény rétegek ritmikus váltakozása formájában jelennek meg. Ezeknek az üledékeknek jellemző példái a mezozoos "szalagos" radiolaritok.

Horvátország északi részén a radiolaritok és radiolariás tűzkövek Banovina megyében (Zrinska hegység), Žumberak, Medvednica, Ivanščica és a Kalnik hegységben fordulnak elő, részben magmás kőzetekkel együtt. Ezek a kőzetek a késő jura időszaki szubdukciós komplexum részei (tektonikus "melanzs"). Paleontológiai vizsgálatok szerint triász (ladini-karni) és jura (késő bajóci-korai kallovi) koriak.

A minták makroszkópos és mikroszkópos petroarcheológiai vizsgálata szerint ezek többnyire gyenge minőségűek és kevésbé alkalmasak kőeszköz készítésére. Helyi és alkalmi felhasználásuk viszont elképzelhető. Észak-Banovina területén, Lasinja közelében azonban olyan radiolaritok és radiolariás tűzkövek is megtalálhatók, amelyeket legalább is a Lasinja kultúra idején használtak Horvátország tengermelléktől távolabb eső területein.

KEYWORDS: RADIOLARITE, CROATIA, STONE ARTEFACT

KULCSSZAVAK: RADIOLARIT, HORVÁTORSZÁG, KŐESZKÖZ

Introduction

Siliceous rocks are most suitable for production of stone tools due to their physical characteristics. Prehistoric non-metal using societies were dependant of knowledge and raw material availability in order to maintain performance of everyday activities. Therefore, recognition and knowledge about the location of such rocks were of vital importance for the survival of the community. Identification of sources of raw material enables us to reconstruct various aspect of prehistoric

population behavior. Until recently, there was no provenance analysis of raw material used for prehistoric chipped stone tools on the territory of present day Croatia, as well as detailed analysis of archaeological lithic assemblages. In spite of that, we can identify radiolarites and cherts as far most common types of rocks for stone tools production used by prehistoric populations that inhabited continental Croatia.

In wider terms radiolarites are centimetre to decimetre thick stratified layers of radiolarian

cherts rhythmically alternated with millimetre to centimetre thick layers of radiolarian shales, silicified shales or siltites (De Wever 1989, 1994; Decker 1991), moreover ribbon bedded radiolarian cherts (Jenkyns & Winterer 1982). Radiolarian cherts and radiolarite originate from radiolarian ooze i.e. deep-sea pelagic sediment containing at least 30% opaline-silica tests of radiolarians (> 3,500m under sea level i.e. below CCD line). There is no exact amount of radiolarian tests in chert required to be classified as radiolarite in the sediment-petrographical classification of siliceous rocks. Generally, radiolarite *sensu stricto* are cherts with more than 50% of radiolarian tests embedded in a siliceous matrix (Ruitz-Ortiz et al. 1989) (**Fig. 1**). In opposite, radiolarian cherts are cherts with less than 50% radiolarian tests embedded in siliceous matrix (**Fig. 2**).

The first data on radiolarian cherts and radiolarites associated with magmatic rocks at Medvednica Mt. was registered by Gorjanović-Kramberger (1908).

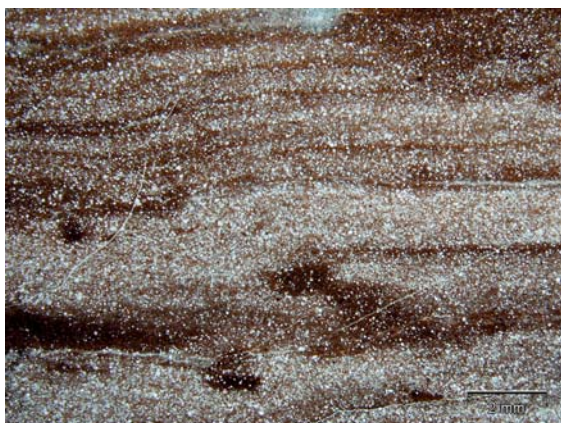


Fig. 1.: Microphotograph of Triassic radiolarite from Medvednica Mt.

1. ábra: Triász radiolarit mikroszkópi képe, Medvednica Hegység

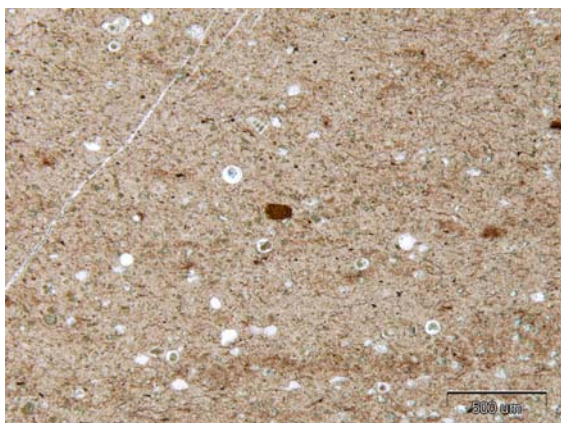


Fig. 2.: Microphotograph of Jurassic radiolarian chert from Medvednica Mt.

2. ábra: Jura radiolarit mikroszkópi képe, Medvednica Hegység

During the mapping for the Basic geological map 1:100.000, new data on radiolarite were obtained (Šikić et al. 1979; Šimunić et al. 1981). The detailed geological map of magmatic-sedimentary complex of Ivanščica, Kalnik and Medvednica Mts revealed many occurrences of the radiolarian cherts and radiolarites of Triassic and Jurassic age (Halamić & Goričan 1995; Halamić 1998; Halamić et al. 1999; Halamić et al. 2001, 2005).

During Neolithic and Copper age, various cultures and groups of people among them had various methods of supply. The availability and quality of raw material are not always crucial factors for selecting specific raw material type, sometimes even in the frames of a single settlement (Barfield 2003, Voytek 2000). Other various aspects, such as tradition, relations with other groups, community mobility, knowledge and factors that we are not able to identify and/or comprehend form an important part of the equations. First and most important step is identifying possible sources of siliceous rocks in wider geographical area. After identifying specific types of material, by the frequency of occurrence on certain sites, we can detect if some material is specific for the certain culture, or the certain period within the culture. The more specific material is, the more information we will get from simple distribution analysis (Biró 2004). There are established methods for identifying movements of people during Neolithic and Copper Age by their use of raw material. Those models sometimes do correspond to new population arrivals (which is visible through breaks in communication routes), and sometimes do not, (Kaczanovska & Kozłowski 1997, 223-233).

This paper presents results of first attempts towards the identification of the sources of raw material used during prehistory in this part of the Balkans.

Occurrences of Triassic and Jurassic radiolarian cherts and radiolarites in Northern Croatia

The radiolarian cherts and radiolarites of Triassic and Jurassic age are situated at Medvednica, Kalnik, Ivanščica, Žumberak and Zrin Mts in a zone between Tisia Unit (TU) to the East, Pelso Unit (PU) to the North and Dinaric Carbonate Platform to the South (DCP). We presume that these occurrences belong to the continuation of Central Dinaric Ophiolitic Belt (CDOB) from Bosnia and Hercegovina, prolonged through the Zagorje-Mid-Transdanubian Zone (ZMTZ) to Hungary (Darnó Hill) (**Fig. 3**). The Triassic radiolarian cherts and radiolarite from Žumberak and Ivanščica Mts sedimented on the carbonate platform slope lie on the limestone or dolomite of Middle Triassic age (**Fig. 4**).

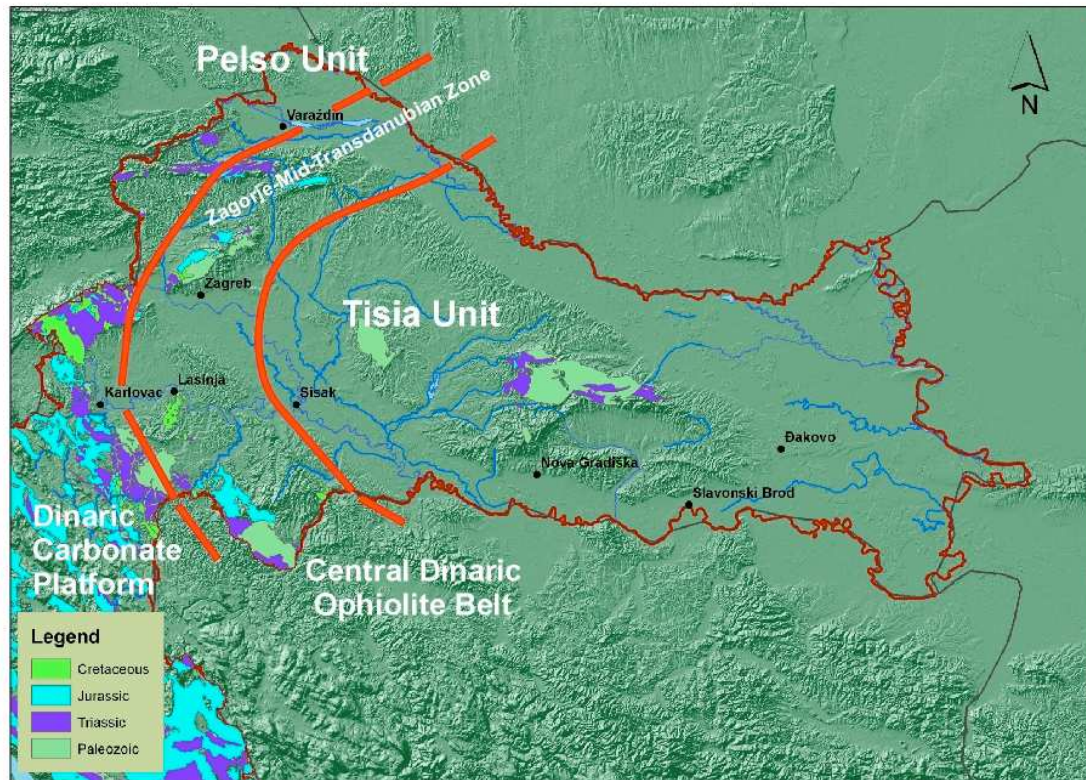


Fig. 3.: Presumed continuation of Central Dinaric Ophiolitic Belt through Northern Croatia to Hungary

3. ábra: A Közép-Dinári Ofiolit Öv feltételezett folytatása Észak-Horvátországból Magyarország felé

The Triassic and Middle Jurassic basin radiolarian cherts and radiolarite from Medvednica, Kalnik and Zrin Mts are associated with basic magmatic rocks (frequently pillow lavas) and are incorporated, during the Late Jurassic subduction, into the ophiolitic tectonic melange. Both types of radiolarian cherts are typical ribbon bedded radiolarites and they are associated with basic magmatic rocks (Fig. 5, Fig. 6). They are tectonically strong disintegrated and break apart in centimetre, rarely in decimetre, pieces. Such pieces of radiolarites have low quality for chipping and were generally used only locally, or during shortage of better quality raw material. Low quality raw material was used for production of simple, expedient tools (Andrefsky 1994). On the other hand, radiolarites from area around Lasinja and parts of the Central Dinaric Ophiolitic Belt in Bosnia and Herzegovina are not as disintegrated because of weaker regional tectonic stress, and therefore can be extracted from the bedrock in bigger blocks or collected as pebbles in rivers beds from surface. Pebbles in question were eroded from the Bosnian mountains, and transported by the Bosna, Vrbas and Una rivers. Material was accumulated, and available for collecting by the mouths of those river

Possible sources of material for the production of artifacts

Lithic assemblages from only 20 archaeological sites from Northern Croatia have been analyzed so far. Radiolarites and radiolarian cherts are predominant in all lithic assemblages. According to the available data we can conclude that Sopot and Lasinja cultures were using Jurassic and Triassic radiolarian cherts from Central Dinaric Ophiolitic Belt. That material could have been collected from 3 sources: primary sources in Banovina, primary sources in central Bosnia, and from secondary deposits in the river beds. It is not easy (or maybe even impossible) to distinguish the exact location where the blocks were obtained. If the artifacts that retain cortex, have abrasions on it, so called "fluvial cortex", which indicate that material was exposed to intense mechanical weathering associated with fluvial transport), and therefore collected from secondary deposits (in river beds, or from surface) we can at least exclude primary sources.

The microscopic analysis of artifacts in thin sections revealed that the majority of findings at that Nova Gradiška site Slavča belong to the radiolarian chert or radiolarites of Triassic and Jurassic age.

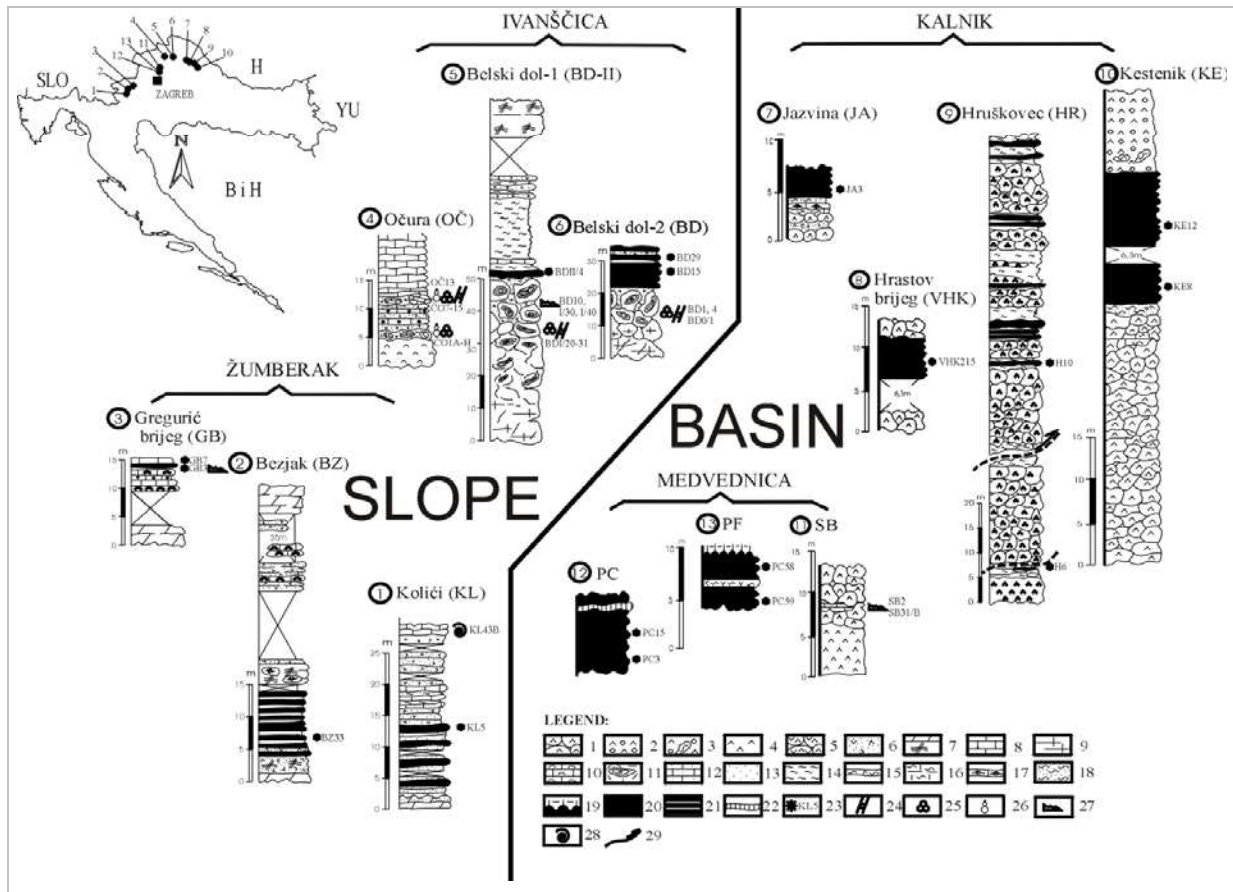


Fig. 4.: Lithological columns of radiolarian cherts and radiolarites in Northwestern Croatia. Legend: 1-pillow lava, 2-metabasalt with amygdaloidal structure, 3-shale xenoliths in metabasalt, 4- massive metabasalt, 5-andesite-basalt, 6-pyroclastic rocks, 7-massive dolomite, 8- bedded limestone, 9- massive limestone, 10-limestone with Pelecypoda, 11-limestone with "oncolidal" structure, 12-calcareenite, 13-siltstone, 14-shale, 15-tuffitic shale, 16-calcitized shale, 17-silicified radiolarian limestone, 18-silty shale, 19-marl, 20-radiolarite s. str., 21-radiolarian chert interlayered with pyroclastic rocks, 22-Mn-enriched beds, 23-radiolarians, 24-calcareous algae, 25-foraminifers, 26-calcareous sponges, 27-conodonts, 28-cephalopods, 29-overthrust (Goričan et al. 2005).

4. ábra: Radioláriás tűzkő és radiolarit előfordulások litológiai szelvényei ÉNy Horvátországban.



Fig. 5.: Triassic radiolarites from Kalnik Mt.

5. ábra: Triász radiolarit a Kalnik hegységben

On multi-layer prehistoric site Slavča, settlements of Sopot culture, Lasinja culture, Kostolac culture Vučedol culture were found (Mihaljević 2000, 2006). Lithic assemblages from Sopot and Lasinja culture periods were analyzed, and two general types of rocks were recognized: silica group minerals and radiolarian cherts. Dark green and green radiolarites predominate in the Lasinja culture lithic assemblage while in Sopot culture they are also present, but less than silica group minerals (Šošić & Karavanić 2004), (Bíró - personal communication). On number of recently excavated, not yet published Lasinja culture sites from rescue excavations in Slavonia, dark green and grey radiolarites predominate in the assemblage, similar to Lasinja outcrop.



Fig. 6.: Jurassic radiolarian cherts near Lasinja

6. ábra: Jura korú radioláriás tűzkő Lasinja környékén

In addition, on Sopot culture sites, for example early Sopot culture site Kruševica near Slavonski Brod, where 8 workshops areas were found predominant raw material are described radiolarian cherts (Miklik-Lozok 2004, 38). One of the most important questions is when were the sources in Banovina and Bosnia discovered by the prehistoric populations. So far, it is confirmed that Lasinja culture population knew of and used the Kremešnica source, and there are indication that Sopot culture population also had that information.

Next step is to try to establish whether there was a well formed network of Lasinja culture sites with system of control and exchange of goods (as for instance in Lengyel culture in Hungary, Szentgál-Tűzköveshegy where 8 Lengyel cultures settlement were placed to control the access to the mine (Biró & Regenye, 1991:357-359), or LTK in various parts of Europe (Biró 1996, Kaczanowska 2003)

Conclusions

- The low quality of radiolarian cherts and radiolarites (very strong tectonized) of Triassic and Jurassic age in Northwestern part of Croatia are of poor quality and were used for local production and expedient tools only, but more detailed study is necessary in the future.
- The possible sources for part of the assemblage from Slavča (Nova Gradiška) are near Lasinja and in Central Dinaridic Ophiolitic Belt in Bosnia and

Hecegovina. Pebbles accumulated near the mouths of Vrbas and Una rivers were also used as raw material.

References

- ANDREFSKY, W. 1994. Raw material availability and the organization of technology. *American Antiquity* 59(1), 21-34.
- BARFIELD, L. 2003. Social and symbolic meaning and value in stone tools. In: (eds.. TSONEV, T. i MONTAGNARI KOKELJ E.) *The Humanized Mineral World: Towards social and symbolic evaluation of prehistoric technologies in South Eastern Europe.* 109-115.
- BIRÓ, K.T. 1996. The circulation of raw materials: state of art in Hungary, XIII U.I.S.P.P. Congress Proceedings- Forli, 413-417.
- BIRÓ, K.T. 2004, Provenancing: methods, possibilities, problems. *Antaeus* 27. 95-110.
- BIRÓ, K.T., REGENYE, J. 1991. Prehistoric workshop and exploitation site an Szentgál-Tűzköveshegy, *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 43, 338-375.
- DECKER, K. (1991): Rhythmic Bedding in Siliceous Sediments - an Overview.- In: EINSELE, G., RICKEN, W. & SEILACHER, A. (eds.): *Cycles and events in stratigraphy.* Springer Verlag, 464-479.
- DE WEVER (1989): Radiolarians, radiolarites and mesozoic paleogeography of the Circum-Mediterranean Alpine belts.- In: HEIN, J. R. & OBRADOVIĆ, J. (eds.): *Siliceous deposits of the Tethys and Pacific regions.* Springer Verlag, New York, 31-49.
- DE WEVER, P. (1994): Radiolarians and radiolarites.- *C. R. Acad. Sci. Paris, II*, 513-526.
- GORIČAN, Š., HALAMIĆ, J., GRGASOVIĆ, T. & KOLAR-JURKOVŠEK, T. (2005): Stratigraphic evolution of Triassic arc-backarc system in northwestern Croatia. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 176/1:3-22.
- GORJANOVIĆ-KRAMBERGER (1908): *Geologijska prijedlogna karta i tumač geologijskoj karti Zagreb (Zona 22, COL. XIV).*- Naklada kr. zemaljske vlade. Zagreb, 1-75. (In Croatian).
- HALAMIĆ, J. (1998): *Litostratigrafska karakterizacija jurskih i krednih sedimenata s ofiolitima Medvednice, Kalnika i Ivanščice.*- PhD Thesis. University of Zagreb, 1-188. (In Croatian).
- HALAMIĆ, J. & GORIČAN, Š. (1995): Triassic Radiolarites from Mts. Kalnik and Medvednica (Northwestern Croatia).- *Geol. Croatica.* 48/2:129-146.

- HALAMIĆ, J., GORIČAN, Š., SLOVENEK, Da. & KOLAR-JURKOVŠEK, T. (1999): Middle Jurassic Radiolarite-Clastic Succession from the Medvednica Mt. (NW Croatia).- *Geol. Croatica*. 52/1:29-57.
- HALAMIĆ, J., MARCHIG, V. & GORIČAN, Š. (2001): Geochemistry of Triassic Radiolarian Cherts in North-Western Croatia.- *Geol. Carpath*. 52/6:327-342.
- HALAMIĆ, J., MARCHIG, V. & GORIČAN, Š., (2005): Jurassic radiolarian cherts in north-western Croatia: geochemistry, material provenance and depositional environment.- *Geol. Carpath*. 56/2:123-136.
- JENKYN, H.C., WINTERER, E.L., 1982. Palaeoceanography of Mesozoic ribbon radiolarites. *Earth and Planetary. Science. Letters*. 60 (3), 351-375.
- KACZANOWSKA, M. 2003. Distribution of raw materials used in the chipped stone industry of the Western Linear Band Pottery Culture and the Eastern Linear Pottery Culture in the Circum-Carpathian area. U: (ur. Burnez-Lanotte, L.) *Production and Management of Lithic Materials in the European Linearbankeramik*. Acts of the XIV UISPP Congress. BAR International Series. Archaeopress. Oxford. 5-10.
- KACZANOWSKA, M., KOZŁOWSKI J.K. 1997. Neolithic vs Eneolithic lithic raw material procurement, technology and exchange in Eastern Europe, *Zbornik Dragoslava Srejića* (ur. M. Lazić), Centar za arheološka istraživanja filozofskog fakulteta., 223-233, Beograd.
- MIHALJEVIĆ, M. 2000 - Istraživanje nalazišta Slavča (Nova Gradiška, 1999.). *ObHAD*, 32/2000, 3: 63-72.
- MIHALJEVIĆ, M. 2006. Istraživanja nalazišta Slavča In: (TOMAŽ, A., ed.) *Od Sopota do Lengyela*. Univerza na Primorskem. Kopar. 29-34.
- MIKLIK-LOZUK, L. 2004. Lokalit: Kruševica-Njivice. *Hrvatski arheološki godišnjak* 1: 37-38.
- RUITZ-ORTIZ, P.A., BUSTILLO, M.A. & MOLINA, J.M. (1989) Radiolarite sequences of the Subbetic, Betic Cordillera, Southern Spain.- In: HEIN, J.R. & OBRADOVIĆ, J. (eds): *Siliceous deposits of the Tethys and Pacific regions*. Springer Verlag, New York, 107-127.
- ŠIKIĆ, K., BASCH, O. & ŠIMUNIĆ, An. (1979): Tumač Osnovne geološke karte, list Zagreb 1:100.000.- *Inst. za geol. istraž. Zagreb, Sav. geol. zavod*. Beograd, 1-81 (In Croatian).
- ŠIMUNIĆ, A. PIKIJA, M., HEĆIMOVIĆ, I. & ŠIMUNIĆ, Al. (1981), Tumač za list Varaždin L 33 - 69.- *Inst. za geol. istraž. Zagreb, Sav. geol. zavod*. Beograd, 1-75 (In Croatian).
- ŠOŠIĆ, R., KARAVANIĆ, I. (2004). Cijepani litički materijal sa prapovijesnog nalazišta Slavča, Nova Gradiška. *Vjesnik Arheološkog muzeja u Zagrebu* 36, 17-41.
- VOYTEK, B. (2000). The Organization of Technology an the Study of Stone Tools: Cases from Mediterranean Basin, *Societa Preistoria Protoistoria Friuli- Venezia Giulia, Trieste, Quaderno* 8, 269-277.

ÚJ ADATOK A KÁRPÁT-MEDENCE RÉGÉSZETI RADIOLARIT FORRÁSAINAK ISMERETÉHEZ

NEW DATA ON THE CHARACTERISATION OF RADIOLARITE SOURCES OF THE CARPATHIAN BASIN

¹T. BIRÓ KATALIN, ²SZILÁGYI VERONIKA, ²KASZTOVSZKY ZSOLT

¹Magyar Nemzeti Múzeum, 1088 Budapest, Múzeum krt. 14-16. E-mail: tbk@ace.hu

²MTA Izotópkutató Intézet, 1121 Budapest, Konkoly-Thege út 29-33.

Abstract

Radiolarite is a siliceous rock formed in the bathyal region - deep sea and ocean environment. It is composed of Radiolaria, unicellular organisms with siliceous skeletal elements. Radiolarians as a taxon have a long range, they are known since the Palaeozoic till recent times. In rock-forming quantities, however, they are typical of the Mesozoic period.

As raw material for chipped stone tools, radiolarite is frequently used. On the average, it is the most frequent component of lithic inventories in Hungary and even more, in Transdanubia. There are macroscopically separable types among the radiolarites, mainly on the basis of colour and other physical properties. They are currently named after the most characteristic geological source locality. It remains a question though, how much the 'raw material types' represent really different sources; how variability within each source is reflected in the archaeological lithic material and how much we can separate regional varieties, supported by objective methods of analysis. It is also imperative to know radiolarites from sources outside the present territory of Hungary that may have played a role in the raw material supply and 'fingerprint' the individual sources and regions.

One of the basic aims of the current Tét project was to get more information on these issues. The paper presented will survey current state of art in respect of radiolarite sourcing studies in the Carpathian Basin as a result of the Croatian-Hungarian collaboration project. As a result, new analytical data and characteristic major element distributions of radiolarite raw materials from Gerecse, Bakony and Mecsek mountains are published. By the comparison with chemical data on archaeological radiolarite artefacts from sites in Hungary, Croatia and Bosnia and Herzegovina, preliminary suggestions for the provenance of archaeological radiolarites are provided. Stone tools of sites in the Gerecse and at Nadap are possibly originated from the Gerecse source. Radiolarite artefacts of site Vörs may be related to raw material of Bakony. Archaeological finds of Szálka site have similar chemical character to the Mecsek raw materials. Chert artefacts of Fajsz can not be directly connected neither to the Mecsek nor to the Gerecse source. Chipped stone tools from Croatia and Bosnia can not be compared chemically to the radiolarite types of Hungary. However, the carbonate-free Bosnian radiolarite seems to serve as a potential "new" raw material source.

Kivonat

A radiolarit olyan kovakőzet, amely mélytengeri körülmények között képződik. Uralkodóan Radiolaria vázalemegekkel áll, amelyek kovavázis egysejtű élőlények. A Radioláriák a paleozoikum óta léteznek és napjaink mélytengeri élővilágának is fontos szereplői. Kőzetalkotó mennyiségben elsősorban a földtörténeti középkorra (mezozoikum) jellemzőek.

A radiolarit Magyarországon lényeges eleme a pattintott kőeszköz nyersanyagkészletnek, összességében a legnagyobb arányban fordul elő, a Dunántúlon pedig kifejezetten domináns. A radiolaritokon belül makroszkóposan elkülöníthető csoportokat ismerhetünk fel szín, fény, szövet és egyéb fizikai tulajdonságok alapján. Ezeket a csoportokat a legjellemzőbb geológiai lelőhelyek szerint nevezték el. Kérdéses azonban, hogy a makroszkóposan elkülöníthető nyersanyagfajták mennyire származnak ténylegesen különböző lelőhelyekről; mekkora az egyes nyersanyagforrásokon belül a változatosság és ez hogyan tükröződik a régészeti leletanyagban. Vizsgálandó továbbá, hogy mennyire tudjuk az egyes változatokat egymástól elkülöníteni archeometriai módszerekkel. Kiemelkedő fontosságú kérdés, hogy a már ismert magyarországi nyersanyagforrások mellett hol található még a Kárpát-medencében és közvetlen környezetében kőeszköz

készítésre alkalmas, azaz régészeti szempontból fontos radiolarit vagy hasonló kovakőzet. Ezeket a nyersanyagforrásokat - melyeknek létezését a régészeti anyag előzetes vizsgálata alapján valószínűsíthetjük - szintén jellemezni kell.

A 2009-ben záródó Tét horvát-magyar együttműködési program egyik legfontosabb célkitűzése ezeknek a kérdéseknek a vizsgálata volt. A cikkben áttekintjük a radiolaritok lelőhely-azonosításának eredményeit és problémáit a Kárpát-medencében, különös tekintettel az együttműködési program keretében elért új eredményekre. Új kémiai összetételi adatokat és jellemző főelem eloszlásokat szolgáltatunk a Gerecse, Bakony és Mecsek hegységek radiolarit nyersanyagairól. A magyar-, horvátországi és boszniai régészeti radiolarit leletek analitikai eredményeinek összevetése a nyersanyagokéval arra mutat, hogy tovább szélesítve a kémiai adatok körét, lehetőség adódhat a radiolarit eszközök eredetének meghatározására. Bár a kis mintaszám miatt megállapításaink még nem lehetnek megfelelően alátámasztottak, néhány javaslat tehető. A gerecsei régészeti lelőhelyek (Jankovich-barlang, Tata) kőszköz leletei a gerecsei nyersanyagokhoz köthetők. Nadap-Kőbánya régészeti mintái leginkább szintén a gerecsei nyersanyagcsoporthoz kapcsolhatók kémiai szempontból. A vörsi régészeti leletek leginkább a bakonyi nyersanyaghoz köthetők. Szálka lelőhely radiolarit leletei hasonlóak a mecseki forráshoz. A Fajszról származó leletek összetétele sem a mecseki, sem a gerecsei forrásokhoz nem vezetnek közelebb. A horvátországi és boszniai régészeti minták kémiai szempontból nem hasonlíthatók a magyarországi nyersanyagforrásokhoz, azonban a karbonátmentes boszniai radiolarit előfordulások anyaga perspektivikus lehet.

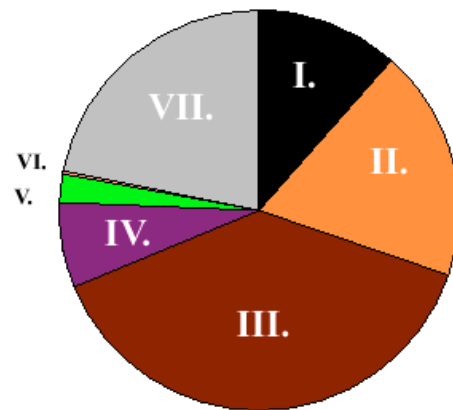
KEYWORDS: RADIOLARITE, PROVENANCE CHARACTERISATION, CARPATHIAN BASIN, PGAA

KULCSSZAVAK: RADIOLARIT, EREDETMEGHATÁROZÁS, KÁRPÁT-MEDENCE, PGAA

Bevezetés

A radiolarit változatok a Kárpát-medencében a régészeti lelőhelyeken talált pattintott kőszköz nyersanyagok között kiemelkedően nagy számban fordulnak elő. A legkorábbi őskőkori lelőhelyek anyagában is megtalálhatóak (Varga-Máthé 1990, Biró 2004) és a kőszköz felhasználás teljes időtartama alatt igen fontos szerepet töltenek be, elsősorban a Dunántúlon, de összességében szinte valamennyi ismert jelentős magyarországi régészeti lelőhely anyagában (1. ábra). Az elterjedési adatok arra utalnak, hogy egyes kiemelkedő minőségű radiolarit nyersanyag típusok nemcsak a helyi és regionális nyersanyagellátás alapját szolgáltatták, de a távolsági kereskedelemben is jelentős szerepet töltek be (Biró-Regenye 1991, Gronenborn 1994, Bánffy 1999, Mateiciucova 2008). Ennek megítéléséhez azonban pontosabb adatokra van szükségünk a lehetséges nyersanyagforrásokról, a Kárpát-medencén belül és annak közvetlen környezetében is. Fontos továbbá, hogy a petroarcheológiai szakirodalomban ismert makroszkópos típuscsoportokat pontosan definiáljuk és ezek területi jelzőértékét, valamint egymástól való elkülöníthetőségét tisztázzuk.

A radiolaritok jellemzésére és vizsgálatára már korábban is alkalmaztunk közettani, ásványtani és geokémiai módszereket (Biró-Pálosi 1986, Biró-Dobosi 1991, Biró et al. 2000). A legutóbbi jelentős összefoglalóban kis roncsolással járó ion-nyaláb analitikai módszereket használtunk egy jelentősebb sorozat összetétel elemzésére (Biró et al. 2002). Az eredmények szerint a radiolaritok főkomponens és nyomelem adatok segítségével regionálisan jellemezhetők, bár jelentős átfedés tapasztalható az egyes nyersanyag származási területek között.



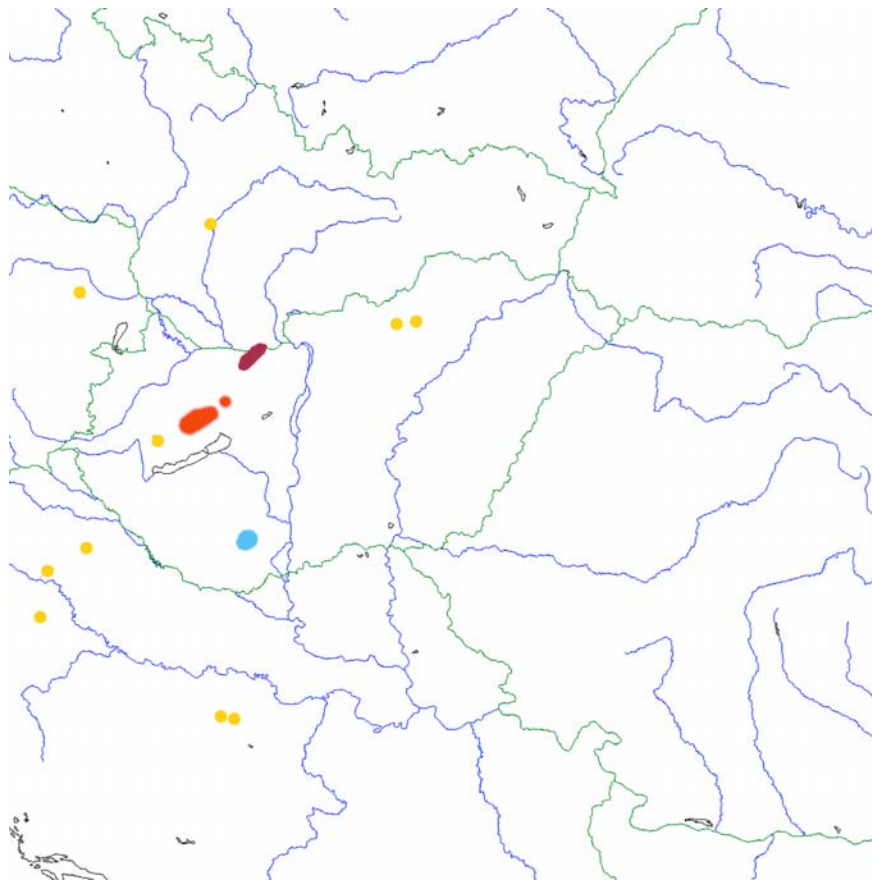
1. ábra: Radiolaritok a magyarországi kőszköz nyersanyagok között (2009-es adatok a Litotéka adatbázisból).

Fig. 1.: Radiolarites among the Hungarian lithic implements (2009 data from the Lithotheca database).

Jelkulcs / Key:

I.: obszián, II.: limnikus és hidrotermális kovakőzetek, III.: Dunántúli radiolaritok, IV.: Mecseki radiolaritok, V. "Északi" tűzkő, VI. "Déli" tűzkő, VII.: egyéb.

I.: obsidian, II.: limnic and hydrothermal silicites, III.: Transdanubian radiolarite, IV.: Mecsek radiolarite, V. "Northern" flint, VI. "Southern" flint, VII.: Others.



2. ábra: Radiolarit lelőhelyek a Kárpát-medencében

Fig. 2.: Geological sources of radiolarite in the Carpathian Basin

Jelkulcs / Key:

- Gerecse
- Bakony
- Mecsek
- egyéb / others

A Tét horvát-magyar együttműködési program keretében tovább folytattuk a radiolaritok vizsgálatát, egyrészt kiterjesztve a terepi ismereteket horvát kollégáink segítségével, másrészt, jelentős számú geológiai összehasonlító anyag és régészeti minta segítségével tovább gyarapítottuk ismereteinket a radiolaritok geokémiai jellemzéséről.

A kárpát-medencei radiolaritok régészeti vizsgálatának eddigi eredményei

Nyersanyagforrások

A radiolaritok, illetve radioláriás tűzkövek (a továbbiakban radiolarit) felismerése a régészeti anyagban viszonylag új keletű, a múlt század hatvanas-hetvenes éveiben vált általánossá (Bárta 1961, 1979, Vértes 1965, Ruttkay 1970, 1980). Még ma is számos területen használnak megtévesztő elnevezéseket (jáspis, felpál stb.) erre a kőzetre, mind a régészeti anyag, mind a földtani térképezési információ területén. A nyersanyagforrások ennek megfelelően inkább a Kárpát-medence és tágabb környezetének középső és észak-nyugati részéről ismertek; a nagyon fontos déli és keleti irányból még csak szórványos adataink vannak. (2. ábra). Magyarországon a legfontosabb radiolarit nyersanyagforrások a Bakonyban (középső jura), a Gerecseben (középső-

és felső jura), a Mecsekben (felső jura - alsó kréta) vannak (Konda 1986, Barabás 1986). Inkább lokálisan elterjedt és zömében a paleolitikumra korlátozódik a Bükk hegység radiolaritjainak (triász és jura) használata (Pelikán 1986, Dosztály 1986).

A mai Magyarország határain kívüli legfontosabb ismert radiolarit nyersanyagforrások Szlovákiában (és részben Lengyelország déli részén) található, jelentős továbbá az ausztriai Bécs-Mauern bányahely. Szórványos adataink vannak Ukrajna és Románia területéről (Rácz B., p.c., Astalos--Kasztovszky 2009) és elsősorban földtani adataink Horvátország területéről is (Halamić et al. 1999, Halamić—Šošić-Klindžić 2009).

Bányahelyek

A radiolaritok jelentőségét jól mutatja, hogy Magyarország területén az ún. „kovabányák” között 60%-ban radiolarit, illetve radioláriás tűzkő a kitermelt kovakőzet (Bácskay--Biró 2003, p. 118 26. kép). Ez részben a radiolarit nyersanyag keresett és népszerű voltát támasztja alá, de arra a tényre is utal, hogy a radiolarit esetében a bányanedves kovakőzet tulajdonságai lényegesen kedvezőbbek, mint a felszíni körülményeknek, mállásnak kitett szálkőzet esetében. A taiti és a sümegi bányahelyek jelenleg is látogathatók a nagyközönség számára (Tóth 2008; Sümeg honlap).



3. ábra: Jellegzetes bakonyi radiolaritok

Fig. 3.: Radiolarite from the Bakony Mts.

Feltehetőleg a legnagyobb kiterjedésű és egyben legjelentősebb bányahely a szentgáli Tűzköveshegy: a szentgáli radiolarit elterjedése adataink szerint az obszidiánhoz hasonló mértékű és jelentőségű volt (Biró 1995).

A magyarországi bányahelyekről először a Gerd Weisgerber által szerkesztett katalógusban jelent meg összefoglaló (Bácskay 1980), ami az Archeologia Polona 1995-ös számában került kiegészítésre (Bácskay, Simán, Biró in Lech ed.1995). A bakonyi bánya- és műhelykörzetekről írt összefoglaló is elsősorban a dunántúli radiolaritok kitermelésével és feldolgozásával foglalkozik (Biró--Regenye 2003).

Petroarcheológiai csoportosítás

A szakirodalomban használt elnevezések szerint, szín, szövet és más, makroszkóposan felismerhető fizikai jellemzők alapján több csoportot különíthetünk el mind a Dunántúli-középhegységben (**3. ábra**), mind a Mecsekben (**4. ábra**).

A nemzetközi szakirodalomban, további bontás nélkül, elkülönítik az ún. Kárpáti radiolaritokat (Bárta 1961). Ezek sötétvörös, szürke, kékes- és zöldesszürke színűek, esetenként márványos mintázattal, gyakran kavics cortex maradványokkal.



4. ábra: Jellegzetes mecseki radiolaritok

Fig. 4.: Radiolarite from the Mecsek Mts.

Hasonló megjelenésű radiolaritok a Déli-Kárpátokból is ismertek, például a Romániai Földtani Intézet gyűjteményéből. A Bécs-Mauern-i radiolarit a kárpáti radiolaritokhoz hasonlóan sötétvörös, gyakran szürke, jellemzően matt fényű.

A Zágrábi Múzeum és Zágrábi Egyetem gyűjteményében további sötétvörös, sötétszürke és kékesszürke radiolarit típusok találhatók, amelyek némileg emlékeztetnek a mecseki radiolaritokra, de általában sötétebb tónusúak és ezeknél is gyakran megfigyelhető a kavicskéreg. Szintén a zágrábi gyűjteményekben fordulnak elő a szentgáli radiolaritokra erősen emlékeztető vörös, esetenként hűsvörös kovaközetek, Slavonski Brod és más, kelet-horvátországi lelőhelyek anyagában. Az előzetes terepi munkák során valószínűnek tűnt, hogy ez a nyersanyag, melynek pontos lehatárolása és jellemzése különösen fontos például a szentgáli radiolarit elterjedési határainak vizsgálatához, Boszniából származik. Munkahipotézisként "bosnyák hűsvörös radiolaritnak" jellemeztük a kőzetet. J. Halamić petrográfiai vizsgálatai szerint ez a kőzet nem radiolarit, hanem felső-kréta, kevésbé mély tengeri környezetből származó kovakőzet (Halamić-- Šošić Klindžić 2009). Mivel makroszkóposan ez a kőzet leginkább a szentgáli radiolaritra hasonlít, indokoltnak tekinthetjük vizsgálatát a radiolaritokkal összevetve. Magyarországi leletanyagban a "Slavonski Brod" típusú kova megjelenése elsősorban kora neolitikus anyagokban feltételezhető (Biró 2006).

Nyitott kérdések

A radiolaritok regionális, de esetenként távolsági elterjedésű nyersanyagok. A nyersanyag előfordulási területek különféle fizikai tulajdonságokkal (fény, szín, töredezettség, anyakőzet minősége) jellemezhető típusokra bonthatók, de egy-egy nyersanyagforrás több típust is ad, és az egymáshoz hasonló makroszkópos típusok egymástól távol is megjelenhetnek. A helyzet nem tűnik olyan reménytelennek, mint a limnikus és hidrotermális kovaközetek esetében, de biztosan számolnunk kell hasonló megjelenésű radiolaritokkal a több forrásból ellátott régészeti lelőhelyeken is. Ezeknek elkülönítése egyelőre objektív módszerekkel még nem megoldott. Különösképpen problematikus és történetileg is jelentős a kiváló minőségű és széles körben elterjedt szentgáli radiolarit pontos azonosítása, amelyhez hasonló megjelenésű kőzet máshol is előfordul. Hasonlóképpen problémát jelenthet a gerecei, mecseki, osztrák és kárpáti radiolaritok elkülönítése, különösen a nyersanyagforrástól távol eső régészeti lelőhelyeken.

Az ismert petroarcheológiai csoportoknak megfelelően a radiolaritok elterjedését többen, több alkalommal tették közzé (Biró 1987, 1988, Biró

1998a, 1998b, Biró-Regenye 1991, Biró 2009, Lech 1981, Gronenborn 1994, Mateiciucova 2008 stb.) Az sem bizonyos, hogy a különféle szerzők ugyanazt értik azonos név alatt; illetve nem minden radiolarit került ezen a néven leírásra (gyakori alternatív, szerintünk helytelen szóhasználat: jáspis, felpál). A csoportosítás alapvetően és eddig kizárólag makroszkópos tulajdonságokon alapult, hiszen geokémiai "ujjlenyomattal" vagy jellemző, a régészeti mintapéldányok regionális azonosítására alkalmas paleontológiai vizsgálatokkal nem rendelkezünk.

A makroszkópos vizsgálat önmagában nem alkalmas a távoli területek makroszkóposan hasonló radiolaritjainak elkülönítésére. Egyelőre még nem tudjuk, hogy ez a feladat objektíven megvalósítható lesz-e geokémiai és/vagy részletes mikropaleontológiai elemzések segítségével. Munkánk alapvetés, amivel szeretnénk a kérdés megoldását elősegíteni.

Műszeres anyagvizsgálatok radiolaritokon

A régészeti radiolaritok anyagvizsgálatára a következő jelentősebb erőfeszítések történtek: Kozłowski et al. 1981 (OES), Biró--Pálosi 1986 (TS, OES, IR, XRD, NAA) G. Newton, (NAA, in Biró--Dobosi 1991 pp. 246-247) Varga I. NAA (Varga 1991).

Az eddigi vizsgálatok nem tekinthetők reprezentatívnak. A legnagyobb sorozat az ATOMKI-ban történt PIXE-PIGE mérési sorozat volt, amely szerint a radiolaritok között hegység szinten mutatkoznak különbségek, de jelentős átfedésekkel is számolhatunk (Biró et al. 2002).

További problémát jelent, hogy a legtöbb alkalmazott vizsgálati módszer roncsolásos technikákat használ, ami megengedhető a nyersanyagforráshoz közeli régészeti lelőhelyek esetében, ahol nagyszámú szilánkanyag is található, de nem használható a feltételezhető távolsági importok esetében, ahol a vélelmezett távoli eredetű tárgy létezése és épsége fontosabb szempont, mint az egyelőre bizonytalan eredményességű vizsgálat lehetősége.

Az elkülöníthetőséget éppen ezért a teljesen roncsolásmentes PGAA (prompt gamma aktivációs elemzés) technikával próbáljuk vizsgálni, amellyel egyéb pattintott kőszköz nyersanyagok esetében már jó eredményeket sikerült elérni (Kasztovszky et al. 2009).

A TÉT horvát-magyar együttműködési programon belül egyik fő célként jelöltük meg a radiolaritok PGAA vizsgálatát. Ezzel a módszerrel elsősorban a főelemek és néhány nyomelem (B, Cl, Gd, Sm) vizsgálható eredményesen.

1a. táblázat: A vizsgált minták adatai (A = régészeti lelőhely, G = nyersanyagforrás)

Table 1a.: Data on the samples investigated by PGAA (A = Archaeological site, G = Geological source)

Mintajel	Lh. jellege	Régió	Lelelőhely	Név (leltári szám)
L53	G	(Bakony)	Szentgál-Tűzköveshegy	Szentgál-T., vörös-fekete
L54	G	(Bakony)	Szentgál- Tűzköveshegy	Szentgál-T., vörös-fehér
L61	G	(Bakony)	Szentgál- Tűzköveshegy	Szentgál-T., vörös
M33	A	(Bakony)	Vörs	Vörs-3
M36	A	(Bakony)	Vörs	Vörs-4
M37	A	(Bakony)	Vörs	Vörs-5
M42	A	(Bakony)	Vörs	Vörs-2
M43	A	(Bakony)	Vörs	Vörs-1
K81	G	Bakony	Hárskút-Gyenespuszta	Hárskút-Gyenesp., vörös
K82	G	Bakony	Hárskút-Gyenespuszta	Hárskút-Gyenesp., barna
L65	G	Bakony	Lókút	Lókút, szürkésbarna
L66	G	Bakony	Lókút	Lókút, barna
L67	G	Bakony	Lókút	Lókút, drapp
K70	A	(Gerecse)	Jankovich-barlang	Bockstein-kés (Ltsz.: 61/925.4.)
K71	A	(Gerecse)	Jankovich-barlang	Levallois szilánk (Ltsz.: 38/916.19.)
K72	A	(Gerecse)	Jankovich-barlang	Ltsz.:94/914.51.
K73	A	(Gerecse)	Jankovich-barlang	Moustieri-hegy (Ltsz.: 94/914.33.)
K77	A	(Gerecse)	Jankovich-barlang	Ltsz.: 38/916.15.
RA01	A	(Gerecse)	Tata	RA01
K79	A	(Gerecse?)	Nadap-Kőbánya	Ltsz.: Pb 86/69
K80	A	(Gerecse?)	Nadap-Kőbánya	Ltsz.: Pb 86/73
K75	G	Gerecse	Tűzköves-barlang	Tűzköves-barlang
K76	G	Gerecse	Pisznice	Pisznice
K83	G	Gerecse	Szomód-Lőtér	Szomód-Lőtér, v.barna
K84	G	Gerecse	Szomód-Lőtér	Szomód-Lőtér, v.szürke
K85	G	Gerecse	Kis-Gerecse	Kis-Gerecse
L63	G	Gerecse	Hajós-árok	Hajós-árok, kis darab
L64	G	Gerecse	Hajós-árok	Hajós-árok, nagy darab
RG01	G	Gerecse	Lábatlan	RG01
M31	A	(Mecsek)	Szálka	Szálka-2
M32	A	(Mecsek)	Szálka	Szálka-5
M38	A	(Mecsek)	Szálka	Szálka-3
M39	A	(Mecsek)	Szálka	Szálka-1
M41	A	(Mecsek)	Szálka	Szálka-4

1a. táblázat, folyt.: A vizsgált minták adatai (A = régészeti lelőhely, G = nyersanyagforrás)

Table 1a., cont.: Data on the samples investigated by PGAA (A = Archaeological site, G = Geological source)

Mintajel	Lh. jellege	Régió	Lelőhely	Név (leltári szám)
L72	G	Mecsek	Kisújbánya-Szószék	Szószék-1A
L73	G	Mecsek	Kisújbánya-Szószék	Szószék-2
L74	G	Mecsek	Kisújbánya-Szószék	Szószék-4
L75	G	Mecsek	Kisújbánya-Szószék	Szószék-1B
L78	G	Mecsek	Hosszúhetény-Csengő-hegy	Csengőh-1A
L79	G	Mecsek	Hosszúhetény-Csengő-hegy	Csengőh-1B
L80	G	Mecsek	Kisújbánya-Óbányai-völgy	Obv-3
L81	G	Mecsek	Komló-Szöge-hegy	Szögeh-2
L83	G	Mecsek	Kisújbánya-Óbányai-völgy	Obv-1
L84	G	Mecsek	Singödör	Sing-3
L85	G	Mecsek	Singödör	Sing-1
M16	A	(Bakony?)	Fajsz	Fajsz-5
M18	A	(Bakony?)	Fajsz	Fajsz-1
M19	A	(Bakony?)	Fajsz	Fajsz-2
M20	A	(Bakony?)	Fajsz	Fajsz-3
M21	A	(Bakony?)	Fajsz	Fajsz-4
S 01	A	(Bosznia?)	Cernička Šagovina, CRO	S 01
S 02	A	(Bosznia?)	Zadubravlje, CRO	S 02
S 03	A	(Bosznia?)	Zadubravlje, CRO	S 03
S 04	A	(Bosznia?)	Zadubravlje, CRO	S 04
S 05	A	(Bosznia?)	Ivandvor, CRO	S 05
S 06	A	(Bosznia?)	Ivandvor, CRO	S 06
S 07	A	(Bosznia?)	Galovo, BIH	S 07
S 08	A	(Bosznia?)	Galovo, BIH	S 08
S 09	A	(Bosznia?)	Galovo, BIH	S 09
S 10	A	(Bosznia?)	Galovo, BIH	S 10
S 11	A	(Bosznia?)	Galovo, BIH	S 11
S 12	A	(Bosznia?)	Galovo, BIH	S 12
S 13	A	(Bosznia?)	Virovitica, CRO	S 13
S 14	A	(Bosznia?)	Virovitica, CRO	S 14
S 15	A	(Bosznia?)	Tomašanci, CRO	S 15
S 16	A	(Bosznia?)	Tomašanci, CRO	S 16
S 17	A	(Bosznia?)	Tomašanci, CRO	S 17
S 21	A	(Bosznia?)	Ivandvor, CRO	S 21
S 18	G	Bosznia	Gračanica, BIH	S 18
S 19	G	Bosznia	Stanić Rijeka, BIH	S 19
S 20	G	Bosznia	Gračanica, BIH	S 20

1b. táblázat: A vizsgált minták főelem összetétele PGAA-val mérve (wt%) *k.h.a.* – kimutatási határ alatt

Table 1b.: Major element composition of the samples analysed by PGAA (wt%) *k.h.a.* – under detection limit

Minta-jel	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ ^t	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	CO ₂
L53	98,0	0,007	0,24	0,11	0,082	0,2	0,06	0,04	0,10	1,490	k.h.a.
L54	97,0	0,024	0,56	0,29	0,081	k.h.a.	0,08	0,09	0,19	1,590	k.h.a.
L61	97,0	0,026	0,61	0,29	0,101	k.h.a.	0,10	0,11	0,20	1,510	k.h.a.
M33	96,0	0,029	0,72	0,52	0,039	k.h.a.	0,10	0,09	0,19	1,790	k.h.a.
M36	98,1	0,007	0,18	0,09	0,023	k.h.a.	0,10	0,04	0,06	1,369	k.h.a.
M37	97,0	0,019	0,47	0,29	0,007	k.h.a.	0,06	0,06	0,16	1,630	k.h.a.
M42	97,0	0,016	0,41	0,22	0,051	k.h.a.	0,06	0,08	0,12	1,560	k.h.a.
M43	97,4	0,019	0,41	0,26	0,036	k.h.a.	0,05	0,09	0,14	1,600	k.h.a.
K81	97,6	0,015	0,32	0,43	0,015	k.h.a.	0,03	0,04	0,01	1,470	k.h.a.
K82	97,0	0,027	0,72	0,33	0,087	k.h.a.	0,11	0,14	0,21	1,710	k.h.a.
L65	96,5	0,029	0,74	0,42	0,100	k.h.a.	0,10	0,14	0,20	1,740	k.h.a.
L66	97,0	0,022	0,50	0,29	0,030	k.h.a.	0,07	0,10	0,16	1,590	k.h.a.
L67	97,0	0,018	0,41	0,24	0,009	k.h.a.	0,07	0,09	0,12	1,530	k.h.a.
K70	97,4	0,019	0,50	0,25	0,004	k.h.a.	0,08	0,04	0,15	1,470	k.h.a.
K71	96,0	0,045	1,30	0,44	0,002	0,2	0,08	0,12	0,32	1,200	k.h.a.
K72	98,0	0,010	0,33	0,19	0,004	k.h.a.	0,14	0,06	0,09	1,380	k.h.a.
K73	97,0	0,045	1,14	0,23	0,062	0,2	0,06	0,15	0,33	1,140	k.h.a.
K77	98,0	0,010	0,33	0,16	0,012	k.h.a.	0,07	0,08	0,11	1,440	k.h.a.
RA01	95,5	0,067	1,84	0,40	0,019	0,6	0,08	0,17	0,42	0,888	k.h.a.
K79	96,0	0,048	1,30	0,47	0,124	k.h.a.	0,12	0,17	0,28	1,040	k.h.a.
K80	96,0	0,057	1,11	0,28	0,004	0,2	0,44	0,18	0,24	1,080	k.h.a.
K75	97,0	0,007	0,14	0,11	0,004	0,7	0,58	0,06	0,06	0,860	k.h.a.
K76	97,0	0,025	0,63	0,30	0,006	k.h.a.	1,12	0,09	0,16	0,920	k.h.a.
K83	96,8	0,029	0,86	0,38	0,013	k.h.a.	0,20	0,10	0,23	1,410	k.h.a.
K84	98,0	0,015	0,44	0,19	0,020	0,3	0,27	0,06	0,11	1,010	k.h.a.
K85	96,3	0,050	1,21	0,50	0,003	k.h.a.	0,13	0,14	0,31	1,330	k.h.a.
L63	98,0	0,014	0,36	0,15	0,015	k.h.a.	0,05	0,07	0,11	1,400	k.h.a.
L64	96,0	0,017	0,51	0,21	0,066	1,7	0,10	0,04	0,13	0,990	k.h.a.
RG01	96,9	0,017	0,67	0,06	0,004	0,8	0,86	0,14	0,13	1,109	k.h.a.
M31	89,8	0,033	0,83	0,32	0,063	k.h.a.	3,13	0,13	0,18	1,095	4,34
M32	92,5	0,023	0,65	0,11	0,015	k.h.a.	2,37	0,12	0,14	1,082	2,92
M38	94,5	0,035	1,09	0,63	0,009	k.h.a.	2,24	0,04	0,26	1,182	k.h.a.
M39	74,0	0,029	0,70	0,35	0,166	1,7	11,69	0,10	0,15	0,942	10,14
M41	87,2	0,024	0,69	0,13	0,008	k.h.a.	4,41	0,10	0,16	0,995	6,29
L72	96,0	0,020	0,40	0,12	0,004	k.h.a.	2,20	0,08	0,09	1,440	k.h.a.
L73	96,0	0,032	0,63	0,27	0,008	0,4	1,08	0,10	0,14	1,400	k.h.a.
L74	81,3	0,036	0,71	0,15	0,044	k.h.a.	9,51	0,10	0,15	1,180	6,84
L75	98,0	0,027	0,53	0,09	0,001	k.h.a.	0,19	0,09	0,12	1,020	k.h.a.

1b. táblázat, folyt.: A vizsgált minták főelem összetétele PGAA-val mérve (wt%)**Table 1b., cont.:** Major element composition of the samples analysed by PGAA (wt%)

Minta-jel	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O _{3t}	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	CO ₂
L78	53,3	0,105	1,87	0,70	0,203	1,0	23,25	0,16	0,55	1,299	17,48
L79	54,7	0,102	1,72	0,68	0,171	3,7	22,63	0,15	0,49	1,253	14,42
L80	88,7	0,029	0,49	0,10	0,011	0,5	4,90	0,07	0,12	1,076	4,04
L81	51,9	0,044	0,86	0,38	0,082	0,8	24,43	0,09	0,17	0,953	20,15
L83	80,5	0,025	0,58	0,18	0,048	0,4	9,69	0,10	0,14	1,024	7,31
L84	80,1	0,037	1,14	0,24	0,116	k.h.a.	8,72	0,12	0,25	1,355	7,92
L85	42,7	0,044	0,93	0,52	0,238	0,6	29,50	0,08	0,35	0,842	24,18
M16	96,0	0,025	0,57	0,34	0,008	0,8	0,23	0,06	0,20	1,660	k.h.a.
M18	94,0	0,058	1,45	0,98	0,004	0,4	0,17	0,06	0,44	2,540	k.h.a.
M19	96,5	0,032	0,72	0,44	0,003	k.h.a.	0,16	0,09	0,27	1,799	k.h.a.
M20	97,1	0,019	0,57	0,26	0,031	k.h.a.	0,11	0,09	0,17	1,579	k.h.a.
M21	98,0	0,009	0,33	0,16	0,014	k.h.a.	0,03	0,08	0,11	1,390	k.h.a.
S 01	98,0	0,026	0,74	0,19	k.h.a.	k.h.a.	0,04	0,12	0,15	1,174	k.h.a.
S 02	97,0	0,028	0,72	0,33	k.h.a.	k.h.a.	0,06	0,13	0,14	1,185	k.h.a.
S 03	98,0	0,024	0,62	0,25	k.h.a.	k.h.a.	0,08	0,12	0,11	1,144	k.h.a.
S 04	98,0	0,022	0,55	0,08	k.h.a.	k.h.a.	0,06	0,11	0,10	1,011	k.h.a.
S 05	98,0	0,026	0,59	0,17	k.h.a.	k.h.a.	0,05	0,12	0,13	1,238	k.h.a.
S 06	98,0	0,020	0,53	0,12	k.h.a.	k.h.a.	0,05	0,09	0,10	1,202	k.h.a.
S 07	98,0	0,016	0,37	0,13	k.h.a.	k.h.a.	0,07	0,11	0,07	1,001	k.h.a.
S 08	98,0	0,020	0,49	0,14	k.h.a.	k.h.a.	0,08	0,09	0,10	1,035	k.h.a.
S 09	98,0	0,013	0,35	0,07	k.h.a.	k.h.a.	0,06	0,08	0,07	0,932	k.h.a.
S 10	98,0	0,026	0,67	0,27	k.h.a.	k.h.a.	0,08	0,10	0,13	1,110	k.h.a.
S 11	97,0	0,020	0,50	0,18	k.h.a.	k.h.a.	1,07	0,10	0,10	1,016	k.h.a.
S 12	98,0	0,020	0,56	0,17	k.h.a.	k.h.a.	0,06	0,08	0,10	1,025	k.h.a.
S 13	97,0	0,028	0,69	0,42	0,013	k.h.a.	0,04	0,09	0,19	1,700	k.h.a.
S 14	98,0	0,015	0,43	0,25	0,008	k.h.a.	0,06	0,07	0,11	1,509	k.h.a.
S 15	98,0	0,024	0,55	0,21	k.h.a.	k.h.a.	0,05	0,10	0,11	1,198	k.h.a.
S 16	98,0	0,026	0,62	0,22	k.h.a.	k.h.a.	0,04	0,10	0,12	1,155	k.h.a.
S 17	98,0	0,020	0,52	0,08	k.h.a.	k.h.a.	0,08	0,09	0,10	1,014	k.h.a.
S 21	97,0	0,014	0,53	0,09	k.h.a.	k.h.a.	1,40	0,07	0,05	1,267	k.h.a.
S 18	90,0	0,010	0,21	0,12	0,011	k.h.a.	8,00	0,10	0,04	0,988	k.h.a.
S 19	96,0	0,032	0,89	0,35	k.h.a.	k.h.a.	0,36	0,10	0,21	1,551	k.h.a.
S 20	74,0	0,005	0,23	0,08	0,014	0,9	12,70	0,12	0,03	0,732	11,00
kimutatási határ	0,5	0,010	0,20	0,05	0,003	0,1	0,04	0,04	0,04	0,009	

1c. táblázat: A vizsgált minták nyomelem összetétele PGAA-val mérve (ppm) *k.h.a.* – kimutatási határ alatt
Table 1c.: Trace element composition of the samples analysed by PGAA (ppm) *k.h.a.* –under detection limit

Mintajel	B	Cl	Sm	Gd	Nd
L53	65,0	4	0,2	0,3	4,9
L54	46,8	6	0,5	0,4	k.h.a.
L61	36,2	6	0,7	0,6	k.h.a.
M33	42,0	24	0,6	0,6	k.h.a.
M36	77,0	7	0,7	0,7	k.h.a.
M37	62,9	15	0,5	0,6	k.h.a.
M42	55,8	6	0,3	0,5	4,6
M43	51,6	12	0,4	0,5	6,0
K81	67,7	5	1,0	1,3	7,0
K82	29,0	4	0,5	0,9	2,2
L65	22,9	4	0,8	0,9	10,0
L66	41,2	5	0,7	0,9	6,0
L67	43,4	8	0,6	0,6	k.h.a.
K70	40,3	23	0,4	0,5	4,7
K71	27,7	56	0,4	0,4	k.h.a.
K72	54,6	17	0,2	0,3	5,0
K73	30,8	64	0,3	0,3	k.h.a.
K77	57,1	20	0,2	0,4	k.h.a.
RA01	35,2	5	0,6	0,7	k.h.a.
K79	25,6	40	0,4	0,5	k.h.a.
K80	23,4	72	0,5	0,5	10,0
K75	42,1	14	0,1	0,3	6,0
K76	30,0	28	0,8	0,9	k.h.a.
K83	16,1	24	0,7	0,8	1,9
K84	22,8	19	0,3	0,3	7,0
K85	22,1	49	1,0	1,2	k.h.a.
L63	65,4	6	0,4	0,3	3,4
L64	39,4	27	0,4	0,3	k.h.a.
RG01	23,3	78	0,9	1,2	k.h.a.
M31	39,7	40	0,5	0,7	5,6
M32	53,0	37	0,5	0,5	6,1
M38	22,1	21	0,6	0,7	6,5
M39	33,2	48	0,6	0,8	5,9
M41	47,3	57	0,6	0,7	6,1
L72	44,0	37	1,1	1,2	8,0
L73	30,3	45	0,6	0,7	7,0
L74	34,8	32	0,8	0,9	6,5
L75	25,6	45	0,7	0,9	5,0
L78	22,3	32	2,8	3,3	21,8

1c. táblázat, folyt.: A vizsgált minták nyomelem összetétele PGAA-val mérve (ppm)**Table 1c., cont.:** Trace element composition of the samples analysed by PGAA (ppm)

Mintajel	B	Cl	Sm	Gd	Nd
L79	19,7	24	2,3	3,0	19,3
L80	28,1	39	0,6	0,8	k.h.a.
L81	7,9	18	0,9	1,1	16,6
L83	36,8	36	1,0	1,4	9,4
L84	18,1	33	0,8	0,9	8,7
L85	15,7	31	0,6	1,2	10,1
M16	50,7	42	0,6	0,4	7,0
M18	34,3	102	0,1	0,2	4,0
M19	45,7	66	0,4	0,4	5,0
M20	53,0	47	0,5	0,6	10,0
M21	57,2	11	0,9	1,1	k.h.a.
S 01	52,7	25	0,4	0,3	k.h.a.
S 02	51,2	18	0,7	0,7	k.h.a.
S 03	61,4	9	1,1	1,2	k.h.a.
S 04	48,9	15	0,6	0,6	k.h.a.
S 05	49,6	6	0,5	0,5	k.h.a.
S 06	52,6	11	0,3	0,3	k.h.a.
S 07	59,8	10	0,5	0,6	k.h.a.
S 08	55,2	7	0,4	0,4	k.h.a.
S 09	52,1	9	0,4	0,5	k.h.a.
S 10	48,2	18	0,3	0,3	k.h.a.
S 11	53,0	8	0,4	0,6	k.h.a.
S 12	53,1	9	0,3	0,6	k.h.a.
S 13	40,7	33	0,4	0,5	k.h.a.
S 14	63,0	7	0,4	0,5	k.h.a.
S 15	54,8	8	0,5	0,6	k.h.a.
S 16	52,4	8	0,3	0,4	k.h.a.
S 17	49,3	6	0,5	0,7	k.h.a.
S 21	34,7	7	0,2	0,2	k.h.a.
S 18	38,8	37	1,2	1,9	k.h.a.
S 19	37,8	27	0,4	0,5	k.h.a.
S 20	23,8	27	1,7	2,9	k.h.a.
kimutatási határ	0,8	5	0,2	0,1	

Miután a kovaközetek uralkodóan SiO₂ ásványokat tartalmaznak, a legnagyobb mennyiségben jelen lévő főelem az (általában 90% feletti) SiO₂. A további főelemek néhány %-ban, inkább tized %-ban vannak jelen. A főelemek közül a MgO sok esetben nem volt kimutatható.

Összesen 71 mintát vizsgáltunk; ebből 30 geológiai összehasonlító minta, 41 régészeti lelet (3+18 Horvátországból és Bosznia-Hercegovinából: a lelőhelyekről ld. részletesen Šošić-Klindžić, 2009, jelen kötetben). A vizsgált magyarországi régészeti lelőhelyek részben a MNM paleolit és őskori gyűjteményének anyagából származnak (bajóti

Jankovich-barlang, Nadap-Kőbánya), Virág Zsuzsa és T. Biró Katalin vörsi ásatásából (Starčevo kultúra), továbbá felszíni gyűjtésű újkőkori anyagból Tata, Fajsz és Szálka határából.

A geológiai minták esetében típuslelőhelyeknek tekinthető előfordulásokból gyűjtött nyersanyag típusokat választottunk. A Bakony esetében Hárskút-Gyenespusztáról, Lókútról és Szentgál-Tűzköveshegyről gyűjtöttünk kőzeteket. A Gerecsében Lábatlan, Szomód és a Kis-Gerecse környékén mintáztunk meg radiarit vagy kovakőzet előfordulásokat. A Mecsek térségében Magyaregregy, Komló, Kisújványa és Hosszúhetény közelében végeztünk terepbejárást és mintavételezést.

Mind a geológiai, mind a régészeti mintákat tájegységekbe rendezve kezeltük (lásd **2. ábra**). Az eredményeket táblázatos formában, részletesen tesszük közzé, hogy a további vizsgálatok számára is elérhetőek legyenek (**1. táblázat**). Jelen dolgozatunkban az értékelésben a horvát-magyar együttműködési programban jelentős bakonyi, mecseki, gerecsei és bosnyák geológiai mintákra és az ezekkel összefüggésbe hozható régészeti lelőhelyek anyagára koncentrálnak.

A kovakőzetek főelem geokémiájáról

A mélytengeri kovakőzetek (radiaritok, radioláriás kovakőzetek) geokémiai vizsgálatában a főelem koncentrációknak sajátos szerep jut (Halamić--Goričan, 1995). A mélytengeri környezetben történő képződés során az élő szervezetek életműködése (biogén tényező), a szárazföldről és a sekélytengeri régióból történő esetleges törmelékanyag behordódás (terrigén tényező) és az óceánaljzatban és a medencefenéken lejátszódó hidrotermális események (hidrotermális tényező) mind meghatározói lehetnek a kémiai összetételnek.

A mélytengeri kovakőzetekben a kovaanyag az élőlények kovaváz elemeiből (pl. tüske) származik (általában szükséges a vékonycsiszolati vizsgálat annak megállapítására, hogy a kovaanyag még ebben az eredeti formájában van-e jelen, vagy már jelentős SiO₂-mobilizálódás ment végbe).

A szárazföldről származó üledékek fő alkotói alumo-szilikátásványok, amelyek elsősorban a SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, FeO*, MgO, Na₂O, K₂O kémiai komponenseket tartalmazzák. Ezzel szemben az elsődlegesen a tengervízben kiváló, kicsapódó fázisokhoz köthető kémiai alkotók az Fe₂O₃ és a MnO (Matsumoto--Ijima, 1983). A terrigén hatást jelzi a magas TiO₂ koncentráció (Sugisaki, 1984).

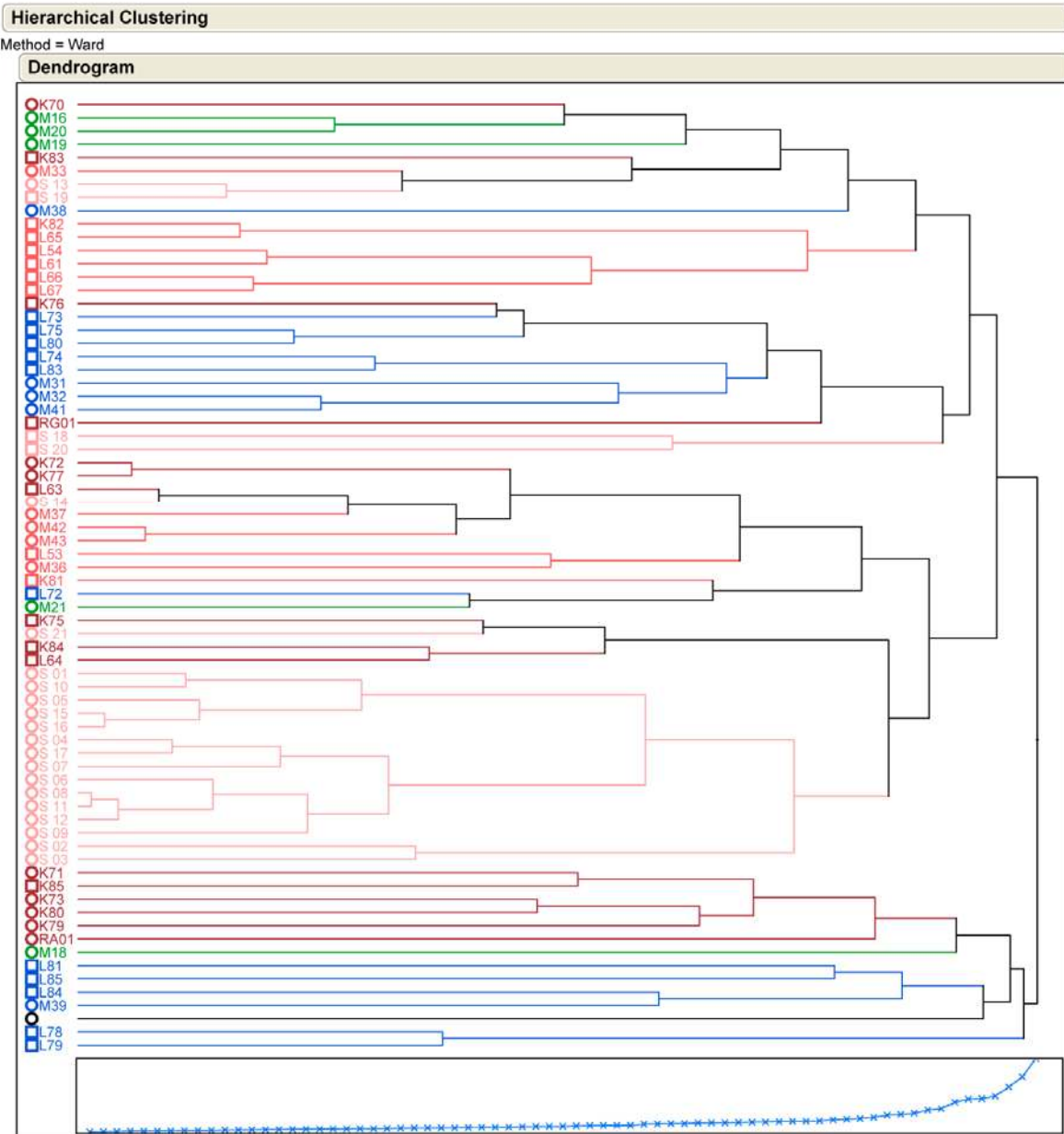
Az elsősorban klasztikus üledékekhez kötődő alumíniummal szemben egyre jelentősebb Fe-Mn-tartalom általában a tengeri (biogén is, de főképp hidrotermális) anyagképződés dominanciájára utal. Fontos azonban tudnunk, hogy hidrotermális hatások a kovaanyag ülepedését követően, a kőzetté válás folyamán is érhetik a kovakőzeteket. Annak ellenére, hogy a radiolaritok képződésekor a Mn rendkívül mobilisan viselkedhet mind a diagenetikus, mind a későbbi folyamatokban, szerepet kap a hidrotermális és terrigén tényezők mértékének megítélésében (pl. Halamić et al., 1999).

A jelenkori és fosszilis óceáni kovaüledékek vizsgálata során kimutatták, hogy a diagenezis folyamán jelentős elemfrakcionálódással és -mobilizálódással kell számolni. Az egyik fő szereplője ezen folyamatoknak az SiO₂, amely ellentétes geokémiai viselkedésű (azaz kicserélődik) a MnO-dal, CaO-dal, MgO-dal és P₂O₅-dal (Murray, 1994). Az SiO₂ eloszlásának újrendeződése eredményezi a gumókba, lencsékbe történő koncentrációát. Az ilyen módon koncentrálnó anyag magába gyűjti többek között a K, Na és B elemeket, míg szegényedik pl. V-ban. A mangán mobilizálódása és kicserélődése különösen jelentős a szubdukciós-akkréciós zónák közelében, ahol a mélytengeri üledékeknek is fontos szerep jut. Mindezen folyamatokat figyelembe véve igen problematikus annak a pontos megítélése, hogy a mélytengeri kovakőzetekben mérhető jelenkori elemkoncentráció elsődleges (azaz a biogén-terrigén-hidrotermális tényezők összhatásának eredménye) vagy másodlagos (azaz a diagenezis és az utólagos folyamatok során kialakult kémiai környezet elem eloszlást újrendező eredménye). Murray (1994) szerint nagy biztonsággal csak az Al, Ti, Fe és RFF elemkoncentrációk alkalmazhatók a mélytengeri kovakőzetek eredetének, képződési körülményeinek meghatározására.

Eredmények

Az eredményeket először kétváltozós diagramokban, elempáronként értékeltük. Egyes elempárok határozott pozitív, illetve negatív korrelációt mutattak. Így a SiO₂/CaO, SiO₂/CO₂ erős negatív korrelációt, míg az Al₂O₃/K₂O és az Al₂O₃/Fe₂O₃ gyengébb pozitív korrelációt mutat. A kétváltozós diagramok alapján az elkülönítésre leginkább használható elemek a Cl, B, Na₂O, MnO, TiO₂, K₂O, Gd, Sm voltak.

cikkez- Hierarchical Cluster



5. ábra: A vizsgált minták klaszter analízissel generált dendrogramja (Ward-féle módszer, euklideszi távolságmérték)

Fig. 5.: Cluster analysis of the chemical composition of the investigated radiolarite samples

A – MgO, CO₂ és Nd kivételével – a PGAA-val meghatározott elemkoncentrációk felhasználásával klaszter analízist végeztünk. A **5. ábrán** bemutatott dendrogram a Ward-féle módszerrel és euklideszi távolságmértékkel számítva készült.

A hierarchia 1. szintjén a nagy karbonát tartalmú (CaCO₃ ~ 40wt%), illetve a mérsékelt karbonát tartalmú (CaCO₃ < 20wt%) és karbonátmentes minták különülnek el. A vizsgált mintaegyüttesben jelentősen karbonátos minták csak a mecseki nyersanyagok (kizárólag geológiai minták: L78-79, L81, L85) közül kerültek elő.

A hierarchia 2. szintjén a mérsékelt karbonát tartalmú és karbonátmentes minták tovább bonthatók egy kis és egy nagy TiO₂ és Al₂O₃ (részben K₂O és Na₂O) tartalmú csoportra (határértékek: TiO₂~0.040wt%, Al₂O₃~1.1wt%, K₂O~0.24wt%, Na₂O~0.12wt%). Ez a leválogatás lehetővé teszi, hogy a Gerecséhez köthető, TiO₂- és Al₂O₃-dús minták egy részét (Nadap-Kőbánya: K79-80, Tata: RA01 és részben a Jankovich-barlang: K71, K73 leletanyagából, illetve a Kis-Gerecse kőzetanyagából: K85) elválasszuk a terrigen kémiai alkotókban szegényebb csoporttól.

A TiO_2 - és Al_2O_3 -dús csoporthoz sorolható egy Fajszról származó lelet is (M18).

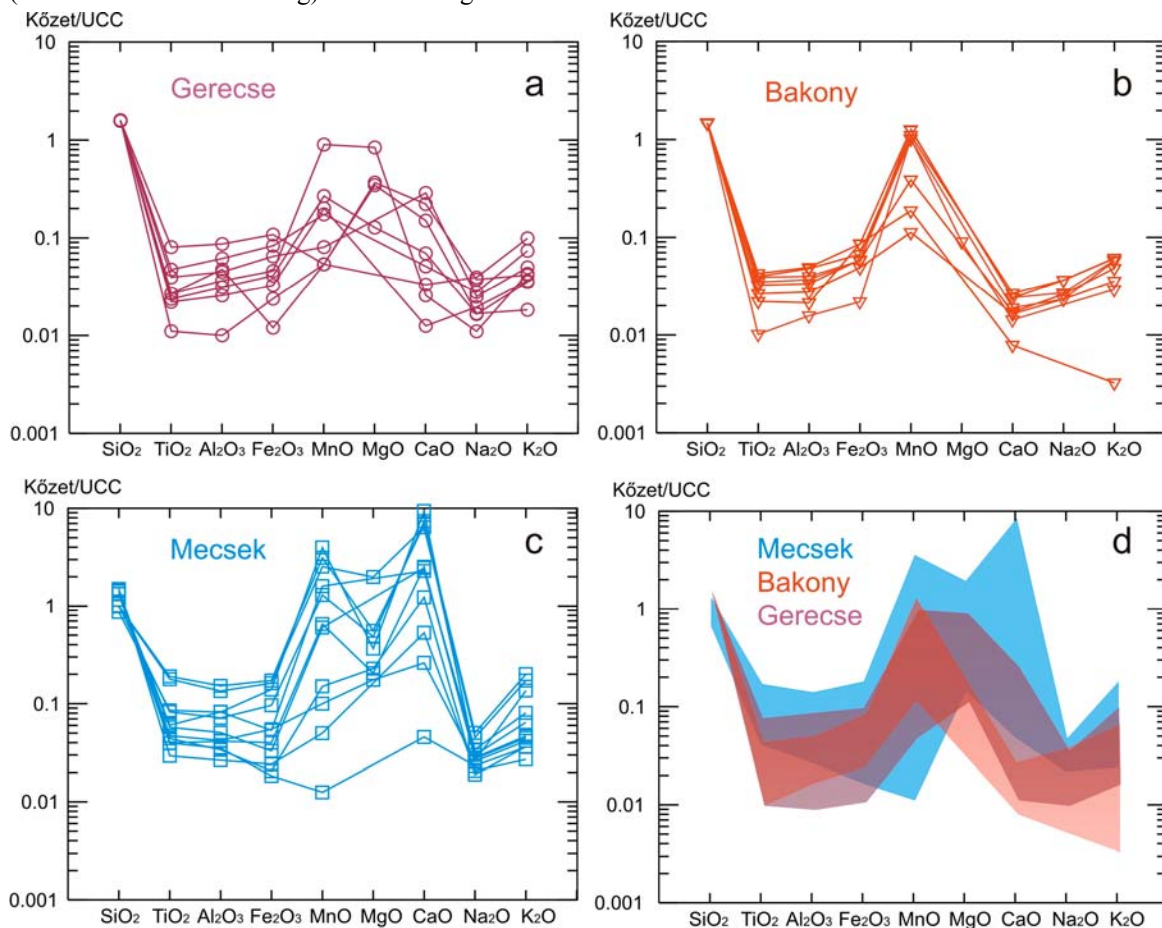
A hierarchia 3. szintjén mérsékelt karbonát tartalmú és karbonátmentes minták többsége szétválasztható. A kimutatható CO_2 tartalommal jellemezhető minták csoportjában azonban előfordul néhány karbonátmentes (mecseki: L73, L75 és gerecsei: K76, K83, RG01) nyersanyag is, így az elsősorban mecseki régészeti (M31-32, M39, M41) és geológiai (L74, L80, L83-84) mintákat tartalmazó csoport nem értelmezhető valós egységként.

A klaszterek mélyebb tagolási szintjén regionális és geokémiai tartalom már nehezen azonosítható.

Jelen tanulmány anyagát képező kovaközetek – elsősorban radiolaritok – kémiai elemzéseinek főelem eloszlási diagramjai (a geológiai anyagvizsgálatban általánosan elterjedt referencia összetételre, az UCC, Upper Continental Crust (=felső kontinentális kéreg) főelem átlagértékeire

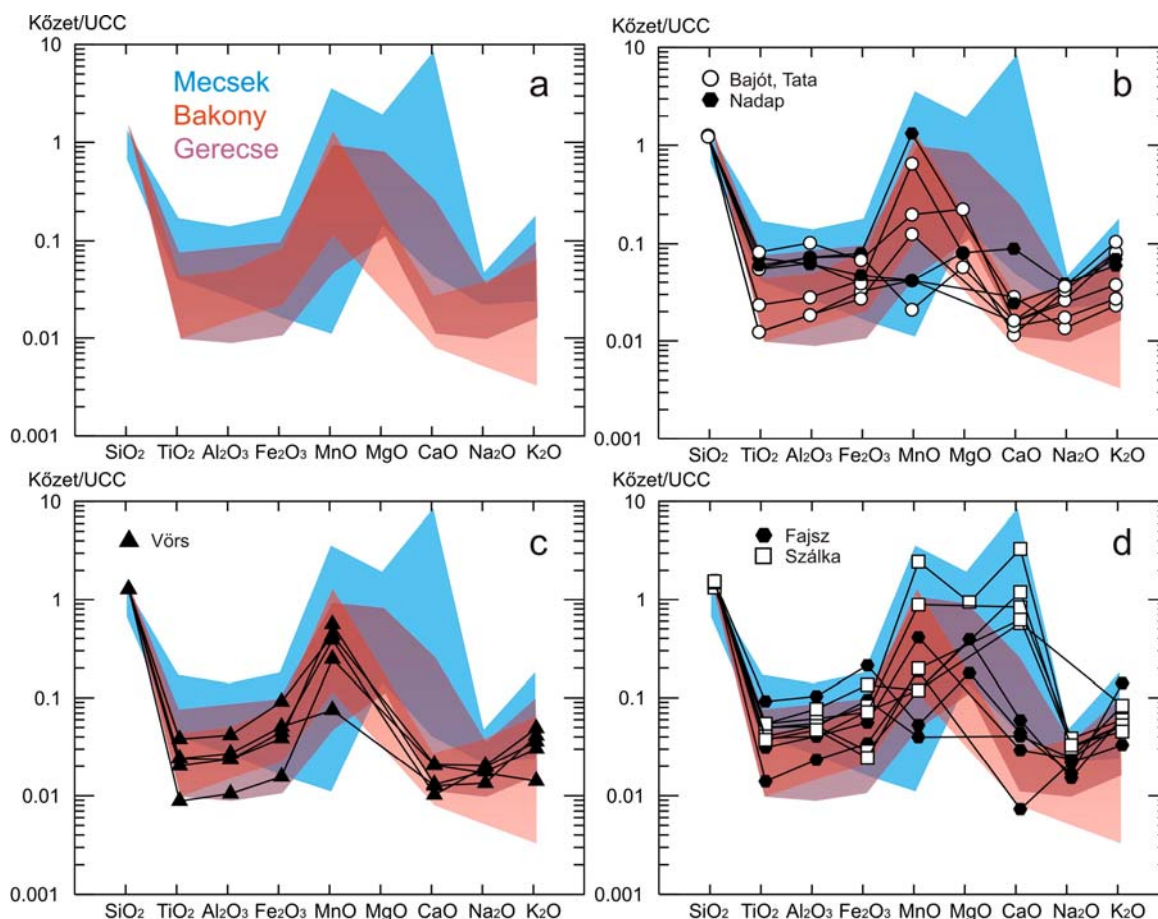
normálva) minden esetben az izzítási veszteség (LOI) nélküli értékeket mutatják be.

A három nagyobb földrajzi (részben földtani) egységből – Mecsek, Bakony, Gerecse – származó geológiai minták változékonyságát erősen befolyásolta a mintaszám (6. ábra a-d). A leggazdagabban reprezentált ($n_{\text{geo}}=11$) mecseki nyersanyagcsoport néhány főelemtől (SiO_2 , Na_2O) eltekintve igen nagy kémiai változékonyságot mutat (6c ábra). A viszonylag nagy TiO_2 , Al_2O_3 , MgO és CaO (illetve részben Na_2O és K_2O) koncentrációval jellemezhető mintacsoport Fe_2O_3 -ban és MnO -ban jelentkező rendkívüli változékonysága (a normált értékek is 1-2 nagyságrendben változnak) nehezen kezelhető. Fontos megjegyeznünk azonban (lásd az 1. táblázatban), hogy a mecseki nyersanyagok között egy karakteres csoportot képeznek a karbonátos (azaz nagy CaO és CO_2 tartalmú) minták, amelyekben az SiO_2 koncentráció 60% alá csökken.



6. ábra: A vizsgált magyarországi radiolarit nyersanyag minták UCC-re normált főelem eloszlása, (a) Gerecse ($n_{\text{geo}}=8$), (b) Bakony ($n_{\text{geo}}=8$), (c) Mecsek ($n_{\text{geo}}=11$), (d) a három geológiai régió vizsgált mintái alapján meghatározott, átlagos főelem eloszlási mintázatok.

Fig. 6.: Major element composition of the Hungarian radiolarite source collected samples, normalised for UCC

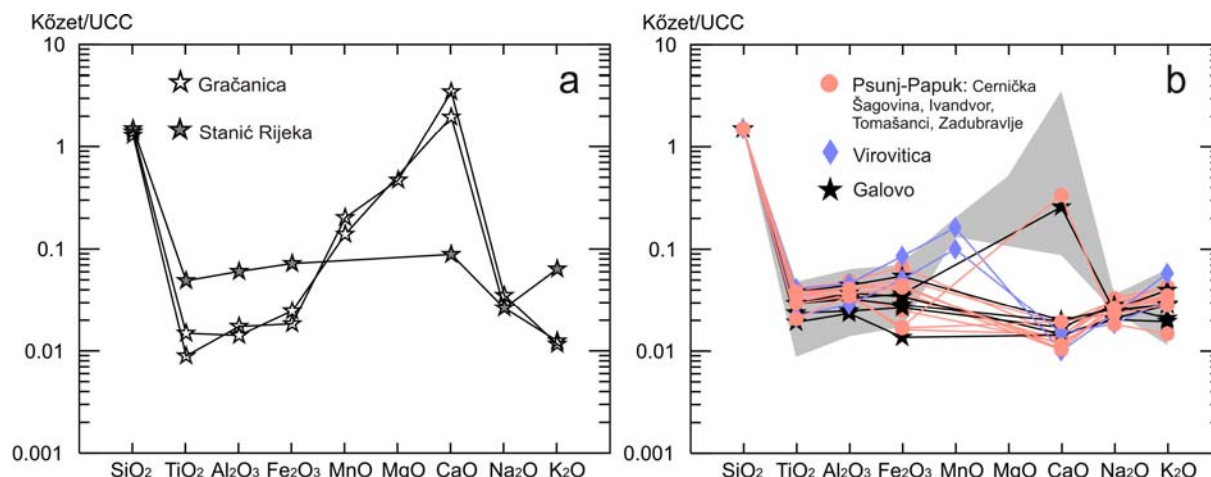


7. ábra: A vizsgált magyarországi régészeti radiolarit leletek UCC-re normált főelem eloszlása a nyersanyag típusok főelem eloszlási tartományain ábrázolva, (a) a nyersanyag típusok főelem tartományai a **6. ábra** alapján, (b) a bajóti Jankovich-barlang, Tata és Nadap-Kőbánya lelőhelyek ($n_{\text{arch}}=5+1+2$), (c) Vörs lelőhely ($n_{\text{arch}}=5$), (d) Szálka és Fajszi lelőhelyek ($n_{\text{arch}}=5+5$).

Fig. 7.: Major element composition of archaeological radiolarites normalised for UCC presented in the same context as the geological sources

Ez az összetétel jellemző az összes hosszúhetényi (L78-79), Komló-szőge-hegyi (L81), illetve részben a Kisújványa-szószei (L74), Kisújványa-óbányai völgyi (L83) és singödöri (L85) mintákra. A fő összetevőkben detektált nagymértékű eltérés ugyanakkor a tized %-nyi mennyiségű elemek és a nyomelemek eloszlásában is torzulást okozhat. A gercsei nyersanyagcsoport ($n_{\text{geo}}=8$) kisebb kémiai változékonyságot mutat (**6a ábra**), azonban homogénnek nem tekinthető. A csoport fő jellemvonásai közé tartozik a mecsekivel részben átfedő, részben pedig annál kisebb TiO_2 , Al_2O_3 , MnO , CaO , illetve K_2O tartalom, míg a Na_2O ahhoz képest nagyobb koncentrációban fordul elő. A nyolc mintával képviselt bakonyi nyersanyag típus igen egységes kémiai összetételt és elemeloszlást mutat (**6b ábra**). A csoport fő jellemvonásai közé tartozik a kis TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , Na_2O , illetve K_2O tartalom, amely nagy MnO értékekkel párosul. A magyarországi régészeti kontextusból előkerült kovakőzet anyagú leletek főelem eloszlását a három nagy nyersanyagcsoport

elemeloszlására illetve ábrázoltuk (**7b-d ábra**). A diagramok komplex megjelenése jól tükrözi, hogy csupán főelem eloszlás alapján nem lehet egyértelmű csoportosítást tenni. Minden főelem tekintetében – néhány CaO adatot kivéve – a régészeti minták a nyersanyagcsoportok felvázolt elemtartományában szórtnan oszlanak el. A gercsei és velencei-hegységi leletek főelem értékei széles tartományban szóródnak (**7b ábra**), a legtöbb esetben mind a bakonyi, mind a gercsei nyersanyag típus normált koncentráció értékeivel átfednek. A viszonylag alacsony CaO , Na_2O és részben TiO_2 , K_2O értékek azonban elkülönülnek a mecseki nyersanyagok összetételi tartományától. A vörsi régészeti minták kémiai összetétele viszonylag egységes (**7c ábra**), a TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , Na_2O , illetve K_2O tartalom kicsi, míg a MnO nagy. A szálkai és fajszi régészeti leletek összetétele nagymértékben átfed a mecseki nyersanyagok – széles tartományban szóródó – értékeivel (**7d ábra**).



8. ábra: A vizsgált boszniai és horvátországi minták UCC-re normált főelem eloszlása, (a) boszniai radiolarit nyersanyag minták ($n_{\text{geo}}=3$), (b) boszniai és horvátországi régészeti leletek ($n_{\text{arch}}=6+12$).

Fig. 8.: Major element distribution of Bosnian and Croatian samples normalised for UCC, (a) Bosnian geological samples ($n_{\text{geo}}=3$), (b) Bosnian and Croatian archaeological samples ($n_{\text{arch}}=6+12$).

A Fajszról származó leletek között azonban előfordul a mecseki nyersanyag típusánál kisebb TiO_2 és CaO tartalmú minta is. A CaO esetében a Szálkáról származó régészeti leletek egy részére – nagy MnO értékkel párosuló – nagy koncentráció értékek adódnak.

A horvátországi és boszniai régészeti lelőhelyekről előkerült radiolarit és egyéb kovaközet leletek, illetve a boszniai radiolarit előfordulásokból gyűjtött nyersanyagok elemzési adatait szintén az UCC-re normálva jelentettük meg (8a-b ábra). A vizsgált mintáknak csak igen alárendelt részében volt a Mn és Mg a kimutatási határ fölött, ezért az ezen két elemre vonatkozó szórványos adatokat – ugyan ábráztuk – nem vesszük figyelembe az elemzések összehasonlítása során.

A boszniai geológiai minták esetében a két nyersanyag előfordulás kémiai összetétele elsősorban CaO és K_2O tartalomban tér el. A jelentős karbonáttartalom (a SiO_2 koncentráció 70–90%-ra csökken) miatt jelentkező véges összeghatás okozza a többi elem eloszlására gyakorolt torzító hatást, azaz a karbonátmentes Stanić Rijeka-i mintához képest kis TiO_2 , Al_2O_3 és Fe_2O_3 értékeket a karbonátos gračanica-i kőzetekben. A mérési adatok alapján a régészeti minták főelem összetételében a TiO_2 , Al_2O_3 és Na_2O , illetve részben a Fe_2O_3 és K_2O kis koncentrációértékekkel jellemezhető. Egy ivandvori (S21) és egy galovoi (S11) mintától eltekintve a CaO 1wt% alatti koncentrációban detektálható, azonban az említett két minta esetében sem éri el az 1.5wt%-ot, így nem kell jelentős véges összeghatással számolnunk. A különböző lelőhelyek kovaközet leleteinek kémiai összetétele között nem észlelhető szisztematikus eltérés. A boszniai nyersanyagokhoz képest átmeneti helyzet

figyelhető meg a legtöbb főelem tekintetében. A gračanica-i radiolaritnál nagyobb, a Stanić Rijeka-i radiolaritnál kisebb TiO_2 és Al_2O_3 (CaO), illetve részben Fe_2O_3 és Na_2O tartalom mérhető, míg a K_2O esetében ellentétes a helyzet,

Értékelés

A főelem arányokban mutatkozó negatív (SiO_2/CaO , SiO_2/CO_2) és pozitív ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}$, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$) korreláció elsősorban kőzetminőségre utal (karbonát, illetve agyagásvány tartalom). Ezeket az elemeket a tájegységenkénti elhatárolásban kevésbé használhatjuk, mert értékük nem a regionális jellemzőktől függ.

A bemutatott főelem kémiai adatok statisztikai értékelése elsősorban arra mutatott rá, hogy mind a radiolarit nyersanyagok, mind a kovaközetekből készült kőeszközök között jelentős szerephez jutnak karbonáttartalmú kőzettípusok. Emellett a terrigén képződési tényezőhöz köthető TiO_2 , Al_2O_3 és részben az alkáliák mutatkoznak fontos diszkriminatív alkotóknak.

A geológiai minták esetében a fentiekben összesített geokémiai megfontolások alapján a következőket állapíthatjuk meg. A vizsgált mecseki kovaközetek azokban az elemekben mutatnak dúsulást, amelyek a terrigén anyagbehordásból származhatnak. Emellett az elsődlegesen hidrotermális eredetű Fe_2O_3 és MnO értékek nagy szórása arra utalhat, hogy a kovaüledék leülepedését követő diagenetikus és utólagos folyamatok során a hidrotermális hatások változóak lehetettek. A bakonyi nyersanyagcsoport esetében épp ellenkező elemeloszlás tapasztalható, azaz a terrigén anyagokból származtatható elemekben való szegényedés, a hidrotermális eredetűnek nevezhető

MnO-ban való gazdagodással egyidejűleg. A gercsei radiolaritok átmeneti állapotot tükröznek a terrigén és a hidrotermális genetikai tényezők alá rendelés szempontjából.

A Biró és társai (Biró et al., 2002) által végzett vizsgálatok területileg részben átfednek kutatásunkkal, bár az alkalmazott módszer és a konkrét minták nem azonosak. Ennek ellenére néhány összefoglaló megállapítás tekintetében összevetjük eredményeinket az általuk publikáltakkal. Az a megfigyelés, hogy a régészeti minták általában nagyobb SiO₂ és kisebb CaO tartalommal jellemezhetők, mint a nyersanyag minták, nem minden esetben bizonyítható (pl. Vörs esetében igaz, míg Szálka lelőhely leleteinél nem). A gercsei nyersanyagok esetében összesített kémiai jellemvonások (a Bakonyhoz, Mecsekhez képest nagyobb K₂O, MnO, FeO_i) az általunk vizsgált mintasorozatban nem tűnnek igazoltak. A TiO₂ egyértelmű kizárása a diszkriminatív főelemek közül sem fogadható el feltétel nélkül. A bakonyi és mecseki minták esetében egyértelmű elkülönülés figyelhető meg ezen elem koncentráció értékeiben.

A régészeti leletek megítélésénél hangsúlyoznunk kell, hogy a kis mintaszám miatt a megállapításaink még nem lehetnek megfelelően alátámasztottak, azonban további mérési adatokkal kiegészítve, igazolást nyerhetnek a jövőben. A gercsei Jankovich-barlang és a tatai lelőhely kőeszköz leletei alkália eloszlásuk és mérsékelt terrigén eredetű kémiai alkotó tartalmuk miatt hasonlóak a gercsei nyersanyagokhoz. A nadapi régészeti lelőhely radiolarit mintái – nagyobb TiO₂ és Al₂O₃ tartalmuk miatt – leginkább a gercsei nyersanyagcsoporthoz kapcsolhatók kémiai szempontból. A vörsi régészeti leletek a homogén kémiai viselkedést mutató bakonyi nyersanyagcsoport összetételéhez hasonló értékekkel jellemezhetők. A Szálka lelőhelyről származó radiolarit leletek kémiai összetétele követi a csak a mecseki a nyersanyagra jellemző kiugróan nagy CaO és MnO koncentráció tartományokat, míg a Fajszirol származó leletek nagyobb hasonlóságot mutattak részben a "mecseki tartomány" kisebb értékeivel, részben pedig a gercsei típusú nyersanyagokkal.

A boszniai nyersanyag minták esetében a terrigén anyagokból származtatható elemekben szegényedés figyelhető meg. Hasonló tendencia figyelhető meg a horvátországi és boszniai régészeti minták összetételében is. A leletek nem kapcsolhatók direkt módon sem a boszniai, sem a magyarországi nyersanyagforrásokhoz. A karbonátmentes Stanić Rijeka-i nyersanyag mutatja a legnagyobb kémiai hasonlóságot. Az, hogy a legközelebbi magyarországi, azaz a mecseki forrásrégió kemizmus eltérő, arra utalhat, hogy egy régészeti szempontból jelentős radiolarit nyersanyag típus

még felfedezésre vár a hazánktól vélhetően délre eső térségben.

Összefoglalás

A 2009-ben záródó TÉT horvát-magyar együttműködési program egyik legfontosabb célkitűzése a magyar-, horvátországi és boszniai régészeti radiolarit kőeszközök vizsgálata volt. A mintacsoport összetételét és a vizsgálati módszert tekintve ilyen jellegű kutatások ez idáig nem történtek. Eredményeink ennek megfelelően kémiai alapadat szolgáltatásnak minősülnek. Emellett azonban javaslatokat tettünk a vizsgált radiolarit nyersanyag lelőhelyek főelem eloszláson alapuló elkülönítésének megalapozásához. Néhány jellemző főelem eloszlási mintázat azt támasztja alá, hogy nagyobb számú minta vizsgálatával esetleg lehetséges a Gerecse, Bakony és Mecsek hegységek radiolarit nyersanyagait elkülöníteni.

A magyarországi, horvátországi és boszniai régészeti radiolarit leletek analitikai eredményeinek összevetése a nyersanyagokéval arra mutat, hogy tovább szélesítve a kémiai adatok körét, lehetőség adódhat arra is, hogy a radiolarit eszközök eredetét meghatározzuk. Bár a kis mintaszám miatt megállapításaink még nem lehetnek megfelelően alátámasztottak, néhány megfigyelést rögzíthetünk.

- a régészeti radiolaritok kémiai összetétele szűkebb határok közt mozog, mint a geológiai összehasonlító mintáké. Ez minden bizonnyal tudatos kiválasztás eredménye.

- a radiolaritok valószínűleg regionálisan, lehet, hogy kronológiai szintenként is jellemezhetőek. Az elkülönülés mértékét egyelőre statisztikusan nem tekinthetjük bizonyítottnak.

Irodalom

ASTALOS, C., KASZTOVSZKY, Zs. (2009): Prompt Gamma Activation Analysis of some prehistoric stone tools from North-Western Romania. In: *Proceedings ISA 2006 CELAT, Université Laval Québec* 135-141.

BÁCSKAY, E. (1980): Zum Stand der Erforschung prähistorischer Feuersteinbergbau In: *Weisgerber ed. 1980 Weisgerber, Gerd ed., 5000 Jahre Feuersteinbergbau* Bochum Deutschen Bergbau-Museum 179-182.

BÁCSKAY, E. (1995): H 7 Bakonycernye-Tűzköves árok, Fejér county. H 10 Dunaszentmiklós-Hosszúvontató, Komárom county; H 11 Lábatlan-Margittető, Komárom county; H 12 Lábatlan-Piszniceető, Komárom county. In: Lech ed., *Catalogue of flint mines: Hungary. Archaeologia Polona* Warszawa 33:401-412.

- BÁCSKAY, E., BIRÓ, K. (2003): Nyersanyag, bányászat, kereskedelem In: *VISY et al. eds. 2003, Magyar Régészet az ezredfordulón. (Újkőkor) MRE In: Visy Zs.ed., Magyar Régészet az ezredfordulón / Hungarian Archaeology at the turn of the Millennium Budapest 2003 118-123.*
- BÁNFFY, E. (1999): Újabb adatok a nyugat-dunántúli őskorának kereskedelmi és kulturális útvonalaihoz. *SAVARIA Savaria - A Vas Megyei Múzeumok Értesítője 1998 - 1999 24/3:51-64.*
- BARABÁS, M. (1986): Upper Jurassic - Lower Cretaceous Radiolaria of the Mecsek Mountains. In: *Biró ed. 1986 Biró, K.T. ed., International Conference on Flint Mining and Lithic Raw Material Identification in the Carpathian Basin, Sümeg 1986. (1) Budapest KMI Rota 1986 131-140.*
- BÁRTA, J. (1961): K problematike paleolitu Bielych Karpat. *Slovenská Archeológia Bratislava 9:19-32.*
- BÁRTA, J. (1979): K problematike proveniencie surovin na vyrobu stiepanej kamennej industrie v paleolite Slovenska. *Slovenská Archeológia Bratislava 27:5-15.*
- BIRÓ, K. T. (1987): Actual problems of lithic raw material distribution studies in Hungary. Comments on the distribution maps In: *Biró ed. 1986 Biró, K.T. ed., International Conference on Flint Mining and Lithic Raw Material Identification in the Carpathian Basin, Sümeg 1987. (2) Budapest KMI Rota 1987 KMI Rota Budapest 141-161.*
- BIRÓ, K. T. (1988): Distribution of lithic raw materials on prehistoric sites. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae Budapest 40:251-274.*
- BIRÓ, K. T. (1995): H 8 Szentgál-Tüzköveshegy, Veszprém county. In: *Lech ed., Catalogue of flint mines: Hungary. Archaeologia Polona Warszawa 33:402-408*
- BIRÓ, K. T. (1998a): Lithic implements and the circulation of raw materials in the Great Hungarian Plain during the Late Neolithic Period. Magyar Nemzeti Múzeum Budapest 1-350.
- BIRÓ, K. T. (1998b): Stones, Numbers- History? The utilization of lithic raw materials in the middle and neolithic of Hungary. *Journal of Anthropological Archaeology 17:1-18.*
- BIRÓ, K. T. (2004): Tata-Porhanyóbánya: the raw material of the stone artefacts. In: *Fülöp--Cseh eds., Die aktuellen Fragen des Mittelpaläolithikums... Tudományos Füzetek Tata 12 77-90.*
- BIRÓ, K. T. (2006): The lithic finds from Szentgyörgyvölgy-Pityerdomb *Antaeus Budapest 28:217-251.*
- BIRÓ, K. T. (2009): Vittem, vettem, kaptam – loptam? Gondolatok a proveniencia vizsgálatok eredményeinek értelmezése köréből. Carried, purchased, received – looted? Observations on the interpretation of provenance studies. In: *Ilon ed. 2009 Mómósz Szombathely 6:411-420.*
- BIRÓ, K. T., T. DOBOSI, V., SCHLÉDER, ZS. (2000): , LITOTHECA - Comparative Raw Material Collection of the Hungarian National Museum. Magyar Nemzeti Múzeum Budapest. **Vol. II 1-320.**
- BIRÓ, K. T., ELEKES, Z., UZONYI, I., KISS, Á. (2002): Radiolarit minták vizsgálata ionnyaláb analitikai módszerekkel / Investigation of Radiolarite Samples by Ion-Beam Analytical Methods. *Archeológiai Értesítő Budapest 127:103-134.*
- BIRÓ, K. T., DOBOSI, V. (1991):, LITOTHECA - Comparative Raw Material Collection of the Hungarian National Museum. Magyar Nemzeti Múzeum Budapest 1-268.
- BIRÓ, K. T., PÁLOSI, M. (1986): A pattintott kőeszközök nyersanyagának forrásai Magyarországon. *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1983-ról 407-435.*
- BIRÓ, K. T., REGENYE, J. (1991): Prehistoric workshop and exploitation site at Szentgál-Tüzköveshegy. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae Budapest 43:37-375.*
- BIRÓ, K. T., REGENYE, J. (2003): Exploitation Regions and Workshop Complexes in the Bakony Mountains, Hungary. In: *Stöllner et al. eds., Man and Mining - Mensch und Bergbau. Anschnitt Der Anschnitt - Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau Bochum 16:55-64.*
- DOBOSI, V. T., KÖVECSES-VARGA, E. (1991): Upper Palaeolithic site at Esztergom-Gyurgyalag *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae Budapest 1991 43:233-255.*
- DOSZTÁLY, L. (1986): The history of research of the Radiolaria in Hungary. In: *Biró ed. 1986 Biró, K.T. ed., International Conference on Flint Mining and Lithic Raw Material Identification in the Carpathian Basin, Sümeg 1986. (1) Budapest KMI Rota 1986 145-148.*
- GRONENBORN, D. (1994): Überlegungen zur Ausbreitung der bäuerlichen Wirtschaft in Mitteleuropa - Versuch einer kulturhistorischen Interpretation ältestband-keramischer Silex-inventare. *Praehistorische Zeitschrift Berlin 69:135-151.*
- HALAMIĆ, J., GORIČAN, S. (1995): Triassic Radiolarites from Mts. Kalnik and Medvednica (Northwestern Croatia). *Geologica Croatica 48/2:129-146.*

- HALAMIĆ J., GORIČAN, S., SLOVENEC, D., KOLAR-JURKOVŠEK, T. A. (1999): Middle Jurassic Radiolarite-Clastic Succession from the Medvednica Mt. (NW Croatia). *Geologica Croatica* **52**:29-57.
- HALAMIĆ, J., ŠOŠIĆ-KLINDŽIĆ, R. (2009): Radiolarites and radiolarian cherts in Northern Croatia – a possible sources for the production of artifacts. *Archeometriai Műhely / Archaeometry Workshop* **6/3**:19-24.
- KASZTOVSZKY, Zs., BIRÓ, K. T., MARKÓ, A., DOBOSI, V. T. (2009): Pattintott kőszközök nyersanyagainak roncsolásmentes vizsgálatára Prompt Gamma Aktivációs Analízissel / Non-destructive analysis of chipped stone artefacts by PGAA. *Archeometriai Műhely / Archaeometry Workshop* **6/1**:31-38.
- KONDA, J. (1986): The Mesozoic siliceous rocks of the Transdanubian Mid-Mountians. In: *Biró ed. 1986 Biró, K.T. ed., International Conference on Flint Mining and Lithic Raw Material Identification in the Carpathian Basin*, Sümeg 1986. (1) Budapest KMI Rota 1986 165-169.
- KOZŁOWSKI J. K., MANECKI, A., RYDLEWSKI, J., VALDE--NOWAK, P. (1981): Mineralogico-geochemical Characteristics of Radiolarites used in the Stone Age in Poland and Slovakia. *Acta Arch. Carpatica* **21**: 171-210.
- LECH, J. (1981): Flint mining among the early farming communities of Central Europe. *Przegląd Archeologiczny* Wrocław **28**:5-55.
- LECH, J. ed. (1995): Catalogue of flint mines *Archaeologia Polona* Warszawa **33** 1-.
- MATEICIUCOVA, I. (2008): Talking Stones: The Chipped Stone Industry in Lower Austria and Moravia and the Beginnings of the Neolithic in Central Europe. (LBK), 5700-4900 BC 2001 *Dissertationes Archaeologicae Brunensis / Pragensesque* Brno **4**:1-357.
- MATSUMOTO, R., IJIMA, A. (1983): Chemical sedimentology of some bedded cherts in Japan. In: *Ijima, A., Hein, J.R., Siever, R. eds. Siliceous deposits in the Pacific Region*. Elsevier, Amsterdam 175-192.
- MURRAY, R.W. (1994): Chemical criteria to identify the depositional environment of chert: general principles and applications. *Sedimentary Geology* **90**:213-232.
- PELIKÁN, P. (1986): The Mesozoic siliceous rocks of the Bükk Mountains. In: *Biró ed. 1986 Biró, K.T. ed., International Conference on Flint Mining and Lithic Raw Material Identification in the Carpathian Basin*, Sümeg 1986. (1) Budapest KMI Rota 1986 177-180.
- RUTTKAY, E. (1970): Das jungsteinzeitliche Hornsteinbergwerke mit Bestattung der Antonshöhe bei Mauer. (Wien 23). *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien* Wien **100**:70-83.
- RUTTKAY, E. (1980): Katalog der Bergwerke: Österreich. In: *5000 Jahre Feuersteinbergbau* Deutschen Bergbau-Museum Bochum 405-41.
- SIMÁN, K. (1995): H 1 Miskolc, Avas-hill. In: Lech ed., Catalogue of flint mines: Hungary *Archaeologia Polona* Warszawa **33**:371-382.
- ŠOŠIĆ-KLINDŽIĆ, R. (2009): General characteristics of Starčevo sites and its lithic assemblages included in TÉT project. *Archeometriai Műhely / Archaeometry Workshop* **6/3**:5-8.
- SUGISAKI, R. (1984): Relation between chemical composition and sedimentation rate of Pacific Ocean-floor sediments deposited since the middle Cretaceous: Basic evidence for chemical constraints on depositional environments of ancient sediments. *Journal of Geology* **92**:235-259.
- Sümeg honlap : Sümeg Mogyorósdomb. Oktató Központ és Bemutatóhely. ÁESZ Térségfejlesztési és Zöldövezet Tervező Iroda, Nyugat-Magyarországi Egyetem.
<http://www.aeszveszprem.t-online.hu/>
- [Kozjolelet/objektumok/EGYEB_ALLAMI/Sumeg_Mogyorosdomb/Sumeg_mogyorosdomb.htm](http://www.aeszveszprem.t-online.hu/Kozjolelet/objektumok/EGYEB_ALLAMI/Sumeg_Mogyorosdomb/Sumeg_mogyorosdomb.htm)
- TÓTH, E. (2008): Tájsebből emlékmű. (http://www.foldeve.hu/cikkek/fold_eve7.pdf) *Élet és Tudomány* **27**:849-851.
- VARGA, I. (1991): Mineralogical Analysis of the lithic material from the Palaeolithic site of Esztergom-Gyurgyalag. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* Budapest 1991 **43**:267-269.
- VARGA-MÁTHÉ, K. (1990): Petrographic analysis of the lithic raw materials of the Vértesszőlős implements. In: *Kretzoi--Dobosi eds., 1990 Kretzoi--Dobosi eds., Vértesszőlős: Man and site*. Budapest, Akadémiai Kiadó 287-299.
- VÉRTES, L. (1965): *Az őskőkor és az átmeneti kőkor emlékei Magyarországon*. A Magyar Régészet Kézikönyve Budapest 1-385.
- WEISGERBER, G. ed. (1980): *5000 Jahre Feuersteinbergbau* Deutschen Bergbau-Museum Bochum 1-670.

SOURCES OF CHERT FOR PREHISTORIC LITHIC INDUSTRIES IN MIDDLE DALMATIA

ADATOK KÖZÉP-DALMÁCIA ŐSKORI KŐESZKÖZEINEK NYERSANYAG-FORRÁSAIHOZ: KOVAKŐZETEK

ZLATKO PERHOČ

Email: zlatko.perhoc@web.de

Abstract

This contribution presents an overview of chert outcrops in Middle Dalmatia. It is a result of outcrop prospection and macroscopic analysis of cherts from the region, in the course of which a comparative collection of geological samples and a respective data base were formed. Middle Dalmatia is a part of the outer Dinaric Range, finally shaped by orogenesis during the Neogene, and acquiring recent maritime character since the end of Pleistocene. Lithologically, the region is built of carbonate rocks that were deposited continuously from Jurassic until Paleogene. Primary chert outcrops that appear within those rocks throughout the region are from Triassic, Jurassic, Cretaceous, and (most often) Paleogene, with secondary accumulations formed during the Quaternary Period. This overview presents results of the first phase of long-term research, aimed at correlating archaeological lithic inventories to regional sources of lithic raw material.

Kivonat

Ez a cikk áttekintést nyújt a közép-dalmáciai kova nyersanyagforrásokról. A munka személyes terepbejárások és makroszkópos vizsgálatok eredményeit rögzíti, melyek során létrejött egy összehasonlító gyűjtemény és az adatokat rögzítő adatbázis. Közép-Dalmácia a külső Dinaridák része, amely jelenlegi formáját a neogén hegységképző folyamatok során nyerte el. Mai, tengerközeli képe a pleisztocén végétől alakult ki. Litológiáját tekintve a területet karbonátos kőzetek építik fel, melyek a jura időszaktól a paleogén időszak végéig képződtek. Szingenetikus kovakőzetek a terület jelentős részén előfordulnak, a triász, jura, kréta és (leggyakrabban) a paleogén időszakból, míg másodlagosan képződött kovakőzetek a negyedidőszakban is képződtek. Ez az áttekintés egy hosszú távú kutatás első lépése, amelynek során a régészeti lelőhelyek kőeszközeit a terület nyersanyagforrásainak anyagához hasonlítjuk.

KEYWORDS: chert, Dalmatia, geoarchaeology

KULCSSZAVAK: kova, Dalmácia, geoarcheológia

Introduction

The aim of this contribution is to present the chert outcrops of Middle Dalmatia. The report is based on finds made in the course of geoarchaeological prospection of outcrops, macroscopic analyses of cherts from the outcrops. A comparative collection of chert samples from the region was formed in the course of prospection. This work represents an initial phase of a long-term geoarchaeological research, aimed at correlating lithic raw materials to lithic artifacts from the region. The ultimate aim of this research is to contribute to the reconstruction of lithic industry, one of the crucial elements of prehistoric economy in Dalmatia.

Until now, this kind of systematic research has not been carried out in Croatian archaeology in Middle Dalmatia. The issue of lithic raw material

provenience was either skipped, or approached sporadically and in general terms. Relation between lithic finds and possible raw material sources was based on general geological information rather than focused research. The purpose of this paper is to expand our knowledge about cherts in Middle Dalmatia and to remove misconceptions about insufficient local chert sources. It should provide a sound base for rejection of the assumption about absence of such sources, and exclusively extra-regional acquisition of good quality chert raw materials required by local Dalmatian lithic industries (Robb and Farr 2005). It is limited to preliminary overview of chert outcrops, summary information about their location in Dalmatia, quantity of the chert, and evaluation of suitability of the outcrop to satisfy the needs of prehistoric flint knappers.



Fig. 1.: Topography of chert outcrops in Middle Dalmatia (Croatia). Outcrops are marked by numbers that correspond to numbers in text and tables

1. ábra: Kovakőzet nyersanyag lelőhelyek Közép-Dalmáciában. A térképen használt számok megegyeznek a szövegben használt hivatkozásokkal

The paper contains topography of each chert outcrop (**Figure 1**), and geology of the location (**Table 1**), a corresponding tabulation of basic information about outcrops selected for this occasion (**Table 2**). The description of each chert outcrop with elements of morphology has been presented in British Archaeological Report (Perhoč 2009).

The rock under discussion is chert, and its variety radiolarite. Based on the current insight into the archaeological collections from the region, those rocks are the best represented in Middle Dalmatian prehistoric lithic inventories since the beginning of Neolithic. The role that Middle Dalmatia plays in communication between the western and the eastern Adriatic shores (Radić 2003) influenced my choice

of the research region, as did the connectedness of chert-bearing Dalmatia with chert-and-radiolarite-bearing Bosnia. Geomorphologic changes of the environment caused by the raising sea levels presented another challenge to this research.

The work of Milan Herak (1990) summarizes notions about frequency of chert occurrence in Dinaric Ranges and the wider geological region. Basic geological maps with their explanatory notes are the initial source of information about chert outcrops (Ivanović et al. 1978.; Karolića et al. 1977.; Magaš et al. 1979.; Marinčić et al. 1977.; Marinčić et al. 1973.; Papeš et al. 1984a.; Papeš et al. 1984b.), but they are not directly applicable to geological prospection.

Table 1.: Chronostratigraphy of chert outcrops in Middle Dalmatia

Outcrop	Tri.	Jurassic			Cretaceous		Paleogene			Neogene		Quaternary	
	T ₂	J ₁	J ₂	J ₃	K ₁	K ₂	Pc	E	Olig	M	Pli	Ple	Ho
1 M. Palagruža, Medvidina				Blue									Yellow
2 Vela Palagruža, Pod Forane				Blue		Green							Yellow
3 Sušac, Velo polje												Yellow	
4 Lastovo Archipelago, Kapište				Blue									
5 Lastovo Archipelago, Mrčara				Blue									Yellow
6 Lastovo Isl., St. Mihovil C.					Dark Green								Yellow
7 Vela Luka, Moćni Laz					Dark Green								
8 Vela Luka, Lozica						Green							
9 Vela Luka, Bradat Prid Bandon						Green							
10 Vela Luka, Stračinčica						Green							
11 Vela Luka, Kremenjača C.						Green							Yellow
12 Vela Luka, Perna privale C.						Green							Yellow
13 Vis Isl., Komiža, Barjaška C.					Dark Green								
14 Vis Town, Gradina												Yellow	
15 Hvar Island, Katolić C.						Green							
16 Brač, Pučišća, Mala Bračuta						Green							
17 Brač, Dol						Green							
18 Šolta, Grohote						Green							
19 Čiovo, Saldun								Red	Red				Yellow
20 Primošten, Kremik							Dark Red	Red					
21 Vilaja, Gradac						Green							
22 Vilaja, Sirištak						Green							
23 Labinštica, Labinska Draga								Red					
24 Labinštica						Green							
25 Seget Gornji, Vlaška						Green							
26 Seget Donji								Red					
27 Resnik, Beach of Resnik								Red					Yellow
28 Kozjak, Malačka						Green							
29 Kozjak, Starosevski Gaj								Red					
30 Kozjak, Matetina Peć								Red					Yellow
31 Marjan								Red					
32 Solin, Smiljanovac								Red					
33 Mosor, Sitno								Red					
34 Muć, Suvaja	Purple	Blue											Yellow
35 Muć, Visovac		Blue											
36 Cetina, Jare, Muša													Yellow
37 Svilaja, Lemeš				Blue									
38 Kamešnica, Poljane								Red	Red				
39 Biokovo, Baška Voda								Red					Yellow
40 Biokovo, Makar						Green							
41 Matokit, Vrgorac						Green							
42 Neretva, Čeljevo													Yellow



Fig. 2.: Nodular chert from outcrops near Vela Luka on the island of Korčula

2. ábra: Velka Luka-i kovakőzet típusok

A field archaeologist in search of chert, equipped only with a geological map, must face numerous obstacles, the greatest of which is the huge difference between the size and visibility of a chert outcrop relative to the size of its host rock formation. Chert outcrops are not mapped individually on rock formations in which they occur, but are listed in explanatory notes next to the corresponding units. Wery helpful for this search was practical advice and instructions provided by the several old hands at Dalmatian geology, whom is hier to thank.

Methods

Primary tasks of the research program presented in this paper are: geoarchaeological field prospection,

mapping of chert outcrops, documenting of outcrops and rocks at the outcrop, rock sampling, material analysis of lithic artifacts and geological samples, creation of a comparative collection of geological samples and petrographic types of lithic artifacts, as well as a corresponding data base.

Purpose of this research is to correlate geological lithics to lithic artifacts from Paleolithic and Neolithic sites within the region, using archaeometric methodology. The ultimate aim is to contribute to the reconstruction of prehistoric economy of Middle Dalmatia, from the aspect of lithic industry raw material provenance.

Table 2.: Description of selected chert outcrops in Middle Dalmatia

Outcrop	1. Mala Palag., Medvidina	2. Vela Palagruža	3. Sušac, Velo Polje	5. Lastovo, Mrčara	7. Vela Luka, Moćni Laz	8. Vela Luka, Ložica
Chronostratigraphy	Upper Jurassic: Malm; Quaternary	Upper Jurassic: Malm	Quaternary: Pleistocene	Upper Jurassic: Malm	Lower Creta.: Barremian-Albian	Upper Cretaceous: Turonian
Kind of rock	chert	chert	chert, radiolarite	chert	chert	chert
Coordinates*	42° 23' 003" N 16° 16' 003" E / 3 m	42° 23' 537" N 16° 15' 567" E / 66 m	42° 45' 739" N 16° 29' 949" E / 26 m	42° 46' 269" N 16° 47' 153" E / 2 m	42° 57' 287" N 16° 42' 801" E / 13 m	42° 58' 697" N 16° 41' 717" E / 95 m
Outcrop type	cliff, rockfall breccia, talus slope	cliff, debris deposit, talus slope	marine terrace / transgressive deposit	shore, beach	cut in hill slope	olive grove, vineyard
Outcrop size**	0,02 km	0,05 km	0,01 km ²		0,0004 km ²	1,2 km / 0,5 km ²
Rock form	nodules, pebbles, debris	nodules, rubble, pebbles, cobbles	pebbles, cobbles	thin layers, lenses, pebbles	lenses, thin layers	nodules, debris
Rock size	5-50 cm	5-50 cm	up to 7 cm	5-10 cm	up to 50 cm	5-20 cm
Outcrop usability	very high	high	medium	very low	low	medium
Outcrop	9. Vela Luka, Bradat P. B.	10. Vela Luka, Stračinčica	11. Vela Luka, Kremenjača C.	12. Vela L., Perna private C.	13. Komiža, Barjaška Cove	14. Vis, Gradina
Chronostratigraphy	Upper Cretaceous: Turonian	Up. Creta.: Cenomanian, Turonian	Up. Creta.: Turonian; Quaternary	Up. Creta.: Turonian; Quaternary	Lower Cretaceous: Neocom	Quaternary: Pleistocene
Kind of rock	chert	chert	chert	chert	chert	chert
Coordinates*	42° 58' 858" N 16° 41' 554" E / 76 m	42° 58' 813" N 16° 40' 265" E / 30 m	42° 58' 953" N 16° 37' 075" E / 1 m	42° 59' 009" N 16° 38' 388" E / 1 m	43° 03' 051" N 16° 11' 074" E / 18 m	43° 07' 389" N 16° 11' 074" E / 18 m
Outcrop type	olive grove, hill slope	olive grove, hill slope	beach	beach	rocks on shore, beach	marine terrace / transgressive deposit
Outcrop size**	2,3 km / 0,1 km ²	0,005 km ²	0,02 km	0,04 km	0,1 km / 0,0001 km ²	1,5 km / 0,65 km ²
Rock form	nodules, lenses, debris	nodules, debris	pebbles, cobbles	pebbles, cobbles	nodules, lenses, pebbles	pebbles
Rock size	10-20 cm	5-25 cm	up to 100 cm	up to 10 cm	lenses up to 100 cm	up to 6 cm
Outcrop usability	medium, high	high, very high	medium	medium	medium	
Outcrop	15. Hvar, Katolić Cove	16. Brač, Pučišća	17. Brač, Dol	19. Čiovo, Saldun	20. Primošten, Kremik	21. Vrlji, Gradac
Chronostratigraphy	Upper Creta.: Cenomanian	Upper Creta.: Cenomanian	Upper Creta.: Cenomanian	Paleogene: Eocene; Quaternary	Paleogene: Eocene	Upper Cretaceous: Turonian
Kind of rock	chert	chert	chert	chert	chert	chert
Coordinates*	43° 09' 479" N 16° 28' 123" E / 9 m	43° 21' 109" N 16° 44' 019" E / 112 m	43° 20' 657" N 16° 37' 116" E / 93 m	43° 30' 601" N 16° 15' 311" E / 30 m	43° 34' 247" N 15° 55' 709" E	43° 36' 541" N 16° 19' 405" E / 255 m
Outcrop type	rocks on shore	rocks in hill slope	hill slope, talus slope	shore, hill slope, sinkholes	rocks in hill slope	road cut in hill slope
Outcrop size**	sporadic lenses	0,5 km ²	0,5 km ²	2,5 km / 0,73 km ²		1,5 km / 0,1 km ²
Rock form	lenses	lenses, debris	indented lenses, nodules, debris	nodules, lenses, debris	nodules, debris	lenses
Rock size	up to 10 cm	up to 10 cm	up to 15 cm	5-100 cm	up to 20 cm	50-100 cm
Outcrop usability	very low	low	low, medium	very high	medium	low, medium

Table 2.: Description of selected chert outcrops in Middle Dalmatia (continued)

Outcrop	1. Mala Palag., Medvidina	2. Vela Palagruža	3. Sušac, Velo Polje	5. Lastovo, Mrčara	7. Vela Luka, Moćni Laz	8. Vela Luka, Lozica
Chronostratigraphy	Upper Jurassic: Malm; Quaternary	Upper Jurassic: Malm	Quaternary: Pleistocene	Upper Jurassic: Malm	Lower Creta.: Barremian-Albian	Upper Cretaceous: Turonian
Kind of rock	chert	chert	chert, radiolarite	chert	chert	chert
Coordinates*	42° 23' 003'' N 16° 16' 003'' E / 3 m	42° 23' 537'' N 16° 15' 567'' E / 66 m	42° 45' 739'' N 16° 29' 949'' E / 26 m	42° 46' 269'' N 16° 47' 153'' E / 2 m	42° 57' 287'' N 16° 42' 801'' E / 13 m	42° 58' 697'' N 16° 41' 717'' E / 95 m
Outcrop type	cliff, rockfall breccia, talus slope	cliff, debris deposit, talus slope	marine terrace / transgressive deposit	shore, beach	cut in hill slope	olive grove, vineyard
Outcrop size**	0,02 km	0,05 km	0,01 km ²		0,0004 km ²	1,2 km / 0,5 km ²
Rock form	nodules, pebbles, debris	nodules, rubble, pebbles, cobbles	pebbles, cobbles	thin layers, lenses, pebbles	lenses, thin layers	nodules, debris
Rock size	5-50 cm	5-50 cm	up to 7 cm	5-10 cm	up to 50 cm	5-20 cm
Outcrop usability	very high	high	medium	very low	low	medium
Outcrop	9. Vela Luka, Bradat P. B.	10. Vela Luka, Stračinčica	11. Vela Luka, Kremenjača C.	12. Vela L., Perna private C.	13. Komiža, Barjaška Cove	14. Vis, Gradina
Chronostratigraphy	Upper Cretaceous: Turonian	Up. Creta.: Cenomanian, Turonian	Up. Creta.: Turonian; Quaternary	Up. Creta.: Turonian; Quaternary	Lower Cretaceous: Neocom	Quaternary: Pleistocene
Kind of rock	chert	chert	chert	chert	chert	chert
Coordinates*	42° 58' 858'' N 16° 41' 554'' E / 76 m	42° 58' 813'' N 16° 40' 265'' E / 30 m	42° 58' 953'' N 16° 37' 075'' E / 1 m	42° 59' 009'' N 16° 38' 388'' E / 1 m	43° 03' 051'' N 16° 03' 320'' E / 5 m	43° 07' 389'' N 16° 11' 074'' E / 18 m
Outcrop type	olive grove, hill slope	olive grove, hill slope	beach	beach	rocks on shore, beach	marine terrace / transgressive deposit
Outcrop size**	2,3 km / 0,1 km ²	0,005 km ²	0,02 km	0,04 km	0,1 km / 0,0001 km ²	1,5 km / 0,65 km ²
Rock form	nodules, lenses, debris	nodules, debris	pebbles, cobbles	pebbles, cobbles	nodules, lenses, pebbles	pebbles
Rock size	10-20 cm	5-25 cm	up to 100 cm	up to 10 cm	lenses up to 100 cm	up to 6 cm
Outcrop usability	medium, high	high, very high	medium	medium	medium	
Outcrop	15. Hvar, Katolić Cove	16. Brač, Pučišća	17. Brač, Dol	19. Čiovo, Saldun	20. Primošten, Kremik	21. Vrlji, Gradac
Chronostratigraphy	Upper Creta.: Cenomanian	Upper Creta.: Cenomanian	Upper Creta.: Cenomanian	Paleogene: Eocene; Quaternary	Paleogene: Eocene	Upper Cretaceous: Turonian
Kind of rock	chert	chert	chert	chert	chert	chert
Coordinates*	43° 09' 479'' N 16° 28' 123'' E / 9 m	43° 21' 109'' N 16° 44' 019'' E / 112 m	43° 20' 657'' N 16° 37' 116'' E / 93 m	43° 30' 601'' N 16° 15' 311'' E / 30 m	43° 34' 247'' N 15° 55' 709'' E	43° 36' 541'' N 16° 19' 405'' E / 255 m
Outcrop type	rocks on shore	rocks in hill slope	hill slope, talus slope	shore, hill slope, sinkholes	rocks in hill slope	road cut in hill slope
Outcrop size**	sporadic lenses	0,5 km ²	0,5 km ²	2,5 km / 0,73 km ²		1,5 km / 0,1 km ²
Rock form	lenses	lenses, debris	indented lenses, nodules, debris	nodules, lenses, debris	nodules, debris	lenses
Rock size	up to 10 cm	up to 10 cm	up to 15 cm	5-100 cm	up to 20 cm	50-100 cm
Outcrop usability	very low	low	low, medium	very high	medium	low, medium

The following Stone Age sites currently are included in the research program, in collaboration with their respective investigators (**Figure 1**): Mujina Cave near Labin Dalmatinski and Resnik (Mousterian), Kopačina Cave near Donji Humac on the island of Brač (Epigravettian and Mesolithic), Vela Cave in Vela Luka on the island of Korčula (Epigravettian, Mesolithic, Neolithic), as well as open air sites on the islands of Palagruža (Neolithic, Copper Age) and Sušac (Early Neolithic).

A set of archaeometric methods have been applied. Macroscopic analyses mainly have been related to fieldwork and cabinet work. The Application of microfacial methods of material investigation has been initiated using several laboratory techniques, primarily microscopic analysis of thin-sections under polarized light, and scanning electron microscope. Feasibility of prompt gamma activation analysis (a nondestructive technique of rock analysis) will be investigated as a continuance of a Hungarian – Croatian archaeometric bilateral collaboration project (2008-2009). Since the beginning of investigation in the fall of 2005 until the summer of 2009, numerous repeated prospections have been carried out at the mentioned locations within the region. Preparations included a study of topography and geology of the terrain, and collecting information about possible chert outcrops. This was augmented by study visits to chert deposits and prehistoric chert mines in Europe. Prospections consisted of field survey, aimed at locating primary and secondary chert outcrops. Aside from systematic collecting of rock samples, fieldwork included extensive and standardized documentation of outcrops. Cabinet work followed, consisting of processing of collected samples and data. A result of this work is a data base of chert raw materials and a sample collection of all regional rock varieties and types.

Chert deposits

In Middle Dalmatia, metasomatic nodular cherts appear in association with limestones and, less frequently, with dolomites, from Triassic to Paleogene. They are most common in Eocene flysch, while in Quaternary deposits they appear in loose sediments. The greatest concentration of cherts is located within the Eocene zone that stretches from Trogir to Drvenik, with a series of outcrops at Solin, Marjan, Mosor, Kozjak, Opor, Čiovo and at the base of Vlaška Mountain near Seget Donji (**Figure 1**). Due to their abundance, here one can talk about chert deposits. Elsewhere, chert outcrops represent “silica islands within a carbonate sea”.



Fig. 3.: Rows of chert, Island of Mala Palagruža

3. ábra: Palagruža sziget a kovarétegek helyével

Small outcrops that stand out by their concentration of nodules and high quality of the rock are the Upper Cretaceous Stračinčica near Vela Luka (**Figure 2**) and the Jurassic Mala Palagruža (**Figure 3**).

The collection of samples from chert outcrops discussed in this work testifies clearly of the variability of types according to their geostratigraphic origin, but also of variability among outcrops of the same geological age, as well as the variability of types within a single outcrop. Since cherts of a common geochronology in Dalmatia are characterized by a certain degree of similarity, one or more common types can be defined that appear across several chronostratigraphically equivalent outcrops. Within the Jurassic group, Vela Palagruža and Mala Palagruža represent one pair of similar types, while Lastovo and Mrčara represent another such pair, to which one may add Svilaja-Lemeš type (Tišljarić *et al.* 2002). Their common feature is a bedded, grainy structure, and light gray to yellowish gray color. Among the Cretaceous cherts one may distinguish between the types of dark brown, brown and reddish brown fine-grained, glossy stone, and the black, very fine-grained, glossy chert from outcrops at Vela Luka-Stračinčica, Kremenjača Cove, and Komiža-Barjaška Cove, as well as the grayish fine-grained chert from outcrops at Vela Luka-Bradat Prid Bandon, Lozice and Močni Laz, Brač-Pučišća and Dol, Labinščica, Seget Gornji-Vlaška, Vilaja-Sirištak and Gradac, Matokit-Vrgorac and Šolta-Grohote. Mutual similarity is the greatest among the Eocene cherts of the types Primošten-Kremik, Biokovo-Baška Voda, Čiovo (**Figure 4**), Marjan, Resnik, Labinska Draga, as well as the types Mosor-Sitno and Kozjak-Starosevski Gaj (**Figure 5**). A comprehensive data base of chert outcrops and types mentioned in this work will be published elsewhere.



Fig. 4.: Limestone host rock with chert nodules, Saldun, Island of Čiovo

4. ábra: Čiovo-i kovakőzet feltárás



Fig. 5.: Chert nodules in rock of a road cut, Starosevski Gaj, Kozjak Mountain

5. ábra: Kozjak-Starosevski Gaj-i kovakőzet feltárás (útbevágásban)

Chert outcrops and their usability

Regarding the accessibility and usefulness of cherts within the region, over half of all the outcrops offer very good quality or medium quality raw materials, while a quarter of the outcrops are inferior. At primary outcrops, where nodules, indented lenses and thin layers of chert are embedded in host rock, partly loosened and easily accessible batches of chert and eroded clasts are always present in the immediate vicinity or adjacent talus slopes. Abraded chert nodules and clasts on the shore point to underwater primary deposits (Kremenjača and Perna private Cove, 11-12; **Figure 2**) and notify of chert sources that were accessible to prehistoric stone collectors during periods with lower sea levels. Secondary accumulations of cherts, which are present at all primary outcrops – such as talus slopes, accumulations of debris (Matetina peć 30; **Figure 6**), beaches, alluvial accumulations of rivers and streams (e.g. Muć-Suvaja, 34; **Figure 7**), riverine terraces (Neretva River, 42), flysch (Solín, 32), or chert in sinkholes filled with *terra rossa* – represent easily accessible sources of raw material.



Fig. 6.: Fire access road cut section with eroded chert. Matetina Peć, Kozjak Mountain

6. ábra: Matetina -i kovakőzet feltárás



Fig. 7.: Block of chert, Muć-Suvaja

7. ábra: Kovatömb, Muć-Suvaja

Adriatic terraces with chert pebbles are a specific type of lithic raw material sources that were used in prehistory (Sušac, 3; **Figure 8** and Vis-Gradina, 14). Anthropogenic outcrops, i.e., excavations on construction sites, are nowadays helpful because they allow assessment of potential of chert deposits that used to be accessible in prehistory, but today are on cultivated land, inaccessible, or even unknown.



Fig. 8.: Chert artifacts and chert pebbles. Velo Polje outcrop, Island of Sušac

8. ábra: Részben megmunkált kovakavicsok. Velo Polje, Sušac sziget

Quality of the stone was checked in the field by breakage. One should note that, aside from the undeniable quality of chert from fresh, resilient nodules, often it was possible to produce a reasonably good core out of nodules with relatively friable exterior. Even quite fractured and weathered fragments of eroded nodules may yield a solid core and homogenous flakes of desirable flatness and elongation, with smooth surfaces and sharp edges (e.g., Labinska Draga, 23). Markedly superior specimens may be found on outcrops dominated by mediocre chert (e.g., Dol on the island of Brač, 17). When one considers sources of relatively low quality stone, one should remember that the estimate of their potential usefulness in prehistory must take into account technological demands implied by the form of artifacts in question.

Despite over forty located and surveyed locations, comprehensiveness of this report may be questioned due to possible existence of unknown outcrops within the region. Experience that was gained during multiple prospecting of areas that presumably contained chert sources, unexpected finds of chert at places that were not located precisely by geological sources, or that were completely absent from them, and are unknown even to those familiar with the area, testify that all of the existing chert outcrops certainly have not been included in this study. The same experience warns us against premature conclusions about imported raw materials at archaeological sites with attested lithic artifact production where local cherts remain unknown. At the same time, given the connections between the opposite Adriatic coasts and the existence of chert mines in the Apennine Peninsula (Boschian 1995), chert raw material imports from the western to the eastern Adriatic coast cannot be ruled out.

For a number of reasons, an overview of all chert sources is not possible today, and their potential (abundance and accessibility) during prehistory is

hard to assess. Among those reasons are redeposition of primary sources (Kozjak-Starosevski Gaj, 29; **Figure 5** and Kozjak-Matetina Peć, 30; **Figure 6**), redeposition of secondary sources (outcrops in olive groves and vineyards around Vela Luka), overgrown terrain (Sveti Duh formation on Brač), construction at an outcrop (Saldun on Čiovo, 19, **Figure 4**), or drowning of outcrops by the rising sea levels (Kremenjača Cove, 11 and Perna privale Cove, 12, near Vela Luka, **Figure 2**). There are hints of outcrops whose location remains unknown. On the island of Vis, in towns of Komiža and Vis, chert nodules were observed in masonry blocks used in construction; their structure may be related to a chert blade from a collection housed in the town of Vis. This find suggests that one should look for chert at the island's quarries. Geological information about Sveti Duh formation with Turonian and Upper Cretaceous limestones and dolomites, which contains lumps of chert in the area between Vidova Gora and Gornji Humac (Marinković 1984), as well as a secondary find of small debris of non-artifactual fossiliferous cherts at Trolokve (Forenbahe pers. comm. 2005), suggests that an unknown outcrop exists on Brač.

Possible ways of chert collection in Middle Dalmatia

The host rock to chert in Dalmatia is hard limestone. Extracting chert nodules, therefore, cannot be compared with extraction from chalkstone and marl deposits, which are the most common in Central and Northern Europe. For the time being, a mine like the one in Kleinkems in southern Germany, where chert was extracted from hard limestone after heat treatment of the rock (Fober and Weisgerber 1999), remains unknown in Dalmatia. Nevertheless, chert is fairly easily accessible. Given the nature of Dalmatian outcrops, one may presume that, during prehistory, it was collected in one of the following ways: by pick-up, by breaking and extracting the nodules from the host rock, and by digging. One can pick up eroded nodules and debris around many primary outcrops, chert debris on talus slopes near the bedrock (Dol on the island of Brač, 17), nodular pebbles and pebbles produced by rounding of chert debris during water transport at river shores and sandbanks (Neretva, 42), on Adriatic terraces (Sušac, 3; **Figure 8** and Vis, 14), on beaches next to talus slopes (Medvidina Cove at Mala Palagruža, 1; Saldun Bay at Čiovo, 19), and on beaches with underwater outcrops (Kremenjača Cove, and Perna privale Cove at Privala near Vela Luka, 11-12; **Figure 2** and Resnik, 27). Breaking off nodules that protrude from the host rock is possible if the overlying layers have been washed away. Extraction of complete nodules from the rock is

possible if mutual bonds between the layers have been weakened by weathering or tectonic disturbance, or where nodule beds have been washed out (Starosevski Gaj at Kozjak, 29; **Figure 5** and Čiovo, 19), or from weakly cemented breccias (Mala Palagruža and Vela Palagruža, 1-2; Marjan, 31). At Čiovo, Marjan, Matetina Peć on Kozjak, Sušac, and Biokovo-Baška Voda, it would have been possible to obtain chert in prehistory by excavation of simple pits (Fober and Weisgerber 1999). Since prehistoric stone knappers valued fresh chert that had not been exposed to weathering, and given the geological and morphological characteristics of Dalmatian outcrops, there is some justification to speculate that quarries and mines of the simplest kind would have existed.

Radiolarite pebble and chert pebble in archaeological lithic assemblages from Middle Dalmatian islands

Analysis of lithic raw materials from Epigravettian and Mesolithic assemblages from Kopačina Cave on the island of Brač and Vela Cave on the island of Korčula indicated that, aside from several types of chert, red radiolarite were used in production activity areas within those sites. Since primary deposits of radiolarite are absent from Middle Dalmatian islands and coast, the question arises about its origin, and the location of the secondary outcrop at which it had been collected. Radiolarite artifacts from Vela Cave and Kopačina Cave often preserve a well-rounded pebble weathering rind with percussion marks, typical indicators of transport of predominantly microcrystalline and cryptocrystalline quartz rock clasts by high-energy watercourse (Müller pers. comm. 2007). These pebbles of glaciofluvial origin (Roglić 1955) may have been transported by Neretva rivers, or they may be aggregates of gravels of similar origin, deposited on Adriatic terraces during Pleistocene transgressions (Malez 1979). Drežanka River takes in the chert and radiolarite components in the mountains of Čvrsnica and Čabulja, which constitute the upper part of its drainage basin, and introduces them into the Neretva River (Hrvatović i Papeš 2000).

If radiolarite (and chert *sensu stricto*) was collected from Neretva River (42) in prehistory, that may have been done in any part of its course where there are gravel aggregates along the shores, on sandbars, on riverine terraces, or in the delta. Together with Neretva gravels, radiolarite may have accumulated during the Quaternary along the recently formed island shores. Geomorphology of Neretva is dynamic, especially with regard to the location of its delta, due to the raising level of the Adriatic Sea during the Upper Pleistocene to Holocene transition (Šegota 1968). During the Last Glacial Maximum, the delta of Neretva was located in Korčula

Channel, probably near the modern island of Šćedro next to Hvar, while the river was depositing huge amounts of gravel into the islandless Dalmatian Basin.

The northernmost outcrops of the Mesozoic deep-sea sediments with radiolarites in the eastern Adriatic appear on the mountain slopes of Montenegro, descend to the very coast, enter the sea and continue to the nearby islands (Goričan 1994). The origin of copious gravels with a high concentration of red radiolarite, nodular and bedded chert, found on the coast at Kamenari in Boka Kotorska, therefore is not in question. Prospection of Montenegrine coast was carried out just before this paper was completed. The upcoming laboratory analyses will either support or reject the notable macroscopic similarity of those materials with radiolarite artefacts from Vela Cave and Kopačina Cave. These finds might yet provide an important contribution to the study of the long-distance mobility of the people who inhabited the eastern Adriatic coast during prehistory.

It is not impossible that radiolarite and especial chert pebbles for lithic production on Korčula and Brač were collected at some Adriatic terrace. In the course of this research, one of those terraces, possibly a transgressive deposit of chert and radiolarite pebbles in *terra rossa* sediment, was discovered on the island of Sušac (3), and another one on the island of Vis (14). On Sušac, correlation with lithic artifacts from Early Neolithic sites indicates use of those pebbles *in situ* (**Figure 8**). On the surface of Velo Polje, a sizeable plateau covered by 60 centimeters of *terra rossa* sediment, pebbles of several types of chert, chert conglomerate, breccia, and radiolarite may be observed among numerous chert flakes, and occasional tools and obsidian flakes. Very small pebbles are included in the gravel, indicating that procurement of this raw material from some other source by the local stone knappers is out of the question. Sušac provides a well-documented example of lithic production at the very source of a raw material that is rare in Dalmatia. Similar pebbles have been reported from the island of Brač (Barbarić pers. comm. 2007), and from the island of Vis (Radić pers. com. 2007), presently without a clear archaeological context. A chert pebble with traces of processing, maybe of glaciofluvial or marine-abrasive origin, which we found at Divjeni doći near Sućuraj on the island of Hvar, among numerous surface finds of chert artifacts probably attributable to the Early Bronze Age (Vujnović 2002), testifies of *in situ* lithic production.

Conclusion

In Middle Dalmatia appears nodular chert of metasomatic origin. Cherts appear in Triassic, Jurassic, Cretaceous and Paleogene limestones.

Chert outcrops, most of them not very extensive, are scattered throughout the region. The Eocene zone stands out by frequency and abundance of outcrops, especially within the Split-Kaštela Basin. All prehistoric lithic production activities within the region could have been supplied with chert raw material from the explored network of outcrops. Diversity of petrographic types in lithic artifacts, not all of which are present in local chert outcrops, suggests that raw material was procured from relatively wide regional surroundings. In a maritime environment, that implies navigation.

Acknowledgments

I am especially indebted to Prof. Dr Reiner Altherr, Institute of Earth Sciences, Heidelberg University, and Prof. Dr Josip Halamić, Croatian Geological Institute in Zagreb.

References

- BOSCHIAN, G. 1995. The 'San Bartolomeo' shelter: a flint exploitation site in Central Italy. *Archaeologia Polona* **33**:31-40.
- FOBER, L. and WEISGERBER, G. 1999. Feuersteinbergbau-Typen und Techniken. In G. Weisberger (ed.), *5000 Jahre Feuersteinbergbau: Die Suche nach dem Stahl der Steizeit* (3rd ed.). Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, 32-47.
- GORIČAN, S. 1994. Jurassic and Cretaceous radiolarian biostratigraphy and sedimentary evolution of the Budva Zone (Dinarides, Montenegro). *Mémoires de Géologie (Lausanne)* **18**:1-177.
- HERAK, M. 1990. *Geologija* (5th ed.). Zagreb: Školska knjiga (textbook).
- HRVATOVIĆ, H. and PAPEŠ, J. 2000. Adriatic-Dinaridic Carbonate Platform (External Dinarides). The River Neretva Canyon from Jablanica to Mostar. *Vijesti Hrvatskoga geološkoga društva* **37/2**: 81-83.
- Hungarian – Croatian bilateral collaboration project 2008-2009*. Archaeometrical research of lithic raw materials for Early Neolithic prehistoric communities with the help of Prompt gamma activation analysis, with special regard to radiolarites and obsidian. Available at: <http://www.ace.hu/tet/english.html> [Accessed 1. December 2008].
- IVANOVIĆ, A., SIKIRICA, V., MARKOVIĆ, S. and SAKAČ, K. 1978a. *Osnovna geološka karta SFRJ, list Drniš, 1:100.000, K 33-9*. Zagreb: Institut za geološka istraživanja (1972). Beograd: Savezni geološki zavod. 1978b. *Osnovna geološka karta SFRJ, tumač za list Drniš, 1:100.000*. Zagreb: Institut za geološka istraživanja (1972). Beograd: Savezni geološki zavod.
- KAROLIJA, B., BOROVIĆ, I., GRIMANI, I. and MARINČIĆ, S. 1977a. *Osnovna geološka karta SFRJ, list Korčula i Lastovo, 1:100.000, K 33-47, K 33-46*. Zagreb: Institut za geološka istraživanja. Beograd: Savezni geološki zavod. 1977b. *Osnovna geološka karta SFRJ, tumač za list Korčula i Lastovo, 1:100.000*. Zagreb: Institut za geološka istraživanja. Beograd: Savezni geološki zavod.
- MAGAŠ, N., MARINČIĆ, S. and BENČEK, D. 1979. *Osnovna geološka karta SFRJ, tumač za list Ploče, 1:100.000*. Zagreb: Institut za geološka istraživanja (1972). Beograd: Savezni geološki zavod.
- MALEZ, M. 1979. Paleolitsko i mezolitsko doba u Hrvatskoj. Prirodni okviri. In Benac, A. (ed.), *Praistorija jugoslavenskih zemalja I. Paleolitsko i mezolitsko doba*, Sarajevo: Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Centar za balkanološka ispitivanja, 227-225.
- MARINČIĆ S. KOROLIJA, B. and MAJCEN, Ž. 1977. *Osnovna geološka karta SFRJ, list Omiš, 1:100.000, K 33-22*. Zagreb: Institut za geološka istraživanja (1969). Beograd: Savezni geološki zavod.
- MARINČIĆ, S., MAGAŠ, N. and BOROVIĆ, I. 1973a. *Osnovna geološka karta SFRJ, list Split i Primošten, 1:100.000, K 33-20, K 33-21*. Zagreb: Institut za geološka istraživanja (1967). Beograd: Savezni geološki zavod. 1973b. *Osnovna geološka karta SFRJ, tumač za list Split i Primošten, 1:100.000, K 33-20, K 33-21*. Zagreb: Institut za geološka istraživanja (1967). Beograd: Savezni geološki zavod.
- MARINKOVIĆ, I. (ed.) 1984. *Prirodne osnove otoka Brača. Brački zbornik 14*.
- PAPEŠ J., MAGAŠ, N., MARINKOVIĆ, R., SIKIRICA, V. and RAIĆ, V. 1984a. *Osnovna geološka karta SFRJ, list Sinj, 1:100.000, K 33-10*. Zagreb: Institut za geološka istraživanja (1982). Beograd: Savezni geološki zavod.
- PAPEŠ J., MAGAŠ N., SIKIRICA, V., and RAIĆ, V. 1984b. *Osnovna geološka karta SFRJ, tumač za list Sinj, 1:100.000*. Zagreb: Institut za geološka istraživanja (1982). Beograd: Savezni geološki zavod.
- PERHOČ, Z. 2009. *Sources of Chert in Middle Dalmatia: Supplying Raw Material to Prehistoric Lithic Industries*. In S. Forenbaher (ed), *A Connectingg Sea: Maritime Interaction in Adriatic Prehistory*. Oxford: BAR International Series 2037, 25-46.
- RADIĆ, D. 2003. Uloga doline Neretve i »otočnog mosta« u povezivanju istočne i zapadne jadranske obale. In E. Marin (ed.), *Arheološka istraživanja u Naroni i dolini Neretve*. Zagreb: Hrvatsko arheološko društvo, 305-320.

ROBB, J. E. and FARR, R. H. 2005. Substances in Moton: Neolithic Mediterranean 'Trade'. In E. Blake and B. Knapp (eds), *The Archaeology of Mediterranean Prehistory*. Oxford: Blackwell Publishing, 24-45.

ROGLIĆ, J. 1955. Geomorfološka istraživanja polja istočne Hercegovine u god. 1951. *Ljetopis Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti* 60, 107-109.

ŠEGOTA, T. 1968. Morska razina u holocenu i mlađem djelu würma. *Geografski glasnik* 30, 16-39.

TIŠLJAR, J., VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I. and SOKAČ, B. 2002. Carbonate Platform Megafacies of the Jurassic and Cretaceous Deposits of the Karst Dinarides. *Geologica Croatica* 55(2), 139-170.

VUJNOVIĆ, N. 2002. Prehistorijsko i antičko razdoblje na području naselja Sućuraj. *Prilozi povijesti otoka Hvara* 11, 45-79.

PEDOLÓGIAI-SZEDIMENTOLÓGIAI VIZSGÁLATOK LÖSSZEL BORÍTOTT TERÜLETEKEN, SZEMELY-HEGYES KÉSŐNEOLITIKUS KÖRÁROKRENDSZER PÉLDÁJÁN

CASE STUDY OF PEDOLOGICAL AND SEDIMENTOLOGICAL INVESTIGATIONS ON LOESS-COVERED TERRAIN (SZEMELY-HEGYES LATE NEOLITHIC RING-DITCH COMPLEX)

DEZSŐ JÓZSEF¹, BERTÓK GÁBOR², BOGNÁR ANNA³, KAPOSVÁRI FERENC⁴,
DARÁNYI VIKTÓRIA⁵, PETHE MIHÁLY⁶, CSABAI ZOLTÁN¹, PÁLL-GERGELY
BARNA¹, SIPOS GYÖRGY⁷

¹PTE TTK Környezettudományi Intézet, 7625 Pécs, Ifjúság u. 6.

²Baranya Megyei Múzeumok Igazgatósága, 7624 Pécs, Széchenyi tér 12.

³8000 Székesfehérvár, Szent Gellért u. 44.

⁴Dél-Dunántúli Regionális Kutatási és Kompetencia Központ, 7635 Pécs Móra Ferenc u. 72/A

⁵PTE TTK Földrajzi Intézet, 7625 Pécs, Ifjúság u. 6.

⁶ELTE TTK FFI Geofizikai és Űrkutató Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter Sétány 1/C

⁷SZTE TTK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, 6722 Szeged, Egyetem u. 2-6.

Email: dejozsi@gamma.ttk.pte.hu

Abstract

According to the geopedologic protocol, the characteristics of soils, infillings and different sediments were analysed in the archaeological excavation. Beside experimental observations, textural (granulometric) analyses, measurements of carbonate and humus content are used in general. This paper presents results of geopedologic analyses, micromorphological observations, and OSL data of Szemely-Hegyes annulus. The filling sediments of the archaeological objects are generally identical on loess covered terrain. The aim of this study to show that; how laboratory analyses support the experimental observations. Reconstruct the surface process, statistical interpretation of laboratory analyses is needed. The sediments of the excavation are differing in their humus and carbonate content, and texture. We proved this in the latter case, which their genetics the traditional granulometric categories (clay, silt), better characteristic parameters initiation justified. These are the $m\% < \phi_7$, and angle-valuable (α_1 , α_2) originated from points of inflection to envelope of the frequency curve. The filling sediment of the annulus can be divided three units. The first unit is a filling of loess mingling with pale-brown soil. The second unit is a filling of pale-grayish yellow anthropogeneous sediment consist of charcoal which was a groin. The third unit is a filling of reddish-brown relict soil. The different parameters of samples were changed a bit by anthropogeneous impact. The first burial of the annulus was happened 4.91 ± 0.57 ka (BP) as determined by OSL measurement, and with two different sediments, lasted about 4.11 ± 0.45 ka (BP). In the process of backfill, in the second burial cycle reddish-brown soil was deposited into the ditch from 2.64 ± 0.25 ka. The backfill process lasted until the Middle Ages. Currently eroded pale-brown soil covers the arable land in the area.

Kivonat

A régészeti feltárásoknál alkalmazandó geopedológiai protokoll alapvető feladata közé tartozik a talajok, kitöltések, különböző genetikájú üledékek tulajdonságainak vizsgálata. A terepi megfigyelések mellett a laboratóriumban a szemcseeloszlási-, a mész- és a humusztartalom mérése az, amit a leggyakrabban elvégeznek a szakemberek. Jelen tanulmányban a Szemely-Hegyes körárokrendszer példáján keresztül mutatunk be egy ilyen geopedológiai-statisztikai vizsgálatot, kiegészítve mikromorfológiai megfigyelésekkel és az abszolút kor(OSL) mérések eredményeivel.

A lösszel fedett térszíneken gyakran előfordul, hogy a régészeti objektumokat kitöltő anyagok egymáshoz igen hasonlóak. Célunk annak vizsgálata, hogy ilyen esetekben mennyiben támasztják alá a laboratóriumi eredmények az előzetesen megalkotott mintacsoportjainkat. A csoportjaink statisztikai módszerekkel (boxdiagramok, diszkriminancia analízis) történő ellenőrzése a felszínfejlődési folyamatok rekonstruálása előtt elengedhetetlen.

A terület üledékei, árokkitöltései leginkább a humusz és mésztartalom, valamint egyes szemcse-összetételei tulajdonságukban alapján különülnek el. Ez utóbbi esetben bizonyítottuk, hogy a genetikájukat a hagyományos szemcseméret kategóriáknál (agyag, kőzetliszt frakció) jobban jellemző új paraméterek bevezetése indokolt. Ezek a $m\% < \phi_7$, és a gyakorisági diagram burkológörbéjének inflexió pontjaiból származtatható szögértékek: α_1 α_2 .

A körárokrendszer kitöltőanyagát három nagyobb egységre lehet felbontani. Az első a lösz és a fakóbarna talaj kevert kitöltéséből keletkezett kitöltés. A második a fakószürke-sárga antropogén kitöltés, színét a szénült famaradványok adják, melyek esetleg az egykori sánc cölöpanyagából származnak, de eredetük lehet égetéses-irtás művelés következménye is. A harmadik a vörösesbarna kitöltés, valószínűleg relikvtumtalaj. Az árokkitöltések csak kis mértékben változtak az emberi beavatkozás hatására. A változások leggyakrabban a mésztartalomban és egyes texturális jellemzőkben tapasztalhatók. A legkorábbi datált kor két famaradvány ^{14}C -es kormeghatározásából származik: 4950 – 4790 és 4720 - 4530 (cal BC). A körárokrendszer első visszatöltődési fázisa OSL adatok alapján $4,91 \pm 0,57$ ka-ra tehető, és két eltérő üledéktípussal $4,11 \pm 0,45$ ka-ig tartott. A visszatöltődés folyamán a második nagyobb ciklusban fokozatosan a vörösesbarna talaj került az árkokba $2,64 \pm 0,25$ ka-tól. Az OSL adatok alapján ez a visszatöltődés elhúzódott a középkorig. Jelenleg nagyrészt erodált fakóbarna talaj borítja a mezőgazdasági tevékenység által erőteljesen igénybe vett területet.

KEYWORDS: LASER PARTICLE SIZER, OSL, MICROMORPHOLOGY, CVA

KULCSSZAVAK: LÉZERES SZEMCSEANALIZÁTOR, OSL, MIKROMORFOLÓGIA, DISZKRIMINANCIA ANALÍZIS

Bevezetés

A mintegy 450x550 m átmérőjű későneolitikus körárokrendszer légifelvételek, majd a Baranya Megyei Múzeumok Igazgatósága által végzett feltárások alapján vált ismertté (Bertók et al. 2008). Az árokrendszert a részletesebb régészeti és természettudományos kutatást megelőző felszíni leletgyűjtés alapján a későneolitikus Lengyeli kultúra idejére kelteztük, amit a 2006-os szondázó ásítás leletanyaga is megerősített. Ugyanakkor a keltezés finomítása az ásítási anyag alapján csak részben volt elérhető: a leletanyag legfontosabb, számszerűleg is legnagyobb része egyetlen objektumból, egy nagy méretű gödör betöltéséből került elő, míg az árkokban kevés, és tipológiai szempontból csak korlátozottan használható anyagot találtunk. A jól meghatározható kerámianyag a Lengyeli kultúra neolitikus időszakának végére, kb. Kr. e. 5. évezred közepére tehető.

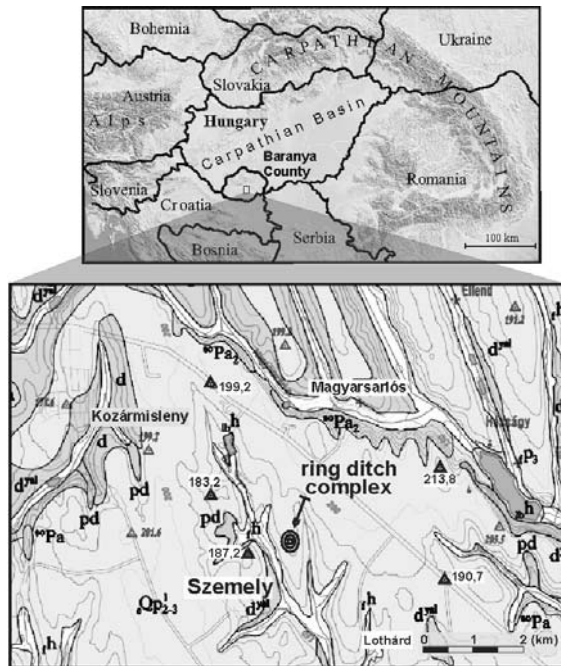
A területről származó Lengyeli kultúrát reprezentáló kerámiatöredékek vizsgálata (Kreiter & Szakmány 2008) és az árokkitöltések talajtani-földtani feldolgozása (Dezső et al. 2008) a régészeti feltárásokkal párhuzamosan haladt.

A földtani-talajtani vizsgálatokkal a következő kérdésekre kerestük a választ:

- a talajokat, természetes üledéket (lösz) milyen irányban és milyen mértékben befolyásolta az emberi beavatkozás,
- az árokkitöltések anyagának talajtani-szedimentológiai tulajdonságai diszkriminancia analízissel vizsgálva milyen mértékű elkülönülést mutatnak,
- a kitöltések jellemzői és mikromorfológiai jegyei utalnak-e területhasználat-változásra.

A vizsgált terület földtani környezete

A vizsgált terület Pécstől DDK-i irányban mintegy 10 km-re található ($46^{\circ}01'00,56''\text{N}$; $18^{\circ}20'17,13''\text{E}$). A területet az átlagosan 200 m tszf magasságot elérő, völgyek szabdalta löszből felépülő dombok jellemzik (**1. ábra**). A körárokrendszer (**2. ábra**) egy löszplaton helyezkedik el, melyet K felől „V” alakú, Ny felől szélesebb völgytalppal és aktív vízfolyással fiatal völgyek határolnak. A körárokrendszertől néhány kilométerre több helyütt a völgyfejlődés az idősebb felső pannon üledékeket, a Somlói Formáció homokos kőzetlisztes rétegeit exhumálta.



1. ábra: A körárokrendszer földtani környezete

Jelmagyarázat

Holocén: h : folyóvízi üledékek; h : fluviális-ártéri üledékek.

Pleisztocén-Holocén: Qp_{2-3} : fiatal eolikus lösz sorozat; pd : proluviális, deluviális üledékek; d^{val} : deluviális közettörmelék alesurit); P_3 : folyóvízi üledék

Miocén-Pliocén, Felső-pannoniai (s.l.): Pa_2 , Pa_3 : pannóniai üledékek (Somlói Kavics Formáció) (MÁFI térképsorozat, Budai 2005)

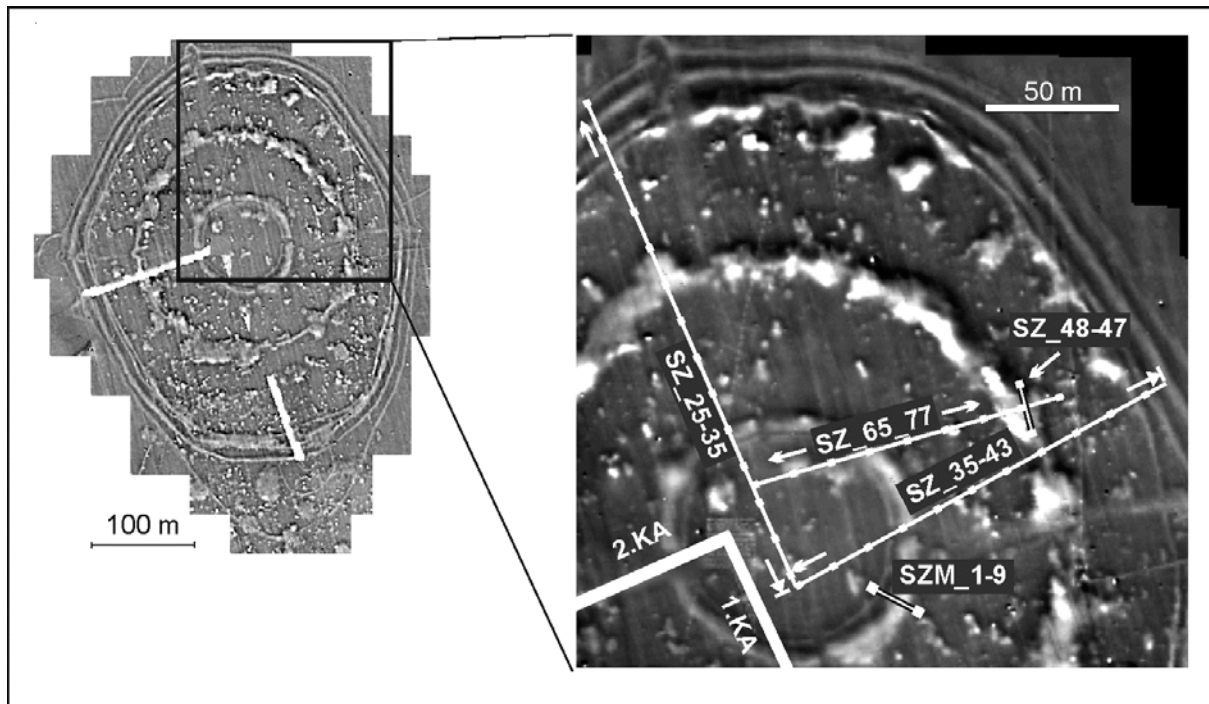
A körárokrendszer morfológiai helyzetéből adódóan a lösztől eltérő genetikájú üledék nem keveredhetett az itt található talajokhoz, árokkitöltésekhez. A két fő kitöltéstípus a fakósárga meszes lösz és változatai, valamint a rajtuk kialakult mésztelen, kis humusztartalmú barna talajtípusok. Érdekeség, hogy az árokrendszer még ma is érzékelhető mikrodomborzatként, néhány 10 cm-es magasságkülönbségek formájában.

Alkalmazott kutatási módszerek

A területen az I. sz. É-D-i irányú régészeti kutatóárok öt rétegét, valamint 71 fúrás 285 mintáját vizsgáltuk. A három körárokcsoporthoz tartozó osztott rendszerben (Bertók et al 2008) 30 alkalommal kézi talajfúróval történt a minta vétele, ami a többit egy bolygatatlan minta vételére alkalmas berendezés segítségével gyűjtöttük (3. ábra). A mintavevő berendezés 3,5 m hosszú lafettával rendelkezik, amelyen egy 60 kg-os súly ejtésével érhető el a száraz leverése, így elkerülhető a rotációs mozgásból adódó roncsolódás. A mintavevő fej egyszerre 80 mm átmérőjű és maximum 350 mm hosszú magmintát képes a felszínre hozni, ami a vékonycsiszolatok készítéséhez kielégítő méret.

A magnetométeres felmérés elkészítéséhez (Pethe 2007) GSM-19 típusú Overhauser-effektus elvén működő magnetométert használtunk.

A talajtani vizsgálatok a Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar Természetföldrajzi Laboratóriumában történtek.



2. ábra: A Szemely-Hegyes körárokrendszer magnetométeres felmérési képe, régészeti kutatóárkokkal (1.KA.;2KA), és a fúrások nyomvonalával

1. táblázat: A ^{14}C -es kormeghatározás eredményei

	minta kód	minta név	$\delta^{13}\text{C(PDB)} \pm 0,2$ [‰]	konvencionális radiokarbon kor (BP)	kalibrált kor (BC) (1σ)
1.	deb-14830	Szemely-Hegyes II-4 obj.	-27,0	5980 \pm 30	4950 - 4790
2.	deb-14829	Szemely-Hegyes I-30 obj.	-26,9	5780 \pm 40	4720 - 4530

2. táblázat. Az OSL vizsgálatok eredményei (SZM9-es fűrés)

Sample (field)	depth (m)	W	Th (ppm)	U (ppm)	K (%)	D'_{cosmic} (Gy/ka)	D'_{total} (Gy/ka)	D_e (Gy)	Optical age (ka)
SZM9 62-84	0.70	0.18	22.32 \pm 0.22	6.27 \pm 0.06	1.94 \pm 0.02	0.17 \pm 0.01	6.77 \pm 0.67	11.97 \pm 0.18	1.77 \pm 0.18
SZM9 84-120	1.00	0.26	22.32 \pm 0.22	6.27 \pm 0.06	1.94 \pm 0.02	0.17 \pm 0.01	5.81 \pm 0.54	15.34 \pm 0.26	2.64 \pm 0.25
SZM9 143-180	1.60	0.16	18.58 \pm 0.19	6.34 \pm 0.06	1.91 \pm 0.02	0.16 \pm 0.01	6.42 \pm 0.67	26.4 \pm 0.88	4.11 \pm 0.45
SZM9 180-216	1.95	0.28	14.84 \pm 0.15	6.40 \pm 0.06	1.88 \pm 0.02	0.15 \pm 0.01	5.38 \pm 0.55	26.41 \pm 1.42	4.91 \pm 0.57

A szénsavas mésztartalmat Scheibler-féle kalciméterrel, a humuszt kénsavas közegben káliumbikromátos roncsolás után (MSZ-08-0210:1977.04) 601nm-es hullámhosszon SPEKOL (Carl Zeiss Jena) fotométerrel határoztuk meg. A szemcseeloszlási vizsgálat előkészítésekor a minták 10%-os HCl-al, hidrogénperoxiddal (H_2O_2), és Na-acetáttal történő kezelése után nedves szitálást alkalmaztunk 2mm és 0,250 mm-es szitán, majd az átesett frakciót FRITSCH Analysette A22-32 típusú lézeres szemcseméret meghatározó készülékkel mértük. A lézeres szemcseméret-meghatározó készülék 300 μm -0,3 μm mérési tartományon belül interpolálás nélkül 62 esetben méri a frakciótartományokat. Az adatokat SPSS 16 és SYN-TAX 2000 szoftverkörnyezetben diszkriminancia analízis segítségével elemeztük. A 13 db vékonycsiszolat készítéséhez a mintákat 40 °C-on kiszárítottuk, -800 mbar vákuumban impregnáltuk Struers EpoFix Kit műgyantával. A csiszolást MINOSIX típusú félautomata géppel végeztük, majd a polírozást kézzel, 1 μm -es gyémánt pasztával (Struers, DP-Paste M) fejeztük be. A szöveti tulajdonságokat fénymikroszkóppal vizsgáltuk, leírásuknál Brewer (1964), Bullock et al (1985) és Szendrei (2000, 2001) leírásait követtük. A csiszolatokat EPSON Perfection 4490-es típusú síkszkennelővel, 3600, egyes részleteket 4800 dpi felbontásban szkenneltük polárfólia közt. Célunk ezzel a pórások és nagyobb méretű talajtani jelenségek statisztikai vizsgálata volt. A szkennelt

képet Adobe Photoshop és ImageJ képelemző programmal adjusztáltuk és elemeztük, az adatokból SPSS szoftverrel statisztikai értékelést végeztünk a szénült, opak maradványok jellemzőiről.

Az abszolút kormeghatározások a Szegedi Tudományegyetem OSL laboratóriumában, a ^{14}C -es vizsgálatok az ATOMKI (Debrecen) laboratóriumában készültek. A lumineszcens kormeghatározásra szánt minták a SZM1–SZM9 fűrésorozat SZM9-es fűréséből származnak. A mérések célja annak megállapítása, hogy a vizsgált anyag mikor került utoljára napfényre, azaz a mintázott üledék mikor képződött. A laboratóriumi feltárásokat Mauz et al. (2002) módszereit követve készítettük elő kis intenzitású sárga fényforrás mellett. Az előállított mintarészeket végeztük el az OSL méréseket ún. kettős regenerációs protokollt alkalmazva (DSAR) (Roberts & Wintle 2001). A DSAR során a mintarészeket először infravörös fényrel (870 nm) stimuláltuk, így eltávolítottuk a földpát alkotókban tárolt lumineszcens jelet. Ezt követően kék fény (470 nm) segítségével mód nyílt a kvarcsezemcsékben tárolt lumineszcens jel elkülönített mérésére. A besugárzott dózis és a generált lumineszcens jel közti összefüggést RISOE DA-15 automatizált TL/OSL műszer segítségével állítottuk fel alumínium mintahordozó korongra kalibrált 0,089 Gy/s dózisteljesítményű $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ béta sugárforrást felhasználva.



3. ábra: Kézi mintavevő feje és a bolygatatlan mintavételre alkalmas berendezés

A regenerációs protokoll alkalmazhatóságát különféle vizsgálatokkal ellenőriztük: rekuperációs teszt, visszaforgatási arány mérése, illetve mesterségesen besugárzott dózisok visszamérése (Murray & Wintle 2006). A dózis értékeket 20-30 részminta dózisértékére és szórására alapján adtuk meg. A minták környezetében található természetes sugárzó anyagok koncentrációját gamma-spektrométerrel határoztuk meg. Ebből, valamint a nedvesség taralomból illetve a kozmikus sugárzás számított intenzitásából (Prescott & Hutton 1994) számíthatóvá vált a mintákat egységnyi idő alatt érő dózis, azaz a dózisteljesítmény nagysága. A tanulmányban közölt korok i.sz. 2000-től számíthatók.

A kettő független ponton vett szénült faminta ^{14}C -es kormeghatározását Sudárné Svingor Éva (ATOMKI, Debrecen) végezte és kalibrálta.

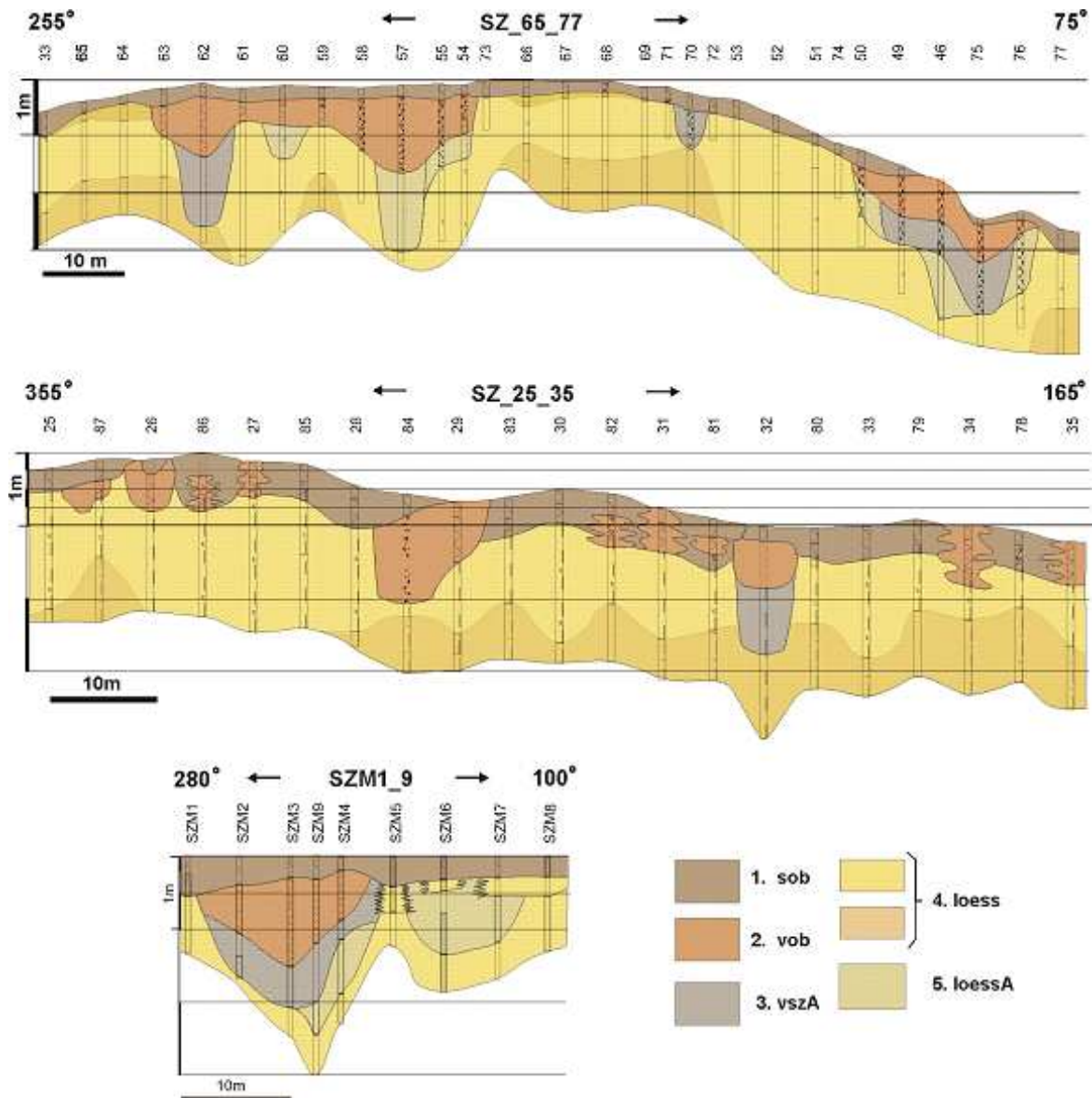
Kiseb mintaterjedelemben készült malakológiai vizsgálat az OSL vizsgálatra szánt fúrás (SZM1-SZM9) anyagából. Két talajminta-típusból készült röntgen pordiffrakciós ásványtani vizsgálat (XRD): a barna recens talajból (sob) és vörösbarna árokköltésből (vob). A mérések a Duna-Dráva Cement Kft Beremendi Gyáregység laboratóriumában történtek, kiértékelésüket Dr. Viczián István (MÁFI) végezte.

Eredmények

A vizsgált üledékek jellemzői

A két szénült, ^{14}C -es kormeghatározásra szánt faminta árokköltésbe ágyazva speciális helyzetet foglalt el (**1. táblázat**). Az 1. sz (deb-14830) minta az árokköltés legfelső árkából, annak keleti kapuja mellől az árok alján, egy kb. 10 cm vastag, sok égett anyagot tartalmazó pusztulási rétegből került elő. A minta egy kb. 8 cm átmérőjű tölgyfa cölöp (Grynaeus A. szíves szóbeli közlése) szénült, 25 cm hosszúságban megmaradt darabjából való. A 2. sz. minta (deb-14829), szintén egy facölöp szénült maradványa, mely az árokköltés legkülső árokköltéséből származik, egy 2m mély, mindössze kb. 1,5m széles, igen meredek falú, V alakú árok legalsó betöltéséből. Ez a betöltés erősen átégett, vörös színű, paticos tapasztsz törmelékéből állt.

A fúrásokból három szelvény készült (**4. ábra**). Szabálytalan futású foltokkal jelöltek azok a szelvényrészletek, amelyek kisebb-nagyobb, magnetométerrel is kimutatott régészeti objektum részeként értelmezhetők, de nem szerkeszthetők egy objektummá (pl.: 26, 27, 87-es fúrások). E szabálytalan formájú ábrázolás inkább az információhiányt, és nem a földtani értelemben vett összefogozódást, egyidejű keletkezést hivatott jelezni.



4. ábra: Fúrásszelvények. Jelkulcs: 1: sötétbarna recens talaj (sob); 2: vörösbarna idősebb talaj (vob); 3: szürkés-világossárga árokkitöltés (vszA); 4 világossárga mészlepedékes típusos lösz változatai (loess) . 5. világosbarna árokkitöltés (loessA)

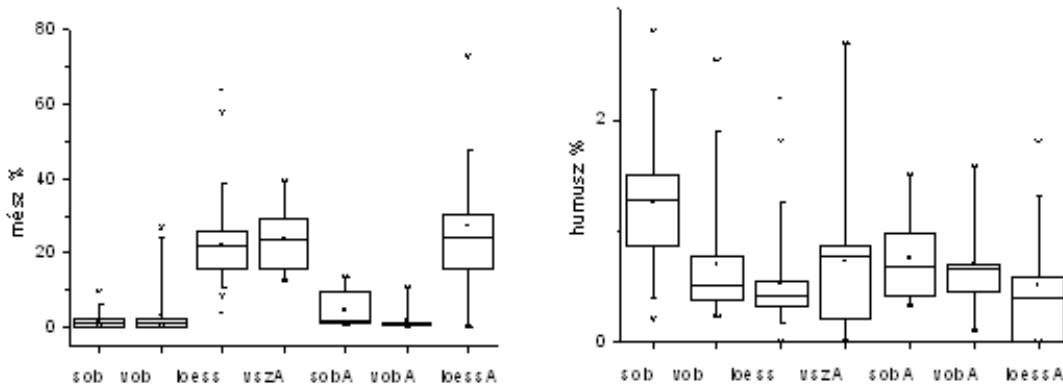
A belső árokrendszer SZM1-SZM9-es szelvényének SZM9-es fúrásából készültek abszolút kor (OSL) vizsgálatok (2. táblázat).

A vizsgált mintacsoportok főbb mész- és humusztartalmának boxdiagramját az 5. ábra, a szemcse-összetételi paraméterek boxdiagramját és az egyes paraméterek értelmezését a 6. ábra, a minták mikromorfológiai jellemzőit a 3. táblázat mutatja.

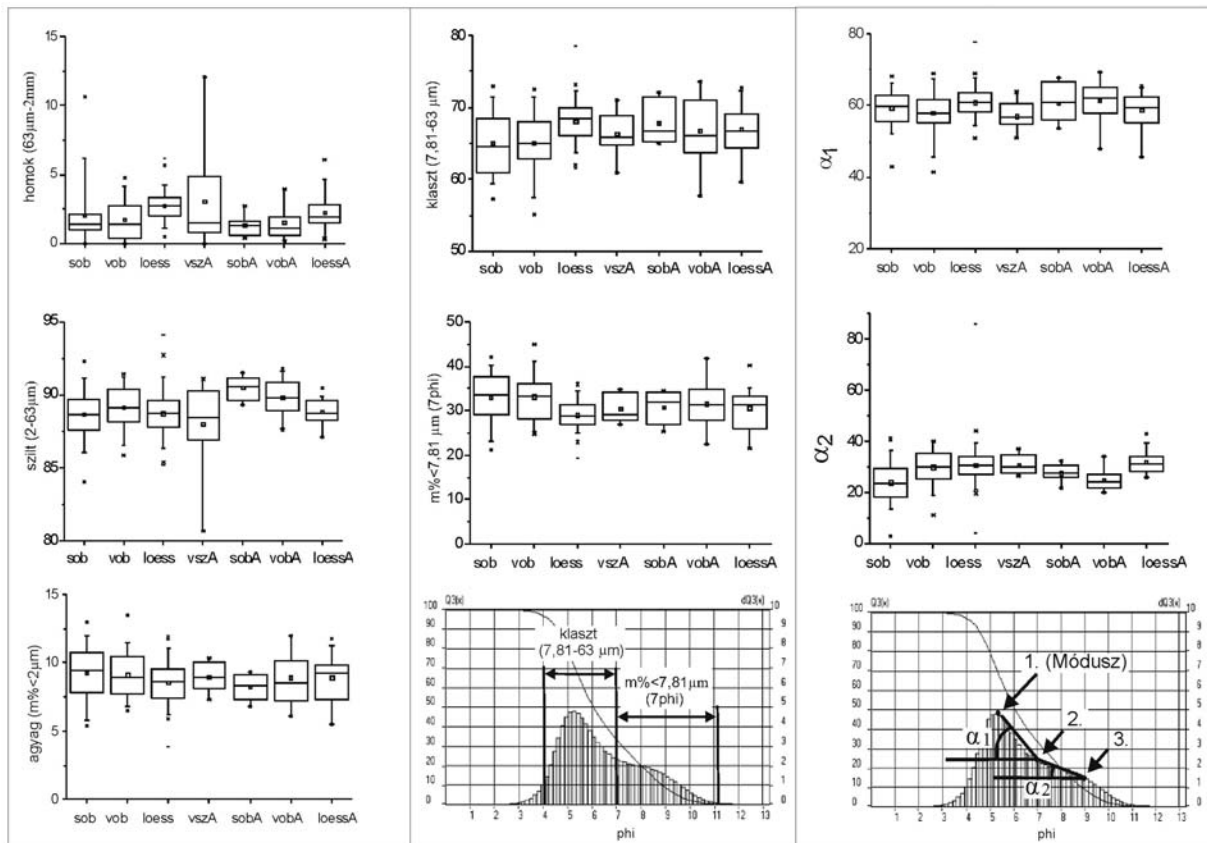
A felszínen a szárazon fakóbarna (10YR 5/4), nedvesen sötétbarna (10YR 5/4) Ramann-féle barna erdőtalaj (barnaföld, Cambisol), morzsás-poros szerkezetű, erodált, szántott-bolygatott, növényi szárrakkal kevert, legfeljebb 30-40 cm vastag szintje található (kódja: **sob**). Jellemző még az agyagbevonatok hiánya a talajmorzsák felületén.

ásvány	kód	
	sob	vob
illit/montmorillonit	2	3
illit	19	21
klorit	x	6
kvarc	58	55
plagioklász	17	15

4. táblázat: A barna recens (sob) és a vörösbarna etemetett (vob) talajtípus %-os ásványi összetétele (kiértékelést végezte: Dr Viczián István)



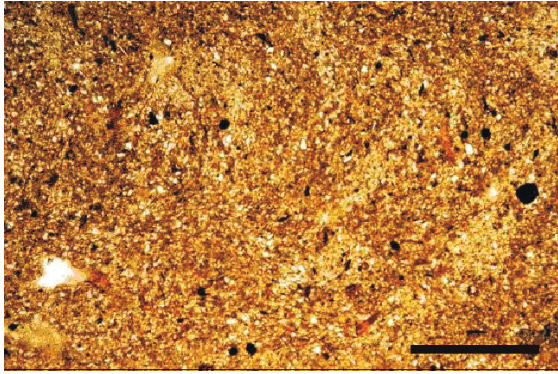
5. ábra: A vizsgált minták mész- és humusztartalmának boxdiagramjai. Jelkulcs: sob: fakőbarna recens talaj és sobA: antropogén változata; vob: vörösesbarna idősebb talaj és vobA: antropogén változata; vszA: szürkés-világossárga árokkitöltés; loess: világossárga mészlepedékes típusos lösz; loessA világosbarna árokkitöltés



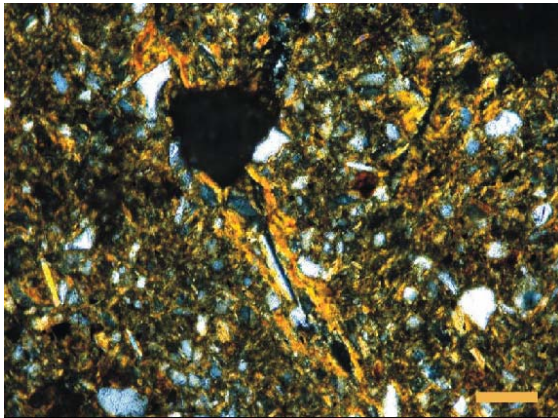
6. ábra: A vizsgált minták szemcseeloszlási paramétereinek boxdiagramjai és értelmezésük (kódok: mint 5. ábra)

Mikroszerkezetét tekintve szemcsés, morzsás, bioturbáció által átrendezett. Talajtani jelenségek közül legjellemzőbb a bioturbáció hatására létrejött foltos-sávos átrendeződés, mely a vázszemcséket és a barna szervesanyagot egyaránt érintette (7. ábra). Gyakoriak a repedések, a vázrészek anyaga polimikt, löszhöz hasonló, de sok szerves törmelékot tartalmaz. A vázszemcsék közti

alapananyag vasas-agyagos. Orientációja zónákban észlelhető, a zónák elszigetelt foltokban található, irányítottságuk nem egyértelmű. Az alapananyag a vázrészekben bevonatot képez, a szerkezeti elemek érintkezésénél dúsul. Limpiditása alacsony (alig átlátszó), nem alakult ki folyamatos, összefüggő vöröses kiválások.



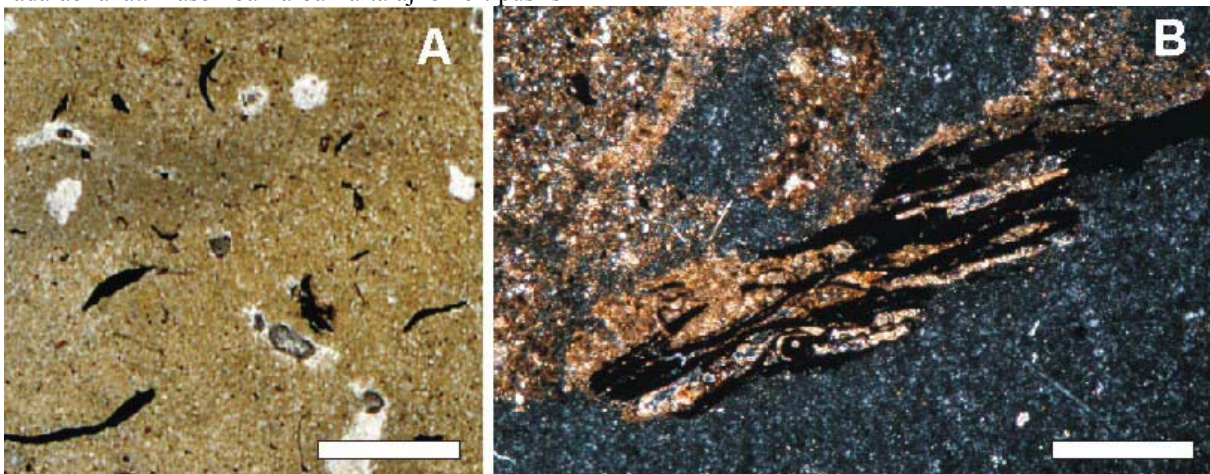
7. ábra: barna bioturbált recens talaj (sob), IN (méretarány 1mm)



8. ábra: A vörösés eltemetett talaj (vob) alapanyag-koncentrációja, XN, (méretarány:0,05 mm)

A vörösésbarna, szárazon 7,5YR 4/4 színű talaj (kódja: **vob**) a fakóbarna talaj (sob) alatt található, attól eróziós határral választódik el, de ásványtani összetételében lényegében megegyezik vele (**4. táblázat**).

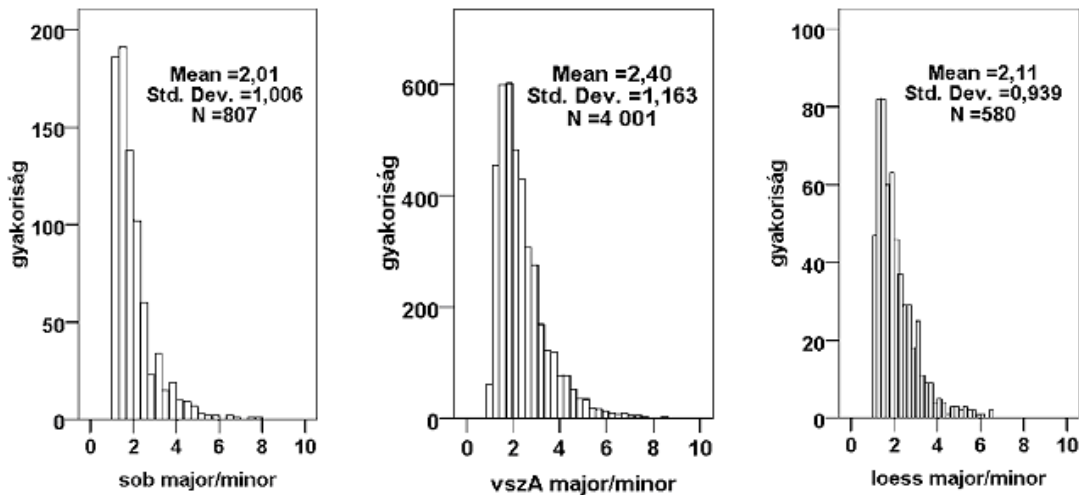
Szinte minden esetben tartalmaz antropogén törmelékeket, paticsdarabokat, szénült fadarabkákat. Hasonlóan a barna talajhoz e típus is



9. ábra: A: szürke árokkitöltés (vszA) opak alkotórészei, B: fahamu (Szederkény, római kori szemetesgödör, 1648-as objektum) (méretarány: 1 mm)

morzsás szerkezetű, bár kissé tömörebb, makropórusokban szegényebb, bioturbált, kisebb agyagtartalommal. Mikromorfológiai képletében lényegi különbség az előzőhöz képest, hogy az alapanyag keresztrovátkált (cross-striated). A szemcsék távolsága kisebb, mint a vázrészek átmérője; ez utóbbiak többnyire kvarcsemmek. A bevonatok a kettőstörő alapanyag átrendeződéséből jöttek létre, melyek elmozdultak a repedések, szabad helyek irányába. A kvarc(váz)szemcsék körül, repedéseknél, szemcséket határoló csatornáknál, üregecskéknél laza, folyamatos bevonatot képeznek, vastagságuk 20-50 µm (**8. ábra**). A repedésekben azonban hiányoznak az agyagvándorlásra utaló formaelemek. A bevonatok egyben kijelölik a jól illeszkedő, eltérő anyagi minőségű formaelemek határát. Magasabb szerveződési szinten pórusos mikroszerkezetű anyag. Amennyiben a mintákon megállapítható volt, hogy az említett két talajféleség zavart, bolygatott, akkor **sobA** és **vobA** csoportba soroltuk, jelezvén az antropogén hatást.

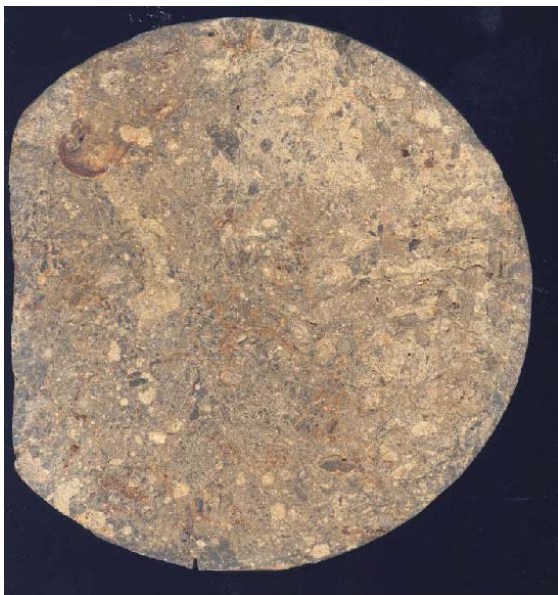
A világosszürke, szürkésárga, löszhöz erősen hasonlító kitöltés (kódja: **vszA**) többnyire a vob kitöltések alatt található. Jellemző színét (10YR 6/2) a magasabb opak alkotórész tartalomnak köszönheti, emiatt átlagos humusztartalma magasabb a lösznél (1,13%). Mikromorfológiájára jellemző, hogy az vázsemmese szövetű, illeszkedési hézagokkal. A szövete mészmikroaggregátumok által gyakran fedett, a vörösés alapanyag igen ritka. Bioturbációra utaló vázrész-átrendeződések észlelhetők. Antropogén hatás jelei az említett opak, többnyire szögletes maradványok. Rostjaik közt a hamuanyagokra jellemző mikrites mészmikroaggregátumok tapasztalható, így valószínű, hogy nem égetés, hanem lassú oxidáció folyamán keletkeztek (**9. ábra**).



10. ábra: Az opak részecskék hosszúság/szélesség (major/minor) értékének gyakorisági diagramja recens barnatalaj (sob), szürke árokkitöltés (vszA) és a lösz (loess) típusoknál, valamint statisztikai jellemzői: Mean: középérték, Std. Dev.: átlagtól való eltérés, N: egységnyi felületre eső darabszám

Képanalízissel megállapítható, hogy egységnyi felületen a löszhöz, de még a recens barnatalajhoz képest is többszörös az opak alkotórészek száma. Hosszúságukból és rá merőleges szélességi értékéből képzett major/minor hányados értéke jelzi, hogy valamivel nyújtottabbak (**10. ábra**).

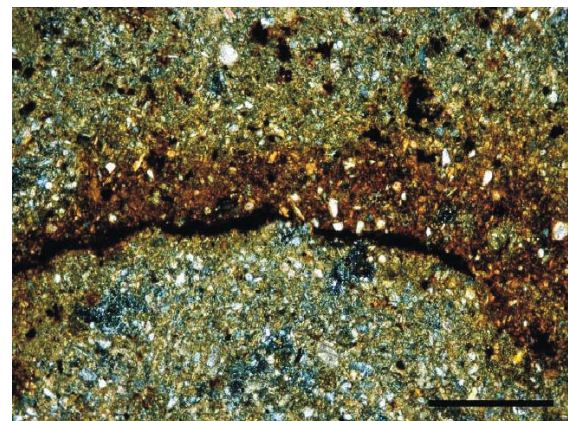
Más opak részek (feltehetően szintén szénült növényi maradványok) nem szögletesek. Körülöttük, hozzájuk kötődően elmosódó vöröses bevonatok tapasztalhatók, valószínűleg szerves színezőanyag nyomai. Ez utóbbiak képződése eltér az előző maradványoktól.



11. ábra: Kevrt árokkitöltés (loessA), gyöker utáni vöröses kiválásokkal, fűrásból D=80 mm



12. ábra: Gyöker utáni vöröses kiválások, melyet meszes átnyúlás („interfingering”) harántol (méretarány: 5 cm)



13. ábra: Az aszimmetrikus vöröses kiválás mikromorfológiai képe (méretarány: 0,5 mm)



14. ábra: I. kutatóárok, 134. sz. objektum, „interfingering”-szerű meszes átnyúlások

A vszA típusú kitöltésektől színárnyalatában különböznek az árkok löszbázisú sárgásbarna, halványsárga kitöltései (kód: **loessA**). Néha kisebb-nagyobb mértékben keverednek más, tisztázatlan eredetű barna talajféleséggel. Ez utóbbiak mikromorfológiai megjelenése néha gumós, többnyire sajátalakú. E típushoz kapcsolódóan a kitöltések mellett még jelentős információt szolgáltatott az I-es régészeti kutatóárokban dokumentált, majd a fúrásokban több helyütt megtalált ívelt-koncentrikus vasas kiválások, amelyek morfológiájuk alapján egy korábbi erdősült állapothoz, gyökérszónához kapcsolhatók (**11., 12. ábra**). Mikromorfológiai képük aszimmetrikus (**13. ábra**). Ugyanitt az árkot fedő talajtípusok hosszan tartó kilúgozásához köthetők azok az ujjas átnyúlásokra („interfingering”) hasonlító meszes kiválások, amelyek gyakran keresztelik a mélyebb árokkitöltések formaelemeit (**14. ábra**). A mészvándorlás az egykori gyökerek mentén történt.

A lösz (kód: **loess**) képezi a terület bázisát. Típusos, makropórusos, halványsárga (10YR 7/4) mélyebb szinteken mészlepedékes, mészgöbcses, meglehetősen egyveretű. Helyenként kissé tömörebb, vályogos. A tipikus lösz vázszemcse-halmazú, makropórusokkal sűrűn tagolt, laza halmaz típusú alapszövet, mely a mész által gyakorta erősen fedett: megfigyelhetők az apró mész-agyag csomósodások, mikroaggregátumok.

Szemcseeloszlási vizsgálatok

A lézeres szemcseméret-meghatározó készülék alkalmazása mellett a lényegi, közetliszt-durva agyag intervallum igen jó felbontóképessége és reprodukálhatósága szól. A korszerű szemcseméret-meghatározási módszerek között is jelentős eltérések mutatkoznak (Goossens 2008, Blott & Pye 2008), melyek egyrészt az eltérő mérés technikai elvekből fakadnak, másrészt a szemcseméret értelmezése során kialakult egyszerűsítésből származnak, ahol a szemcsék térbeli dimenzióját egyetlen adattal, az átmérővel kívánjuk meghatározni. Mindenesetre a lézeres elven működő szemcseeloszlási mérések egyre gyakoribbak a finomszemcsés üledékek vizsgálatakor (Dezső et al 2007, Kovács 2008).

A 7,81 μ m (7 ϕ) alatti, finom közetliszt-agyag tömegszázalék-frakció (m%<7,81 μ m) a mikromorfológiai képletben az alapanyagot (groundmass) reprezentálja. Az e fölötti (közepes-durva) közetliszt frakció a klaszt, melynek ásványos összetétele löszös területeken többnyire kvarc. E paraméterek összefüggenek a mikromorfológiai tulajdonságokkal, nevezetesen az alapanyag és a vázrészecskék arányával, jellemzőivel, így a szemcseeloszlási jellemzők visszatükrözik a természetes üledékek, talajok genetikai viszonyait. Azt tapasztaltuk, hogy a ϕ 7-es (7,81 μ m) szemcseméret határnál rendre megváltozik a vizsgált löszös üledékek gyakorisági diagramjának jellege, ami a diagram oszlopaikat burkoló görbe futásával szemléltethető leginkább (**6. ábra**). A hagyományos szemcseeloszlási jellemzők mellett ezért két újabbat is bevezettünk a statisztikai értékeléshez. Ezek az α_1 ; α_2 szögértékek, a gyakorisági diagram származtatott értékei: az X tengelyen ϕ beosztást alkalmazva, valamint az Y tengely %-os értékeit (a Módusz és a két inflexiós pontot) felhasználva két egyenes határozható meg, amelyeknek az X tengellyel bezárt szögeik az α_1 ; α_2 szögek (**6. ábra**). Ha az α_1 értéke nő, akkor a klaszt szemcseméret-tartományán belül a móduszhoz közel eső méretű alkotók uralkodóak: a vázrészecskék, klasztok egyveretűbbé válnak, szemcseváz-szerkezet alakul ki, a mikromorfológiai képen többnyire a „kimerülés” jelei mutatkoznak. Ha csökken α_1 értéke, akkor az alkotórészecskék közt több a klaszt komponens, apró törmelék. Az α_2 az alapanyag mennyiségi változásait jelző érték; csökkenése az alapanyag dúsulást jelzi.

A diszkriminancia analízis célja, módszere

A személyi árokkitöltések anyaga meglehetősen hasonló tulajdonságokkal rendelkezik. A laboratóriumi mérések eredményeinek és a belőlük származtatott paraméterek bemutatása leíró statisztikát, boxdiagramot használtunk (**5., 6. ábra**).

5. táblázat: A diszkriminancia analízis eredményei

minta db esetek	mintacsoportok							figyelembe vett mintatulajdonságok, F értékek: 9, 18, 27, 36, 45, 54, 63, 72, 81, sorok (csoporton belüli/csoportok közötti variancia)										C _p
	bolygatatlan mintacsoportok			bolygatott mintacsoportok				szemcseösszetéleli paraméterek										
	64	28	138	11	7	16	20	agyag m%<2µm	szilt 62µm	homok 62µm- 2mm	klaszt 7,81-63µm	α ₁	α ₂	m%-phi7 (7,81µm)	mész%	humusz%		
1.	44		84					x	x								63.4	
2.	40		100							x			x				69.3	
3.	38		107								x	x					71.8	
4.	41		127								x	x	x				81.4	
5.	38		121							x	x	x	x				78.7	
6.	51		125					x	x	x	x	x	x				87.1	
7.	64		135											x			88.5	
8.	62		136					x	x	x	x	x	x	x	x		98	
9.								9,264	0,052	9,954	42,11	4,798	35,642	41,323	326,483	134,429	-	
10.	37	17						x	x								58.7	
11.	29	18								x			x				51.1	
12.	50	20									x	x	x				76.1	
13.	49	20									x	x	x				75	
14.	51	21									x	x	x	x			78.3	
15.	51	21						x	x	x	x	x	x				78.3	
16.	47	26												x		x	76.1	
17.	53	22						x	x	x	x	x	x			x	81.5	
18.								0,205	2,107	0,475	0,025	1,447	11,554	0,15	2,456	20,911	-	
19.	26	13	75					x	x								49.6	
20.	16	13	97							x				x			54.8	
21.	38	13	60								x	x					48.3	
22.	39	14	91								x	x	x				62.6	
23.	36	13	89								x	x	x	x			60	
24.	43	17	109					x	x	x	x	x	x				73.5	
25.	48	22	126											x		x	85.2	
26.	48	22	126					x	x	x	x	x	x	x	x	x	85.7	
27.								5,062	1,848	8,431	24,005	5,563	18,081	25,069	202,581	63,280	-	
28.					5	7	13		x								58.1	
29.					5	7	11				x			x			53.5	
30.					3	11	14					x	x				65.1	
31.					2	22	15					x	x	x			65.1	
32.					4	11	16					x	x	x			72.1	
33.					4	12	19		x	x	x	x	x	x			81.4	
34.					3	12	15								x	x	69.8	
35.					4	11	20		x	x	x	x	x	x	x	x	81.4	
36.								0,479	6,697	2,488	0,186	1,15	13,738	0,18	25,998	1,182	-	
37.					5	5	4	6	x	x							37	
38.					5	3	9	5						x			40.7	
39.					5	3	11	8				x	x				50	
40.					4	2	11	8				x	x	x			48.1	
41.					4	2	11	10				x	x	x			50	
42.					7	3	11	12				x	x	x			61.1	
43.					4	3	12	12							x	x	57.4	
44.					7	3	11	13							x	x	63	
45.								0,391	4,192	1,941	0,224	1,85	10,579	0,18	21,585	0,698	-	
46.	25	2	34	4	5	2	0		x	x							25.4	
47.	13	9	58	4	2	3	1				x			x			31.7	
48.	28	2	38	6	0	9	4					x	x				30.6	
49.	27	9	56	4	0	8	2					x	x	x			37.3	
50.	29	10	47	4	3	5	3					x	x	x			35.6	
51.	31	13	62	4	2	8	6		x	x	x	x	x	x			44.4	
52.	47	3	69	3	2	12	11								x	x	51.8	
53.	45	16	81	5	2	9	11		x	x	x	x	x	x	x	x	59.5	
54.								1,884	3,06	4,283	7,671	2,966	8,683	8,05	75,62	20,579	-	
55.	45				5				x	x							70.4	
56.	44				7									x			71.8	
57.	35				6						x	x	x				57.7	
58.	37				5							x	x	x			59.2	
59.	52				5							x	x	x			80.3	
60.	52				5				x	x	x	x	x	x			80.3	
61.	59				4										x	x	88.7	
62.	58				6				x	x	x	x	x	x	x	x	90.1	
63.								1,993	9,64	0,871	3,256	0,501	1,479	1,069	9,573	5,481	-	
64.		16				8			x	x							57.1	
65.		19				9								x			66.7	
66.		22				12							x	x			81	
67.		21				12							x	x	x		78.6	
68.		21				12						x	x	x			78.6	
69.		21				12			x	x	x	x	x				78.6	
70.		7				12									x	x	45.2	
71.		23				12			x	x	x	x	x	x	x	x	83.3	
72.								0,104	0,739	0,21	1,415	3,548	5,99	0,797	0,77	0,05	-	
73.			82				14		x	x							60.8	
74.			86				13				x			x			62.7	
75.			88				11						x	x			62.7	
76.			92				13						x	x			66.5	
77.			83				14					x	x	x			61.4	
78.			85				12		x	x	x	x	x	x			61.4	
79.			90				11								x	x	63.9	
80.			108				11		x	x	x	x	x	x	x	x	75.3	
81.								1,018	0,126	3,298	2,67	3,873	0,6	3,994	4,887	0,005	-	

A boxdiagrammok sejtetik az egyes mintacsoportok jellemzőit, de a vizsgált tulajdonságoknak a csoportképzésre gyakorolt hatásáról és mértékéről csak ritkán adnak teljes képet. A rétegek elkülönítése, az árokköltések csoportosítása nem alapult kizárólag laboratóriumi mérési eredményeken. Az üledékek csoportosításához figyelembe vettük a nem-paraméteres

tulajdonságokat is: szín, szöveti jellemzők, mészkiválások típusai, makroszkopikus talajszerkezeti tulajdonságok stb. A diszkriminancia analízis célja, hogy ellenőrizzük, a mérések eredményei mennyiben igazolják az általunk alkotott csoportok valóságát és fordítva: a valósnak elfogadott csoportjainkat mennyire jellemzik a mért adatok, az egyes tulajdonságok

(mért paraméterek) kombinálása esetén mikor különülnek el leginkább a csoportok és az elkülönülésért az egyes tulajdonságok milyen mértékben felelősek.

A diszkriminancia analízis eredményeit az **5. táblázat** tartalmazza, ahol hét csoportot (változókat) valamint a kilenc tulajdonságot vontunk be a vizsgálatba. A sorok számai egy-egy statisztikai vizsgálati esetet jelölnek, ahol a csoportok és tulajdonságok kiválasztása kombinálódik. A mintacsoportok oszlopaiban szereplő értékek kifejezik, hogy az egyes csoportok tagjaiból mennyi az, ami az adott kombinációban valóban megfelel a csoportkategóriának. Ezen érték csak akkor érheti el a csoport elemeinek számát, ha teljes (100%-os) az elkülönülés. Az elkülönítés akkor tekinthető statisztikai értelemben sikeresnek, ha az analízis során a C%, a korrekt csoportosítás %-os értéke magas (75% felett jónak mondható). A C% -ra példa a 26. statisztikai vizsgálati esetben (26. sor):

$$C\% = \frac{\text{vizsgálatban szereplő minták (db)}}{\text{csoportkategóriába tartozó minták (db)}} = \frac{48+22+136}{64+28+138} \times 100 = 85,70\%$$

Az egyes csoportkombinációk végén szintén a diszkriminancia elemzés eredményei kerültek, ezek az F értékek: a csoportok közötti és a csoporton belüli varianciának a hányadosai (Podani 1997, 2001), melyek kifejezik, hogy az egyes tulajdonságok milyen mértékben járultak hozzá az elkülönüléshez (9., 18., 27., 36., 45., 54., 63., 72., 81. sorokban található értékek).

Az új szempontú szemcseeloszlási paraméterek (α_1 , α_2 , $m\% < \phi 7(7,81\mu\text{m})$) bevonásával jobban elkülönülnek a csoportok, 10-15%-os javulást mutatva a C% értékben. A legtöbb esetben kielégítő, 80% körüli C% értéket kapunk ha az összes szemcseeloszlási paramétert bevonjuk a vizsgálatba.

A természetes talajok és a lösz (vob, sob, loess) nyilvánvalóan jobban elkülönülnek egymástól, mint az antropogén hatású mintacsoportok (v.ö. 26., 35., 44. eseteket). A három természetes mintacsoport (sob, vob, loess) elkülönülésért a mésztartalom, valamint a szemcseeloszlási paraméterek esetén a mikromorfológiai jellemzőket meghatározó klaszt és $m\% < \phi 7(7,81\mu\text{m})$ a felelős (19-26. esetek). A recens és az eltemetett talaj esetén (sob, vob) a humusz és α_2 érték a döntő (10-17. esetek), e talajtípusok tehát a humusztartalom mellett az alapanyag struktúrájában is különböznek. A vszA mintacsoport bevonása a vizsgálatba a löszhöz való hasonlósága miatt rontja az elkülönülést (37-44. esetek). Az összes mintacsoport egyidejű vizsgálata nem célravezető (46-53. esetek).

A természetes képződmények és antropogén módosulatainak vizsgálatakor három-négy paraméter felelős az elkülönülésért, ami az F érték

relatív kiugró értéke jelez. A barna talaj (sob) esetében a szilt, mész, humusz, a vörösesbarna talajnál (vob) α_1 , α_2 , valamint a lösz (loess) és módosulata (loessA) összehasonlításakor a homok, klaszt, α_1 , $m\% < \phi 7(7,81\mu\text{m})$ és a mész% F értékei.

Az analízis eredményeinek archeológiai-pedológiai vonatkozásai

A területhasználat folyamán a természetes talajok és üledékek módosultak, ennek mértéke és jellege eltérő volt; de soha nem haladta meg azt a mértéket, hogy ne hasonlítanak a kiindulási anyagaikhoz.

A jelenkori természetes talaj (sob) és bolygatott változata (sobA) esetében a különbséget a szilt-, klaszt-, humusz- és mésztartalom okozza (62. eset); humusztartalma jelentősen csökken és a durvábbszemű összetevők (klaszt) részaránya megnő, amit a boxdiagramok is alátámasztanak (**6. ábra**). Sajnos, a sobA mintacsoport csupán hét mintát (elemet) tartalmaz, ezért az eredmény interpretációjánál óvatosan kell eljárni. Az α_2 értékének növekedése azt jelenti, hogy az alapanyagban kimerülés mutatkozik, az áthalmozódása során veszített finomabb elegyrészből. Összességében eredeti állapotához képest kilúgozott, alapanyagát veszített típus.

A vörösesbarna talajváltozatok (vob és vobA) csekély mértékű elkülönülése elsősorban szemcseeloszlási tulajdonságokra vezethető vissza (71. eset), vázrészeinek aránya, különösen szilt frakciója nőtt, de elkülönülésben az α_1 és α_2 szemcseeloszlási paraméterek a meghatározók.

Az áthalmozott lösz típusú árokköltés (loessA) és az in situ lösz (loess) elkülönülésében a csökkenő α_1 érték, a növekvő alapanyag ($m\% < \phi 7$) és a diverzifikáltabb humusztartalom a döntő (81. eset). A boxdiagramok csökkenő klaszt, növekvő alapanyag ($m\% < \phi 7(7,81\mu\text{m})$) tartalma is arra utal, hogy ez a kitöltés természetes módon iszapoldott az árokkoba, az alacsonyabb homokfrakció mennyisége is erre enged következtetni.

Malakológiai vizsgálatok eredményei

A kiiszapolt kevésszámú 41 fosszilis löszcsigahéj öt fajhoz és három magasabb taxonhoz tartozott (**6. táblázat**). A tipikus löszcsigák *Vallonia tenuilabris* (A. B. Raun, 1843), *Pupilla sterri* (Voith, 1838) és *Columella columella* (G. v. Martens, 1830) napjainkban a Közép-Ázsiában és Európa magasabb hegyeiben található meg és alacsony éves átlagos hőmérsékletet jeleznek, tehát Szemely esetében a löszből származnak. Az árokköltésből előkerült nedvességkedvelő *Succinea oblonga* (Draparnaud, 1801). Clausiliids (*Clausiliidae indet.*) avarlakó, de sziklán is megél.

6. táblázat: A malakológiai vizsgálatok eredménye

	SzM5 72-125	SzM8 0-32	SzM8 37-55	SzM6 80-137	SzM7 67-92	SzM7 119-187
<i>Succinea oblonga</i>	11	1	1	1	x	x
<i>Vallonia tenuilabris</i>	2	2	2	1	x	1
<i>Pupilla triplicata</i>	3	1	2	x	3	x
<i>Pupilla muscorum</i>	x	x	x	x	x	2
<i>Pupilla sp.</i>	x	x	x	x	x	4
<i>Vitrea sp.</i>	1	x	x	x	x	x
<i>Columella columella</i>	x	x	x	x	x	2
<i>Clausilidae indet.</i>	x	x	x	x	x	1

Az árokrendszer kialakulásának rövid története

Régészeti leletek alapján a körárok későneolitikus Lengyeli kultúra idejére keltezhető, ezzel egyidejűnek tekinthetők a datált faminták (deb-14829, deb-14830), koruk 4720 – 4530, illetve 4950 – 4790 év cal BC. A korábbi, a legbelső körárokból származó cölöp anyagául szolgáló fadarab a Lengyeli kultúra korai időszakára keltezhető, és párhuzamosítható a nyugat-magyarországi, korai, az ún. Sé-horizonthoz tartozó egyes lelőhelyekről származó ¹⁴C-es adatokkal (P. Barna 2008). A két adat mintegy 200 éves különbsége utalhat többek közt arra is, hogy az árokrendszer gyűrűi nem egy időben létesültek, voltak használatban, illetve szűntek meg, bár e két adat pontos értelmezéséhez további régészeti információk beszerzése szükséges.

A kimutatott visszatöltődési periódusok jelentős időbeli késéssel történtek.

A legbelső árok kitöltéséből vett fűrómagminták alsó 180-216 cm-es szakaszából származó OSL adatok alapján az árok első ismert, a Lengyeli kultúra időszaka utáni visszatemetődése 4,91±0,51 ka (2,91±0,51 ka BC) körül történt, tehát később, mintegy 500-1000 évvel Lengyeli kultúra rézkori szakaszának vége után. Az innen származó árokkitöltés (loessA) sok tekintetben igen hasonlít az „in situ” löszhöz (loess). A zavart szerkezet és az analízissel kimutatott domináns folyamatok (homokfrakció-vesztés, klaszt csökkenése, mészsanyag iszapoldódása) viszont egyértelműen elkülönítik a két réteget. Lehetséges, hogy léteznek ezeknél még idősebb rétegek amit később az újabb OSL vizsgálatok bizonyíthatnak. A vöröses koncentrikus kiválások, melyek mikromorfológiai képe aszimmetrikus, egy erdősült állapotot feltételeznek.

Ezt követően (4,11±0,45 ka) települt be a főként löszből álló szürkessárga kitöltés (vszA), melyhez kissébb részt fakóbarna talaj keveredik. Féregjáratos, iszapszerkezetű, visszamosódott anyagként értelmezhető. Nem véletlen e réteg magas humusztartalma, egyéb jellemzőiben azonban igen hasonlít a löszféleségekhez, amit kifejez az egyik legalacsonyabb, 63%-os C érték is. Színét a szénült famaradványoknak köszönheti. A rétegben meglévő szénült famaradványok keletkezésének magyarázatára több lehetőség is kínálkozik. Származhatnak a famaradványok pl. a közelben leégett cölöpszerkezetes építményből, bár és a vizsgált időszakból ilyen létesítményre nincs régészeti bizonyíték. Mikromorfológiailag igazolt, hogy hosszas szállításon nem esett át az anyag. Az opak alkotórészek morfológiája arra utal, hogy nem magasabb (kb 500°C körüli) hőfokon szénültek, mert finomszemcsés kalcitkristályok nem találhatók körülöttük, illetve rostjaik közt (Courty et al 1991). Ez azonban még nem zárja ki az irtásos erdőégetés lehetőségét. Az OSL adatok által megadott időszak e része (kb. Kr.e. 3500-2800, vö. Vaday 2003) egybeesik a késő rézkorral, illetve a kora bronzkorral. Ebből a periódusból, a Badeni kultúra idejéből ismerünk felszíni leleteket a vizsgált lelőhelyről. Elképzelhető, hogy megfelelő növénytakaró védelme esetén az eredetileg 3-3,5m mélységű árok egy része az árokrendszer elhagyása után 1000-1500 évvel még fennmaradt, mely aztán a késő rézkori megtelepedők tevékenysége nyomán töltődött fel, bár az árokkitöltésekből eddig késő rézkori anyag nem került elő. Ugyanakkor a lelőhelytől ÉNY-ra, 1 km-re található egy korabronzkori erődített telep, melynek lakói jellemzően irtásos-égetéses földművelést folytathattak. Tevékenységük hozzájárulhatott az erózióhoz és a szénült maradványok felhalmozódásához.

Az időben következő, vörösesbarna kitöltések két altípusát (vob, vobA) nem lehet pontosan elkülöníteni, annyira véletlenszerűen keverednek egymással. Azonban α_2 értéke alacsonyabb az antropogén törmelékekkel kevert változatának, ami az alapanyag dúsulását jelzi. Az elkülönülés magas (C=83%) értékéhez hozzájárul az α_1 értékének növekedése is. Ez utóbbi a klaszterek átmérője a módusz értékéhez jobban hasonlít. Mindkettő vörösesbarna típus egy olyan kitöltést képvisel, melyekre az áthalmazódás után is zavartalan talajosodási folyamatok hatottak. Valószínűleg jellemző szerkezetük azonos az eredetileg kialakulttal, az árok-morfológia pedig a csekély alapanyag-dúsulást tette lehetővé. Az abszolút koradatai szerint 2,6±0,25 ka – 1,77±0,18 ka BP közt temetődtek vissza. A kitöltésnek helyet adó árok-rész formája eltér az előzőkétől: teknőszerűen kiszélesedett, ami a magnetométeres felmérés körárkainak egyes D-i részletein is láthatók. Nem tudni miért szélesítették ki az árkokat ebben az időszakban, talán a még meglévő terephullámok lesimítása lehetett a cél. A római korban e terület érintetlen lehetett, vagy a még esetleg meglévő mélyedéseket elkerülte a földművelő tevékenység. A kiszélesített, teknőszerű mélyedéseket kitöltő vörösesbarna talajtípus valószínűleg a maihoz képest nedvesebb (mikroklimatikus?) környezeti feltételek mellett jöhetett létre. Ezzel egyidőben alakulhattak ki a mélyebb részein a vasas kiválások, később az „interfingering”-szerű meszes átnyúlások, jelezve az erdősült állapotot. E homogén kitöltés, tudatos, gyors, ember általi visszatemetése a mikromorfológiai jegyek és az OSL adatok alapján elvethető.

Legutoljára a recens talaj, Ramann-típusú barna erdőtalaj keletkezett, melyben szintén random módon keveredik a bolygatott és a természetes rész

Irodalomjegyzék

- BERTÓK G., GÁTI CS., & VAJDA O. (2008): Előzetes jelentés a Szemely-Hegyes lelőhelyen (Baranya megye) található neolitikus körárkrendszer kutatásáról. *Archaeológiai Értesítő* **133**: 85-106. DOI: 10.1556/ArchErt.133.2008.1.5
- BLOTT, S. J. & PYE, K. (2008): Particle shape: a review and new methods of characterization and classification. *Sedimentology* **55**: 31-61. doi: 10.1111/j.1365-3091.2007.00892.x
- BREWER, R. (1964): *Fabric and Mineral Analysis of Soils*. J. Wiley and Sons, Inc., New York, London, Sydney 470p.
- BREWER, R. (1979): Relationships between particle size, fabric and other factors in some Australian soils. *Australian Journal of Soil Research* **17**: 29-41.
- (sob, sobA). Mikromorfológiai képlete indokolja leginkább, hogy genetikailag elválasszuk az árkokban a fekvőjét képviselő vörösesbarna (vob, vobA) talajtól, pedig ásványtanilag lényegében azonosak. Mikromorfológiai képlete indokolja leginkább, hogy genetikában elválasszuk az árkokban a fekvőjét képviselő vörösesbarna (vob, vobA) talajtól, pedig ásványtanilag lényegében azonosak. Elkülönülésükért a humusztartalom és az α_2 érték a felelős. A vörösesbarna talajnál gazdagabb humuszban ami a modern szántóföldi művelésnek köszönhető.
- Az árkok használatukkor mélyebbek is lehettek, mint a feltáráskor tapasztalt 2-3,5 m, az esetleges lepusztulás mértékéről azonban a szerzők véleménye megoszlik.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki Dr Viczián Istvánnak (MÁFI) az ásványi összetétel szíves meghatározásáért, Dr Szendrei Gézáknak (Magyar Természettudományi Múzeum) a mikromorfológiai vizsgálatoknál nyújtott hasznos kritikai észrevételekért. Továbbá szeretnénk megköszönni segítségüket Dr Grynaeus Andrásnak (Cincér Bt) a faanyag meghatározásában, Dr Sudárné Svingor Évának (Környezet és Földtudományi Osztály, ATOMKI, Debrecen) a ¹⁴C-es kormeghatározásért. A légi felderítés és a későbbi kutatások A Baranya Megyei Múzeumok Igazgatósága által társ pályázóként elnyert European Landscapes – Past, Present, Future című EU Culture 2000 pályázat (r.sz.: 2004 – 1495001-001 CLT CA22) keretén belül végezték el. A pályázat társfinanszírozója a Nemzeti Kulturális Alap is volt (6031/0010 és 2731/0009 sz. pályázatok).

BUDAI, T. (ed) (2005): *Magyarország Földtani Térképe 1:100000 sorozat* L-34-61-es (Pécs) térképlap. Magyar Állami Földtani Intézet, 2005.

BULLOCK, P., FEDOROFF, N., JONGERIUS, A., STOOBS, G., TRUSINA, T., AQUILAR, J., ALTEMÜLLER, H.J., FITZPATRICK, E.A., KOWALINSKI, S., PANEQUE, G., RUTHERFORD, G.K. & YARILOVA, E.K. (1985): *Handbook for Soil Thin Section Description*. Waine Research Publication, Wolverhampton. 152p.

COURTY, M. A., GOLDBERG, P. & MACHPAIL, R. (1991): *Soils and micromorphology in archaeology*. Cambridge Univ Pr. 344p

DEZSŐ, J., KAPOSVÁRI, F., KOVALICZKY, G., CSABAI, Z., BERTÓK, G., BÓDIS, E. & PÁLLGERGELY, B., (2008): Geoarchaeological research methods and investigation in the loess covered South-Danubia (Hungary). *Landscape Evolution*

and *Geoarchaeology. Abstract Book*. Porto Heli (Greece) June 18-21 2008, 14-16.

DEZSŐ, J., RAUCSIK, B. & VICZIÁN, I. (2007): Villányi-hegységi karsztos hasadékköltések szemcse-összetétele és ásványtani vizsgálata (Granulometric and mineralogical analysis of karstic fissure filling sediments in Villány Mts., S Hungary). *Acta GGM Debrecina, Geology, Geomorphology, Physical Geography* **2007/2**: 151-180.

GOOSSENS, D. (2008): Techniques to measure grain-size distributions of loamy sediments: comparative study of ten instruments for wet analysis. *Sedimentology* **55**: 65-96. doi:10.1111/j.1365-3091.2007.00893.x

KOVÁCS, J. (2008): Grain-size analysis of the Neogene red clay formation in the Pannonian Basin, *International Journal of Earth Sciences* **97(1)**: 171-178.

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

MAUZ, B., BODE, T., MAINZ, H., BLANCHARD, W., HILGER, R., DIKAU, R. & ZÖLLER, L. (2002): The luminescence dating laboratory at the University of Bonn: equipment and procedures. *Ancient TL* **20**: 53-61.

MCKEAGUE, J.A. & GUERTIN, R.K. (1982): Fabrics of some Canadian soils in relation to particle size and other factors. *Soil Science* **133(2)**: 87-102.

P. BARNA, J. (2007): Sormás-Török-földek: a new site of the Lengyel Culture in southern Transdanubia. In: *Kozłowski, J. & Raczy, P. eds., The Lengyel, Polgar and Related Cultures in the*

Middle/Late Neolithic in Central Europe. Kraków, 2007, 365-380.

PETHE M. (2007): Szemely – Hegyes régészeti lelőhely geofizikai vizsgálata. Közletlen szakdolgozat. ELTE TTK FFI Geofizikai és Űrkutató Tanszék, 56p.

PODANI, J. (1997): *Bevezetés a többváltozós biológiai adatfeltárás rejtelmeibe*. Scientia Kiadó, Budapest, 442p.

PODANI, J. (2001): SYNTAX 2000. *Computer program for data analysis in ecology and systematics*. User's Manual. Scientia, Budapest. 67p.

PRESCOTT, J.R., & HUTTON, J.T. (1994): Cosmic ray contributions to dose rates for luminescence and ESR dating: large depths and long-term time variations. *Radiation Measurements* **23**: 497-500.

ROBERTS H., & WINTLE, A. G. (2001): Equivalent dose determination for polymineralic fine-grains using the SAR protocol: application to a Holocene sequence of the Chinese Loess Plateau. *Quaternary Science Reviews* **20**: 859-863.

SZENDREI, G. (2000): Talaj-mikromorfológia. ELTE-Eötvös Kiadó, Budapest, 220p.

SZENDREI, G. (2001): *A hazai talajtípusok mikromorfológiája*. Magánkiadás, Budapest, 163p.

VADAY, A. (ED) (2003): Kronológiai táblák. In: *Visy et al. eds., Magyar régészet az ezredfordulón*. Budapest, 473-477.

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

KÖZLEMÉNYEK



Cultural Heritage Advanced Research Infrastructures
Synergy for a Multidisciplinary Approach to Conservation/Restoration

Az Európai Unió CHARISMA projektje

A CHARISMA (a.m. Cultural Heritage Advanced Research Infrastructures: Synergy for a Multidisciplinary Approach to Conservation / Restoration) az Európai Unió 7. Keretprogramja (FP7) által támogatott együttműködési kezdeményezés (Integrated Infrastructure Initiative), melynek célja, hogy biztosítsa – nemzetközi együttműködés keretében – a kutatók, konzervátorok, restaurátorok hozzáférését a nagy európai kutatóközpontok által kínált műszeres vizsgálati lehetőségekhez (nagyberendezésekhez, ill. hordozható laboratóriumokhoz), továbbá kutatási adattárakhoz.

A projekt hivatalosan 2009. októberében indult, és négy év a futamideje. Az egyes alprogramokra a jelentkezési határidők eltérők lehetnek, részletesen a projekt honlapján olvashatók.

A projekt támogatja a nemzetközi bíráló bizottságok által kiválasztott nyertes pályázók nemzetközi együttműködéssel (Transnational Access – TA) kapcsolatos utazásának ill. kísérleti munkáinak költségeit az alábbiak szerint:

A „Transnational Access”-en belül az együttműködés, a kutatás jellegétől függően 3 fő módon lehetséges:

Az ARCHLAB keretében lehetőség adódik Európa legnevesebb múzeumi és restaurátor intézetei (National Gallery London, British Museum, Laboratoire du Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (Palais du Louvre), Museo Nacional del Prado, Opificio delle Pietre Dure, Instituut Collectie Nederland) archívumainak, gyűjteményeinek, analitikai adatbázisainak tanulmányozására.

A MOLAB keretében különböző hordozható berendezések vehetők igénybe, melyekkel a szakértők a pályázó kutatókkal együttműködve helyszíni analitikai/képkalkotási stb. feladatokat látnak el pl. régészeti ásatásokon vagy a kulturális örökség nem mobilizálható emlékein. Az ún. "European Mobile Laboratory" üzemeltetői az UNIPG-Centro SMAArt, CNR-INOA Olaszországból és a CNRS-LC2RMF Franciaországból.

A FIXLAB keretében a kulturális örökség szakemberei franciaországi és magyarországi „nagyberendezésekhez” – részecskegyorsítókhoz, ill. kutatóreaktorhoz juthatnak el, hogy kutatásaikhoz

hasznosítsák a nagyberendezések által nyújtott anyagvizsgálati lehetőségeket.

Mivel hazánkból két intézet – a debreceni Atommagkutató Intézet és a budapesti Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet – vesz részt szolgáltatóként a CHARISMA, ezen belül a FIXLAB projektben, ennek részleteit szeretném ismertetni.

A FIXLAB pályázati rendszerén keresztül négy „nagyberendezés” által biztosított számos analitikai szolgáltatás vehető igénybe. A négy laboratórium és az analitikai módszerek:

CNRS-LC2RMF AGLAE (Accelérateur Grand Louvre d'Analyse Elementaire), a Louvre laboratóriumaihoz tartozó gyorsító – Párizs, Franciaország

Nagyobb tárgyak (átlagos) elemösszetételét lehet meghatározni kivezetett ionnyalábbal. A módszer kiegészíthető egyéb technikákkal, mint pld. mikro-XRD, mikro-FTIR, ICP.

IPANEMA a Párizs melletti SOLEIL szinkrotron – Franciaország

Szinkrotronsugárzáson alapuló röntgen-, UV- és FTIR-spektrometriai vizsgálatok végezhetőek.

MTA ATOMKI Ionnyaláb-alkalmazások Laboratóriuma – Debrecen, Magyarország

Mikrométer felbontású elemanalízist lehet végezni nagyobb tárgyak felszín közeli részein, vákuumban vezetett ionnyalábbal. Az elemanalitikán túlmenően felületi topográfiai és 2D tomográfiai információt is nyújthatnak a mérések.

MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet (közös az MTA Izotópkutató Intézettel és az MTA Részecske- és Magfizikai Kutatóintézettel)

Különböző „neutronos” vizsgálati módszerek végezhetőek, mint pld. prompt-gamma aktivációs analízis (PGAA) átlagos „bulk” elemösszetétel meghatározására; kisszögű neutronszórás (SANS), repülési idő neutrodiffrakció (TOF-ND) fázis-, ásványszerkezet meghatározásra. Kiegészítő módszerként a KFKI-RMKI-ban kivezetett nyalábos milli-PIXE, ill. izotópos/röntgen-gerjesztésű XRF vizsgálatok végezhetőek.

Valamennyi módszer roncsolás-mentes, azaz nem szükséges a műtárgyból mintát venni, ill. maga a vizsgálat (besugárzás) sem okoz károsodást a tárgyban. A felsorolt berendezések, ill. módszerek egymást jól kiegészítik, segítségükkel elég széleskörű archeometriai információ nyerhető egy jól kiválasztott probléma, ill. mintasorozat esetén. A FIXLAB keretében lehetőség van egy-egy berendezésen (single), ill. több berendezésen (multiple) végzendő kiegészítő vizsgálatokra pályázni.

A pályázatot kutatócsoportok is beadhatják, egy alkalommal maximum két fő utazása (útiköltség, szállás, napidíj) támogatható a projektből. A külföldi tartózkodás ideje maximum 5 nap lehet, amely magába foglalhat 1 napot az eredmények megbeszélésére.

Lényeges, hogy a pályázó csoport vezetője, ill. többsége a pályázásra jogosult országok egyikéből érkezzen, és ne olyan berendezéshez pályázzon, amely saját hazájában működik. Praktikusán tehát magyar kutatók nem pályázhatnak az ATOMKI-ba vagy a Budapesti Neutronközponthoz, viszont pályázhatnak a francia intézetekhez.

Természetesen a kulturális örökség kutatóitól nem várható el, hogy tudják, problémájukra mely módszer, ill. módszerek adják a legmegfelelőbb választ. A pályázat benyújtásában segíti őket az ún. „Welcome Desk”, ahol egy e-mail vagy abstract formájában jelezhetik igényeiket. A „Welcome Desk” tagjai:

CNRS-LC2RMF AGLAE: Lucile Beck - lucile.beck@culture.gouv.fr

SOLEIL IPANEMA: Loïc Bertrand - loic.bertrand@synchrotron-soleil.fr

MTA ATOMKI: Simon Aliz – a.simon@atomki.hu

MTA SzFKI / BNC: Kasztovszky Zsolt - kzsolt@iki.kfki.hu

2009. január 27-től bárki számára elérhető a projekt honlapja, bár valószínűleg a közeljövőben még frissítik, pontosítják a tartalmát: <http://www.charismaproject.eu>

A FIXLAB programra az első jelentkezési határidő: 2009. február 15.

A felmerülő kérdésekre bármikor szívesen ad választ:

Kasztovszky Zsolt

MTA Izotópkutató Intézet

*

