

GEO-ARCHEOPEDOLÓGUS MUNKÁJA A KULTURÁLIS ÖRÖKSÉGVÉDELMI SZAKSZOLGÁLATBAN - A FÖLDTANI TALAJTANI PROTOKOLL (GPP) ALKALMAZÁSA ÉS ESETTANULMÁNYOK

HORVÁTH ZOLTÁN

Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat, Budapest 1036 Dugovics Titusz tér 13-17.

Email: zoltan.horvath@kosz.gov.hu

Mottó:

„Honnan jött a fajtánk, miféle korlátok között uralkodunk a természetben és uralkodik a természet mirajtunk: ezek azok a kérdések, amelyek változatlan, nem csökkenő erővel újra meg újra felmerülnek mindenki előtt, aki ezen a földön született.”

T. H. Huxley 1863

Abstract

The present paper is the theme of my presentation which had been written for the Discussion Meeting of the Archeometry Workshop which was staged at the Hungarian National Museum in March 2009. The presentation was about the works of the geo-pedologist who assists archeological research and about some ideas and results related to these tasks.

I illustrate in this study, summarizing my experiences, that geological and pedological observations giving environmental information could greatly support archeologists in the reconstruction of the interaction between human and natural conditions. However, these types of research also facilitate the planning of archeological works before the excavation (preventive research) and when underway.

These studies could establish databases which are suitable for the interpretation of the data from different points of view. These researches require cooperation between natural scientists and archeologists.

Kivonat

Jelen kézirat a Magyar Nemzeti Múzeumban 2009 márciusában megrendezett Archeometriai Műhely Vitanapon elhangzott előadásom anyaga, amely az üledékföldtannal és talajtannal foglalkozó, s a régészeti kutatást segítő geo-pedológus munkájához kapcsolódó gondolatokat és néhány eredményt tartalmaz.

A tapasztalatokat összefoglaló tanulmányban példákkal illusztrálom, hogy az ásatásokon végzett földtani és talajtani megfigyelések környezeti információt biztosítva nagymértékben segíthetik a régészeti szakembereket az ember és környezete kapcsolatának rekonstruálásában. Ugyanakkor az ilyen jellegű vizsgálatok az ásatási munkák tervezését is könnyebbé teszik az ásatások előtt (megelőző kutatás), illetve menet közben is.

Az ilyen munkák az adatok több célú értelmezését és az új adatoknak az egyes területek meglévő adatbázisaiba való illesztését is megalapozhatják. Ezeket a kutatásokat geológus, talajtanos és más természettudományos szakember, illetve régészeti szakemberek részvételével, együttműködésben végezzük.

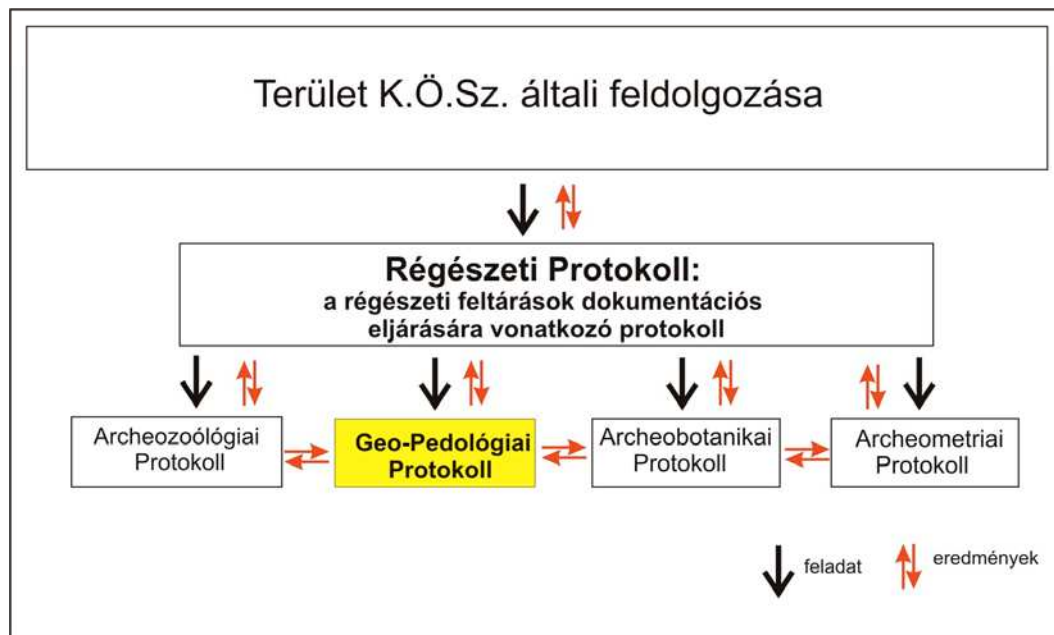
KEYWORDS: GEO-PEDOLOGY, FIELD SURVEY, SOIL-MICROMORPHOLOGY, ENVIRONMENTAL RECONSTRUCTION

KULCSSZAVAK: GEO-PEDOLÓGIA, TEREPI MÓDSZEREK, TALAJ-MIKROMORFOLÓGIA, KÖRNYEZETREKONSTRUKCIÓ

Archeo-geopedológiai kutatások

Az archeo-geopedológia elnevezés Roger Langohr professzortól (Genti Egyetem, Belgium) származik és az elsősorban terepi földtani-, illetve talajtani megfigyelések, továbbá a kapcsolódó

anyagvizsgálatok alkalmazására utal, melyek végső soron a környezeti rekonstrukcióhoz szolgáltatnak adatokat. Az archeo-geológia vagy régészeti ásatások geo-pedológiai vizsgálata mára már rendkívül szerteágazó, interdiszciplinális kutatásokat jelent.



1. ábra: Ez az ábra szemlélteti, hogy a geo-pedológia akár önállóan, akár együttműködve a társtudományokkal, hogyan segíti egy terület feldolgozását. Az ábra alsó sorában vannak feltüntetve azok a társtudományok, amelyeknek eredményei szintén hozzájárulnak a régészeti dokumentáció teljességéhez

A régészeti leleteket és objektumokat befogadó képződmények, az üledékek és a talajok környezetrekonstrukciót szolgáló vizsgálatának első lépéseként Charles Lyell mondta ki, hogy több tízezer éve is éltek emberek természetes környezetben (Lyell, 1863). Az őslénytannal együtt fejlődő archeozoológia, archeobotanika, majd archeometria már a XVIII-XIX. században fontos eredményeket hozott az egykori környezeti viszonyok feltárása érdekében. Ehhez a kutatási irányhoz az orosz Dokucsajev XIX. századi talajgenetikai elemzése is többletinformációt szolgáltatott.

A talajtan többek között a régészeti ásatásokon feltárt talaj és régészeti rétegek talaj-mikromorfológiái vizsgálatával is hozzájárult a régészeti geológia fejlődéséhez. Kubiena (1938) óta a környezetrekonstrukció szolgálatában egyre szélesebb körben alkalmazzák a talaj-mikromorfológiát ásatásokon (Goldberg, 2006; Macphail et al, 2005; Becze-Deák, 1997; Kovács, 2006; Szendrei, 1994 és 2000). Magyarországon a leleteket befogadó anyag úttörő vizsgálatára példa a Szeleta barlang kutatása (Kadič Ottokár és Kormos Tivadar az 1910-es években). A lösz és a közbetelepülő paleotalajok szerves részét képezik a talajban élő csigák, amelyeknek a vizsgálata fontos eredményeket hozott a régészeti értelmezés számára. Krolopp Endre (MÁFI) évtizedeken keresztül dolgozott együtt régészekkel, majd az egyik első környezetrekonstrukciót célzó munka 1984-ben látott napvilágot Jerem E., Facsar G., Kordos E., Krolopp E. és Vörös I. együttműködése révén egy vaskori lelőhelyről. A földtani és talajtani

szempontú értékelést további társtudományok segítik, mint pl. a paleontológia, az archeobotanika és archeozoológia. E tudományterületek régészeti vonatkozásait, hazai és nemzetközi fejlődését Sümegi Pál (2003) foglalta össze. A szűkebb értelemben vett archeo-geopedológia alkalmazási lehetőségeiről Goldberg (2006), hazai viszonylatban Fülek és Marity (1997), illetve Mindszenty és Horváth (2003) munkáiban olvashatunk részletesebben többet.

Jelenleg Magyarországon, földtani és talajtani vizsgálatokon alapuló, ásatásokhoz kapcsolódó környezetrekonstrukciós munkát, szorosabb-lazább együttműködések formájában végeznek a Szegedi Tudományegyetemen (Sümegi Pál és munkacsoportja), a Szent István Egyetemen (Fülek György, Barcsi Attila, Michéli Erika és munkacsoportja), a Pécsi Tudományegyetemen (Dezső József), az MTA Földrajztudományi Intézetében (Schweitzer Ferenc és kollégái) és a MÁFI-ban (Bácskay Erzsébet, Krolopp Endre) az ELTE-n (Mindszenty Andrea, Horváth Erzsébet, Bradák Balázs és Kázmér Miklós).

2007 óta a Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálaton belül, intézményes keretek között van lehetőség az ásatások rendszeres üledékföldtani és talajtani vizsgálatára. A Geo-Pedológiai Protokoll szerint végzett földtani és talajtani vizsgálatok, a többi természettudományos diszciplína eredményeivel együtt segítik a régészeti kutatást, anyagfeldolgozást és dokumentációt (1. ábra).

Témakörök

Jelen áttekintés a következő témaköröket érinti:

- Miért dolgozik geo-pedológus régészeti ásatáson?
- A különböző részletességű környezet-rekonstrukciók.
- A módszertan, ezen belül a Geo-Pedológiai Protokoll.
- A Szolgáltatón belüli üledékföldtani és talajtani feladatok, ill. néhány válogatott eredmény.
- A talaj-mikromorfológia alkalmazása.

Miért dolgozik geo-pedológus régészeti ásatásokon?

A geo-pedológus elsősorban azokra a régészeti kérdésekre keresi a választ, amelyek visszavezethetők a természetes folyamatokra. A geo-pedológus leggyakrabban kétféle kérdéskörrel találkozhat régészeti ásatáson. 1) Az ásatásvezető régészetek nap, mint nap foglalkoztató és az ásatás menetét akár döntően is befolyásoló kérdések, mint pl. „Mi az?”, „Milyen mély?”, egyáltalán „Természetes vagy mesterséges jelenségről van-e szó?”. 2) A másik kérdéskörben rendszerint egy konkrét területre vagy egy régészeti korra /korszakokra vonatkozó összefüggések elemzése a cél. Ehhez még nagyobb mértékben van szükség a régész és geo-szakember együttműködésére. Ahhoz, hogy könnyebb legyen a kommunikáció, a környezetrekonstrukcióval foglalkozó geo-szakember megadhatja, milyen konkrét földtani és talajtani feladatokkal érhető el a cél. Néhány gyakori részfeladat:

1. üledékes alkörnyezetek és az egykori talajképződési viszonyok tisztázása;
2. adatszolgáltatás az egykori vegetációra, vízrajzi, vízföldtani és domborzati viszonyokra, illetve ezek esetleges megváltozására;
3. térszíni mélyedések eredetének és kitöltődésének vizsgálata, amivel a felszínfejlődés értelmezéséhez is hozzájárulhatunk;
4. fagyjelenségek azonosításával a rétegtani besorolást segíthetjük;
5. különböző ásványkiválások környezetjelző szerepének vizsgálata;
6. a fentiek és a társtudományok bevonásával, mint pl. a malakológia vagy a pollenelemzés, klímainformációhoz juthatunk;
7. egyéb feladatok és kérdések, amelyek a konkrét ásatási helyszínen egyeztetethetők.

A különböző részletességű környezet-rekonstrukciók

A régészeti ásatásokon előkerülő szárazföldi üledékek, talajok és az elfedett, un. paleotalajok vizsgálati eredményei gyakran megengedik a környezetrekonstrukciót.

Tapasztalataim szerint, a környezetrekonstrukciós munkákat kétféleképpen lehet megfogalmazni:

1) *Szorosabb értelemben* csak az egykori üledék és talajképződési viszonyokat azonosítjuk. Ebbe beletartozhat a talaj, az „altalaj”, a domborzat, a növényzet, a vizek, a klíma és szerencsés esetben az idő tényező elemzése is.

2) *Tágabb értelemben*, a területet használó ember, természeti elemeket módosító hatását is vizsgáljuk, amelybe az épített környezet is beletartozhat.

A környezetrekonstrukciós feladatok részletességére is igaz, hogy idő – ember – energia – és a rendelkezésre álló pénzügyi keret függvénye.

Fontos figyelembe venni, hogy:

1. Minden ásatás más és más, s hogy mindegyik ásatás fontos adatokat hordozhat a környezetváltozásokra és az ember természettel való kapcsolatának jobb megértésére vonatkozóan.
2. A munka terepen kezdődik el, ott tudjuk rögzíteni a földtani és talajtani jelenségeket.
3. Már az egyszerű terepi megfigyelések során is megbízható válaszokat adhatunk a régészeti kérdésekre.

A könnyebb kommunikáció érdekében és, hogy a munka - idő – energia, stb. számolása is egyszerűbb legyen, különböző vizsgálati fokozatok javasolhatók:

1. *Alap:* támaszkodhatunk csak a terepi alapadatokra, amelyek egyébként önmagukban is sok információt hordoznak a környezeti viszonyokra;
2. *Kiegészített:* ha ezeket az üledékek és talajok szerves részét képező szemcsék (iszapolási maradékban a kavics méretű elegyrészek), különösen a fossziliák (pl. csigák, virágpor) vizsgálati eredményeivel is kiegészítjük, részletesebb információt adhatunk;
3. *Részletes:* a fentiekén túl, a részletes laboratóriumi rutin vizsgálatok (pl. szervesanyag-, szemcseeloszlás-, méisztartalom-, pH meghatározás) és a talaj-mikromorfológia bevetésével, a talajtani folyamatok egymásutánosságát is megbízhatóbban adhatjuk meg;
4. *Speciális:* a IV. vizsgálati csomagba, szükség szerint alkalmazható módszerek tartozhatnak, amelyeket az idő és költségigényességük miatt részletesen szükséges egyeztetni a régész és geo-szakember között.

GEO-PEDOLÓGIA FELVÉTELI LAP

Projekt:	Helyszín:	Rétegoszlop jellege:	Megjegyzés:
Domborzati helyzet:	X: y: z:	LV, ELV, REP, F, OK	
Dátum:	Lapok száma:	Leíró:	Átvevő:
			Fotó:

kor cm üledékföldtan Talajszerk., egyéb

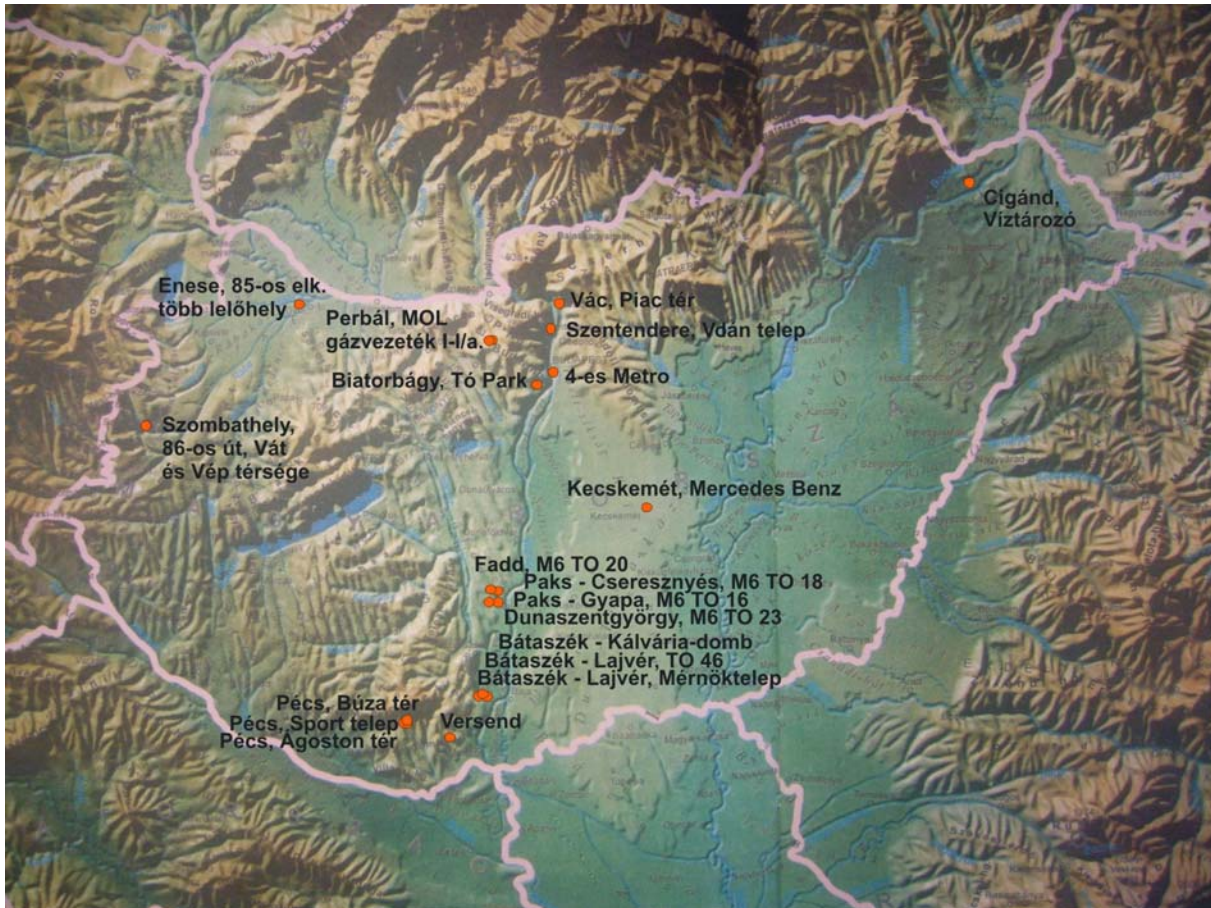
	Rétegszám (1): Mélység (2): Szín (3): Összetétel (4): Alsó határ (5): Állag (6): Kavics anyag (7):..... Ősmaradvány (8):..... Szerkezet (9):..... Redox (10): Életnyom (11):..... Mészart. (12):..... CaCO₃ alak (13): Bevonat (14):..... Szint (15): Minta (16): Megjegyzés (17): 1 (rsz): 2 (cm): 3 (sz): 4 (ö/tsz): 5 (ah): 6 (á): 7 (ka):..... 8 (öm):..... 9 (sz:ű/t):..... 10 (r): 11 (ény):..... 12 (mt):..... 13 (Ca): 14 (b):..... 15 (szt): 16 (m): 17 (mj): 1 (rsz): 2 (cm): 3 (sz): 4 (ö/tsz): 5 (ah): 6 (á): 7 (ka):..... 8 (öm):..... 9 (sz:ű/t):..... 10 (r): 11 (ény):..... 12 (mt):..... 13 (Ca): 14 (b):..... 15 (szt): 16 (m): 17 (mj): 1 (rsz): 2 (cm): 3 (sz): 4 (ö/tsz): 5 (ah): 6 (á): 7 (ka):..... 8 (öm):..... 9 (sz:ű/t):..... 10 (r): 11 (ény):..... 12 (mt):..... 13 (Ca): 14 (b):..... 15 (szt): 16 (m): 17 (mj):
--	--

a kl h ka ka: kavics

a: agyag, kl: kőzetliszt, h: homok

Rétegszám: fentről lefelé római szám (v. SE szerint). **Mélység:** fentről le (cm). **Szín:** Munsell SCC szerint. **Összetétel:** agyag, kőzetliszt (iszap), homok v. átmenetek (kőzetlisztes agyag). **Alsó réteghatár:** éles vagy fokozatos. **Állag:** puha, laza, kötött, kemény. **Kavics:** 2 mm < szemcsék gyakorisága (4-es skála) anyaga, mérete és alakja. **Ősmaradvány:** fajtája, gyakorisága (pl. csiga). **Szerkezet:** üledék: rétegzés (pl. sík v. kereszt) talaj: pl. morzsás, szemcsés, lemezes. **Redox:** Fe-Mn kiválások mérete, alakja, elrendeződése és gyakorisága. **Életnyom:** mérete (cm) és gyakorisága. **Mészartalom:** 10% HCl-val reakció: nincs (0) v. +/+/++/. **CaCO₃ alak:** pl. gumó, lepel. **Bevonat:** agyag, mész, humusz. **Szint:** pl. A, B, C (k: mészfelhalm., t: agyagdúsulás, g: gley, stb.). **Mintasza:** év/hónap/nap/szelvény/sorszám. **Megjegyzés:** pH, lágy-üledék deformációs szerkezet, fotó, egyéb.

2. ábra: Terepi adatfelvételi lap geo-szakember számára. Az adatfelvételi lap tartalmaz általános információkat (felül), talaj- és üledékbélyegek leírását rétegenként (jobbra), rajzfelületet (balra), jelkulcsot a rajzhoz (balra lent) és egy sűgöt az adatlap kitöltéséhez (jobbra lent)



3. ábra: A K.Ö.Sz. koordinációja alatt létesített ásatások, amelyeken 2008-ban földtani és talajtani adat és mintagyűjtés zajlott

Geo-Pedológiai Protokoll

A Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálatnál a minél pontosabb és lehetőség szerint egységes terepi adat-, illetve mintagyűjtés elősegítése céljából készült el 2008-ban a Geo-Pedológiai Protokoll. 2007 októberében a régészeti geológiában érintett, üledékföldtannal vagy talajtannal foglalkozó szakemberek, illetve régészek előtt a Magyar Állami Földtani Intézetben bemutatott és megvitatott, majd később a beérkezett vélemények és bírálatok után módosított/javított szöveg képezte a jelenleg is alkalmazott változat alapját.

Ez a módszertani segédanyag elsősorban geo-szakemberek számára készült, hiszen a földtanban és a talajtannal járatos szakembernek kell a környezeti elemekre vonatkozó adatokat értelmezni, de a segédanyag tartalmaz olyan adatfelvételi lapokat, amelyek az ásatáson dolgozó régészek és technikusok számára készültek, hogy a környezetrekonstrukcióhoz szükséges terepi adat és mintagyűjtést szükség esetén ők is elvégezhessék. Erre akkor van szükség, ha geo-szakember éppen nem tud kimenni a helyszínre.

A módszertani segédanyag elérhető a világhálón és a következő helyről letölthető: <http://www.kosz.gov.hu/hun/page-geo-pedologiai-protokoll.html>.

A Geo-Pedológiai Protokoll (vagy röviden GPP) része a földtani és talajtani adatok egységes archiválása és adatbázisban való gyűjtése, illetve a minták tárolása. A terepi adat- és mintagyűjtés, az egyeztetett kérdéseknek megfelelően, az üledékképződési környezet és a domborzat függvénye, de ásatásonként legalább egy reprezentatív vagy elvi rétegoszlop rögzítése, illetve jelentésben való közlése minden ásatási helyszínről fontos, így ez a munka is egyfajta leletmentés. Fontos, hogy:

- törekedjünk az egységes adat és mintagyűjtésre,
- minél teljesebb rétegsorból dolgozzunk,
- ne csak az objektumokból vegyünk mintát, hanem használjuk ki a *metszettel* adta lehetőségeket (pl. ásatást határoló metszettel), azaz onnan mindenképpen gyűjtsünk mintákat, mert a teljes holocénre jellemző in situ talajképződés nyomai itt nagyobb valószínűséggel őrződhetnek meg, mint az

objektumok betöltéseiben. Így pontosabb rekonstruálható a terület környezeti fejlődéstörténete. Lehetőség szerint a helyszínen tisztázzuk a vizsgált rétegek régészeti rétegtani viszonyait, mert ezáltal a kutatás fókuszában levő korok szerint válnak könnyebben értelmezhetővé a környezetváltozások.

A terepen begyűjtendő/begyűjthető földtani és talajtani alapadatok a következők:

A réteg vastagsága (cm), szín (Munsell SCC, 2000), összetétel vagy fizikai féleség (szemcseméret alapján), alsó réteghatár jellege, állag, kavics méretű szemcsék zottani leírása (2 mm felett), ősmaradvány tartalom, üledékes és/vagy talajszerkezet, pórusok, életnyomok, mésztartalom az alapanyagban (reakció 10 % HCl-val), vas-mangán kiválások, redox bélyegek. Az egyes elemrészek vagy jelenségek mennyiségbeli becslésére félkvantitatív skálát is használhatunk (kevés: +, közepes: ++, sok: +++).

Minél többet begyűjtünk ezekből az adatokból a terepen, annál biztosabb lesz az alapja a környezetrekonstrukciónak. A Protokoll füzetben visszaköszönnek a geológusok és talajtani szakosok körében vizsgált jelenségek, többek között az üledékes és talajszerkezet típusok, a különböző anyagkoncentrációk és kiválások leírását segítő ábrák, stb. A GPP tartalmazza a terepi adatfelvételi lapot is (2. ábra).

Az ásatáson dolgozó régész vagy technikusok számára készült adatfelvételi lapon elég jelezni a réteg számát, a színét, röviden az összetételét, a réteg valószínűsíthető régészeti korbesorolását, a leletanyag rövid leírását és megjegyzést is lehet tenni.

A geo-szakemberek vagy a régészek és technikusok számára készült adatfelvételi lapok használatával és a mintagyűjtéssel elérhető, hogy egy ásatásról se vesszen el földtani és talajtani adat. A mintagyűjtés nem igényel komolyabb erőfeszítést, a lap és a minták azonban, egy későbbi rekonstrukcióban vagy összehasonlításnál kulcsfontosságúak lehetnek.

A terepmunka során különleges lágy-üledék deformációs szerkezetekkel is találkozhatunk, amelyek változatos összetételű anyagokban alakulnak ki fagy hatására, szeizmikus esemény, pl. földrengés hatására vagy terhelés/taposás eredményeként (Allen, 1982; Obermeier, 1996; Van Vliet-Lanoë, 1985; Horváth et al, 2005). Jég általi deformációs vagy krioturbációs jelenségek többek között Dunaszentgyörgyről kerültek elő (M6, TO 23 lelőhely, ásatásvezető: Majerik Vera). Ezek a pleisztocénben kialakult szerkezetek, de felismerésükkel jelentősen megkönnyíthetjük a régészeti dokumentációt és egy szint rétegtani hovatartozása is tisztázható.

A Szolgáltatón belüli üledékföldtani és talajtani feladatok, illetve néhány válogatott eredmény

A térképen (3. ábra) a nagyobb beruházásokhoz kapcsolódó, 2008. évi ásatási helyszínek láthatók, sok az M6-os autópálya nyomvonal mentén található. Ezekről a helyszínekről különböző részletességű környezetrekonstrukciós jelentések vagy szakvélemények készültek, illetve feldolgozás alatt vannak.

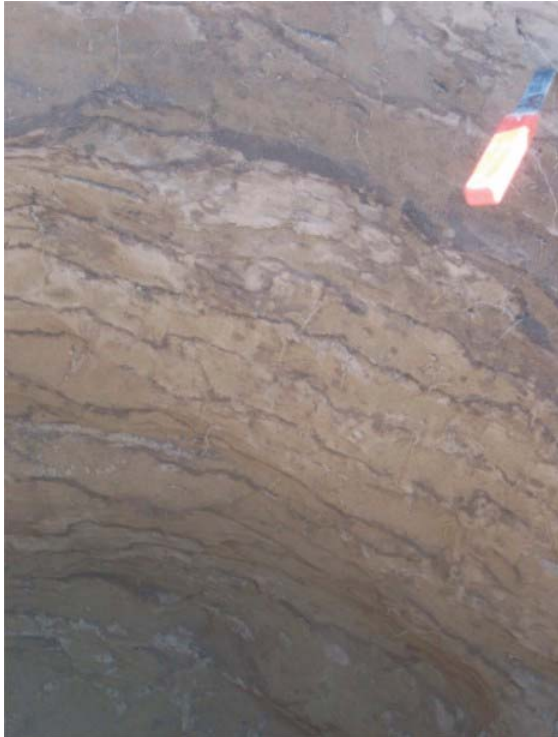
A geo-pedológus feladatai között szerepel, hogy:

1. közvetlen adatszolgáltatást nyújt, ami lehet egy egyszerű geotechnikai kérdés megoldása (pl. humuszréteg vastagságának térképezése, területhasználat fűrészekkel nyomozása, rétegfajták fűrészekkel történő megismerése még a szondaárkok nyitása előtt, kútmélység közlése);
2. a földtani és talajtani alapadatok alapján egy rövidebb környezetértékelés készítése;
3. vagy -számos anyagvizsgálatra alapozva - összetett környezetrekonstrukció készítése.

Közvetlen adatszolgáltatásra példa Lánycsók (ásatásvezető: Voicsek Vanda), ahol egy térszíni mélyedést kellett térképezni fűrészekkel. A vastagságviszonyok megadása megkönnyítette a régész számára a terepi munkák tervezését és az értelmezést. Vác belvárosában (ásatásvezető: Dr. Mészáros Orsolya) középkori kutak mélységét kellett előre megadni. Számos kút 5 m-nél is mélyebb volt.

Fadd mellett (ásatásvezető: Halász Ágoston), sok kezdetben ismeretlen eredetű, talaj és üledékanyagú, kerek v. ovaloid foltot kellett megvizsgálni az ásatási felszínen. Mivel a fokozatos átmenettel jellemezhető foltokon belül és azokon kívül az üledék és talajanyag színe, szemcsemérete, iszapolási maradványok a gumós másodlagos ásványkiválásokkal együtt teljesen hasonló volt, antropogén szemcse nem került elő belőlük, továbbá a foltok alakja és a foltokon belül észlelt üledék és talajdarabok elrendeződése hasonlított a fakidölések után visszamaradt szerkezetekhez, az itteni kérdéses, lehatárolt foltok eredetének is megjelölhető volt a fakidölés. A fakidölések erős szél, jég- vagy hóteher, illetve egy másik fa kidölése nyomán alakulnak ki (Langohr, 1993).

Rövidebb környezetrekonstrukcióra példa, a Cigánd melletti víztározónál létesült ásatáson végzett geo-pedológiai feladat elvégzése (ásatásvezető: Kisjuhász Viktória), ahol a római kori gödrök falában furcsa, hullámos agyagos csíkokat kellett értelmezni.



4. ábra: Vas-oxiddal színezett agyagdúsulási csíkok (kovárványok) homokban egy római objektum falában (Cigánd, Víztorozó)

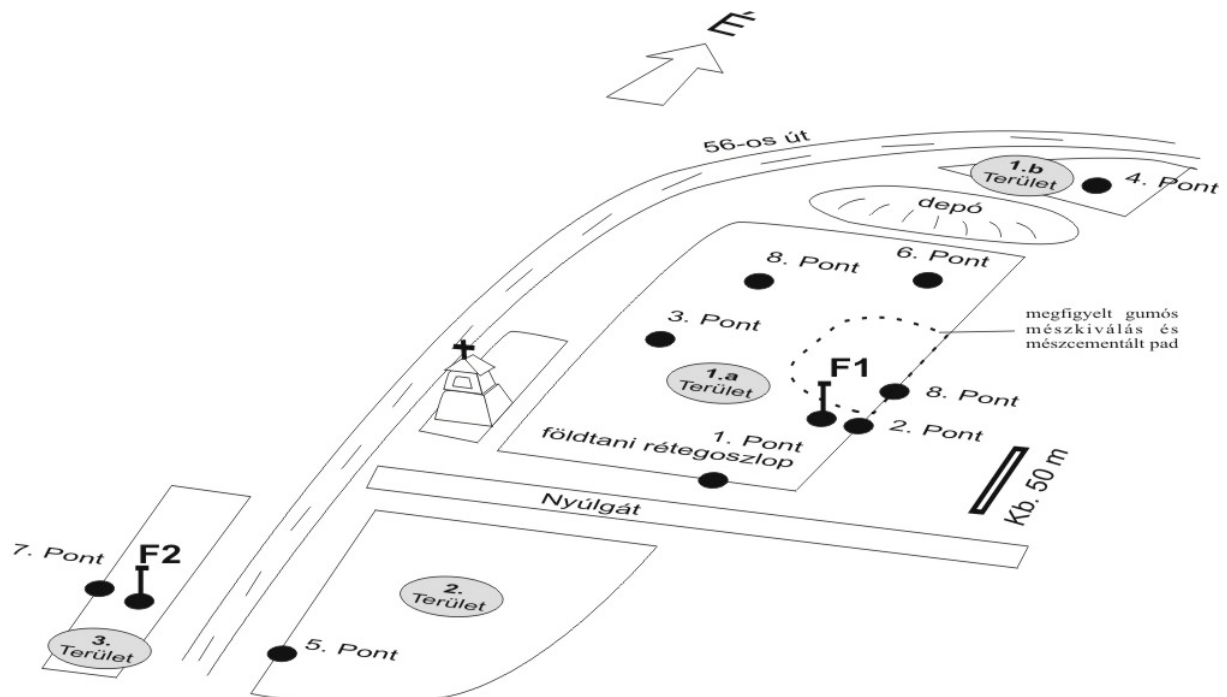
Ezek a kovárvány képződés szép példái és a homoktalajokban, a jó kilúgozottsági viszonyok mellett (elég csapadék), agyagmozgás miatt alakulnak ki (**4. ábra**). Akár egy korábbi barna erdőtalajhoz kapcsolódó erdős vegetációt is jelezhetnek.

Szentendrén a HÉV végállomás mellett, kezdetben kevés római objektum került elő, majd egy temető is (ásatásvezetők: Kisjuhász Viktória és Herbály Róbert). A terepi földtani és talajtani megfigyelések és egyszerű iszapolási vizsgálatok alapján, a Duna mai ártere alatti, egykori mederkörnyezetet, a római kori magas árteren, a felszint borító csernozjom vagy mezőségi jellegű talajt sikerült azonosítani. Az összes terepi megfigyelés alapján, itt, a Duna enyhén hullámos folyóvízi síkságának a fejlődése volt nyomonkövethető, a jégkor végétől napjainkig. Tehát, pontos terepi megfigyelésekkel és egyszerű, gyors vizsgálatokkal is, jól használható fejlődéstörténeti vázlatok készíthetők.

Az egyik összetettebb környezetrekonstrukcióra példa a Bátaszék melletti Kálvária-dombon (56-os út, ásatásvezető: Magyar Zsolt és Czifra Szabolcs) végzett kutatás és a jelentésben közölt eredmények (Horváth, 2008).

A Szekszárdi-dombság és a Sárvíz találkozásánál gyakoriak a szervesanyagban gazdag talaj- és üledékanyaggal kitöltött térszíni mélyedések, amelyek nagyrészt a vízfolyások egykori medreiként, holtágként értékelhetők. Itt, többek között ezeket kellett közelről megvizsgálni, a római kori kelta területhasználattal összefüggésben.

Mint minden ilyen geo-pedológiai kutatáshoz, ehhez is tartozik egy helyszínrajz, ahol a földtani megfigyelési pontok és fúrások jelölve vannak, hogy a régész is jól tájékozódhasson a feldolgozás, értelmezés során (**5. ábra**).



5. ábra: Vázlatos helyszínrajz a Bátaszék, Kálvária-domb régészeti lelőhelyről a földtani és talajtani megfigyelési pontok (számok) és fúrások (F jellel) feltüntetésével



6. ábra: A humuszolás utáni felszín információt hordoz az őskort megelőző, az őskori, de akár a római kori felszínre is. A jégkorszak végén, a holocén elején mederág volt a területen, de az őskorban és akár a római korban is, a mainál jóval tagoltabb felszínen időszakosan víz állhatott a térszíni mélyedésekben (terepi megfigyelések a malakológiai eredményekkel együtt).

A 2007. évi humuszolás után képet kaphattunk arról, hogy mennyivel tagoltabb volt a római kor előtt a felszín: felszínközeli jégkori folyóvízi üledékek (1), az arra települő lösz dombok (2) és a vízzel időről időre feltöltődő, egykori mélyedések (3) láthatók (**6. ábra**).

A szokásos földtani rétegsoron, az egyik ilyen feltöltődő mederüledéken kialakult, római kori talajanyagot is tartalmazó humuszos szintek láthatók, amelyeket részletesebb vizsgálat alá vontam (**7. ábra**).

A terepi leírások mellett, szemcseeloszlás, mésztartalom, pH meghatározás, iszapolás, vékonycsiszolat elemzés és malakológiai vizsgálat is készült.

Az eredmények alapján, sikerült nyomkövetni a felszínfejlődést a pleisztocén végétől napjainkig. Így, a korábbi vízfolyás-mederrel tagolt domborzat fokozatosan kiegyenlítődik, miközben a térszíni mélyebb területeken időről-időre visszatér a vízhatás és a vízzel borítottság. A térszíni magasabb helyeken a területhasználat feltételei huzamosabb ideig kedvezőbbek voltak. Itt mezősi talaj fejlődött ki. A kavicsos homok rétegek szárazabb időszakban is vízzel láthatóak el a kutakat. A részletes eredmények a **8. ábrán** láthatók.

Az elkészült geo-pedológiai jelentés, a többi társtudomány eredményeivel együtt, hasznosan egészíti majd ki a régészeti feldolgozást, melynek végén kerekedik ki a teljes történet.

A talaj-mikromorfológia alkalmazása

A talajképződési folyamatok és a talajt ért utólagos hatások értelmezésénél egyre gyakrabban vetjük be

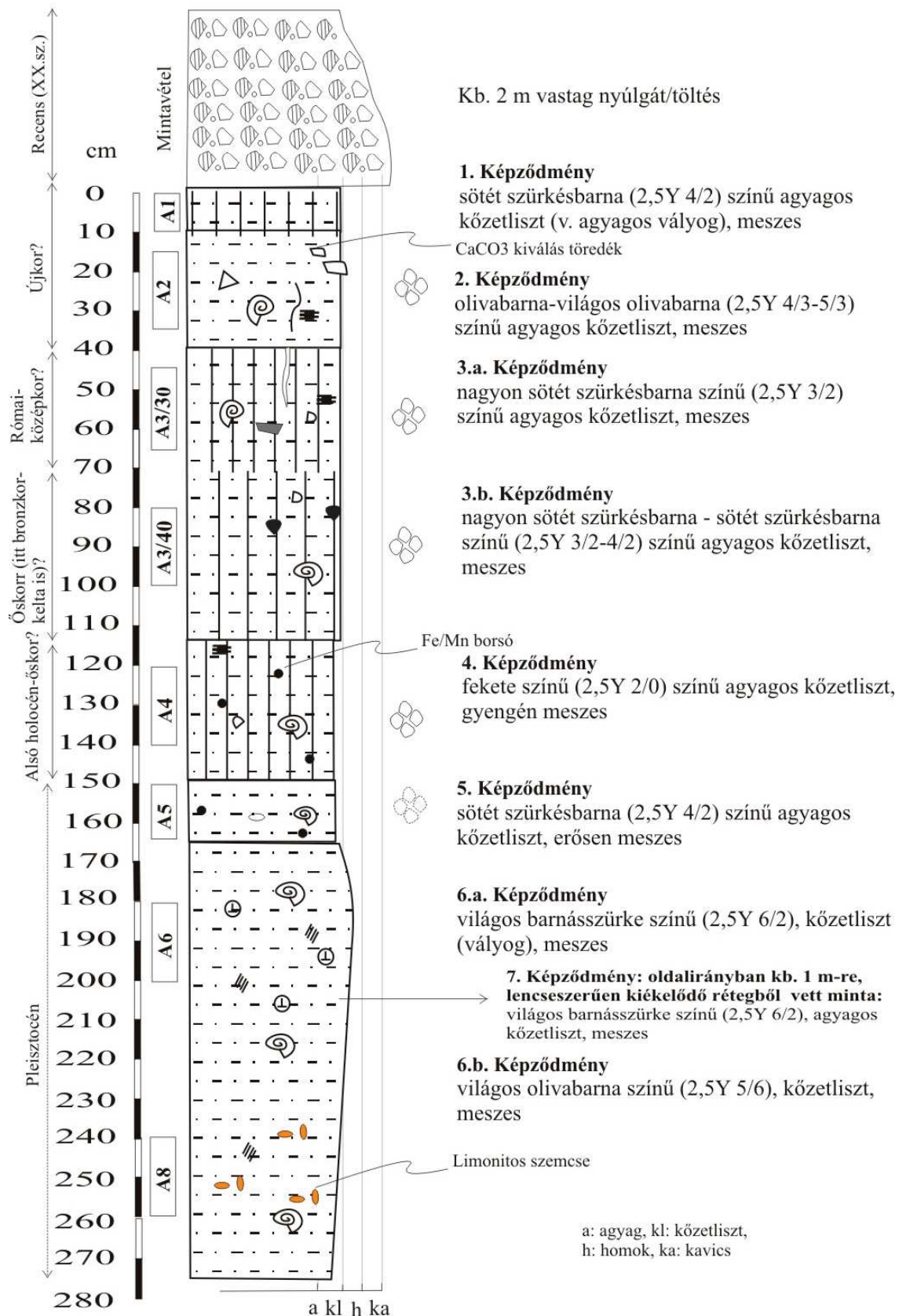
a talaj-mikromorfológiai vizsgálatokat. Ezzel a módszerrel megoldható többek között:

- a vázszemcsék azonosítása, ami az *eredet* vizsgálatban hasznos;
- a mikroszerkezet azonosítása, ami a *talajtani folyamatok, biológiai tevékenység és a fagyhatás* értékelésénél fontos;
- a szerves elegyrészek azonosításával a *területhasználatra* is lehet következtetni;
- az anyagkoncentráció- és ásványkiválás mozgása is környezetjelző szereppel bír;
- és a talajlakó élőlények nyomait is könnyebben értékelhetjük, akár a megőrződött exkrementumaik vagy galacsinjaik alapján.

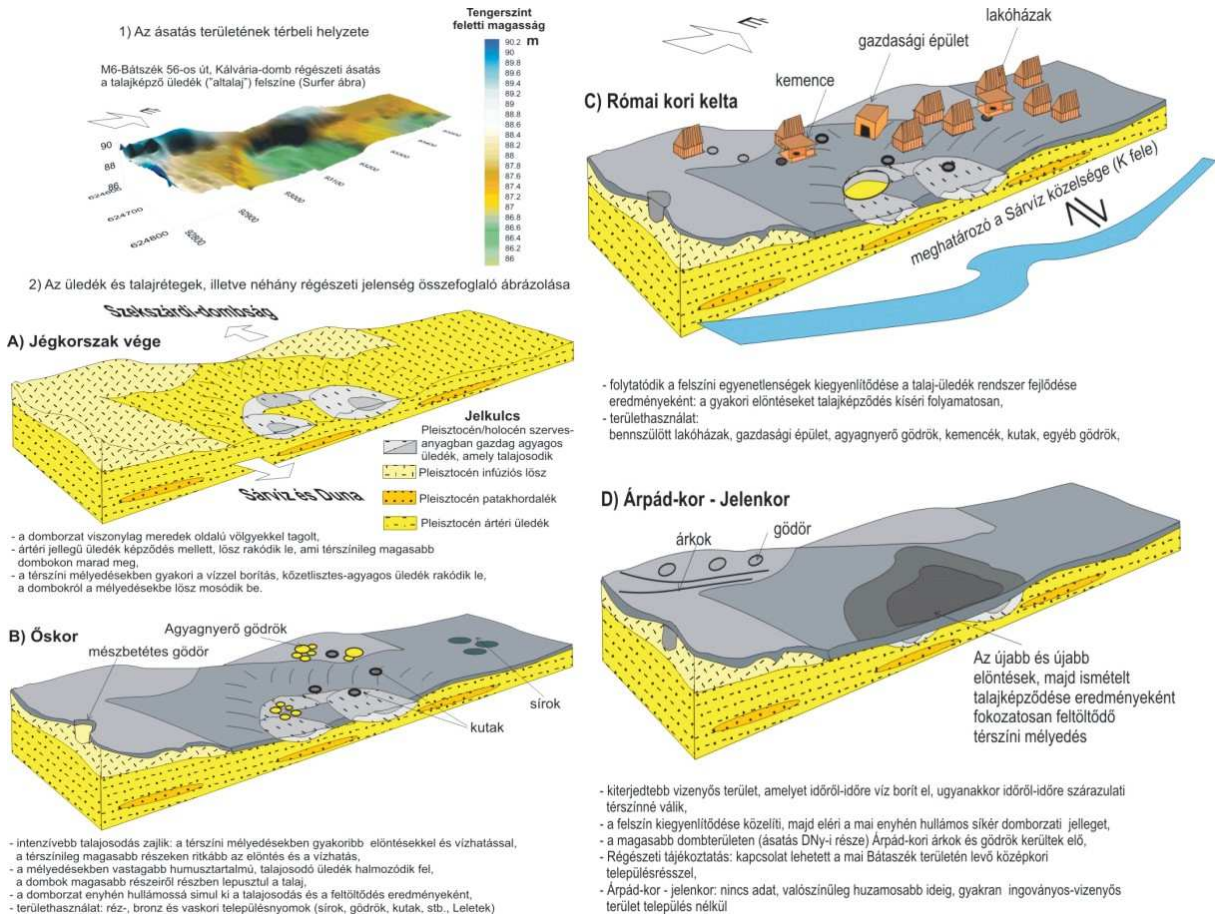
Össességében tehát, információt kaphatunk az *őskori környezetre és a területhasználatra*.

A talaj-mikromorfológia módszertanáról, alkalmazási lehetőségeiről az egyik legjobban használható „Handbook of Soil Thin Section Description” (Bullock et al, 1985) mellett, Szendrei Géza tankönyvet írt és jelentett meg 2000-ben, ezért itt csak röviden mutatom be, a mikromorfológia régészeti ásatásokon való alkalmazhatóságának lehetőségeit. A régészeti ásatásokról származó padlóminták mikromorfológiai vizsgálatával, számos szakember foglalkozik nemzetközi és hazai területeken is (a teljesség igénye nélkül: többek között Courty, 1989; Matthews et al, 1997; Kovács, 2006). A mikromorfológiára előzetesen átlátszó ragasztóanyaggal cementált, majd üveglemezre ragasztott és kb. 30 µm vastagságúra csiszolt talaj, üledék vagy padlómintákat használunk és a vizsgálathoz leggyakrabban polarizációs mikroszkópot vagy esetenként sztereomikroszkópot használunk.

**Bátaszék, 56-os út, Kálvária-domb,
földtani rétegoszlop, 1 megfigyelési pont**



7. ábra: Földtani –talajtani rétegsor a Kálvária-domb lelőhelyről



8. ábra: Fejlődéstörténeti ábrásor (vázlat) a terepi megfigyelések-vizsgálati eredmények alapján (Bátaszék, Kálvária-domb)

A talaj-mikromorfológiai vizsgálatok célja és fontossága:

A környezetváltozások, a talajtani folyamatok jobb megismerése és a felszínalakulás pontosításához adatokat kaphatunk, ha a képződményeket felépítő vázszemcséket, az alapanyagot, a mikroszerkezetet, a különböző anyagkoncentrációkat mikroszkópos vizsgálatokkal is elemezzük, majd értelmezzük. Az ásványok és a szövetalakulás paragenetikai sorrendjének tisztázása segíthet a vizsgált képződményt ért esetleges környezetváltozások hatásának felismerésében. A leírásokban a talajbélyegek mennyiségét félkvantitatíve is lehet becsülni (+: kevés, ++ közepes, +++ sok, de a ++++ rendkívül sok is alkalmazható). Az egyes minták adatainak táblázatos összefoglalása megkönnyíti a változások nyomonkövetését függőleges szelvényben.

Néhány példa a talaj-mikromorfológia gyakorlatából:

A. Csatornás mikroszerkezet és a csernozjom jellegű talajokban gyakori, meszes giliszta galacsin, amelyek a gazdag biológiai tevékenységet jelzik **(9. ábra)**.

B. A környezeti viszonyok megváltozásai is láthatók vékonycsiszolatokban. A **10. ábra** bal oldalán a csapadékos éghajlatot követő, szárazodó környezet nyomai láthatók. A sárgásbarna színű *agyagbevonatok* a mészanyag kimosódása után, kedvező csapadékvizsúlyok között mozdultak és váltak ki a talajszelvényben, míg a közbetelepülő *mészanyag később*, valószínűsíthetően a környezet szárazodása nyomán vált ki. (a *pollenvizsgálat* alapján itt kezdetben elegyes tölgyes erdő lehetett, majd a földművelés teret hódított). Egy korábbi, akár erdő alatt fejlődő, agyagdúsulási szint eróziója nyomán alakul ki az agyagbevonat töredék, a papula.

C. A vas/mangán borsók talajban és üledékben az időszakos vízhatásra utaló, fontos környezetjelző elemek, de ezek a borsók kerámiák alapanyagában is megőrződhetnek, lehetőséget biztosítva a származási hely pontosabb azonosítására **(11. ábra)**.

Kitekintés

Az ásatásokon gyűjtött földtani és talajtani megfigyelések, illetve vizsgálatok a régészeti kutatásban egyre jobban hasznosítható eredményeket szolgáltatnak már a terepi munkafolyamatok tervezésénél is, de a későbbi környezeti viszonyok vagy azok megváltozásának, továbbá a felszínfejlődés értékelésénél is. A paleotalajtani megfigyelések is jelenthetnek közvetett vegetáció- és klímainformációt, de a társtudományok szakembereinek együttműködése eredményeként (pl. malakológia, pollenelemezés) a növénytakaró és az éghajlat változásai pontosabban rekonstruálhatók.

A folyamatosan gyűjtött eredmények és növekvő számú publikációk mellett, jelentések formájában és digitálisan is elérhetők a Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat Adattárban. A jövőben hasznos lenne a különböző földtani és talajtani (akár régészeti) adatbázisok összekapcsolása, amivel a várható eredmények így megsokszorozhatók.

Számos flamand, francia és svájci példa alapján, az un. geo-archeopedológiai kutatások jelentősége felértékelődhet a közel jövőben a hazai oktatásban, a BSC, az MSC, a PhD és a szakmérnöki képzésben egyaránt.

Bízva abban, hogy több hasonló fórumon, mint az Archeometriai Műhely Vitadélutánja a Nemzeti Múzeumban, vagy terepen jobban megismerhetjük egymás munkáját és a növekvő tapasztalatok, illetve eredmények tükrében további együttműködésekre nyílik lehetőség. A szerző ehhez kíván jó szerencsét!

Felhasznált irodalom

ALLEN, J. R. L. (1982): *Sedimentary structures: their character and physical basis*. Elsevier, N. Y., p. 663.

BECZE-DEÁK, J. (1997): Study of secondary small scale CaCO₃ in the frame of geopedological research and reconstruction of environment evolution of the last interglacial early glacial sequence at the Wallertheim site (Rheinhessen, Germany). *PhD dissertation*. University of Gent, Belgium, p. 422.

BULLOCK, P., FEDOROFF, N., JONGERIUS, A., TURSINA, T., STOOPS, G. (1985): *Handbook for soil thin section description*. Waine Research Publications, England, p. 151.

COURTY, M. A., GOLDBERG, P., MACPHAIL, R. I. (1989): *Soils and Micromorphology in Archeology*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 344.

FÜLEKY, GY., MÁRITY, E. (1998): Environmental Changes in Budaújlak in the Roman Period. In (ed. Németh M.). *The Roman Town in the Modern City*. Bp., 239-245.

GOLDBERG, P. (2006): *Practical and Theoretical Geoarchaeology*, Blackwell Sci. Ltd, p. 472.

HORVÁTH, Z. (2008): Bátaszék, 56-os út Kálvária-domb (23+0,15-23+880 km szelvény) nevű régészeti ásatás geo-pedológiai vizsgálata. *Jelentés*. Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat, Bp., 20 oldal + mellékletek.

HORVÁTH, Z., MICHÉLI, E., MINDSZENTY, A., BERÉNYI-ÜVEGES, J. (2005): Soft-sediment deformation structures in Late-Miocene - Pleistocene sediments on the pediment of the Mátra Hills (Visonta, Atkár, Verseg): cryoturbation, load structures or seismites? *Tectonophysics*, **410** 81-95.

JEREM, E., FACSAR, G., KORDOS, L., KROLOPP, E. ÉS VÖRÖS, I. (1984): A Sopron-Krautackerén feltárt vaskori telep régészeti és környezetrekonstrukciós vizsgálata I. *Arch. Ért.* **111/2** 141-170.

KOVÁCS, G. (2006): *A talajmikromorfológia környezettörténeti és régészeti alkalmazása*. Matrica Múzeum, Százhalombatta, p. 8.

LANGOHR, R. (1993): Types of tree windthrow, their impact on the environment and importance for the understanding of archeological excavation data, *Helinium*, **XXXIII/1** 36-49.

LYELL, C. (1863): *The Geological Evidence of the Antiquity of Man, with Remarks on Theories of the Origin of Species by Variations*. John Murray Press, London, UK, p. 551.

MACHPAIL, R., MATTHEWS, W., GOLDBERG, P. (2005): *Practical and Theoretical Geoarchaeology*, Blackwell, 320p.

MATTHEWS, W., FRENCH, C. A. I., LAWRENCE, T., CUTLER, D. F. AND JONES, M. K. (1997): Microstatigraphic traces of site formation processes and human activities. *World Archaeology*, **29/2** 281-308.

MINDSZENTY, A., HORVÁTH, Z. (2003): Geo-archeopedológia a környezeti rekonstrukció szolgálatában. In: *Aquincumi füzetek* (Szerk: Zsidi Paula), **9** Budapesti Történeti Múzeum, Budapest, 16-32.

Munsell Soil Color Charts (2000): Soil Survey Manual - U.S. Dept. Agricult. Handbook, 18.

OBERMEIER, S.F. (1996): Use of liquefaction-induced features for paleoseismic analysis: an overview of how seismic liquefaction features can be distinguished from other features and how their regional distribution and properties of source sediment can be used to infer the location and

strenght of Holocene paleo-earthquakes. *Engineering Geology*, **44** 1-76.

SÜMEGI, P. (2003): *A Régészeti Geológia és a Történeti Ökológia*. JATE Press, p. 223.

SZAKMÁNY, GY., GHERDÁN, K., STARNINI, E. (2004): Kora neolitikus kerámia készítés Magyarországon: a Körös és a Starčevo kultúra kerámiáinak összehasonlító archeometriai vizsgálata. *Archeometriai Műhely* **1/1** 28-31.

SZENDREI, G. (1994): Talaj-vékonycsiszolatok mikroszkópi vizsgálata. *Földtani Közöny*, **124** 107-127.

SZENDREI, G. (2000): *Talajmikromorfológia*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 220.

VAN VLIET-LANOË, B. (1985): Frost Effects in Soils In: Boardman, J.: *Soils and Quaternary Landscape Evolution*. John Wiley Sons Ltd., 117-158.

A FITOLITKUTATÁS SZEREPE AZ ŐSKÖRNYEZETTANBAN ÉS A KÖRNYEZET RÉGÉSZETBEN, VALAMINT HAZAI ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

PETŐ ÁKOS^{1,2}

¹Szent István Egyetem, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, 2103-Gödöllő, Páter Károly u.1.

²Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat, Régészeti Igazgatóság, Természettudományos Laboratórium
1036-Budapest, Dugovics Titusz tér 13-17. akos.peto@kosz.gov.hu

Abstract

The present paper is based on the presentation held on 31st March 2009 at the Hungarian National Museum on a workshop entitled "Archaeology – Geology - Pedology – how far have we got with palaeoecological reconstructions?" organised by the Archaeometry Workshop. Following paper intends to present the brief history and theoretical development of the discipline called phytolith analysis and intends to give a basic theoretical background of various methodological aspects, before discussing certain issues and experimental relations gained in Hungarian case studies.

The function of the uppermost Earth cover – defined as soil – is multifarious. Besides being the most important medium for crop cultivation and buffer of contaminations, it shelters the 'memories' of human history in the form of many different phenomena. Not only macrofossils or archaeological findings transmit information on how people managed their environment, but microscopic remains formed in and by living organisms are equipped with notable information package, too.

Phytolith analysis went through several phases of development during the last two centuries until the most important baselines of the discipline evolved. Nowadays these principles are widely used in environmental archaeology, palaeoecology and landscape studies. Tracing the development of the discipline provides useful lessons for all of those applying the method in environmental studies.

During the building of a soil-phytolith database, a wooded pasture in the Bakony Mountains was selected as a target area too conduct controll studies for the further development of the reference database. An ecological classification system was used to conduct the analysis of the target area, which was once densely covered by deciduous forest. Environmental change classified by 'forest – ploughland – wooded pasture' was underlined by the results of the controll Luvisol profile.

Kivonat

Jelen dolgozat a Régészeti és Művészettörténeti Társulat, az Archeometriai Műhely, az MTA X. Osztály Geokémiai és Ásvány-Kőzettani Tudományos Bizottságának Archeometriai Munkabizottsága által szervezett „Régészet – Geológia - Talajtan - hogy is állunk a környezetrekonstrukcióval?” című vitanapon elhangzott azonos című előadás tartalmára épít és bemutatja a fitolitikutatás rövid történeti és elméleti fejlődését, valamint kitér egy hazai esettanulmány kapcsán a fitolitik környezet rekonstrukcióban betöltött szerepére.

A fent említettek alapján a dolgozat részben áttekintő tanulmány, részben eredeti kutatások eredményeit bemutató szakcikk.

A földkéreg legfelső, mállott és szilárd burkaként definiált talaj egyik fontos funkciója, hogy kiemelkedő szerepe van a korabeli társadalmak és a természeti környezet múltját feltáró dokumentumok 'megőrzésében'. Nemcsak makroszkopikus leletek árulkodhatnak a korabeli ember és környezetének viszonyáról, hanem az élőszervezetekben képződő mikroszkopikus sejtzárványok is jelentékeny információ tartalommal bírnak.

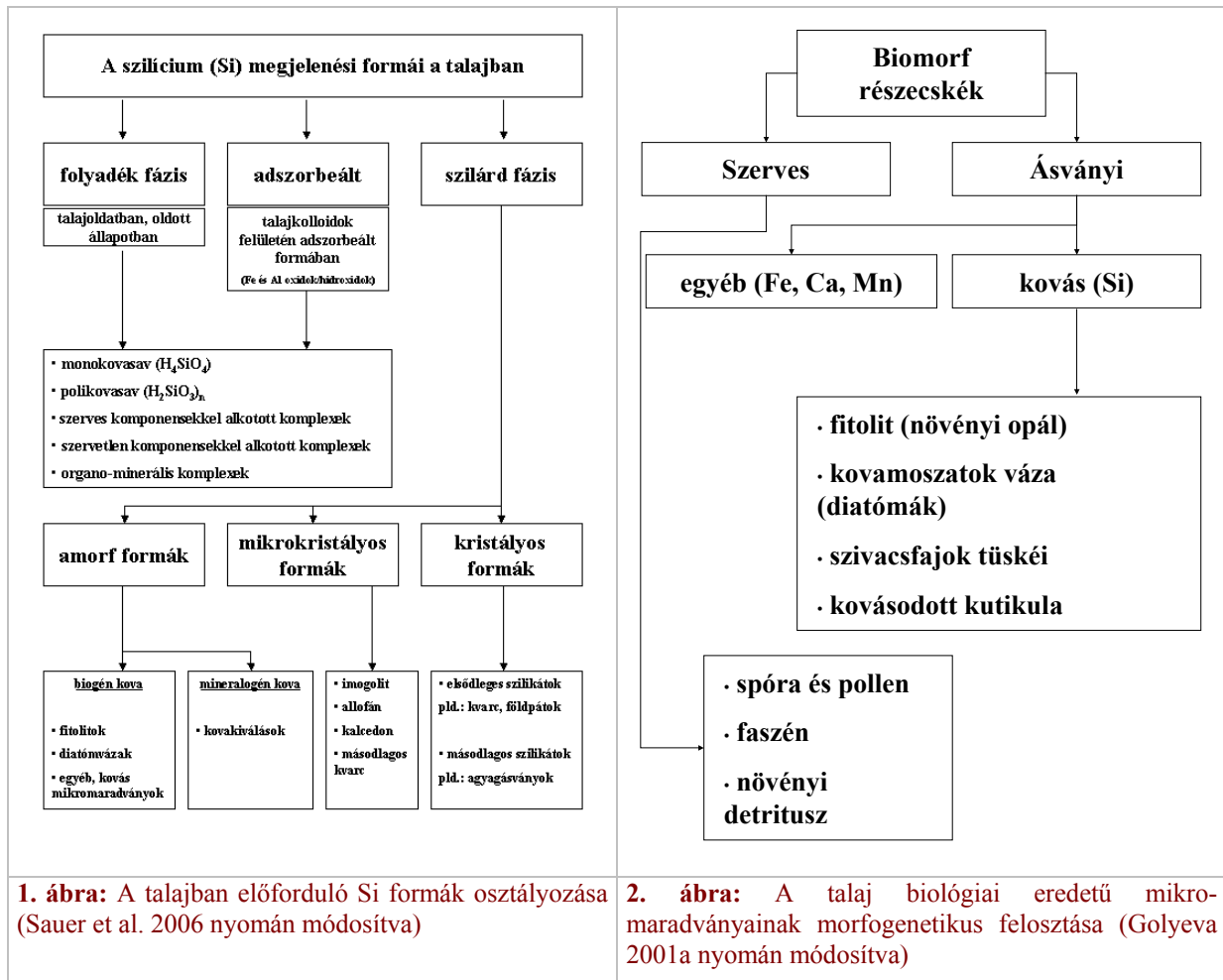
A közel két évszázados múltra visszatekintő fitolitikutatás több fejlődési fázison ment keresztül mire a környezetrégészetben, az őskörnyezettanban és táj kutatásban is alkalmazható alapvetések megszülettek. A tudományterület fejlődése számos tanulsággal szolgál, amelyek ismerete és figyelembevétele akkor is elengedhetetlen, ha alkalmazott tudományként szerepel a módszer egy tájtörténeti vagy (környezet) régészeti vizsgálat sorozatban.

Egy talaj-fitolit adatbázis kiépítése során, a magas-bakonyi Pénzesgyőr melletti hagyásfás legelőn nyitott talajszelvényt választottuk kontroll vizsgálati anyagként. Az egykoron erdőborította bakonyi terület élőhelyi viszonyainak vizsgálatát egy ökológiai osztályozási rendszer segítségével vizsgáltam. A klasszikus talajtani terepi- és laboratóriumi alapvizsgálatok segítségével meghatározott agyagbemosódásos barna erdőtalaj

szelvény mintáiból feltárt indikátor típusok szépen kirajzolták a terület korábban megismert 'erdő-szántó-fáslegelő' hármásával leírható tájtörténeti változásait.

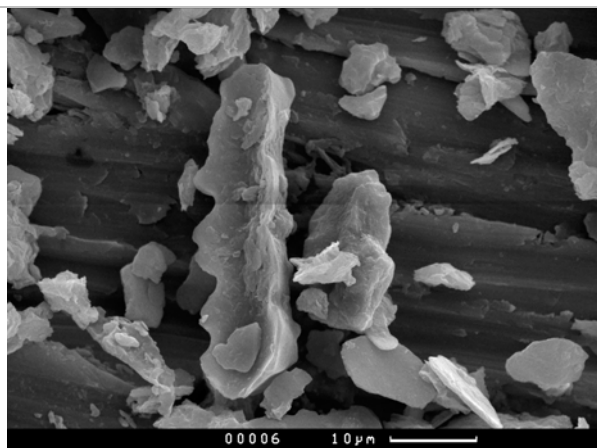
KEYWORDS: PHYTOLITH, PALAEOECOLOGY, ENVIRONMENTAL ARCHAEOLOGY

KULCSSZAVAK: FITOLIT, ŐSKÖRNYEZETTAN, KÖRNYEZET RÉGÉSZET

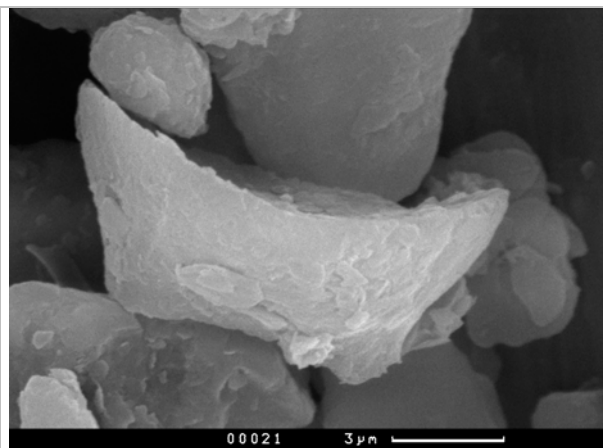


1. ábra: A talajban előforduló Si formák osztályozása (Sauer et al. 2006 nyomán módosítva)

2. ábra: A talaj biológiai eredetű mikromaradványainak morfogenetikus felosztása (Golyeva 2001a nyomán módosítva)



3. ábra: Szinuszos epidermális hosszúsejt fitolit (fotó: szerző. Vö.: 1. táblázat)



4. ábra: Epidermális rövidsejt fitolit, ún. saddle, azaz nyereg morfortípus (fotó: szerző. Vö.: 1. táblázat)

Mit tekintünk fitolitnak? Meghatározás és anyagi jellemzők

A növényi opálszemcsék kutatásának történetét hosszú ideig fogalmi és definícióbeli következetlenségek tarkították, amíg meg nem született az az egzakt meghatározás, amely ma a 'fitolit' kifejezés által jelölt természeti jelenséget takarja.

A fitolitok (*sin.*: növényi kristály, növényi opál, kovász sejt, fű opál, biogén opál, opál fitolit, szilíciumdioxidos fitolit) az élő növény intra- és intercellulárisaiban kiválasztott, hidratált szilíciumdioxidból felépülő részecskék, amelyek a növényi szervesanyag elbomlása után szabadulnak fel a növényi szövetből (Madella 2008). Képződésük elsősorban a talajban hozzáférhető és oldott formában jelenlevő monokovaszav $[\text{Si}(\text{OH})_4]$ (1. ábra) koncentrációjától, klimatikus viszonyoktól és az adott növény szilícium-akkumulációs affinitásától függ (Piperno 2006).

Fitolitnak csak a növényekben előforduló, hidratált, amorf, polimerizált kovaszav ($\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$) részecskéket nevezik (2. ábra, 3. és 4. ábra), egyéb növényi sejt zárványokat, mint például az oly gyakori kalcium-oxalátot, nem sorolják ide (Piperno 1988). Az említett exkrétum ökoszisztémában jelentőségét több irodalom is részletekbe menően tárgyalja (Prychid és Rudall 1999), mindazonáltal a kalcium-oxalát anyagi jellemzői miatt, ezek a részecskék kevesebb sikerrel alkalmazhatóak a múlt növényzeti képének rekonstrukciójában (Rapp és Mulholland 1992). Tágabb értelemben, a szóban forgó növényi opálszemcsék ún. 'biolit'-ok vagy 'biogén kovaszav' származékok (Matichencov és Bocharnikova 2001) (1. ábra). Azonban ezek az elnevezések minden talajból kimutatható növényi és állati szervezetből származó szerves, szilíciumból felépülő anyagra érvényesek, így például a szivacsstüskékre és a diatóma vázakra is.

A biogén kova olyan biológiai eredetű, optikailag izotróp, színtelen, halványbarna vagy átlátszatlan anyag, amelynek fajsúlya 1,5-től 2,3-ig terjed. A fitolitokat felépítő hidratált, nem kristályos szilíciumdioxid 4-9% kristályvizet tartalmaz. Jelentős mennyiségben fordulhatnak elő kemoszorpció, okklúzió és egyéb kémiai beoldódással felgyülemlett anyagok az opálszemcsékben. Ezek közül a legfontosabbak az alumínium (Al), a vas (Fe), a nikkel (Ni), a mangán (Mn), a foszfor (P), a réz (Cu), a nitrogén (N) és a szén (C) (Clarke 2003).

A növényi opálszemcsék felfedezésének és kutatásának rövid történeti áttekintése

A tudományterület fejlődéstörténetének kezdetei, és egyes sarokköveinek kiemelése hasznos információval szolgálhat, mind a régészet-, mind a természet- és környezettudománnyal foglalkozó szakemberek számára. Jelen alfejezet a teljességre való törekvés igénye nélkül foglalja össze a növényi opálszemcsék felfedezésének, kutatástörténetének fontosabb állomásait. (Kibővített, magyar nyelvű tudománytörténeti áttekintésért lásd: Pető 2009).

A növényi opálszemcsék szisztematikus kutatásának történelme G. A. Struve német tudós 1835-ös, *De silica in plantis nonnullis* című doktori disszertációjával vette kezdetét. Struve elsőként számolt be írott formában, és kísérelt meg rendszerezett leírást adni a növényekben megfigyelt kovatestekről. Kutatásait a Berlieni Egyetemre benyújtott téziseiben foglalta össze (Madella 2008), de a „fitolitok atyjának” mégsem őt, hanem a porosz származású C. G. Ehrenberget tekintik (Powers 1992; Krumbein 1995).

Kezdeti feltételezése, amely szerint a növényekben megtalált kovaszemcséket a növények testében élő, de a gazdaszervezettől független mikroorganizmusok termelik (Mulholland és Rapp 1992) arra vezérelte őt, hogy a Carl von Linné által korábban megalkotott binominális nomenklatúrát használva osztályozza a megfigyelt növényi opálszemcséket. Később, 1866-ban ráébredt korábbi feltételezésének helytelenségére, de osztályozási rendszerének alapjait nem változtatta meg. Az általa megalkotott „*phytolitharia*” kifejezésből származtatjuk a ma is használatos „fitolit”, vagy angolul „phytolith” kifejezéseket.

1841 és 1854 között számos, fitolitokkal kapcsolatos publikáció látott napvilágot Ehrenberg tollából (Pető 2009). Ezek közül figyelemre méltó egyik 1851-es írása, amelyben a porosz tudós egy csernozjom (eredetiben: 'tchornoi zem') talaj mintáinak az elemzésével ökoszisztémában rekonstrukciós elméleteket fogalmaz meg, mindezt a talajból feltárt növényi opálszemcsékre alapozva. A vízborította területről származó talajmintákban megtalált és meghatározott 22 „nem-vízi phytolitharia” részecske alapján vont le azt a következtetést, hogy a vizsgálat tárgyát képező „talaj egy ősi erdő törmelékén képződött” (Ehrenberg 1851), és nem a jelenkori vízi környezet eredményeképpen fejlődött.

A földtan mikroszkópi világát bemutató nagy összefoglaló művében adta közre az 1830-as években elkezdett osztályozási munkájának teljes változatát. A *Mikrogeologie* 41 színes rézmetszeten mutatja be az általa megfigyelt és meghatározott mikrofosziliákat.

A *phytolitharia*-nak elnevezett növényi eredetű mikrofossziliákat négy paranemzetségbe sorolta. Mesterséges rendszerében, amelyre a *para*- előtag utal, három nemet a pázsitfűfélék családjának (*Gramineae*), egyet pedig a zsurlófélék családjának (*Equisetaceae*) szentelt.

A XIX. század közepéről ránk maradt szakirodalom, egy tudományos szempontból gyümölcsöző kapcsolatot tár fel, amely Ehrenberg és a korszak egyik legnevesebb tudósa, C.R. Darwin között bontakozott ki. Darwin érdeklődését az keltette fel, hogy a szélhordta üledékek finom sérülésnyomokat hagytak a Beagle csillagászati-optikai eszközein, amikor 1831. januárjában a Zöld-foki szigetek közelében horgonyoztak (Darwin 1845a). Utazásai során a tengeren begyűjtött szélhordta porokat (Gorbushina et al. 2007) Ehrenbergnek küldte további elemzés céljából, amely vizsgálat eredményeit így kommentálta Darwin a Londoni Geológiai Társaság beszámolójának hasábjain: „Ehrenberg professzor megvizsgálta a James hadnagy és az általam gyűjtött port, és arra az eredményre jutott, hogy jelentékeny része *Infusoria*, és nem kevesebb, mint 67 különböző formát rejt magában. Ez 32 kova pajzsos *Polygastrica* fajból, 34 *Phytolitharia*, vagy kovásodott növényi szövetformából, és egy *Polythalia*-ból tevődik össze” (Darwin 1845b).

A XIX. századi úttörő jellegű munkásságok talaján eresztett gyökeret több olyan tudományos műhely, amely számtalan, máig használatos leíró, deskriptív munkával gazdagította a fitolitkutatók történelmét. A növénytan kutatások korszakának központja Németország volt, ahol először Guntz (1866 in: Grob 1896), majd Grob (1896) jelentetett meg egy-egy monográfiát, amelyben száznál is több pázsitfűfaj epidermisz vizsgálatával lefektették a morfometriai fitolit osztályozás alapjait. Netolitzky (1929) önálló fejezetet jelentetett meg a korszak egyik meghatározó Növényanatómiai Kézikönyvében (*Handbuch der Pflanzenanatomie*) Kieselskörper fejezetcímmel (Linsbauer 1929).

Az ún. ökológiai és paleoökológiai kutatások előszeleként – az Ehrenberg-i 'tchornoj zem' példa mellett – több német és angol nyelven megjelent munkát ismerünk, amelyek már a növényi opálszemcsék régészetben, valamint táplálkozástörténeti kutatásokban való alkalmazhatóságát bizonyítják. Így például Schellenberg (1908) egy turkesztáni expedíció keretében vizsgálta az Anau-i ún. Északi Kurgánt, amelynek feltárási anyagából búza (*Triticum* sp.) és árpa (*Avena* sp.) jelenlétét tudta bebizonyítani. Érdekes fejtegetés olvasható az Osztrák Botanikai Folyóirat (*Österreichische Botanische Zeitschrift*) Netolitzky (1914) által jegyzett értekezésében, amelyben többek között rávilágít arra a megfigyelésre, hogy a kovásodott sejtek nyomot hagynak az emberi fogzománcban, illetve a fitolitok

visszanyerhetők az egyiptomi ásatásokon előkerülő múmiák és emberi leletek fogkövéről.

A fitolitkutatók XX. századi vándorlása jól nyomon követhető az egyes szakirodalmi adatok alapján. Egy oroszországi kitérő után (Usov 1943; Parfenova és Yarilova 1956; Yarilova 1956) már a nyugati világ halmozza el a tudományos szaklapokat növényi opálszemcsékkel kapcsolatos beszámolókkal. A bangori iskola kutatóinak nevéhez fűződik a növényi orgánusok szilifikációja és egyes abiotikus tényezők (éves és többéves klimatikus variációk, talaj pH, talaj vas- és alumínium tartalom stb.) összefüggés-vizsgálata is (Powers 1992; Madella 2008; Pető 2009).

Régészeti, illetve öskörnyezettani interpretációra is ismerünk példákat a korábbi korszakokból. Ezek a próbálkozások azonban még nélkülözték a későbbi korokban feltárt tudományos és elméleti alapokat, így – amellet hogy jelentékeny módon hozzájárultak a későbbi régészeti vonal fejlődéséhez – nem szisztematikusan használták fel a növényi opálszemcsék kínálta lehetőségeket.

A régészet tudományának érdeklődése akkor fordult a módszer felé, amikor ráébredtek annak fontosságára, hogy egyes feltárások, vizsgálatok nem szolgáltathatnak megfelelő információ tartalmú adatokat, így nem lehet választ kapni olyan égető kérdésekre, mint például egyes növényfajok domesztikációjának kezdete, vagy az adott területre történő behurcolása. Ez vezetett odáig, hogy egy, az öskörnyezettanban, régészetben, történeti ökológiában és egyéb interdiszciplinákban eredményesen és rutinszerűen alkalmazható módszertan kidolgozását több földrészen is elkezdték, és mára fitolitok alkalmazásának rendkívül széles spektrumával találkozhatunk.

Szerencsére, az eleinte az archeobotanikai kutatások kiegészítéseképpen alkalmazott fitolit elemzés (Gyulai 1993, 1996) hazánkban is egyre elterjedtebb, és szisztematikus kutatások indultak meg a régészet (Persaits et al. 2008), illetve öskörnyezettan (Pető 2007, Pető és Bucsi 2008, Barcsi et al. 2009) területén is.

Nevezéktan és klasszifikáció

A növényi opálszemcsék osztályozása a tudományterület történetének egyik sarkalatos, és egyben kulcsfontosságú kérdése. Számos azonos elv mentén elkészített, de mégis eltérő osztályozási rendszer ismeretes, amelyeket a világ különböző pontjain fejlesztettek ki. Ezek a rendszerek három nagy csoportba oszthatóak:

- taxonómiai megközelítés,
- tipológiai megközelítés és
- taxo-tipológiai megközelítés.

A taxonómiai alapú osztályozási rendszerek lényege, hogy az adott mikromaradvány morfológiai megjelenését, annak a növény szervezetében elfoglalt helye alapján definiálja. Ezt a megközelítési módot döntően a régészeti, archeobotanikai irányultságú kutatások dolgozták ki annak érdekében, hogy a feltárt mikromaradványok és egy modern növénytani referencia bázis alapján korabeli ember-növény interakciókat határozzanak meg. A tipológiai megközelítés esetében kevésbé fontos a sejtmardvány növényanatómiai helyzete, annál izgalmasabb, hogy milyen élőhelyet, vegetáció típust, közvetve klímát indikál megjelenése a mintában. A fentebb említett két, letisztultnak tekinthető megközelítés célszerű elegyítésével, illetve ismert módszertani alapok harmonizálásával juthatunk el a taxo-tipológiai megközelítésig, amely mindkét alapvető klasszifikációs rendszerből integrálja az adott feladat megoldásához szükséges legfontosabb elemeket.

Az osztályozási rendszerek mellett létezik egy „egységes nyelvezet”, amelynek használata minden esetben indokolt. Az ún. ICPN, vagyis International Code for Phytolith Nomenclature lényege, hogy egy olyan egységes nevezéktant szolgáltatson minden fitolit elemzéseket végző kutató számára, amely alapján az egyes tudományos műhelyek között az információ csere egyértelmű, és mindenki számára értelmezhető alapokon nyugszik (Madella et al. 2005). A nemzetközi fitolit nomenklatúra segítségével az egyes növényi opálszemcséket legfeljebb három jelzővel, illetve azok kombinációival kell/lehet megnevezni. Amennyiben nem szövetben elkovásodott, hanem egymagában megfigyelt, elkovásodott növényi sejtről van szó, annyiban meg kell adni annak:

- pontos alakját kettő (2D), vagy ha lehetséges, akkor egy három dimenziós (3D) jelző segítségével;
- textúráját, illetve felszíni mintázatát az ICPN listában szereplő jelzők segítségével, illetve
- a fitolit anatómiai származását, amennyiben az egyértelmű és kétséget kizáróan eldönthető.

Mindezek mellett vannak bizonyos morfortípusok, amelyek rendhagyó elnevezése olyan mélyen gyökerezik a fitolit elemzés gyakorlatában, hogy azok megváltoztatását nem tartották célszerűnek az ICPN Munkacsoport tagjai (Madella et al. 2005). Ezeket az egyszerűsített neveket *nomina conservanda* megjelöléssel találjuk a nevezéktanban. Minden jelző (*deskriptor*) latin vagy görög eredetre vezethető vissza, így elvileg számos nyelvre átültethetővé válnak ezek a

megnevezések. Az átültetés, illetve lefordítás gyakorlatával kapcsolatban több nemzetközi fórumon is elhangzottak aggályok, amelyek odavezettek, hogy ezeket a megnevezéseket általában az angol formájukban használják. Mindenesetre ismeretesek törekvések az ICPN jelzők angolon kívül, egyéb nyelvekre – így magyarra – való lefordítására is.

A számos osztályozás közül, az alábbi, **1. táblázat**, a Golyeva-féle, elsősorban közép- és közép-kelet-európai öskörnyezeti rekonstrukciós munkákban használt indikátorcsoportjait (Golyeva 1997; 2001b), illetve azok ICPN besorolását mutatja be. (Az ICPN jelzőket, magyarra átültetve, illetve dőltten szedve az eredeti angol jelzőt is tartalmazza a táblázat.) A módszer a tipológiai megközelítést alkalmazó rendszertani megközelítések közé sorolható. Az indikátorcsoportok kialakításához számos közép- és a közép-kelet-európai recens talaj fitolitikészletét, illetve élő növényekből készített referencia minták elemzését végezték el.

Az **1. táblázatban** felsorolt morfortípusok környezet indikáló szerepét Golyeva (2007) nyomán három süllyponti kategóriába oszthatjuk tovább:

- általános morfortípusok (több növény taxon által is képzett, diagnosztikai értékkel nem rendelkező tipológiai)
- lokális környezeti morfortípusok (adott mintában mért mennyiségük jelezheti az ökológiai viszonyokat)
- speciális környezetjelző morfortípusok (adott élőhelyre jellemző növénytársulásban előforduló fajok, élőhelyet jelző növényi opálszemcséi)

Ezek a kategóriák az eredmények interpretálásában játszanak jelentékeny szerepet, hiszen egyes indikátorok mintabeli megjelenése (pld.: erdei habitatot jelző indikátorok) alacsonyabb részarány mellett is fontos környezetjelző szereppel bírhat.

Módszertani megfontolások

A fitolitikutatásban kifejlődött mintavételi módszerek jelentékeny hányada a palinológia tudományterületén gyökerezik (Pearsall 2000). Az átfedések és módszertani megfontolások hasonlósága mellett azonban eltérések is mutatkoznak, amelyek a két növényi mikromaradvány minőségi tulajdonságaira, akkumulációs és tafonómiai jellemzőire vezethetők vissza.

1. táblázat: A Golyeva-féle ökológiai-tipológiai osztályozási rendszer egyes elemei és azok ICPN besorolása

Megnevezés		Megjegyzés
Főbb indikátor típusok		
Ökológiai megnevezés	ICPN jelzők* **	Leírás/jellemzés
Tülevelű fajok indikátorformái	a. köbös (<i>cubic</i> - 3D), négyzet (<i>square</i> - 2D) b. árkos (<i>scrobiculate</i>) c. epidermális eredet (<i>E – epidermal</i>)	A <i>Picea</i> spp. és a <i>Pinus</i> spp. által képzett fitolitok tartoznak ide. Izodiametrikus, köbös alak, jól látható gödröcskével a felszínén.
Erdei jellegű habitat pázsitfűfajainak trichomái	a. tűs (<i>acicular</i> - 3D), lándzsás (<i>lanceolate</i> - 2D) b. sima felszínű (<i>psilate</i>) c. trichóma (<i>E – epidermal trichom</i>)	Nagyméretű, hosszú alap (30-50µm), a trichoma csúcsi része nem lóg túl az alapján (7. ábra).
Mezei jellegű habitat pázsitfűfajainak trichomái	a. tűs (<i>acicular</i> - 3D), horog alak (<i>unciform</i> - 2D) b. sima felszínű (<i>psilate</i>) c. trichóma (<i>E – epidermal trichom</i>)	Kicsi, kör jellegű alap, hosszú, hegyes csúcsban végződő trichoma, mely jelentősen túl lóg az alapon.
Sztyeppei jellegű habitat pázsitfűfajainak indikátor fitolitformái	a. tölcsér alak (<i>conical</i> - 3D)*** b. sima felszínű (<i>psilate</i>) c. epidermális, rövid sejt (<i>SC – epidermal short-cell</i>)	Rendkívül kis méretű (10-15µm), egyik végén tölcsérszerűen kiszélesedő, másik végén enyhe, sokszor picit kiszélesedő köralapban végződő (4. és 8. ábra).
Száraz habitatok pázsitfűfajainak indikátorformái, illetve a természetbe vont (domesztikált) gabonafélék indikátorai	a. öbolszerű bemélyedések, hengeres (<i>clavate, cylindric</i> - 3D), nyújtott (<i>elongate</i> - 2D) b. dendritikus, tüskés felszínű (<i>corniculate, dendriform, echinate</i>) c. epidermális, hosszú sejt (<i>LC – epidermal longcell</i>)	Félsivatagos élőhelyek pázsitfűfajainak relatíve nagy méretű (20-40µm) epidermális származású indikátorformái. A xeromorfizmus egyik megjelenési formája. Súlyzóvéghez hasonló gömbformában végződnek, sok hegyes vagy lekerekített tüskékkel tarkítva fésűszerűen a testükön.
Többletvízhatás eredményeképpen fejlődött területek növényzetének indikátorai (pld.: <i>Phragmites communis</i> fitolitjai)	a. trapéz alakú, dendritikus (<i>trapeziform, cuneiform</i>) b. sima felszínű (<i>psilate</i>) c. nádusz (szár), (<i>stem – joint, E – epidermal</i>)	Nagy méretű (50-100µm) többé-kevésbé izodiametrikus forma, melynek egyik oldala mindig jól láthatóan homorú.

A szerves mikroszkopikus (v.ö.: pollen, keményítő szemcsék, mikrofaszén maradványok stb.) és makroszkopikus (v.ö.: magok, szenült növényi maradványok stb.) fossziliákkal szembeni előnyük, hogy a növényi szövetből való feltáródásuk után hosszan perzisztálnak a befoglaló közegben, és

extrém körülmények között is épen, képződésüknek megfelelő formában, textúrával, illetve mintázattal maradnak fenn. Mindezen tulajdonságuk okán ún. limitált (ös)környezeti paraméterek mellett is sikeresen alkalmazhatók palaeoökológiai és környezet régészeti kutatásokban (Blinnikov 2008).

1. táblázat, folyt.

Egyéb fitolitformák		
Ökológiai megnevezés	ICPN jelzők***	Leírás/jellemzés
Epidermális hosszúsejt fitolitok	a. hengeres (<i>cylindric</i> - 3D), nyújtott (<i>elongate</i> - 2D) b. sima felszínű, szinuszos oldalonak (<i>psilate, sinuate</i>) c. epidermális, hosszú sejt (LC – <i>epidermal longcell</i>)	Gyakorlatilag az összes pázsitfűfaj képez a bőrszöveti, ún. hosszúsejtjeiben fitolitot. Ezek alakja és mérete fajspecifikus, illetve külső környezeti tényezők függvénye is. Jól használható adott ösfelszín biomasza termelésének megítélésére (3. ábra).
Mohafajok fitolitjai	a. gömb alak (<i>globular</i> - 3D), kör alak (<i>orbicular</i> - 2D) b. sima felszínű (<i>psilate</i>) c. epidermisz (E – <i>epidermal</i>)	Nagyon kis méretű (8-10 µm), szabályos gömbalakot mutató fitolitok.
Egyéb szilikátos indikátorok		
Szivacsfajok tüskemaradványai		Nyújtott, tubuláris forma, melyen mindig megtalálható a belső, centrális csatorna. <i>Porifera</i> spp.
Diatómák (kovamoszatok vázmaradványai)		A <i>Bacillariophyceae</i> osztály tagjai. Változatos formavilágot mutatnak, legszebbek az ovális, elnyújtott kör alakot formáló szilícium-dioxidból felépülő maradványok, de ismereteselekerekített háromszöghöz, vagy éppen hajó, illetve ék alakhoz hasonló vázformák is.
Egyéb nem szilikátos növényi indikátorok		
Füdetritusz részecskék		Pázsitfűfajok (<i>Gramineae</i>) szerves eredetű törmeléke, szöveti maradványa.
Fadetritusz részecskék		Fásszárú növényfajok szerves eredetű törmeléke, szöveti maradványa.

Megjegyzések az **1. táblázathoz**

* **a.** az adott indikátorcsoport jellemző típusának formája; **b.** az adott indikátorcsoport jellemző típusának mintázata és/vagy textúrája, valamint **c.** az adott indikátorcsoport jellemző típusának anatómiai eredete

** jelen cikkben ábrán be nem mutatott morfortípusokért lásd: Barczy et al. 2009

****nomina conservanda*: rondel

A fitolit elemzés előnyeinek és hátrányainak ismerete és értékelése nélkül nehéz érdemben felelős döntést hozni, annak akár öskörnyezettani, akár régészeti kutatásokban való alkalmazásáról (**2. táblázat**). A módszer talán legnagyobb hátránya, hogy elmélyült és körültekintő munkát igényel olyan referencia kollekciónak (legyen az növénytani, talajtani, vagy módszertani) kialakítása, felépítése, amelyek alkalmazásával megfelelően interpretálhatóak a feltárt morfortípusok. Ellentétben a pollennel, a fitolitok a lokális környezetet indikálják. Ez a tulajdonság egyfelől előnyként, másfelől hátrányként jelentkezik, hiszen mikrokörnyezeti vonatkozásban könnyen lehet biztos és használható adatot nyerni, viszont

nagyobb területek környezet rekonstrukciójához több mintavételi pont, nagyobb mintaszám szükséges.

Abból adódóan, hogy a növényi opál szemcsék szervesen – tehát a környezeti hatásoknak jobban ellenálló – mikrofossziliák, könnyebb a minták kezelhetősége, és nem igényelnek komplikált bánásmódot. Régészeti szemcsékből a legfontosabb annak eldöntése, hogy egy ásatás során a fitolit elemzéssel, mint kiegészítő környezettudományos vizsgálati módszerrel, milyen előnyökre lehet szert tenni, milyen kérdések megválaszolásában játszik kizárólagos, vagy additív szerepet.

2. táblázat: A fitolit elemzés előnyei és hátrányai

„pro”		„contra”	
i.)	szervetlen	vi.)	taxon specifikusság
ii.)	minimális diszperzió	vii.)	korrózió
iii.)	minimális kontamináció	viii.)	minimális diszperzió
iv.)	perzisztencia	ix.)	referencia kollekciók (részbeni) hiánya
v.)	könnyű kezelhetőség	x.)	hosszadalmas laborálás

Szakirodalmi és gyakorlati példák is azt mutatják, hogy a legizgalmasabb kérdések, amire a fitolit elemzés választ adhat a környezet régészeti és környezettörténeti munka során a(z):

- eltemetett talajsintek anyagának elemzése, az egykori, ősi járófelszín vegetációs jellemzőinek felderítése érdekében, amely hozzájárul(hat) a vizsgált terület környezeti viszonyainak rekonstrukciójához is (pld.: Barcsi et al. 2009),
- egyes kultúrrétegek vizsgálata, amellyel tisztázható az adott térszín funkciója (tűzhely, őrlőhely, kert funkció stb.), illetve megállapíthatóak a feldolgozott/termesztett növények jellemzői (pld.: Harvey & Fuller 2005), a vízszintes, tehát azonos genetikájú rétegből való mintázás elsősorban térbeni események, illetve funkciók rekonstruálására szolgál (háypadlók vizsgálata: tér-funkció elemzés);
- a növényi anyag feldolgozásához használt eszközökre (pattintott kőpengék, őrlőkövek stb.) szilifikálódott növényi opál szemcsék elemzése, a feldolgozott növényfajának kiderítése céljából (pld.: Jahren et al. 1997; Pearsall et al. 2004);
- a sírok, temetők vizsgálatával temetkezési, esetleg rituális szokások rekonstruálása;
- az edénytartalom és fogkő vizsgálatával táplálkozástörténeti vonatkozások (pld.: Henry & Piperno 2008), míg
- a kerámiacsiszolattal az edénykészítés módja elemezhető (pld.: Starnini et al. 2007).

Fitolit-talaj referencia bázis: Egy szelvény környezettörténete (esettanulmány)

Bevezetés

Korábbi paleoökológiai és paleotalajtani kutatások rávilágítottak arra a tényre, hogy a fitolit elemzést akkor lehet rutinszerűen és kielégítő eredménnyel

alkalmazni, ha a szűkebb környezetet jellemző adatbázis, illetve referenciagyűjtemény rendelkezésre áll.

A Szent István Egyetem, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézetében folytatott táj- és paleoökológiai, illetve paleotalajtani vizsgálatok során célul tűztük ki, hogy a természet- és tájvédelmi szempontból értékes, valamint a mezőgazdasági és földhasználati szempontból jelentős talajtípusokat kiválasztva, meghatározzuk azok fitoliteloszlását, fitolitikusjelét. Ez alapján elkészíthető egy olyan kataszter jellegű, határozókulcsként is funkcionáló adatbázis, amely viszonyítási alapként szolgál későbbi őskörnyezeti kutatásokban. A vizsgálatban szereplő talajtípusok mindegyikénél természetes állapotú (potenciális vegetáció) és a típusra leginkább jellemző művelési ág (pld.: szántó, gyep, erdő stb.) alatti szelvények egyidejű megmintázását tűztük ki célul. Ez az összehasonlító elemzés szolgáltat később alapot arra, hogy kimutathatóvá váljanak az antropogén hatásokból, illetve egyéb természetes környezeti változásokból adódó eltérések a talajtípusok fitolit profiljában. Elképzelésünk szerint ennek nyomán értelmezhetővé, magyarázhatóvá válnak a régészeti és őskörnyezeti kultúrrétegek és paleotalajok szelvényeinek fitoliteloszlási görbéi.

Jelen dolgozat a fent tárgyalt módszer bemutatását az egyik kontroll szelvény korábban közölt előzetes eredményeinek (Pető et al. 2008) részletes és tételes kiegészítésén keresztül célozza meg.

Anyag és módszer

Kontroll területként a Magas-Bakonyban, Pénzesgyőr határában elhelyezkedő hagyásfás legelőre esett a választás.



5. ábra: Vizsgálati terület és kontroll szelvény elhelyezkedése a Bakonyban (MEPAR, 1:100 000)

Ez, többek között, a legelő feltárt tájtörténeti múltjával magyarázható (Kenéz et al. 2007; Saláta et al. 2007; Szabó et al. 2007) (**5. ábra**).

Az elemzések szerint az egykori gyertyános tölgyesek (*Quercus petraeae-Carpinetum*), illetve szubmontán bükkösök (*Laureolae-Fagetum*) által uralt területet (Király et al. 2008) erős fakitermelési hullám sújtotta, amely elsősorban szociográfiai tényezőkkel magyarázható. A későbbi időkben, a faállomány jelentékeny részének letermelése után, részben legelőként hasznosították a területet, részben szántó művelési ágba került a vizsgált parcella, amelyet aztán felhagytak és ennek köszönhetően alakult ki, az oly sok növénytani és élőhelyi ritkasággal büszkélkedő, hagyásfás legelő.

A mintaterületen belül a vizsgálati szelvényt több, a helyszínen felvett talajszelvény közül választottuk ki. A Pürckhauer-féle talaj szűrőbot segítségével, katenában elvégzett térképező fúrások (Finnern 1994) során kiválasztott szelvény esetében fontos kritérium volt, hogy a fáslegelő olyan pontján helyezkedjen el, amelyet minden műveléság-váltás érintett, illetve talajtani szempontból is jól meghatározható, a legkevesebb erodált típusszelvénye legyen a területnek.

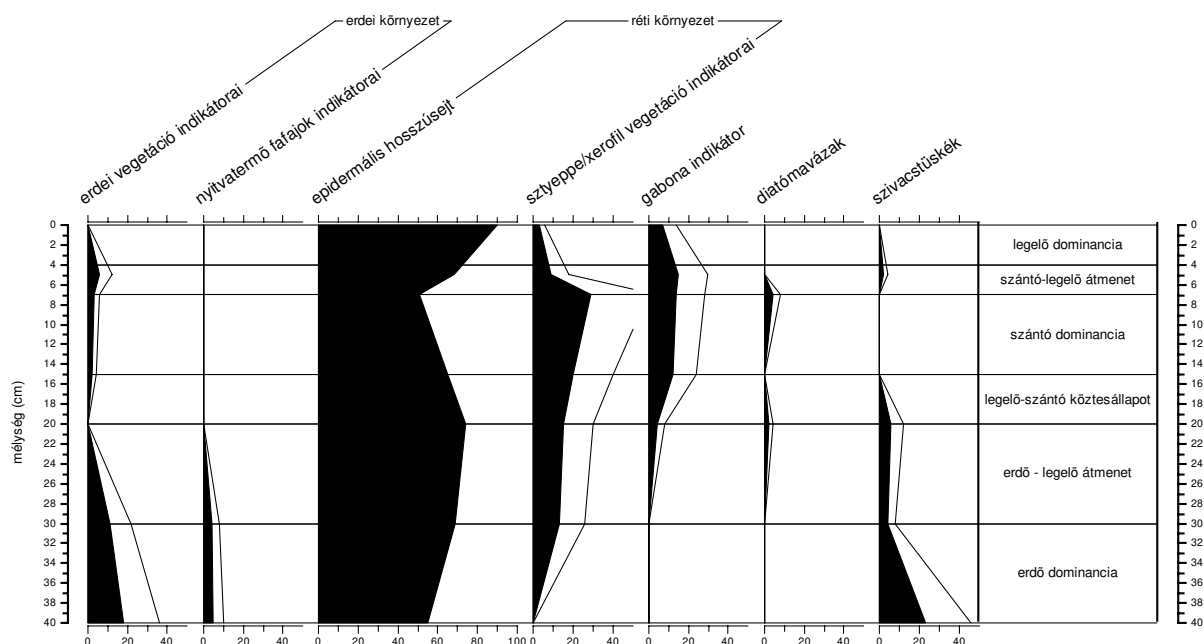
Légifelvételek, történeti térképek és a terület domborzati adottságainak függvényében megválasztott talajszelvény A₀ (organikus) szintje

7 cm-es, sötétbarna, a lágyszárúak gyökereivel jól átszőtt, gyengén szerkezetes. Alatta mintegy 30 cm vastag Ae (E) kilúgzási szint következik, amely szárazon fakó, kagylós törésű, fizikai félesége vályog. Ez a szint enyhén benyúlik (EB) a felhalmozódási B-szintbe is, amely rozsdabarna, agyagos, agyaghártyás. A B-szint szerkezete poliéderez, gyengén hasábos. Az agyagtartalom következtében kialakuló időszakos, gyenge függővízhatásra redukciós bélyegek utalnak. A szelvény 104 cm mélységtől detektálható alapkőzete Nummuliteszes mészkő (Szóci Mészkő Formáció), de valószínűsíthető, hogy a formációt egykoron vékony löszös lepel boríthatta, amely áttalajosodott. Szénsavas mésszel csak az alapkőzetben találkozunk, a szelvény kilúgzott, gyengén-közepesen savanyú kémhatású. A morfológiai bélyegek és a felismerhető talajtani folyamatok alapján az agyagbemosódásos barna erdőtalajok típusba tartozik, amely talaj a 700 mm-nél több éves csapadékkal rendelkező gyertyános tölgyesek és szubmontán bükkösök jellegzetes talaja a Bakonyvidéken.

Egyes talajtani paraméterek (pH [H₂O][KCl], TOC%, H%, összes só%, P_{összes}, K_A, mechanikai elemzés) vizsgálatán túl (Buzás 1988), a szelvény fitolitkészletét 7 talajminta segítségével dolgoztuk fel.

3. táblázat: A vizsgálatba vont, bakonyi kontroll szelvény talajtani adatai

genetikus talajszint	mélység	Vizsgált paraméter						
		pH		CaCO ₃ %	H%	TOC%	P _{összes} [ppm]	Mechanikai elemzés [a% / v% / h%]
		(H ₂ O)	(KCl)					
A₀	0-7	5,90	4,88	-	1,43	5,64	448,5	15,1 / 23,7 / 61,2
E	7-37	6,40	5,18	-	0,50	3,37	355,9	15,5 / 24,0 / 60,5
EB	37-47	6,53	4,93	-	0,60	2,35	231,0	17,3 / 22,4 / 60,3
B	47-104	6,01	4,24	-	0,40	3,30	428,7	32,0 / 20,8 / 47,2
D	104-120	-	-	-	-	-	-	-

**6. ábra:** A pénzegyőri hagyásfás legelőn felvett kontroll szelvény kovavázak indikátorainak százalékos eloszlása a mintázott réteg mentén

A mintákat vertikálisan, enyhén növekvő intervallumokban a 0-2 cm (A₀-szint), 2-4 cm (A₀-szint), 4-7 cm (A₀-szint), 7-15 cm (E-szint), 15-20 cm (E-szint), 20-30 cm (E-szint), illetve 30-40 cm-es (E/EB-szint) rétegekből vettem. A minták szerves anyagát, homok és agyag frakcióját egy több lépcsős szeparációs eljárással választottam el, majd a mintákat glicerine merítve fénymikroszkóppal történt meg a növényi opálszemcsék meghatározása és összeszámolása (Pearsall 2000). Jelen szelvény esetében a fentebb bemutatott ökológiai osztályozás alapelveit követtem (Golyeva 1997; 2001b) a minőségi elemzésnél, még a mennyiségi eloszlásnál a savoldhatatlan vályogfrakcióban (AIF) mérhető fitolit-tartalmat vettem alapul (Albert 2003).

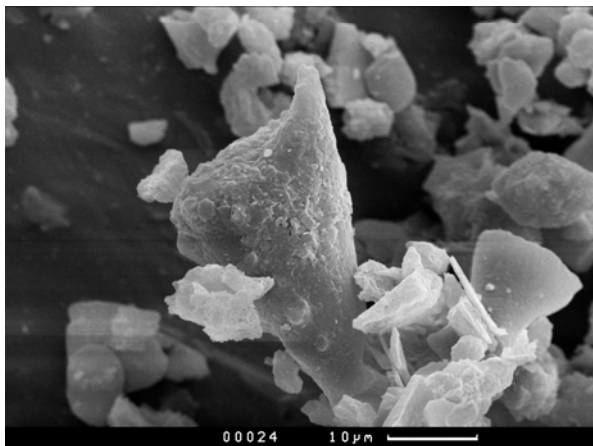
Eredmények és megvitatásuk

A fenti, **3. táblázat** a kontroll szelvény talajtani adatait tartalmazza. A részletes fitolit vizsgálat mellett, a minden esetben elkészülő alaptalajtani vizsgálatok a talaj, genetikai talajosztályozási rendszerbe (Stefanovits 1992) való besorolását segíti, illetve az adott típusnak megfelelő értékek ellenőrzése céljából készül.

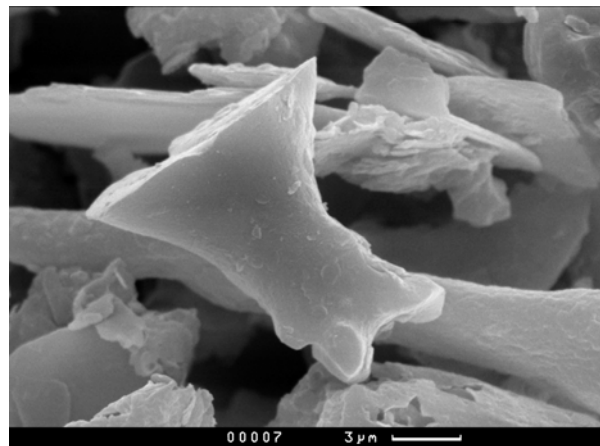
A vizsgálat során az egyes fitolitok (indikátortípusok) mintán belüli teljes mennyiségét a mellékletben foglalt eredménytáblázat (**Melléklet 1.**) adja közre, míg - az indikátortípusok összevonásából kialakított - indikátorcsoportok részarányát egy, az értelmezést segítő grafikon mutatja be (**6. ábra**).

4. táblázat: A pénzesgyőri hagyásfás legelő területhasználati múltja és a kontroll szelvény mintáiból feltárt élőhelyjelző indikátorok vertikális változása

Idősík	Információ hordozó	Környezeti állapot	Indikátorok és mintavételi mélység
1763-'68	I. Katonai Felmérés	I. fázis	40-30 cm – erdei indikátorok (speciális környezetjelzők)
1852-'54	II. Katonai Felmérés		
1879	III. Katonai Felmérés		
1880-1920	Veszprém Megyei Levéltár (Saláta et al. 2007 nyomán)	II. fázis	30-20 cm - csökkenő erdei indikátor arány, növekvő epidermális hosszúsejt és nyílt, réti élőhelyet jelző indikátor arány
1950-1968	légi felvételek	III.-V. fázis	20-4 cm növekvő, tetőző, majd csökkenő cereália indikátor arány
jelenkor	terepi megfigyelés	VI. fázis	4-0 cm csökkenő gabona indikátor arány, megnövekedő réti környezet jelzők



7. ábra: Erdei jellegű habitat pázsitfűfajainak trichomái (Pénzesgyőr, PA01 szelvény 30-40 cm) (fotó: szerző. Vö.: **1. táblázat**)



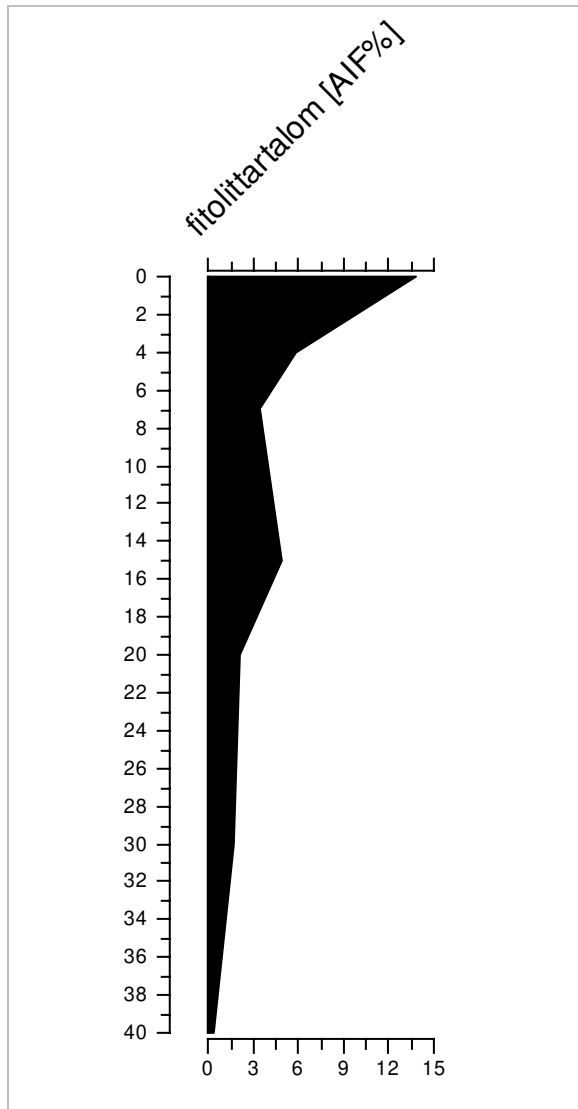
8. ábra: Sztyeppe jellegű habitat pázsitfűfajainak indikátor fitolitformái (Pénzesgyőr, PA01 szelvény 4-7 cm) (fotó: szerző. Vö.: **1. táblázat**)

A megmintázott réteg kovavázás indikátorainak grafikus ábrázolásával jól kirajzolódnak a terület egykori felszínborítás, illetve tájhasználati változásai. A szelvényben talált kovavázás indikátorok eloszlásgörbéi alapján 6 élőhelytípus, - változat különíthető el, amelyek egymást időben váltva jelentek meg a területen. Természetesen az egyes váltások nem választhatóak el egy egyértelmű vízszintes vonallal, és nem válnak el egymástól sem térben, sem időben elvágólag, mégis az egyes fejlődési fázisok indikátorcsoport-összetétele és a korábban megismert fejlődési fázisok közötti megfeleltetés elvégezhető (**4. táblázat**).

Amennyiben alulról kezdjük elemezni a szelvényt, szembeötlő, hogy a zárt erdőt indikáló fitolit morfolópusok mellett (I. fázis: *erdő dominancia*, 40-

30 cm-es réteg, **7. ábra**), az egykori geográfiai pozícióval összefüggésbe hozható többletvízhatásra utaló szivacsüstök is jelentékeny mértékben képviseltetik magukat a mintában. A 30-20 cm-es rétegben az erdei indikátorok részarányának erőteljes csökkenése mellett, a gyepevegetációt megjelenítő epidermális hosszúsejt fitolitok, illetve a szárazabb, zárt erdőborítást nem kedvelő pázsitfűfajok indikátorai jelennek meg. Az említett indikátorcsoport-váltás feltehetően a már ismert tájhasználati változással állhat összefüggésben (II. fázis: *erdő-legelő váltás/átmenet*), hiszen a fakitermelést követően már az első években megjelenhetnek olyan, a területen addig ismeretlen pázsitfűfajok, amelyek a nyíltabb, viszonylagosan szárazabbá váló élőhelyet benépesítik.

A területhasználat történeti feldolgozásából tudjuk (Saláta et al. 2007), hogy az erdőirtást, fakitermelést követően nem került azon nyomban szántó művelési ágba a terület, hanem kettős funkciót látott el.



9. ábra: A péznesgyőri hagyásfás legelőn felvett kontroll szelvény sav-oldhatatlan vályog frakciójában mért fitolitttartalom (AIF%)

Ezt a fázist jelenítheti meg a **6. ábra** 20-15 cm-es rétege (III. fázis: *legelő-szántó köztesállapot*).

A szelvény 15-7 cm-es rétegéből feltárt indikátorok egyrészt jól kirajzolják a szántó dominanciáját (IV. fázis: *szántó dominancia*) a területen, amely egyértelműen megmutatkozik a természetett gabonafélékre jellemző indikátorcsoport megjelenésével és részarány-növekedésével. Ezzel a növekedéssel jó összhangot mutat az epidermális hosszú sejtek részarány-csökkenése, amely feltehetően a területen maradó biomassza-csökkenés egyik markáns, nem elhanyagolható jele. A természetett gabonák jelenlétét indirekt úton a szárazabb élőhelyet kedvelő növények indikátorcsoportjának növekedése is jelzi a

rétegben, hiszen ezek a gyakorinak tekinthető, természetett növényfajok (pld.: *Triticum* spp., *Avena* sp., stb.) is képeznek olyan, nem kizárólagosan diagnosztikus fitolitokat, amelyek az említett indikátorcsoport mennyiségét növelhetik. A szántó/gyep konverzió megvalósulását (V. fázis: *szántó-legelő átmenet*), potenciális időbeli lefolyását a szelvény felső 4-7 cm-es rétege képviseli. Ez természetesen annak a folyamatnak az előjele, amely aztán a szelvény legfelső mintáiból kiolvasható őshonos gyep vegetáció előretörését, és a szántó felhagyását jelzi számunkra (VI. fázis: *legelő dominancia*).

A növényi opálszemcsék feltárása során a szénsavas mésztartalom, szervesanyag-, agyag- és homoktartalom elválasztása után visszamaradó vályog frakció az ún. AIF (*acid insoluble fraction*), amely a fitolitokat is tartalmazza. A talajszelvény mentén mérhető AIF-en belüli mennyiségi fitoliteloszlás további támpontokkal szolgál az elemzéshez (Albert 2003; Kamanina 1997). Jelen esetben az AIF-en belül mért fitolitttartalom fokozatos csökkenését látjuk, amely lefutástípus egy kiemelkedő pont kivételével megfelel egy el nem temetett, fokozatosan fejlődött talaj esetében várható lefutási görbe vonalának (**9. ábra**). A legfelső, megmintázott rétegben mért 13,84%-os fitolitttartalom [AIF%] 0,39%-ra való lecsökkenése 40 cm-nél jelzi számunkra (Melléklet 2.), hogy a talajszelvény 40 cm-nél mélyebb rétegeiből vett minták elemzése nem bővítette volna meghatározó módon ismereteinket a szelvény fitolitösszetétele és -eloszlása tekintetében. 15 cm-es mélységnél, amely a talaj eluviális szintjének felső harmada, enyhe dúsulási réteget lehet észlelni. Egy agyagbemosódásos barna erdőtalaj esetében a fitolitok feldúsulását az eluviális szint és a felhalmozódási B-szint határán váránk a megváltozó textúra viszonyoknak köszönhetően, hiszen a növényi opálszemcsék vertikális mozgását, akkumulációját közvetlenül befolyásolja a talaj fizikai félesége (Hart & Humphreys 1997). A péznesgyőri szelvény esetében 47 cm körül mutatkozik a textúrabeli váltás az E/B - E-szintek átmeneténél (**3. táblázat**). A természetes fitoliteloszlástól eltérő lefutási görbéknek sok esetben antropogén hatásokban keresendő a magyarázata, amely a péznesgyőri vizsgálati területen a szántással, és a szántás mélységével mutathat összefüggéseket. A természetes talajfejlődés folyamán kialakuló vertikális fitoliteloszlási profil lefutási görbéjében erős eltéréseket szedimentációs (erodatív és akkumulatív egyaránt) folyamatok (Kamanina 1997), illetve fizikai féleségben mutató eltérések okozhatnak. Jelen szelvény geomorfológiai pozíciója kizárja az erózió eredményeképpen történő feldúsulást, a kimutatott csúcs pedig nem esik egybe a szelvényen

belül megfigyelt és laboratóriumi eredményekkel alátámasztott textúrdifferenciálódás rétegével. Amennyiben összevetjük a minőségi elemzés eredményeképpen kapott fejlődési fázisokkal, akkor azt láthatjuk, hogy a szántó dominanciájával fémjelzett IV. fázis által megjelenített rétegbe esik a mennyiségi eloszlásnál mért kiugró csúcs a **9. ábrán**, így nemcsak az egyes indikátortípusok megjelenése és feldúsulása, hanem a szántás keverő hatásának mennyiségi növekedést előidéző hatása is tetten érhető a szelvény fitoliteeloszlásában.

A tárgyalt példa egy kontroll szelvény, és természetesen egy ilyen részletes rekonstrukció nem mindig valósítható meg csak és kizárólag a fitolitelemzés módszerével. Mégis, a cél, amely arra irányult, hogy információhoz jussunk egy hazai fitolit-talaj adatbázis létjogosultságát illetően megvalósulni látszik, hiszen ahogy ez a példa is mutatja, ha a megfelelő módszerrel „olvasunk” a talajok által tárolt, őrzött emlékek között, akkor többlet információval gazdagíthatjuk egy terület, térség, vagy akár régió tájfejlődésének ismeretanyagát.

Összességében elmondható, hogy a szelvényből feltárt növényi opálszemcsék elemzéséből nyert adatok, jó összhangot mutatnak a terület, történeti adathordozók alapján felvázolt tájhasználati képével. Természetesen a fitolit elemzés nem mindenható eszköz a kezünkben, de úgy tűnik, hogy létjogosultsága a tájfejlődési és területhasználati kutatásokban, rekonstrukciós munkákban megalapozott és adott esetben nemcsak többlet információval szolgálhat, hanem jó határfokkal szűkítheti egy problémakör kapcsán felvázolt hipotézisek számát.

Köszönetnyilvánítás

Köszönet illeti Dr. Alexandra A. Golyevát, az Orosz Tudományos Akadémia, Földrajztudományi Kutató Intézetének kutató professzorát a fitolitelemzés területén nyújtott segítségével, illetve Dr. Barczy Attilát, a Szent István Egyetem, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet egyetemi docensét a talajtani munkák területén nyújtott segítségével és a téma kidolgozásában tanúsított támogatásáért. Köszönettel tartozom továbbá Bányász Ágnesnek a talajminták alapvizsgálatainak laborálásában nyújtott segítségével.

Irodalomjegyzék

ALBERT, R.M., BAR-YOSEF, O., MEIGNEN, L. & WEINER, S., 2003: Quantitative Phytolith Study of Hearths from the Natufian and Middle Palaeolithic Levels of Hayonim Cave (Galilee, Israel). *Journal of Archaeological Science* **30**, 461-480.

BARCZI, A., GOLYEVA, A.A. & PETŐ. Á., 2009: Paleoenvironmental reconstruction of Hungarian kurgans on the basis of the examination of paleosoils and phytolith analysis. *Quaternary International* **193(1-2)**, 49-60. [Perspectives on Phytolith Research: 6th International Meeting on Phytolith Research]

BLINNIKOV M., 2008: Phytolith analysis in limited paleoenvironmental contexts: AAA (Arctic, alpine or aquatic). *7th International Meeting on Phytolith Research – 4th Southamerican Meeting on Phytolith Research. Book of Abstracts*, p. 4.

BUZÁS, I. (szerk.), 1988: *Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszertan* 1-2. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

CLARKE, J., 2003: The occurrence and significance of biogenic opal in the regolith. *Earth-Science Reviews* **60**, 175-194.

DARWIN, C.R., 1845a: *Journal of Researches into the Natural History and Geology of the countries visited during the voyage of H.M.S. Beagle round the World, under the Command of Captain Fitz Roy, R.A.*, Second edition, corrected, with Additions. London, John Murray, Albemarle Street.

DARWIN, C.R., 1845b: An account on the fine dust which often falls on vessels in the Atlantic Ocean. *Quarterly Journal of the Geological Society of London* **2**, 26-30.

EHRENBERG C.G., 1851: On the tchornoï zem of Russia. *Quarterly Journal of the Geological Society of London* **7(2)**, 112-113.

FINNERN, H. (ed.), 1994: *Pedological mapping manual*. 4. Verbesserte und erweiterte Auflage. Hannover.

FRANCESCHI, V.R. & NAKATA, P.A., 2005: Calcium Oxalate in Plants: Formation and Function. *Annual Review of Plant Biology* **56**, 41-71.

GOLYEVA, A.A., 1997: Content and distribution of phytoliths in the main types of soils in Eastern Europe. In: PINILLA A., JUAN-TRESSERAS J. & MACHADO M. J. (eds.): *Monografías del centro de ciencias medioambientales, CSCI (4), The state of-the-art of phytoliths in soils and plants*, Madrid, p. 15-22.

GOLYEVA, A.A., 2001a: Biomorph analysis as a part of soil morphological investigations. *Catena* **43**, 217-230.

GOLYEVA, A.A., 2001b: *Phytoliths and their information role in natural and archeological objects*. Moscow, Syktyvar Elista, p. 200.

GOLYEVA, A.A., 2007: Various phytolith types as bearers of different kinds of ecological information. In: MADELLA, M & ZURRO, D. (eds.): *Plants*,

people and places. *Recent studies in phytolith analysis*. Oxbow Books, pp. 196-201.

GORBUSHINA, A.A., KORT, R., SCHULTE, A., LAZARUS, D., SCHNETGER, B., BRUMSACK, H.-J., J. BROUGHTON, W.J. & FAVET J., 2007: Life in Darwin's dust: intercontinental transport and survival of microbes in the nineteenth century. *Environmental Microbiology* **9**(12), 2911–2922.

GROB A., 1896: Beiträge zur Anatomie der Epidermis der Gramineenblätter. *Bibliotheca Botanica* **36**, 1-63.

GYULAI F. 1993: Environment and Agriculture in Bronze Age Hungary. *Archaeolingua*, Budapest, 59 p.

GYULAI F. 1996: Balatonmagyaród-Hídvégpuszta késő bronzkori település növényleletei és élelmiszermaradványai (Die Pflanzenfunde und Lebensmittelreste aus der spätbronzezeitlichen Siedlung von Balatonmagyaród-Hídvégpuszta). *Zalai Múzeumok* **6**, 169-195.

HART, D.M. & HUMPHREYS, G.S. 1997: The mobility of phytoliths in soils; pedological considerations. In: PINILLA, A. - JUAN-TRESSERAS, J. - MACHADO, M. J. (eds.): *Monografías del centro de ciencias medioambientales, CSCI (4), The state of-the-art of phytoliths in soils and plants*, Madrid, p.93-100.

HARVEY, E.L. & FULLER, D.Q., 2005: Investigating crop processing using phytolith analysis: the example of rice and millets. *Journal of Archaeological Science* **32**, 739-752.

HENRY, A.G. & PIPERNO, D.R., 2008: Using plant microfossils from dental calculus to recover human diet: a case study from Tell al-Raqa'i, Syria. *Journal of Archaeological Science* (in press).

JAHREN, A.H., TOTH, N., SCHICK, K., CLARK, J.D. & AMUNDSON, R.G., 1997: Determining Stone Tool Use: Chemical and Morphological Analyses of Residues on Experimentally Manufactured Stone Tools. *Journal of Archaeological Science* **24**, 245–250.

KAMANINA, I.Z. 1997: Phytoliths data analysis of soils of different landscape zones. in: PINILLA, A.; JUAN-TRESSERAS, J. & MACHADO, M. J. (eds.): *Monografías del centro de ciencias medioambientales, CSCI (4), The state of-the-art of phytoliths in soils and plants*, Madrid, p. 23-32.

KENÉZ, Á., SZEMÁN, L., SZABÓ, M., SALÁTA, D., MALATINSZKY, Á., PENKSZA, K. & BREUER, L., 2007: Természeti védelmi célú gyephasznosítási terv a pénzesgyőr hárskúti hagyásfás legelő élőhely védelmére. *Tájökológiai Lapok* **5**(1), 35-41.

KIRÁLY, G., MOLNÁR, ZS., BÖLÖNI, J., CSIKY, J. & VOJTKÓ, A., 2008: *Magyarország földrajzi kistájainak növényzete*. MTA ÖBKI, Vácrátót, p. 248.

KRUMBEIN, W.E., 1995: Gone with the wind — a second blow against spontaneous generation. In memoriam, Christian Gottfried Ehrenberg (1795–1876). *Aerobiologia* **11**, 205-211.

LINSBAUER, K. (ed.) 1929: *Handbuch der Pflanzenanatomie*. Berlin, Gebrüder Bonträger.

MADELLA, M., 2008: The „stones from plants”: A review of phytolith studies and classification in Europe, Asia and North America. In: ZUCOL A.F., OSTERRIETH, M.L. & BREA, M. (eds.): *Fitolitos estados actual de su conocimiento en America del Sur*. Universidad Nacional de Mar del Plata, p. 23-39.

MADELLA, M., ALEXANDRE, A. & BALL, T., 2005: International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. *Annals of Botany* **96**, 253–260.

MATICHENCOV, V.V. & BOCHARNIKOVA, E.A., 2001: The relationship between silicon and soil physical and chemical properties. In: DATNOFF, L.E., SNYDER, G.H. & KORNDÖRFER, G.H. (eds.): *Silicon in Agriculture*. Elsevier Science B.V., pp. 209–219.

MULHOLLAND, S.C. & RAPP, JR.G., 1992: Phytolith systematics: An introduction. In: RAPP, JR.G. & MULHOLLAND S.C. (eds.): *Phytolith Systematics: Emerging issues. Advances in archaeological and museum sciences*, Vol. 1., Plenum Press, New York. p. 1-13.

NETOLITZKY, F., 1914: Anatomische Beobachtung an Zerealienfrüchten. *Österreichische Botanische Zeitschrift*. LXIV Nr. 7. p 265-272.

NETOLITZKY, F., 1929: Die Kieselkörper. In: Linsbauer K. (ed.) 1929: *Handbuch der Pflanzenanatomie* 3/1a: p. 1-19., Berlin, Gebrüder Bonträger.

PARFENOVA, E.I. & YARILOVA, E.A. 1956: The formation of secondary minerals in connexion with the migration of elements. *Pochvovedenie* **4**, 38-42

PETŐ Á., 2007: Introducing the phytolith analysis: A suitable method in palaeoecology and landscape ecology. *Tájökológiai Lapok* **5**(1), 91-102.

PETŐ, Á., 2009: A növényi opálszemcsék kutatásának rövid tudománytörténeti áttekintése a felfedezéstől napjainkig. *Tájökológiai Lapok* **7**(1), 39-63.

PETŐ Á, BUCSI T., 2008: Kiegészítő adatok a Csípő-halom paleoökológiai elemzéséhez. *Tájökológiai Lapok* **6**(1-2), 197-208

- PETŐ, Á., BARCZI, A, JOÓ, K & GRÓNÁS, V., 2008: Phytolith analysis of modern soil profiles as a tool to demonstrate land use changes and anthropogenic impact. (Case study from the Bakony Mountains). *Cereal Research Communications* (Supplement) **36**, 955-958.
- PIPERNO, D.R., 1988: *Phytolith analysis: An Archaeological and Geological Perspective*. Academic Press, Harcourt Brace Jovanovich, Publishers, San Diego, 268 pp.
- PIPERNO, D.R., 2006: *Phytoliths. A comprehensive guide for archaeologists and palaeoecologists*. Altamira Press, 238 pp.
- PERSAITS, G., GULYÁS, S., SÜMEGI, P. & IMRE, M. 2008: Phytolith analysis: environmental reconstruction derived from a Sarmatian kiln used for firing pottery. In: Szabó, P. & Hédl, R. (eds.): *Human Nature: Studies in Historical Ecology and Environmental History*. Institute of Botany of the Czech Academy of Sciences, Pruhonice, pp. 116-122.
- PEARSALL, D.M., 2000: *Paleoethnobotany. A handbook of procedures*. Academic Press, London
- PEARSALL, D.M, CHANDLER-EZELL, K & ZEIDLER, J.A., 2004: Maize in ancient Ecuador: results of residue analysis of stone tools from the Real Alto site. *Journal of Archaeological Science* **31**, 423–442.
- POWERS, A.H. 1992: Great Expectations: A short historical review of European phytolith systematics. In: RAPP, JR. G. & MULHOLLAND, S. C. (eds.): *Phytolith Systematics: Emerging issues. Advances in archaeological and museum sciences*, Vol. 1., Plenum Press, New York. p. 15-35.
- RAPP, JR. G. & MULHOLLAND, S.C., 1992: *Phytolith Systematics: Emerging issues. Advances in archeological and museum sciences*, Vol. 1., Plenum Press, New York, 350 pp.
- PRYCHID, C.J. & RUDALL, P.J., 1999: Calcium Oxalate Crystals in Monocotyledons: A Review of their Structure and Systematics. *Annals of Botany* **84**, 725-739.
- SALÁTA, D., SZABÓ M., KENÉZ, Á., MALATINSZKY, Á., DEMÉNY, K. & BREUER L., 2007: Adatok a pénteszgyőr-hárskúti hagyásfás legelő tájtörténetéhez. *Tájökológiai Lapok* **5**(1), 19-25.
- SAUER, D., SACCONI, L., CONLEY D.J., HERRMANN, L. & SOMMER, M., 2001: Review of methodologies for extracting plant-available and amorphous Si from soils and aquatic sediments. *Biogeochemistry* **80**, 89–108.
- SCHELLENBERG H.C., 1908: Wheat and barley from the North Kurgan, Anau. In: PUMPELLY, R. (ed.): *Explorations in Turkestan* Vol. 3. p. 471-473. Carnegie Institute, Washington DC.
- STARNINI, E., SZAKMÁNY, GY. & MADELLA, M., 2007: Archaeometry of the first pottery production in the Carpathian Basin: Result from two years of research. *Atti del IV. Congresso Nazionale AIAR. Pisa, 1-3 febbraio 2006*. Estratto p. 401-411.
- STEFANOVITS, P., 1992: *Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest*, p. 380
- SZABÓ, M., KENÉZ, Á., SALÁTA, D., SZEMÁN, L. & MALATINSZKY, Á., 2007: Studies on botany and environmental management relations on a wooded pasture between Pénteszgyőr and Hárskút villages. *Cereal Research Communications* **35**(2), 1133-1136
- USOV N.I., 1943: Biological accumulations of SiO₂ in soils. (Pedology) *Pochvovedenie* **9-10**, 30-36.
- YARILOVA E.A., 1956: Mineralogical investigation of a sub-alpine chernozem on andesite basalt. *Kora Vyvetrivaniya* **2**, 45-60.

Melléklet 1.: A pénzgyöri ABET szelvény mintáiból feltárt, meghatározott és leszámolt növényi opálszemcsék

Kód	Mintavételi mélység	Genetikus talajszint	Indikátor típusok											Összesen				
			Növényi opálszemcsék							Egyéb kovavázias indikátor		Egyéb növényi indikátorok*		n	%			
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.					
PA01-1	0-2 cm	A ₀	90,3	0,0	0,0	3,2	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	+	31	100,0
PA01-2	2-4 cm	A ₀	68,1	6,4	0,0	8,5	14,9	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	-	++	47	100,0
PA01-3	4-7 cm	A ₀	51,4	2,8	0,9	27,5	13,8	0,0	0,0	0,0	3,7	0,0	0,0	0,0	-	++	109	100,0
PA01-4	7-15 cm	E	65,3	2,0	2,0	18,4	12,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	+	49	100,0
PA01-5	15-20 cm	E	74,1	0,0	1,9	9,3	3,7	3,7	0,0	0,0	1,9	5,6	0,0	0,0	-	+/-	54	100,0
PA01-6	20-30 cm	E	68,5	11,1	1,9	3,7	0,0	7,4	3,7	0,0	0,0	3,7	0,0	0,0	++	+	54	100,0
PA01-7	30-40 cm	EB	54,5	18,2	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	22,7	0,0	0,0	0,0	+	+	22	100,0

1. epidermális hosszúsejt fitolitok, 2. erdei jellegű habitat pázsitfűfajainak trichómái, 3. mezsei jellegű habitat pázsitfűfajainak trichómái, 4. sztyepei jellegű, száraz habitat pázsitfűfajainak indikátor fitolitformái, 5. gabona indikátor, 6. polylobate, 7. túlevelelű fajajok indikátorformái, 8. kovamoszat vázak, 9. *Porifera* spp. tüskéi, 10. fűsszárú detritusz, 11. légyszárú detritusz

* csak szemikvantitatív információ

Melléklet 2.: A pénzgyöri ABET szelvény mintáiban mért fitolit koncentráció

Kód	Mintavételi mélység	nyers minta [g]	centrifuga tubusba mért minta tömege [g]	[AIF]	centrifugálás utáni feltárt minta tömege [g]	AIF%
PA01-1	0-2 cm	11,25	5,200	0,720	13,846	
PA01-2	2-4 cm	12,03	5,460	0,320	5,861	
PA01-3	4-7 cm	11,40	5,000	0,170	3,400	
PA01-4	7-15 cm	11,90	5,520	0,270	4,891	
PA01-5	15-20 cm	12,79	9,660	0,210	2,174	
PA01-6	20-30 cm	12,44	9,520	0,160	1,681	
PA01-7	30-40 cm	12,74	10,030	0,040	0,399	

DOMBORZATI MODELL ALKALMAZÁSA EGY POROLISSUMBAN VÉGZETT RÉGÉSZETI CÉLÚ MÁGNESES MÉRÉS FELDOLGOZÁSÁBAN ÉS ÉRTELMEZÉSÉBEN

LIPOVICS TAMÁS¹, PETROVSZKI JUDIT¹, KUDÓ ISTVÁN¹, PÁNCZÉL SZILAMÉR²,
DOBOS ALPÁR³, VASS LÓRÁNT², LENKEY LÁSZLÓ⁴, BAJUSZ ISTVÁN^{2, 5}

¹ ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

² Babeş-Bolyai Tudományegyetem Ókortörténeti és Régészeti Tanszék, Kolozsvár

³ ELTE-BTK, Történelemtudományi Doktori Iskola, 1088 Budapest, Múzeum krt. 4/B

⁴ MTA-ELTE Geológiai, Geofizikai és Űrtudományi Kutatócsoport, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

⁵ Szilágy Megyei Történeti és Művészeti Múzeum, Zilah

e-mail: lipo@ludens.elte.hu

Abstract

In this study with the help of a high-resolution magnetic survey carried out for archaeological purposes we show how joint application of magnetic and geodetic data can be used for topographic correction and interpretation of the measured anomaly map. The magnetic survey was carried out over the Roman-age ruins of Porolissum in NW Romania. We surveyed an area of 100 m x 120 m with grid spacing of 0.5 m, and measured the total magnetic field and its vertical gradient.

In general, the application of topographic correction is unnecessary in magnetic surveying because the magnetization of the subsoil is negligible. However, the topographic effect can be significant if the near-surface magnetic susceptibility is high. Magnetic topographic correction is defined here as the removal of the disturbing magnetic signals caused by the topography.

Besides the subsoil's enhanced magnetization in the survey area significant topographic variations explain the consideration of the magnetic terrain effect. In the applied procedure the induced magnetic field is estimated using the topography, the strength of the geomagnetic field and the magnetic susceptibility of the subsoil. The unknown remanent magnetization of the subsoil is neglected. We estimated the magnitude of the induced field considering three different susceptibility values (0.0035, 0.01 and 0.02 SI). The calculated magnetic field is subtracted from the measured data.

The corrected magnetic gradient map shows streets and foundations of houses like a present day city map. In some places two generations of houses built on top of each other's foundations can be recognised as the walls with different ages have different orientations. The magnetic maps proved to be very useful in reconstructing the structure of the ancient city.

Kivonat

Jelen dolgozatban egy Porolissumban (Mojgrád, Szilágy megye, Románia) végzett nagyfelbontású, régészeti célú mágneses felmérés példáján mutatjuk be, hogy a domborzati modell és a mágneses adatok együttes alkalmazása hogyan használható a mért adatok korrekciójában, illetve a mágneses anomáliakép pontosításában és értelmezésében. A mágneses felmérés során a mágneses tér nagyságát és annak vertikális gradiensét határoztuk meg 0,5 m-es rácsnál egy 100 m x 120 m-es területen.

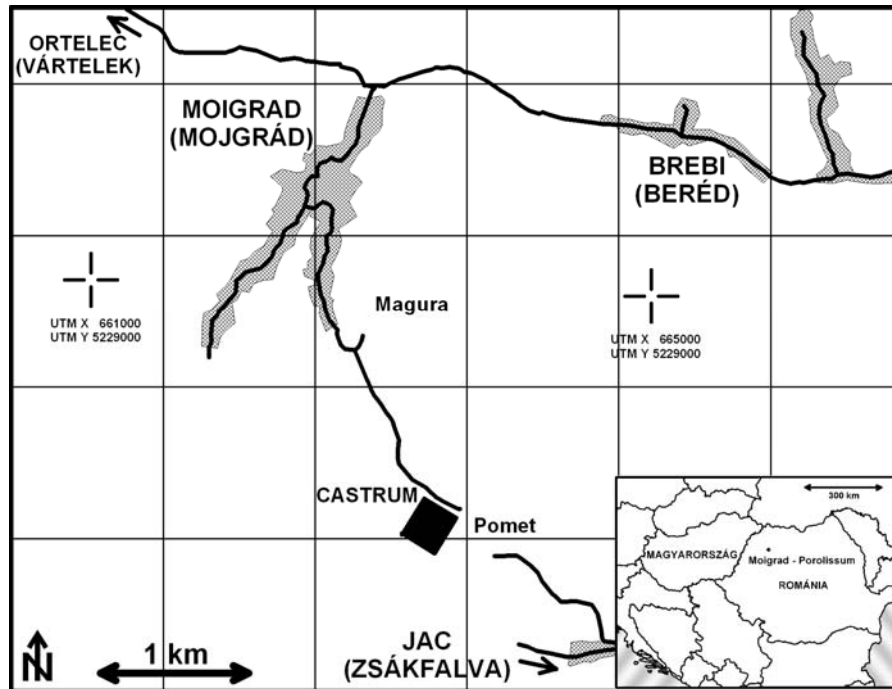
A mágneses méréseknél általában nem szükséges topográfiai korrekciót végezni, mert az altalaj mágnesezettsége elhanyagolható. Azonban, ha a mágneses szuszceptibilitás a felszín közelében nagy, akkor a topográfia hatása jelentős lehet. Mágneses topográfiai korrekció alatt a domborzati viszonyokból eredő zavaró jeleknek a mért értékekből történő eltávolítását értjük.

Mérési területünkön az altalaj nagy mágnesezettsége mellett a jelentős domborzati változások is indokolták a topográfiai hatás figyelembevételét. Az általunk alkalmazott korrekció során a külső tér és a talaj mágneses szuszceptibilitásának becslésével az altalaj indukált mágneses terét számítottuk ki, majd ezt levontuk a mért értékekből. Három különböző szuszceptibilitás érték (0,0035, 0,01 és 0,02 SI) esetében vizsgáltuk az indukált mágnesezettségből származó jel nagyságát a területen. A korrekció elvégzésekor a remanens mágnesezettségből eredő jelet elhanyagoltuk.

A korrigált mágneses gradiens térképen, mint a mai várostérképeken, utcák és házfalak azonosíthatók. Néhány helyen a különböző időszakokban egymásra épült szerkezetek is látszanak, amelyek az eltérő irányítottság alapján ismerhetők fel. Megállapítható, hogy a topográfiai korrekció felhasználásával előállított anomáliakép részletgazdagabbá, könnyebben értelmezhetővé válik, ami nagymértékben segíti az egykori városszerkezet megismerését.

KEYWORDS: ROMAN PERIOD, MAGNETIC SURVEYING, DIGITAL TERRAIN MODEL, TOPOGRAPHIC CORRECTION

KULCSSZAVAK: RÓMAI KOR, MÁGNESES MÉRÉSEK, DIGITÁLIS TEREPMODELL, TOPOGRÁFIAI KORREKCIÓ



1. ábra

A castrum és környezete
Mojgrád-Porolissumban
(Szilágy megye, Románia)

Bevezetés

A régészeti és a geológiai környezet rövid ismertetése

A kolozsvári Babeş-Bolyai Tudományegyetem Ókortörténeti és Régészeti Tanszéke, a Szilágy Megyei Történeti és Művészeti Múzeum és az ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszéke közt fennálló együttműködés keretében 2005 óta végzünk régészeti célú mágneses méréseket a Mojgrádhoz (Szilágy megye, Románia) közeli *Porolissum* területén.

A *porolissumi* civil település a második dák háború után (Kr. u. 106) egy segédcsapattábor körül alakult ki. A tábor a Pomét-dombon helyezkedett el, ahonnan az Erdélyi-medencébe vezető északnyugati utat és a dáciai *limes* északnyugati szakaszát lehetett ellenőrizni. Fontos stratégiai helyzete miatt a település gyors fejlődésnek indult, és hamarosan *Dacia Porolissensis* tartomány egyik legfontosabb katonai, gazdasági, kulturális és vallási központja lett. Az itt állomásozó csapatok méretéből, valamint az amfiteátrum férőhelyeinek számából becslve, a Septimius Severus császár uralkodása alatt

municipiumi, tehát városi rangra emelt település lakossága az itt állomásozó katonákkal a III. századra kb. 20000 fő lehetett (Bărbulescu 2005). A III. század második felében a rómaiak kivonultak Daciából, és ezután a város is elnéptelenedett. Területén a későbbiekben sem jött létre új, nagyméretű település, ezért mind régészeti, mind geofizikai kutatások számára ideális terület. Az első feltárást 1908-ban végezték (Buday 1908), majd több megszakítást követően 1977 óta folynak az újakezdett tervásatások. Az egykori településen több helyen végeztek ásásokat, de a terület nagy része még feltáratlan. A *castrum* és környezetének elhelyezkedését mutatja az **1. ábra**.

A Pomét-dombon feltárt segédcsapattábor (*castrum*) északi kapuját (*porta praetoria*) újjáépítették, konzerválták a parancsnoki épület (*principia*), a sarok- és a kaputornyok megmaradt falait, és számos kutatóárokmal megpróbálták feltérképezni a *castrum*-ban található épületek elrendezését. Feltárták a *castrum* előtt elvezető római utat, és annak két oldalán pár fontosabb épületet, továbbá feltárták és rekonstruálták az amfiteátrumot.

Az egykori város területén is több helyen végeztek ásatásokat, de a terület nagy része még feltáratlan.

Porolissumban az épületeket a közeli Magura-hegy kőfejtőjéből származó dácitból építették. A helyi dácit mágneses szuszeptibilitása 0,02 SI körüli érték, ezért a dácitból készült objektumok indukált mágneszettségéből eredő jel magnetométerrel igen jól mérhető (Petrovszki et al. 2008). A város területén lévő maradványok között találkozhatunk homokkővel és mészkővel is, de ezek aránya elhanyagolható a dácithoz képest. A területen a dácit mellett jelentős még a beomlott tetőkből, vízvezetékekből, illetve a használati tárgyakból származó égetett cserép törmelék mennyisége. Az altalajban az épületmaradványok mellett az agyagos talajjal kevert, áthalmozott dácit és cseréptöredékek, illetve az ezek mállásából származó szemcsék adják a felszínközeli összletek nagy mágneszettségét.

A domborzati hatás figyelembevétele a mágneses mérésekben

Napjainkban mind a geofizikai mérések, mind a régészeti feltárások megkövetelik a helyszín koordinátáinak pontos ismeretét, esetenként a terep domborzati modelljének a meghatározását. A régészet számára a geodéziai adatok önmagukban is fontos információkat hordoznak, ugyanakkor a helykoordináták előállítása mellett a domborzati adatokból szintén levonhatók régészeti információk, következtetések. A geodéziai eredmények geofizikai adatokkal történő kombinálása pedig további ismereteket szolgáltathat egy adott mérési területről.

A régészeti célú, felszíni mágneses méréseket régóta alkalmazzák az archeológiában (Clark 1986; Gibson 1986; Tsokas et al. 1994) és a módszer hazai alkalmazása is rutinszerűnek tekinthető (Pattantyús-Á. 1986; Kis & Pusztai 2006).

A mágneses méréseknél általában nem szükséges a domborzat mágneses hatását figyelembe venni, mert a magmász és magnetit tartalmú kőzetek kivételével a kőzetek mágneszettsége elhanyagolható, és így a topográfiának nincs hatása a mágneses térre. Azonban, ha a mágneses szuszeptibilitás a felszín közelében nagy, akkor a topográfia hatása jelentős lehet. Például $\kappa=0,025$ SI esetén egy 45° -os, 10 m hosszú lejtő 700 nT anomáliát okozhat a mágneses térben (Gupta & Fitzpatrick 1971). Abban az esetben, ha a mérés helyszínén a szintkülönbségek jelentősek, akkor ez tovább növeli a domborzat mágneses hatását.

A fent említett zavaró hatás kiküszöbölésére alkalmazható a mágneses topográfiai korrekció. A korrekció alkalmazásakor megpróbáljuk eltávolítani a domborzati különbségekből eredő mágneses

jeleket az anomáliaképből. Mivel az altalaj remanens mágneszettségét nem ismerjük, ezért a módszer a homogén mágneses szuszeptibilitással rendelkező altalaj indukált mágneses terének a meghatározására, majd ennek a magnetométerek által mért térértékekből történő eltávolítására egyszerűsödik.

A számítás elvégzéséhez szükség van a domborzat részletes ismeretére, illetve az altalaj mágneses szuszeptibilitására. Ezért a nagyfelbontású mágneses méréseken kívül geodéziai felmérést kell elvégezni, aminek a segítségével elő lehet állítani a mérési terület megfelelő felbontású domborzati modelljét. A geodézián kívül mágneses szuszeptibilitás mérésekre is szükség van a felszín, illetve az altalaj minél több pontjában, hogy az altalajból származó indukált mágneses teret minél pontosabban becsülhessük.

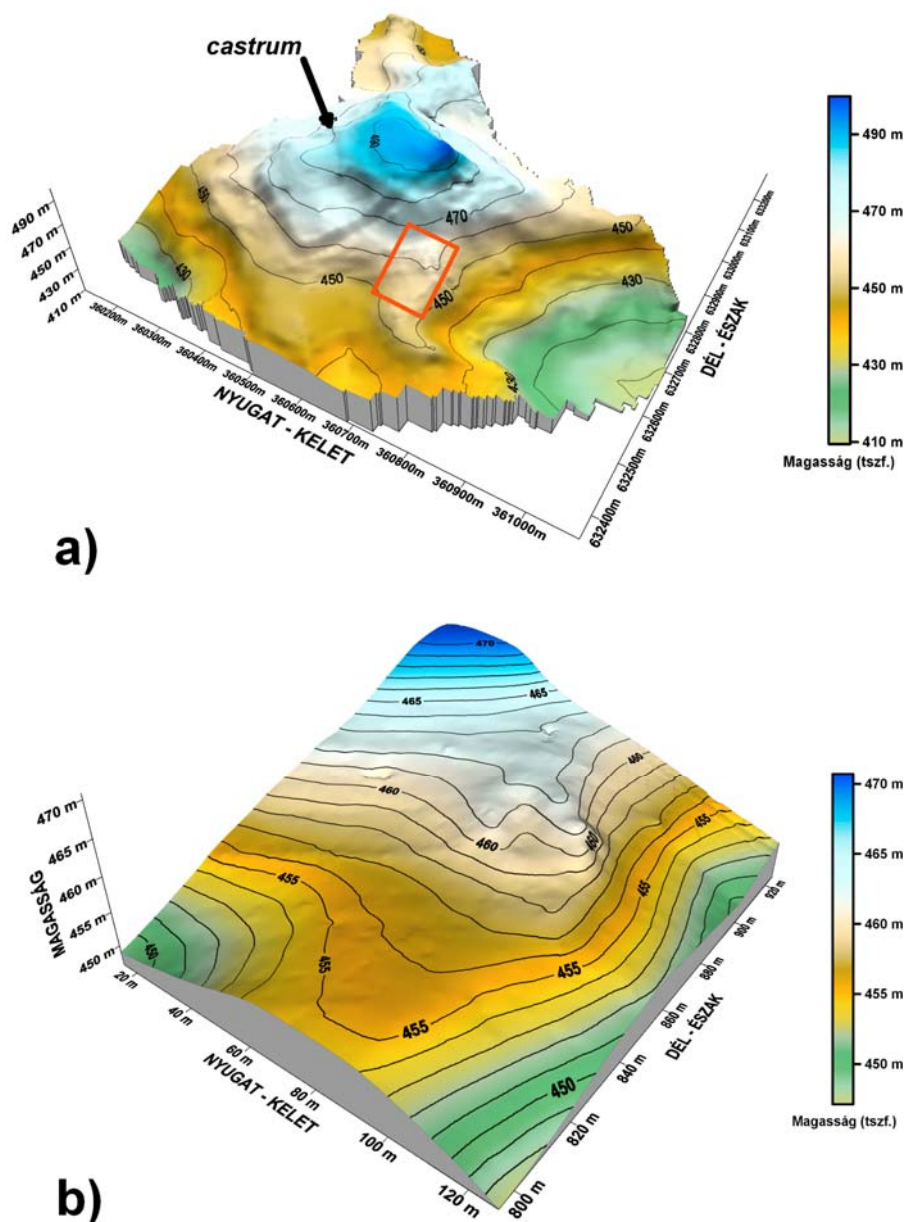
Az alábbiakban egy *Porolissumban* végzett nagyfelbontású, régészeti célú mágneses felmérés esetében teszünk kísérletet a mágneses topográfiai korrekció elvégzésére, amit az altalaj nagy mágneszettsége és a mérési terület jelentős szintkülönbségei indokolnak. Mivel a remanens mágneszettségről egyáltalán nem, a mágneses szuszeptibilitásról pedig csak a felszín közeléből álltak rendelkezésre információk, a pontosabb becslés érdekében három különböző szuszeptibilitás érték (0,0035, 0,01 és 0,02 SI) esetében vizsgáltuk az indukált mágneszettségből származó jel nagyságát a területen.

Adatok és módszerek

Geodéziai mérések

A *porolissumi* régészeti lelőhely központi részének geodéziai felmérését az 1991-1992-es években a Szilágy Megyei Történeti és Művészeti Múzeum megrendelésére I. HOROTAN geodéta irányításával készítették el. A területről előállított szintvonalas térképeket digitalizáltuk, majd elkészítettük a *castrum* környékének digitális terepmodelljét, ami a **2a ábrán** látható. Az ábrán a koordináták Sztereo-70-es vetületben, a magasság a Fekete-tenger szintje felett értendő, a túlmagasítás kétszeres. A digitális terepmodellen jól azonosítható a *castrum* téglalap alakú, a felszínből kiemelkedő tömbje, amelynek ÉK-i sarka (Bisericuța-csúcs) egyben az ábrázolt domborzat legmagasabb pontja. Az erődítmény azonosíthatósága jól példázza a topográfiai adatokból levonható információk hasznosságát. Az erődítménytől minden irányban lejt a terep, és a felszín bizonyos irányokban nyúlványokat alkot. A **2a ábrán** az egyik ilyen, a *castrum*-tól DK-i irányban elhelyezkedő nyúlványon piros keret jelöli a nagyfelbontású mágneses méréseink területét.

2. ábra



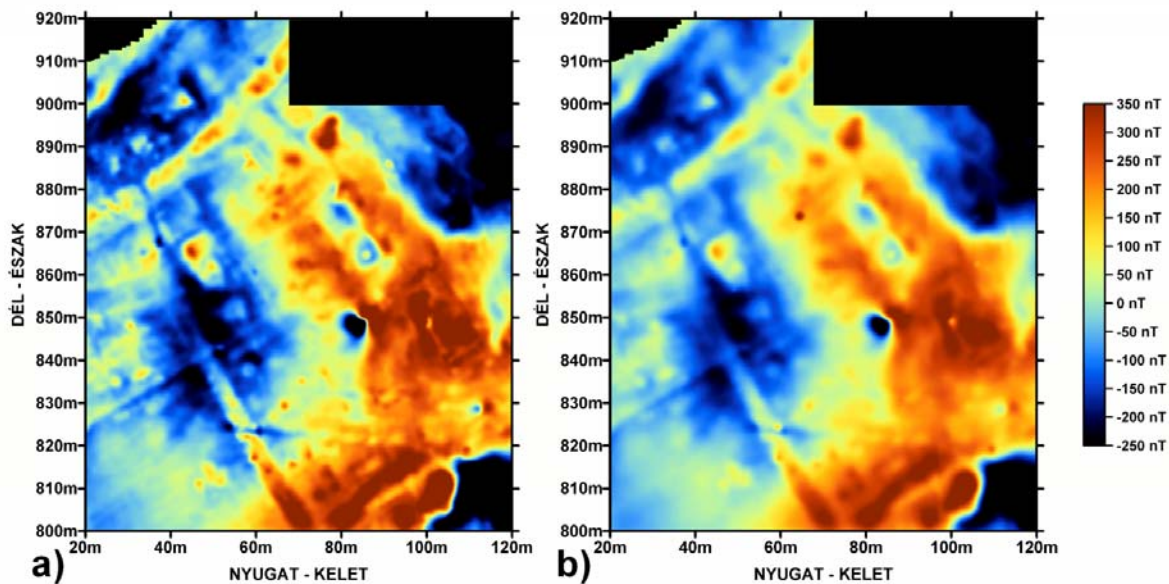
(a): A castrum környezetének digitális terepmodellje Prolissumban. A koordinátákat Sztereo-70-es vetületben ábrázoltuk. Piros keret jelöli a mágneses mérések helyét.

(b): A mágneses mérések helyszínének digitális terepmodellje a castrum-tól délkeletre. A koordinátákat lokális koordinátarendszerben adtuk meg észak-déli irányítottág mellett. A magasság mindkét ábrán a Fekete-tenger szintje felett értendő, a túlmagasítás kétszeres. Az ábrákon azonos színek mellett eltérő magasság tartományok vannak ábrázolva.

A mágneses mérések helyszínén a *Necropolis Prolissensis Project* (Alföldy-Gázdac et al. 2007) keretében 2008. augusztusában végeztünk részletes geodéziai felmérést egy Leica TPS 800-as típusú geodéziai mérőállomással. A mérési pontok átlagos sűrűsége a területen $0,16 \text{ pont/m}^2$. A mérések alapján készített digitális terepmodell látható a **2b ábrán**. A modellben használt koordinátákat lokális koordinátarendszerben ábrázoltuk. A **2a ábrához** hasonlóan a magasságot a Fekete-tenger szintje felett adtuk meg, és a túlmagasítás is szintén kétszeres. Az ábrákon azonos színek mellett eltérő magasság tartományok vannak ábrázolva.

A mérési terület legmagasabb pontja az északnyugati sarokban, a castrum-hoz legközelebb eső pontban található. A terület közepén egy kisebb sík térség található, ahol egy gödör és körülötte - a DK-i irányt kivéve - kisebb földhányások azonosíthatók. Ez a Buday (1915) által végzett ásatás maradványa, amelynek szelvényét nem temették vissza.

A domborzaton még két kisebb mélyedés látható a (64 m; 908 m) és (35 m; 865 m) koordinátáknál, amelyek 0,8-1 méter mély régészeti kutatóárkokat jelölnek.



3. ábra

A báziskorrigált és pólusra redukált anomáliák képe azonos színskálával, (a): az alsó szonda, (b): a felső szonda által mért és korrigált térértékek. A koordinátákat lokális koordinátarendszerben adtuk meg észak-déli irányítottság mellett. Az ábrákon nagyobb szerkezetek láthatók, utak és falak nyomvonalai.

Ezenek kívül még két lineáris szerkezet is azonosítható, amelyek a (20 m; 870 m) és (60 m; 890 m), illetve a (20 m; 825 m) és (70 m; 860 m) koordinátákat kötik össze. Ezek a vonalak az egykor mezőgazdasági művelés alatt álló földdarabokat elválasztó gyepek maradványai. A területen a szintkülönbségek meghaladják a 20 métert, ami a 100 m x 120 m-es kiterjedéshez képest igen jelentős érték.

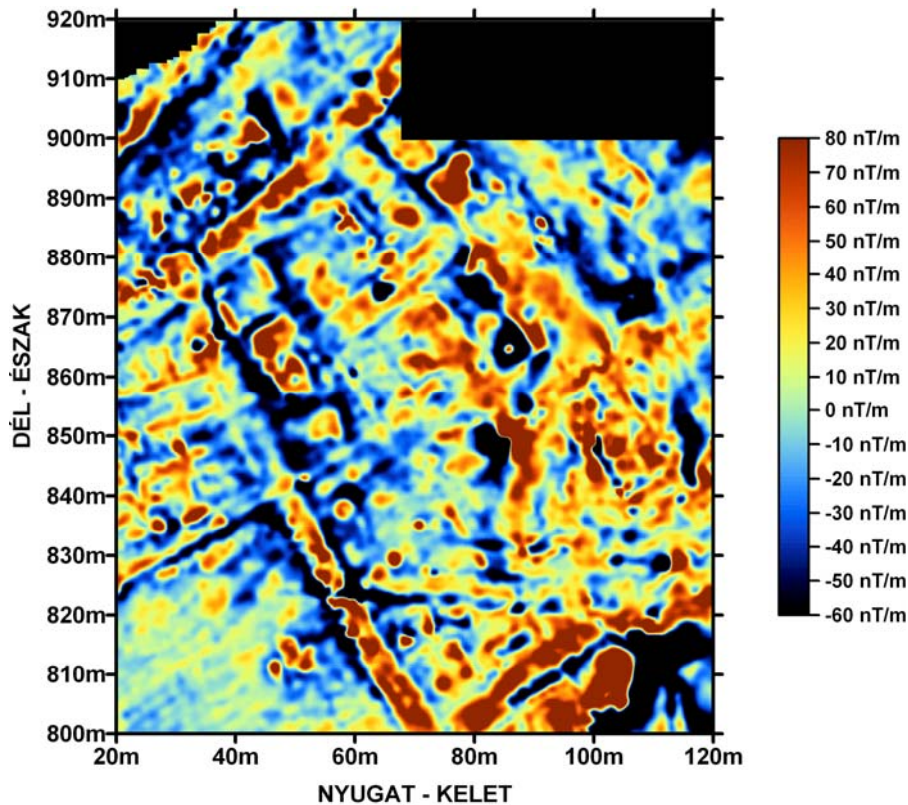
Mágneses mérések

A méréseket GSM-19 típusú Overhauser gradiométerrel végeztük, melynek felbontása 0,01 nT, abszolút pontossága 0,1 nT. A mágneses tér nagyságát és annak vertikális gradiensét mértük 0,5 x 0,5 méteres rácshálóban. A teljes területen mintegy 50000 pontban határoztuk meg a gradiens értékét. A vertikális gradiens kevésbé érzékeny a mágneses tér regionális változására és sekély hatók esetén élesebben lehatárolja az anomáliákat (Clark 1986; Kis & Pusztai 2006). Esetünkben a vertikális gradiens jel/zaj aránya is nagyobb. A korábban szerzett tapasztalatok (Petrovski et al. 2008) szintén megerősítették, hogy a területen a régészeti objektumok kijelölésére a gradiensmérés a legalkalmasabb.

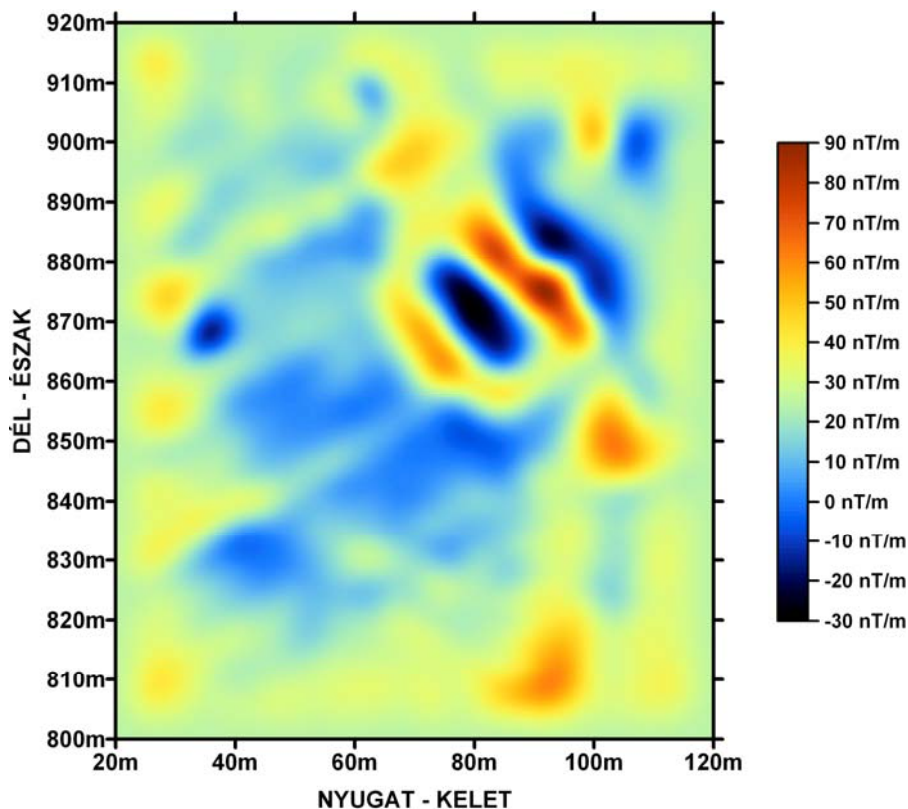
Az alsó detektor felszíntől mért magassága 0,48 méter, a két detektor közti távolság 0,56 méter volt, így a felső szonda talajtól számított magassága valamivel meghaladta az 1 métert. A rácshálót a lokális koordinátarendszernek megfelelően észak-déli és kelet-nyugati irányban tájoltuk, amelynek

északi részén a terepi adottságok, azaz egy bozótos miatt nem mindenütt tudtunk méréseket végezni. A mért értékeket képfeldolgozó szoftverrel ábrázoltuk és dolgoztuk fel.

Az adatokból először a mágneses tér időbeli változásának eltávolítására került sor a báziskorrekció segítségével. Ezt követte a mért értékek előzetes vizsgálata, melynek során a mérésből nagyságrendekkel kiemelkedő, valószínűsíthetően felszínközeli vastárgyak zavaró jeleit távolítottuk el. A következő lépésben a két szonda által mért mágneses tér értékeket pólusra redukáltuk (Blakely 1995). A pólusra redukáláshoz szükséges külső tér adatokat a 2005.0 IGRF modellből vettük (Maus et al. 2005), amely szerint a *Porolissum* helyzetének megfelelő helykoordinátára (é. sz. 47°10'30", k. h. 23°10'0") és a 2008. 08.20-i időpontra vonatkoztatva a külső tér nagysága 48645 nT, az inklináció értéke 64,0°, a deklináció szöge 4,45°. A báziskorrigált és pólusra redukált anomáliákat mutatja a **3. ábra**. A **3a-b ábrákon** mind az alsó, mind a felső szonda által mért képen kivehetők nagyobb szerkezetek, utak és falak nyomvonalai. A két anomáliaképet összehasonlítva jól látható, hogy az alsó szonda által mért értékekből szerkesztett kép a nagyobb frekvenciák miatt élesebb. Az anomáliaképek északi részén két fekete folt jelzi a mérési adatok hiányát, amit az említett terepi adottságok indokolnak. A **4. ábrán** látható a báziskorrigált és pólusra redukált anomáliákból számított vertikális gradiens képe.

**4. ábra**

A 3. ábrán látható báziskorrigált és pólusra redukált anomáliákból számított vertikális gradiens képe. A vertikális gradiens mágneses képe jóval részletgazdagabb, mint az alsó vagy a felső szonda által mért anomáliáké.

**5. ábra**

Az általaj indukált mágneszettségéből eredő vertikális gradiens szűrt változata 0,01 SI mágneses szuszceptibilitás érték mellett.

A vertikális gradiensből kapott mágneses kép az anomáliák élesebb lehatárolása miatt jóval részletgazdagabb, mint az alsó vagy a felső szonda által mért anomáliaképek.

Az általaj mágneses szuszceptibilitásának meghatározásához KT-6 Kappaméterrel terepi méréseket végeztünk. Azt kaptuk, hogy a területen a szuszceptibilitás értéke átlagosan 0,0025 és 0,0035 SI között változik. Néhány kiugró mérési érték azonban meghaladta a 0,01 SI értéket. Csupsán a

felszínen, illetve a rendelkezésre álló sekély árkokban tudtunk méréseket végezni, így a mélyebben lévő talajról nem állt rendelkezésre információ. Azt azonban megállapíthattuk, hogy a mért szuszceptibilitás értékek nagyságrendekkel meghaladják az átlagos mágnesezettségű talajokra jellemző értékeket.

A mért adatok korrekciója és a mérési eredmények értelmezése

Mágneses topográfiai korrekció alkalmazása

Az általaj indukált mágnesezettségéből származó jel kiszámításához a Li & Oldenburg (1996) által írt 3D mágneses inverziós szoftvercsomag direktfeladat-megoldó rutinját használtuk fel. Adott külső tér mellett a mágnesezettség (\mathbf{J}) függését a mágneses szuszceptibilitástól (κ) egy differenciál-egyenlet adja meg. Amennyiben a szuszceptibilitás értéke nem túl nagy, akkor első közelítésben a mágnesezettség arányosnak tekinthető a szuszceptibilitással. A mágnesezettség miatt keletkező indukált tér a következő integrál-egyenlet segítségével adható meg:

$$\mathbf{B}_a(\mathbf{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \nabla \nabla \frac{1}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} \mathbf{J} dv,$$

ahol $\mathbf{B}_a(\mathbf{r})$ a felszín egy adott pontjában meghatározott mágneses indukció vektora, V a mágnesezhető anyag által kitöltött térfogat, \mathbf{r} abba a pontba mutató helyvektor, ahol a hatást számítjuk, \mathbf{r}' egy tetszőleges, másik pontba mutató helyvektor, annak az elemi térfogatnak a helyét jelöli, amelyiknek a mágneses hatását számítjuk.

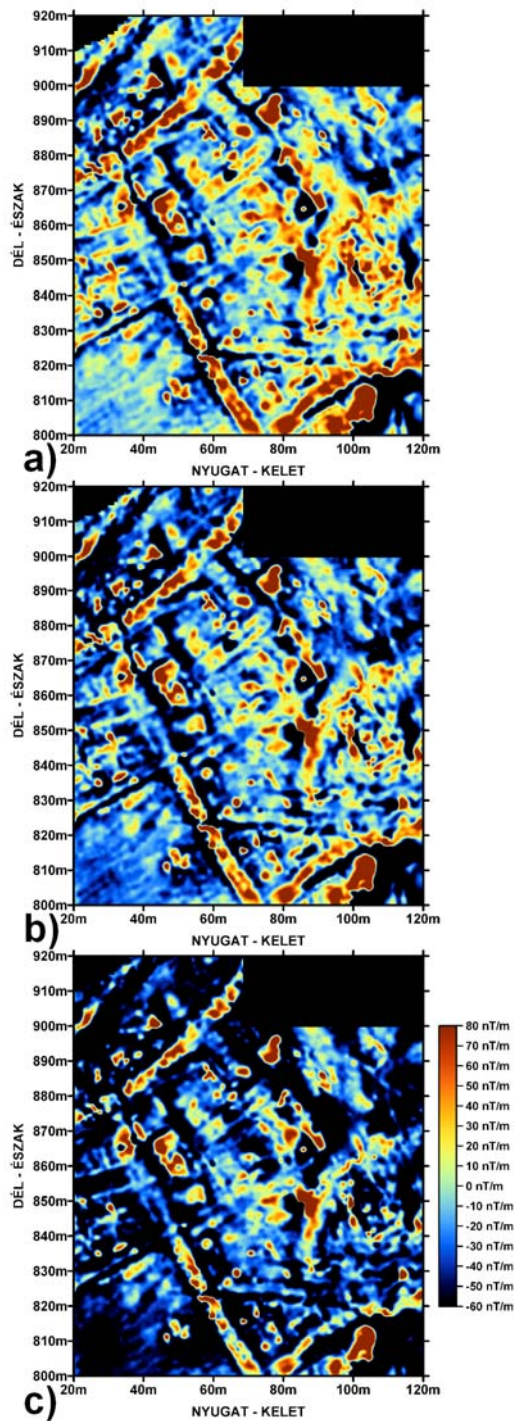
A számítás első lépéseként a mágneses mérési pontok alatti térrészt téglatestekből álló elemi cellákra osztjuk fel egy ortogonális térrács segítségével. A cellák a vizsgált elemi térfogatokot reprezentálják, és belsejükben a mágneses szuszceptibilitás értéke állandónak feltételezett. Az aktuális anomália, ami a fenti összefüggés alapján a domborzat felett adott magasságban, egy adott pontban meghatározható, a nem-zérus szuszceptibilitású elemi cellák által keltett mágneses terek összege. Esetünkben mind az alsó szonda, mind a felső szonda helyzetének megfelelő minden egyes rácspontban meg kellett határozni a mágneses tér értékét a teljes mérési területen. A számításhoz bemeneti paraméterként szükség van a mérési pontok koordinátaira, illetve a külső tér jellemzőire. A külső tér jellemzőit (térérték, inklináció, deklináció) a korábbiakhoz hasonlóan a 2005.0 IGRF modellből határoztuk meg (Maus et al. 2005).

A számításban a mérési területet egy 112 x 130 x 65 m élhosszúságú téglatestbe foglalt, homogén mágneses szuszceptibilitással jellemzett domborzati modell reprezentálja. A téglatest horizontális kiterjedése minden irányban 5 méterrel meghaladja a mérési terület nagyságát, hogy a szélek mágneses hatása ne jelentkezzen a korrigált mérési adatokban. A modellt különböző magasságú, de azonos horizontális élhosszúságú elemi cellák építik fel. A horizontális élhosszúság a mágneses mérés rácsának megfelelően 0,5 m, míg a cellák magassága változik a mélységgel. A modellben a felszíntől lefelé 100 darab 0,25 m magas, majd 20 darab 0,5 m-es, majd 10 darab 1 m-es, végül 4 darab 5 m magas cella következik. Így a modell összesen 134 szintből áll. A mélységgel növekvő cellamagasság beállítása a távolsággal köbösen csökkenő mágneses intenzitás miatt indokolt. A fenti felosztás mellett a téglatest mintegy 7,8 millió cellát tartalmaz.

Megvizsgáltuk, hogy a különböző lehetséges cella felosztások közül kiválasztható-e olyan, ami a számítások idejének csökkentése mellett elégséges felbontást ad a korrekció optimális elvégzéséhez. Azt tapasztaltuk, hogy az optimális horizontális felosztásnak legalább el kell érnie a mágneses mérési rács felbontását, azaz a 0,5 x 0,5 métert, míg vertikális irányban a felszínközeli 0,25 méteres felbontás is minimális követelmény a modellel szemben. Sajnos a rácsfelbontás további növelése a számítások idejének drasztikus növekedésével jár, ezért ennek alkalmazása nem célravezető.

A felszíni mágneses szuszceptibilitás mérések alapján a modell minden egyes cellájára a 0,0035 SI szuszceptibilitás értéket tételeztük fel. Ugyanakkor lehetségesnek látszott, hogy ez az érték alulbecsüli a valódi, a helyi viszonyokra jellemző szuszceptibilitás értéket. Ezért további két lehetséges értékre, 0,01 és 0,02 SI-re is elvégeztük a számításokat. Ez utóbbi érték azt a feltételezést jelenti, mintha a teljes általaj dációból állna. Mivel mindhárom mágneses szuszceptibilitás érték esetében mind az alsó szonda, mind a felső szonda magasságában meg kellett határozni az indukált mágneses jel nagyságát a teljes területre, ezért összesen hat számítás elvégzésére volt szükség.

A modellcellák eleiből származó mágneses hatás a felszín közelében torzítja az indukált mágnesezettségéből kapott jel eloszlását. Ez a torzító, nagyfrekvenciás jel szűrés segítségével eltávolítható az eredményekből. A művelethez kétdimenziós, Gauss-típusú aluláteresztő szűrőt használtunk, amelynek levágási hullámhossza 8,8 méter volt. A szűrés az amplitúdók simításával járt együtt, amit a szűrés előtti értékekre egyenlítettünk ki lineáris közelítéssel.



6. ábra

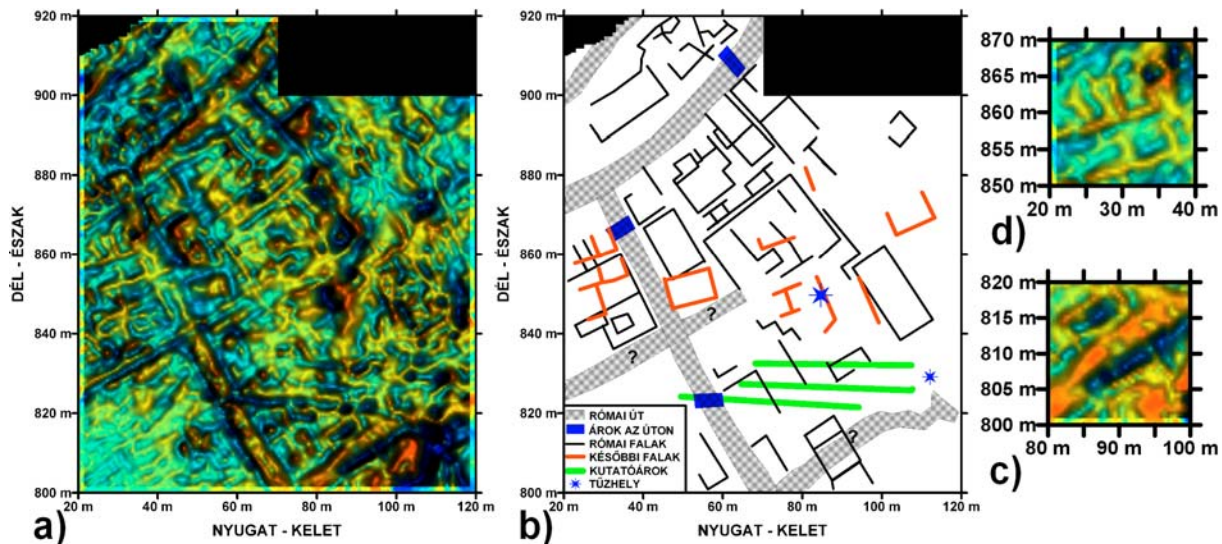
Vertikális gradiens anomáliák topográfiai korrekció után (a): 0,0035 SI, (b): 0,01 SI, (c): 0,02 SI mágneses szuszeptibilitás értékek mellett. A topográfiai korrekciót a mért, báziskorrigált és pólusra redukált anomáliákból számított vertikális gradiensre végeztük el.

Az **5. ábra** mutatja az altalaj indukált mágnesezettségéből eredő mágneses tér vertikális gradiensének szűrt változatát a 0,01 SI mágneses szuszeptibilitás értékre vonatkozóan a mágneses mérés területére redukálva. Az indukált mágneses jel nagysága és a szuszeptibilitás közötti lineáris összefüggés miatt a 0,0035 és 0,01 SI értékre számított anomáliák amplitúdó tartománya arányosan kisebb a 0,02 SI-re számítottnál.

A számított értékek ismeretében már eldönthető, hogy a mért mágneses jelekhez hogyan aránylik a domborzatból eredő, indukált mágneses jel nagysága. A számított vertikális gradiens nagysága $\kappa=0,0035$ SI esetén a $-10,5 - 31,2$ nT/m, $\kappa=0,01$ SI esetén a $-30,0 - 89,1$ nT/m, míg $\kappa=0,02$ SI esetén a $-60,0 - 178,1$ nT/m értéktartományba esik. Az adatok változásában jól látható a szuszeptibilitás és a számított indukált tér közti lineáris összefüggés. A fenti adatokat összevetve a **4. ábra** értékeivel megállapítható, hogy a domborzatból eredő indukált mágneses jel egy nagyságrendbe esik a mért mágneses értékekkel. Tehát esetünkben a topográfiai korrekciót érdemes elvégezni, mivel számottevően javíthatja az eredmények minőségét.

A **6. ábra** mutatja a topográfiai korrekció után a vertikális gradiens anomáliákat a 0,0035 SI, 0,01 SI és 0,02 SI mágneses szuszeptibilitás értékek mellett. Az összehasonlíthatóság miatt a **6. ábra** színskálája megegyezik a **4. ábra** színskálájával. A topográfiai korrekciót az alsó és felső szonda által mért, báziskorrigált és pólusra redukált anomáliákból számított vertikális gradiensre végeztük el, azaz ebből vontuk le a különböző szuszeptibilitás értékekre kiszámított, indukált vertikális gradiens anomáliákat. A művelet során az altalajból eredő indukált mágneses tér értékeit a mért adatokhoz hasonlóan először pólusra kellett redukálni, majd az ezekből képzett vertikális gradienseket használtuk fel a korrekcióban.

A topográfiai korrekció után eltűnnek az anomáliákról a domborzati hatásból eredő zavarok, az anomáliák háttere kiegyenlítettebbé válik, ami az egyenletes háttérszínben nyilvánul meg. A **6a**, **6b** és **6c** ábrákon a **4. ábra** anomáliaképehez viszonyítva a vonalas szerkezetek letisztultabb képet mutatnak. Ugyanakkor a 0,0035 SI mellett végzett korrekció (**6a ábra**) nem ad sokkal eltérőbb anomáliaképet a korrekció előttihez képest, így ez a felszíni mérésekből kapott érték alulbecsüli a domborzat mágneses hatását. A 0,01 SI mellett végzett korrekció (**6b ábra**) biztosítja a legjobb kiegyenlítést a három számítás közül, ezért megállapíthatjuk, hogy az altalaj átlagos szuszeptibilitása valahol a 0,01 SI érték körül van. A domborzati hatás eltűnése a Buday (1915) által végzett ásatás maradványának közelében a legszembetűnőbb.



7. ábra

(a): Vertikális gradiens anomália topográfiai korrekció után 0,01 SI mágneses szuszeptibilitás értékkel számítva térhatású színezéssel; (b): a mérési terület régészeti objektumainak egy lehetséges értelmezése; (c)-(d): kinagyított részletek az (a) ábráról.

Ezzel szemben a **6c ábrán** látható, 0,02 SI mellett végzett korrekció túlbecsüli a topográfia mágneses hatását. Így a mérési területen nem feltételezhető 0,01 SI-t jelentősen meghaladó érték az általaj átlagos mágneses szuszeptibilitására.

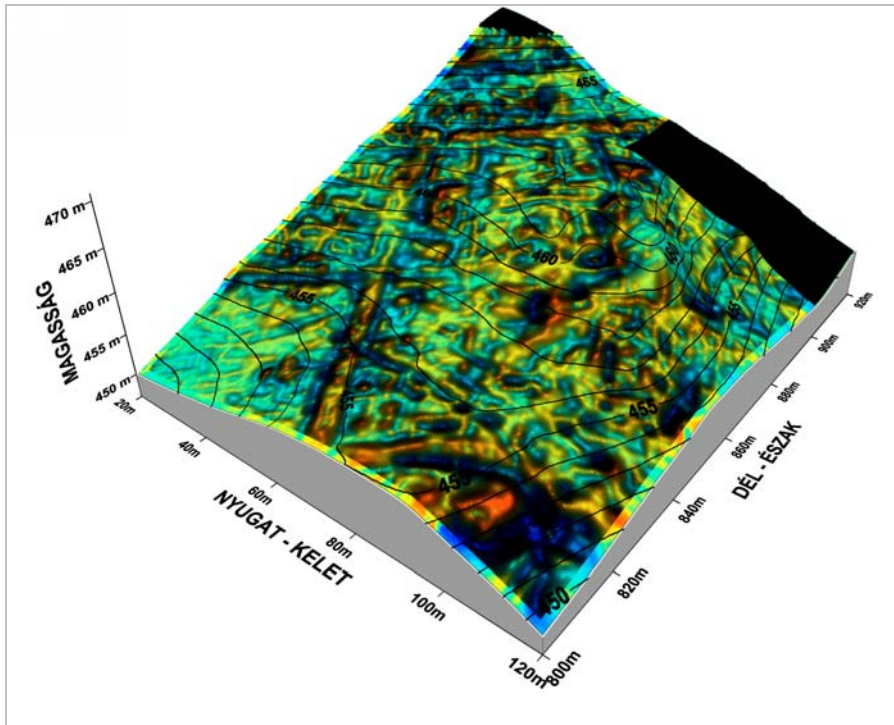
A mérési eredmények értelmezése

A **7a ábra** mutatja a vertikális gradiens anomáliát topográfiai korrekció után térhatású színezéssel, melyet 0,01 SI mágneses szuszeptibilitás érték mellett számítottunk. Az ábrán számos szerkezet előtűnik, amelyek közül a legszembetűnőbbek a hosszan elnyúló, 5-7 méter széles, nagy intenzitású vonalas szerkezetek. A terület ÉNy-i részén két, enyhén egymáshoz tartó, ÉK-DNy-i irányított vonalas szerkezet látható. Mindkettő római útként azonosítható, amelyeket korábbi feltárásokból ismerünk. Az északi útnak a mérési területen kívüli folytatását egy a *castrum*-hoz közeli feltárás vissza nem temetett árkából ismerjük. Míg a délebbi úton egy már korábban említett régészeti kutatóárok települt, amelynek alján egyértelműen azonosíthatók az utat képező dáciitombók. Ebből az útszakaszból ágazik le a (30 m; 875 m) koordináta környékén egy ÉNy-DK-i irányított útszakasz, amelyet szintén biztosan be lehet azonosítani a nyomvonal mentén telepített két árok alján feltárt dáciitombók segítségével.

A fenti, egyértelműen útként azonosított lineáris szerkezeteken túl még megfigyelhető két lineáris struktúra is az anomáliaképen, amelyek jelintenzitása igen hasonló az utakéhoz. A keskenyebb a (20 m; 825 m), a másik a (80 m; 800 m) koordinátából indul, és mindkettő ÉK-nek tart.

Az előbbi intenzitása kevésbé erőteljes, szélességében közelebb áll a falak anomáliaképehez, mégis jól illeszkedik az eddig azonosított úthálózatba. A második szerkezet mind intenzitásában, mind 5-7 méteres szélességében nagyon hasonlít az utak képehez, ugyanakkor 30 méter után keleti irányba kanyarodik. Ez utóbbi objektum látható a **7c ábrán** is, ahol megfigyelhető, hogy az úthoz hasonló lineáris szerkezet keresztülmegy egy olyan épületen, ami irányítottágával szervesen illeszkedik a többi épülethez. Ez azért szokatlan, mert kevésbé valószínű, hogy a város központjában a római kori épületen még a római időkben utat vezettek volna keresztül, vagy egy út fölé épületet húztak volna. Ezek azok az okok, amelyek miatt ez utóbbi két vonalas szerkezet nem sorolható egyértelműen a római kori utak közé.

Az anomáliakép DK-i része tűnik a legzavartabbnak, ami a területén közel KNy-i irányban végighúzódó három darab 50-60 méter hosszú régészeti kutatóároknak köszönhető. A talajba mélyített és a terepen is azonosítható árok számos objektumot kereszteztek, készítésük során számos építőkövet, falszakaszt távolítottak el, ezért lett a mágneses kép ezen a részen erősen zavart. Ugyanezen a területen a (85 m; 848 m) és a (114 m; 829 m) koordinátákban két ÉK-DNy-i tengelyű dipóliszerű anomália azonosítható, amelyek erőteljes remanens jeleket hordoznak. Az intenzitásuk és tengelyirányuk alapján valószínűsíthetően tűzhelyek, a nagyobb átmérőjű esetleg kemence okozta anomália.



8. ábra

Vertikális gradiens anomália topográfiai korrekció után 0,01 SI mágneses szuszeptibilitás érték mellett a mérési terület digitális terepmodelljén.

Az anomáliaképen számos egyéb kisebb intenzitású, pozitív vagy negatív, de az utakhoz képest keskenyebb és rövidebb lineáris anomália is látható, amelyek többnyire egykori falak, falmaradványok jeleként azonosíthatók. E falak néhol teljesen körülhatárolható épületeket alkotnak, másutt csupán töredékesen jelennek meg. A falmaradványok irányítottsága általában követi az utak irányát, a falak többnyire az utakra párhuzamosan vagy merőlegesen helyezkednek el. A **7d ábrán** egy szintén a **7a ábráról** nagyított kép található. Ezen olyan falakra jellemző anomáliák láthatók, amelyek intenzitásában és irányítottságában különbség van. A kisebb intenzitású, és ezért vélhetőleg mélyebben fekvő falak az egyik útra párhuzamosan, illetve merőlegesen, ÉNy-DK-i csapásiránnyal helyezkednek el. Felettük erősebb intenzitással láthatók falmaradványok, melyek az előzőekkel 15-20°-os szöveget bezárva inkább ÉÉNy-DDK-i irányítottságúak. Ebből az a következtetés vonható le, hogy egy korábbi, mindenképpen a város idejéből származó építési fázisra egy későbbi fázis települt, ami az épületeket kismértékben elforgatta. E későbbi építési fázisról nem áll rendelkezésre részletes információ, csupán az ekkor készített falak, falmaradványok irányítottsága, illetve intenzitásának erőssége. Ugyanakkor fontos megemlíteni, hogy az 1914-ben Buday (1915) által itt feltárt épületben számos középkori érem és faragvány került elő, melyek kapcsán az ásatási jelentésben a szerző felvetette annak a lehetőségét,

hogy itt feküdt az oklevelekből jól ismert Meszesi-monostor.

Az eltérő falak intenzitása többnyire 30-60 nT/m-rel jellemzett a vertikális gradiens képen, és kiemelkedik környezetéből. Szisztematikusan megvizsgálva a teljes anomáliaképet számos hasonló irányítottságú és intenzitású falmaradványra bukkanhatunk, amelyek főként a mért terület középső harmadára, a középső sík területre koncentrálnak.

A **7a ábra** mellett látható a **7b ábra** a mágneses anomáliaképen azonosítható objektumokkal (római utak, árkok az úton, római falak, falak a későbbi fázisból, kutatóárkok nyomvonalai, tűzhelyek). A falak esetében minden olyan szerkezetet jelöltünk, ami véleményünk szerint egyértelműen azonosítható, függetlenül attól, hogy a gradiens képen pozitív vagy negatív anomáliával jellemzett. A negatív vonalas szerkezetek valószínűsíthetően a korábban kiszedett falmaradványok nyomát ábrázolják. Fontos hangsúlyozni, hogy a **7b ábrán** látható értelmezés számos szubjektív elemet tartalmaz, és csupán egy lehetséges értelmezés a sok közül.

A domborzati modellen ábrázolt geofizikai adatok is adhatnak újabb információkat a területről, ezért a **8. ábrán** adtuk meg a 0,01 SI mágneses szuszeptibilitás érték mellett topográfiai hatással korrigált vertikális gradiens anomáliát a mérési terület digitális terepmodelljén ábrázolva.

Összefoglalás

Mágneses méréseink során egy 100 m x 120 m kiterjedésű területen végeztünk nagyfelbontású felmérést. A mágneses adatok feldolgozásakor a rutinszerűnek tekinthető feldolgozási és korrekciós lépéseken kívül lehetőségünk adódott a mágneses topográfiai korrekció alkalmazására. Ehhez szükségünk volt a terep domborzati modelljének a meghatározására és mágneses szuszceptibilitás mérések kivitelezésére. A topográfiai korrekció alkalmazása azért bizonyult igen hasznosnak, mert a vizsgált területen jelentős volt a szintkülönbség és a talaj indukált mágnesezettségéből eredő mágneses hatás. A topográfiai korrekció során a külső tér és a talaj mágneses paramétereinek ismeretében az általa indukált mágneses terének becslését végeztük el, majd a kapott jeleket eltávolítottuk a mért értékekből. A számítások során több lehetséges szuszceptibilitás érték mellett (0,0035, 0,01 és 0,02 SI) becslültük a keletkező indukált jel nagyságát, ami a mért értékekkel azonos nagyságrendűnek adódott. A számításokban a remanens mágnesezettségéből eredő jelet elhanyagoltuk. A szuszceptibilitás értékek közül a 0,01 SI bizonyult optimálisnak, tehát a felmért területen az általa átlagos szuszceptibilitás értéke valahol ebben a tartományban található.

A korrigált adatokból előállított vertikális gradiens rendkívül részletgazdag anomáliaképet eredményezett. A kapott képen számos régészeti objektumot sikerült azonosítani, így utakat, árkokat, falakat, kutatóárkok nyomvonalait és tüzhely/kemence nyomokat. Alkalmunk volt legalább két különböző korú építési fázisra utaló mágneses jeleket megkülönböztetni. Ezek közül az első fázis a római város idejére esik, míg a második ezt követte, de pontos idejének megállapításához nincs elegendő információ.

Az eredmények jelentőségét egyrészt az adja, hogy jelen mérés során lehetőségünk nyílt egy egyszerű, hasznos, de a régészeti célú mágneses mérésekben ritkán alkalmazható adatkorrekció elvégzésére; másrészt az eredmények rávilágítanak arra, hogy a geodéziai és a geofizikai adatok együttes kezelése igen fontos a régészeti alkalmazásokban.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk Márton Péter akadémikus úrnak, aki 2004 folyamán archeomágneses méréseket végzett a területen, és felhívta figyelmünket a *porolissumi* mérési lehetőségre. Az OTKA TS 044765 számú Tudományos Iskola projekt és a GVOP-3.2.1-2004-04-0390/3.0 számú pályázat tették lehetővé azon magnetométerek beszerzését, amelyekkel a méréseket végeztük. A fenti támogatókon kívül még a Necropolis Porolissensis Project-nek (UEFISCSU, Idei 516) tartozunk köszönettel az anyagi támogatásért.

Irodalom

ALFÖLDY-GÁZDAC, Á., PÁNCZÉL, SZ., VASS, L., GÁZDAC, C., BAJUSZ, I. & GUDEA, N. (2007): Project "Necropolis Porolissensis" Methods and Perspectives. *Acta Terrae Septemcastrensis* **VI/1**:9-17.

BĂRBULESCU, M. (2005): *Atlas - dicționar al Daciei Romane*. Editura Tribuna, Cluj-Napoca, 337 pp.

BLAKELY, R. J. (1995): *Potential theory in gravity and magnetic applications*. Cambridge University Press, Cambridge, 441 pp.

BUDAY, Á. (1908): Porolissumból. *Erdélyi Múzeum* **III/25**:337-348.

BUDAY, Á. (1915): Porolissumból. Jelentés az 1914. évi munkálatokról. *Dolgozatok az Erdélyi Nemzeti Múzeum Érem- és Régiséggyűjtéséről* **VI**:51-95.

CLARK, A. J. (1986): Archeological geophysics in Britain. *Geophysics* **51**:1404-1413.

GIBSON, T. H. (1986): Magnetic prospection on prehistoric sites in Western Canada. *Geophysics* **51**:553-560.

GUPTA, V. K. & FITZPATRICK, M. M. (1971): Evaluation of terrain effects in ground magnetic surveys. *Geophysics* **36**:582-589.

KIS, K. I. & PUSZTA, S. (2006): Application of magnetic field derivatives for locating Sarmatian graves. *J. Appl. Geophysics* **60**:13-26.

LI, Y. & OLDENBURG, D. W. (1996): 3D inversion of magnetic data. *Geophysics* **61**:394-408.

MAUS, S., MACMILLAN, S., CHERNOVA, T., CHOI, S., DATER, D., GOLOVKOV, V., LESUR, V., LOWES, F., LÜHR, H., MAI, W., MCLEAN, S., OLSEN, N., ROTHER, M., SABAKA, T., THOMSON, A. & ZVEREVA, T. (2005): The 10th generation international geomagnetic reference field. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* **151**:320-322.

PATTANTYÚS-Á., M. (1986): Geophysical results in archeology in Hungary. *Geophysics* **51**:561-567.

PETROVSZKI, J., LIPOVICS, T., LENKEY, L., PETHE, M., FERENCZ, E. & HEREIN, M. (2008): Régészeti kutatás céljából végzett mágneses mérések Porolissumon. *Magyar Geofizika* **49/2**:88-95.

TSOKAS, G. N., GIANNOPOULOS, A., TSOURLOS, P., VARGEMEZIS, G., TEALBY, J. M., SARRIS, A., PAPAACHOS, C. B. & SAVOPOULOU, T. (1994): A large scale geophysical survey in the archeological site of Europas (northern Greece). *J. Appl. Geophys.* **32**:85-98.

BAZALTOS ANDEZIT NYERSANYAGÚ SZARMATA SZERSZÁMKÖVEK KÖZETTANI ÉS GEOKÉMIAI VIZSGÁLATA (ÜLLŐ 5. LELŐHELY)

PÉTERDI BÁLINT¹; SZAKMÁNY GYÖRGY²; JUDIK KATALIN³; DOBOSI GÁBOR³

¹Magyar Állami Földtani Intézet, Országos Földtani Múzeum; peterdi@mafi.hu

²Eötvös Loránd Tudományegyetem, Kőzettan-Geokémiai Tanszék

³MTA Geokémiai Kutatóintézet

Abstract

This study reports results of petrographical and geochemical analyses on grinding stones (and fragments of grinding stones and other stone stools) from the archaeological site Üllő 5 (Pest County, Hungary). Üllő 5. is the largest excavated Sarmatian site: cca. 9000 object on 300000 m² from the third-fourth century. Altogether 4133 finds (all made of stone) were surveyed macroscopically, among them 926 grinding stones, millstones, fragments of grinding stones and grinders. Most of them (848 pieces) are made from basaltic andesite. The present paper reports the investigation of the 848 basaltic andesite finds. After the macroscopical observation of the finds; they were grouped and the characteristic samples were further investigated in thin section by polarisation microscopy. Additional chemical analyses have been performed. Bulk chemical analysis was performed with ICP-ES, ICP-MS and with Prompt Gamma Activation Analysis (PGAA); some samples were analysed with electron microprobe analysis (EPMA). (Table 1.)

To get more information about the provenance of the archaeological finds we gathered and studied andesite samples from natural outcrops of the neighbouring volcanic mountains (Börzsöny, Cserhát, Mátra and Karancs Mts.). (Table 1., Fig. 1.) The data were compared with data of analyses found in literature consulted. Most of the investigated grinding stones are made of andesite. Among them two major macroscopic groups could be separated. The microscopic features of the two andesite-types are almost the same. Additional chemical analyses have been performed (ICP-ES, ICP-MS, PGAA and EPMA). On the basis of the analyses of the archaeological finds and our gathered comparative samples [i.e. macroscopical, microscopical and chemical examinations] the basaltic andesite raw materials are originated from the Cserhát Mts.

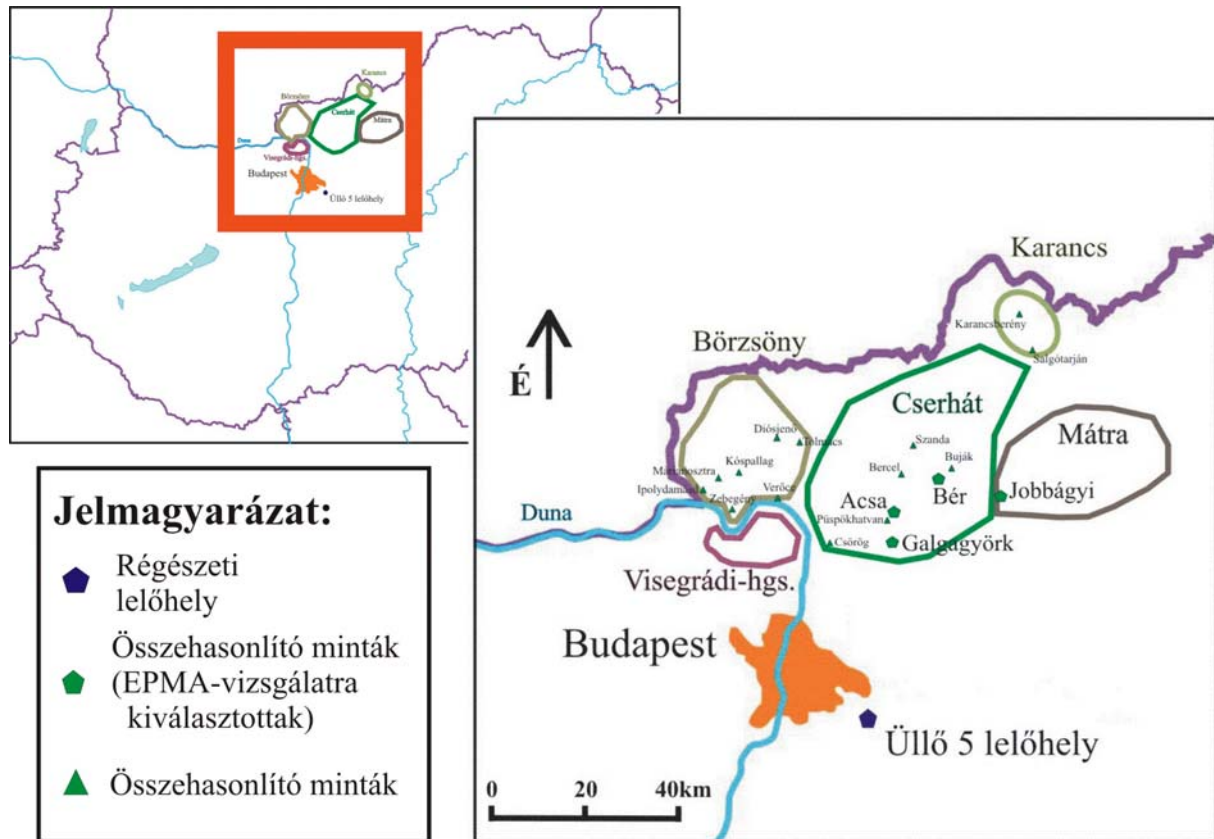
Kivonat

Cikkünkben az Üllő 5. régészeti lelőhelyről (Pest megye) előkerült őrlőkövek (és őrlőkő-, valamint egyéb szerszámkő-töredékek) kőzettani és geokémiai vizsgálatával foglalkozunk. Az Üllő 5-ös lelőhely a legnagyobb szarmata lelőhely: mintegy 9000 objektumot tártak fel 300000 m²-es területen. A leletek kora a Kr.u.-i III-IV. századra tehető. Mindösszesen 4133 kőzetanyagú régészeti leletet vizsgáltunk makroszkóposan, ezek közül 926 őrlőkövet, malomkövet, illetve őrlőkő-töredéket. Az őrlőkövek túlnyomó része (848 db) bazaltos andezit nyersanyagú. Ezen 848 bazaltos andezit nyersanyagú lelet vizsgálatát fejtjük ki cikkünkben.

A leletek makroszkópos leírása és csoportosítása után az egyes nyersanyag-csoportok jellegzetes darabjain vékonycsiszolatos és elektron-mikroszondás (EPMA) vizsgálatokat végeztünk és ezekből a mintákból teljes kémiai elemzések készültek (ICP-ES, ICP-MS, PGAA) (1. táblázat). A vizsgált őrlőkövek túlnyomó többsége bazaltos andezitből készült. Makroszkópos tulajdonságaik alapján két csoportba soroltuk őket. A két csoport mikroszkópos jellemzői nagyon hasonlóak egymáshoz. A leletek nyersanyaga származási helyének pontosításához természetes feltárásokból származó összehasonlító mintákat gyűjtöttünk és vizsgáltunk (a régészeti leletekhez hasonló módon) a lelőhelyhez közel eső hegységekből (Börzsöny, Cserhát, Mátra, Karancs). (1. táblázat, 1. ábra) Adatainkat a közeli hegységek (Börzsöny, Visegrádi-hegység, Cserhát, Mátra) andezitjeiről a szakirodalomban megjelent elemzések adataival is összevetettük. A régészeti leletek és az összehasonlító geológiai minták makroszkópos-, mikroszkópos- és kémiai vizsgálatának eredményei alapján a bazaltos andezit nyersanyagok a Cserhátból származnak.

KEYWORDS: SARMATIAN, GRINDING STONE, STONE TOOL, ANDESITE, PETROGRAPHY, GEOCHEMISTRY

KULCSSZAVAK: SZARMATA, ŐRLŐKŐ, SZERSZÁMKŐ, ANDEZIT, PETROGRÁFIA, GEOKÉMIA



1. ábra: A régészeti lelőhely, a környező hegységek és az összehasonlító (geológiai) minták elhelyezkedése

Fig. 1.: Map of the northern part of Central Hungary with the archaeological site and the sampling localities of the comparative (geological) samples.

Régészeti háttér

Az M0-ás autópálya építéséhez kapcsolódóan, az autópálya és a 4-es út Vecsést és Üllőt elkerülő szakaszának kereszteződésében 2001 és 2005 között folytak megelőző ásatások.

Az Üllő 5-ös lelőhely (**1. ábra**) a legnagyobb eddig feltárt szarmata település: közel 9000 objektumot tártak fel, mintegy 300.000 m²-es területen. Az objektumok többsége egy, a késő császárkorban itt élt szarmata népesség településéhez tartozott. Az ásatások során feltártak néhány temetőcsoportot is, ahol a falu lakói nyugodtak. A leletek alapján (rengeteg kerámia, 47 edényégető kemence, agyagnyerő gödrök, kutak, selejtgödrök stb.) a település egy főként főzőfazekakat gyártó fazekasközpont lehetett. A települést római importtárgyak (kerámia, érmék) alapján a Kr.u. III-IV. századra datálják. (Kulcsár & Mérai in print, Tari 2006.)

A lelőhelyről 4133 kőzet-anyagú lelet került elő. Ezek között 926 vulkanit-nyersanyagú örlőkő (főként alsó örlőkövek, malomkövek, örlőkő-töredékek), fazekas-korong tengelyét tartó "köpersely" és ismeretlen rendeltetésű tárgy található. Az örlőkövek között néhány nagyméretű teljes, illetve fél malomkő is előfordult, többségük azonban csak töredék. Az örlőkövek, malomkövek

méretéből adódóan sok olyan töredék is van, amelyen ugyan a megmunkálás nyomai nem láthatóak, de nyersanyaga azonos, illetve nagyon hasonló az örlőkő-töredékekkel. A továbbiakban az egyszerűség kedvéért 'örlőkő'-nek nevezzük a fentebb részletezett leleteket (örlőköveket, malomköveket, töredékeket).

Az örlőkövek túlnyomó része (848 db/91,6%) vizsgálatunk alapján bazaltos andezit nyersanyagú. Cikkünkben ennek a 848 leletnek a közettani és geokémiai vizsgálatáról számolunk be, és a vizsgálatok alapján megadjuk a nyersanyagforrások valószínűsíthető helyét is.

Vizsgálati módszerek

A leleteket makroszkópos (azaz szabad szemmel és kézi nagyítóval végzett) megfigyelések alapján nyersanyaguk alapján csoportokba soroltuk. A csoportok egy, vagy néhány jellemző (és régészeti szempontból kevésbé értékes, töredékes) példányából vékonycsiszolatot készítettünk a részletes, közettani (polarizációs) mikroszkópos vizsgálatokhoz. A mikroszkópos vizsgálatok eredményét (ásványos összetétel, közetszövet) geokémiai vizsgálatokkal (teljes kémiai és elektronmikroszondás vizsgálatokkal) egészítettük ki.

1. táblázat: Mintadarabok és elvégzett vizsgálatok**Table 1.:** Samples and analyses

Minták			Elvégzett vizsgálatok			
Hegység / régészeti lelet	Lelőhely	Kőzetnév (makroszkópos)	Vékony-csiszolat	ICP-ES, ICP-MS	EPMA	PGAA
Őrlőkő (1. csoport)	Üllő-5 (474.A objektum)	andezit	+	+	+	+
Őrlőkő (1. csoport)	Üllő-5 (619. objektum)	andezit	+	+		
Őrlőkő (1. csoport)	Üllő-5 (1850. objektum)	andezit	+			
Őrlőkő (1. csoport)	Üllő-5 (82. objektum)	andezit	+			
Őrlőkő (2. csoport)	Üllő-5 (1711. objektum)	andezit	+	+	+	
Őrlőkő (2. csoport)	Üllő-5 (7651. objektum)	andezit	+			
Börzsöny	Diósjenő (1)	andezit	+			
Börzsöny	Diósjenő (2)	andezit	+	+		
Börzsöny	Ipolydamásd (MÁFI)	andezit	+			
Börzsöny	Kóspallag (MÁFI)	andezit	+			
Börzsöny	Márianosztra (MÁFI)	andezit	+			
Börzsöny	Tolmács (1)	gránátos andezit	+			
Börzsöny	Tolmács (2)	andezit	+			
Börzsöny	Verőce (1)	andezittufa				
Börzsöny	Verőce (2)	andezittufa				
Börzsöny	Zebegény (1)	andezit				
Börzsöny	Zebegény (2)	andezit				
Cserhát	Acsa (1)	andezit	+	+		
Cserhát	Acsa (2)	andezit	+	+	+	
Cserhát	Acsa (3)	andezit	+	+		
Cserhát	Bér (1)	andezit	+	+	+	
Cserhát	Bér (2)	andezit				
Cserhát	Bér (3)	andezit				
Cserhát	Bercel, Fogacsi-hegy (MÁFI)	andezit	+			
Cserhát	Buják (1)	andezit				
Cserhát	Csörög (1)	andezit				
Cserhát	Csörög (2)	andezit				
Cserhát	Galgagyörk (1)	andezit	+	+	+	
Cserhát	Galgagyörk (2)	andezit	+	+		
Cserhát	Püspökhatvan	andezit	+	+		
Cserhát	Szanda	andezit				
Karancs	Karancsberény	andezit	+	+		
Karancs	Salgótarján	andezit	+	+		
Mátra	Jobbágyi	andezit	+	+	+	

A teljes kémiai elemzések (induktív csatolású plazma emissziós spektrometria (ICP-ES), illetve induktív csatolású plazma tömegspektrometria (ICP-MS)) a vancouveri ACME Analytical Laboratories Ltd. Laboratóriumában készültek. Az elektron-mikroszondás (EPMA) vizsgálatok az MTA Geokémiai Kutatóintézetében, Budapesten készültek (Oxford Instruments INCA Energy 200 típusú energiadiszipatív elemző rendszerrel felszerelt JEOL Superprobe 733 típusú elektronmikroszondával, 15 kV gyorsítófeszültség és 4 nA mintaáram értékek mellett). A különböző vizsgálati módszerekkel nyert eredmények összehasonlítása végett az egyik régészeti lelet prompt gamma aktivációs analitikai (PGAA) mérése is elkészült, ugyancsak Budapesten, a KFKI Izotópkutató Intézetében. (A mérés a 10 MW-os Budapest Kutató Reaktornál készült, ahol a 24 mm² felületre kollimált, 1*10⁸ termális ekvivalens neutronfluxusú neutronnyalábbal 3416 s-ig történt a besugárzás. A detektálást Canberra HPGe-BGO-detektorrendszerrel, a spektrum értékelését Hypermet PC szoftverrel végezték.)

Az őrlőkövek nyersanyaga származási helyének behatárolásához összehasonlító (geológiai) mintákat gyűjtöttünk a közeli hegységekből (Börzsöny, Cserhát, Mátra, Karancs), ahol az őrlőkövek nyersanyagához hasonló vulkanitok fordulnak elő, és ezeket ugyanazokban a laboratóriumokban, ugyanazokkal a módszerekkel vizsgáltuk, mint a régészeti leleteket.

Adatainkat az irodalomban közölt elemzések adataival is összevetettük.

A vizsgált mintákról és az elvégzett vizsgálatokról az **1. táblázat** tájékoztat.

Makroszkópos csoportok: a nyersanyagokról általában

Az őrlőkövek legnagyobb része csaknem üde, illetve csak kevésbé mállott andezitből készült. Makroszkópos tulajdonságaik alapján két csoportot lehetett belőlük kialakítani.

A leletanyagban ezeken kívül kis számban erősen átalakult (kovásodott) andezitből, andezittufából, savanyú vulkanitokból és tufákból készült őrlőkövek őrlőkő-töredékek, egyéb szerszámkövek, ismeretlen rendeltetésű, vulkanit-nyersanyagú tárgyak is előfordulnak, ezeket azonban cikkünkben nem tárgyaljuk.

1. csoport (521 db, 56,3%)

Sötétszürke, fekete andezit, nagyon kis fenokristály-tartalommal, amely átlagosan 3-5 mm-es plagioklász. A kőzetek nagy része hólyagüreges (kerekded és ellipszoid alakú üregek, átlagos méretük kisebb, mint 2 cm, de gyakoriak a nagyobb, 3-6 cm-es üregek is).



2. ábra: Épségben megmaradt őrlőkövek az ásáson.

Fig. 2.: Grinding stones on the excavated site.



3. ábra: Őrlőkő-töredékek (1. csoport)

Fig. 3.: Fragments of grinding stones (group 1).

Mállott felszínen színük sötétbarna, barna vagy sötétvörös. (**2-3. ábra**)

2. csoport (327 db, 35,3%)

Szürke, sötétszürke illetve fekete andezit 1-3 mm-es átlagos méretű plagioklász- és (az 1. csoporttal ellentétben) 1-4 mm-es piroxén-fenokristályokkal. Nagyméretű hólyagüregek nem jelennek meg, de apró, 1 mm-nél kisebb likacsok sok példányon igen. Mállott felszínen színük sötétvörös, vörös vagy lilásszürke. (**4. ábra**)

Mikroszkópos megfigyelések

Régészeti leletek

A leletek túlnyomó többségét kitevő 1. és 2. andezit csoport mikroszkópos jellemzői nagyon hasonlóak egymáshoz, ezért egyben tárgyaljuk őket.



4. ábra: Örlőkő-töredék (2. csoport)

Fig. 4.: Fragment of a grinding stone (group 2).

A kőzetek mindkét csoportját (glomero-)porfíros, pilotaxitos, trachitos szövétű, hólyagüreges piroxénandezitek alkotják. (3. táblázat)

Fenokristályok:

- Idiomorf-hipidiomorf, mm-es nagyságú, táblás, vagy lécszerű plagioklász-kristályok, számos zárvánnyal (piroxén-, opak-ásvány- és plagioklász-szemcsékkel). Jellemző a poliszintetikus ikresedés és a zónásság. A 2. csoportban kettős, átnövési ikresedés is előfordul.

- Hipidiomorf, zömök-oszlopos, néhány száz µm-es – mm-es nagyságú piroxén-kristályok (orto- és klinopiroxének). A 2. csoport piroxénjei nagyobbak, és néhány zárvánnyal is előfordul. A 2. csoport piroxénjei között zónásság,

továbbnövekedés és ikresedés is megfigyelhető (poliszintetikus klinopiroxén-kristályok is előfordulnak).

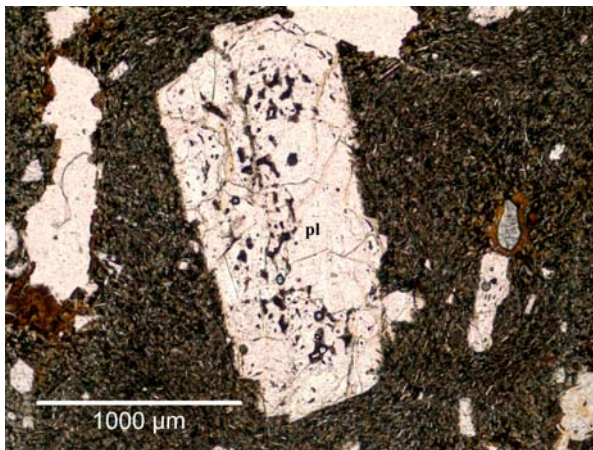
Az 1. csoportban a piroxének mennyisége kisebb, mint a plagioklász-fenokristályoké és ebben a csoportban a fenokristályok mennyisége kevesebb, mint a 2. csoportban.

Mindkét csoportra jellemzőek a csak plagioklász-fenokristályokból, csak piroxén-fenokristályokból, illetve plagioklász- és piroxén-fenokristályokból álló glomeroporfirok.

Az alapanyag legnagyobb részét plagioklász-lécek alkotják, piroxén és opakásvány-szemcsék (titanomagnetitek) mellett. Az alapanyag plagioklász-lécei irányítottan jelennek meg, mintegy „körülölyvva” a fenokristályokat. A sötét színű (barna) egyenletes eloszlású, irányított elrendeződésű kőzetüveg mennyisége az alapanyagban kevesebb, mint 10%.

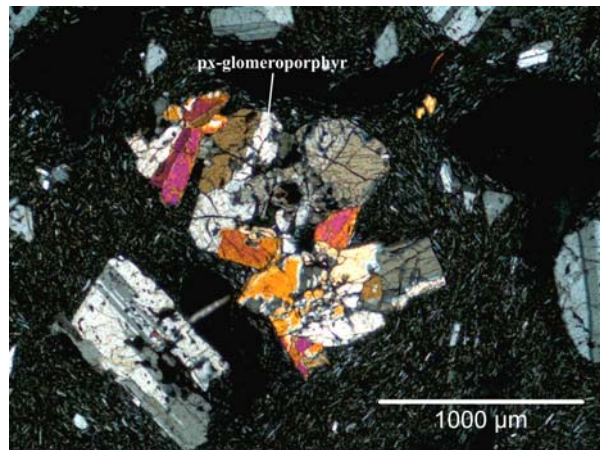
Mint azt a makroszkópos leírásnál is említettük, a 2. csoport hólyagüregi kisebbek, mint az 1. csoporté. Az 1. csoportban egyes hólyagüreg falán vörös, limonitos-hematitos bevonat jelenik meg. A bevonatban egyes helyeken üveges alapanyag és opakásványok találhatóak bezárva, azonban plagioklász és piroxén nem fordul elő bennük.

A 2. csoport hólyagüregi esetenként másodlagos karbonátásványok töltik ki. (5-9. ábra)



5. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (1N): szöveti kép plagioklász (pl)-fenokristállal. (Régészeti leletek, 1. csoport)

Fig. 5.: Photomicrograph (1N): rock texture with plagioclase (pl)-phenocryst. (Archaeological finds, group 1)



6. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): szöveti kép piroxén-glomeroporfírral, plagioklász-fenokristállal és hólyagüregekkel (sötét foltok). (Régészeti leletek, 1. csoport)

Fig. 6.: Photomicrograph (+N): rock texture with pyroxene-glomeroporphyry, plagioclase-phenocryst and amygdaloid (black patches). (Archaeological finds, group 1)

2. táblázat Az összehasonlító (geológiai) minták vékonycsiszolatos vizsgálata alapján az elektron-mikroszondás vizsgálatokra kiválasztott, illetve a vizsgálatból kizárt minták.

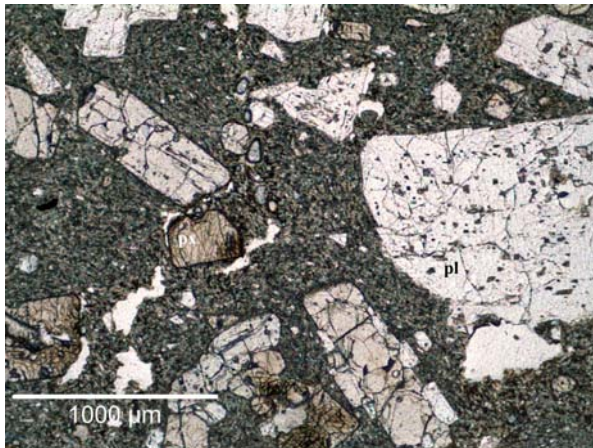
Table 2. Geological samples: selected (or discard) for electron-microprobe analyses by their microscopic character.

Hegység	Lelőhely	Kizáró ok(ok)
Börzsöny	Diósjenő (1)	Biotit-, amfibol-tartalom
Börzsöny	Diósjenő (2)	Biotit-, amfibol-tartalom
Börzsöny	Ipolydamásd (MÁFI)	Biotit-tartalom
Börzsöny	Kóspallag (MÁFI)	Biotit-tartalom
Börzsöny	Márianosztra (MÁFI)	Biotit-tartalom
Börzsöny	Tolmács (1)	Oxiamfibol-tartalom
Börzsöny	Tolmács (2)	Biotit-, amfibol-tartalom
Cserhát	Acsa (1)	Acsa (2) kiválasztása
Cserhát	Acsa (2)	EPMA-vizsgálatra kiválasztott minta
Cserhát	Acsa (3)	Nagyon finomszemcsés, a kisszámú plagioklász-fenokristály is apró.
Cserhát	Bér (1)	EPMA-vizsgálatra kiválasztott minta
Cserhát	Bercel, Fogacsi-hegy (MÁFI)	Az alapanyag kristályosabb, a földpátlécek mérete az alapanyagban nagyobb
Cserhát	Galgagyörk (1)	EPMA-vizsgálatra kiválasztott minta
Cserhát	Galgagyörk (2)	Erősebb mállottság
Cserhát	Püspökhatvan	A piroxén-fenokristályok és kumuloporfirok lényegesen nagyobb mennyisége és mérete.
Karancs	Karancsberény	Biotit-tartalom
Karancs	Salgótárján	Biotit-tartalom
Mátra	Jobbágyi	EPMA-vizsgálatra kiválasztott minta

3. táblázat A mikroszondával is vizsgálat minták szövete és ásványos összetétele

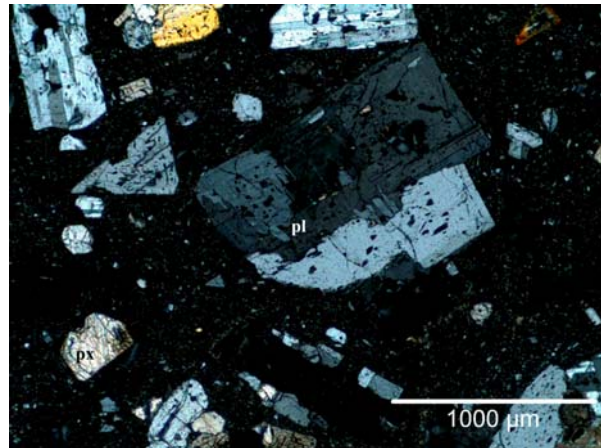
Table 3. Textural parameters and phenocryst types of the samples (archaeological and geological) examined with electron-microprobe

	Régészeti leletek:		Összehasonlító minták			
	1. csoport	2. csoport	AV-25	AV-28	AV-39	G-1
Kőzet	bazaltos andezit		bazaltos andezit			
Szövet	(glomero-)porfiros, pilotaxitos, trachitos		(glomero-) porfiros, hialopilites		(glomero-)porfiros, pilotaxitos	
Hólyagüregek, repedések, másodlagos kitöltések nélkül, 100%-ra számolva:						
Alapanyag (%)	63,83	54,27	55,40	69,74	65,48	66,11
Plagioklász (%)	34,41	38,18	16,40	29,53	33,78	13,54
Ortopiroxén (%)	1,42	4,60	7,99	0,56	0,67	4,90
Klinopiroxén (%)	0,34	2,95	20,21	0,17		15,46
Összes fenokristály (%)	36,17	45,73	44,60	30,26	34,52	33,89
Olivin utáni pszeudomorfóza (%)	-	-	-	-	0,07	-



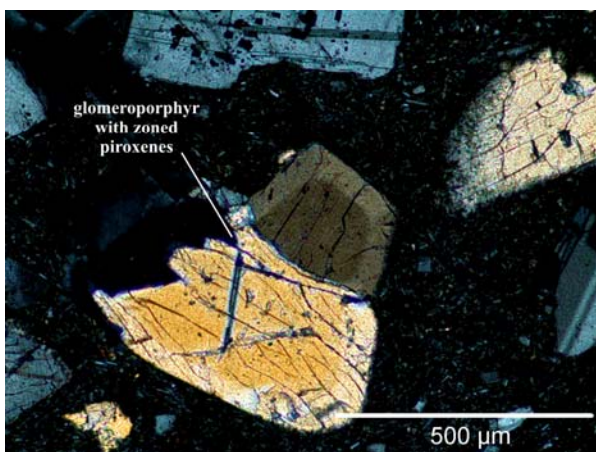
7. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (1N): szöveti kép plagioklász (pl)- és piroxén (px)-fenokristályokkal. (Régészeti leletek, 2. csoport)

Fig. 7.: Photomicrograph (1N): rock texture with plagioclase (pl)- and pyroxene (px)-phenocrysts. (Archaeological finds, group 2)



8. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): szöveti kép plagioklász (pl)-fenokristállal. (Régészeti leletek, 2. csoport)

Fig. 8.: Photomicrograph (+N): rock texture with plagioclase (pl)-phenocryst. (Archaeological finds, group 2)



9. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): szöveti kép zónás piroxén-fenokristályokból álló glomeroporfirral. (Régészeti leletek, 2. csoport)

Fig. 9.: Photomicrograph (+N): rock texture with glomeroporphy formed by zoned pyroxenes. (Archaeological finds, group 2)

Geológiai minták

A terepbejárások során gyűjtött andezit-minták listáját az 1. táblázatban tüntettük fel. (**1. táblázat**). A régészeti leletek nyersanyagára makroszkóposan leginkább hasonló mintákból vékonycsiszolatok készültek, emellett 12 mintából készült teljes kémiai elemzés. A vékonycsiszolatos megfigyelések alapján a régészeti leletek nyersanyagához leginkább hasonló (**2. táblázat**) 4 db összehasonlító (geológiai) minta anyagát elektron-mikroszondával is vizsgáltuk. Az alábbiakban ezen 4 összehasonlító minta (AV-25, Acsa (2), Cserhát; AV-39, Bér (1), Cserhát; G-1,

Galgagyörk (1), Cserhát; AV-28, Jobbágyi, Mátra; **1. ábra**) mikroszkópos és mikroszondás eredményeit közöljük.

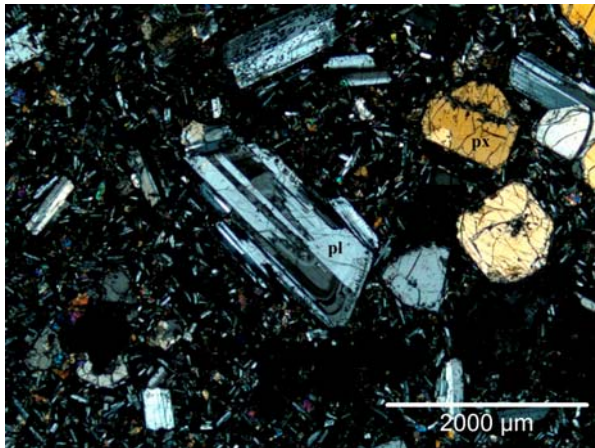
A további részletes ásványkémiai vizsgálatokra kiválasztott 4 összehasonlító (geológiai) minta mikroszkópos jellemzői nagyon hasonlóak egymáshoz, ezért egyben tárgyalom őket, rendre kitérve a minták közti kisebb különbségekre.

Közetszövet: (glomero-)porfirok, hialopilites (AV-25, AV-28); (glomero-)porfirok, pilotaxitos (AV-39, G-1); kerekded, illetve ellipszoid alakú hólyagüregekkel (AV-25, AV-28, G-1). (**3. táblázat, 10-17. ábra**)

Fenokristályok:

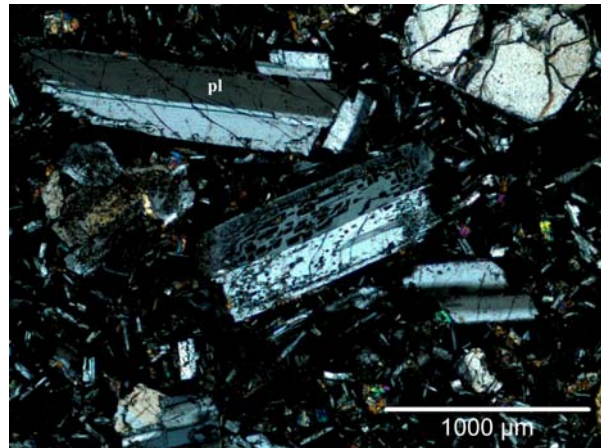
- Idiomorf-hipidiomorf, mm-es nagyságrendű, táblás, vagy lécszerű plagioklász-kristályok, számos zárvánnyal (piroxén-, opak-ásvány- és plagioklász-szemcsékkel, közetüveg-zárványokkal). Jellemző a poliszintetikus ikresedés és a zónásság. A plagioklász-kristályok nagysága elérheti az 5 mm-t is (AV-25, AV-28, AV-39).

- Hipidiomorf, zömök-oszlopos piroxén-kristályok (orto- és klinopiroxének). Méretük néhány száz μm-es – mm-es (AV-25, AV-39, G-1), illetve mm-es nagyságrendű az AV-28-as mintában. Zónásság, továbbnövekedés és ikresedés is megfigyelhető (a G-1 mintában poliszintetikus klinopiroxén-kristályok is előfordulnak). Az AV-39-es mintában csak kis számú piroxén-fenokristály található, és ezek egyike sem ikres. A G-1 mintában egyes piroxén fenokristályok szegélyén 10-100 μm-es nagyságú, eltérő összetételű piroxén-kristályok láthatók.



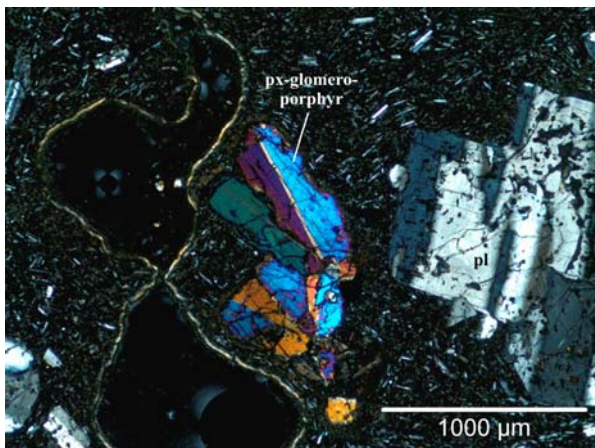
10. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): szöveti kép plagioklász (pl)- és piroxén (px)-fenokristályokkal. (AV-25-ös minta - Acsa, Cserhát)

Fig. 10.: Photomicrograph (+N): rock texture with plagioclase (pl)- and pyroxene (px)-phenocrysts. (Sample AV-25 – Acsa, Cserhát Mts.)



11. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): szöveti kép plagioklász (pl)-fenokristályokkal. (AV-25-ös minta - Acsa, Cserhát)

Fig. 11.: Photomicrograph (+N): rock texture with plagioclase (pl)- phenocrysts. (Sample AV-25 – Acsa, Cserhát Mts.)



12. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): szöveti kép plagioklász (pl)- és piroxén (px)-fenokristályokból álló glomeroporfirokkal (AV-28-as minta – Jobbágyi, Mátra)

Fig. 12.: Photomicrograph (+N): rock texture with glomeroporphyrs (formed by plagioclases and pyroxenes). (Sample AV-28 – Jobbágyi, Mátra Mts.)



13. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (1N): szöveti kép plagioklász (pl)-fenokristályokkal. (AV-28-as minta – Jobbágyi, Mátra)

Fig. 13.: Photomicrograph (1N): rock texture with plagioclase (pl)- phenocrysts. (Sample AV-28 – Jobbágyi, Mátra Mts.)

Az AV-25-ös mintában egyes ortopiroxén fenokristályokon klinopiroxén továbbnövekedés figyelhető meg.

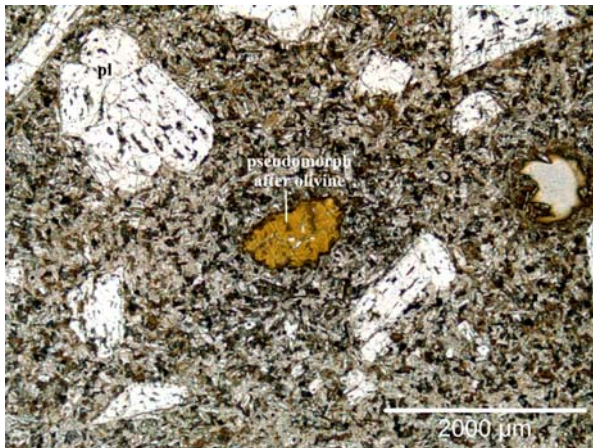
Mind a négy mintára jellemzőek a csak plagioklász-fenokristályokból, csak piroxén-fenokristályokból, illetve plagioklász- és piroxén-fenokristályokból álló glomeroporfirok.

Az alanyag legnagyobb részét plagioklász-lécek alkotják, piroxén és opakásvány-szemcsék (titanomagnetitek) mellett. A kőzetüveg mennyisége az alanyagban: 10-20% közötti (AV-25, AV-28), körülbelül 10% (AV-39), illetve kevesebb, mint 10 % (G-1). A kőzetüveg színe

sötét: barna (AV-25, AV-28, G-1), vagy vörösbarna (AV-39), eloszlása mind a négy mintában egyenletes.

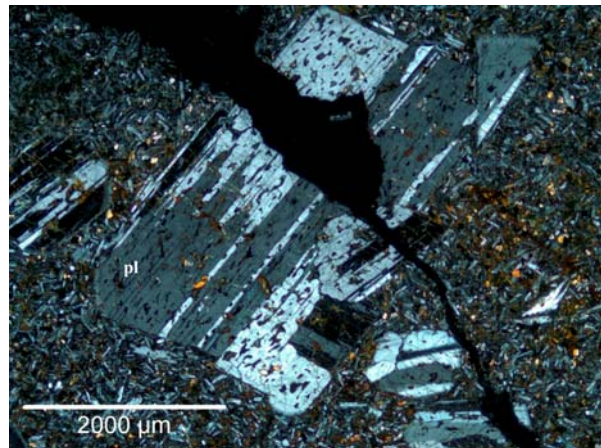
Az AV-39-es és G-1-es mintákban néhány 100 µm-es (illetve az alanyagban 10-100 µm-es) limonitos-hematitos aggregátum figyelhető meg, ezek alakjuk alapján olivin utáni pseudomorfózák lehetnek.

Az AV-39-es mintában nincsenek hólyagüregek. Az AV-25-ös és G-1-es mintákban egyes hólyagüregek falán vörös, limonitos-hematitos bevonat jelenik meg.



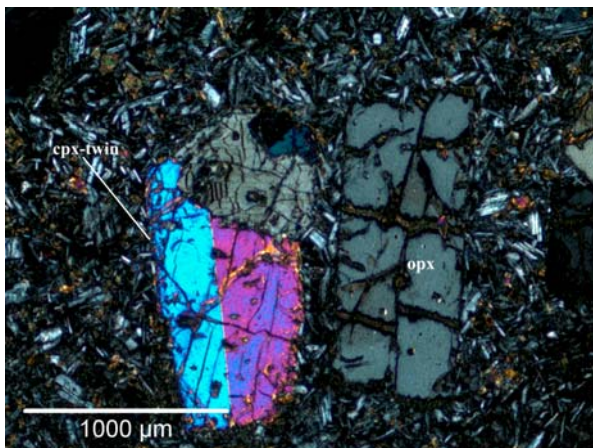
14. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (1N): szöveti kép plagioklász (pl)-fenokristállal és limonitos csomóval (valószínűleg olivin utáni pszeudomorfóza) (AV-39-es minta – Bér, Cserhát)

Fig. 14.: Photomicrograph (1N): rock texture with plagioclase (pl)- phenocryst and limonite aggregate (based on its shape, probably pseudomorph after olivine). (Sample AV-39 - Bér, Cserhát Mts.)



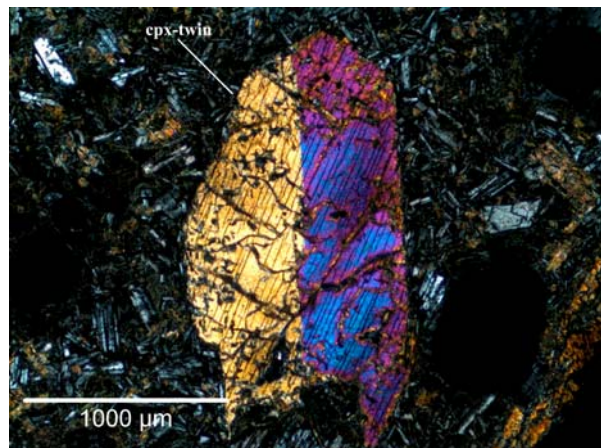
15. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): szöveti kép plagioklász (pl)-fenokristályokkal. (AV-39-es minta – Bér, Cserhát)

Fig. 15.: Photomicrograph (+N): rock texture with plagioclase (pl)- phenocrysts. (Sample AV-39 - Bér, Cserhát Mts.)



16. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): szöveti kép ortopiroxén (opx)- és ikres klinopiroxén (cpx)-fenokristállal. (G-1-es minta - Galgagyörk, Cserhát).

Fig. 16.: Photomicrograph (+N): rock texture with orthopyroxene (opx)- and twinned clinopyroxene (cpx)-phenocryst. (Sample G-1 - Galgagyörk, Cserhát Mts.)



17. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): szöveti kép ikres klinopiroxén (cpx)-fenokristállal, hólyagüregekkel. (G-1-es minta - Galgagyörk, Cserhát).

Fig. 17.: Photomicrograph (+N): rock texture with twinned clinopyroxene (cpx)-phenocryst, amygdales. (Sample G-1 - Galgagyörk, Cserhát Mts.)

Az AV-28-as mintában néhány hólyagüreg falán barnászöld vagy vörös limonitos-hematitos bevonat jelenik meg, egyes üregeket üveges anyag tölt ki.

Ásványkémiai vizsgálatok (elektron-mikroszkopos, EPMA) eredménye

A régészeti leletek csoportjait képviselő egy-egy minta mellett a leletek nyersanyagához makroszkóposan és mikroszkóposan leginkább

hasonlító négy összehasonlító (geológiai) mintán is lehetőségünk nyílt elektron-mikroszkopos vizsgálatokat végezni.

Elsősorban a fenokristályként, glomeroporfirként és az alpanyagban is megjelenő plagioklász és piroxén összetételét vizsgáltuk. Összehasonlítottuk a magányos fenokristályok összetételét a glomeroporfirokat alkotó fenokristályok összetételével és az alpanyagban megjelenő ásványokéval.

4. táblázat: Kivonat a mikroszondás elemzések eredményeiből: plagioklászok összetétele**Table 4.:** Average data of the results of the electron-microprobe analyses: composition of plagioclase

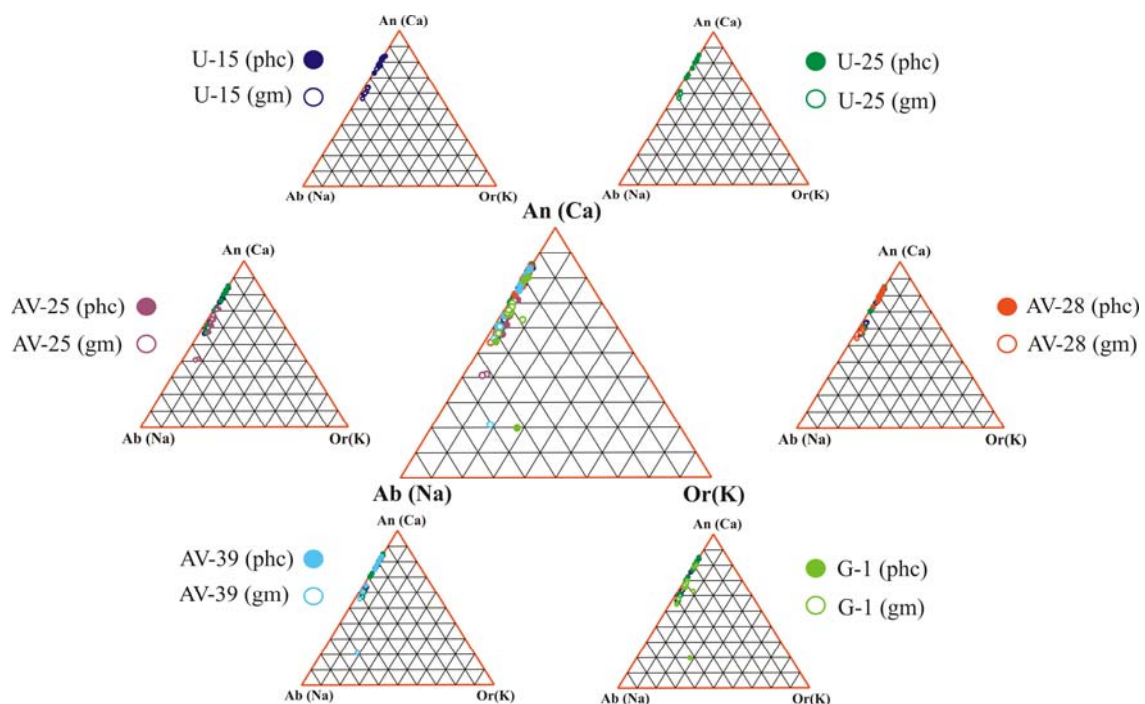
Minta	Plagioklász fenokristályok			Plagioklászok az alapanyagban		
	Anortit %	Albit %	Ortoklász%	Anortit %	Albit %	Ortoklász%
1. csoport	63-84	15-35	0-2	56-75	24-39	1-3
2. csoport	60-85	15-37	0-2	57-60	38-40	3-4
AV-25	58-71	27-39	2-4	40-71	28-53	2-8
AV-28	73-84	16-26	0-1	54-60	38-44	2
AV-39	60-83	17-38	0-1	55-60	38-42	2-3
G-1	65-80	20-33	1-3	54-70	29-42	1-8

Vizsgálataink kiterjedtek a zónás fenokristályok zónáinak összetétel-vizsgálatára, valamint az alapanyag átlagos összetételére, az alapanyag opak ásványainak összetételére, illetve a fenokristályok zárványainak vizsgálatára is.

A részletes elemzések alapján a „magányos” fenokristályok összetétele gyakorlatilag megegyezik a glomeroporfirokat alkotó fenokristályok összetételével. Az alapanyagban található plagioklász- és piroxénkristályok összetétele viszont eltér a fenokristályok összetételétől. A különbség a fenokristályok korábbi kiválásával magyarázható, amely a maradék magma összetételének megváltozásával járt együtt.

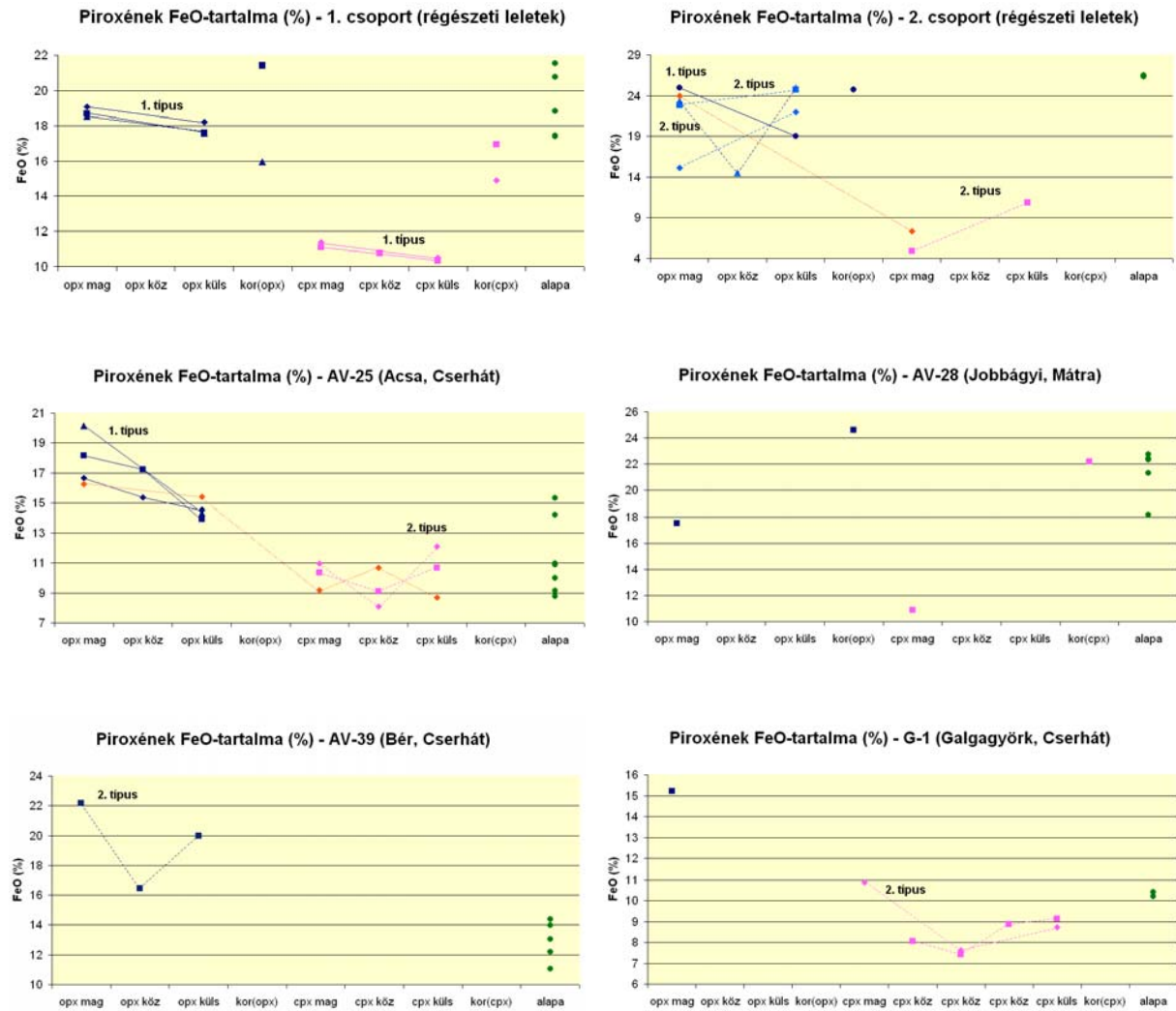
A plagioklász-fenokristályok összetétele labradoritos-bytownitos a régészeti leletek mindkét csoportjában és az AV-39-es, G-1-es összehasonlító (geológiai) mintákban, labradoritos az AV-25-ös összehasonlító mintában; és bytownitos az AV-28-as összehasonlító mintában. (4. táblázat és 18. ábra)

Az alapanyag plagioklászainak összetétele a fenokristályokénál savanyúbb: labradoritos a régészeti leletek anyagában (1. csoport, 2. csoport) és az AV-28-as, AV-39, G-1-es összehasonlító mintákban, andezines-labradoritos az AV-25-ös összehasonlító mintában. (4. táblázat és 18. ábra)



18. ábra: Plagioklászok összetétele az elektron-mikroszondával vizsgált mintákban (teljes körök – fenokristályok, üres körök – alapanyag, An – anortit, Ab – albit, Or – ortoklász).

Fig. 18.: Composition of plagioclases in the samples examined with electron microprobe (filled signs – phenocrysts, empty signs – groundmass, An – anorthite, Ab – albite, Or – orthoclase)



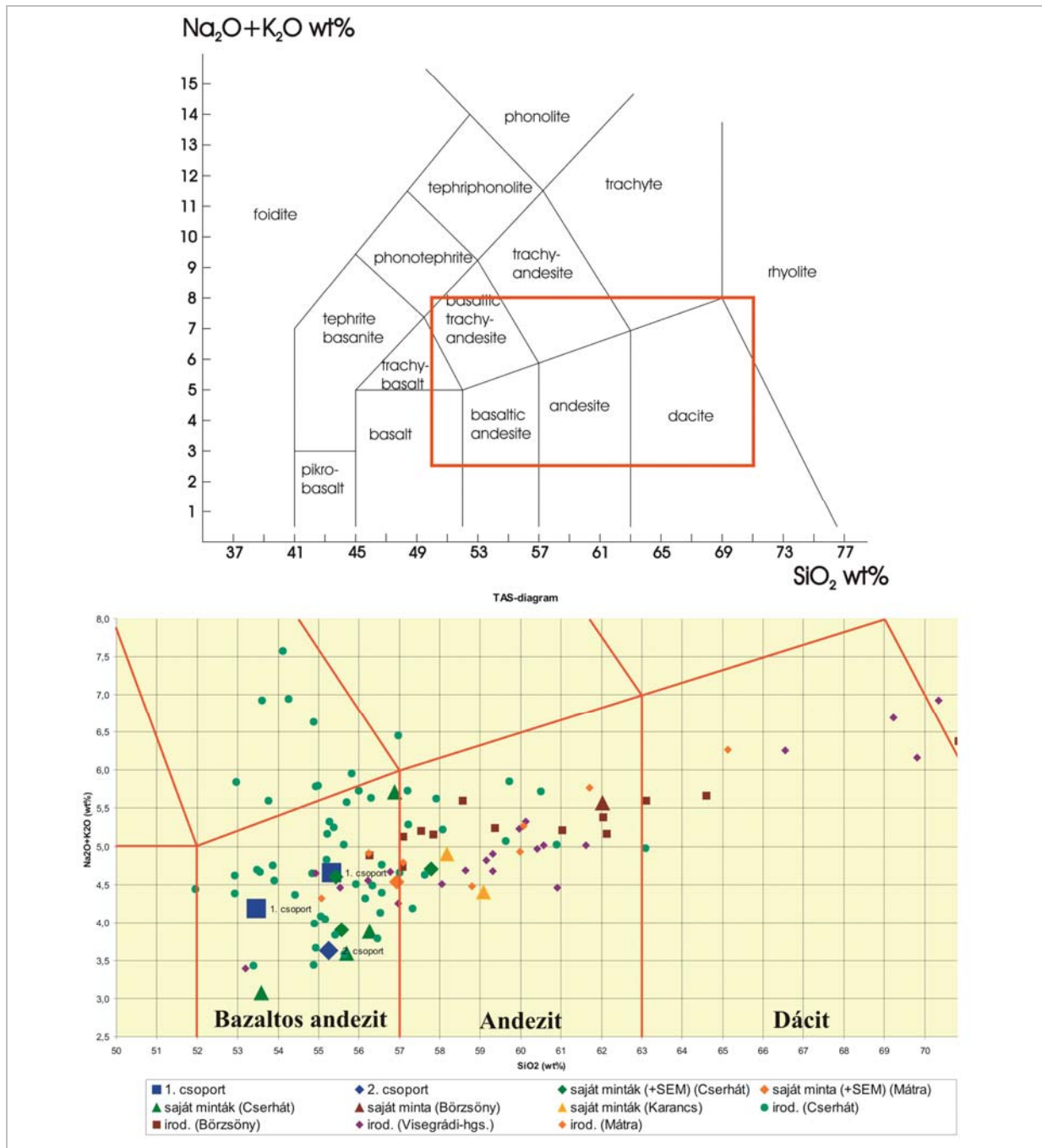
19. ábra: Piroxének vastartalma az elektron-mikroszondával vizsgált mintákban. Az egyes részabrákon balról jobbra haladva rendre: ortopiroxén-fenokristályok magja, középső zónája (vagy zónái), pereme; ortopiroxén-fenokristályok szegélyén található apró klinopiroxének (sötétkék jelek); klinopiroxén-fenokristályok magja, középső zónája (vagy zónái), pereme; klinopiroxén-fenokristályok szegélyén található apró klinopiroxének (rózsaszín jelek); alapanyag klinopiroxénjei (zöld jelek). Piros jelek: ortopiroxén-fenokristály klinopiroxén továbbnövekedéssel.

Fig. 19.: Iron-content of the pyroxenes in the samples examined with electron microprobe. In every small figure from left to right: core, middle zone (or zones), rim of orthopyroxene phenocrysts; corona (small clinopyroxene crystals) on the edge of orthopyroxene phenocrysts (dark blue signs); core, middle zone (or zones), rim of clinopyroxene phenocrysts; corona (small clinopyroxene crystals) on the edge of clinopyroxene phenocrysts (pink signs); clinopyroxenes of the groundmass (green signs). Red signs: clinopyroxene overgrowth on orthopyroxene phenocryst.

5. táblázat: Főelem-oxidok aránya az U-15-ös mintában (régészeti leletek/1. csoport) kétféle mérési módszerrel.

Table 5.: Major elements (oxides) in sample U-15 (archaeological finds/group1) examined with two methods.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	H ₂ O	SUM
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
ICP-ES	52,85	19,39	8,95	2,93	9,00	2,63	1,51	1,26	0,13	0,20	0,003	n.d.	99,76
PGAA	53,24	19,49	8,63	3,06	8,25	3,01	1,63	1,33	0,16	n.d.	n.d.	1,14	99,95



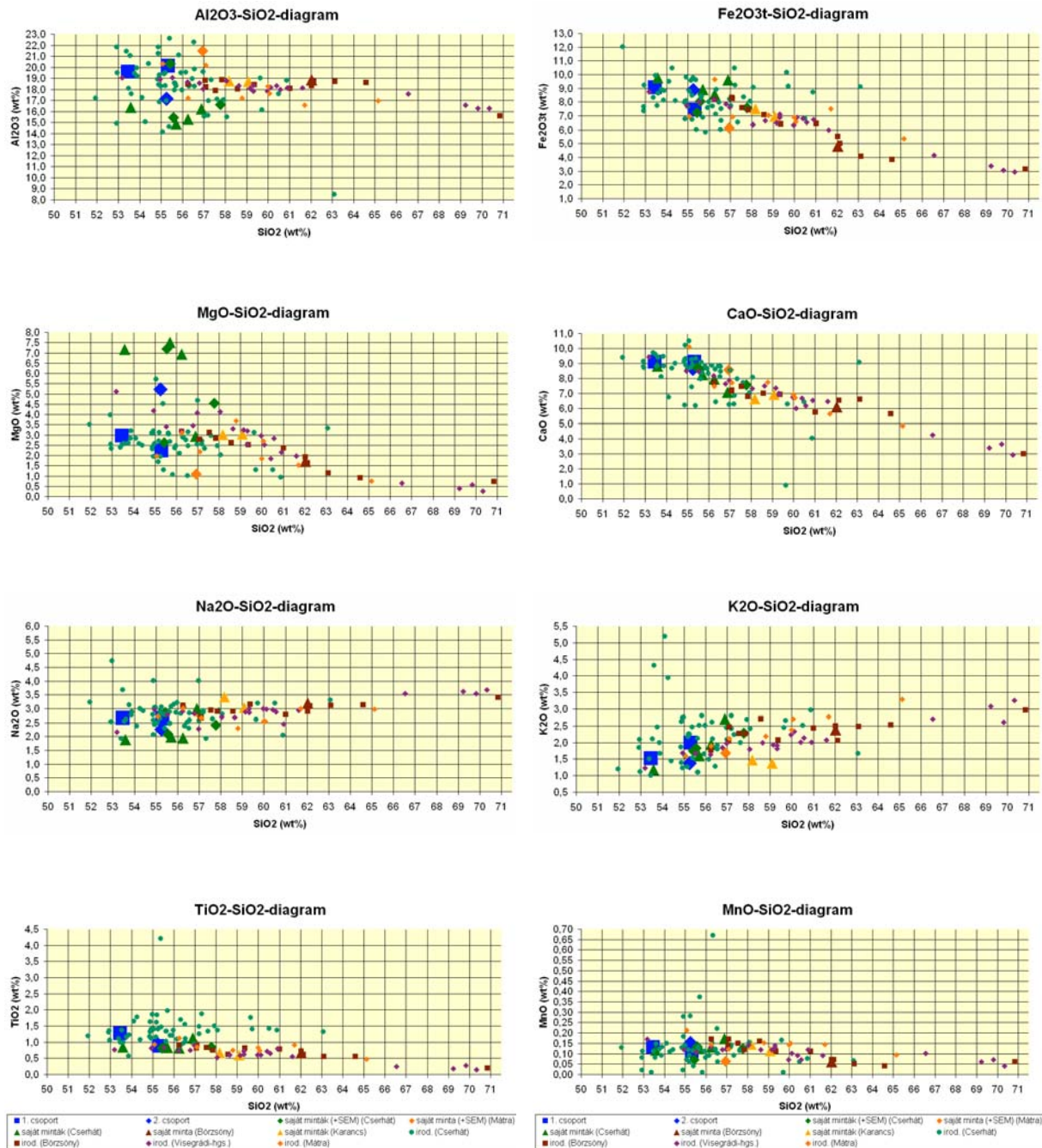
20. ábra: TAS (Total Alkali-Silica)-diagram

Fig. 20.: TAS (Total Alkali-Silica)-diagram

A fenokristályok zárványainak összetételét is sikerült pontosítani (1. csoport: klinopiroxén, titanomagnetit és a bezáró szemcsénél savanyúbb plagioklász; AV-28-as minta: valószínűleg elbomlott egykori kőzetüveg-zárványok; AV-39-es minta: kvarcból és kálicföldpátból; illetve klinopiroxénből, titanomagnetitből, a bezáró szemcsénél savanyúbb plagioklászából, kálicföldpátból és kvarcból álló összetett zárványok).

Az orto- és klinopiroxén fenokristályok többsége összetételbeli zónásságot mutat (kivéve az AV-28-as összehasonlító mintát, ahol csak homogén piroxén-fenokristályok fordulnak elő).

A piroxén-fenokristályok zömének szegélyén apró, az alapanyag klinopiroxénjeihez nagyon hasonló összetételű klinopiroxén-kristályokból álló „korona” található.



21. ábra: Néhány főelem koncentrációja a SiO₂-tartalom függvényében.

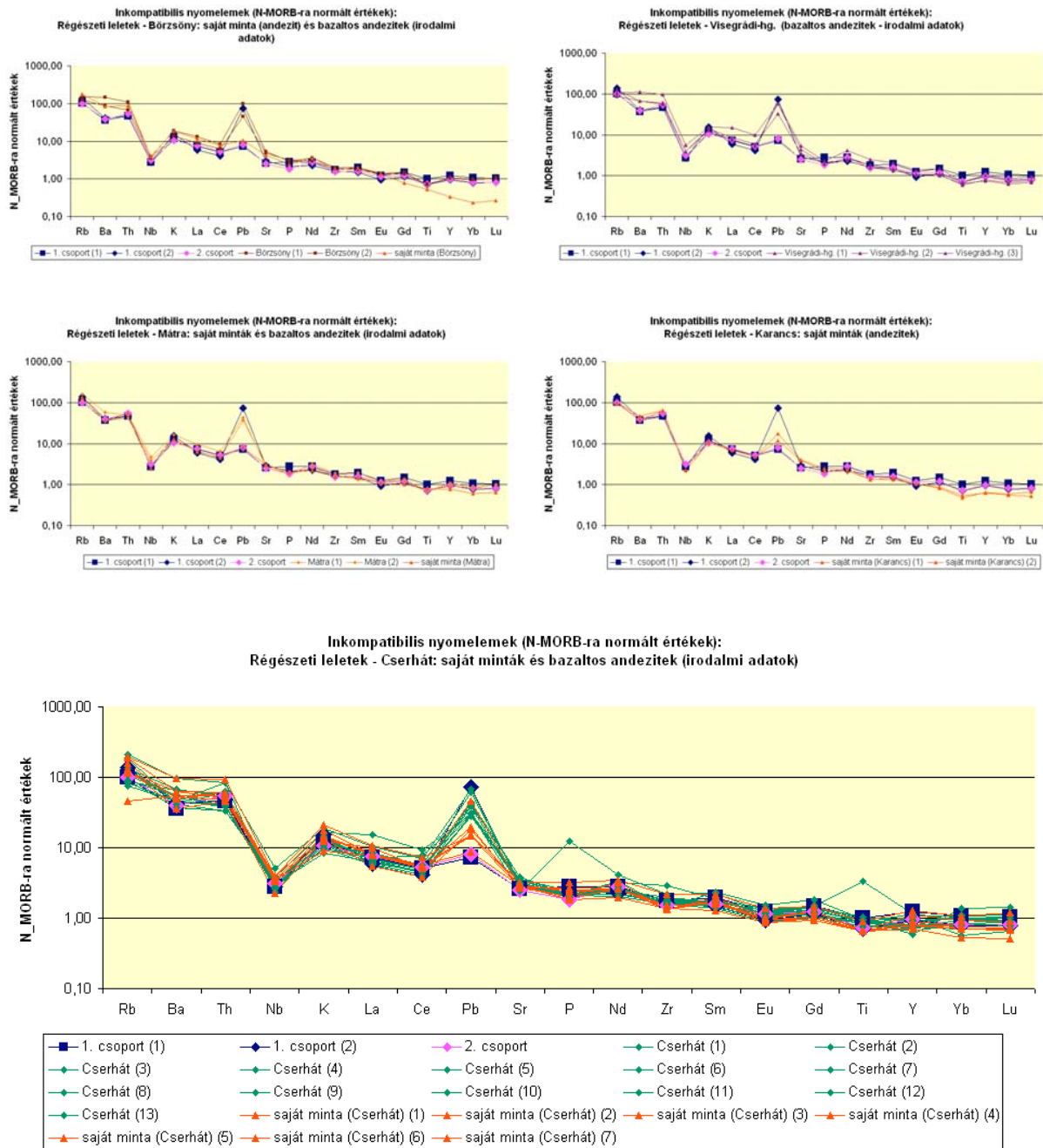
Fig.21.: Variation of selected major elements as a function of SiO₂ (wt%) content.

A „koronát” alkotó klinopiroxének kalciumban gazdagabbak, mint az ortopiroxén-fenokristályok, de szegényebbek, mint a klinopiroxén-fenokristályok.

A zónák vastartalma alapján két típus különböztethető meg a zónás piroxén-fenokristályok között. Az első típusban a magtól a külső zónák felé haladva a vas-tartalom csökken. A második típusban a helyzet fordított, azaz a szemcsék

peremének vastartalma nagyobb. Ezen a csoporton belül előfordulnak olyan fenokristályok, amelyekben a mag körüli zónák (vagy a középső zóna) vasban szegényebb a magnál, de a külső zóna ezekben a szemcsékben is vasban gazdagabb a magnál.

A régészeti leletek 1. csoportjában csak az első típusú piroxén-fenokristályok jelennek meg, a 2. csoportban mindkét típus megtalálható.



22. ábra: Nyomelemek N-MORB-ra (Pearce and Parkinson 1993.) normált értékei

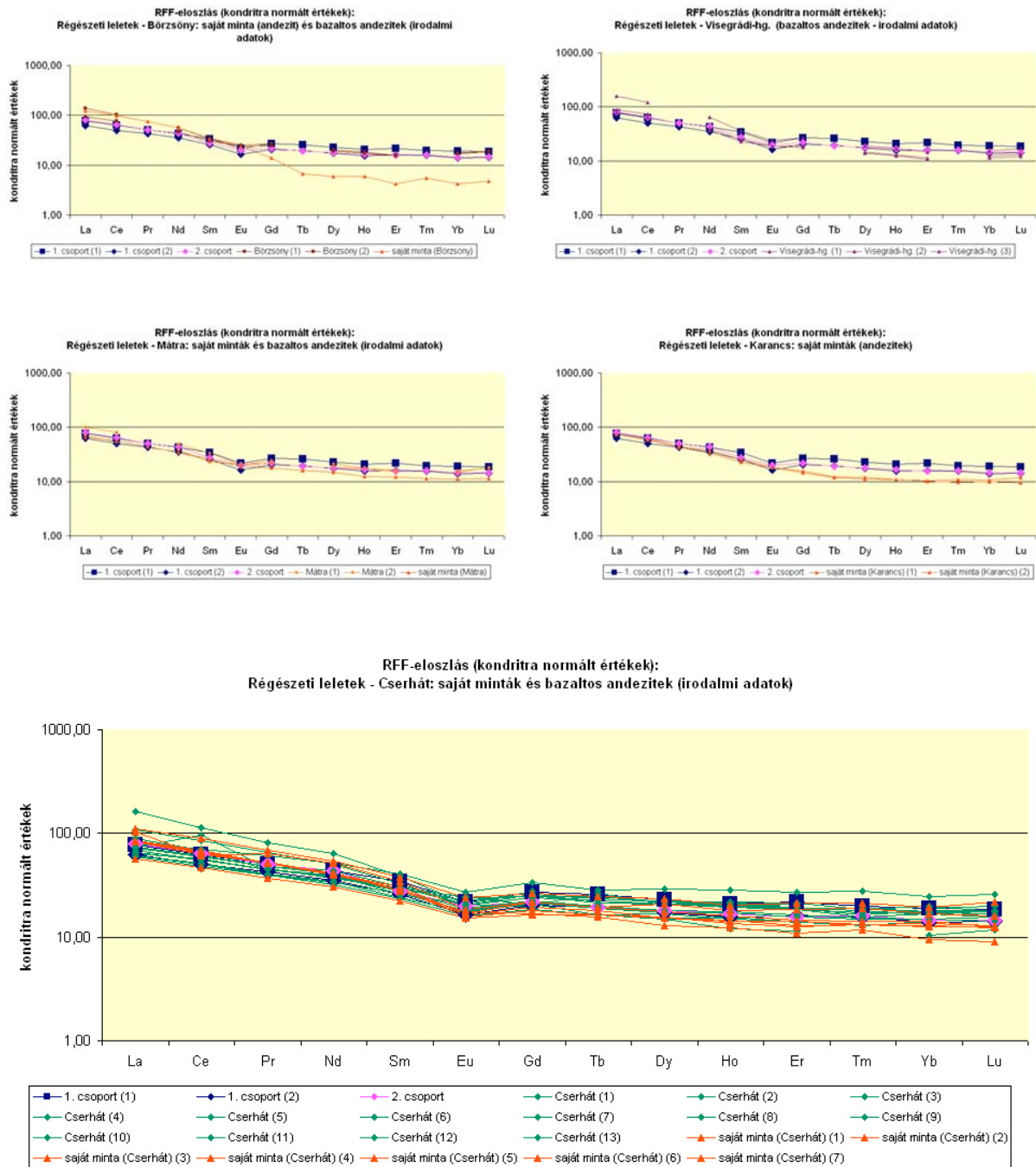
Fig. 22.: N-MORB (Pearce and Parkinson 1993.) normalized trace element patterns.

A cserhádi összehasonlító mintákban (AV-25, AV-39, G-1) főként a második típusú piroxén-fenokristályok jelennek meg, de az acsai mintában (AV-25) mindkét típus megtalálható, míg a mátrai minta (AV-28) piroxén fenokristályai nem mutatnak összetételbeli zónásságot. (19. ábra) Az alapanyagban található opak-ásvány titanomagnetit minden mintában.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a petrográfiai és a mikroszondás elemzések (plagioklász és piroxén fenokristályok összetétele, zónássága) azt mutatják, hogy a vizsgált őrlőkövek nyersanyaga a cserhádi mintákhoz áll a legközelebb.

Kőzetkémiai elemzések eredménye és értelmezésük

Az ICP-MS-sel és a PGAA-val kapott elemzési eredmények (főelem-összetételek) összehasonlításából kitűnik, hogy az eredmények között lényeges eltérés nem mutatkozik. A későbbi vizsgálatok során tehát nagyobb arányban lesz alkalmazható a PGAA, amely – régészeti leletek elemzése során nem elhanyagolható szempont szerint - nem roncsolásos módszer. (5. táblázat)



23. ábra: Ritkaföldfémek kondritra (Sun and McDonough 1989.) normált értékei

Fig. 23.: Chondrite (Sun and McDonough 1989.) normalized rare earth element patterns.

A kapott kémiai összetételei adatokat összehasonlítottuk a környező hegységek andezitjeiről (és más vulkanitjairól) a közelmúltban megjelent elemzések adataival (Korpás 1998; Karátson et al. 2000; Póka et al. 2004; Karátson et al. 2007., Harangi et al. 2007.) is. Az eredményeket diagramokon ábrázoltuk (TAS-diagram: **20. ábra**; főelemek a SiO₂-tartalom függvényében: **21. ábra**; nyomelemek N-MORB-ra (Pearce and Parkinson 1993.) normált értékei: **22. ábra**; ritkaföldfémek

kondritra (Sun and McDonough 1989.) normált értékei: **23. ábra**)

A TAS (Total Alkali Silica)-diagram (**20. ábra**) azt mutatja, hogy a régészeti leletek összetételük alapján a bazaltos andezit mezőbe esnek. (Le Bas et al. 1986.)

A régészeti leletek főelem-összetételéhez legközelebb a cserhádi összehasonlító minták állnak (közülük is leginkább az AV-39-es, béri minta).

A régészeti leletek N-MORB-ra (Pearce and Parkinson 1993.) normált sokelemes nyomelem-diagramja mind az öt vizsgált hegység bazaltos andezitjeinek összetételéhez nagyon hasonló képet mutat. Jellemző a nagy ionsugarú litofil elemek (LILE) dúsulása (Rb, Sr, K), negatív Nb- és pozitív Pb-anomália (bár a régészeti leletek közül kettőben az Pb-anomália kevésbé pozitív, mint a geológiai mintákban, ennek oka valószínűleg az eltemetődés utáni változásokban keresendő). Ez a nyomelem-eloszlás a szubdukciós zónákhoz kötődő vulkanitokra, köztük a vizsgált hegységek bazaltos andezitjeire is jellemző (Ellam and Hawkesworth 1988.; Hawkesworth et al. 1993.; Pearce and Peate 1995.; Karátson et al. 2000; Póka et al. 2004; Karátson et al. 2007., Harangi et al. 2007.). Mind a régészeti leletek, mind a geológiai minták nyomelem-összetételére jellemző még a negatív Eu- és Ti-anomália. Az egyetlen apró eltérés a Ba koncentrációjában van: a régészeti leletek kismértékű negatív Ba-anomáliát mutatnak, ami a cserhádi, mátrai és karancsi mintákra is jellemző, de a borszönyi és visegrádi-hegységi mintákra nem, vagy nem hangsúlyosan.

A ritkaföldfémek kondritra (Sun and McDonough 1989.) normált értékeiből szerkesztett diagram alapján a régészeti leletek összetétele jól illeszkedik a geológiai minták összetételéhez (könnyű-ritkaföldfémek dúsulása, enyhe negatív Eu-anomália), kivételt csak a karancsi minták képeznek, amelyek esetében az Eu-anomália nem figyelhető meg.

Fentiek alapján a régészeti leletek nyersanyagának kémiai összetétele legközelebb a cserhádi (és részben a mátrai) mintákhoz áll.

Összefoglalás

Munkánk során az M0-autópálya építésének megelőző munkálatai során feltárt Üllő 5. elnevezésű lelőhelyről előkerült bazaltos andezit nyersanyagú, III-IV. századból származó szarmata őrlőkő-töredékek közettani és geokémiai vizsgálatát végeztük el. A lelőhelyről 4133 kőzet-anyagú lelet került elő. Ezek között 926 vulkanit-nyersanyagú őrlőkő (főként alsó őrlőkövek, malomkövek, őrlőkő-töredékek), néhány fazekas-korong tengelyét tartó "köpersely" és ismeretlen rendeltetésű tárgy található. Az őrlőkövek túlnyomó része (848 db/91,6%) bazaltos andezit nyersanyagú: ezek porfiros, pilotaxitos, trachitos szövetű piroxénandezitek, jellemzően kerekded, illetve ellipszoid alakú hólyagüregekkel.

A leletek makroszkópos leírása és csoportosítása után az egyes nyersanyag-csoportok jellegzetes darabjain vékonycsiszolatos és elektron-mikroszondás vizsgálatokat végeztünk és ezekből a mintákból teljes kémiai elemzések készültek.

Terepbejárások során andezit-mintákat gyűjtöttünk a régészeti lelőhelyhez közel eső hegységekből (Borszöny, Cserhát, Mátra, Karancs). A régészeti leletek nyersanyagára makroszkóposan leginkább hasonlító mintákból vékonycsiszolatos készült. 12 mintából készült teljes kémiai elemzés. A vékonycsiszolatos megfigyelések alapján a régészeti leletek nyersanyagához leginkább hasonló 4 db összehasonlító (geológiai) minta anyagát elektron-mikroszondával is vizsgáltuk. Adatainkat a közeli hegységek (Borszöny, Visegrádi-hegység, Cserhát, Mátra) andezitjeiről a szakirodalomban megjelent elemzések adataival is összevetettük.

Bazaltos andezitek az általunk vizsgált hegységek (Cserhát, Mátra, Borszöny, Visegrádi-hegység, Karancs) mindegyikében előfordulnak. A borszönyi, Visegrádi-hegységi kőzetek biotitot, illetve amfibolt is tartalmaznak (Karátson 2007.), szemben a régészeti leletekből vett mintákkal, amelyekben biotit és amfibol nem fordul elő. Ásványos összetételük, szövetük, az egyes fenokristályok összetétele, zónássága alapján az őrlőkövek nyersanyaga leginkább a cserhádi minták anyagára hasonlít. Teljes kémiai vizsgálatokkal a leletek nyersanyaga egyértelműen nem azonosítható egyik vizsgált hegység kőzetével sem, mivel azok összetétele egymásra is nagymértékben hasonlít, mindazonáltal a leletek nyersanyaga legközelebb a cserhádi (és részben a mátrai) mintákhoz áll.

Megjegyzések az őrlőkövek használatáról:

Az 1. nyersanyag-csoportba tartozó őrlőkövek feltűnően nagy és sűrűn elhelyezkedő hólyagüregei kérdéssé teszik, hogy ezeket gabona őrlésére használták volna. A lelőhelyen több, mint 1000 db változatos (néhány cm-től akár 60-80 cm-ig terjedő) méretű, megmunkálatlan édesvízi mészkő „tömb” került elő. Az őrlőkövek hólyagüregeinek egy részében karbonátos lerakódások nyomai figyelhetők meg. A lelőhelyről vaskohászat emlékei is előkerültek (pl. vasbucák, salakok). Lehetségesnek tartom (és ezzel összevág Molnár Ferenc publikálatlan jelentése a kohósalakokról, bucákról), hogy a nagy hólyagüreges típusú őrlőkövekkel a salakképző anyagként az érchez adagolt mészkövet őrlték.

Köszönetnyilvánítás:

Köszönetünket fejezzük ki az Üllő 5-ös lelőhely feltárásában részt vevő régészeknek: Tari Editnek, Kulcsár Valériának, Patay Róbertnek és Mérai Dórának, az ásatáson dolgozó „csapatnak”, és a vizsgálatok finanszírozásában nyújtott segítségért az OTKA K 62874 számú kutatási programjának.

Irodalom

- ELLAM, R.M. & HAWKESWORTH, C.J. (1988): Elemental and isotopic variations in subduction related basalts: Evidence for a three component model. *Contributions to Mineralogy and Petrology* **98**: 72-80.
- HARANGI, Sz., DOWNES, H., THIRLWALL, M. & GMÉLING, K. (2007): Geochemistry, Petrogenesis and Geodynamic Relationships of Miocene Calc-alkaline Volcanic Rocks in the Western Carpathian Arc, Eastern Central Europe. *Journal of Petrology* **48**: 2261-2287.
- HAWKESWORTH, C.J., GALLAGHER, K., HERGT, J.M. & McDERMOTT, F. (1993): Mantle and slab contributions in arc magmas. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* **21**: 175-204.
- KARÁTSÓN, D., MÁRTON, E., HARANGI, Sz., JÓZSA, S., BALOGH, K., PÉCSKAY, Z., KOVÁCSVÖLGYI, S., SZAKMÁNY, Gy. & DULAI, A. (2000): Volcanic evolution and stratigraphy of the miocene Börzsöny mountains, Hungary: an integrated study. *Geologica Carpathica* **51**: 325-343.
- KARÁTSÓN, D., OLÁH, I., PÉCSKAY, Z., MÁRTON, E., HARANGI, Sz., DULAI, A., ZELENKA, T. & KÓSIK, Sz. (2007): Miocene volcanism in the Visegrád Mountains (Hungary): an integrated approach to regional volcanic stratigraphy. *Geologica Carpathica* **58**: 541-563.
- KARÁTSÓN, D. (2007): A Börzsönytől a Hargitáig. Vulkanológia, felszínfejlődés, ősföldrajz. TYPOTEX, Budapest
- KORPÁS, L. (ed.) (1998): Magyarázó a Börzsöny és a Visegrádi-hegység földtani térképéhez 1:50000. Geological Institute of Hungary, Budapest
- KULCSÁR, V. & MÉRAI, D. (2006): Roman or Barbarian? Provincial Models in a Sarmatian Pottery Center on the Danube Frontier. In: The Roman Empire and Beyond. Roma, in print.
- Le BAS, M. J., Le MAITRE, R.W., STRECKEISEN, A. & ZANETTIN, B. (1986): A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali-Silica Diagram. *Journal of Petrology* **27**: 745-750.
- PEARCE, J.A. & PARKINSON, I.J. (1993): Trace element models for mantle melting: application to volcanic arc petrogenesis. In: PRICHARD, H.M., ALABASTER, T., HARRIS, N.B.W. & NEARY, C.R. (eds.): Magmatic Processes and Plate Tectonics. *Geological Society, London, Special Publications* **76**: 373-403.
- PEARCE, J.A. & PEATE, D.W. (1995): Tectonic implications of the composition of volcanic arc magmas. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* **23**: 251-285.
- PÓKA, T., ZELENKA, T., SEGHEDI, I., PÉCSKAY, Z. & MÁRTON, E. (2004): Miocene volcanism of the Cserhát Mts (N Hungary): Integrated volcano-tectonic, geochronologic and petrochemical study. *Acta Geologica Hungarica* **47**: 221-246.
- SUN, S.-S. & McDONOUGH, W.F. (1989): Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: SAUNDERS, A.D. & NORRY, M.J. (eds.): Magmatism in the Ocean Basins. *Geological Society, London, Special Publications* **42**: 313-345.
- TARI, E. (ed.) (2006): Régészeti kutatások másfél millió négyzetméteren. Autópálya és gyorsforgalmi utak építését megelőző régészeti feltárások Pest Megyében 2001-2006. Szentendre.

KÖZLEMÉNYEK

Beszámoló a „TECHNART 2009 - Non-destructive and Microanalytical Techniques in Art and Cultural Heritage” konferenciáról



2009. április 27. és 30. között Athénban rendezték a „TECHNART 2009” c. konferenciát. A rendezvény a második volt a „TECHNART” sorozatból, az előzőt 2007-ben Lisszabonban tartották.

Az előző konferenciáról rendelkezésre álló információk letölthetők az alábbi honlapról: <http://technart.cii.fc.ul.pt/>

Az athéni konferencia szervezői a „Demokritos Institute of Nuclear Physics NCSR” és az „Institute of Electronic Structure and Laser at FORTH”, Heraklion, Kréta.

A konferencia témája tág értelemben vett archeometria volt, azaz a legmodernebb analitikai módszerek és alkalmazásai bemutatása a kulturális örökség – azaz régészet ill. műemlékvédelem – témakörében.

A vizsgált anyagok köre kiterjedt a fémekre, kőzetekre, üvegekre, kerámiákra, festékekre (festményekre), mázakra és szeves anyagokra (gyanták, textilek, lakkok és fa).

A bemutatott anyagvizsgáló módszerek „fegyvertárában” felsorakoztak a különböző röntgensugaras technikák (XRF, PIXE, XRD, SEM-EDX), a szinkrotronra, ionnyalábra ill. neutronforrásra alapuló technikák, a molekuláris spektroszkópiai módszerek (FT-IR-, Raman-, NIR, UV-Vis spektroszkópia), a lézeres technikák, a mágneses rezonancia módszerek, a kromatográfias és tömegspektrometriai módszerek, valamint a hagyományosnak mondható optikai képalkotó módszerek.

A vizsgált mintaméreték és a leképezések módja szerint mind a „makro”, mind a „mikro”, ill. a 2D-s és 3D-s képalkotó módszerek is szerepeltek.

A négynapos konferencián 62 szóbeli előadás hangzott el, és 114 posztert mutattak be.

Az előadások számából látható volt, hogy a módszertani kutatások súlypontja a 3D-s mikroanalitikai technikák felé tolódik – szerintem a „felhasználók” mindennapos igényeit tükrözve. Számomra tanulságos volt felismerni, hogy a neutronanalitikában mostanában kidolgozott térbeli

összetételvizsgálat alapelvét alkalmazzák a röntgensugaras „konfokális röntgenmikroszkópiában (Confocal X-ray Microscopy).

Másrészt, a nélkülözhetetlen nagyberendezések (reaktorok, gyorsítók) mellett egyre nagyobb az igény az – akár kisebb analitikai pontosságot nyújtó – hordozható berendezések iránt.

A konferencián szinte valamennyi európai ország képviseltette magát, emellett pl. Braziliából, Egyiptomból, Izraelből, Japánból, Thaiföldről és az USA-ból is érkeztek résztvevők. Magyar „színekben” a következő bemutatók szerepeltek:

O22 - Z. Kis, L. Szentmiklósi, T. Belgya, Zs. Kasztovszky and The Ancient

Charm Collaboration: Spatial element distribution from prompt gamma activation

imaging

P8 - Zs. Kasztovszky, K. T. Biró, A. Markó, T. Tezak-Gregl, M. Buric, R. Sosic: Archaeometry research of lithic raw materials for Early Neolithic prehistoric communities with PGAA

P9 - Z. Kis, L. Szentmiklósi, T. Belgya, Zs. Kasztovszky, W. Kockelmann, G. Festa, A. Kirfel, P. Kudejova, R. Schulze, K. T. Biró, K. Dúzs, Zs. Hajnal, D. Visser: Radiography driven PGAI and neutron diffraction measurements on test objects designed for the 'Ancient Charm' project

P45 - A. Kocsonya, I. Kovács, Z. Szőkefalvi-Nagy: Radioisotope vs. Mini-X tube excitation in an AMPTEK X-12 portable XRF spectrometer: a comparative study

P48 - Z. May, M. Tóth: Application of portable (handheld) NITON XRF analyser in some archaeometry projects

P91 - A. Simon, T. K. Biró, T. Gesztelyi, B. Gratuze, I. B. Kiss, I. Rajta, G. Sánta, Z. Szoboszlai, I. Uzonyi, Á. Z. Kiss: The study of archaeologically interesting glassy and metal artefacts in HAS-ATOMKI

A konferencián bemutatott valamennyi előadás és poszter igen érdekes és színvonalas volt, nehéz közülük bármit is kiemelni.



Személy szerint érdekesnek tartottam Guy Demortier (LARN University of Namur, Belgium) előadását (O1), melyben az egyiptomi piramisok építésének egy alternatív lehetőségét tárgyalta. Egy mostanában divatos elmélet szerint a piramisok építőköveit nem bányászták, hanem cementszerű anyagból (geopolimer) öntötték. Kár, hogy az előadás jórészt spekulatív elemeket tartalmazott, és keveset mutatott be az e tárgyban rendelkezésre álló – egyébként nagyszámú – anyagvizsgálati eredményből. Ugyancsak érdekes volt Rabin és munkatársai (Németország) előadása (O25) a Holt-tengeri Tekercsek eredetmeghatározásáról. A qumrai ill. Qumrán kívüli eredet eldöntésére a tekercseken lévő tintát mikroanalitikai (μ -XRF, 3D-XRF, SEM-EDX, μ -FTIR, μ -Raman) módszerekkel vizsgálták. Gyakorlati szempontból fontosnak tartom M. Odlyha és társai (Birbeck College, London) előadását (O28) a

múzeumok és kiállítóhelyek mikroklímájának monitorozásáról.

A konferencián több műszergyártó cég tartott bemutatót ill. előadást.

Összességében igen hasznosnak találtam a konferenciát, mely témájában hasonlított a Nemzetközi Archeometriai Szimpóziumokra, de méretében kisebb volt. A konferencia honlapja megtalálható:

<http://www.inp.demokritos.gr/~technart2009/>

Innen letölthető a teljes abstract-kötet is.

Budapest, 2009. május 21.

Kasztovszky Zsolt

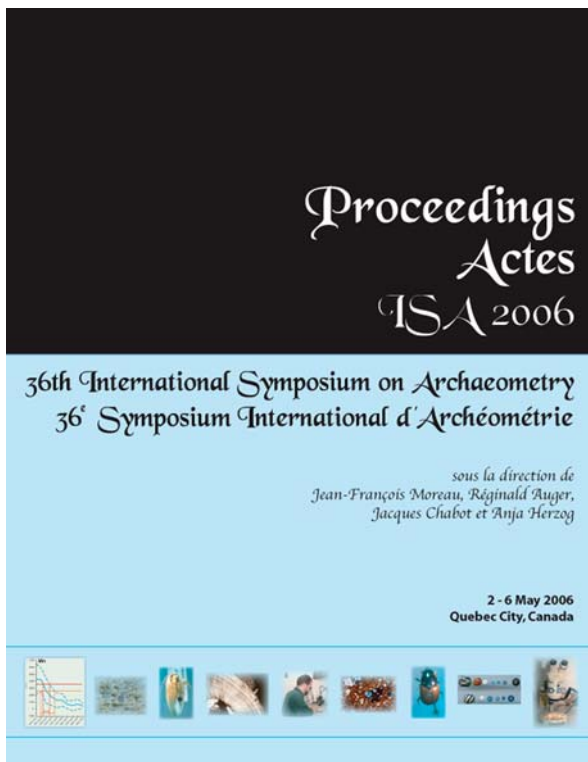
MTA Izotópkutató Intézet

*

Megjelent: Moreau, J-F.--Auger, R.--Chabot, J.-Herzog, A., eds. (2009): Proceedings ISA 2006 36th International Symposium on Archaeometry, 2-6 May Quebec City, Canada CELAT, Université Laval Québec pp.1-504

A 2006-ban Kanadában rendezett emlékezetes Archeometriai Szimpózium konferencia kiadványa megjelent. A konferenciáról Péterdi Bálint számolt be annak idején az AM olvasói számára.

A vaskos konferencia kötet összesen 53 tanulmányt tartalmaz, ebből 8 magyar szerzők/szerzőtársak munkája.



Ezek az egyszerű adatok is meglehetősen nehezen deríthetők ki. Sajnos, a szerkesztők nem vették a fáradságot, hogy a számukra "egzotikus" szerzők nevét rendesen leírják. A kötetben nincs tartalomjegyzék, illetve ami van, nem használható, és nincs szerzői index (talán jobb is így.). A kiadvány leginkább használható része a CD-n mellékelt teljes szerkesztett állomány (pdf-ben), amelyben némi adatbányászati fűfanggal mégis csak megtalálhatók az egyes közlemények.

Az ISA (International Symposium on Archaeometry) sorozat két évenként gyűjti össze a szakma teljes spektrumát. Általában 200-300 résztvevővel és legalább ennyi közleménnyel (előadással, poszterrel). A szervezők felelősége, döntése, hogy ebből mi és hogyan jelenik meg. Az egyik "véglet" éppen az 1998-as budapesti konferencia kötet (Jerem, Erzsébet--Bíró, Katalin T., eds. Archaeometry 98. Proceedings of the 31st Symposium, Budapest, April 26-May 3. Vols I-II, BAR International Series Oxford 2002 1042, 1043), ahol is Jerem Erzsébet igényes szerkesztői munkájának köszönhetően valóban színvonalas kiadványt kaptunk a kezünkbe. Igaz, ez öt évig tartott. A másik - számomra nagyon szimpatikus- megoldás az elektronikus publikáció, amit a spanyolok választottak (Proceedings of the 34th International Symposium on Archaeometry, 3-7 May 2004. E-book, elérhetősége:

<http://www.dpz.es/ifc/libros/ebook2621.pdf> - volt. Sajnálatos módon a kiadvány ma már ezen a címen nem elérhető, ami rávilágít a lehetséges problémákra. Ha valaki annak idején nem mentette le, akkor most már nem is tudja. Ennyire azért nem szezonális termék a munkánk.

Nincsenek könnyű helyzetben a szerkesztők, de azért legalább egy szerzői korrektúra elvárható lenne. Nem?

T. Biró Katalin

MNM

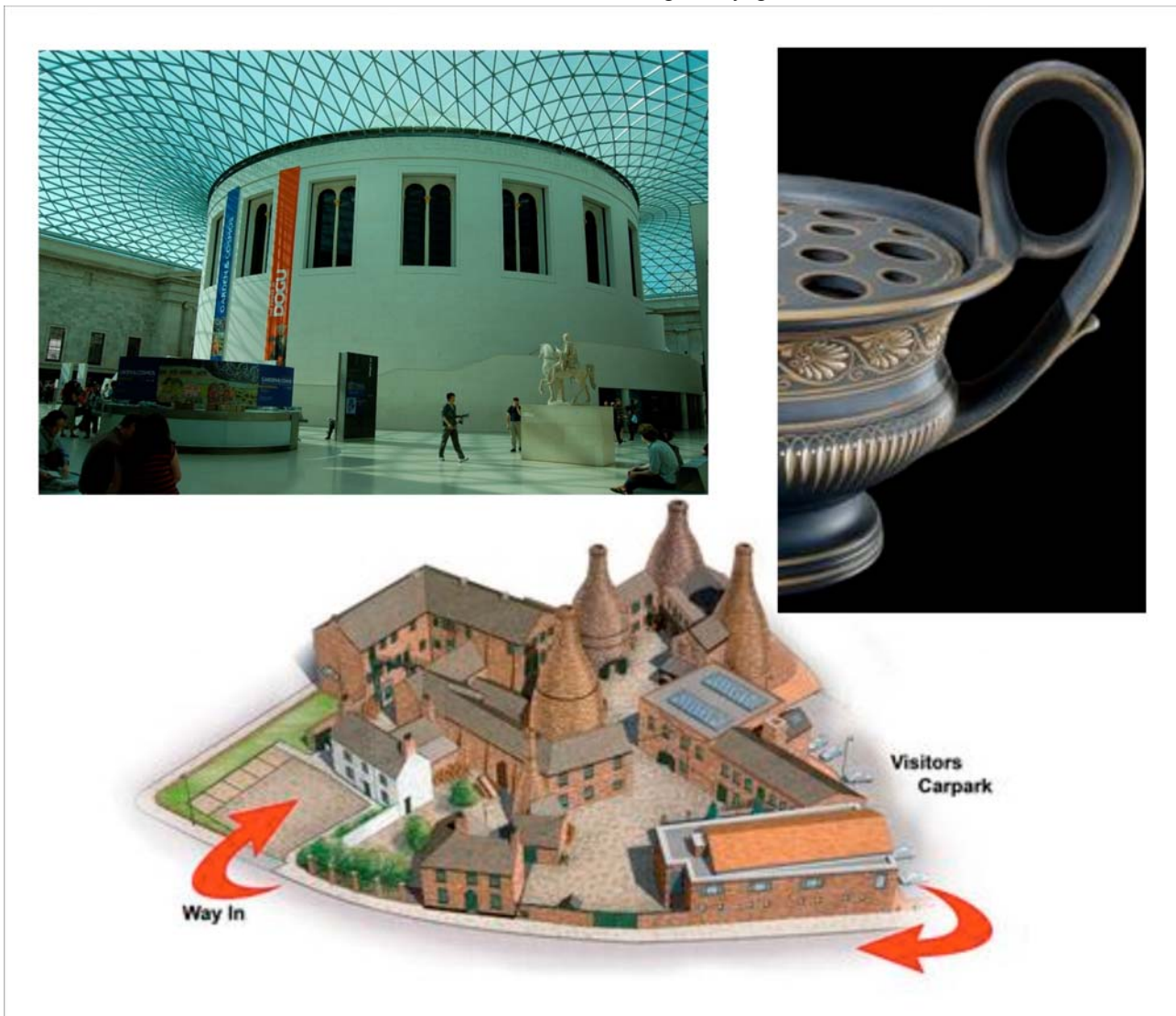
Beszámoló a 10th European Meeting on Ancient Ceramics (10-13 September 2009, London, UK) konferenciáról

A régészeti kerámiák régészeti-természettudományos vizsgálatával foglalkozó kutatók tizedik, jubileumi találkozására került sor Londonban ezen az őszön. A két évente jelentkező rendezvény helyszínéül a British Museum rendkívül impozáns és nagy múltú épülete szolgált. A száz főt meghaladó résztvevőknek nemcsak az állandó kiállítási gyűjteményt, hanem olyan időszakos kiállítások anyagát is módjukban állt megtekinteni, mint a „Moctezuma – Aztec Ruler” és a „The Power of Dogu: Ceramic Figures from Ancient Japan”.

A konferencián összesen 41 szóbeli előadás és 47 poszter került bemutatásra. Az előadások tematikája magába foglalta a módszertani fejlesztések, a kerámiai

építőanyagok (tégla, tetőcserepek), illetve a kerámiák technológiai és származási hely vizsgálatának szerteágazó témaköreit. A szervezők által választott speciális tematikus szekciók az iszlám kerámia és 18-19. századi fajansz-porcelán manufaktúrák köré rendeződtek.

Az idei konferencia mottója a „From Craft to Science” – talán első olvasásra az ellenkezőjének tűnik – jól összegzi azt a kutatói megközelítést, amely az archeometria sajátja: az egykori mesteremberek alkotásainak megismerése a tudomány segítségével. A fentiekben említett speciális tematikus szekciók egyike a 18-19. századi fajansz-porcelán manufaktúrákkal foglalkozott, amelyek vizsgálata az archeometriai kutatásnak épp azt a lehetőséget nyújtja, hogy az ellenkező útvonalon – a mesterfogások, receptek ismeretétől indulva a műszeres vizsgálat felé – ismerje meg az anyagot.



1. ábra: Az EMAC'09 helyszínéül szolgáló British Museum látogatókat fogadó aulája, a konferencia logójává választott Wedgwood kerámia és a Gladstone Pottery Museum vázlatos rajza.

A találkozó záró szekcióját képező előadások az angol és olasz porcelán, a francia és angol mázas asztali kerámia és a francia fajansz kiváló minőségű termékeket előállító műhelyeibe, illetve mestereihez vezették el a hallgatóságot. A legautentikusabb betekintést pedig a híres Wedgwood manufaktúra, illetve az annak emlékeit gondozó és történetét megőrkítő Wedgwood Museum igazgatója, Gaye Blake-Roberts adta, aki a Wedgwood család 1759 óta fennálló műhelyének-gyárának titkairól tartott előadást. A konferenciához kapcsolódó kirándulás keretében a Wedgwood Museum új, Barlaston-i (Stoke-on-Trent) kiállítóépületét (<http://www.wedgwoodmuseum.org.uk/home>), illetve a Gladstone Pottery Museum-ot (Longton, Stoke-on-Trent) lehetett meglátogatni, amely az egyetlen viktoriánus korból fennmaradt kerámiagyár épületeiben található (<http://www.stokemuseums.org.uk/gpm>). Az utóbbi

kiállítás területén a korabeli készítési technikák és berendezések (kemencék) is megtekinthetők.

A konferencián 21 magyar kutató vett részt munkájával, ebből egy szóbeli és 5 poszter előadás volt.

A konferencia programja megtekinthető a rendezvény hivatalos honlapján (<http://www.ucl.ac.uk/EMAC09/>). Az előadások anyagát rövid cikkek formájában az Archaeopress gondozásában fogják megjelentetni a szervezők.

A rendezvényt záró ceremónia részeként bejelentették a következő EMAC helyszínét: 2011-ben a közeli Bécsben vehetünk részt újra ezen a jó hangulatú találkozón.

Szilágyi Veronika
geológus
MTA Izotópkutató Intézet
szilagyv@iki.kfki.hu

*

***Megjelent: Vessels: inside and outside.
Proceedings of the Conference EMAC '07 9th
European Meeting on Ancient Ceramics, 24-27
October 2007. Budapest, Hungary. Edited by:
Katalin T. Biró, Veronika Szilágyi & Attila
Kreiter.***

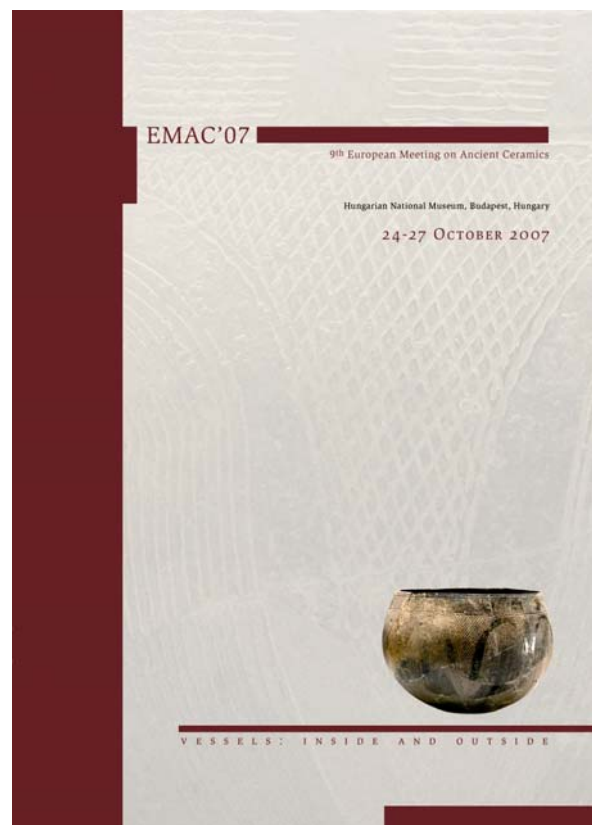
ISBN 978-963-7061-67-7. 292 pages; ill. Published by: Hungarian National Museum, H-1088 Budapest, Múzeum krt. 14-16

A londoni konferenciára, nagy örömünkre, elkészült a megelőző budapesti rendezvény előadásait rögzítő konferenciakötet, a szerzők és szerkesztőtársaim áldozatos munkájának eredményeképpen. A konferencia kötet nyomtatott változatával egyidőben elkészült a konferencia CD is, amelyet a budapesti regisztrált résztvevőinek eljuttattunk. A CD szerkesztésében Telcs Gábor volt segítségemre

A kötet méltatása, érintettként, nem lehet a feladatom. A kötet a Magyar Nemzeti Múzeum könyvtárától rendelhető meg, szerzőknek és résztvevőknek kedvezményes áron. Az elérhetőségi adatok a konferencia honlapon megtalálhatók:

<http://www.ace.hu/emac07/pdf/avail.pdf>

*



Introduction to Ceramic Petrology Course – further details

The course 'Introduction to Ceramic Petrology' will comprise daily lectures and practicals introducing to optical polarizing light microscopy, the identification of main rock-forming minerals, the classification of rock types, the use and interpretation of geological maps and, subsequently, the analysis of ceramic thin sections to reconstruct provenance and technology. Furthermore, a field class to Aegina, including a visit to a traditional pottery workshop, will provide practical experience on prospection for pottery raw materials and sampling, as well as contemporary potting practices. In the second week, each participant will have the opportunity to undertake a case study project. A course manual will be provided for participants covering all aspects of the course and further reading.

The course co-coordinators and instructors will be Evangelia Kiriati (Director, Fitch Laboratory) and Ruth Siddall (Lecturer, Earth Science, UCL).

Dates: 12 – 23 April 2010.

Course Fee: The course fee includes tuition, accommodation, fieldtrip expenses, all teaching materials, BSA membership for the period of the course and entry pass to museums and archaeological sites. The fee is 860€ for single accommodation and

960€ for shared accommodation in double rooms. Self-catering accommodation (including breakfast) will be provided at the BSA Hostel, next to the Fitch Laboratory building. Bradford McConnell Bursaries: several 500-1000€ awards (funded by the Bradford McConnell Trust) are available to help those who would otherwise be prevented from attending. Consideration will be given to hardship and academic excellence.

Applications should include: a brief curriculum vitae, two reference letters and a short covering letter stating the interest in ceramic petrology and reasons for wishing to do the course. If applicants would like to apply for one of the Bradford McConnell bursaries, they should add a brief statement of their financial circumstances and also ask their referees to comment on the same issue. Applications should be submitted via e-mail to flsecretary@bsa.ac.uk. Closing date 31 January 2010. References must also be received by then: it is the applicant's responsibility to ensure that references are sent. The successful candidates will hear by 20 February 2010.

For further information, please check the relevant sections on the British School at Athens web pages or contact either of the two course coordinators, Dr Evangelia Kiriati (fldirector@bsa.ac.uk) or Dr Ruth Siddall (r.siddall@ucl.ac.uk).