

A KÁRPÁT-MEDENCEI RADIOLARIT NYERSANYAGOK SZÖVETI TÍPUSAI ÉS GEOKÉMIAI JELLEGEI

FABRIC TYPES AND GEOCHEMISTRY OF RADIOLARITE RAW MATERIALS IN THE CARPATHIAN BASIN^{*}

SZILÁGYI Veronika¹; T. BIRÓ Katalin²; Michael BRANDL³; HARSÁNYI Ildikó¹;

MARÓTI Boglárka¹ & KASZTOVSZKY Zsolt¹

¹Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

²Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest

³OREA Institut für Orientalische und Europäische Archäologie, Österreichische Akademie der Wissenschaften

E-mail: szilagyi.veronika@energia.mta.hu

Abstract

Radiolarite and radiolarian chert are important chipped stone tool raw materials in the Hungarian archaeological record. Based on macroscopic differences in the archaeological data, i.e. 'phenotypes' can be differentiated. These phenotypes can be correlated with raw material regions, however, the identification is not unequivocal due to the natural variability of radiolarite inside a geological formation. The utility is determined by the changes in the physical properties. This feature together with the accessibility of a given radiolarite type influences its frequency in the archaeological record. The Hungarian, Carpathian and surrounding radiolarite formations – based on surveying the archaeological assemblages – all could be potential sources for knappable lithic industry of several periods in Hungary.

This paper summarizes our knowledge on macro- and stereomicroscopic fabric and PGAA-based geochemistry of the main radiolarite raw material types based on own measurements and some former publications. The applied non-destructive methodology can be directly implemented on the archaeometric investigation of archaeological samples.

Kivonat

A magyarországi régészeti leletanyagban a radiolarit, valamint a radioláriákat tartalmazó kovaközetek, mint pattintott kőeszköz nyersanyagok, nagy jelentőségűek. A kárpát-medencei radiolarit nyersanyagokon belül makroszkóposan elkülöníthető csoportokat, ún. „fenotípusokat” határoztunk meg a fizikai tulajdonságaik alapján, amelyek földrajzi-földtani régiókhoz köthetők. A radiolaritos geológiai képződmények változatossága miatt a nyersanyagok a használhatóságuk és hozzáférhetőségük mértékétől függő gyakorisággal jelennek meg a régészeti leletanyagokban. A földtani változékonyság megszabja, hogy a makroszkópos „fenotípusok” mennyire köthetők az egyes nyersanyag lelőhelyekhez. A mai Magyarország határain túllépve néhány, a Kárpát-medencében és közvetlen környezetében található radiolarit kőeszköz nyersanyag szintén tárgyát képezte jelen kutatásnak. Ezen nyersanyagforrásokat, a régészeti anyag előzetes vizsgálata alapján valószínűleg több régészeti korban is használták.

Ebben a cikkben a jelenleg kutatócsapatunk rendelkezésére álló geológiai minták és korábbi publikációk alapján ismertetjük a lehetséges radiolarit nyersanyagok fő makro- és sztereomikroszkópos, valamint prompt gamma aktivációs analízissel nyert kémiai jellemzőit. Ezek a részben roncsolásmentes módszerekkel nyert adatok sikerrel alkalmazhatók a jövőben a régészeti leletek provenienciáinak vizsgálatánál.

KEYWORDS: RADIOLARITE, CHIPPED STONE RAW MATERIALS, 'PHENOTYPE', MACROSCOPIC CHARACTERISTICS, STEREOMICROSCOPIC FABRIC, PGAA, ELEMENT COMPOSITION

KULCSSZAVAK: RADIOLARIT, PATTINTOTT KŐESZKÖZ NYERSANYAG, "FENOTÍPUS", MAKROSKÓPOS TULAJDONSÁGOK, SZTEREOMIKROSKÓPOS SZÖVET, PGAA, ELEMÖSSZETÉTEL

^{*} How to cite this paper: SZILÁGYI V.; T. BIRÓ K.; BRANDL, M.; HARSÁNYI I.; MARÓTI B. & KASZTOVSZKY Zs., (2020): A kárpát-medencei radiolarit nyersanyagok szöveti típusai és geokémiai jellegei / Fabric types and geochemistry of radiolarite raw materials in the Carpathian Basin (in Hungarian with English abstract) , *Archeometriai Műhely* XVII/1 1–30.

Bevezetés

Hosszú évek kutatásainak eredményeként a régészeti pattintott kőszköz leletanyag vizsgálata, elsősorban makroszkópos csoportosítása során egyre bővülő ismeretek gyűltek össze az azonosítható közettípusokról. A régészeti kutatásokkal párhuzamosan, azok kiegészítéseként a Magyar Állami Földtani Intézet nyersanyag-történeti kutatóprogramja (Fülöp 1984) és más, regionális jelentőségű programok, pl. alapszervény kutatások keretében szisztematikus terepbejárásokat, gyűjtéseket végeztünk a potenciális pattintott kőszköz nyersanyagforrásokon (Biró 1984, Biró & Pálosi 1986). A régészeti megfigyelések és a terepi gyűjtések alapján makroszkóposan elkülöníthető csoportokat, „fenotípusokat” határoztunk meg (pl. Biró 1988, 1998). A geológiai lelőhely (pontszerű, foltszerű és általánosan elterjedt nyersanyagforrások) és a régészeti lelőhely lehetséges kapcsolatáról a korábbiakban már értekeztünk (Biró 2006a). A „fenotípusoknak” a nyersanyagforráshoz rendelése néhány esetben egyértelmű (pl. obszidián, ’szeletai kvarcporfir’), azonban számos esetben csak tágabb régió szintű megfeleltetése lehetséges (pl. tavi üledékes kovaváltozatok). A „fenotípus” elkülönítése és elnevezése többnyire a jellemző geológiai lelőhelyekről történt, bár ez nem kizárólagos azonosságot jelent. Nagyon sokat segít a konkrét értékelésben a régészeti lelőhelyek földrajzi elhelyezkedése és a műhelytelepek vizsgálata.

A jelen kutatás tárgyát képező közettípusok, a radiolaritok és radioláriát tartalmazó kovaközetek nevezéktana nem egységes, amelyet több szerző – mind régészeti, mind közettani oldalról – tárgyalt (pl. Ruiz-Ortiz et al. 1989, az Archeometriai Műhely 2010/3 kötetének tematikus cikkei: Brandl 2010, Přichystal 2010, Šošić Klindžić 2010). A klasszikus geológiai definíció a legalább 50%-ban radioláriából álló, tengeri környezetben képződött kovaközeteket tekinti radiolaritnak (Ruiz-Ortiz et al. 1989, Přichystal 2010). Ennél kisebb radiolária tartalom esetén radioláriás tűzkő vagy kovaközet az elnevezés. A közettípusnak a képződési viszonyaiból eredő szöveti heterogenitása (gumós, fészkes jelleg) kézipéldány vagy közettani preparátum méretben megtevéstől lehet. Erre hívja fel a figyelmet Michael Brandl (2010), amikor kifejti, hogy a régészeti gyakorlatban a kovaközetbeli radiolária jelenlétét már indikációnak tekintik a radiolarit eredetre. Emellett azt is figyelembe kell vennünk, hogy egy kőszköz vizsgálatakor sok esetben nincsen lehetőség a közettségvet mennyiségi kiértékelésére. Mindezek alapján cikkünkben a Michael Brandl által felvetett gyakorlatias megközelítést követve radiolaritnak nevezünk minden olyan kovaközetet, amelyben a

radioláriák fossziliái felismerhetők, a mennyiségük figyelembevétele nélkül.

A radiolaritok a Kárpát-medencében talált pattintott kőszközök kiemelkedően fontos, a legnagyobb arányban előforduló nyersanyagai, a Dunántúlon egyenesen uralkodóak (pl. Varga-Máthé 1990, Biró 1988, 2004, Biró & Regenye 2003, Biró 2009). A radiolaritok előfordulását a (cseh)szlovák, osztrák és a magyarországi régészeti anyagban az 1960-70-es évektől konzekvensen publikálták (Bárta 1961, 1979, Oliva 1991, Vértes 1965, Ruttkay 1970, 1980), azonban a régebbi irodalomban (és sok helyen azóta is) használnak egyéb, szerintünk helytelen elnevezéseket (pl. jáspis, főlópál) erre a közetre (pl. Biró 2010, Šošić Klindžić 2010). A radiolaritok elterjedését az ismertetett „fenotípusoknak” megfelelően az 1980-as évektől kezdve tették közzé (Kozłowski et al. 1981, Lech 1981, Přichystal 1984, Biró 1987, 1988, Biró & Regenye 1991, Gronenborn 1994, Přichystal 1997, Biró 1998, Bácskay & Biró 2003, Mateiciucova 2008, Barna & Biró 2009). Az azonosított fenotípusokat és valószínűsíthető forrásterületeit az **1. táblázat** tartalmazza. Ősrégészeti szempontból három magyarországi régió szolgáltatott jelentős mennyiségű radiolarit pattintott kőszköz nyersanyagot: a Dunántúli-középhegység (elsősorban a Bakony és a Gerecse), a Mecsek, illetve az Északi-középhegységen belül a Bükk peremvidéke (a Darnó-hegy és Szarvaskő környéke). A magyarországi régészeti lelőhelyeken a hazai nyersanyagokon túlmenően a mai határainkon kívüli radiolaritokkal is számolnunk kell. Az észak-magyarországi régészeti lelőhelyeknél elsősorban Szlovákia (Kis-Kárpátok, Vág- és Hernád-völgy) radiolaritjait fontos számításba venni. Jelenlétüket már Vértes László is kimutatta őskőkori lelőhelyeken (Vértes 1965). Az utóbbi évek kutatásai szerint (Biró 2006b) a bosnyák, illetve horvát geológiai lelőhelyekről származó radiolaritok is megjelenhetnek az alföldi és dél-dunántúli régészeti lelőhelyeken. Emellett nem kizárt, bár nem is bizonyított az ausztriai (Wien Mauer), illetve az erdélyi (Maros-völgy) radiolaritból készült kőszközök megjelenése magyarországi régészeti lelőhelyeken.

A kiemelkedő minőségű radiolarit nyersanyag-típusok – a helyi felhasználáson túl – a regionális vagy akár a távolsági nyersanyagellátásba is bekerültek (Biró & Regenye 1991, Gronenborn 1994, Bánffy 1999, Mateiciucova 2008). Így például a szentgáli radiolarit elterjedése az obszidiánéhoz hasonló mértékű és jelentőségű volt (Biró 1995). A hazai „kovabányákban” kitermelt közettípusok között, részben a közettípus bányanedves fizikai tulajdonságainak kedvezőbb volta miatt (a felszíni mállásnak kitett szálléközettel szemben), a radiolarit

és a radioláriás tűzkő a leggyakoribb (Bácskay & Biró 2003).

A radiolaritok jellemzésére korábban publikált közetani, ásványtani és geokémiai adatok állnak rendelkezésre (pl. Biró & Pálosi 1986, Biró & Dobosi 1991, Biró et al. 2000, 2002, Halbrucker et al. 2014, Bechter et al. 2010, Brandl et al. 2014), illetve e cikk szerzőitől korábbi összefoglalás is ismertetésre került (Biró et al. 2009, Biró 2011). A fenti vizsgálatok alapján a radiolaritok fő- és nyomelem összetétele regionális jellegeket mutat, bár jelentős átfedés tapasztalható az egyes nyersanyagok származási területei között. A szerzők már említett korábbi munkájában (Biró et al. 2009) megfogalmazott problémák a mai napig fennállnak és vizsgálatra érdemesek. *„A nyersanyag előfordulási területek különféle fizikai tulajdonságokkal (fény, szín, töredezettség, anyakőzet minősége) jellemezhető típusokra bonthatók, de egy-egy nyersanyagforrás több típust is ad, és a különféle makroszkópos típusok egymástól távol is megjelenhetnek. ... Ezeknek elkülönítése egyelőre objektív módszerekkel még nem megoldott.”* Mindamellett újabb tanulmányok (pl. Szilasi 2017) elvetik a régiókon belüli altípusok felállításának lehetőségét, és felhívják a figyelmet a Bakony radiarit előfordulásainak (elsősorban színbeli) változékonyságára. Úgy véljük azonban, hogy a szabad szemmel megfigyelhető különbségek nem csak a vizsgálatot végző szakember, de az egykori felhasználó számára is jelentősek voltak, ezért ezeknek megfigyelése, rögzítése fontos adat, ha nem is tekinthető pontos lelőhely-azonosító jellemzőnek.

Kutatócsoportunk már a 2000-es évek elejétől kezdve foglalkozik a pattintott köeszközök és nyersanyagai roncsolásmentes anyagvizsgálattal, elsősorban prompt-gamma aktivációs analízis (PGAA) alkalmazásával. Az előbb szórványos, majd szisztematikus adatgyűjtés elsősorban a makroszkópos leírással kiegészített (Biró 1988, 1998) roncsolásmentes elemösszetétel meghatározásra (Biró et al. 2000, 2009) koncentrált. Az elmúlt években a PGAA-val vizsgált kova anyagú köeszköz és nyersanyag minták száma elérte a 700, míg a radiarit anyagú minták száma a 150 darabot. Jelen tanulmányban a 88 geológiai mintából álló radiarit nyersanyag adatbázisunkról nyújtunk áttekintést és vonunk le általános következtetéseket. Célunk a petroarcheológiai szakirodalomban ismert makroszkópos „fenotípusokhoz” (Biró 1988, 1998) rendelhető nyersanyagok pontosabb és részletesebb jellemzése sztereomikroszkópos szöveti bélyegek meghatározásával, valamint a roncsolásmentes PGAA-val mért elemösszetétel adatok felhasználásával.

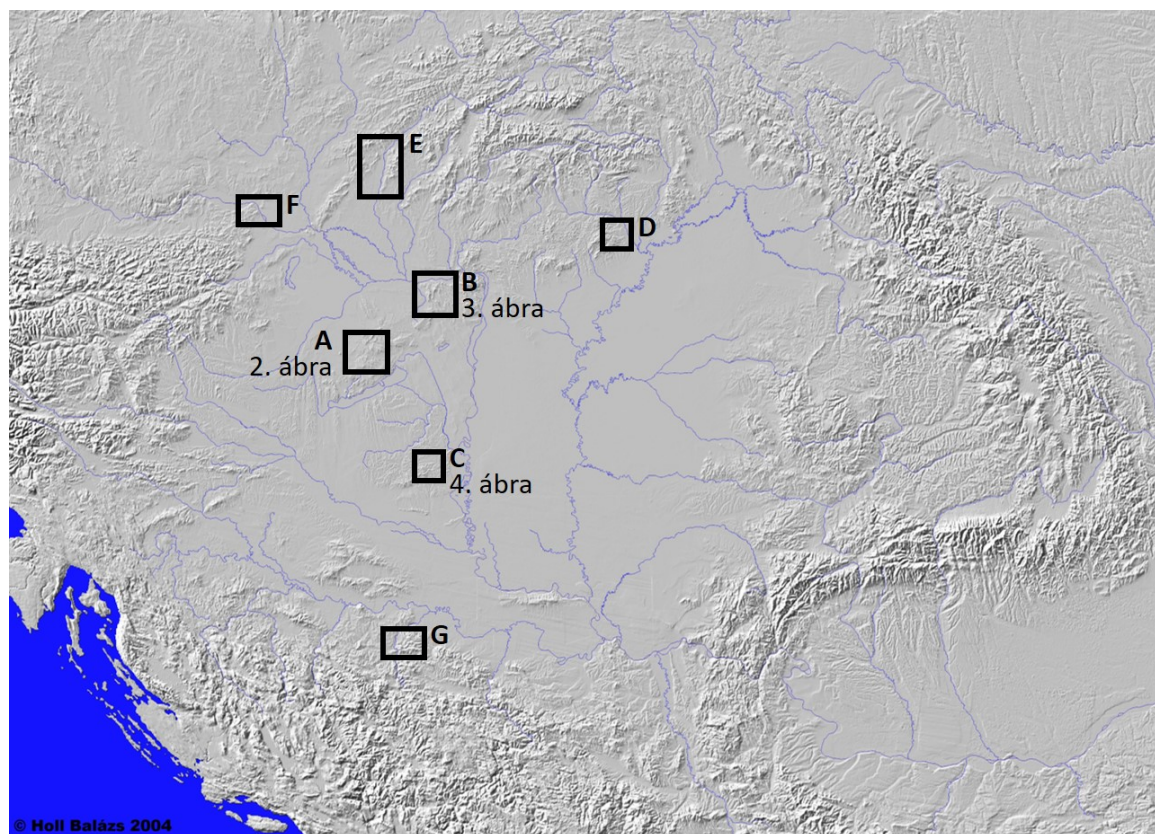
A Kárpát-medence és környezetének radiarit előfordulásai és a vizsgált minták

A radiarit, lévén mélytengeri kovakőzet, a magyarországi jura-kréta tengeri üledékes rétegsorokban fordul elő a Bakony (középső-jura), a Gerecse (középső–felső-jura) és a Mecsek (felső-jura–alsó-kréta) hegységekben (Konda 1973, 1986, Barabás 1986). Régészeti szempontból lokális jelentőségű a Bükk hegységi radiarit előfordulás (triász – jura) (Pelikán 1986, Dosztály 1986). A felsorolt nyersanyagforrások elhelyezkedése a Kárpát-medencében az **1. ábrán** látható.

A nyersanyagforrások földtani és régészeti feldolgozottsága változó, így a potenciális nyersanyagokról való ismereteink is hézagosak. A Kárpát-medence, illetve északi és nyugati határterületei jobban ismertek, míg a déli és keleti területekről csak szórványos adatok állnak rendelkezésre. A legfontosabb ismert, határon túli radiarit nyersanyagforrások – amelyeket jelen tanulmányunkban is említünk – a szlovák-lengyel „kárpáti radiarit” (pl. Nemergut et al. 2012) és az ausztriai Wien Mauer kovabányához köthető radiarit (Trnka 2011). A horvátországi (Halamić et al. 1999, Halamić & Sosić Klindžić 2009) és bosnyák radiaritokról (Vishnevskaya. & Djeric 2009, Vishnevskaya et al. 2009) szintén vannak ismereteink. Ezeket a hazánk határain kívül található radiarit nyersanyagokat a teljesség igénye nélkül, elsősorban összehasonlító anyagként használjuk kutatásunk során (földrajzi elhelyezkedésüket lásd az **1. ábrán**).

A szakirodalomban használt elnevezések szerint, szín, szövet és más, makroszkóposan felismerhető fizikai jellemzők alapján a következő csoportokat különíthetjük el: Dunántúli-középhegységi radiarit (5 fenotípussal), Mecseki radiarit (3 fenotípussal) és Bükki radiarit. Az összehasonlító anyagként vizsgált radiarit típusok a Kárpáti radiarit, az Alpi radiarit (több típusa létezik, de itt csak egyet, a Wien Mauer típust említjük) és a Horvát-Bosnyák radiarit (több típusa létezik, de itt csak egyet, a vörös bosnyák típust említjük). A típusok makroszkópos jellemzését az **1. táblázat**-ban összesítettük.

A jelen cikkben tárgyalt 88 geológiai radiarit minta nem ad teljes lefedést a hozzáférhető nyersanyagokról. A Dunántúli-középhegységből származik a legtöbb darab (42; 13 Szentgáli, 13 Hárskúti, 8 Gerecsei, 1 Sümegi és 7 egyéb típusú; a mustársárga Úrkút–Eplényi típust nem vizsgáltuk), azonban ez jelentős földrajzi régiót jelent.



1. ábra: A tanulmányban említett és megmintázott, a Kárpát-medencében és annak környezetében található radiaralit nyersanyag régiók: (A) Dunántúli-középhegységi radiaralit – Bakonyi típusok (Szentgáli, Hárskúti, Sümegi, egyéb); (B) Dunántúli-középhegységi radiaralit – Gerecsei típus; (C) Mecseki radiaralit – vörös, szürke és egyéb típusok; (D) Bükk radiaralit; (E) Kárpáti radiaralit – Fehér-kárpáti típus; (F) Alpi radiaralit – Wien Mauer típus; (G) Horvát-bosnyák radiaralit – Bosnyák vörös típus

Fig. 1.: Radiolarite sources in and around the Carpathian Basin mentioned in the text and sampled for study. (A) Transdanubian Radiolarite – Bakony types (Szentgál, Hárskút, Sümeg, other); (B) Dunántúli-középhegységi radiaralit – Gerecsei típus; (C) Mecsek Radiolarite – red, grey and other types; (D) Bükk Radiolarite; (E) Carpathian Radiolarite – White Carpathian type; (F) Alpine Radiolarite – Wien Mauer type; (G) Croatian-Bosnian Radiolarite – Bosnian red type

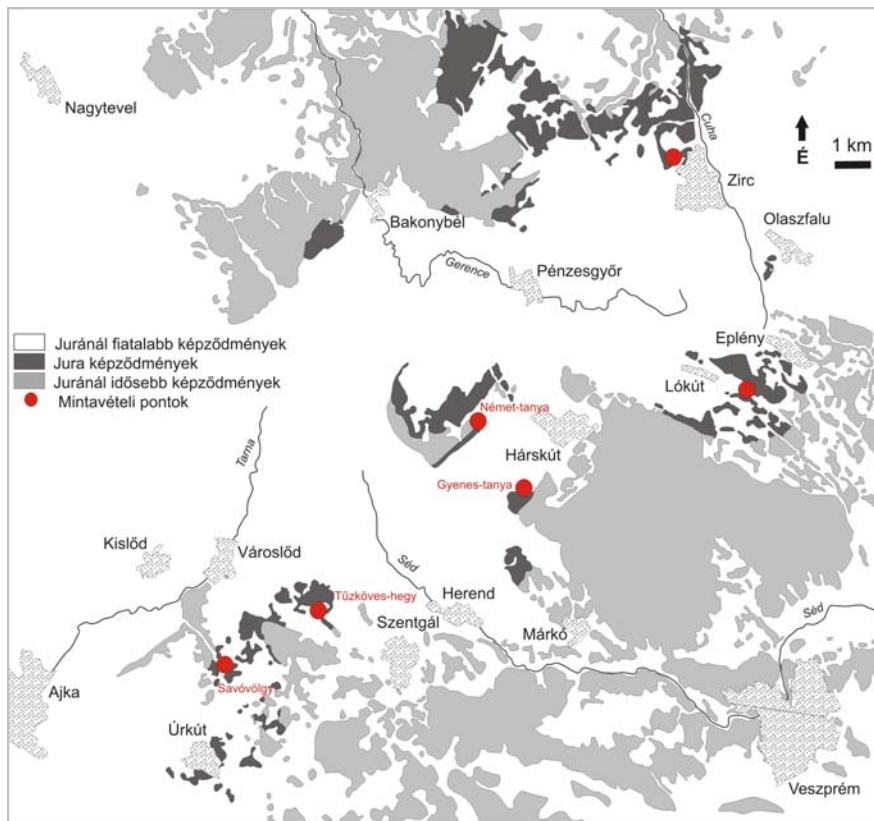
A Mecsekből származó minták számát (11) nem tudtuk növelni a legutolsó publikálás óta (Biró et al. 2009), így azok a korábbival azonos módon szerepelnek. Az egyetlen mintával képviselt Bükk típus Felsőtárkányról származik (szintén szerepelt korábbi publikációban, Biró et al. 2009). A külföldi összehasonlító minták közül 5 alpi (Wien Mauer, Ausztria), 8 kárpáti (Fehér-Kárpátok, Szlovákia), míg 21 bosnyák (Maslovare és Bosna-mellék) eredetű. A kárpáti és osztrák radiaralit nyersanyagok Michael Brandl gyűjtéséből állnak rendelkezésünkre (Brandl et al. 2014). A 88 vizsgált geológiai radiaralit minta részletes listáját a [Melléklet 1. táblázata](#) tartalmazza.

Dunántúli-középhegységi radiaralitok

A Dunántúli-középhegységben a középső–felső-jura (bath–alsó-oxfordi) Lókúti Radiaralit Formáció előfordulásai képezik a kőzet lelőhelyeit. A jól rétegzett, gyakran finomréteges, több tíz méter vastag vörös radiaralit vagy annak lencsési-gumói és

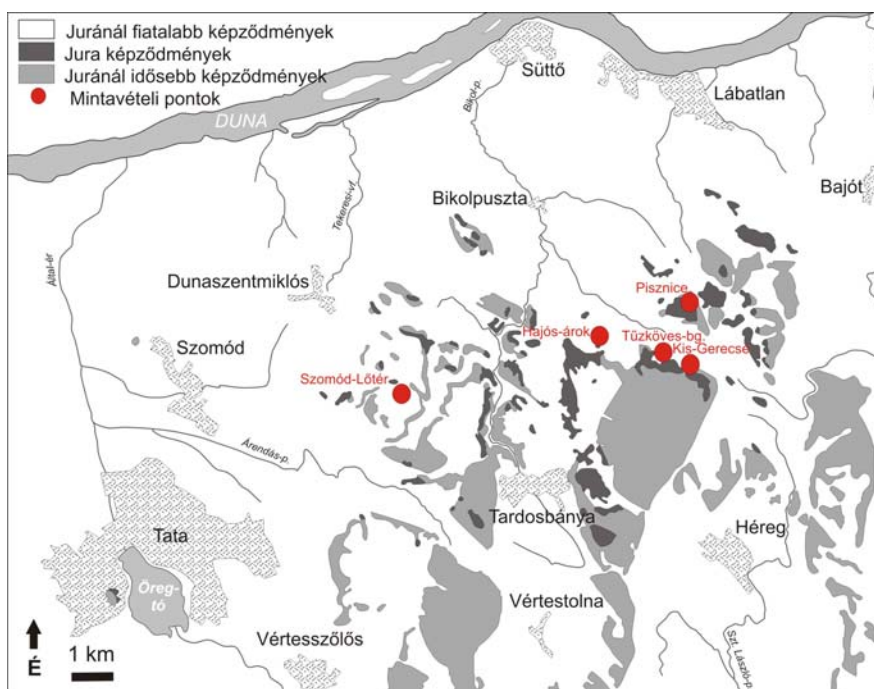
sávjai mészkőbe és kovás mészkőbe ágyazódnak. A Gerecsében a Póckői Tüzkő Tagozatra és a Margithegyi Tüzkő Tagozatra különülnek el a vörös radiaritos képződmények (Gyalog & Császár 1996). A Bakonyban a radiaralit képződésének kezdete a medencékben korábbi (bajóci), mint a tengeraltalati magaslatokon (bath) (Géczy 1968, Galács 1980), amelyekről gyakran hiányzik is. Ezzel együtt a képződményvastagságok is változók (átlagosan néhány tíz méter, maximális vastagság 150 m, Sümeg, Zalai-medence; Bércziné Makk 1980).

A Bakonyban számos, régóta ismert és kutatott radiaritfeltárás van, amelyek közül mintáinkat az alábbi lelőhelyekről vételeztük (**2. ábra**). Szentgál-Tüzköveshegy aljában, a vasúti bevágás felett gyűjtöttünk mintákat (8 db) a tömeges, vörös, barna színű, nagyon jó minőségű radiaralitból (porcelanit kéreggel), amely jelentős megmunkálási nyomokat mutat, és valószínűsíthető itt a korabeli kovakitermelés is.



2. ábra:
A Bakony központi részének átnézetes földtani térképe a jura képződmények kiemelésével, és a radiolarit mintavételi helyekkel (Sümege-Mogyorósdomb lelőhely kivételével)

Fig. 2.:
Simplified geological map of the central part of Bakony Mts with the indication of Jurassic formations and the sampling localities (except for Sümege-Mogyorósdomb) of radiolarite



3. ábra:
A Gerecse átnézetes földtani térképe a jura képződmények kiemelésével, és a radiolarit mintavételi helyekkel

Fig. 3.:
Simplified geological map of Gerecse Mts with the indication of Jurassic formations and the sampling localities of radiolarite

A Savóvölgy Szentgál és Városlőd között, a Tarnapatak völgyére nyílik, és Úrkút felé vezet. Nyugati oldalában törmelékként kibukkan a vörös és sárga színű (esetenként narancssárga színű) radiolarit (5 db vörös radiolarit mintát vételeztünk). A szálkőzetet fiatal erdő fedi, a völgyben vezető földúton törmelékként jelentkezik.

Hárskúton a korábbi ismert radiolarit bányahely (Bácskay 1984, Lech 1995) környékén több helyszínről gyűjtöttünk mintákat (13 minta). A Hárskút községtől D-re lévő Gyenes-tanya közelében törmelékben és szálban is megfigyelhető barna-vörös radiolarit. Hárskút-Édesvíz-forrásnál a felszínen radiolarit szálkőzet mellett nagy tömbök, sok megmunkált törmelék, ütőkövek fordulnak elő.

A Hárskút–Német-tanya és az Édesvíz-forrástól Ny-ra lévő területeken már nincs kova szálkőzet a felszínen. Hárskút–Hosszúaszó-völgyben, az Édesvíz-major és Gyenespuszta (két klasszikus radiolarit lelőhely) között, radiolarit szálkőzet kibúvás és felszíni kitermelési nyomok, valamint kovatörmelékek figyelhetők meg.

Lókút DK-i szélén, a legelő mentén a műútról nyíló parkolóból induló, a Káváshegy irányába ereszkedő dűlőút (mellette kőkereszt) mentén radiolarit törmelék, majd jelentősebb vastagságú vörös és sárga radiolarit pad keresztezi az utat (3 db minta).

A zirci mészkőbánya mögött, Porva irányában az országúttól É-ra, Zirc–Pintérhegyen szálban álló sekélytengeri tűzkő és tűzkőtörmelék gyűjthető (4 minta). A felszínen, nagyobb gödrök és megmunkált kovatörmelékek láthatók.

Sümege–Mogyorósdomb területén a fehér, írókréta-hoz hasonló megjelenésű mészkőbe ágyazódó, alsó-kréta, kékesszürke radioláriás tűzkövet az őskorban bizonyítottan bányászták (Bácskay 1980, 1986). Egyetlen mintánkat az elhanyagolt állapotú kovabánya kimozdult tömbjéből gyűjtöttük.

A Gerecse területén két térségben, összesen 8 ponton történt a mintagyűjtés (**3. ábra**): a hegység nyugati peremén Szomód környékén, illetve a központi részen. Az Agostyán és Szomód közti katonai lőtéren, a Tűzkő-hegy felhagyott kőfejtőjében a szálban álló kőzet jelenleg csak kis foltokban hozzáférhető, de feltehetően gumós kifejlődésű (a beágyazó ammoniteszben gazdag mészkőben). A törmelékből a bányatalpon jórészt

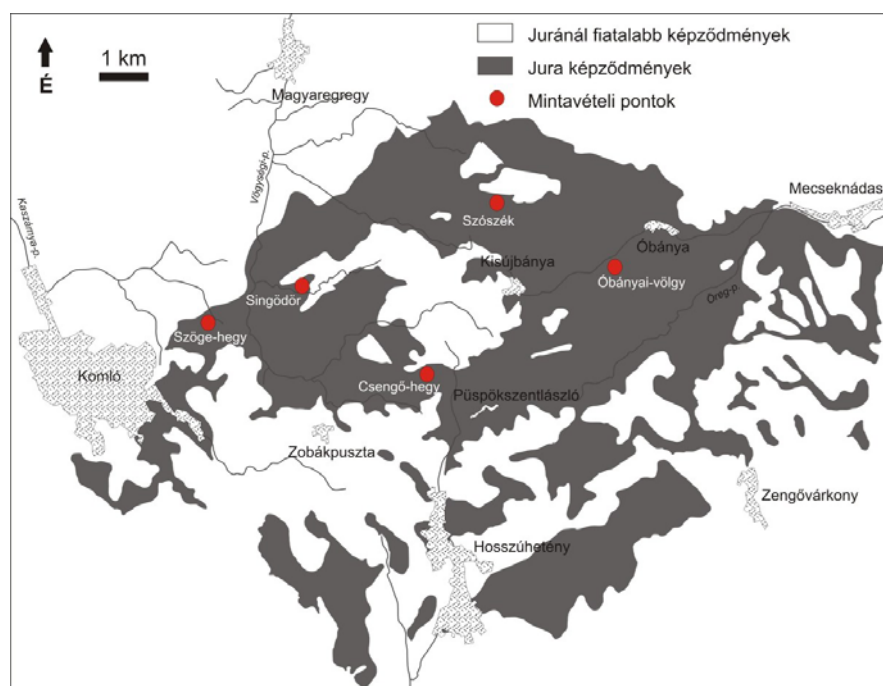
piszkosfehér, barna, vörösbarna és szürke-vörösbarna színváltozatokat gyűjtöttünk, míg a fejtés tetején fekete színű radiolarit is előfordul.

A hegység központi részén a Gerecse-hegy csúcsától ÉNy-i irányban, a platóról nyíló Tűzkőves-zsomboly bejárata feletti feltárásban vörösbarna-húsvörös radiolarit figyelhető meg (Tűzkőves-barlang). A kibontott bejárat felett 10-20 cm vastag rétegekben, míg a töbör környékén (valószínűleg a barlang bontásakor felszínre került) törmelékből kisebb gumók formájában vörösbarna radiolarit került elő. A Gerecse-hegy ÉK-i oldalában nyíló, felhagyott, majd újra művelt vörösmárványbányák talpán, a törmelékben szintén előfordulnak kisméretű radiolaritdarabok, amelyek valószínűleg a vörös mészkő feletti, ma már nem vizsgálható rétegekből származnak.

Mecseki radiolaritok

A Mecsekben a jura Fonyászó Mészkő Formáció mészkővébe és kovás mészkővébe ágyazódó vörösbarna-zöldessárga, vékonyréteges radiolarit vagy annak lencsái fordulnak elő (a mészkővel együtt 20-25 m vastagságú a képződmény) (Gyalog & Császár 1996).

A Mecsek hegységben a mintavételezés (11 db) a következő helyszíneken történt (**4. ábra**). Hosszúheténytől északra, a csengő-hegyi feltárásban a jura (callovi–oxfordi, esetleg kimmeridgei) tűzkő-lencsés mészkőben találhatók sötétvörös, tömött, masszív, rideg radiolaritrétegeket mintáztuk meg.



4. ábra:
A Mecsek hegység átnézetes földtani térképe a jura képződmények kiemelésével, és a radiolarit mintavételi helyekkel

Fig. 4.:
Simplified geological map of Mecsek Mts with the indication of Jurassic formations and the sampling localities of radiolarite

A Kisújánya–Óbánya között húzódó patak völgyben, a Bodzás-forrásnál a jura (oxfordi–kimmeridgei) rózsaszín-halványvörös mészkőben elszórtan néhány cm-es vörös radiolaritgumók találhatók. Szálfeltárásban egy 2-3 méter vastag, fehér mészkőbe ágyazódva zöldesszürke, 1-8 cm-es (az 5 cm-t csak ritkán meghaladó) kovagumók fordulnak elő, amelyek a pataktörmeléből is gyűjthetők. Kisújányától É-ra, a Szószék környékén a vörös radiolarit több helyen is felszínre bukkan mészkőbe ágyazódó lencsékben. A radiolarit – amennyiben ép – nagyon jó minőségű, tömött masszív, rideg. Komló–Szilvásnál, a Szöge-hegy nyugati oldalában kovás mészkőtörmelék, illetve vörös kovatörmelék és erősebben kovás sávokat tartalmazó világos mészkő található. A Zobákpusztá–Magyaregregy közötti útból nyíló Szingödörnél fehér alsó-kréta vastagpados zöldesszürke kovagumos mészkő feltárása látható. Ugyanitt a völgyben az oxfordi–kimmeridgei vöröses-rózsaszínes vörös tűzköves mészkőben zöldesszürke kovagumók fordulnak elő, míg az alsó jura függőleges pados rétegzésű mészkőből törmelékes radiolarit gyűjthető.

Bükki radiolaritok

A Bükk hegységi radiolarit előfordulások a középső-felső-jura Bányahegyi és Csipkéstetői Radiolarit Formációkhoz köthetők (**1. ábra D területe**). A Bánya-hegyen és környékén a vékonyréteges tarka (lila, vörös, barna, szürke, fehér) radiolarit radioláriás palával, mészkővel váltakozik (kallovi–oxfordi; Gyalog & Császár 1996; Gyalog et al. 2003). A Csipkéstető környékén előforduló változat sötétszürke-zöld, vékonyréteges radiolarit, amely palás aleurolit mátrixban alkot kisebb-nagyobb testeket, de néhány méternél vastagabb rétegződései nem fordulnak elő (Gyalog & Császár 1996; Gyalog & Budai 2004). Az egyetlen vételezett mintánk Felsőtárkány É-i határában, a faluvégi parkoló mészkő feltárásába ágyazódó, gyenge minőségű vörös radiolarit. A bükki radiolarit megmintázási hiányának oka, hogy elterjedése a régészeti anyagban lokális, a regionális nyersanyag használatban nincs szerepe (Vértes 1965), így a nyersanyag kutatásban sem kapott kellő figyelmet.

Fehér-kárpáti radiolarit

Az összehasonlító anyagnak választott 'kárpáti radiolarit' (Fehér-Kárpátok) előfordulásai a Pienini takaróövben találhatók, amely a Nyugati-Kárpátokban egy mintegy 600 km hosszú, keskeny (legfeljebb 20 km széles) zónát képez (a Bécsi-medencétől a Fehér-Kárpátokon és a lengyel Pienini-hegységen át az ukrán határvidékig) (Cheben & Cheben 2010). A Pienini takaróöv összetett, több tektonikus egységet magába foglaló, középső-jura–felső-kréta kőzetekből álló képződmény, amelyben középső–felső-jura

radiolaritok fordulnak elő (oxfordi–kallovi–kimmeridgei Czajakowa Radiolarit Formáció), főként mélytengeri gumós mészkőbe ágyazódva (oxfordi vörös Kamionka és zöld Podmajerz radiolarit, oxfordi–kimmeridgei vörös Buwald radiolarit) (Birkenmajer 1960, 1977, 1986). Az összehasonlító vizsgálatokban a Michael Brandl és társai (2014) által publikált kis-kárpátoki minták (Vlára Bolešov/Bolesó, Tri kopce; Vršatské Podhradie/Oroszlánkő; mindkettő okr. Ilava/Illavai járás, kraj Trenčín/Trencsenyi kerület) szerepelnek (8 minta). A lelőhelyek a Fehér-Kárpátok Kobilinác elnevezésű északi részén, a cseh-szlovák határ közelében, a Vlára (a Vág mellékfolyója) mentén találhatók (**1. ábra E területe**), ahol a nyersanyag őskori bányászatának nyomait is megtalálták (Cheben & Illášová 1997).

Wien Mauer (alpi) radiolarit

Az összehasonlító anyagnak választott 'alpi' radiolarit típus, a Bécsi-erdő (Wienerwald) keleti peremén található Wien Mauer radiolarit képződmény (**1. ábra F területe**) a St. Veit-i tektonikus takaró része (Penz 2007). A takaróöv flisképződményeiben felső-jura (titon) – alsó-kréta (neokom) mészkő, agyagpala, márga és homokkő váltakozik. A tarka mészkőben kis kiterjedésű, középső-jura radiolarit testek találhatók, amelyek a nyugati-kárpátoki Pienini takaróöv hasonló képződményeihez sorolhatók (Janoschek et al. 1954, Bechter et al. 2010, Trnka 2011). Az összehasonlító vizsgálatokban a Michael Brandl és társai (2014) által publikált Antonshöhe-i minták szerepelnek (5 minta). A Bécs 23. kerületében található kisebb hegy oldalában egykor bányahely mélyült, őskori használata igazolt (Trnka 2011).

Bosnyák radiolaritok

A bosnyák radiolaritok a Dinári Ofiolit Zóna tektonikus takarórendszerének részei, amely Zágrábtól Albániáig húzódik (Pamić 1977, Dimitrijević & Dimitrijević 1975, Dimitrijević 1997, Pamić et al. 2002, Karamata et al. 2004, Hrvatović 2005). A középső–felső-jura mélytengeri magmás-üledékes ofiolit összlet kovagazdag mélyvízi üledékeit képviselik a radiolaritok, amelyek grauwackéval, agyagpalával váltakozva települtek az ultrabázisos-bázisos képződmények közé (Herak 1986). Az összlet jelen formájában egy kréta korú tektonikus melanzot képez, ahol a jellemző kőzettípusok egy agyagos-kőzetlisztes mátrixba ágyazva, törmelékes formában vannak jelen. A legkevésbé zavart, összefüggő radiolarit települések Nemila–Bistričak környékén (a Bosna folyó mentén), valamint a Borja és Uzlomac hegységekben táródnak fel (Hrvatović 2005, Vishnevskaya & Djerić 2009, Vishnevskaya et al. 2009).

A Bosznia-Hercegovina területéről gyűjtött 21 minta a Száva-mellék dombvidékéről, részben a

Banja Lukától (Maslovare) és részben a Dobojtól keletre eső térségből (Bosna folyó mentéről) származik (**1. ábra G területe**). Maslovare–Teslic lelőhelyen a műút bevágásában >20 m vastagságú, középső–felső-jura, jellemzően bordó és vörös színű, alárendelten szürkés radiolarit fordul elő (Vishnevskaya & Djerić 2009, Vishnevskaya et al. 2009). Egy helyen breccsaszerű, lejtősen áthalmozott, osztályozatlan radiolarit- és mészkőtömbök között a magyarországiakra emlékeztető színű változatok is előfordultak. Stanić Rijeka (Dobojtól Gračanica felé vezető műút) felhagyott köfőjtőjében rétegzett kovagumós felső-kréta (maastrichti) mészkőben élénk-vörös színű, makroszkóposan a szentgáli típusra emlékeztető radiolarit fordul elő (Vishnevskaya & Djerić 2009, Vishnevskaya et al. 2009). Gračanicától DK-re a műút bevágásában tektonikusan zavart (függőleges rétegzésű) mészkőben felső kréta, gumós, vöröses radiolarit, illetve világosszürke kalcedonos kőzet fordul elő. A Bosna folyó mentén (Kožuhe, Vranjak, Modriča) a folyóvízi üledékben másodlagos, bordó-vörös, illetve szürke és sárgáspiros radiolarit kavicsanyag formájában fordul elő.

Módszerek

Az anyagvizsgálat kiindulópontja a makroszkópos vizsgálat, ez a könnyen elérhető módszer a fenotípusok rendszerének is alapja. Következő lépésként a makroszkópos megfigyeléseket sztereomikroszkópos felületi vizsgálatokkal egészítettük ki, amelyek már alkalmasak a kőzet szövetének és nagyobb méretű alkotóinak meghatározására (Altofer & Affolter 2010, Brandl et al. 2014, Brandl 2014b, Ciornei 2013, 2014). Polarizációs mikroszkópos vizsgálatokat nem végeztünk, de támaszkodtunk a korábbiakban a Litotéka gyűjtemény mintáin végzett vizsgálatokra és a belőlük publikált eredményekre (pl. Halbrucker et al. 2014), illetve egyéb publikált adatokra (Brandl et al. 2014).

Végezetül, a makroszkópos és mikroszkópos vizsgálatok adatait összevetettük a Budapesti Neutron Centrumban végzett roncsolásmentes PGAA mérések eredményeivel. A módszerrel mintavétel nélkül tudjuk mennyiségileg meghatározni a kőzetek tömbi („bulk”) anyagának legtöbb fő- és néhány nyomelem összetevőjét. A kovakőzetek esetében a SiO_2 tartalom általában 90% feletti, kivéve a karbonátos mintákat. Emellett néhány tized % koncentrációban fordulnak elő az alkáliák és a makroszkópos színért felelős elemek (Fe, Mn), a MgO sokszor kimutatási határ alatti mennyiségben van jelen (ezek közül a teljes vaskoncentrációt Fe^{3+} oxidjaként, azaz Fe_2O_3^* formában adtuk meg). A nyomelemek közül a B, Cl, Gd, Sm mutatható ki a minták többségében. A budapesti PGAA berendezés leírását Szentmiklósi et al. (2010) adta meg, a koncentrációsámítás

alapjait Révay (2009) ismertette, a korábbi radiolarit mérések részletes eredményei Biró et al. (2009) cikkében olvashatók. Az általunk alkalmazott makroszkópos-mikroszkópos-geokémiai (PGAA) adatokon alapuló proveniencia analízis módszertanilag hasonlóságot mutat Brandl 2016-ban ismertetett MLA (Multi Layered Chert Sourcing Approach) módszerével.

Korábbi petrográfiai mikroszkópi kutatások eredményeinek összefoglalása

Ebben a fejezetben elsősorban olyan korábbi, a hazai és kárpáti vagy alpi radiolaritok anyagvizsgálati eredményeiről adunk áttekintést, amelyekben vékonycsiszolatos mikroszkópi adatok szerepeltek. Mivel a jelen munkának ez a módszer nem képezte tárgyát, így a korábbiakban publikált eredmények hasznos adatokat szolgáltatnak az értelmezés és jellemzés során.

A Dunántúli-középhegységi radiolaritokról átfogó ismertetést Dosztály (1998) közölt. Az általa ismertetett szöveti megfigyelések szerint a Gerecséből származó minták jelentősen különböznek a bakonyi radiolaritoktól, mert eredetileg azoknál nagyobb mésztartalommal rendelkeztek és a kovásodás nem volt teljeskörű. A diagenetikusan átkristályosodott kovaanyagú radioláriák (és pszeudomorfózások) mellett a gerecsei anyagban karbonátos kagylóhéj töredékek és kovásodott nannoplanktonok fordulnak elő. A Bakonyban a radiolaritok nagymennyiségű radiolária mellett erősen alárendelt mennyiségben szivacsstűt és bentosz foraminiferákat tartalmazhatnak. Az alapanyag nem mutatja áthalmozás jeleit, míg ez a gerecsei vagy a bükki radiolaritokra jellemző. A mészvázú fossziliák gyér megjelenése (Bakony) vagy tömeges jelenléte (Gerecse) alapján a radiolarit képződését a karbonát kompenzációs szint feletti zónába feltételezik. A mikroszkópi vizsgálatok a bakonyi radiolaritokban idősebb jura képződmények extraklasztjait is azonosították (Haas et al. 1984), ami jelzi a radiolarit képződési medencéjéhez közeli kiemelt területek jelenlétét.

A Bükk hegység radiolaritjairól Haas és társai (2013) közöltek mikroszkópos szöveti adatokat. Munkájukban mind a Bányahegyi, mind a Csapkéstetői Radiolarit Formáció képződményei esetében gyenge megtartási állapotú, átkristályosodott, csak néhány esetben meghatározható radioláriákat említenek.

A hazai radiolaritokról néhány kiragadott minta esetében Halbrucker és társai (2010) közöltek mikroszkópi szöveti leírást. A Dunántúli-középhegységi radiolaritok esetében (Szentgál–Tűzköveshegy, Hárskút–Édesvízimajor, Hárskút–Közöskútiárok, Sümeg–Mogyorósdomb, Bakonycsérnye–Tűzkövesárok lelőhelyekről) a

kovás (ritkán kisorszt karbonátos) alapanyagban nagy változatosságot mutattak ki az eredeti radioláriavázak átkristályosodottságának mértékében és a kovás átítatódásban. Fontos megállapítás, hogy jól azonosíthatóak maradtak a radioláriavázak. A Mecseki radiolaritoknál (Magyaregregy–Somosi-csörge, Magyaregregy–Márévari-völgy, Kisújánya–Óbányai-völgy, Kisújánya–Kis-tuf, Hosszúhetény–Csengőhegy, Hosszúhetény–Szószék, Hosszúhetény–Dobogó, Komló–Szőgehegy lelőhelyekről) az alapanyag nagyobb karbonáttartalmát emelték ki meghatározó szöveti tulajdonságként. Emellett a radioláriák megtartási állapota itt is változatos.

A kárpáti és alpi radiolaritokról Brandl és társai (2014) közöltek mikroszkópos leírást. A két típust nagyon hasonlóan írták le, fő fosszilis biogén alkotóként (50–70%) a 40–660 µm-es, Spumellaria típusú radioláriákkal (kékes kalcedon/moganit kitöltéssel). Emellett a Wien Mauer radiolaritokban jellegzetes, utólagos kalcit kitöltésű radiolária utáni pszeudomorfózák fordulnak elő. Jóval ritkébbak a szivacsstűk-tüskék, azonban Brandl és Reiter (2008) vizsgálatai szerint az alpi radiolaritok kizárólag egysugaras (monaxon) tüskéket tartalmaznak, míg a kárpátiakban mind az egy-, mind a soksugaras tüskék előfordulnak. Egyéb fossziliák a kárpáti radiolaritokban a szivacs váztöredékek, esetenként süntüskék. A fentiek mellett mindkét radiolarit típusban meghatározatlan tengeri törmelékes elegyrészek jelennek meg a kovás mátrixban. A mátrix a kárpáti típusban kriptokristályos, míg az alpi mikrokriptokristályos.

A bosnyák radiolaritokról nem áll rendelkezésünkre publikált mikroszkópos leírás. A szakirodalom alapján (Vishnevskaya & Djerić 2009, Vishnevskaya et al. 2009) a szűkebb régióból származó (Maslovare környéke, Uzlomac-hegység) radiolaritokból közepes megtartású radioláriákat írtak le. Emellett azonban a szintén közeli, a szerb határ menti radiolarit lelőhelyeken (Zlatibor-hegység, Nova Varos közelében) a kőzetalkotó radioláriák teljesen átkristályosodtak mikrokvarc anyagú pszeudomorfózákká, megtartási állapotuk rossz (Gawlik et al. 2017a, 2017b).

Eredmények

Sztereomikroszkópos szöveti vizsgálatok

A sztereomikroszkópos szöveti vizsgálatokat régióként és típusonként ismertetjük korábbi tanulmányok (Altofer & Affolter 2010, Brandl et al. 2014, Brandl 2014b) módszereire alapozva, és kiemelve az adott típuson belül mutatkozó egységességet vagy eltéréseket. Az alapadatokat a **2. táblázat** összesíti. A szöveti leírás során Dunham (1962) karbonátos kőzetekre kidolgozott nevezéktanát alkalmaztuk.

A sztereomikroszkópos szöveti vizsgálatok felhívják a figyelmet néhány regionális vagy akár típus szintű jellemzőre, amely elkülönítő bélyeg lehet a későbbiekben a radiolarit patintott kőeszközök azonos léptékű szöveti vizsgálatánál. Az első jellemző az egyértelműen karbonátosabb alapanyag a mecseki nyersanyagok esetében, amelyet azonban csak a Mecseki szürke radiolaritok esetében lehet egyértelműen kimutatni az egyszerű, híg sósavval (vagy ecetsavval) történő cseppentéssel. Ehhez szükséges, hogy a kovaanyag felszínén ne legyen semmilyen szennyezés, amely esetleg félrevezető eredményt adna. A második jellemző a radioláriák megtartási állapota, amely a Dunántúli-középhegységi radiolaritok esetében a legváltozatosabb: eredeti, fehér színű kovaanyag (csak a Szentgáli típus esetében fordul elő), teljesen átkristályosodott radiolária utáni formák (változatos pszeudomorfózák, áttetsző kalcedonos vagy fehér-sárga mikrokristályos kvarc), illetve vas vagy mangán átítatású, fekete pszeudomorfózák (szintén a Szentgáli típusra jellemző). A Mecseki radiolaritokban kizárólag átkristályosodott radiolária utáni formák fordulnak elő. A Bükki radiolaritban sztereomikroszkóppal nem azonosítható radiolária, ami a tektonikusan nyírt szövetrel együtt bizonyítja a kőzetalkotó fossziliák jelentősebb mértékű átkristályosodását (illetve jelezheti akár azok teljes feloldódását is). A harmadik jellemző a radioláriák mennyisége, amely a legtöbb vizsgált típusnál gyakori, azonban a Gerecsei, részben a Hárskúti és a Bosnyák radiolarit típusoknál tömeges (viszonylagos gyakorisági elnevezések Flügel 1982 alapján). A radioláriák mellett előforduló fossziliák hasonlóak a Dunántúli-középhegységben és a Mecsekben (egy- és többsugaras szivacsstüskék, tengerisün tüskék, esetleg bryozoák(?) vagy echinodermata(?) héjtöredékek), azonban a Mecsekben ezek aránya nagyobb. A radiolaritok sztereomikroszkóp alatt vizsgálható szövete hasonlóan tekinthető (tömött, áttetsző, vörös-világosszürke packstone-wackstone) a Hárskúti, Gerecsei, Bükki és Bosnyák típusok kivételével, amelyek nem vagy csak gyengén áttetszők ebben a léptékben.

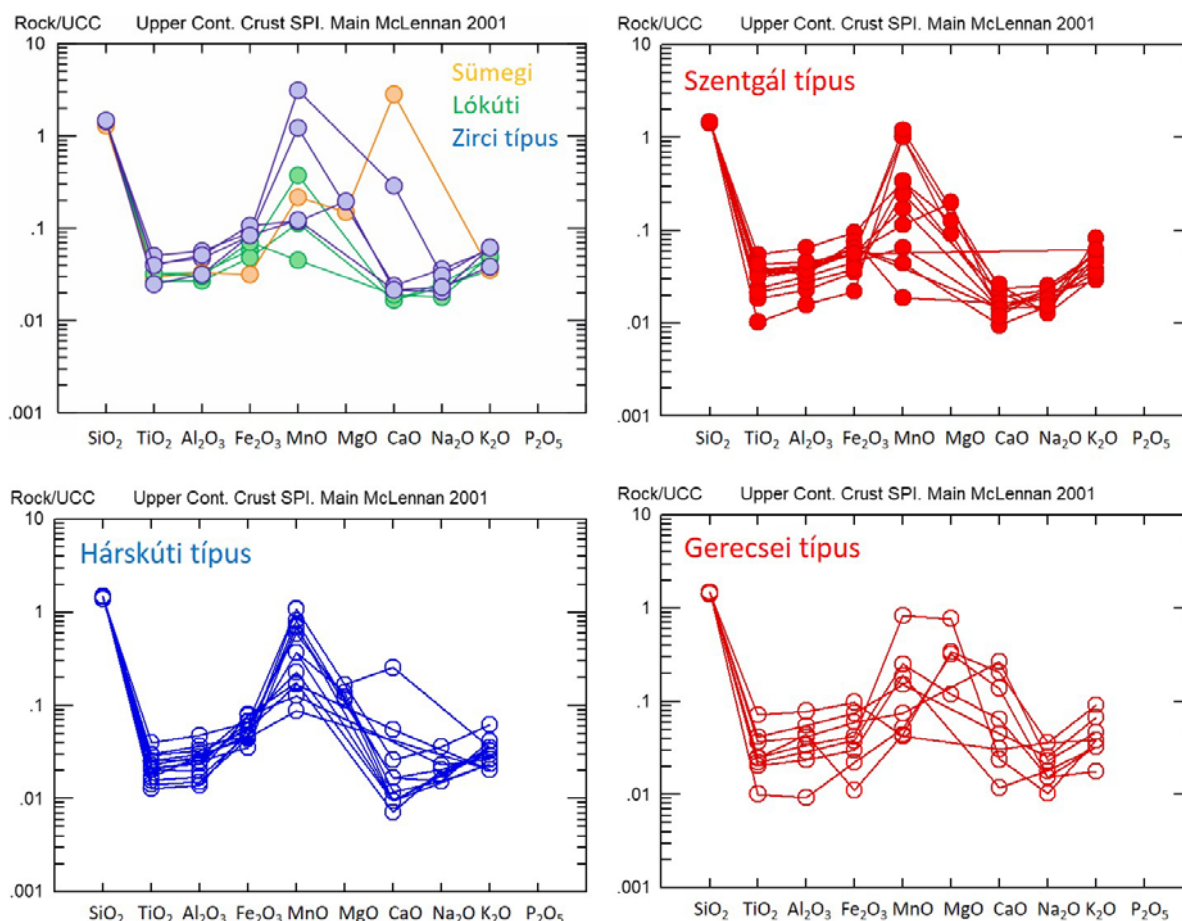
Az alpi és kárpáti radiolaritok Brandl et al. (2014) eredményei szerint a Mecseki típushoz hasonlóan jól felismerhető, de átkristályosodott radiolária pszeudomorfózákat tartalmaznak, melyek az alpi radiolaritokban akár utólagos karbonátkitöltést is kaphattak. Ezek mellett szivacsstűk maradványai fordulnak elő. A bosnyák radiolaritok egy részéről (Maslovare környéke, Uzlomac-hegység) Vishnevskaya és Djerić (2009) közölt adatokat. Publikációjukban közepes megtartású radioláriák jellemzik ezt a kőzetet. Az általunk vizsgált 21 mintából kétféle szöveti típus azonosítható, egy karbonátmentes és egy karbonátos. A karbonátmentes típus (leginkább a Maslovare környéki, jura kori minták jellegzetesek)

nagymértékben hasonlít a Gerecsei típusra, mivel opak alapanyagában tömegesen tartalmaz átkristályosodott radioláriákat. A karbonátos típus csak Stanić Rijekán fordul elő, ott viszont mészvázú plakton foraminiferák a jellegzetes kísérői a gazdag radiolária faunának.

Geokémiai vizsgálatok

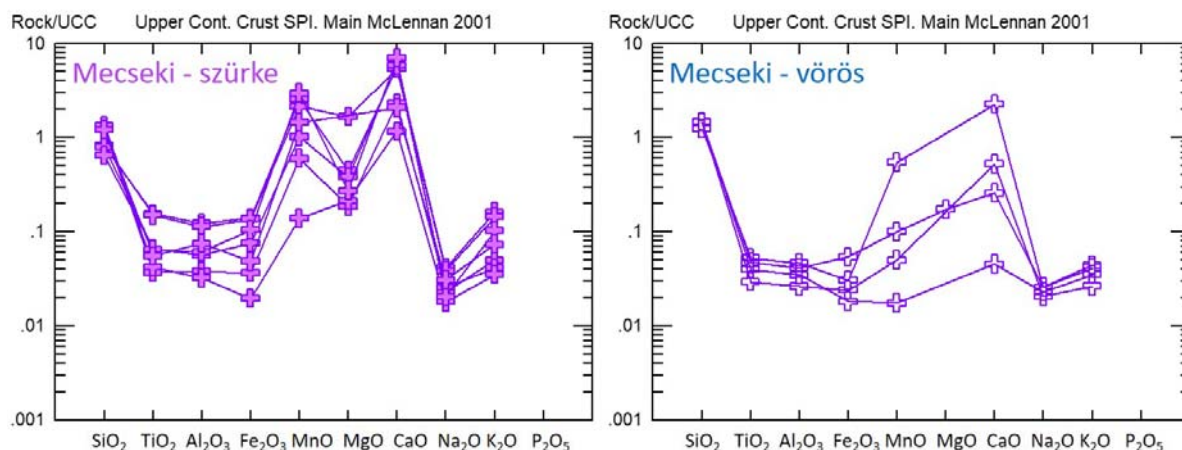
A prompt-gamma aktivációs analízis eredmények a **3. táblázatban** összesítve szerepelnek a minimum, maximum és átlag fenotípusonként számított értékeinek megadásával. A nyers adatok egy részét Biró és társai (2009) közzétették. A kémiai elemzések felső kontinentális kéregre (Upper Continental Crust, UCC, a geokémiában általánosan elfogadott referencia összetétel átlagértékeire) normált főelem eloszlási diagramjai a következő módon jellemezhetők.

A Dunántúli-középhegységi radiolaritok főelem eloszlásának (**5. ábra**) közös jellemzője a növekvő trend a terrigén alkotók eloszlásában ($\text{TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3^*$), a változékony MnO-, az általában kis CaO-tartalom és a kis alkália koncentráció. Emellett a MgO csak az esetek felében haladta meg a kimutatási határt. A csoporton belül a legegységesebb összetételt a Hárskúti típus mutatja, amelyre szűk $\text{TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3^*$ koncentráció tartomány és nagyobb MnO-tartalom jellemző. Szintén viszonylag szűk elemeloszlási mintázattal írható le a Szentgáli típus, bár itt a MnO-tartalom már nagyobb szórást mutat (a típuson belül a Szentgálról származó minták MgO- és MnO-tartalma minden esetben magasabb volt a Városlódról gyűjtött mintákénál). Viszonylag hasonló mondható a Zircről gyűjtött, Dunántúli-középhegységi egyéb típusú radiolaritokról is, ahol egyetlen kiugróan nagy CaO-koncentráció okoz eltérést (az ugyanazon ábrán bemutatott Sümegi típusú radiolarit még nagyobb CaO-tartalmú).



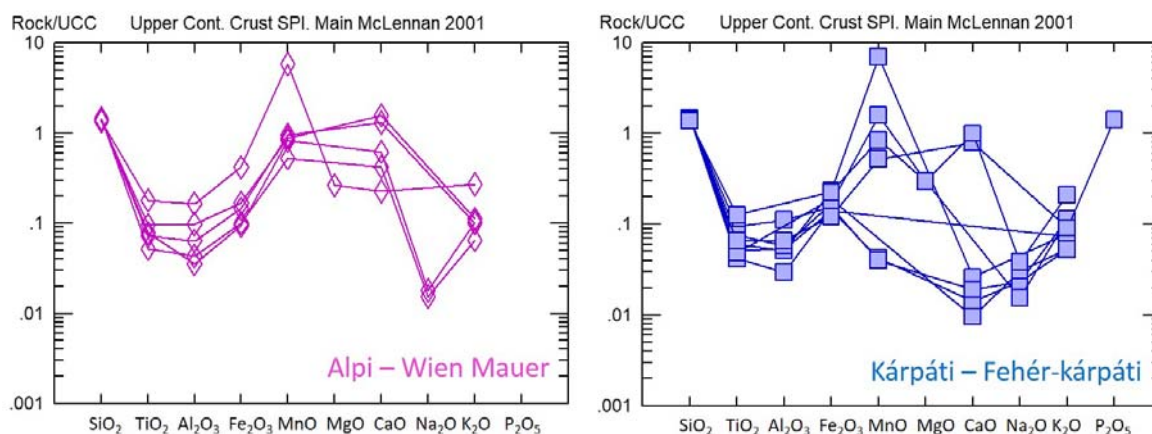
5. ábra: A Dunántúli-középhegységi radiolarit nyersanyagok főelem eloszlási diagramjai felső kontinentális kéreg (Upper Continental Crust, UCC) referenciaértékre normalva

Fig. 5.: UCC (Upper Continental Crust) normalized major element distribution diagrams of radiolarite raw materials from the Mid-Danubian Central Range



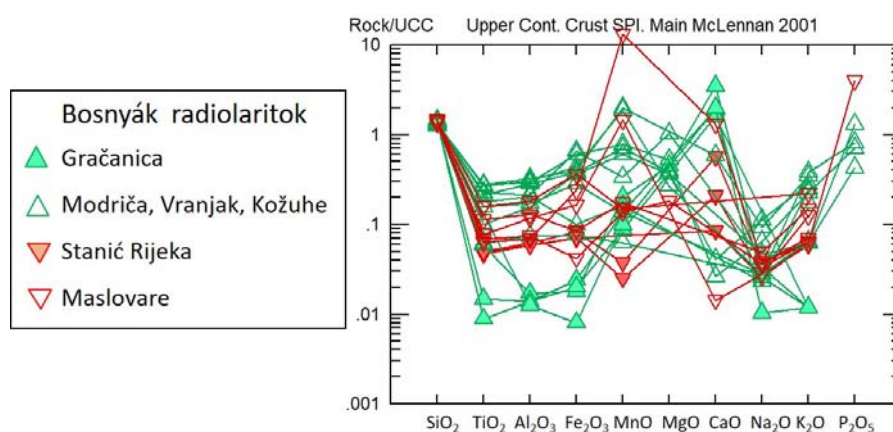
6. ábra: A Mecseki radiolarit nyersanyagok főelem eloszlási diagramjai felső kontinentális kéreg (Upper Continental Crust, UCC) referenciaértékre normálva

Fig. 6.: UCC (Upper Continental Crust) normalized major element distribution diagrams of radiolarite raw materials from the Mecsek Mts



7. ábra: Az alpi (Vienna Mauer) és kárpáti (Fehér-Kárpátok) radiolarit nyersanyagok főelem eloszlási diagramjai felső kontinentális kéreg (Upper Continental Crust, UCC) referenciaértékre normálva

Fig. 7.: UCC (Upper Continental Crust) normalized major element distribution diagrams of radiolarite raw materials from the Alps (Vienna Mauer) and the Carpathians (White Carpathians)



8. ábra:

A bosnyák radiolarit nyersanyagok főelem eloszlási diagramjai felső kontinentális kéreg (Upper Continental Crust, UCC) referenciaértékre normálva

Fig. 8.:

UCC (Upper Continental Crust) normalized major element distribution diagrams of radiolarite raw materials from Bosnia and Herzegovina

A bakonyi nyersanyagokhoz képest a Gerecsei típus közelebbi szélesebb tartományban szóródnak. Ez különösen jellegzetes a $\text{TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3^*$ elemek, de részben az alkáliák esetében is.

A Mecseki radiolaritok főelem eloszlására (6. ábra) egyértelműen jellemző a nagy CaO-tartalom, a csökkenő trend a terrigén alkotók eloszlásában ($\text{TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3^*$) és a kis alkália koncentráció. A MgO az esetek többségében kimutatható. Emellett itt is változékony a MnO-tartalom. A csoporton belül nagyobb vas- és MnO-tartalom jellemzi a szürke típust (bár átfedés mutatkozik a koncentrációtartományban a vörös mintákkal), illetve ezek a minták mind karbonátosak ($\text{CaO} > 5$ w%, átlagosan > 17 w%).

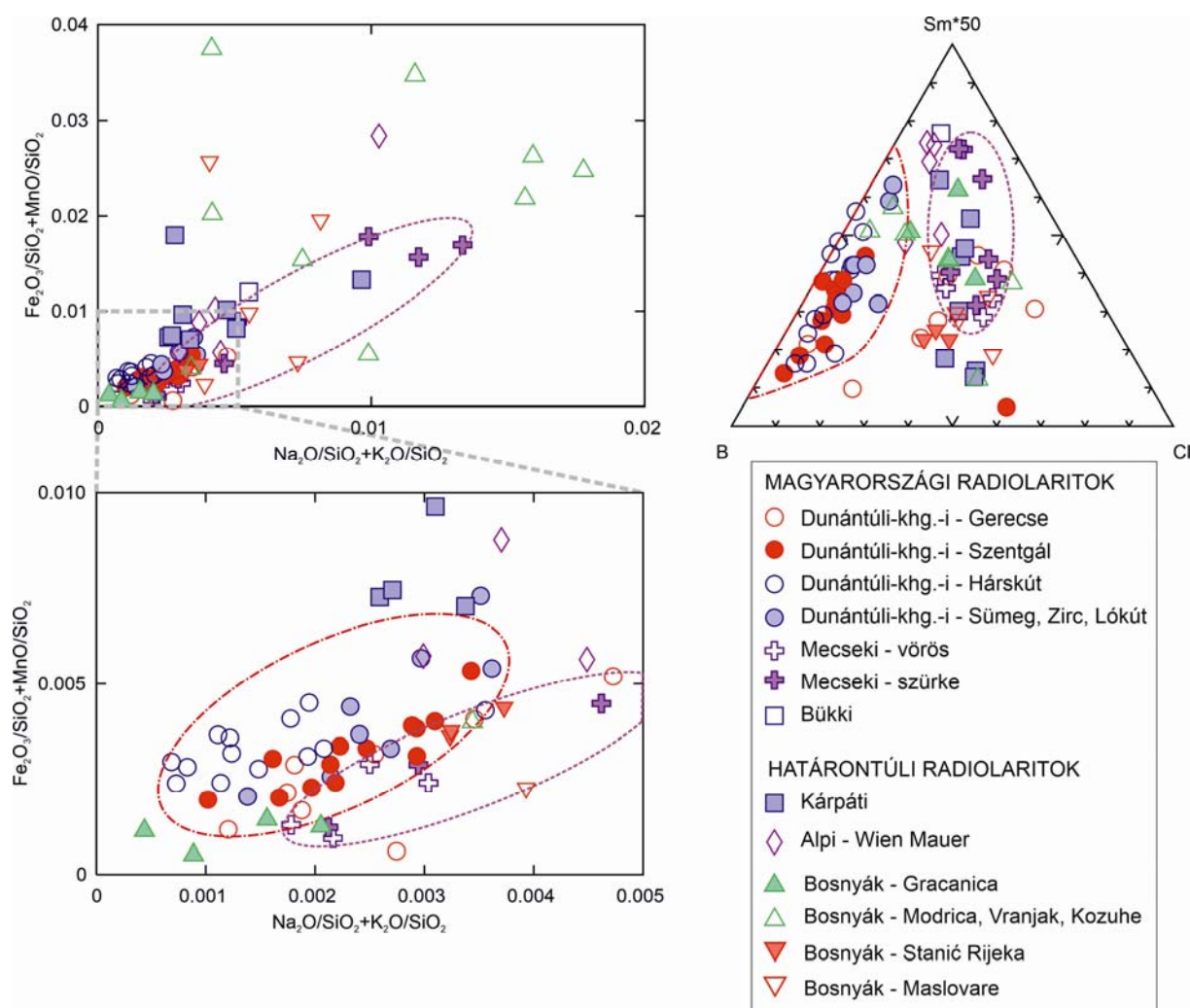
A határon túli radiolaritok főelem eloszlása (7-8. ábra) változatos. Az alpi Wien Mauer radiolaritra kis (többségében kimutatási határ alatti) MgO-koncentrációval kísért közepes CaO-tartalom jellemző, amely eltér a közepes-nagy CaO-tartalmú Mecseki szürke típusától. A terrigén alkotók eloszlásában ($\text{TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3^*$) mutatózó növekvő trend a Dunántúli-középhegységi radiolaritokéhoz hasonló, azonban a Na_2O -tartalom azok alatt marad. A Kárpáti radiolaritok kiskárpátoki típusa CaO-szegény és közepes CaO-tartalmú csoportra bontható. Emellett hasonló (növekvő) terrigén elem mintázatot mutat a Dunántúli-középhegységi és Wien Mauer radiolaritokhoz. A Na_2O -koncentráció nagyobb az alpinál, hasonló a Dunántúli-középhegységihez, a MgO-tartalom viszont nagyrészt a kimutatási határ alatt volt, ami az alpihoz hasonló. A bosnyák radiolaritok főelem eloszlása (8. ábra) jelentősen nagyobb szórást mutat bármelyik másik mért mintacsoportnál. A kémiai változékonyság egy része magyarázható a kőzetminőséggel (CaO, Al_2O_3), mivel a mintavételkor nem kizárólag a jól pattintható anyagok lettek kiválasztva. A Gračanica-ról származó radiolaritok egyértelműen nagy CaO, mérsékelt MgO és ezzel párosuló kis TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3^* és alkália-oxid koncentrációja a nagy karbonáttartalommal magyarázható. Jóval mérsékeltőbb karbonáttartalmat, de hasonló trendet mutatnak a Stanić Rijeka-i minták. A két, alsó-kréta képződményeket feltáró lelőhely a Bosna felső folyásvidéke mentén helyezkedik el. A Bosna alsóbb szakaszának (Modriča, Kožuhe, Vranjak) törmelékes anyagában megjelenő radiolaritok azonban nem mutatják az előbbi kémiai jellegeket, hanem egyértelműen karbonátmentesek és nagyobb TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3^* és alkália-oxid koncentrációkkal jellemezhetők. Ez alapján feltehető, hogy a törmelékanyag nem vagy nemcsak a Gračanica és Stanić Rijeka környéki alsó-kréta korú forrásokból származhat, hanem annál tágabb

régióból és változatosabb radiolaritos képződmények lepusztulásából ered.

Az eredményeket kétváltozós diagramokban megjelenítve és értelmezve egyes elem párok határozott pozitív korrelációt mutatnak, így az Al_2O_3 és $\text{K}_2\text{O}/\text{Fe}_2\text{O}_3^*/\text{TiO}_2/(\text{Na}_2\text{O})$. Emellett negatív a korrelációja a SiO_2 -nak minden más elemmel, de különösen az $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}/\text{CO}_2$ -vel. Ezek a tendenciák elsősorban a kőzetminőségre utalnak, a kova, a karbonát és az agyagásványok változó arányai miatt. Más elemek, például az Al_2O_3 és CaO/CO_2 , vagy Fe_2O_3^* és MnO, vagy CaO és MgO között nem mutatkozik direkt kapcsolat. A kétváltozós diagramok alapján az elkülönítésre leginkább használható elemek a Cl, B, Na, Mn, Ti, K, Gd, Sm voltak.

A megvizsgált radiolarit kőzetminták a mintavétel és a földtani-kőzettani adottságok miatt változatos összetételt mutattak. Az azonban elmondható, hogy a hazai radiolarit nyersanyagoknak (a szürke mecseki mintáktól eltekintve) kisebb a kémiai változékonysága, mint a kárpáti, osztrák vagy kiváltképp a bosnyák nyersanyagoknak. Ez annak ellenére így van, hogy a mecseki minták a nagyobb karbonáttartalom miatt változatosabbak. A határon túli radiolaritoknak mind a makroszkópos szint meghatározó vas- és mangán-, mind pedig az alkáliatartalma széles határok között változik (a vasnak elsősorban az oxidációs állapota játszik szerepet a színben, nem pedig a mennyisége). Emellett a nyomelem tartalomban sem tekinthetők egységesnek a megmintázott szlovákiai, bosnyák és ausztriai radiolaritok.

A magyarországi radiolarit nyersanyagok két fő (dunántúli és mecseki) forrása több tekintetben is elkülönül egymástól, annak ellenére, hogy átfedés a kémiai összetételben általában megfigyelhető (9. ábra). Alapvető különbség a két régió között a Dunántúli-középhegységre jellemző alacsonyabb CaCO_3 -tartalom és a kisebb kémiai változékonyság. Kiváltképp a szürke mecseki radiolaritok mutatnak kiugró értékeket számos elem tekintetében. A mecseki radiolaritokra nagyobb alkália-, Al_2O_3 -, TiO_2 - és ritka földfém (RFF)-tartalom jellemző, mint a bakonyi és gerecsei kőzetekre. A makroszkóposan szürke színű mecseki radiolaritok nagyobb Fe_2O_3^* ($> 0,5$ w%) és MnO ($> 0,4$ w%) tartalmúak, mint a vörös mecseki kőzetek ($\text{Fe}_2\text{O}_3^* < 0,3$ w%, MnO $< 0,4$ w%). A Dunántúli-középhegységi radiolaritok általában kisebb Cl- (< 30 ppm, kivéve a Gerecsei típust) és nagyobb B-tartalmúak (> 40 ppm, kivéve az egyéb típust és néhány Gerecsei típusú mintát), mint a mecsekiek (Cl > 30 ppm, B < 40 ppm).



9. ábra: A vizsgált radiarilit nyersanyagok mellék- (Fe, Mn, Na, K) és nyomelem (B, Cl, Sm) összetételén alapuló diszkriminációs diagramjai

Fig. 9.: Minor (Fe, Mn, Na, K) and trace element (B, Cl, Sm) based discrimination diagrams of radiolarite raw materials

A Dunántúli-középhegység különböző eredetű radiarilitjai között a nyomelem-tartalomban van különbség (**9. ábra**): a Szentgáli típusra nagyobb B- és kisebb RFF-tartalom ($B > 35$ ppm, $Sm = 0,1-0,6$ ppm), míg a Sümegi és egyéb típusokra nagyobb RFF és kisebb B-tartalom ($B < 35$ ppm, $Sm = 0,4-0,8$ ppm) jellemző. A gerecsei radiarilitokban a nagyobb Cl tartalom (> 10 ppm) jellemző.

A kárpáti és alpi radiarilitok, illetve a bosnyák minták túlnyomó része (a Gračanica-i lelőhely kőzeteinek kivételével) egyértelműen nagyobb vas- ($Fe_2O_3^* > 0,5$ w%) és mangántartalmú ($MnO > 0,06$ w%), a bosnyák mintáknál széles tartományban szórnak) a magyarországi forrásokhoz képest (a Mecseki szürke típus kivételével) (**9. ábra**). Az alpi radiarilit nagyobb RFF ($Sm = 0,6-3$ ppm) és ezzel párosuló kis B ($20-35$ ppm) koncentrációival különül el a többi nyersanyagtól.

A bosnyák radiarilitok közül a Gračanica-ból származó minták egymáshoz egyértelműen hasonló összetételűek, illetve kémiai összetételében elkülönülnek a többi bosnyák mintától. Ez a $CaCO_3$ -tartalomban, illetve a kis alkália, Al_2O_3 , $Fe_2O_3^*$ és TiO_2 tartalomban mutatkozik meg. Hozzájuk képest a szintén alsó-kréta korú Stanić Rijeka-i minták kissé nagyobb koncentrációértékeket mutatnak a fent említett elemekben, míg a Maslovare-i jura, illetve még inkább a Bosna-menti törmelékes eredetű radiarilitok (Modriča, Kozuhe, Vranjak) kémiai összetétel adatai széles tartományban szórnak. Nyomelem tartalomban (B, Cl, Sm, lásd a **9. ábrán**) a Stanić Rijeka-i minták képezik a legszűkebb tartományt, viszonylag elkülönülve a magyarországi nyersanyagoktól. A bosnyák jura radiarilitok (Maslovare) átfednek a mecseki mintákkal, míg az alsó-kréta Gračanica-i és a törmelékes típusok jelentősen átfednek a legtöbb

magyarországi radiolarit típus összetételével (a Szentgáli típust kivéve).

Értékelés: a mikroszkópos szöveti vizsgálatok összevetése a geokémiával

A mélytengeri kovaközetek (radiolaritok, radioláriás kovaközetek) geokémiájáról rövid összefoglalást korábban Biró et al. (2009) közölt. Ennek alapjaira támaszkodva a geokémiai adatok feldolgozása során a biogén (élő szervezetek életműködése), a terrigén (szárazföldről és a sekélytengeri régióból történő törmelékanyag behordódás) és a hidrotermális tényezők (óceánaljzatban és a medencefenéken lejátszódó hidrotermális események) kapcsolatrendszerében értékeltük az elemdúsulási vagy -szegényedési mintázatokat (Halamić & Goričan 1995, Halamić et al. 1999, Matsumoto & Ijima 1983, Sugisaki 1984, Brandl et al. 2011).

A radiolaritok kovaanyagát a tengeri kovavázú élőlények vázelemei (pl. radioláriák, kovasün túske, kovaszivacsstű) adják, azonban ezek nem, vagy csak részben maradnak meg eredeti formájukban, mert a diagenezis során feloldódnak és a SiO_2 anyag újrakristályosodik. A tengeri kovaközetek diagenezisekor eközben jelentős elemfrakcionálódás és -mobilizálódás történhet (Reich & van Rad 1979, Ruiz-Ortiz et al. 1989, Ledevin et al. 2014), amely folyamatok során a SiO_2 kicserélődik mangánnal, kalciummal, magnéziummal és foszforral (Murray 1994), illetve közben dúsulhatnak az alkáliák és a bór.

Az SiO_2 eloszlásának újrarendeződése (oldódás-mobilizáció-kicsapódás) eredményezi a gumókba, lencsébe történő koncentrációváltozást (pl. Heath 1974, Hesse 1988). A SiO_2 -mobilizálódás mértékének megállapítására általában vékonycsiszolatos szöveti vizsgálatot végeznek. Vizsgálatunk során erre nem volt lehetőségünk, így az eredeti kovaanyag oldódásának-átkristályosodásának megítélésére a sztereomikroszkópos megfigyeléseket használtuk. Ezek azt mutatták, hogy a legkisebb mértékű SiO_2 -mobilizálódás a Dunántúli-középhegység radiolaritjaiban figyelhető meg, míg a Mecsekben ennél nagyobb, a Bükkben pedig a legnagyobb, ahol a tektonikus folyamatok tovább erősítették a szöveti átrendeződést. A bosnyák radiolaritok esetében a Dunántúli-középhegységihez hasonló megtartási állapot viszonylag kismértékű SiO_2 -mobilizálódásra utal. Az általunk sztereomikroszkóposan nem vizsgált, alpi és kárpáti minták esetében az irodalmi adatok hasonló átkristályosodási fokot jeleznek, mint a Mecseki típusnál.

A nagy tisztaságú SiO_2 (általában 80–99 w%, karbonátos változatoknál 40–89 w%) alapanyag mellett az esetek többségében csak 200–500 ppm-nyi összes nyomelem tartalom detektálható, amely

kihívást jelent analitikai szempontból. A szóba jöhető nyomelemek a Si helyettesítői (Al^{3+} , Ti^{4+} , Ge^{4+} , Fe^{3+} , P^{5+} (vegyértékpótlóként Li^+ , Na^+ , H^+ , K^+); Faure 1998), pórustér kitöltő elemi (pl. Ba, Mg, Sr, V, Rb; Milliken 2003) vagy ásványi szennyeződések lehetnek (Brandl et al. 2014, Brandl 2014b). A szint alapvetően meghatározó elemi szennyezők (Fe, Mn, Ni) az eddig publikált vizsgálatok alapján nem tekinthetők lelőhely-specifikusnak, elsősorban az egy mintán belüli jelentős koncentráció ingadozásaik miatt.

A radiolaritokban eddigiekben kimutatott jelentős kémiai hasonlóság a képződési környezetek (mélytengeri medencék) nagymértékű hasonlóságából adódhat. A kismértékű eltéréseket kell tehát keresnünk, amelyek az egyes részmedencék közvetlen környezetének jellemzői lehetnek (pl. a lokális terrigén behordódási források vagy lokális tenger alatti vulkáni gócpontok közelsége). Ez nyomon követhető az általunk vizsgált radiolarit mintákban. A Mecsek radiolaritjaira egyöntetűen jellemző a nagyobb terrigén komponens tartalom, ami arra utalhat, hogy a mélytengeri medencébe (medencerészekbe) közeli szárazföldi törmelékanyagbeáramlás történt. Ez párhuzamba állítható a faunában megjelenő bentosz szervezetek (kovaszivacsok, tengerisünök) nagyobb arányával. A terrigén kémiai komponensek aránya jóval kisebb a Dunántúli-középhegység radiolaritjaiban, ami a szárazföldi behordódástól távolabb eső medencerészhez kötheti a képződésüket. Ezzel együtt a nyílttengeri környezetre erősebben utal az is, hogy a bentoszformák aránya kisebb.

A vastartalom pozitív korrelációja a terrigén komponensekkel és mangántól független eloszlása egyértelművé teszi, hogy ezen radiolaritok képződésénél a vas nem a vulkáni eredetű komponenshez kapcsolható, hanem a szárazföldi behordódás eredményeként dúsuló elem. A mangán, mint tenger alatti vulkáni tevékenységhez köthető elem nem mutat kapcsolatot semelyik elem eloszlásával, így koncentrációváltozásai akár másodlagos folyamatokat is tükrözhetnek.

A határon túli radiolarit nyersanyagok esetében Brandl és társai (Brandl et al. 2014, Brandl 2014b) szintén a terrigén elemek (Al, Ti), illetve részben a Cu és Zn elemek eloszlásában találtak olyan trendet, amely az Alpi és Kárpáti típus között különbséget tesz. Mindemellett megjegyezték, hogy az Alpi radiolarit típusba sorolható, de annak legkeletebbi előfordulása, a Wien Mauer radiolarit átmenetet képez a tipikus északi-mészkő-alpi és a kárpáti nyersanyagok között.

A Dunántúli-középhegységi és Mecseki radiolarit fenotípusok között egyelőre nagyon finoman kimutatható különbségeket vázolhatunk fel. A roncsolásmentes módszerek eredményeinek

ötvöztetésével azonban egyre nyilvánvalóbb, hogy a képződési környezetek közötti kismértékű eltérések nyomon követhetők lesznek további, még részletesebb vizsgálatok elvégzésével. A bemutatott módszertan direkt módon alkalmazható a régészeti leletanyagra is, bár ott a felszíni elváltozások (pl. patina, betemetődési kéreg, kopás-használatnyomok) minden bizonnyal megnehezítik a sztereomikroszkópos vizsgálódást.

Összefoglalás

A radiolarit nyersanyagok komplex roncsolásmentes anyagvizsgálatával – amely a makro- és sztereomikroszkópos megfigyeléseket ötvözi a kémiai elemzés eredményeivel – új adatokat nyertünk a hazai és a környező régióban jelentős radiolarit pattintott kőszköz nyersanyagokról. A makro- és sztereomikroszkópos szöveti tulajdonságok a megfigyelhető fossziliatartalommal párosítva, illetve a kémiai összetétellel együttesen értékelve alkalmasak a nagyobb régiók és a fő fenotípusok elkülönítésére. A szöveti vizsgálatok közül a radioláriák megtartási állapota jellemző a kőzetet ért elemmobilizáció mértékére, így jó alapot nyújt a kémiai összetételi adatok értelmezéséhez. A geokémiai jellemzés így árnyaltabbá tehető, és kiemelhetővé válnak azok a kémiai markerek, amelyek régió vagy fenotípus specifikusak.

Köszönetnyilvánítás

Kutatásunk során a kárpáti és alpi radiolarit minták kémiai összetétel vizsgálata PGAA módszerrel az EU FP7 CHARISMA (Project No. 228330) TNA mérési pályázat keretében valósult meg. A terepbejárást és a mintagyűjtést, valamint a PGAA méréseket a CRO-14/2006. számú horvát-magyar Tét együttműködési pályázat, illetve az EU FP7 CHARISMA (Project No. 228330) TNA mérési pályázat támogatásával végeztük.

Irodalom

ALTOFER, K. & AFFOLTER, J. (2010): Die neolithischen Dolche aus dem Kanton Zürich. In: MATUSCHIK, I., STRAHM, C. et al. eds., *Vernetzung – Aspekte siedlungsarchäologischer Forschung*. LAVORI Verlag, Freiburg im Breisgau, Germany, 297–315.

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

BÁCSKAY, E. (1984): Őskori tűzkőbányák a dunántúli középhegységben / Prehistoric flint mines in the Transdanubian Central Mountains. In: GÖMÖRI J. ed., *Iparrégészeti – Industrial Archaeology* II 11–24.

BÁCSKAY, E. (1986): State of affairs at Sümeg. In: BIRÓ, K.T. ed., *International Conference on Flint Mining and Lithic Raw Material Identification in the Carpathian Basin, Sümeg 1986*, Budapest, KMI Rota, 11–26.

BÁCSKAY, E. & BIRÓ, K.T. (2003): Nyersanyag, bányászat, kereskedelem. In: VISY, Zs. et al. eds., *Magyar Régészet az ezredfordulón (Újkőr)*, Budapest, 118–123.

BÁNFFY, E. (1999): Újabb adatok a nyugat-dunántúli őskorának kereskedelmi és kulturális útvonalaihoz. *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, K.T. (ed.), *International Conference on Flint Mining and Lithic Raw Material Identification in the Carpathian Basin, Sümeg 1986*, Budapest KMI Rota 131–140.

BARNA, J. & BIRÓ, K.T. (2009): Import leletek és nyersanyagok Sormás–Mántai-dűlő és Sormás–Török-földek lelőhelyeken. Import finds and raw materials from Sormás–Mántai-dűlő and Sormás–Török-földek. In: ILON, G. ed., *Mómsz* 6 279–294.

BÁRTA, J. (1961): K problematike paleolitu Bielych Karpat. *Slovenská Archeológia* 9 19–32.

BÁRTA, J. (1979): K problematike proveniencie surovín na výrobu stiepanej kamennej industrie v paleolite Slovenska. *Slovenská Archeológia* 27 5–15.

BECHTER, D., TROPPER, P., KAINDL, R., LEITNER, W. & NUTZ, B. (2010): Mikro-Ramanspektrometrische Untersuchungen von ost- und südalpinem Silex (Gemstalt/Walsertal, Antonshöhe bei Mauer, Österreich; Val di Non, Trentino, Italien). *Mitteilungen der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft* 156 23–35.

BÉRCZINÉ MAKK, A. (1980): Szilvágyi (DNy-Magyarország) triász-jura mikrobiofáciések. *Földtani Közlöny* 110/1 90–103.

BIRKENMAJER, K. (1960): Geology of the Pieniny Klippen Belt of Poland. *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 103 1–36.

BIRKENMAJER, K. (1977): Jurassic and Cretaceous lithostratigraphic units of the Pieniny Klippen Belt, Carpathians, Poland. *Studia Geologica Polonica* 45 1–158.

BIRKENMAJER, K. (1986): Stages of structural evolution of the Pieniny Klippen Belt, Carpathians. *Studia Geologica Polonica* 88 7–32.

- BIRÓ, K.T. (1984): Őskőkori és őskori pattintott kőeszközeink nyersanyagának forrásai. *Archaeológiai Értesítő* **111** 42–52.
- BIRÓ, K.T. (1987): Comments on the distribution maps. In: BIRÓ, K.T. ed., *International Conference on Flint Mining and Lithic Raw Material Identification in the Carpathian Basin, Sümeg 1986*, Budapest, KMI Rota, 1–284.
- BIRÓ, K.T. (1988): Distribution of lithic raw materials on prehistoric sites. *Acta Archaeologica Hungarica* **40** 251–274.
- BIRÓ, K.T. (1998): *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. (2004): Tata-Porhanyóbánya: the raw material of the stone artefacts. In: FÜLÖP É. & CSEH J. eds., *Die aktuellen Fragen des Mittelpaläolithikums. Tata, Tudományos Füzetek* **12** 77–90.
- BIRÓ, K.T. (2006a): The lithic finds from Szentgyörgyvölgy-Pityerdomb. *Antaeus* **28** 217–251.
- BIRÓ, K.T. (2006b): Über die Grenzen... Ergebnisse und Probleme der Herkunftsbestimmung des Rohmaterials von lithischen Funden im Südwestlichen Grenzgebiet Ungarns. In: TOMAZ, A. ed., *Od Sopota do Lengyela. Between Sopot and Lengyel, Annales Mediterranea* **11** 75–80.
- BIRÓ, K.T. (2009): Sourcing raw materials for chipped stone artifacts: the state-of-art in Hungary and the Carpathian Basin. In: ADAMS, B. & BLADES, B.S. eds., *Lithic Materials and Palaeolithic Societies*, Wiley & Blackwell Ltd. Oxford, 47–53.
- BIRÓ, K.T. & DOBOSI, V.T. (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-Tűzköveshegy. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **43** 337–375.
- BIRÓ, K.T. & REGENYE, J. (2003): Exploitation Regions and Workshop Complexes in the Bakony Mountains, Hungary. In: STÖLLNER, Th. et al. eds., *Man and Mining - Mensch und Bergbau*. Bochum, *Der Anschnitt - Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau* **16** 55–64.
- BIRÓ, K.T., DOBOSI, V.T. & SCHLÉDER, Zs. (2000): LITOTHECA – *Comparative Raw Material Collection of the Hungarian National Museum*. Vol. II Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest, 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. *Archaeológiai Értesítő* **127** 103–134.
- BIRÓ, K.T., SZILÁGYI, V. & KASZTOVSZKY, Zs. (2009): Új adatok a Kárpát-medence régészeti radiolarit forrásainak ismeretéhez. *Archeometriai Műhely* **VI/3** 25–43.
- BRANDL, M. (2010): Classification of rocks within the chert group: Austrian practice. *Archeometriai Műhely* **VII/3** 183–190.
- BRANDL, M. & REITER, V. (2008): Erstellung einer Rohmaterialdatenbank auf Grundlage der Silexfunde der Paläolithstationen von Krems – Hundssteig und Krems – Wachtberg. *Archäologie Österreichs* **19/1** 43–49.
- BRANDL, M., HAUZERBERGER, C., POSTL, W., MARTINEZ, M.M., FILZMOSE, P. & TRNKA, G. (2014): Radiolarite studies at Krems-Wachtberg (Lower Austria): Northern Alpine versus Carpathian lithic resources. *Quaternary International* **351** 146–162.
- BRANDL, M. (2014a): The Multi Layered Chert Sourcing Approach (MLA). Analytical Provenance Studies of Silicite Raw Materials. *Archeometriai Műhely* **XI/3** 145–156.
- BRANDL, M. (2014b): Genesis, provenance and classification of rocks within the Chert Group in Central Europe. *Archaeologia Austriaca* **97-98** 33–58.
- CHEBEN, I. & CHEBEN, M. (2010): Research on radiolarites of the white Carpathian Klippen Belt. *Slovenská archeológia* **LVIII/1** 13–52.
- CHEBEN, I. & ILLÁŠOVÁ, L. (1997): Radiolarite mining pits in Blesov, Vlára Pass. In: SCHILD, R. SULGOSTOWSKA, Z. eds., *Man and Flint, Proceeding of the VIIIth International Flint Symposium Warszawa – Ostrowiec Swietokrzyski September 1995*, Institute of Archaeology and Ethnology, Polish Academy of Sciences, Warszawa 57–63.
- CIORNEI, A. (2013): Raw-material sources, supply strategies and technological organization in the Palaeolithic from Valahian sector of the Moesian Platform. *PhD Thesis – English Abstract*, University of Bucharest, Bucharest, Romania, 54 p.
- CIORNEI, A. (2014): Microfacies analysis of cherts from Peștera-Dealul Guran site (Lower

Palaeolithic), Constanța County, Romania. *Pontica* **XLVII** 497–526.

DIMITRIJEVIĆ, D.M. & DIMITRIJEVIĆ, N.M. (1975): Ofolitski melanz Dinarida i Vardarske Zone: Geneza i geotektonsko značenje. (Ophiolite mélanges of the Dinarides and the Vardar Zone: Genesis and its geotectonic importance) (in Serbian). *II godišnji znanstveni skup, Znanstvenisavjet za naftu JAZU, Sekcija za primjenu geologije, geofizike i geokemije, series A*, **5** 39–46.

DIMITRIJEVIĆ, M. (1997): *Geology of Yugoslavia*. Geological Institute, Gemini, Belgrade, 1–197.

DOSZTÁLY, L. (1986): The history of research of the Radiolaria in Hungary. In: BIRÓ, K.T. ed., *International Conference on Flint Mining and Lithic Raw Material Identification in the Carpathian Basin, Sümeg 1986 (1)* Budapest, KMI Rota, 145–148.

DOSZTÁLY, L. (1998): Jura radiolaritok a Dunántúli-középhegységben – Jurassic Radiolarites in the Transdanubian Range. *Földtani Közlöny* **128** 273–296.

DUNHAM, R.J. (1962): Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: HAM, W.E. ed., *Classification of Carbonate Rocks, American Association of Petroleum Geologists Memoir* **1** 108–121.

FAURE, G. (1998): Principles and applications of geochemistry. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey, 1–625.

FLÜGEL, E. (1982): *Microfacies Analysis of Limestones*. Springer Berlin-Heidelberg, 588 p.

FÜLÖP, J. (1984): *Ásványi nyersanyagok története Magyarországon*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 179 p.

GALÁCZ, A. (1980): Bajocian and Bathonian ammonites of Gyenespuszta, Bakony Mts., Hungary. *Geologica Hungarica series Geologica* **16** 1–225.

GAWLIK, H.-J., DJERIĆ, N., MISSONI, S., BRAGIN, N.Y., LEIN, R., SUDAR, M. & JOVANOVIĆ, D. (2017a): Age and microfacies of oceanic Upper Triassic radiolarite components from the Middle Jurassic ophiolitic mélange in the Zlatibor Mountains (Inner Dinarides, Serbia) and their provenance. *Geologica Carpathica* **68/4** 350–365.

GAWLIK, H.-J., SUDAR, M., MISSONI, S., SUZUKI, H., LEIN, R. & JOVANOVIĆ, D. (2017b): Triassic-Jurassic geodynamic history of the Dinaridic Ophiolite Belt (Inner Dinarides, SW Serbia). Fieldtrip Guidebook of the 13th Workshop

on Alpine Geological Studies, Zlatibor, Serbia. *Journal of Alpine Geology* **55** 167 p.

GÉCZY, B. (1968): Felsőliász ammonoidák Úrkütről. *Földtani Közlöny* **98** 218–226.

GRONENBORN, D. (1994): Überlegungen zur Ausbreitung der bäuerlichen Wirtschaft in Mitteleuropa – Versuch einer kulturhistorischen Interpretation ältestbandkeramischer Silex-inventare. *Praehistorische Zeitschrift* **69** 135–151.

GYALOG, L. & BUDAI, T. eds. (2004): Javaslatok Magyarország földtani képződményeinek litosztratigráfiai tagolására. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002* 195–232.

GYALOG, L. & CSÁSZÁR, G. eds. (1996): *II. A rétegtani egységek rövid leírása. A negyedidőszaknál idősebb rétegtani egységek*. Magyar Állami Földtani Intézet Alkalmi Kiadványa, Budapest, p.187.

GYALOG, L., BUDAI, T., CHIKÁN, G., LESS, Gy., PELIKÁN, P., TULLNER, T., TURCZI, G., MAIGUT, V., GALAMBOS, Cs., HAVAS, G. (2003): Jelentés a „szénhidrogénkutatás térinformatikai alapú földtudományos adatrendszerének egységesítése” című szerződés teljesítéséről. *Kézirat*. Országos Földtani és Geofizikai Adattár.

HAAS, J., JOCHÁNÉ EDELÉNYI, E., GIDAI, L., KAISER, M., KRETZOI, M. & ORAVECZ, J. (1984): Sümeg és környékének földtani felépítése. *Geologica Hungarica series Geologica* **20** 1–353.

HAAS, J., PELIKÁN, P., GÖRÖG, Á., JÓZSA, S. & OZSVÁRT, P. (2013): Stratigraphic, facies and geodynamic settings of Jurassic formations in the Bükk Mountains, North Hungary: its relations with the other areas of the Neotethyan realm. *Geological Magazine* **150/1** 18–49.

HALAMIC, J. & GORIČAN, S. (1995): Triassic Radiolarites from Mts. Kalnik and Medvednica (Northwestern Croatia). *Geologica Croatica* **48/2** 129–146.

HALAMIC, J. & ŠOŠIĆ KLINDŽIĆ, R. (2009): Radiolarites and radiolarian cherts in Northern Croatia – a possible sources for the production of artifacts. *Archeometriai Műhely* **VI/3** 19–24.

HALAMIC, J., GORICAN, S., SLOVENEC, D. & KOLAR-JURKOVSEK, T. (1999): A Middle Jurassic Radiolarite-Clastic Succession from the Medvednica Mt. (NW Croatia). *Geologica Croatica* **52** 29–57.

HEATH, G.R. (1974): Dissolved silica and deep-sea sediments. In: HAY, W.W. ed., *Studies in Paleooceanography. Studies in Paleo-Oceanography, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication*, SP20 2077–2093.

- HERAK, M.A. (1986): A new concept of the geotectonics of the Dinarides. *Acta Geologica* **6** 1–42.
- HESSE, R. (1988): Diagenesis #13. Origin of chert: Diagenesis of biogenic siliceous sediments. *Geoscience Canada* **15** 171–192.
- HRVATOVIĆ, H. (2005): Geological Guidebook through Bosnia and Hercegovina. Geological Survey of Bosnia and Hercegovina, Sarajevo, 156 p.
- JANOSCHEK, R., KÜPPER, H. & ZIRKL, E.J. (1954): Beiträge zur Geologie des Klippenbereiches bei Wien. *Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft* **47** 235–308.
- KARAMATA, S., VASIC, N., OLYJIC, J., VISHNEVSKAYA, V., MARCHENKO, T., YAKUSHEV, A., VUJNOVIC, L. & MICIC, V. (2004): The bedded chert sequence of the Uzlomac (Bosnia) and association formed at the continental slope beneath the Dinaridic Upper Triassic-Jurassic carbonate platform. *Bulletin Academie Serbe des Sciences et des Arts Classe des Sciences Mathematiques et Naturelles Sciences Naturelles* **128/42** 364–378.
- KONDA, J. (1973): Ammonitico rosso and radiolarites in the Transdanubian Central Mountains Jurassic. *Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **54** 423–427.
- KONDA, J. (1986): The Mesozoic siliceous rocks of the Transdanubian Mid-Mountains. In: BIRÓ, K.T. ed., *International Conference on Flint Mining and Lithic Raw Material Identification in the Carpathian Basin, Sümeg 1986 (I)* Budapest, KMI Rota, 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 Archaeologica Carpathica* **21** 171–210.
- LECH, J. (1981): Flint mining among the early farming communities of Central Europe. *Przegląd Archeologiczny* **28** 5–55.
- LECH, J. ed. (1995): Catalogue of flint mines. *Archaeologia Polona* **33** 1–590.
- LEDEVIN, M., ARNDT, N., SIMIONOVICI, A., JAILLARD, E. & ULRICH, M. (2014): Silica precipitation triggered by clastic sedimentation in the Archean: New petrographic evidence from cherts of the Kromberg type section, South Africa. *Precambrian Research* **255** 316–334.
- 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. *Dissertationes Archaeologicae Brunensis / Pragensesque* Brno, **4** 1–357.
- MATSUMOTO, R. & IJIMA, A. (1983): Chemical sedimentology of some Permo-Jurassic and Tertiary bedded cherts in Central Honshu, Japan. In: IJIMA, A., HEIN, J.R., SIEVER, R. eds., *Siliceous deposits in the Pacific Region. Developments in Sedimentology* **36** 175–192.
- MILLIKEN, K.L. (2003): Diagenesis. In: MIDDLETON, G.V. ed., *Encyclopedia of Sediments and Sedimentary Rocks*, Dordrecht-Boston-London, 2003, 214–218.
- MURRAY, R.W. (1994): Chemical criteria to identify the depositional environment of chert: general principles and applications. *Sedimentary Geology* **90** 213–232.
- NEMERGUT, A., CHEBEN, M. & GREGOR, M. (2012): Lithic raw materials at the Palaeolithic site of Moravany nad Váhom-Dlhá. *Anthropologie* **L/4** 379–390.
- OLIVA, M. (1991): Mladopaleolitická stanice s radiolaritovu industrií v Brně-Jundrově. *Acta Musei Moraviae* **76** 19–29.
- PAMIĆ, J. (1977): Geology, petrography and petrology of the Krivaja-Konjuh ophiolite complex in the central parts of the Dinarides, Yugoslavia. (in Croatian, with English summary) *Acta Geologica* **9** 39–135.
- PAMIĆ, J., TOMLJENOVIC, B. & BALEN, D. (2002): Geodynamic and petrogenic evolution of Alpine ophiolites from the Central and NW Dinarides: an overview. *Lithos* **65** 113–142.
- PELIKÁN, P. (1986): The Mesozoic siliceous rocks of the Bükk Mountains. In: BIRÓ, K.T. ed., *International Conference on Flint Mining and Lithic Raw Material Identification in the Carpathian Basin, Sümeg 1986 (I)*. Budapest, KMI Rota 177–180.
- PENZ, M. (2007): Die Bedeutung des Gemeindeberges in Wien 13, Ober St. Veit als jungsteineitlicher Siedlungsplatz. Fundort Wien *Berichte zur Archäologie* **10** 194–197.
- PŘICHYSTAL, A. (1984): Raw material of chipped stone artefacts in Moravia (Czechoslovakia) and methods of their research. In: KANCHEV, K. ed., *Proceedings of the 3rd International Seminar in Petroarchaeology*, Plovdiv, University of Plovdiv, 146–153.
- PŘICHYSTAL, A. (1997): Sources of siliceous raw materials in the Czech Republic. In: SCHILD, R. SULGOSTOWSKA, Z. eds., *Man and Flint, Proceeding of the VIIIth International Flint Symposium Warszawa – Ostrowiec Swietokrzyski* September 1995, Institute of Archaeology and

Ethnology, Polish Academy of Sciences, Warszawa 351–357.

PŘICHYSTAL, A. (2010): Classification of lithic raw materials used for prehistoric chipped stone artefacts in general and siliceous sediments (silicites) in particular: the Czech proposal. *Archeometriai Műhely* **VI/3** 177–181.

REICH, V. & van Rad, U. (1979): Silica diagenesis in the Atlantic Ocean: Diagenetic potential and transformations. In: TALWANI, M., HAY, W., RYAN, W.B.F. eds., *Deep drilling results in the Atlantic Ocean: Continental margins and palaeoenvironment. American Geophysical Union, Maurice Ewing Series* **3** 315–341.

RÉVAY, Zs. (2009): Determining Elemental Composition Using Prompt Gamma Activation Analysis. *Analytical Chemistry* **81** 6851–6859.

RUIZ-ORTIZ, P.A., BUSTILLO, M.A. & MOLINA, J.M. (1989): Radiolarite Sequences of the Subbetic, Betic Cordillera, Southern Spain. In: HEIN, J.R. & OBRADOVIC, J., eds., *Siliceous Deposits of the Tethys and Pacific regions*. Springer-Verlag New York, 107–127.

RUTTKAY, E. (1970): Das jungsteinzeitliche Hornsteinbergwerke mit Bestattung der Antonshöhe bei Mauer (Wien 23). *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien* **100** 70–83.

RUTTKAY, E. (1980): Katalog der Bergwerke: Österreich. In: WEISGERBER, G. ed., *5000 Jahre Feuersteinbergbau*. Deutsches Bergbau-Museum Bochum 405–410.

ŠOŠIĆ-KLINDŽIĆ, R. (2010): Problems of siliceous rock terminology in Croatian archaeology. *Archeometriai Műhely* **VII/3** 191–193.

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.

SZENTMIKLÓSI, L., BELGYA, T., RÉVAY, ZS. & KIS, Z. (2010): Upgrade of the prompt gamma activation analysis and the neutron-induced prompt gamma spectroscopy facilities at the Budapest research reactor. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **286** 501–505.

SZILASI, A.B. (2017): Radiolarite sources from the Bakony mountains: new research. *Archaeologia Polona* **55** 243–265.

TRNKA, G. (2011): The Neolithic Radiolarite Mining Site of Wien Mauer Antonshöhe (Austria). In: T. BIRÓ K. & MARKÓ A. szerk., *Emlékkönyv Violának – Tanulmányok T. Dobosi Viola Tiszteletére/Papers in Honour of Viola T. Dobosi*. Hungarian National Museum, 287–296.

VARGÁNÉ MÁTHÉ, K. (1990): Petrographic analysis of the lithic raw materials of the Vértesszőlős implements In: KRETZOI, M., DOBOSI, V.T. eds., *Vértesszőlős, Man, Site, and Culture*. Budapest, Akadémiai Kiadó 287–299.

VÉRTES, L. (1965): Az őskőkor és az átmeneti kőkor emlékei Magyarországon. *A Magyar Régészet Kézikönyve I.* Budapest, Akadémiai Kiadó 1–385.

VISHNEVSKAYA, V.S. & DJERIĆ, N. (2009): Mesozoic radiolaria of Bosnia and Serbia: new data. *Paleontological Journal* **43/12** 1513–1568.

VISHNEVSKAYA, V.S., Djerić, N. & Zakariadze, G.S. (2009): New data on Mesozoic Radiolaria of Serbia and Bosnia, and implications for the age and evolution of oceanic volcanic rocks in the Central and Northern Balkans. *Lithos* **108** 72–105.

1. táblázat: A kárpát-medencei radiolarit nyersanyagok „fenotípusainak” makroszkópos jellemzői (* az adatok forrása Brandl et al. 2014, fotók forrása a flintsource.net weboldal)

Table 1.: Macroscopic characteristics of radiolarite phenotypes in the Carpathian Basin (* source of data is Brandl et al. 2014, source of pictures is flintsource.net)

Dunántúli-középhegységi radiolarit	
Típus: Szentgáli típus Szín: vörös Munsell: 10R 4/6 (moderate reddish brown), 5YR 3/4 (moderate brown), 10R 3/4 (dark reddish brown); Szegély: gyakori testszínű porcelanit Fény, törés, átlátszóság, homogenitás: viaszos fényű, kagylós törésű, gyengén áttetsző-opak, általában homogén (ritkán sávós), kevés apró fehér-sárga szemcse (fosszília?) Lelőhelyek: Szentgál, Városlőd	
Típus: Úrkút-Eplényi típus Szín: mustársárga, fekete MnO-os mintázattal Munsell: 10YR 6/6 (dark yellowish orange) Szegély: gyakori fehér porcelanit Fény, törés, átlátszóság, homogenitás: zsíros fényű, kagylós törésű, gyengén áttetsző-opak, néha heterogén, apró fehér pontokkal (fosszília?) Lelőhelyek: Úrkút, Eplény, Városlőd	
Típus: Hárskúti típus Szín: barna, narancsosán áttetsző Munsell: 10R 4/6 (moderate reddish brown), 5YR 3/2 (grayish brown), 10YR 6/2 (pale yellowish brown), 10YR 7/4 (grayish orange) Szegély: gyakori testszínű-kávébarna porcelanit Fény, törés, átlátszóság, homogenitás: viaszos fényű, kagylós törésű, opak, néha heterogén (sávós vagy breccsás), gyakori fosszília (apró áttetsző kör, fehér-sárga nyúlt) Lelőhelyek: Hárskút: Gyenespuszta, Német-tanya, Édesvízmajor, Hosszúaszó	

Típus: Sümegi radioláriás tűzkő típus Szín, szegély: kékesszürke Munsell: N6 (medium light gray), N5 (medium gray) Szegély: fehér meszes Fény, törés, átlátszóság, homogenitás: viaszos fényű, gyengén kagylós-hullámos törés, opak, heterogén, töredezett Lelőhelyek: Sümeg-Mogyorósdomb	
Típus: Gerecsei típus Szín: szürke, sötétszürke, szürkésbarna, vörösesbarna Munsell: 10R 3/4 (dark reddish brown), 10R 5/4 (pale reddish brown), 5YR 3/2 (grayish brown), N3 (dark grey), N4 (medium dark gray), N3 (medium gray) Szegély: szürkésvörös meszes Fény, törés, átlátszóság, homogenitás: változó fényű (viaszos-matt), kagylós törésű, opak, néha heterogén (sávós, klasztos), sok, nagyon apró kör alakú fosszília Lelőhelyek: Tata-Kálváriadomb, Lábatlan, Süttő, Tűzköves-barlang, Kis-Gerecse, Pisznice, Kis-Pisznice, Hajós-árok, Szomód-Lőtér	
Típus: Egyéb Dunántúli-középhegységi típus Szín: tarka vagy narancsos Szegély: testszínű porcelanit Fény, törés, átlátszóság, homogenitás: gyenge viaszos fényű, kagylós törésű, opak, gyakran heterogén (breccsás), gyakori apró fehér fosszília Lelőhelyek: Lókút, Zirc	

Mecseki radiolarit**Típus:** Mecseki vörös típus**Szín:** lilásvörös, barnásvörös

Munsell: 5YR 6/4 (light brown), 5YR 5/2 (pale brown), 10R 6/2 (pale red), 10R 4/2 (grayish red)

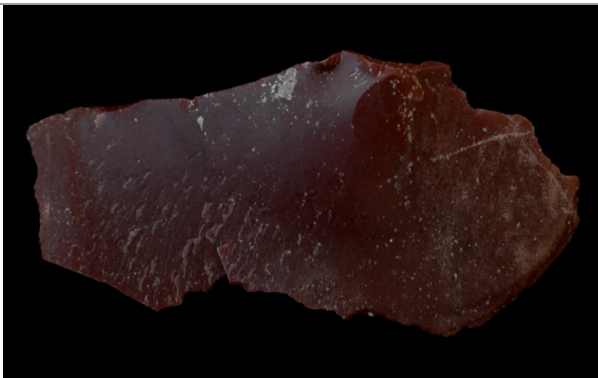
Szegély:**Fény, törés, átlátszóság, homogenitás:** matt, változó (sík-kagylós) törésű, opak, gyakran heterogén (sávós, foltos), esetenként gyakori fehér apró körök (fosszília)**Lelőhelyek:** Kisújbanya-Szószerék, Hosszúhetény-Csengőhegy**Típus:** Mecseki szürke típus**Szín:** kékesszürke, zöldesszürke

Munsell: 5Y 6 /1 (light olive gray), 5GY 6/1 (greenish gray), 5Y 8/1 (yellowish gray), N6 (light gray)

Szegély: gyakori világos színű porcelanit**Fény, törés, átlátszóság, homogenitás:** matt-selyemfényű, kagylós törésű, opak, gyakran heterogén (sávós, foltos), esetenként gyakori fehér apró körök (fosszília), karbonátos (sósavval pezseg)**Lelőhelyek:** Hosszúhetény-Csengőhegy, Kisújbanya-Óbányai-völgy, Komló-Szőgehegy, Magyaregregy-Singödör**Típus:** Egyéb mecseki típus**Szín:** szürkés-lilásvörös, téglaszínű, tarka

Munsell: 5Y 6 /1 (light olive gray), 5Y 8/1 (yellowish gray), 5R 4/2 (grayish red), 5R 6/2 (pale red)

Szegély:**Fény, törés, átlátszóság, homogenitás:** változó fényű (matt-selyem), változó (sík-kagylós) törésű, opak, gyakran heterogén (sávós, foltos)**Lelőhelyek:** Kisújbanya-Óbányai-völgy

Bükki radiolarit <i>Típus:</i> Bükki típus <i>Szín:</i> sötétvörös Munsell: 10R 4/6 (moderate reddish brown), 10R 3/4 (dark reddish brown), fekete MnO hintéssel <i>Szegély:</i> <i>Fény, törés, átlátszóság, homogenitás:</i> matt, egyenetlen törésű, opak, heterogén (töredezett, kvarcerezett) <i>Lelőhelyek:</i> Felsőtárkány	
Kárpáti radiolarit* <i>Típus:</i> Fehér-kárpáti típus <i>Szín:</i> sötétvörös, szürke, kékesszürke, zöldesszürke, márványos mintázattal Munsell: 5R 3/4 (dusky red), 10R 3/4 (dark reddish brown), 10R 5/4 (pale reddish brown), 10R 4/2 (grayish red), 10R 4/6 (moderate reddish brown) <i>Szegély:</i> kavics cortex maradványok <i>Fény, törés, átlátszóság, homogenitás:</i> viaszos fényű <i>Lelőhelyek:</i> Bolesó (Vlára Bolešov), Oroszlánkő (Vršatské Podhradie-Horna Lysa Bana)	
Alpi radiolarit* <i>Típus:</i> Wien Mauer típus <i>Szín:</i> sötétvörös, gyakran szürke, változatos színű Munsell: 10R 4/2 (grayish red), 10 R 4/6 (moderate reddish brown), 10R 3/4 (dark reddish brown), 5 YR 6/1 (light brownish gray), 5Y 6/1 (light olive gray), 5GY 6/1 (greenish gray), 5G 6/1 (greenish gray), 5B 5/1 (medium bluish gray) <i>Szegély:</i> <i>Fény, törés, átlátszóság, homogenitás:</i> matt, gyakran repedezett <i>Lelőhelyek:</i> Wien Mauer	

Horvát-Bosnyák radiolarit

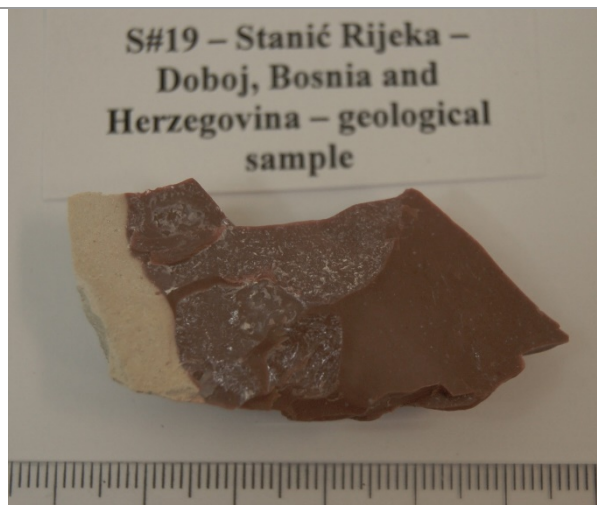
Típus: Bosnyák típus

Szín: húsvörös, sötétvörös, sötétszürke, kékesszürke (mecsekinél sötétebb)

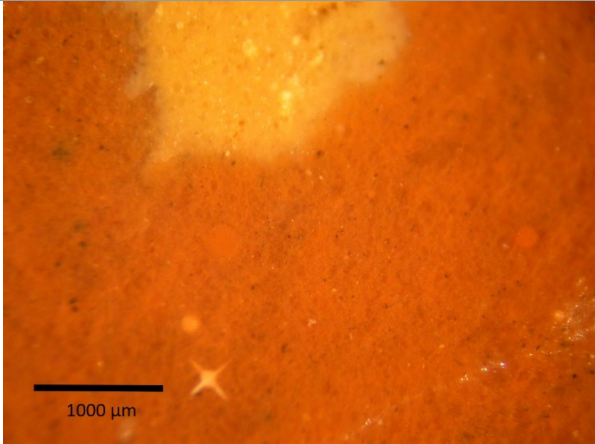
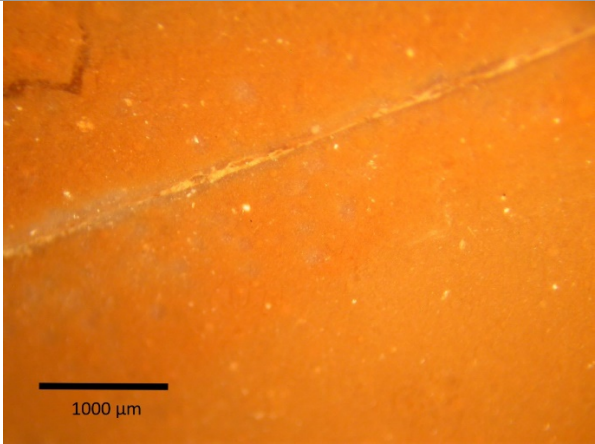
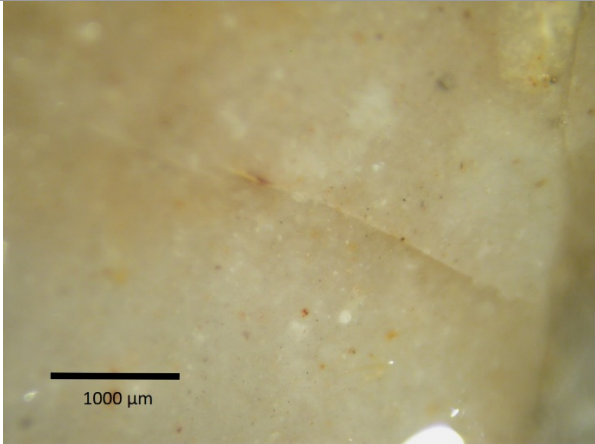
Szegély: kavics cortex maradványok

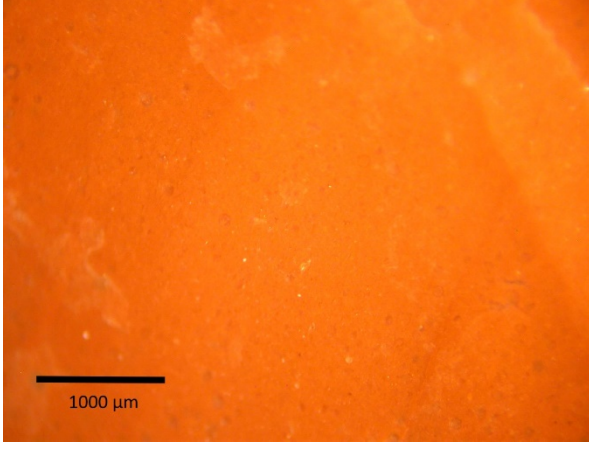
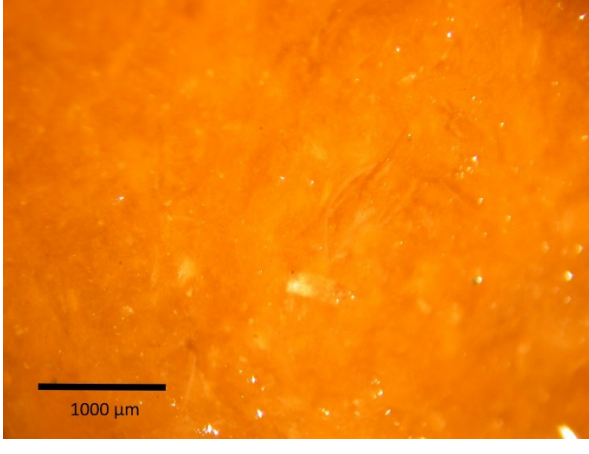
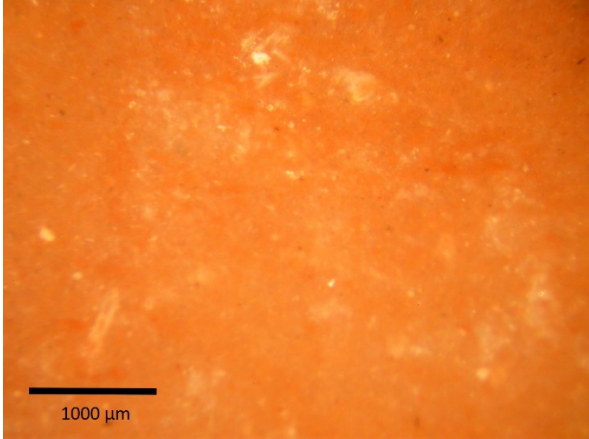
Fény, törés, átlátszóság, homogenitás: matt, gyenge kagylós törésű, opak, gyakran heterogén (foltos, erezett)

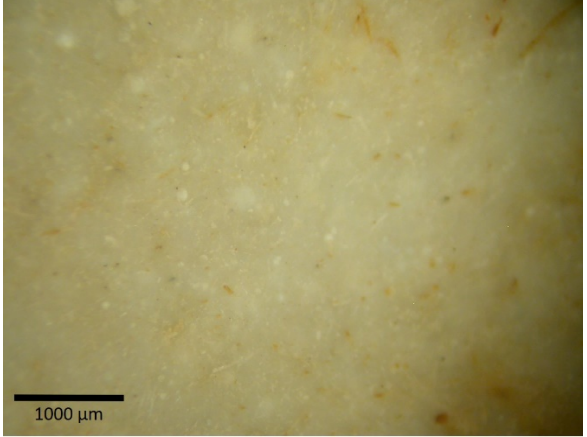
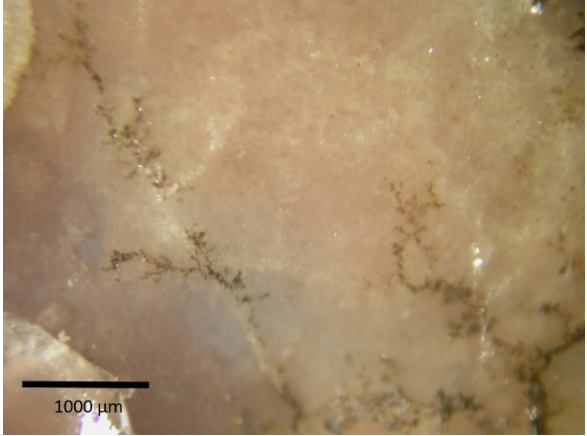
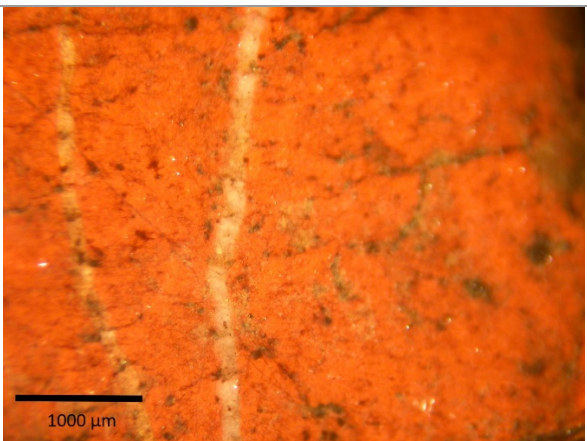
Lelőhelyek: Maslovare, Kožuhe, Modriča, Gračanica, Stanić Rijeka

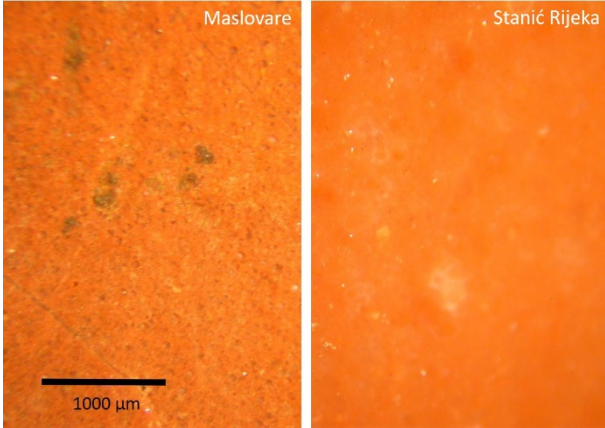


2. táblázat: A magyarországi radiolarit „fenotípusok” sztereomikroszkópos szöveti és őslénytani jellemzői.**Table 2.:** Stereomicroscopic fabric and palaeontological characteristics of Hungarian radiolarite phenotypes

Dunántúli-középhegységi radiolarit	
Típus: Szentgáli típus Szövet: vörös, áttetsző, packstone Klasztok, egyéb: fehér intraklasztok, gyakori fekete detritális szemcsék Fosszília tartalom: eredeti és átkristályosodott (kalcedonos) radioláriák, fekete gömbök (Mn/Fe átitatású radioláriák?), (egy- és többsugaras) szivacsüsték, tengerisün tüskék?	
Típus: Hárskúti típus Szövet: változatos megjelenés: vörös, világos (kalcedonos), opak-gyengén áttetsző, packstone (hasonlóságok a Gerecsei típussal) Klasztok, egyéb: kalcedonerek, néha breccsás Fosszília tartalom: gyakori (néha tömeges), átkristályosodott (fehér, áttetsző) radioláriák, pseudomorfózák, szivacsüsték	
Típus: Sümegi radioláriás tűzkő típus Szövet: világosszürke, áttetsző, packstone Klasztok, egyéb: fehér intraklasztok Fosszília tartalom: átkristályosodott (fehér, áttetsző) radioláriák, héjtöredékek?	

Típus: Gerecsei típus Szövet: világosvörös, opak, packstone Klasztok, egyéb: fehér intraklasztok, mikrokristályos kvarcerek Fosszília tartalom: tömeges, átkristályosodott (kalcedonos) radioláriák, tengerisün tüskék?	
Típus: Egyéb Dunántúli-középhegységi típus Szövet: sárgászöld, áttetsző, packstone Klasztok, egyéb: Fosszília tartalom: radiolária pszeudomorfózák, töredékes héjak, filamentumok?	
Mecseki radiolarit	
Típus: Mecseki vörös típus Szövet: vörös, esetenként sávos (világos-sötét), áttetsző, wackestone Klasztok, egyéb: rozsdasárga bekérgezett szemcsék, fehér intraklasztok Fosszília tartalom: átkristályosodott radioláriák, (egy- és többsugaras) szivacsüstök, (tengerisün tüskék?/ bryozoák?)	

Típus: Mecseki szürke típus Szövet: fehér-sárga-világosszürke, áttetsző, wackestone-packstone Klasztok, egyéb: fehér intraklasztok, vasas átitatódások Fosszília tartalom: átkristályosodott radioláriák, (egy- és többsugaras) szivacsüsték, echinodermata(?) héjtöredék	
Típus: Egyéb mecseki típus Szövet: fehér-lila, áttetsző, wackestone Klasztok, egyéb: fehér intraklasztok Fosszília tartalom: kevés fosszília, radiolária pseudomorfózák	
Bükkü radiolarit	
Típus: Bükkü típus Szövet: vörös, opak, mudstone, nyírt, erekkel tagolt Klasztok, egyéb: saját anyagú klasztokra fragmentálódik Fosszília tartalom: kevés fosszília, irányított, nyúlt formák(?)	

Kárpáti radiolarit*	
Típus: Fehér-kárpáti típus Szövet: finomszemcsés Klasztok, egyéb: kevésbé repedezett Fosszília tartalom: radiolária, szivacsstű	(Lásd Brandl et al. 2014 Figure 3h-i)
Alpi radiolarit*	
Típus: Wien Mauer típus Szövet: kárpátinál kissé durvábbszemcsés Klasztok, egyéb: jellemzően repedezett Fosszília tartalom: radiolária, szivacsstű	(Lásd Brandl et al. 2014 Figure 3e)
Horvát-Bosnyák radiolarit	
Típus: Bosnyák típus Szövet: két változat: karbonátmentes (Maslovare típus), karbonátos (Stanić Rijeka típus) Klasztok, egyéb: Fosszília tartalom: tömeges átkristályosodott (áttetsző, fehér) radioláriák, fehér váztöredékek karbonátos: fehér plankton foraminifera	

3. táblázat: A vizsgált radiolarit nyersanyag „fenotípusok” minimum, maximum és átlagos kémiai összetétele PGAA módszerrel (főelemek oxidos formában tömeg%-ban, nyomelemek µg/g-ben)

Table 3.: Chemical composition (minimum, maximum and average; major elements in oxide form and weight%, trace elements in µg/g) of radiolarite phenotypes by PGAA

Makroszkópos fenotípus	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	CO ₂	P ₂ O ₅	B	Cl	Nd	Sm	Gd
Dt-khg/Szentgál n=13	min	94,0	0,007	0,24	0,11	0,002	<DL	0,04	<DL	0,10	1,47		35	1,6	1,6	0,1	0,1
	max	98,0	0,038	0,99	0,48	0,097	0,4	0,11	0,10	0,28	2,89		65	63	7	0,7	0,9
	átlag	96,7	0,022	0,56	0,28	0,033	0,3	0,07	0,07	0,17	1,78		48	10	4,2	0,4	0,5
Dt-khg/Gerece n=8	min	94,0	0,007	0,14	0,06	0,003	<DL	0,05	0,04	0,06	0,86		16	6	0,0	0,1	0,3
	max	98,0	0,049	1,19	0,49	0,066	1,7	1,12	0,14	0,31	1,40		65	78	7	1,0	1,2
	átlag	96,5	0,021	0,60	0,23	0,016	0,4	0,41	0,09	0,16	1,12		32	30	2,6	0,6	0,6
Dt-khg/Hárskút n=13	min	92,0	0,009	0,21	0,18	0,007	<DL	0,03	0,06	0,07	1,38		20	3,6	2,2	0,2	0,3
	max	98,0	0,027	0,72	0,40	0,087	0,4	1,07	0,14	0,21	1,80		75	11	9	0,8	1,2
	átlag	96,9	0,015	0,40	0,28	0,040	0,2	0,16	0,09	0,11	1,56		46	5,3	6	0,5	0,6
Dt-khg/Sümegei radioláris tűzkő n=7	min	85,7	0,020	0,50	0,16	0,017	0,3	11,87	<DL	0,12	1,18		31	10	4,0	0,4	0,8
	max	94,0	0,017	0,41	0,24	0,004	<DL	0,07	0,07	0,12	1,53		17	2,7	0,0	0,4	0,5
	átlag	97,2	0,034	0,86	0,54	0,249	0,4	1,21	0,14	0,21	1,87		43	8	10	0,8	0,9
Mecsek/vörös n=4	min	96,2	0,024	0,60	0,38	0,058	0,1	0,24	0,10	0,17	1,67		33	5,2	6	0,6	0,7
	max	81,3	0,020	0,40	0,09	0,001	<DL	0,19	0,08	0,09	1,02	<DL	26	32	5,0	0,6	0,7
	átlag	98,0	0,036	0,71	0,27	0,044	0,4	9,51	0,10	0,15	1,44	6,8	44	45	8	1,1	1,2
Mecsek/szürke n=7	min	92,8	0,029	0,57	0,16	0,014	0,1	3,25	0,09	0,13	1,26	6,8	34	40	7	0,8	0,9
	max	42,7	0,025	0,49	0,10	0,011	0,4	4,90	0,07	0,12	0,84	4,0	8	18	0,0	0,6	0,8
	átlag	88,7	0,105	1,87	0,70	0,238	3,7	29,50	0,16	0,55	1,36	24,2	37	39	22	2,8	3,3
Bükk n=5	min	64,6	0,055	1,08	0,40	0,124	1,2	17,59	0,11	0,30	1,11	13,6	21	30	12	1,3	1,7
	max	96,0	0,037	1,23	1,12	0,032	0,0	0,12	0,09	0,44	0,47		14	9	26	1,5	1,8
	átlag	89,2	0,035	0,54	0,47	0,042	<DL	0,95	0,06	0,22	1,22		20	10	7	0,7	0,9
Alpi/Vienna Mauer n=8	min	95,4	0,122	2,51	2,08	0,465	0,6	6,60	0,07	0,92	2,54		35	20	29	2,8	3,1
	max	92,0	0,065	1,23	0,92	0,144	0,6	3,48	0,07	0,44	1,52		26	13	15	1,5	1,8
	átlag	90,1	0,028	0,45	0,61	0,003	<DL	0,04	0,06	0,18	1,30	<DL	23	23	6	0,2	0,3
Kárpáti radiolarit n=8	min	97,4	0,086	1,69	1,16	0,559	0,7	4,20	0,15	0,72	2,85		0,21	37	47	23	2,0
	max	94,9	0,048	0,94	0,86	0,134	0,7	1,30	0,10	0,34	1,77		0,21	30	34	14	0,8
	átlag	83,0	0,006	0,19	0,04	0,000	<DL	0,06	0,04	0,04	0,83		0,06	14	8	5,4	0,2
Bosnyák radiolarit n=21	min	96,8	0,187	4,89	3,29	1,048	2,3	14,50	0,44	1,30	2,17		0,60	83	63	70	3,2
	max	91,7	0,084	2,05	1,07	0,085	1,0	4,11	0,16	0,44	1,51		0,22	41	34	19	1,4
	átlag	0,5	0,010	0,20	0,05	0,003	0,2	0,02	0,05	0,04	0,01						
Kimutatási határ																	

