

Archeometriai Műhely

2025.
XXII. évfolyam 4. szám

Archeometriai Műhely

elektronikus folyóirat



Kiadja a Magyar Nemzeti Múzeum

Felelős kiadó: Zsigmond Gábor, főigazgató

Szerkesztő: Szilágyi Veronika

A szerkesztőbizottság tagjai:

Bajnóczi Bernadett, Bartosiewicz László, Bárány Annamária, Kasztovszky Zsolt, Kiss Viktória, Kolláth Ágnes, Kreiter Attila, Kürtösi Brigitta Mária, Major István, Mateovics-László Orsolya, Molnár Mihály, Péterdi Bálint, Simonyi Erika, Székely Balázs, Tóth Zsuzsanna, Török Béla, Zöldföldi Judit

Alapító szerkesztő: T. Biró Katalin

Tiszteleti (alapító) tagok: Ilon Gábor, Járó Márta, Sümegi Pál, Svingor Éva, Szakmány György, T. Biró Katalin

Örökös alapító tag: Svingor Éva (1948-2020)

ISSN: HU ISSN 1786-271X

URN: urn:nbn:hu-4106

Tartalom / Contents

Archeometriai Műhely / Archaeometry Workshop No. 2025/4.

Cikkek / Articles

BILLER Anna Zsófia	:	A Budapest, Madárhegy-Spanyolrét lelőhelykomplexum archeozoológiai értékelése / Archaeozoological study of the Madárhegy-Spanyolrét site-complex (Budapest, Hungary)	267-290
BILLER Anna Zsófia	:	Melléklet / Appendix	(1-24)
MESTERHÁZY, Gábor	:	Optimal land cover model and ecological background of the medieval settlements in the Csókakő domain / A csókakői uradalom középkori településeinek optimális felszínborítottsági modellezése és környezeti háttere	291-310
SZABÓ Máté; BAJNÓCZI Bernadett; ARADI László Előd & BÓNA István	:	Kemény György pop-art 'szekő' falfestményének multianalitikai vizsgálata / A multi-analytical examination of György Kemény's pop art mural 'secco'	311-332
KASZTOVSZKY Zsolt	:	Az archeometriában leggyakrabban használatos analitikai módszerek áttekintése / An overview of the most frequently applied analytical methods in archaeometry	333-346

*

Közlemények / Other communications

SZILÁGYI Veronika	:	Tagbővülés az Archeometriai Műhely szerkesztőbizottságában	347-348
SZILÁGYI Veronika; DÖNCZŐ Boglárka; VIKTORIK Orsolya & MENGYÁN Ákos	:	KEK II. – Mérhető múlt – konferencia beszámoló	349-354
MATEOVICS- LÁSZLÓ, Orsolya; ANDERS, Alexandra; FÁBIÁN, Szilvia; KISS, Viktória; MELIS, Eszter; RÁCZ, Zsófia; SZENICZEY, Tamás; SZÉCSÉNYI-NAGY, Anna & KULCSÁR, Gabriella	:	Report on the conference „Child Space” – Narratives and new perspectives on the bioarchaeology of children and their biosocial network/biosocial complexity (focus on Central-Eastern Europe) / Beszámoló a „Child Space” – Narratives and new perspectives on the bioarchaeology of children and their biosocial network/biosocial complexity (focus on Central-Eastern Europe) című konferenciáról	355-360
Lektorok	:	Az Archeometriai Műhely 2025 XXII. évfolyam 1-4. számainak lektorai	361

A BUDAPEST, MADÁRHEGY-SPANYOLRÉT LELŐHELYKOMPLEXUM ARCHEOZOOLOGIAI ÉRTÉKELÉSE ARCHAEOZOOLOGICAL STUDY OF THE MADÁRHEGY-SPANYOLRÉT SITE- COMPLEX (BUDAPEST, HUNGARY)*

BILLER Anna Zsófia 

Budapesti Történeti Múzeum – Aquincumi Múzeum

E-mail: biller.anna@aquincum.hu

Abstract

The archaeological site of Madárhegy-Spanyolrét in Budapest, District XI, which encompasses seven sectors, including the archaeozoological finds of a Roman settlement, presents many interesting features. The larger number of domestic animals, particularly cattle, with varied appearances, the small quantity of wild mammal remains, the presence of dogs from pit houses, probably buried for cultic or religious reasons and the evidence of poultry (domestic chicken and geese) together reflect the characteristic archaeozoological profile of the Roman period. No cut marks indicating the consumption of horse meat were observed. Due to the site's location farther from the waterside, the dietary role of aquatic organisms may have been small, as suggested by the scarce number of their remains. The number of diseases leaving visible traces on the bones was also rare. Of special interest is the increased presence of donkey remains in our country, associated with the Roman expansion, or the discovery of a solitary small foal skeleton, possibly buried by a mudslide. Other interesting finds include a carved ivory furniture ornament from a stone building and a fragment of a burnt oyster shell from a male cremation burial. These exotic items suggest long-distance trade connections.

Kivonat

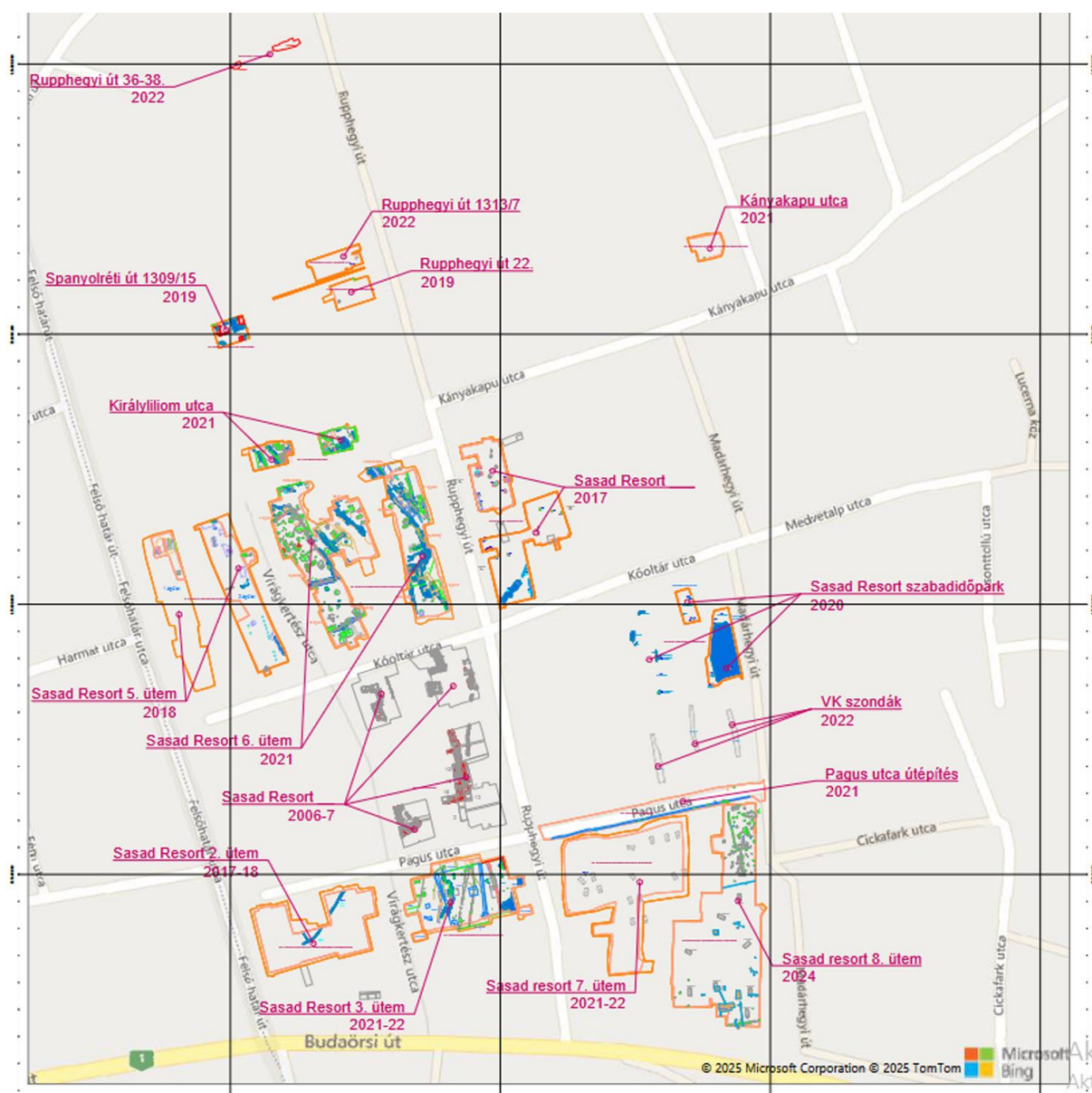
A Budapest XI. kerületében található, hét lelőhelyrészt magába foglaló Madárhegy-Spanyolrét területén elhelyezkedő régészeti lelőhely, azon belül is a római kori telep régészeti állattani leletanyaga számos érdekességet tartogatott. A változatos külső megjelenésű háziállatok és azon belül a szarvasmarha maradványainak magasabb száma, a kevés vademlős, a veremházakból előkerült, vélhetően kultikus-vallási okokból elföldelt kutyák maradványai, a baromfik (házityúk és házilúd) jelenléte mind szépen tükrözik a római korra jellemző régészeti állattani képet. A lóhús evésére utaló darabolás nyomok nem voltak megfigyelhetők. Távolabb a vízparttól, a vízi élőlények táplálkozásban betöltött szerepe a maradványaik alacsony száma alapján csekély lehetett. Kevés volt a csontokon nyomot hagyó, beazonosítható betegségek száma is. Izgalmas a római terjeszkedéssel együtt hazánk területén is nagyobb számban megjelenő számármaradványok előfordulása, vagy a magányosan előkerült kiscsikó csontváza, amelyet lehet, hogy sárlavina temetett a föld alá. Érdekes lelet még egy kőépítményből előkerült, elefántcsontból készült faragott bútordísz, vagy egy hamvasztásos férfi sírból származó égett osztriga héj töredéke, amelyek egzotikus voltak révén távolsági kereskedelemre utalnak.

KEYWORDS: ROMAN ANIMAL HUSBANDRY, VICUS, OYSTER, DOG, FOAL, DONKEY, IVORY

KULCSSZAVAK: RÓMAI KORI ÁLLATTARTÁS, VICUS, OSZTRIGA, KUTYA, CSIKÓ, SZAMÁR, ELEFÁNTCSONT

* How to cite this paper: BILLER, A. Zs., (2025): A Budapest, Madárhegy-Spanyolrét lelőhelykomplexum archaeozoológiai értékelése / Archaeozoological study of the Madárhegy-Spanyolrét site-complex (Budapest, Hungary), *Archeometriai Műhely* XXII/4 267–290.

doi: [10.55023/issn.1786-271X.2025-021](https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2025-021)



1. ábra: A Madárhegy-Spanyolrét lelőhelykomplexum összesítő térképe (Térkép: Imre-Horváth Sándor)

Fig. 1.: Summary map of the Madárhegy-Spanyolrét site complex (Map: Sándor Imre-Horváth)

Bevezetés

A Budapest XI. kerületében, a Spanyolréti-árok sekély völgyében fekvő Madárhegy-Spanyolrét területe csak a 2000-es évektől kezdődően épült be intenzívebben, régészeti kutatása pedig 2006 óta folyik. A jelen tanulmányban bemutatott lelőhelykomplexum hét különálló lelőhelyrészt foglal magába, amelyeket a Budapesti Történeti Múzeum Aquincumi Múzeumának munkatársai tártak fel 2017 és 2024 között, egy lakópark építéséhez kapcsolódó megelőző feltárások során (**1. ábra**). A hét lelőhelyrész közül hat egy római kori településhez (*vicushoz*) kapcsolódott. A *vicus* egy saját piaccal, kultushellyel rendelkező bennszülött falusias település volt a városi territóriumokon belüli nagyobb közigazgatási egységek, a *pagusok* részeként. Élén általában a *vicomagister* állt. Az

egyik lelőhelyrészek közül a Kőoltár utca 3. lelőhelyen Lassányi Gábor (2017.), a Felsőhatár út 2/B. lelőhelyen Magyar-Hárshegyi Piroska és Gyenes Gábor (2017–2018.; Magyar-Hárshegyi et al. 2020, 233–239.), a Felsőhatár út 4. (Sasad Cordia 5. ütem) lelőhelyen Magyar-Hárshegyi Piroska és Kurunczi Mónika (2018–2020.; Kurunczi 2021), a Királylilium utcai lelőhelyen Kurunczi Mónika (2021; Kurunczi 2022a), a Rupphegyi út 4. – Pagus utca 6. (Sasad Resort 3) lelőhelyen Kurunczi Mónika (2021; Kurunczi 2022b), a Rupphegyi út 8. – Kőoltár utca 5. (Sasad Resort 6) lelőhelyen pedig Kurunczi Mónika, Vukics Adrienn és Kelemen Zsófia Zsuzsanna (2021; Kurunczi 2022c) folytatott ásatásokat. A hetedik lelőhelyrészen, a Pagus utca 2. szám (Sasad Resort 8) alatti területen, a település temetőjének egy részletét tárta fel Kelemen Zsófia Zsuzsanna 2024-ben (Kelemen 2024). A római kori

megtelepedésre még a Pagus utca neve is utal. A *pagus* (körzet) ugyanis a római korban a városi territóriumokon belüli kisebb, római fennhatóság alatt álló közigazgatási egység volt. Eleinte a kunyhók csoportját jelentette, majd később, a településkezdemények egyesülésével városok alakultak ki, és ezen városmagok körül létrejött városrészeket nevezték így. A germán utód-államokban a *pagusok* grófságokká szerveződtek (Kovács 2013, 136–139.).

A Kőoltár utca 3. lelőhelyen 2017-ben több szakaszban zajló régészeti bontómunkára került sor a Sasad Resort Cordia lakópark négy épület-tömbjének építésekor. A területtől északkeletre találhatóak a Magyar-Hárshegyi Piroska által 2006–2007-ben feltárt római kori telepjelenségek, utak és egy kerítőfallal körülvett, vélhetően nyitott szentély. Az „A” épülettömb alól nem kerültek elő régészeti jelenségek. A „B” épülettömb Rupphegyi út felőli szakaszán négy római kori (Kr. u. 2–3. századi) földbe mélyített ház körvonalazódott. A közelükben vermek (az egyikben Kr. u. 1. századi kelta-római stílusú kerámiával) és egy kút is előkerült. Az egyik veremben ló maradványai kerültek napvilágra. A „C” épülettömbben két római kori tároló vermet és egy kutat tártak fel, a „D” épülettömb alatt pedig római kori kemencéket, gödröket és vermeket. A Kőoltár utca 3. lelőhelytől délnyugatra, a Felsőhatár utca 2b-ben folyt 2017-ben az ásatás további két épülettömb építése, illetve az ezek alá épülő teremgarázst összekötő nyaktag alapozásának megkezdése előtt. A területen római kori (Kr. u. 1. század vége – 3. század első harmada közötti), nagyobb területet körbekerítő falak nyomai húzódtak. Már ezeknek az ásatásoknak az eredményei alapján is körvonalazódott, hogy a feltárt leletek egy több perióduson át használt római kori lelőhelyhez tartoznak, amelynek település-jelenségei kezdetben falusias jellegűek voltak, majd a Kr. u. 1–3. század során fokozatosan beilleszkedtek a római birtokrendszerbe (Magyar-Hárshegyi et al. 2020, 233–239).

A Felsőhatár utca 4. 1. („A”) épület alapozásában a Magyar-Hárshegyi Piroska által feltárt kőkonstrukció (kőfalak) a Kr. u. 3–4. századi, kerítésekkel kialakított határrendszerhez (birtokrendszer?) tartozhatott (Magyar-Hárshegyi 2018, 2.). Ez egy villagazdaság része lehetett, melynek központi épülete a 2021-es feltárás területétől északra keresendő (Kurunczi 2021, 4.). A Felsőhatár utca 4. 2. („D”) épület alapozásának déli végében, illetve az 1. épület alap északi részében talált gödrök a kőfalaknál korábbi, talán a Kr. u. 1–2. századi periódus részei lehetnek (fémkeresős vizsgálat során előkerült többek között Hadrianus érme is, Magyar-Hárshegyi 2018, 1.). Ezek a Kőoltár utca 3. lelőhelyen feltárt gödörházakkal egykorúak (Magyar-Hárshegyi 2018, 2.). A Kurunczi Mónika által folytatott 2021-es feltárás alapján elképzel-

hető, hogy ezek az autólehajtó- és útépités során felszínre került gödör/veremházak egy része műhelygödör is lehetett. A bennük fellelt leletanyag alapján koruk a Kr. u. 1. század vége – 2. század eleje közé tehető. A római kori kelta jelleggel (Kurunczi 2021, 1–2.) bíró gödrök feltehetően egy Kr. u. 1–2. századra keltezhető, az időszakos vízfolyás természetes medrének két oldalán lévő megtelepedés nyomait őrzik, amely Rupphegy felé is kapcsolatot mutat. Ezt az időszakos patakot egykor szabályozhatták az autólehajtó területének keleti felén előkerült árokkal. Az autólehajtó területén fémkeresős vizsgálat során Kr. u. 2–4. századi fémanyagok is napvilágra kerültek (pl. Constantinus-dinasztia kori érem), míg az út területén Kr. u. 1. századi ezüstérem és 4. századra keltezhető fémek is (Kurunczi 2021, 3–4.).

A Királylilium utcai területen (Rupphegyi út 8., SR6-os lelőhely szomszédságában) Kurunczi Mónika folytatott feltárást két alapincézett társasház építése kapcsán 2021-ben. A feltárási terület egy keleti („A”) épületre és egy nyugati („B”) épületre tagolódott. A nyugati épület területén római kori kőomladékok kerültek felszínre. Előkerültek továbbá a Kr. u. 1–2. századi telephez köthető objektumok (műhelygödrök/veremházak), valamint a Kr. u. 3–4. századi kőépületrészlet alap- és felmenő (az érmék alapján a Kr. u. 3. század második felére datált) falainak összefüggő maradványa. A területen előkerültek neolitikumból és a középkorból származó (Árpád-kori éremmel keltezett) jelenségek is (Kurunczi 2022a, 1–4.). A keleti épület területén *terrazzo* maradványait is találtak a római korra keltezett további épület falszakaszai mellett. Az épületrészen belüli pusztulási réteg alatt, illetve az épületrészen kívüli felső feltöltődési réteg alatti iszapos humuszban Kr. u. 1–2. századi telepjelenségek (műhelygödrök, cölöphelyek, malomkő töredéke) jelentkeztek, amelyek a cölöplyukak megléte alapján vélhetően felszíni könnyűszerkezetes felépítményekkel rendelkezettek. Ezen a területen is előkerült őskori, vélhetően neolitikus leletanyag (Kurunczi 2022a, 3.). A két társasház építését megelőző feltárás objektumai alapján a kőépítmények első periódusa a Kr. u. 2. században kezdődhetett. Ennek végét egy humuszos-iszapos sárlavina jelenthette, amely összefüggésbe hozható a területen a római korban megkezdett erdőirtás következtében fellépett talajerózióval. Esetleg tudatos tereprendezésről volt szó. Ezután kezdődhetett a Kr. u. 3. században a kőből készült épületek időszaka, amelyekhez a nyugati terület délkeleti, illetve a keleti terület délnyugati részén megmaradt épületrészek köthetők. Az építési időszakok elkülönítését és a változás okának meghatározását nehezíti az egyik, korai gödörben lévő falrészlet értelmezése (Kurunczi 2022a, 4.). A nyugati épületen belül – éremmel a Kr. u. 3. század második felére datált – tűzkár nyomai kerültek elő. A területen megjelenő árkok mentén kövek helyezkedtek el, amelyek vagy

az árkok szélére húzott kőfalak maradványai, amelyeket a vízfolyások, sárlavinák terítették szét, vagy pedig kőépületekből származó kőfalak elsodródott darabjai lehettek (Kurunczi 2022a, 5.).

A Rupphegyi út 4. – Pagus utca 6. szám alatt 2021–2022-ben folyt a Sasad Resort lakópark 3. ütemének felépítését megelőző feltárás. A nyugati („A”) épület és a keleti („B”) épület, a nyaktag, az északi autólehajtó és a két darualap felületén folytak a régészeti munkálatok. A nyugati rész feltárasakor őskori és római kori kerámiaanyag került elő, illetve leletanyag nélküli, így korszakhoz nem köthető árok, valamint amorf és félköríves, valamint kerek és ovális jelenségek, amelyek felszíni épület szerkezetét nem rajzolták ki. A középső rész (autólehajtó, déli bővítés, darualap) árkok tagolták, és neolit, illetve római kori leletanyag került elő a területről (Kurunczi 2022b, 1–2.). A keleti részen szintén neolit és római kori maradványok jelentkeztek. Valószínű, hogy ezek egy része egy római kori út – lesodródott, részben másodlagos helyzetben deponálódott – déli folytatásának maradványai, amelyek a telektől északra elhelyezkedő két telken körvonalazódtak korábban. A leletanyag szegényesebb volt a környező lelőhelyrészekhez viszonyítva. Fémkeresős kutatások során Kr. u. 2–4. századi érmék és egyéb fém leletek kerültek elő. Valószínű, hogy a felsőbb telkeken karakteresebben jelentkező római kori megtelepülésének emlékei deponálódhattak a területen az iszapos-humuszos feltöltődési rétegben. Alatta feltöltődési réteget és vizesárkok nyomait azonosították, amelyek egy részét szándékosan szabályozhatták. Leletanyaguk a római kortól a kora-újkorig terjedt (Kurunczi 2022b, 3.). A lelőhelyrészen a legkorábbi településrészletek a neolitikumból és a rézkorból ismertek, amelyet egy kora római kelta megtelepedés követett. A többi lelőhelyrészen tapasztalt Kr. u. 1–2. századi *vicus* nyomai nem terjedtek ki erre a telekre, viszont a feltehetően a Kr. u. 2. századra keltezhető útfelület utal a római kori területhasználatra. A Királylilium utcában tapasztalt talajerózió ebben a térségben is érzékelhető volt a római kortól egészen a középkorig (Kurunczi 2022b, 4.).

A Rupphegyi út 8. – Kőoltár utca 5. szám alatt 2020–2021-ben folyt feltárás a Sasad Resort lakópark 6. ütemének keretén belül. A telek keleti felén két lakóépület és az ezeket összekötő nyaktagok (délkeleti „C”, északkeleti „F” épület), a nyugati felén egy középső („D”) és két nyugati („A” és „B”) épület, az összekötő nyaktagok, és az építkezéshez kapcsolódó darualapok, valamint a két autólehajtó területe adott teret a régészeti feltáró munkáknak. A keleti tömb („C” és „F” épületek, két darualap és autólehajtó) munkálatai során is észlelhető volt a többi, korábban feltárt területen is megfigyelt talajerózió nyoma. A legfelső régészeti korú rétegből a római kori kőépítmény omladékain

túl honfoglalás kori, késő Árpád-kori és Anjou-kori leletek is kerültek elő. Alatta a késő La Tène D – kora római időszaktól egészen a késő római korig előforduló leletek kerültek felszínre (Kurunczi 2022c, 1.). Az altalajon lévő eróziós, köves felületekből őskori (neolit, rézkor) kerámia anyag származott. A teljes keleti tömbön végigvonult egy apróköves-kavicsos útréteg, amelynek egy része eredeti helyzetében, keréknyommal együtt került elő. A kőfalalapozás, kőomladék, falazatok nyomai összefüggnek, ugyanazon egységhez tartozhattak. Kivétel volt egy négyszögletes épület kőalapoza, amely tájolásban eltért a többi kőfaltól. Előkerültek régi patakmeder nyomai, további kőfalmaradványok, valamint a nyaktag keleti részén egy többszörsően lemosott útfelület és az erre ráakódott, valószínűleg késő római épületekből, falazatokból származó hordalék. Az északi munkatérben Kr. u. 1–2. századi leletanyagot tartalmazó, földbe mélyített beásások váltak megfigyelhetővé, míg a nyugati részen három gödörház vagy egykori műhely részlete került elő (Kurunczi 2022c, 2.). A nyugati tömb („D”, „B” és „A” nyaktag, két darualap és az autólehajtó) területén köves felületek váltak megfigyelhetővé, amelyek egy része feltehetően falak kőalapozaiként szolgált. A „D” nyaktagban a legkorábbi horizontot a veremházszerű beásások, cölöplyukszerű bemélyítések, agyaggyerők és egyéb objektumok képezték. Egyik objektumban (SE 2012) egy kutyaváz is előkerült, az objektumok közötti térben pedig egy újszülött kiscsikó szinte teljes váza (SE 2051). Az „A”-„B” tömbben fémkeresős felmérés révén nagy mennyiségű Kr. u. 3–4. századi érem került napvilágra. A humuszos-iszapos feltöltődési rétegek elbontásakor főleg római kori (Kr. u. 1–4. század közötti), de La Tène D jellegű illetve Kr. u. 5–6. századi leletanyag is előkerült. Épületomladékos, *terrazzo*-részletes, kőfalalapos és kőomladékos rétegek is előbukkantak (Kurunczi 2022c, 3.). Az „A”-„B” nyaktag keleti sávjában és az „A” nyaktag déli részén lévő beásások a Dunántúli vonaldíszes kultúra zselizi és kottafejes időszakához tartoznak. A többi beásás (agyaggyerők, tároló és műhelygödrök) kora-római (Kr. u. 1–2. századi) vagy leletanyag hiányában ismeretlen korú. Egy veremben (SE 1144) két egymáson fekvő kutyaváz is előkerült (Kurunczi 2022c, 4.).

A *vicushoz* tartozó temetőrész feltárása a Pagus utca 2. szám alatt a lakópark SR8-as ütemének építéséhez kapcsolódóan 2024-ben kezdődött. A feltárás során 120 objektum került elő, amelyből 118 kapott SE (stratigráfiai egység) számot. Nyolc objektum az őskorra (rézkorra) tehető, amelyek tovább gyarapítják a térségből eddig előkerült rézkori megtelepedésre utaló nyomok csekély számát. A cölöplyukak gerendavázak építményre utalnak. A kora újkorra (17. század) keltezett gödrök újdonságnak számítanak a területen (Kelemen 2024, 2–3.). A római korra (Kr. u. 2. század elejétől a Kr. u. 4. század elejéig) keltezett temetkezések közül 73

többnyire hamvasztásos temetkezés volt, ugyanakkor előfordult pár hantolászó sír is (Kelemen 2024, 2.). A temető teljes kiterjedését nem sikerült behatárolni, de valószínű végighúzódtott a dombháton. A pontos kronológiájára a későbbi kutatások deríthetnek fényt (Kelemen 2024, 2.).

A vizsgált állatmaradványok mennyisége és megtartása

A teljes eddig feltárt területről 320 stratigráfiai egységből (SE) és a szórvány leletanyagokból összesen 8403 állatmaradvány került felszínre, amelynek 73%-a volt meghatározható (NISP=Number of identified specimens=6167) (**Melléklet 1. táblázat**). Az egyes lelőhelyrészekről előkerülő archeozoológiai leletanyagot korszakokra lebontva a **Melléklet 2. táblázat** tartalmazza. A Pagus utca 2. lelőhelyen kívüli további hat lelőhelyrész egy nagyobb, túlnyomórészt a római korra keltezhető település (*vicus*) részét képezi. Ezek a részek valószínűleg nem különálló egységek, csupán a jelenkori építkezések nyomán mesterségesen létrejött „kategóriák”, ezért a hozzájuk tartozó régészeti állattani anyagot célszerű egységes egységként kezelni.

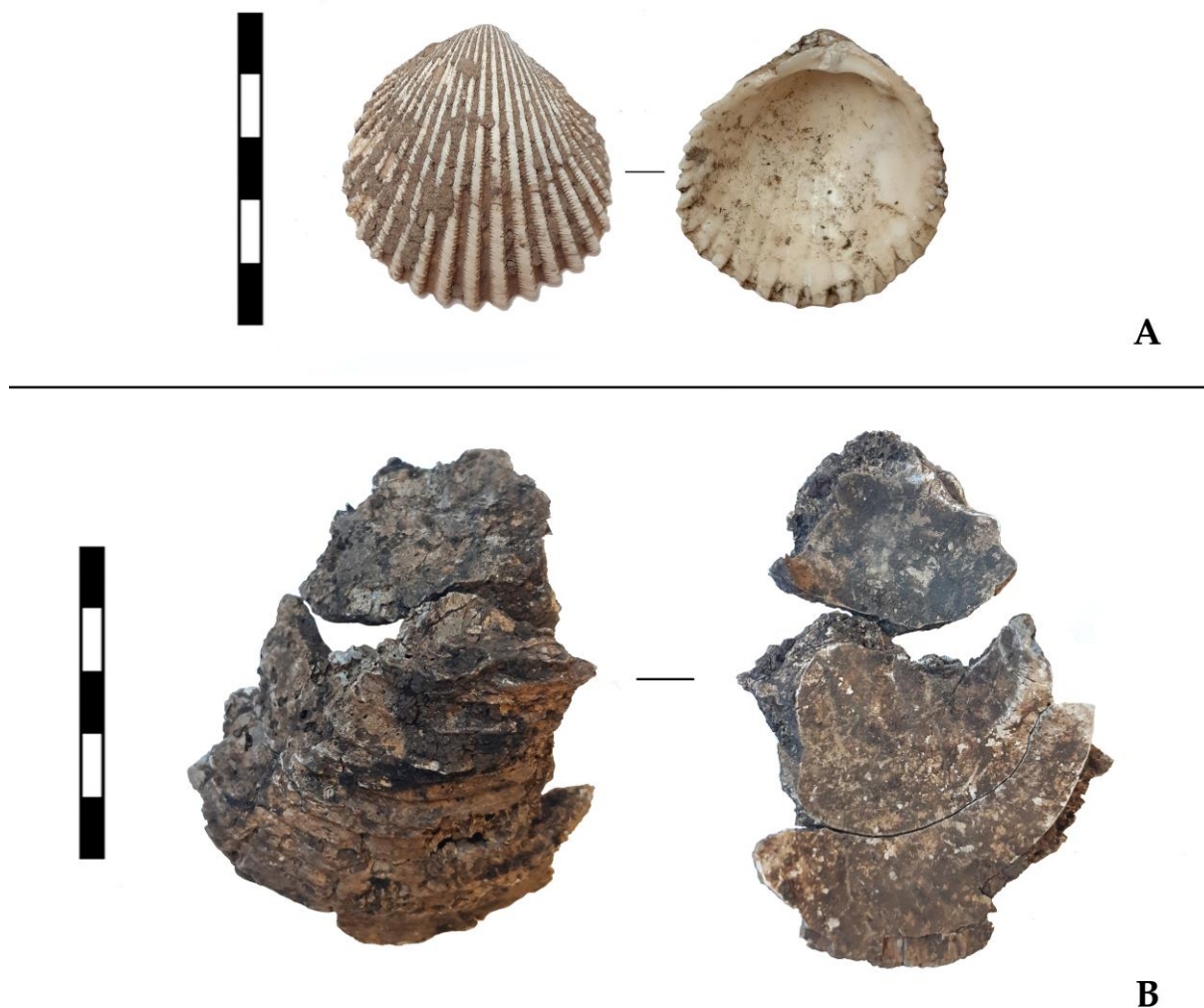
A Pagus utca 2. lelőhely a *vicus*hoz tartozó római kori temető részlete, így az innen származó sírok csontanyagát külön érdemes majd vizsgálni. A római kori leletanyagot lehet csak részletesebben kiértékelni, mivel a többi állatmaradvány nem köthető pontosabb régészeti korhoz, vagy pedig nem éri el az 500 meghatározható maradványt, amelyet a régészeti állattani gyakorlat szerint már érdemben lehetne elemezni.

A leletanyag nagy része háziemlősökből áll mindegyik lelőhelyrészen. A legnagyobb fajgazdagság a Királylilium utca és a Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. lelőhelyrészekben volt. A legtöbb maradvány szarvasmarhából származott, majd a kiskérődző (juh vagy kecske), a háziló, a kutya, a sertés és a szamár maradványai követték. A juhok és kecskék pontos faji elkülönítése az anatómiai határozó bélyegeik alapján igen nehéz, de a római korra általában jellemző volt a juhok nagyobb aránya, ami a pontosan meghatározható maradványok alapján vissza is tükröződik. A fajilag pontosan nem meghatározható töredékek (kisemlős, nyúl, illetve kutya méretű emlős, kispatac, nagypatac maradványok) az anyag 26,7%-át tették ki. Ezen töredékek beazonosítása a jellegzetes anatómiai jegyek hiányában nem volt lehetséges. A Kőoltár utcai anyagból előkerült két maradvány, amelyről nem lehetett eldönteni, hogy szarvasmarha vagy őstulok (*Bos* sp.) csontja-e, mivel a két faj közötti mérethatáron mozgott a töredékek mérete. A Királylilium utcai anyagból előkerült egy lóféle (*Equidae*) maradványa is. Ebben az esetben sem eldönthető, hogy házilóhoz, szamárhoz vagy öszvérhez tartozott-e. Illetve ugyanezen lelőhelyről egy

megmunkált elefántcsont töredék is származott, amely esetében az elefántféle (*Elephantidae*) család megnevezés használata javasolt, mivel nem tudni pontosan, hogy afrikai elefánt (*Loxodonta africana*, Blumenbach 1797) vagy indiai elefánt (*Elephas maximus indicus*, Cuvier 1798) maradványa-e. E két elefántféle ráadásul nemcsak külön fajba, hanem külön nembe (*genus*) is sorolandó (*Loxodonta*, illetve *Elephas*). A római birodalom kiterjedt kapcsolatrendszerének köszönhetően mindkét területről származhatott a nyersanyag. Mindezen kérdéses töredékek is a nem meghatározható maradványok közé kerültek.

A puhatestű faunából egy fosszilis tengeri kagyló maradványt (**2a ábra**) és egy osztriga héjat (**2b ábra**) érdemes külön említeni. A fosszilis tengeri kagyló egy mészröggel együtt került elő egy római falszakaszból, így vélhető, hogy a fal része lehetett. A fehérre és feketére égett osztriga héj töredékei pedig a római kori temető egyik hamvasztásos férfisírából (Budapest, XI. kerület Pagus utca 2. SE 7) származtak. Morfológiai alapon nem különíthetők el egymástól a különböző tengerekben – a mai Olaszország, Nagy-Britannia, Franciaország, Portugália, Görögország, Tunézia, Törökország partjainál és a Nílus-delta területén – élő osztrigafajok. Izotópanalízises vizsgálatuk sem ad teljesen biztos származási régiót. Egyes vidékeken, mint például Britanniában, ahol korábbra visszanyúló hagyománya volt az osztriga evésének, valószínűleg a nép körében is népszerű ételnek számított, míg máshol csupán bizonyos rétegek étkezési szokásait színesítő ritka ínycsiklandósnak számítottak (Mócsy 1980, 80.).

A Pannoniában előkerült példányok vélhetően a provinciához legközelebb eső tengerpart mentén, 5–6 napi szállító távolságra lévő térségekből, Aquileiából, Triesztből vagy az Isztriáról származó osztrigák közül valók. Mivel e gyorsan romló élelemforrást a nagy távolságra szállítás (akár sós tengervizes kádakban, hordókban vagy sós-halszósos-ecetes lébe helyezve amphorákban) igen költségessé tette, minden bizonnyal egy felső társadalmi rétegbe tartozó személy számára volt csak hozzáférhető. Elképzelhető az is, hogy a módosabb elhunyt túlvilági útavalójául kerülhetett a sírba. Az osztrigafogyasztás Pannoniában a Kr. u. 2. században jelent meg. Ekkor (Kr. u. 106-tól) vált Aquincum Pannonia Inferior tartomány székhelyévé is, és ezzel párhuzamosan az osztriga leletek száma is némileg megnövekedett ezen a településen és a környékén (Magyar-Hárshegyi 2017, 70–72.). Jelenlétük a provinciában a római hadsereghez és a főbb kereskedelmi szállítmányokhoz köthető, általában válhatott bizonyos körökben kedvelté (Mócsy 1980, 80.), valamint a gyógyászatban és fogfeghértésre is használták (Magyar-Hárshegyi 2017, 70–72.).

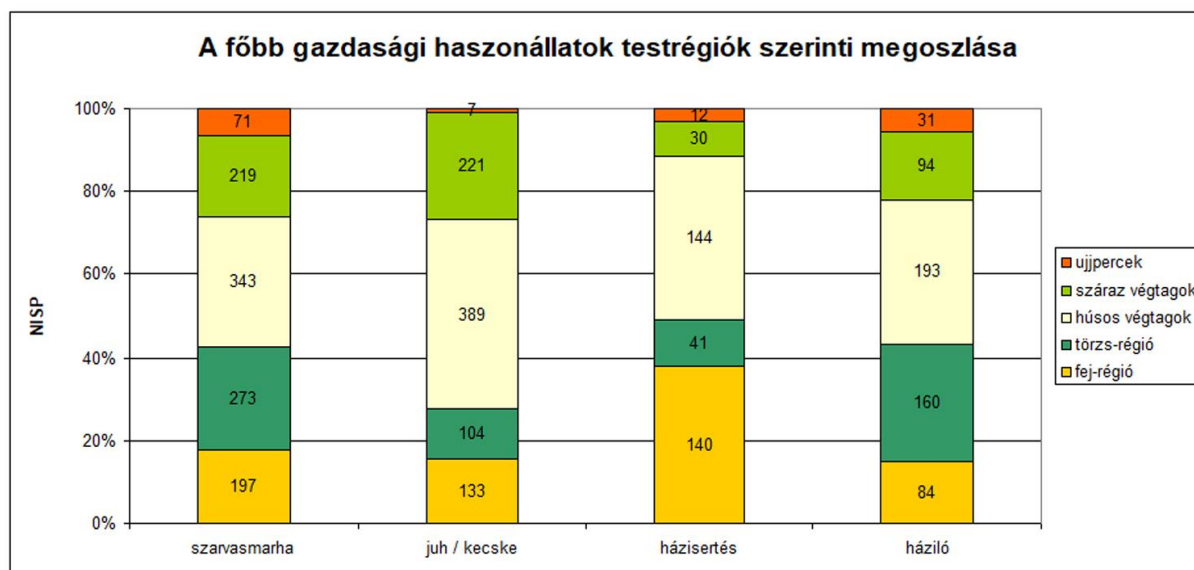


2. ábra: Puhatestű maradványok: A – Fosszilis tengeri kagyló (XI. ker. Királyliliom utca SE 104 – római kori falból); B – Megégett osztriga héjának töredékei (XI. ker. Pagus utca 2. SE 7, 18. sírmelléklet) – Fotó: Biller Anna Zsófia

Fig. 2.: Mollusk remains: A – Fossil marine bivalve (District XI, Királyliliom Street SU (=stratigraphic unit) 104, – from a Roman wall); B – Fragments of a burnt oyster shell (District XI, Pagus Street, SU 7, grave good no. 18) – Photo: Anna Zsófia Biller

Számuk provinciászerte csekély, ami utal egyrészt arra, hogy a bennszülöttek nem nagyon használták ezt az – egyébként nyersen vagy főzve előételként vagy csemegeként egyaránt fogyasztható – élelemforrást (Magyar-Hárshegyi 2022, 38). Ugyanakkor a könnyen töredező kagylók áldozatul eshettek a különféle tafonómiai folyamatoknak, vagy a rossz megtartásuk miatt az ásásokon akár rejtve maradhatnak a szem elől, így kevesebb is kerülhet elő ezekből a sérülékeny maradványokból (Mócsy 1980, 80.).

A háziállatok és a vadállatok aránya a háziak javára tolódik. A vademlősök közül gímszarvas, európai őz, vaddisznó, barnamedve, vörös róka, mezei nyúl és rágsálók maradványai kerültek elő. Az alacsony vadállat arány tükrözi a korra jellemző képet, amely szerint a vadászat jelentősége igencsak visszaszorult az úri mulatságok körébe, és jóval kisebb szerepet töltött be az ételmezésben, mint a korábbi korszakokban. Az emlősmaradványokon túl még puhatestűek vázának előfordulásával lehetett számolni, amelyek részletes kiértékelése nem képezi jelen tanulmány részét.



3. ábra: A főbb gazdasági haszonállatok testrégiók szerinti megoszlása a római kori telepanyag alapján

Fig. 3.: Distribution of the main livestock species by anatomical regions, based on the remains from a Roman settlement

A leletanyag erősen töredezett volt: 83%-a 10 cm alatti töredékekből áll, és mindegyik lelőhelyrészen ezen kisebb töredékek száma dominál (**Melléklet 3. táblázat**). A fajilag pontosan nem meghatározható maradványok száma 2236 (26,6%). A maradványok összsúlya: 169,3 kg.

A csontanyag 33%-ának felületén (NISP=2776) fordult elő különféle tafonómiai folyamat okozta elváltozás: égés, talaj savasságának, gyökereknek, kutya vagy rágcsáló okozta rágásnak, felszínen eltöltött idő vagy fémek okozta elszíneződések (**Melléklet 4. táblázat**). Mivel a talajban eltöltött idő nyomainak száma a magasabb (főként gyökérnyomok és a talaj savasságának hatása), vélhetően aránylag hamar a földbe került a csont hulladék, és a kutyák csak ritkán tudtak rájárnai a szemétre.

Az állatmaradványok a különféle rétegtípusokból kerültek elő a legnagyobb számban, majd a gödörházakból, gödrökből, és az egyéb régészeti jelenségekből (**Melléklet 5. táblázat**).

A római kori állatmaradványok

A feltárt leletanyag 55%-a (NISP=4586) a római korra (Kr. u. 1. század eleje és a 4. század közé) tehető (**Melléklet 2. táblázat**). A rendelkezésre álló dokumentáció alapján a vicus területéről származó maradványok esetén szűkebb korszakbontásra nem volt mód. A Pagus utca 2. szám alatti temető sírjai között volt a Kr. u. 2–3. század, 3. századi és 4. századi egyaránt. Ezek kiértékelése külön történik a római kori vicus anyagától. Első körben lássuk, mi mondható el a település állatmaradványai alapján.

Hasznosítás

A főbb gazdasági haszonállatok (szarvasmarha, kiskérődzők, házisertés és háziló) testrégióinak (Kretzoi 1968, 230–236) és az életkor meghatározására alkalmas töredékek alapján a húsos régióba tartozó maradványok száma volt a legtöbb, majd a szarvasmarhák és a lovak esetében a törzs, ezt követően a szárazvégtagok csontjai, a kiskérődzők esetén a szárazvégtagok, míg a sertés esetében a fejtájéki csontok száma volt magasabb (**3. ábra**).

A darabolás nyomok (bárdolás, vágás, nyúzás) mindenféle testrégió maradványain megfigyelhetők, a legtöbb leginkább szarvasmarha maradványokon. Lócsontokon azonban nem látszódott a fogyasztásukra utaló hasonló nyom. A szarvasmarha (2 db) és a kiskérődző (2 db; **4. ábra**) szarvcsapok, illetve koponyatöredékek kis részén megfigyelhető darabolás nyomok a szarutülok hasznosítására utalnak, valamint szarvasmarha koponyán előfordultak a fej leválasztását célzó vágásnyomok is.

Az életkor meghatározására alkalmas töredékek (**Melléklet 6. táblázat**) alapján a kifejlett (*adultus*) egyedekhez tartozó maradványok száma volt a több. Ez a nagypatások esetében a fizikai erejük használatának fontosságára utal (a ló fogyasztása egyébként sem jellemző a korszakra; Choyke 1993, 134), illetve szarvasmarhák esetében a tejhasznosítás lehetősége is felmerül, amely szintén az életkor meghosszabbodásának irányába hat. A kispatások, főként a sertések esetében a hús- illetve zsírhasznosságuk lehetett a legjelentősebb. A kiskérődzők tejét, juhok esetében még a gyapjukat is hasznosíthatták a húsuk mellett.



4. ábra: Kiskérődző szarvcsapok (XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár utca 5. SR6 SE 1230 – római kori gödör): A – Bárdolt juh szarvcsap; B – Kecske szarvcsap – Fotó: Biller Anna Zsófia

Fig. 4.: Horn cores of small ruminants (District XI, 8 Rupphegyi Road – 5 Kőoltár Street, SR6 SU 1230; Roman-period pit): A – Butchered sheep horn core; B – Goat horn core – Photo by Anna Zsófia Biller

A madarak közül a háziszárnyasok esetében feltételezhető a húruk fogyasztásán túl a tojásuk és a tollazatuk hasznosítása is. A halmaradványok a többi állatmaradványhoz képest jóval sérülékenyebbek, emiatt a tafonómiai folyamatoknak jobban kitettek. Így számuk valószínű alulreprezentált. Ugyanakkor nagyobb vízfolyásoktól, tavaktól távolabb feküdt a lelőhely, így ez is oka lehet a vízi élőhelyekről származó állatmaradványok alacsony számának. Darabolás nyom se a madár, se a halmaradványokon nem volt látható.

Patológiás elváltozások

A római leletanyag csupán 0,5%-án, azaz huszonhárom maradványon (zömében kifejlett szarvasmarha, sertés, ló, kutya, *Bos* sp. és nagypatás csontokon) lehetett megfigyelni valamilyen csonttani tünetet okozó betegség nyomát (**Melléklet 7. táblázat**). Főként csontburjánzás és deformáció fordult elő, továbbá fel lehetett ismerni hematómát, csontfelrakódásokat, csontkinövéseket (**5a-b ábra**), gyógyult törést (**5c ábra**), és a szájüreget ért elváltozásokat (fogkopásokat, a gyökér elváltozásait; **6a-b ábra**) is.

A patológiás elváltozások alacsony száma utalhat arra, hogy az állatállományt a római kori állattenyésztésre jellemző módon jól tartották, illetve feltételezhető, hogy a vázrendszert érintő betegségek kialakulása előtt levágták az állatokat.

Külső megjelenés

A marmagasság (= a mar legmagasabb pontja és a talaj közötti távolság) becsléséhez, és így a testméret megadásához szükséges állatcsontokat a **Melléklet 8. táblázata** tartalmazza. Szarvasmarha csontokból a kéz- illetve lábközépcsontok (metacarpusok és metatarsusok) alapján (Nobis 1954. 155–194.; Matolcsi 1970. 89–137.) 112,9 és 142,8 cm közötti (átlag marmagassági érték: 124,287 cm), a közepes és a nagytestű marhák maradványait lehetett mérni.

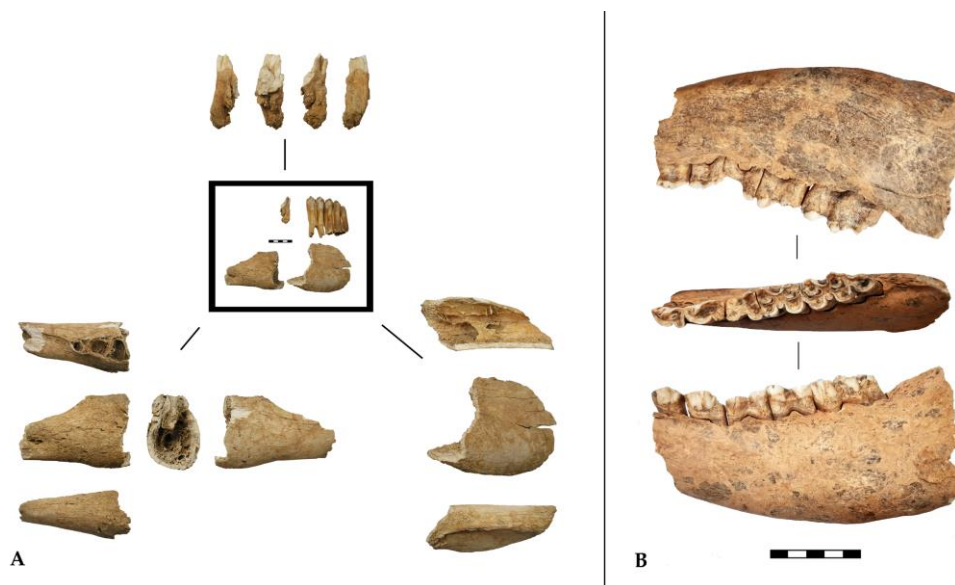
A legtöbb a nagyközepes és a nagytestű szarvasmarha (főként tehén) volt. Ezek a testméretek a római kori magas színvonalú, így nagyobb testméreteket eredményező állattenyésztés lenyomatai.

A juhok marmagasság becslésére alkalmas csontjai alapján (Teichert 1975, 51–69.) nagytestű állatokat (74,1–77,5 cm, átlag marmagassági érték: 75,14 cm) lehetett azonosítani. A házilovak marmagassági értékei (126,6–142,03 cm, átlag marmagassági érték: 134,925 cm; Vitt 1952, 163–203.) kicsi és közepes lovakra utalnak, a mérhető kutya csontok (53,9–59,9 cm, átlag marmagassági érték: 56,2 cm; Koudelka 1885, 127–153.) pedig közepes testű állatokra. A vadállatok közül egy gímszarvas metacarpusa alapján egy 124,2 cm-es marmagasságú állatot lehetett azonosítani (Godynicki 1965. 39–51.)



5. ábra: Patológias elváltozások: A – Háziló lábközépcsont (*metatarsus*) hematoma nyomával (XI. ker. Királyliliom utca SE 257/276 – római kori gödörház); B – Szarvasmarha sípcsont (*tibia*) és lábtőcsont (*centrotarsale*) erőteljes csontburjánzással (XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár utca 5. SE 1003 – római kori kőomladék); C – Sertés *metapodium* deformációja, vélhetően gyógyult törés miatt (XI. ker. Királyliliom utca SE 126/129 – római kori gödörház) – Fotó: Biller Anna Zsófia

Fig. 5.: Pathological alterations: A – Horse metatarsal bone showing signs of a hematoma (District XI, Királyliliom Street, SU 257/276; Roman-period pit-house); B – Cattle tibia and central tarsal bone with severe bone overgrowth (District XI, Rupphegyi Road 8 – Kőoltár Street 5, SU 1003; Roman-period rubble deposit); C – Deformed pig metapodial bone, likely due to a healed fracture (District XI, Királyliliom Street, SU 126/129; Roman-period pit house). Photo: Anna Zsófia Biller



6. ábra: Szájüreget érintő elváltozások: A – Kisebb testű őstulok vagy nagyobb testű szarvasmarha (*Bos sp.*) állkapocs (*mandibula*) töredéke (XI. ker. Kőoltár utca 3. SE 6-7 – római kori kút); B – Szarvasmarha állkapocs (*mandibula*) töredéke rendellenes fogkopással (XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár utca 5. SE 2012 – római kori gödör) – Fotó: Biller Anna Zsófia

Fig. 6.: Pathological changes affecting the oral cavity: A – Fragment of a mandible from a small aurochs or a large domestic cattle (*Bos sp.*) (District XI, Kőoltár Street 3, SU 6–7; Roman well); B – Fragment of a cattle mandible with abnormal tooth wear (District XI, Rupphegyi Road 8 – Kőoltár Street 5, SU 2012; Roman pit). Photo: Anna Zsófia Biller

A szarvasmarha és kiskérődzők esetében a külső megjelenéshez érdemes megvizsgálni a szarvcsapokat is. A szarvasmarha szarvcsap vagy koponya-töredékes szarvcsap juh maradványok közül három (melyek közül egy bárdolt), kecskék közül pedig kettő került elő. A szarvasmarha szarvcsapok közül kettő erősen barázdált, vastagabb falú, robosztusabb töredék volt. Akadt egy kevésbé barázdált, vékonyabb falú, háromszögesedő keresztmetszetű is. A juh szarvcsapok közül kettő kevésbé barázdált, íves volt, egyik háromszöges, tömör keresztmetszetű, de akadt egy erősen barázdált, vaskos töredék is. A kecske szarvcsapok kevésbé barázdáltak, lapítottak és filigránabbak voltak.

Környezetrekonstrukció

Az ember közelében élő vadfajok nemcsak a korabeli környezeti kép megrajzolásában nyújthatnak segítséget, hanem arra is rávilágítanak, hogy a vadászat nem pusztán gazdasági tevékenység volt, hanem összetett kulturális okok is motiválták (Bartosiewicz 2011, 174). A vizsgált leletanyag vademlős taxonjainak száma a nagyobb mintanagyságnak köszönhetően magasabb, bár a maradványaik száma összességében elenyésző. A vademlősök a római kori leletanyag 0,7%-át (NISP=35) tették ki, ami azt feltételezi, hogy a háziállatok tartására jóval nagyobb hangsúlyt fektettek, mint a vadászatra. A nagyvadak közül legnagyobb mennyiségben gímszarvas maradványok kerültek elő, de előfordult európai őz, barnamedve, róka és kismemlősök (mezei hörcsög és közönséges ürge) csontjai is.

A gímszarvas maradványokat az agancs mellett (melyek közül kettő biztosan vetett agancs volt) hosszúcsontok és állkapocs töredékek is képviselték, ezért az aktív vadászat meglétét feltételezik. Ennek jelentősége azonban kicsi lehetett a maradványok alacsony számát figyelembe véve. A gímszarvas jelenléte – életmódjából eredően – az egybefüggő, nagy területek, tisztások, rétek, valamint bozótosok, erdőszélek, lombos- és elegyes erdők, valamint folyóártér meglétére is utalhat (Durantel 2008, 374). Az őzek leginkább az erdőszélek lakói, ahol a fás-bokros területeket időnként felváltják a tisztások (Durantel 2008, 346). A barnamedve változatos élőhelyekhez alkalmazkodó, régebben igen gyakori faj volt, amely előnyben részesítette a lombhullató erdőket, de mára visszaszorult a túlevelű erdőkbe és a hegyvidékekre (Pearson – Burton 1986. 130–131., **7. ábra**). A rókák leginkább a sűrű, erdős térségeket kedvelik, azonban igen jól alkalmazkodnak az ember által bolygatott területekhez (Durantel 2008, 565). A közönséges ürge és a mezei hörcsög maradványok vélhetően tafonómiai növekmények: utólag fűrhaták be magukat a régészeti jelenségek talajába, így nem az adott korszakhoz köthetőek.



7. ábra: Barnamedve bal alsó állkapcsi 2. nagy-örlője (XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár utca 5. SR6 SE 3 – római kori réteg) – Fotó: Biller Anna Zsófia

Fig. 7.: Second lower molar from the left mandible of a brown bear (District XI, Rupphegyi Road 8. – Kőoltár Street 5. SR6 SU 3 – Roman period layer) – Photo: Anna Zsófia Biller

Az elenyésző számú hal, illetve folyami kagyló maradványok vizes élőhelyre utalnak. A vad fajok összességükben tehát a térség erdős, ligetes, bozotos, tisztásokkal, mocsarakkal tagolt, vízközel környezeti képét sugallják.

A Rupphegyi út 8. kiscsikója

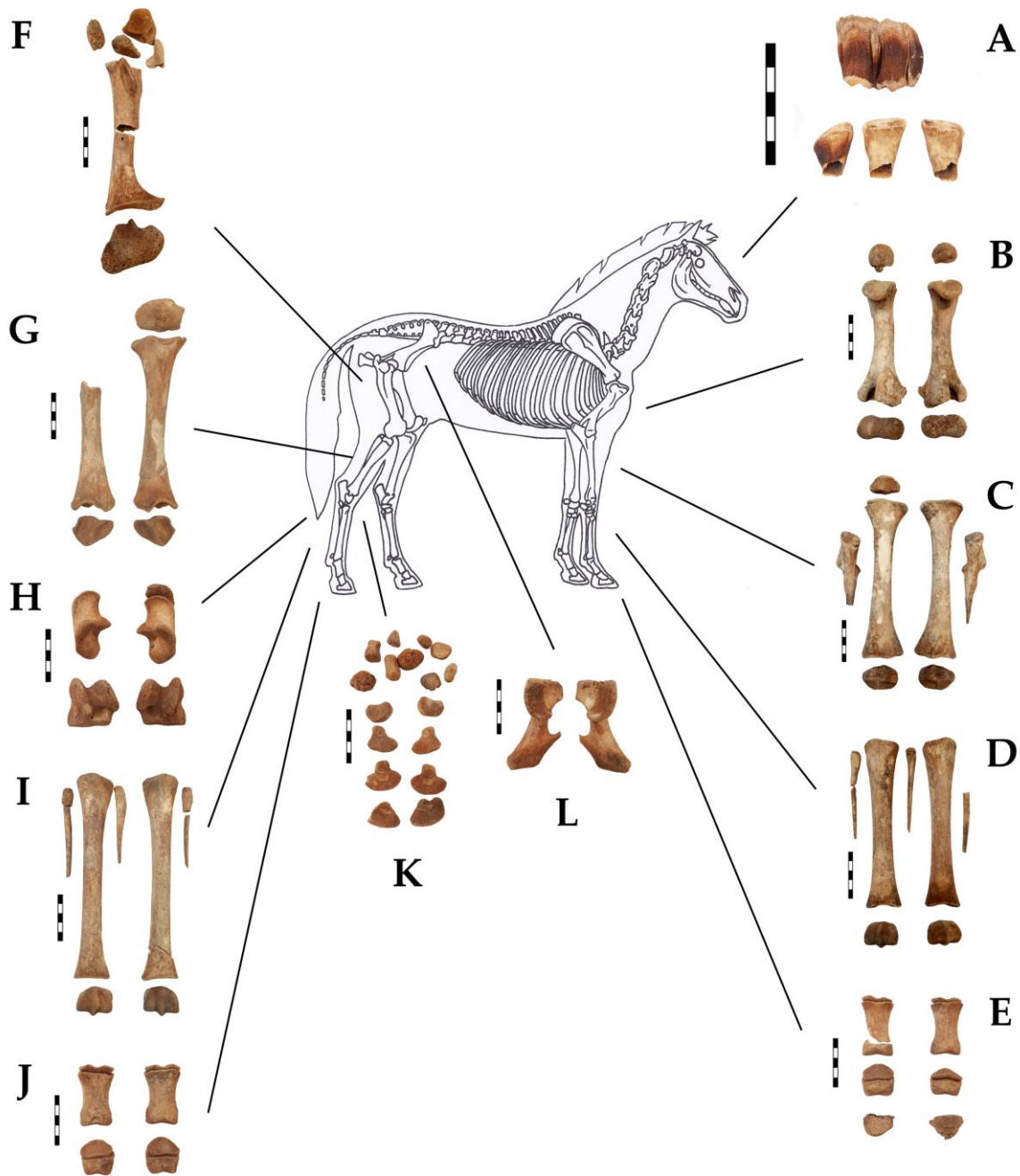
A római korra keltezett SE 2051 egy újszülött kiscsikó nagyjából anatómiai rendben előkerült maradványa volt (**8. ábra**). A csontok körül semmi se utalt objektum jelenlétére, így lehetséges, hogy a csikót egy sárlavina temethette maga alá, és ez okozta halálát.

A csikó 189 maradványa került elő. A hosszúcsontok csontvégei, a medence izületi vápája és a csigolyák sem csontosodtak el, így mindenképpen egy 10–12 hónaposnál fiatalabb, vélhetően újszülött állat lehetett.

A veremházak kutyái

Az SE 1084, SE 1144 és az SE 2012 objektumok római kori veremházak voltak. Ezek betöltéséből 606 (=NISP) állatmaradvány került elő (**Melléklet 9. táblázat**). Az SE 2012 ház betöltésében egy kutyaváz külön számot is kapott (SE 2042). Ezen veremházak mindegyikében szerepelt szarvasmarha, kiskérődző, sertés, ló, illetve kutya maradványa. Az SE 1084-ben még számár (**9. ábra**), az SE 2012-ben pedig házityúk csontja is. A háziállatok többsége a csontok alapján kifejlett volt.

A kutyák jó megtartású szinte teljes vázai ezekben a veremházakban nagyjából anatómiai rendben helyezkedtek el. Ahol a koponya épebben megmaradt (**10. ábra**), ott látszik, hogy arcukkal, fejükkel nyugat fele nézve feküdtek. A csontok felszínén csak gyökérnyomok voltak észlelhetők, darabolásra utaló nyomok nem. A vizsgált kutyamaradványok



8. ábra: Újszülött csikó majdnem teljes csontváza (XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár utca 5. SR6 SE 2051 – római kor): A – Fogak; B – Karcsontok (*humerus*); C – Alkarcsontok (*radius* és *ulna*); D – Kézközépcsontok (*metacarpus*); E – 1-2-3. ujjpercek (*phalanx I-II-III*); F – Combcsont (*femur*); G – Sípcsontok (*tibia*); H – Sarokcsontok (*calcaneus*) és csigacsontok (*astragalus*); I – Lábközépcsontok (*metatarsus*); J – 1-2. ujjpercek (*phalanx I-2.*); K – Lábtőcsontok (*tarsus*); L – Medence (*pelvis*) – Fotó és grafika: Biller Anna Zsófia

Fig. 8.: Nearly complete skeleton of a newborn foal (District XI, Rupphegyi Road 8. – Kőoltár Street 5. SR6 SU 2051 – Roman period): A – Teeth; B – Humerus; C – Radius and ulna; D – Metacarpus; E – Phalanges I-II-III; F – Femur; G – Tibiae; H – Heel bones calcaneus and astragalus; I – Metatarsus; J – Phalanges 1-2.; K – Tarsal bones; L – Pelvis – Photo and illustration: Anna Zsófia Biller



9. ábra: Római kori objektumokból előkerült szamár csontok: A – Orsócsont (*radius*) (XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár utca 5. SE 1084 – római kori gödörház); B – Kézközépcsont (*metacarpus*) (XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár utca 5. SE 2058-2060 – római kori árok); C – 1. ujjperc (*phalanx I*) (XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár utca 5. SE 3 római kori réteg) – Fotó: Biller Anna Zsófia

Fig. 9.: Donkey bones recovered from Roman features: A – Radius (District XI, Rupphegyi Road 8. – Kőoltár Street 5. SU 1084 – Roman pit house); B – Metacarpus (District XI, Rupphegyi Road 8. – Kőoltár Street 5. SU 2058-2060 – Roman ditch); C – Phalanx I (District XI, Rupphegyi Road 8. – Kőoltár Street 5. SU 3 Roman layers) – Photo: Anna Zsófia Biller



10. ábra: A Rupphegyi úti római kori veremházak kutyakoponyái és a hozzájuk tartozó állkapcsok: A – Kifejlett nőstény kutya (XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár utca 5. SE 1084); B – Fiatal kan kutya (XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár utca 5. SE 2024) – Fotó: Biller Anna Zsófia

Fig. 10.: Dog skulls and associated mandibles from the Roman-era pit houses at Rupphegyi Road: A – Adult female dog (District XI, Rupphegyi Road 8. – Kőoltár Street 5. SU 1084); B – Young male dog (District XI, Rupphegyi Road 8. – Kőoltár Street 5. SU 2024) – Photo: Anna Zsófia Biller

részletes leírását a **Melléklet 10. táblázata** tartalmazza.

Az SE 1084-es veremház kutyája (NISP=144) kifejlett, 56,5 cm átlag marmagasságú (**Melléklet 8. táblázat**) közepes testű nőtény lehetett, amire a péniszcsont (*baculum*) hiánya enged következtetni. Az egyik ágyékcsigolya caudalis ízületi felszínének alsó felén kismértékű csontburjánzás, csontkijakosodás látszódott, két másik ágyékcsigolyának *processus spinosus*-a pedig kissé elhajlott, deformálódott (**Melléklet 10. táblázat**).

Az SE 1144-ben egy fiatal nőtény (NISP=108) és egy 55,919 cm-es átlag marmagasságú (**Melléklet 8. táblázat**) közepes testű kifejlett hím (NISP=127) kutya lehetett (erre a *baculum* megléte utal). A kifejlett kan két hátsócsigolyájának *processus spinosus*-a kissé megvastagodott, öt ágyékcsigolyájának csigolyatestén pedig caudalisan kismértékben kijakosodott (**Melléklet 10. táblázat**).

Az SE 2012 kutyája (SE 2042; NISP=98) pedig egy fiatal (12–15 hónapos kor körüli), 56,177 cm-es átlag marmagasságú (**Melléklet 8. táblázat**) közepes testű hím volt, amelynek az orsócsontjának proximalis epiphysis felé eső diaphysis szakasza laterális oldalon, ahol a singcsonttal érintkezik, egy nagyjából 30 mm-es sávban kissé kiszélesedő és kissé szivacsos (**Melléklet 10. táblázat**).

A római korban, főleg városi közegben (Bartosiewicz 2009, 166.) a kisebb testű ölebeket előnyben részesítve a kutyákat házikedvencként is tartották. A vadászatokban is segítőül fogadták őket, sőt, olykor katonai tevékenységekben (*canis pugnax*) is részt vettek, igaz általában nem „harcosként”, hanem inkább például hírvívő vagy az ellenséget üldöző szerepében. *Venatio*k (állatküzdelmek) alkalmával is felbukkantak kutyák (Csupor 2022). Kóbor ebek is éltek az utcákon az eldobott konyhahulladékon, ahogy az állatmaradványok felszínén megfigyelhető rágásnyomok alapján ez jól látszik. A házikedvencek fontosságáról olykor a nekik állított sírkövek, a róluk szóló feliratok, a róluk készült szobrok, mozaikok és freskók is tanúskodnak (Walter 2024, 28.). Az ásatásokról előkerülő vázaik pedig feltételezik, hogy tisztességes temetésben részesülhettek. Lehetőséges, hogy hű társukat temették el gondosan, mely szokás leginkább az elit körében volt megfigyelhető (Vörös 1996, 237–242.). A temetőkben vagy épületeken belül eltemetett kutyáknak valamilyen bajelhárító, védelmező, rituális funkciója is lehetett. Lehet, hogy áldozatként mutatták be őket, majd ezt követően temették el földi maradványaikat a megfelelő helyre. Ez a szokás a kereszténység megjelenésével a Kr. u. 4. századig fokozatosan kikopott (Hangai 2023).

A részletesebben vizsgált négy kutyaváz alapján a haláluk okát nem lehet megállapítani (vágás vagy darabolás nyoma nem volt a csontokon), de felté-

telezhető a kultikus jelentéstartalom. A fogyasztásuk – amely a bronzkorig dívott, utána jórészt kikopott a későbbi korok étkezéséből – pedig kizárható. Marmagasságuk alapján közepes testűek voltak, és így jól beleillenek a vidéki környezetben gyakrabban előforduló közepes méretű kutyák körébe (Bartosiewicz 2009, 166.).

A vicus temetője (Budapest XI. Pagus utca 2. SR8)

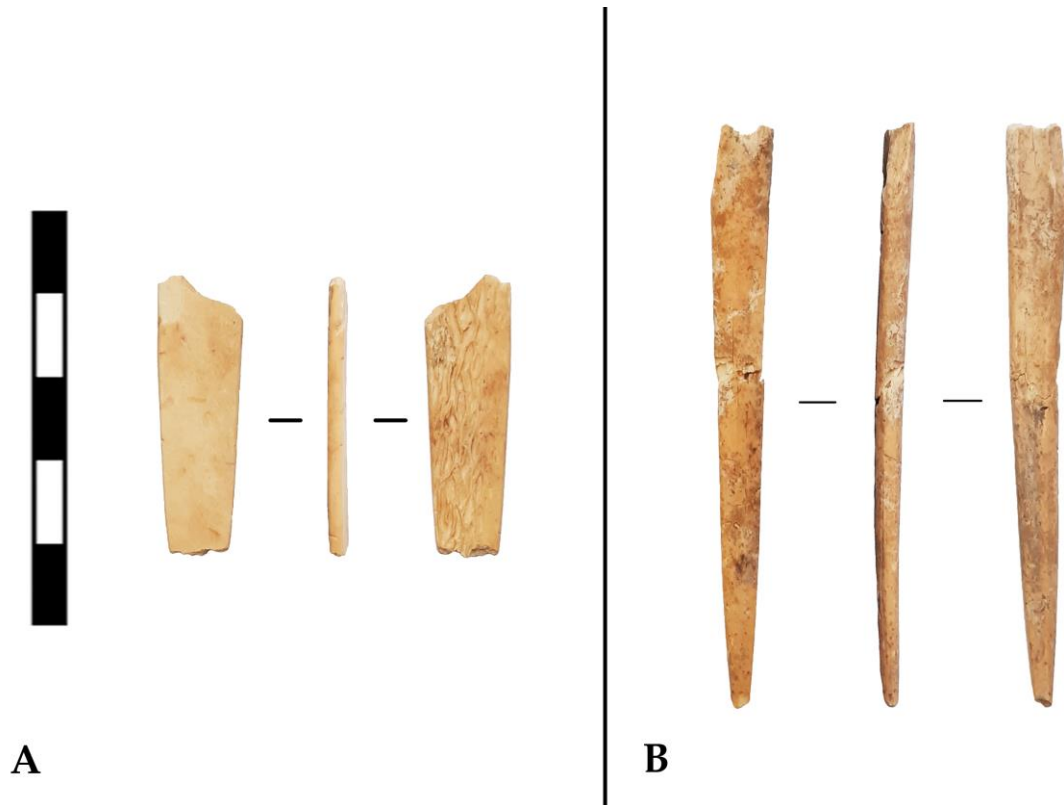
A 2024-es év folyamán elkezdődött a Pagus utca 2. szám alatt a római kori településhez kapcsolódó temető feltárása is. A területről őskorra, azon belül többnyire a rézkorra (NISP=87), valamint újkorra (NISP=2) keltezett jelenségek is előkerültek. Ezen csekély mennyiségű maradvány azonban nem értékelhető részletesebben (**Melléklet 2. táblázat**).

Hat római kori sírből (SE 7, SE 10, SE 50, SE 64, SE 81, SE 115) került elő némi állatmaradvány (NISP=18) is (**Melléklet 11. táblázat**). A mellékletek és a temetkezés rítusa alapján az SE 7 egy hamvasztásos férfi, az SE 10 egy másik hamvasztásos sír, az SE 50 vélhetően egy fiatal nő sírja, az SE 64 egy kisgyereké (bár ebben emberi maradványok nem voltak), az SE 81 kisgyerek sír, az SE 115 pedig egy kislány sírja lehetett. Az SE 10 egy megmunkált és fehérre égett gímszarvas agancs töredéke, és az SE 115 egy nagypatás hosszúcsontjából faragott tű a helyenként megégett és a réz miatt zöldes elszíneződésű töredéke tárgyi mellékletnek tekinthető. Az SE 50-ből származó fiatal házityúk kalcinálódott csontjai, valamint az SE 7 megégett osztrigahéj töredékei (**2b ábra**) ételmellékletek is lehettek. A többi maradvány (csigaház töredéke, kutya méretű emlős laposcsontja és nagypatás bordatöredék) akár a hantolás során, a földdel együtt a sír betöltésébe kerülhetett, nem feltétlenül ételmelléklet részeként. A maradványokon darabolás nyoma vagy betegségre utaló elváltozás nem volt észlelhető.

Eszközök

Igen kevés (összesen huszonkettő) kemény állati nyersanyagból készült tárgy, valamint öt gímszarvasagancs nyersanyag vagy megmunkálási hulladék került elő a maradványok közül (**Melléklet 12. táblázat**).

A kérdéses korszakú anyagból egy római típusú tű kicsiny szártöredékét kell megemlíteni. Az őskori leletanyagból egy nagypatás bordájából készült lemez, valamint egy kiskérődző metapodiumból készült ár ismert (**11. ábra**). A római leletanyagból előkerült eszközök nyersanyaga házisertés metapodiumok, ujjperc, ló metapodiumok, kutya fogak, nagypatás hosszúcsontok, elefántcsont (amely az elefántok felső metszőfoga) és gímszarvasagancs volt. Kutya szemfogból a gyökér átfűrészával amuletteket készítettek (**12. ábra**). Gímszarvasagancsból zsetont (**13a ábra**), egy ismeretlen funk-



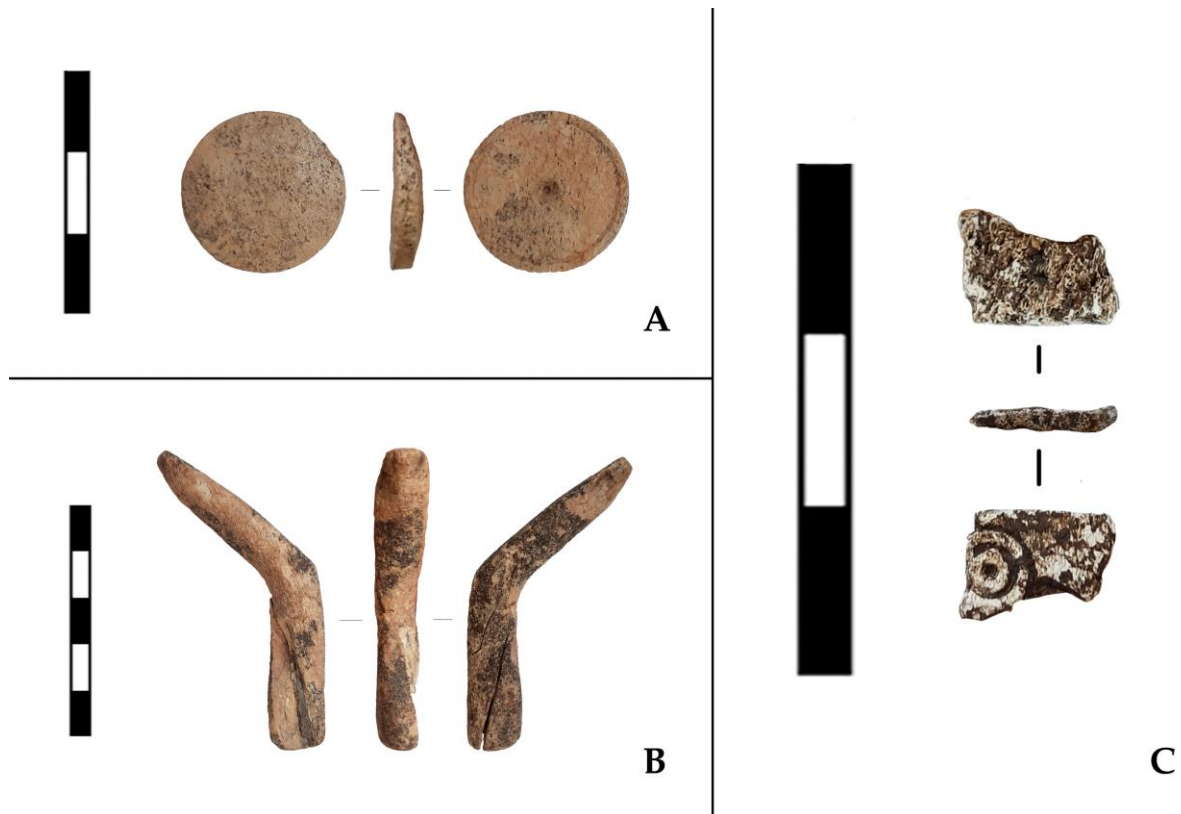
11. ábra: Őskori típusú eszközök (XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár utca 5. SE 1155 – őskori gödör): A - Szarvasmarha borda eszköz; B – Kiskérődző *metapodium* ár – Fotó: Biller Anna Zsófia

Fig. 11.: Prehistoric-type tools (District XI, Rupphegyi Road 8. – Kőoltár Street 5. SU 1155 – prehistoric pit): A - Cattle rib tool; B – Small ruminant metapodial awl – Photo: Anna Zsófia Biller



12. ábra: Gyökerénél átfúrt, római kori kutya szemfog amulettek: A – XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár utca 5. SE 1140 (római kori gödörház); B - XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár utca 5. SE 1230 (római kori gödör) – Fotó: Biller Anna Zsófia

Fig. 12.: Roman-era dog canine amulets perforated at the root: A – District XI, Rupphegyi Road 8. – Kőoltár Street 5. SU 1140 (Roman-era pit house); B – District XI, Rupphegyi Road 8. – Kőoltár Street 5. SU 1230 (Roman-era pit) – Photo: Anna Zsófia Biller



13. ábra: Gímszarvas agancsból készült tárgyak: A – Játékkorong (XI. ker. Királyliliom utca SE 203/214 – római kori réteg); B – Agancsból faragott tárgy (XI. ker. Királyliliom utca SE 213/240 – római kori réteg és fal); C – Pont-kör díszes faragott agancslemez (XI. ker. Pagus utca 2. SR8 SE 10, 2. melléklet – Kr. u. 2–3. századi sír) – Fotó: Biller Anna Zsófia

Fig. 13.: Artefacts made from red deer antlers: A – Gaming counter (District XI, Királyliliom SU 203/214 – Roman layer); B – Carved antler object (District XI, Királyliliom Street SU 213/240 – Roman layer and wall); C – Dot-and-circle decorated carved antler plate (District XI, Pagus Street 2. SR8 SU 10, 2nd grave good – 2nd-3rd century AD) – Photo: Anna Zsófia Biller



14. ábra: Elefántcsontból készült töredékes bútordísz (XI. ker. Királyliliom utca SE 115/135 – épületomladék) – Fotó: Biller Anna Zsófia

Fig. 14.: Fragmentary ivory furniture fitting (District XI, Királyliliom Street SU 115/135 – building demolition layer) – Photo: Anna Zsófia Biller



15. ábra: Ló metapodium eszközök római gödörből (XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár utca 5. SE 1230): A – Ló lábközépcsont (*metatarsus*) nyélféle *proximalis* felén erőteljesebb kifúrással; B – Ló kézközépcsont (*metacarpus*) nyélféle *proximalis* felén sekélyebb kifúrással – Fotó: Biller Anna Zsófia

Fig. 15.: Horse metapodial tools from a Roman pit (District XI, Rupphegyi Road 8. – Kőoltár Street 5. SU 1230): A – Horse metatarsus with deep perforation on the proximal half of the handle; B – Horse metacarpus with shallow perforation on the proximal portion of the handle – Photo: Anna Zsófia Biller

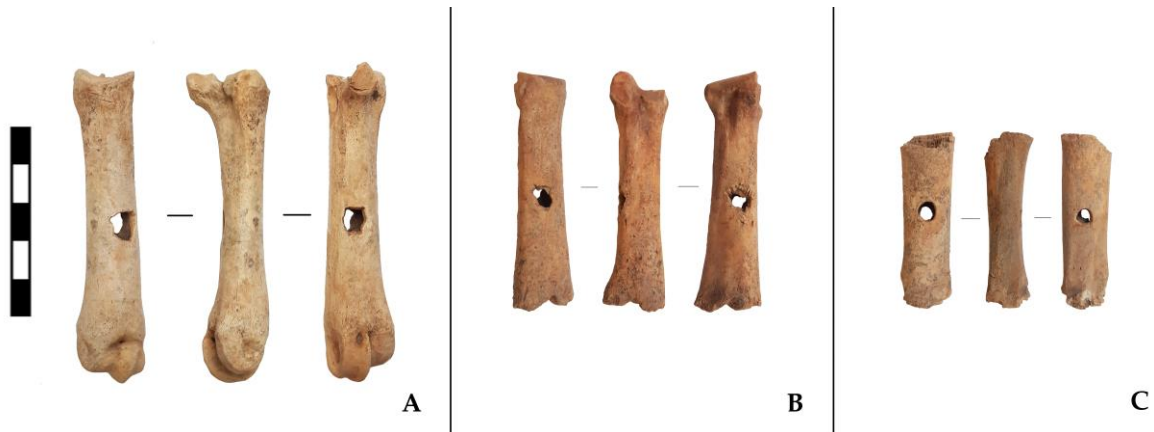
ciójú hengeres tárgyat (**13b ábra**) és egy vékony, pont-kör díszes lemezkét (**13c ábra**).

Az elefántcsontból faragott bútordíszről (**14. ábra**) érdemes pár szót ejteni. A római kori csont- és agancsmegmunkálásról nagyon kevés korabeli írott vagy képi forrás maradt fenn. A rangosabb társadalmi helyzetű elefántcsontfaragó mesterek létezésére viszont a sírfeliratok szövegei alapján következtethetünk. Az írott szövegek esetenként említik az ezzel a nyersanyaggal kereskedőket, az elefántcsontot árusító boltokat, azonban magáról a nyersanyagról és annak beszerzési módjáról nem rendelkezünk írott forrásokkal (T. Bíró et al. 2012, 43.). A római korban a luxustárgyak (üveg, elefántcsont, ébenfa stb.) kereskedelme jól szervezett hálózaton keresztül működött, elsősorban a kollégiumok, társulások révén (T. Bíró et al. 2012, 8.).

A provinciákon átívelő kereskedelmi hálózatot mind a nyersanyagok beszerzésénél, mind a késztermék eladásánál igénybe vették. A római kori csontfaragó műhelyeknek általában két típusa lehetett (T. Bíró et al. 2012, 43.). Az egyikben

önálló csonttárgyakat, mint például hajtűket, dobókockákat készítettek kemény állati nyersanyagokból. A másik típusú műhelyekben összetett szerkezetek, mint például bútorok, ruházati kiegészítők alkatrészeit és díszeit faragták ki csontból, agancsból vagy elefántcsontból, netán víziló-agyarból. Kisebb számban emellett előfordultak otthon fabrikált vagy javított tárgyak is. Az aquincumi római kori kemény állati nyersanyagból készült tárgyak igen kis hányada készült elefántcsontból. Rendszerint hajtűket, díszűket, karkötőket, illatszerkenő rudat, játékkorongot, díszítéseket készítettek ebből a nyersanyagból.

Ezen darabok a városi lét fényűzését növelő távolsági kereskedelemre utalnak, és feltehetően már késztermékként érkeztek hazánk területére (T. Bíró et al. 2012, 45.). Pannonia Inferior területéről legálábbis nem ismert jelenleg elefántcsont megmunkálására utaló műhely (T. Bíró et al. 2012, 47.). A Királylilium út egyik római kori épületomladéka közül előkerült tárgy formáját tekintve egy bútorgomb alsó fele lehetett, amelyhez egy mára már megsemmisült anyagból, valószínű fából illeszthet-



16. ábra: Átfúrt sertés *metapodiumok*: A – Sertés lábközépcsont (*metatarsus III*) (XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár utca 5. SE 1212 – római kori gödörház); B – Sertés kézközépcsont (*metacarpus IV*) (XI. ker. Királyliliom utca SE 128 – római kori réteg); C – Sertés kézközépcsont (*metacarpus III*) (XI. ker. Királyliliom utca SE 128 – római kori réteg) – Fotó: Biller Anna Zsófia

Fig. 16.: Drilled pig metapodia: A – Pig metatarsus III (District XI, Rupphegyi Road 8. – Kőoltár Street 5. SU 1212 – Roman-era pit house); B – Pig metacarpus IV (District XI, Királyliliom Street SU 128 – Roman-era layer); C – Pig metacarpus III (District XI, Királyliliom Street SU 128 – Roman-era layer) – Photo: Anna Zsófia Biller



17. ábra: Házisertés 1. ujjperc (*phalanx I*) körben csiszolásnyomokkal (XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár utca 5. SE 1212 – római kori gödörház) – Fotó: Biller Anna Zsófia

Fig. 17.: First phalanx of a domestic pig showing circumferential grinding marks (District XI, Rupphegyi Road 8. – Kőoltár Street 5. SU 1212 – Roman-era pit house) – Photo: Anna Zsófia Biller



18. ábra: Nagypatás hosszúcsontból készült csonttárgyak: A – Gombszerű tárgy (XI. ker. Királyliliom utca SE 128 – római kori réteg); B – Pont-kör díszes csontlemez (XI. ker. Kőoltár utca 3. SE 18-19 – római kori gödörház); C – Hosszúkas lemez töredék (XI. ker. Királyliliom utca SE 239 – római kori betöltés) – Fotó: Biller Anna Zsófia

Fig. 18.: Bone artefacts made from the long bones of large ungulates : A – Button-like object (District XI, Királyliliom Street SU 128 – Roman layer); B – Dot-and-circle decorated bone plate (District XI, Kőoltár Street 3. SU 18-19 – Roman pit house); C – Oblong plate fragment (District XI, Királyliliom Street SU 239 – Roman fill) – Photo: Anna Zsófia Biller



19. ábra: Római kori csonttűk: A – Gömbös fejű hajtű töredékei (XI. ker. Pagus utca 2. SR8 SE 115, 3. melléklet – Kr. u. 4. századi sír); B – Hajtű szártöredéke (XI. ker. Kőoltár utca 3. SE 18-19 – római kori gödörház); C – Hajtű alsó töredéke (XI. ker. Kőoltár utca 3. SE 18-19 – római kori gödörház); D – Teljes gömbös fejű hajtű (XI. ker. Kőoltár utca 3. SE 18-19 – római kori gödörház); E – Teljes varró tű (XI. ker. Kőoltár utca 3. SE 18-19 – római kori gödörház) – Fotó: Biller Anna Zsófia

Fig. 19.: Roman bone pins: A – Fragments of a hairpin with a spherical head (District XI, Pagus Street 2. SR8 SU 115, grave good no. 3 – 4th century AD); B – Shaft fragment of a hairpin (District XI, Kőoltár Street 3. SU 18-19 – Roman period pit house); C – Lower fragment of a hairpin (District XI, Kőoltár Street 3. SU 18-19 – Roman period pit house); D – Complete hairpin with a spherical head (District XI, Kőoltár Street 3. SU 18-19 – Roman period pit house); E – Complete sewing needle (District XI, Kőoltár Street 3. SU 18-19 – Roman period pit house) – Photo: Anna Zsófia Biller

tek gombot vagy zsanért. Ez a lelet azon kevés tárgy körét bővíti, amelyik formájában ugyan igen, de nyersanyagát tekintve nem szabványszerű tömegtermék, mint a római kori csontfaragványok nagy többsége.

Az elefántcsont nem más, mint az elefántok dentint tartalmazó felső metszőfoga, ezért csak az állat vadászatával, illetve annak halála után lehet beszerezni. Nem megújuló nyersanyag, mint a szarvasfélék agancsa (T. Bíró et al. 2012, 47.). Az elefántfélék agyarának textúráját makroszkóposan a lemezesen elváló szerkezet jellemzi, mikroszkóposan, vagy akár szabad szemmel pedig az agyar keresztmetszeti képén megfigyelhető úgynevezett Schreger-vonalak. Ezek a vonalak a fog metszeti képét apró, rombusz alakú részekre osztják, és az Elephantoidea csoport (vagyis a mai elefántféléket is tartalmazó öregcsalád) sajátossága. Ez a vonalas mintázat a vizsgált tárgy meghatározását is segítette. Mivel a vonalak szabad szemmel is kivehetők és laposabbak, feltételezhető, hogy a fog cementállományához közelebbi, külső Schreger-vonalak alkotta tartományból származik (Virág 2013, 5–6., 45.).

Ló metatarsusból (lábközépcsont; **15a ábra**) és metacarpusból (kézközépcsont; **15b ábra**) nyélyszerű eszközöket faragtak. Sertés metapodiumokból (kéz- illetve lábközépcsont) átfúrással gombszerű tárgyat készítettek (**16a-b-c ábra**), valamint egy első ujjpercet körben lecsiszolva ismeretlen funkciójú tárgyat (**17. ábra**). Nagypatás hosszúcsont szilánkokból pedig gombot (**18a ábra**), díszes lemezt (**18b ábra**), csontlemezt (**18c ábra**) és tüket (**19a-b-c-d-e ábra**) készítettek.

Összefoglalás

A Rupphegy déli lejtője, a Spanyolréti-árok térsége a neolitikumtól kezdve érintett az emberi tevékenység által. Az előkerült őskori leletanyag részben a közelben elhelyezkedő őskori régészeti jelenségekből származik, amely az erózió által másodlagosan felhalmozódott anyag lehetett. Több időszakos vízfolyás, árokyszerű térszíni süllyedés határozta meg az emberi megtelepedés körülményeit. A vízfolyásokat vélhetően már a római kortól kezdve árokrendszerekkel szabályozhatták. A Kr. u. 1–2. századi, műhelygödrökkel, agyag-nyerő gödrökkel és egyéb földbe mélyített jelenségekkel tarkított *vicus* lehetett a következő megtelepedési időszak, amelynek nyomait a teljes feltárási területen meg lehetett fogni. A korabeli erdőirtás következményeként kialakult talajerózió nyomai már a római kori rétegekben megfoghatóak voltak: a korabeli utat és a *vicus* jelenségeit időnként lesodorhatta és betemethette a sárlavina (Kurunczi 2022a, 5.). A római kori járó-/útfelszínnek összesen kb. 330 m hosszú szakasza is felszínre került. A Kr. u. 2. századtól alakítottak ki kőépületeket és mellettük aprókavicsos útfelszínt. A Kr. u.

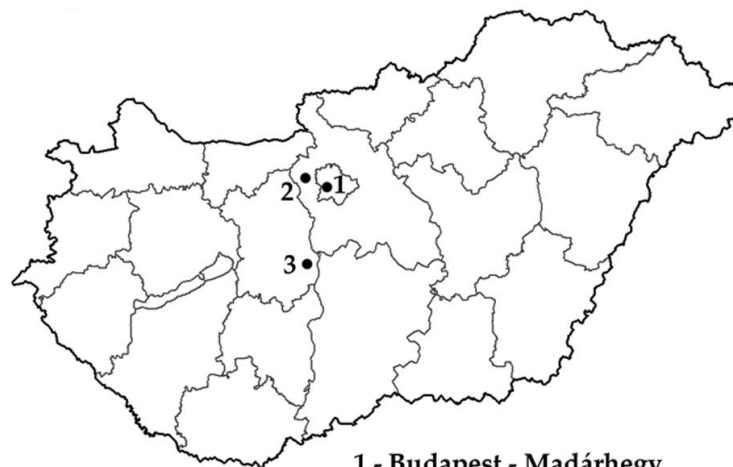
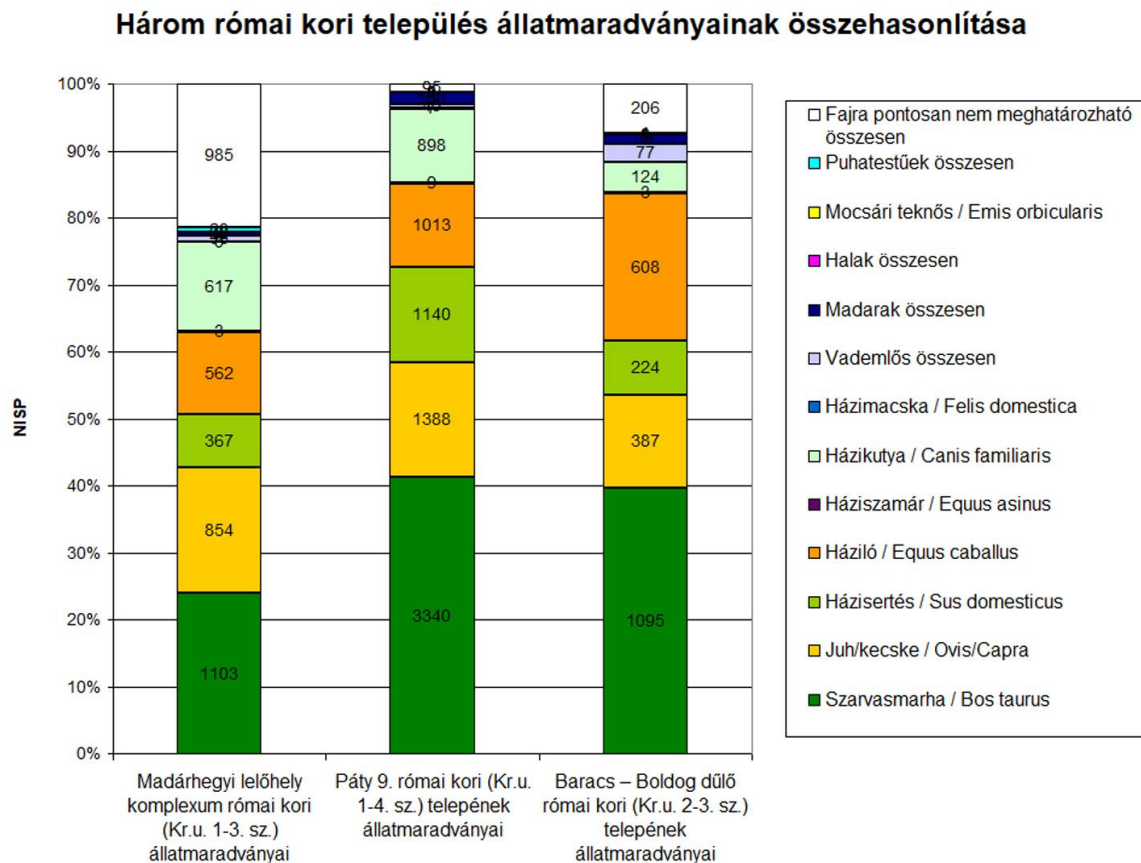
2–3. századi kőből épített időszak részben fedhette a Kr. u. 1–2. századi telep életének végét, míg a későbbi, eltérő jellegű kőből épített időszak a Kr. u. 3–4. századi településhez (*vicushoz*, esetleg villagazdasághoz) tartozott. Ebben a következő időszakban átalakult a településszerkezet, és kiterjedt kerítőfalakat emeltek. Előkerültek a feltételezett villagazdaság *hypocaustum*-os, festett stukkóval díszített, *terrazzo* padlós épületeinek és kerítőfalainak a maradványai is, ugyanakkor nem teljesen egyértelmű, hogy ezek egy *vicus* vagy egy kiterjedt villagazdaság, vagy mindkettő kőépületmaradványaihoz tartoztak. Az eróziós folyamatok folytatódtak a római kort követően is, amelynek következtében még középkori régészeti jelenségek is megfigyelhetők voltak. Az állatcsontok mennyisége alapján feltételezhető, hogy mezőgazdasági tevékenység is folyhatott a területen (Kurunczi 2022c, 4.). A Madárhegy nyugati lejtőjén voltak a lelőhely telepeihez tartozó temetkezések: egy Kr. u. 2–4. századi, késő római temető részei (Kurunczi 2022a, 6).

A *vicus* érintő hat lelőhelyrészről és a temető területéről előkerülő erősen töredékes állatmaradványok száma viszonylag magas (NISP=8403). A legtöbb állatmaradvány a rétegekhez volt köthető. A római korra (Kr. u. 1. század eleje és a 4. század közé) keltezett leletanyag (NISP=4586) nagy részét a háziemlősök tették ki, azon belül is a szarvasmarha-maradványoké volt a legnagyobb arányú, majd a kiskérődző-, háziló-, kutya-, sertés- és szármármaradványok következtek. A vademlősök közül a gímszarvas, európai őz, vaddisznó, barnamedve, vörös róka, mezei nyúl és rágsálók maradványai kerültek elő, számuk csekély. A vad fajok erdős, ligetes, bozotos, tisztásokkal, mocsarrakkal tagolt, vízközel környezeti képére utalnak.

A konkrét régészeti jelenséghez nem köthető újszülött csikó a térségre a korszakban jellemző sárlavinák pusztító tevékenységének áldozata lehetett. A veremházakba temetett, a falusias környezetre jellemző közepes testű kutyák valamiféle bajelhárító rítushoz kapcsolódhattak a római korban.

A *vicushoz* kapcsolódó temető hat – női, férfi és kisgyerek – sírjából kevés állatmaradvány került elő (NISP=18). A faragott agancslemez és a hajtű az elhunytak viseleti elemei lehettek. Egy fiatal nő sírjából kalcinálódott tyúkcsontok, valamint a hamvasztásos férfi sírból égett osztriga héj töredékek ételmelléklet részei lehettek, ugyanakkor azok a maradványok, amelyeken égés vagy darabolás nyoma nem volt észlelhető, lehetséges, hogy hantolás során kerültek a sír földjébe, és nem képezték ételmelléklet részét.

A megmunkált kemény állati nyersanyagok között akadtak hasonló típusok, mint például csontgombok, nyelek, tűk, de akár díszítések, amulettek



1 - Budapest - Madárhegy
2 - Páty 9.
3 - Baracs - Boldogdűlő

20. ábra: Három magyarországi római kori település: Budapest – Madárhegy, Páty 9. lelőhely, Baracs–Boldogdűlő elhelyezkedése és faunájának összehasonlítása (alaptérkép:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/48/Hungary_map_with_Balaton.png)

Fig. 20.: Location and comparison of the fauna from three Roman settlements in Hungary: Budapest-Madárhegy, Páty Site 9, Baracs–Bolgod-dűlő – and their location (base map source: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/48/Hungary_map_with_Balaton.png)

és játékkorong is. Ezek mind a hétköznapi élethez kapcsolódó tárgyak. Az elefántcsont bútordísz töredék értékénél fogva egy rangosabb lakóját feltételezi annak a köépületnek, amelyből előkerültek. Ezt a feltevést alátámasztani látszanak erről a Királyliliom utcai lelőhelyrészről előkerült bronz bútordíszek is.

A teljesség igénye nélkül érdemes összevetni a madárhegyi római kori település állatmaradványait a hasonló időszakra tehető egyéb, magyarországi lelőhelyekkel. Jelen esetben összehasonlításképp Baracs–Boldog-dűlő, valamint Páty 9. lelőhely állatmaradványai szerepelnek (**20. ábra, Melléklet 13. táblázat**). A Baracs–Boldog-dűlő lelőhely (59366) a még feldolgozás alatt álló Baracs–Kokasdi-ér-partja (38607) lelőhellyel egy lelőhelykomplexumot alkotnak, amelyek egy Kr. u. 1–3. századi bennszülött telepet és egy Kr. u. 3. századi római villaépületet foglalnak magukba. Az összehasonlítás a már feldolgozott Baracs–Boldog-dűlői anyag alapján történik (Lyublyanovics 2023, 1–62.). A Páty 9. lelőhely római kori leletanyaga egy Kr. u. 1. század második felétől a Kr. u. 4. század végéig tartó *vicus*ból származott (Kőrösi 2007, 346–402.).

A baracsi lelőhely állatmaradványai a csontokból ezidáig kinyert információk fényében ház környéki állatvágásokra utalnak (Lyublyanovics 2023, 1.), míg a Páty 9. lelőhely archeozoológiai megfigyelései szerint a településre csak a húsban gazdag régiók maradványai kerülhettek, így máshol történhetett az állatok levágása (Kőrösi 2007, 399.). A madárhegyi lelőhelykomplexum állatmaradványai közt minden testrégió csontja megtalálható volt (**3. ábra**), de legnagyobb mennyiségben a húsos régió csontjai voltak jelen, ami utalhat a háztáji vágásokra és a húsban gazdag részek húspiaci beszerzésére egyaránt.

Mindhárom lelőhely anyagában a háziemlősök maradványainak száma volt a legmagasabb (75% feletti), a vadászott állatok számának csekély volta a vadászat alkalmi jellegét tükrözi, amelyek összességében általában jellemzőek a római kori lelőhelyekre. Baracson a kifejlett háziállatok maradványainak magasabb száma volt megfigyelhető, ami a tej- és gyapjúhasznosítás elsődlegességére utal (Lyublyanovics 2023, 4.). A háziló fogyasztására utaló darabolás nyomok Pátyon (Kőrösi 2007, 399.) és Baracson (Lyublyanovics 2023, 5.) is megfigyelhetők voltak, a madárhegyi leletanyagból azonban hiányoznak. A szarvasmarhák maradványainak száma volt a legmagasabb, melyet vagy a kiskérődzők (juh, kecske), vagy a házilovak száma követett. A sertések kisebb számban kerültek elő. A szarvasmarhák testméret változatossága mindhárom lelőhelyen megfigyelhető volt, ami utalhat a Barbaricumból származó, kisebb testű szarvasmarha állománnyal történő keveredésre (Kőrösi 2007, 361.). A háziállatfajok

között összességében is megfigyelhetők voltak mindenféle mérettartományba tartozó egyedek maradványai. A madárhegyi lelőhelyen a szarvasmarhák és a kiskérődzők között előforduló nagyobb testű egyedekhez tartozó maradványok, valamint a változatos szarvcsap alakulásaik a római korra jellemző magas színvonalú, változatos állattartás eredménye lehetett. A lovak között kis- és közepes-testűek, kutyák esetében pedig közepes testűek marmagasságát lehetett mérni az ép csontok alapján.

Mindhárom lelőhelyen megfigyelhető volt a háziszamarak jelenléte, amelyek a római korra jelentek meg nagyobb számban a Kárpát-medencében. Ismertek még egyebek mellett Nagytétény-Camponából (Vörös 1989, 77.), Balácáról, Tács-Gorsiumból és Mezőnagymihályról is maradványaik (Lyublyanovics 2023, 3–4.). A római kori településeken gyakrabban fordultak elő maradványaik, mint erődökben (Kőrösi 2007, 381.). A bennszülött kelta telepek szamarai nagyobb testméretűek voltak, mint a késő császárkori lelőhelyeken, mely eltérés nemcsak időbeli lehetett, hanem eltérő származási helyet is feltételez (Vörös 1989, 90–91.). A baromfik közül a római korra jellemző két fő madárfaj, a házityúk és a házilúd mindhárom lelőhelyről ismert. A háziszárnyasok húsát, tollát, és bár összetört héjdarabjaik nem kerültek elő a lelőhelyekről, de vélhetően tojásukat egyaránt hasznosíthatták.

Kutyák részleges vagy teljes vázai Baracról (Lyublyanovics 2023, 9.), Páty 9. lelőhelyről (Kőrösi 2007, 382.), valamint a madárhegyi lelőhelykomplexum területéről is előkerültek. Ez a jelenség a kutyák római kori hitvilágban betöltött fontos, a lelket a túlvilágon átsegítő és védelmező szerepével is összefüggésbe hozható. A kutyák testméretének változatossága pedig utalhat a mindennapokban betöltött különféle szerepükre, mint például öleb, házörző, pásztorkutya, vadász-kutya, kotoréke.

Szerző tudományos közreműködése

Biller Anna Zsófia Eredeti kézirat

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani Kurunczi Mónikának, és Kelemen Zsófia Zsuzsannának, hogy az ásatások kapcsán információkat szolgáltatottak, hozzájárultak az ásatási megfigyeléseik tömör bemutatásához, és észrevételeikkel segítettek a munkám. Vass Lórántnak az angol fordítás és a magyar szöveg átnézéséért, hasznos javaslataiért. Imre-Horváth Sándornak az összesítő térkép elkészítéséért. Valamint minden, korábban a területen dolgozó kollégának, Gyenes Gábornak, Lassányi Gábornak, Magyar-Hárshegyi Piroskának és Vukics Adriennek, akik a régészeti leletek felszínre kerülését és megőrzését segítették.

Irodalom

BARTOSIEWICZ, L. (2009): A comparison between Roman Period and Langobard dogs from Western Hungary. *EX OFFICINA Studia in honorem Dénes Gabler*, Győr 135–146.

CSUPOR, E. (2022): Titokzatos kutyáktól menekültek az ókori rómaiak ellenfelei: a harci ebek hátára tüzet kötözték. Internetes forrás: <https://welovedogz.hu/elet/canis-pugnax-csupor-erik/> (utolsó megtekintés: 2025.07.17.)

DRIESCH, A. von den (1976): A guide to the measurement of animal bone from archaeological sites. *Peabody Museum Bulletin* 1. *Harvard: Peabody Museum of Archaeology and Ethnology*. Cambridge MA **138** 138 pp.

DURANTEL, P. (2008): *A vadászat enciklopédiája*. Alexandra Kiadó, Pécs 374 pp.

GODYNICKI, Sz. (1965): Okreslanie wysokosci jeleni na podstawie kosci sródecza i sródstopia; *Roczniki Wyższej Szkoły w Poznaniu* **XXV** 39–51.

HANGAI, L. (2023): Kutyák az ókori Rómában: a rómaiak is elkövették ezt a ma is gyakori hibát. Internetes forrás: <https://www.azenkutyam.hu/elet/kutyak-okori-romaban/> (utolsó megtekintés: 2024.10.25.)

KELEMEN, Zs. (2024): Jelentés régészeti megfigyelésről (részletes). Cím (Bp., XI. Pagus u. 2.; hrsz: 1579/2). *Ásatási dokumentáció* 2024, 4 pp.

KOUDELKA, F. (1885): Das Verhältniss der Ossa longa zur Skeletthöhe bei den Säugtieren; *Verhandlungen des naturforschenden Vereins Brünn* **24** 127–153.

KOVÁCS, P. (2013): Territoria, Pagi and Vici in Pannonia. In: *Studia Epigraphica in Memoriam Géza Alföldy. Antiquitas, Reihe 1 Abhandlungen zur alten Geschichte. Begründet von Andreas Alföldi herausgegeben von Géza Alföldy (†), Frank Kolb und Winfried Schmitz. Band 61* Dr. Rudolf Habelt GmbH, Bonn, 131–154.

KÖRÖSI, A. (2007): A pátyi római telep állatcsont maradványai. Tierknochenreste in der römischen Siedlung von Páty. *Studia Comitatus* **30** Tanulmányok Pest Megye Múzeumaiból, 346–402.

KRETZOI, M. (1968): La répartition anatomique du matériel ostéologique selon les espèces et les amas de déchets. In: GÁBORINÉ CSÁNK, V., ed., *La station du paléolithique moyen d'Érd, Hongrie*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 230–236.

KURUNCZI, M. (2021): Jelentés régészeti megfigyelésről és megelőző feltárásról. Budapest XI. kerület, Felsőhatár út 4. Hrsz. 1289/4. Sasad Resort V. ütem (Hilltop) – autólehajtó- és útépítés. *Ásatási dokumentáció* 2021, 4 pp.

KURUNCZI, M. (2022a): Jelentés régészeti megfigyelésről és megfigyelés közbeni bontómunkáról. Budapest XI. kerület, Királylilium utca Hrsz.1308/12. Két társasház építése. *Ásatási dokumentáció* 2022, 6 pp.

KURUNCZI, M. (2022b): Részjelentés régészeti megfigyelésről és teljes felületű megelőző feltárásról. Budapest XI. kerület, Rupphegyi út 4. – Pagus utca 6. Hrsz.1296/3. Sasad Resort 3. ütem (SR3, Sunlight). *Ásatási dokumentáció* 2022, 4 pp.

KURUNCZI, M. (2022c): Jelentés régészeti megfigyelésről és teljes felületű megelőző feltárásról. Budapest XI. kerület, Rupphegyi út 8. – Kööltár utca 5. Hrsz.1296/8. Sasad Resort 6. ütem (SR6, Panorama). *Ásatási dokumentáció* 2022, 6 pp.

LYUBLYANOVICS, K. (2023): Jelentés Baracs – Boldog dülő lelőhely (KÖH: 59366) állatcsont anyagának feldolgozásáról. 2023. Archeodatabase MNM Régészeti Adatbázis: <https://archeodatabase.hnm.hu/hu/node/728>

MAGYAR-HÁRSHEGYI, P. (2017): Tengeri luxus. Óbudai Anziks. *Harmadik kerületi kulturális magazin* **2017/2018. tél.** 70-72. (online verzió linkje: <https://obudaianziks.hu/dr-magyar-harshegyi-piroska-tengeri-luxus/>)

MAGYAR-HÁRSHEGYI, P. (2018): XI. Felsőhatár u. 4. 1289/4 hrsz. *Ásatási dokumentáció* 2018, 2 pp.

MAGYAR-HÁRSHEGYI, P. (2022): Messziről jött luxus. Amphorában érkezett italok és ételek a római kori Dunántúlon. In: KIRCHHOF, A. & ZSIDI, P., szerk., *Apicius De er coquinaria. Receptek és szakácsfortélyok az ókorból Pro Aquinco Alapítvány, Budapest* 34–39.

MAGYAR-HÁRSHEGYI, P., LASSÁNYI, G. & BILLER, A.Zs. (2020): Régészeti kutatások a Spanyol-réti patak mentén. *Aquincumi Füzetek* **24** 233–249.

MATOLCSI, J. (1970): Historische Erforschung der Körpergrösse des Rindes auf Grund von ungarischen Knochenmaterial; *Zeitschrift für Tierzüchtung un Züchtungsbiologie* **87/2** 89–137.

MÓCSY, A. (1980): Osztrigahéj Zalalövőről. *Archaeológiai Értesítő* **107/1** 79–80.

NOBIS, G. (1954): Zur Kenntnis der ur- und frühgeschichtlichen Rinder Nord- und Mitteldeutschlands; *Zeitschrift für Tierzüchtung un Züchtungsbiologie* **63** 155–194.

PEARSON, B. & BURTON, J.A. (1986): *Emlőállatok*. Gondolat kiadó, Budapest, 239 pp.

T. BÍRÓ, M., CHOYKE, A.M., VASS, L. & VECSEY, Á. (2012): Aquincumi csonttárgyak. Bone object in Aquincum. *Az Aquincumi Múzeum Gyűjteménye* **2** Budapest, 136 pp.

TEICHERT, M. (1975): Osteologische Untersuchungen zur Berechnung der Widerristhöhe bei Schafen; In: CLASON, A.T., ed., *Archeological studies*, North Holland Publishing Company, Amsterdam-New York, 51–69.

VIRÁG, A. (2013): *Magyarországi pliocén-pleisztocén Elephantidae maradványok morfológiai és paleoökológiai vizsgálata*. PhD értekezés. ELTE TTK Földtudományi Doktori Iskola – Földtan-geofizikai doktori program. ELTE Őslénytani Tanszék, Budapest, 146 pp.

VITT, O. (1952): Losadi pazürükszkih kurganov. *Szovjeckaja Arheologika* **XVI** 163–203.

VÖRÖS, I. (1989): Campona – Nagytétény római tábor állatsontmaradványai. *Folia Archaeologica* **XL** Budapest 75–101.

VÖRÖS, I. (1996): Állathamvak Baláca, Likasdomb bustumaiban. *Balácai Közlemények* **IV** Veszprém 237–242.

WALTER, D. (2024): A túlvilág őrei a római kori Alföldön. *Határtalan Régészet* **9/2** 28–32.

Melléklet*

1. táblázat: Faunalista korszakonkénti bontásban, az egyes lelőhelyrészeket egy egységként kezelve
Table 1.: Faunal list by period, treating all site sections as a single unit

Állatfaj / Korszak	?	őskor	rézkor	római	újkor	modern	Összesen
Szarvasmarha / <i>Bos taurus</i>	930	34	2	1103	1	9	2079
Juh / <i>Ovis aries</i>	58	1		74			133
Kecske / <i>Capra hircus</i>	18	3		25			46
Juh/kecske / <i>Ovis/Capra</i>	622	19		755		2	1398
Házisertés / <i>Sus domesticus</i>	249	9	4	367	1		630
Háziló / <i>Equus caballus</i>	285	12		562		1	860
Házisamár / <i>Equus asinus</i>	3			3			6
Házikutya / <i>Canis familiaris</i>	114	2	1	617			734
Háziemlős összesen	2279	80	7	3506	2	12	5886
Gímszarvas / <i>Cervus elaphus</i>	12			10			22
Európai őz / <i>Capreolus capreolus</i>	3			4			7
Vaddisznó / <i>Sus scrofa</i>		1					1
Barna medve / <i>Ursus arctos</i>				1			1
Vörös róka / <i>Vulpes vulpes</i>				1			1
Mezei nyúl / <i>Lepus europaeus</i>	1						1
Mezei hörcsög / <i>Cricetus cricetus</i>	2			17			19
Közönséges ürge / <i>Spermophilus citellus</i>	9			3			12
Vadeglők összesen	27	1	0	36	0	0	64
Házityúk / <i>Gallus domesticus</i>	4			23			27
Házilúd / <i>Anser domesticus</i>				1			1
Vágómadárféle / Accipitridae				1			1
Tyúkféle / Galliformes	2						2
Madár / Aves indet.	6			3			9
Madarak összesen	12	0	0	28	0	0	40
Tokféle / Acipenseridae				1			1
Halak / Pisces				1			1
Halak összesen	0	0	0	2	0	0	2
Pannon csiga / <i>Cepaea vindobonensis</i>	50			2			52
Éti csiga/ <i>Helix pomatia</i>	7			3			10
Csiga / Gastropoda	16			11			27
Folyami kagyló / <i>Unio</i> sp.	2	8	57	2		1	70
Osztrigaféle / Ostreidae				1			1
Kagyló / Bivalvia	5			10			15
Puhatestűek összesen	80	8	57	29	0	1	175
Tulokféle / <i>Bos</i> sp.				2			2
Lóféle / Equidae	1						1
Elefántféle / Elephantidae, Gray 1821				1			1
kisemlős	2	1					3
nyúl méretű emlős	14	1		4			19
kutya méretű emlős	159	6	2	161	3		331
kispatás	415	10		296			721
nagypatás	601	14	12	521	2	8	1158
Nem meghatározható összesen	1192	32	14	985	5	8	2236
Összesen	3590	121	78	4586	7	21	8403

2. táblázat: Faunalista lelőhelyrészenként**Table 2.:** Faunal list by site section

Állatfaj (NISP)/ lelőhely/ korszak	Bp. XI. ker. Kőoltár u.3. (2017.)					Bp. XI. ker. Felsőhatár út 2/B – Sasad Resort Cordia (2017-2018.)			Bp. XI. ker. Felsőhatár út 4. Sasad Cordia 5. ütem (2018-2020.) 65,83 m ² + 528,73 m ²			Bp. XI. ker. Királylilium u. (2021.) 912,5 m ²			Bp. XI. ker. Rupphegyi út 4. – Pagus u. 6. SR3 (2021.-2022.) 3179,5 m ² + 70,4 m ²			Bp. XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6 (2020-2021.) 7030 m ²			Bp. XI. ker. Pagus u. 2. SR8 (2024.) 2644 m ²			Összesen (320 SE)
	Római (10SE)	Római (4SE)	? (31SE)	Római (7SE)	ÖSSZ. (38SE)	? (24SE)	Római (35SE)	ÖSSZ. (59SE)	? (8SE)	Római (1SE)	ÖSSZ. (9SE)	? (86SE)	Őskor (7SE)	Római (91SE)	Újkor (1SE)	Modern (4SE)	ÖSSZ. (189SE)	? (1 SE)	Őskor (1 SE)	Rézkor (1 SE)	Római (6 SE – sírok)	Újkor (2 SE)	ÖSSZ. (11 SE)	
Szarvasmarha / <i>Bos taurus</i>	21	3	138	14	152	324	374	698	8		8	460	34	691		9	1194			2		1	3	2079
Juh / <i>Ovis aries</i>	3		8		8	15	23	38				35	1	48			84							133
Kecske / <i>Capra hircus</i>	2		4	2	6	8	14	22				6	3	7			16							46
Juh/kecske / Ovis/Capra	27	1	224	29	253	181	335	516	2		2	215	19	363		2	599							1398
Házisertés / <i>Sus domesticus</i>	13		67	12	79	85	177	262	1	1		95	9	165			269	1		4		1	6	630
Háziló / <i>Equus caballus</i>	100		43	10	53	63	52	115	2	2		177	12	400		1	590							860
Háziszmár / <i>Equus asinus</i>						1		1				2		3			5							6
Házikutya / <i>Canis familiaris</i>	1		13	1	14	37	26	63	8		8	56	2	589			647			1			1	734
Háziemlős összesen	167	4	497	68	565	714	1001	1715	21	0	21	1046	80	2266	0	12	3404	1	0	7	0	2	10	5886
Gímszarvas / <i>Cervus elaphus</i>	1		1 (agancs)		1	3 (1 agancs)	3 (agancsok)	6				8 (2 agancs)		5 (3 agancs)			13				1 (agancs)		1	22 (11 agancs)
Európai őz / <i>Capreolus capreolus</i>												3		4			7							7
Vaddisznó / <i>Sus scrofa</i>													1				1							1
Barna medve / <i>Ursus arctos</i>														1			1							1
Vörös róka / <i>Vulpes vulpes</i>							1	1																1
Mezei nyúl / <i>Lepus europaeus</i>												1					1							1

Állatfaj (NISP)/ lelőhely/ korszak	Bp. XI. ker. Kóoltár u.3. (2017.) Bp. XI. ker. Felsőhatár út 2/B – Sasad Resort Cordia (2017-2018.) Bp. XI. ker. Felsőhatár út 4. Sasad Cordia 5. ütem (2018-2020.) 65,83 m² + 528,73 m²					Bp. XI. ker. Királylilom u. (2021.) 912,5 m²			Bp. XI. ker. Rupphegyi út 4. – Pagus u. 6. SR3 (2021.-2022.) 3179,5 m² + 70,4 m²			Bp. XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kóoltár u. 5. SR6 (2020-2021.) 7030 m²					Bp. XI. ker. Pagus u. 2. SR8 (2024.) 2644 m²					Összesen (320 SE)			
	Római (10SE)	Római (4SE)	? (31SE)	Római (7SE)	Össz. (38SE)	? (24SE)	Római (35SE)	Össz. (59SE)	? (8SE)	Római (1SE)	Össz. (9SE)	? (86SE)	Őskor (7SE)	Római (91SE)	Újkor (1SE)	Modern (4SE)	Össz. (189SE)	? (1 SE)	Őskor (1 SE)	Rézkor (1 SE)	Római (6 SE – sírok)		Újkor (2 SE)	ÖSSZ. (11 SE)	
Mezei hörcsög / <i>Cricetus cricetus</i>			1		1		12	12				1			5			6							19
Közönséges ürge / <i>Spermophilus citellus</i>			7		7		2	2				2			1			3							12
Vadeglős összesen	1	0	9	0	9	3	18	21	0	0	0	15	1	16	0	0	32	0	0	0	1	0	1	64	
Házityúk / <i>Gallus domesticus</i>			1		1	3	5	8							6			6				12		12	27
Házilúd / <i>Anser domesticus</i>							1	1																1	
Vágómadárfélék / Accipitridae							1	1																1	
Tyúkalakúak / Galliformes						2		2																2	
Madár / Aves indet.			2		2	4	1	5							2			2						9	
Madarak összesen	0	0	3	0	3	9	8	17	0	0	0	0	0	8	0	0	8	0	0	0	12	0	12	40	
Valódi tokfélék / Acipenseridae															1			1						1	
Hal / Pisces							1	1																1	
Halak összesen	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	
Éticsiga / <i>Helix pomatia</i>			5		5							2			3			5						10	
Pannoncsiga / <i>Cepaea vindobonensis</i>			1		1							49			2			51						52	
Folyami kagyló / Unio sp.			2		2										2		1	3		8	57			65	70
Osztrigaféle / Ostreidae																					1		1	1	
Csiga / Gastropoda	1		2		2	14	8	22							1			1			1		1	27	

Állatfaj (NISP)/ lelőhely/ korszak	Bp. XI. ker. Kőoltár u.3. (2017.)					Bp. XI. ker. Felsőhatár út 2/B – Sasad Resort Cordia (2017-2018.)			Bp. XI. ker. Felsőhatár út 4. Sasad Cordia 5. ütem (2018-2020.) 65,83 m² + 528,73 m²			Bp. XI. ker. Kírálylilium u. (2021.) 912,5 m²			Bp. XI. ker. Rupphegyi út 4. – Pagus u. 6. SR3 (2021.-2022.) 3179,5 m² + 70,4 m²			Bp. XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6 (2020-2021.) 7030 m²						Bp. XI. ker. Pagus u. 2. SR8 (2024.) 2644 m²						Összesen (320 SE)
	Római (10SE)	Római (4SE)	? (31SE)	Római (7SE)	ÖSSZ. (38SE)	? (24SE)	Római (35SE)	ÖSSZ. (59SE)	? (8SE)	Római (1SE)	ÖSSZ. (9SE)	? (86SE)	Őskor (7SE)	Római (91SE)	Újkor (1SE)	Modern (4SE)	ÖSSZ. (189SE)	? (1 SE)	Őskor (1 SE)	Rézkor (1 SE)	Római (6 SE – sírok)	Újkor (2 SE)	ÖSSZ. (11 SE)							
Kagyló / Bivalvia			1		1	4	9	13		1	1													15						
Puhatestűek összesen	1	0	11	0	11	18	17	35	0	1	1	51	0	8	0	1	60	0	8	57	2	0	67	175						
Szarvasmarha/östulok / Bos sp.	2																							2						
Lófélé / Equidae						1		1																1						
Elefántfélé / Elephantidae, Gray 1821							1	1																1						
Kisemlős			2		2								1				1							3						
Nyúl méretű emlős	1		13	1	14		2	2				1					1		1				1	19						
Kutya méretű emlős	1	1	39	12	51	38	60	98	2		2	80	6	86	3		175			2	1		3	331						
Kispatás	4	2	162	22	184	34	88	122	10		10	209	10	180			399							721						
Nagypatás	14	1	94	12	106	104	154	258	14		14	389	14	338	2	8	751			12	2		14	1158						
Nem meghatározható összesen	22	4	310	47	357	177	305	482	26	0	26	679	31	604	5	8	1327	0	1	14	3	0	18	2236						
Összesen	191	8	830	115	945	921	1350	2271	47	1	48	1791	112	2903	5	21	4832	1	9	78	18	2	108	8403						

Table 3.: Fragmentation of the remains (measurements given in mm)

Lelőhely / Maradványok mérete (mm-ben)	0-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-410
Bp. XI. ker. Kőoltár u.3.	18	83	71	6	6	3	1	3
Bp. XI. ker. Felsőhatár út 2/B	4	3	1	0	0	0	0	0
Bp. XI. ker. Felsőhatár út 4.	257	572	67	29	10	6	3	1
Bp. XI. ker. Királyliliom u.	738	1200	243	67	9	9	2	3
Bp. XI. ker. Rupphegyi út 4. – Pagus u. 6.	30	14	2	0	2	0	0	0
Bp. XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5.	1562	2389	590	197	56	26	10	2
Bp. XI. ker. Pagus utca 2. SR8	33	73	2	0	0	0	0	0

Table 4.: Alterations observed on the surface of remains

[illegible]

Korszak / Lelőhely	?					őskor		római						újkor	modern	Összesen
	Bp. XI. ker. Királylilium u.	Bp. XI. ker. Felsőhatár út 4. Sasad Cordia 5. ütem	Bp. XI. ker. Rupphegyi út 4. – Pagus u. 6. SR3	Bp. XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. ker. Pagus utca 2. SR8	Bp. XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. ker. Pagus utca 2. SR8	Bp. XI. ker. Felsőhatár út 2/B – Sasad Resort Cordia	Bp. XI. ker. Királylilium u.	Bp. XI. ker. Kőoltár u.3.	Bp. XI. ker. Felsőhatár út 4. Sasad Cordia 5. ütem	Bp. XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. ker. Pagus utca 2. SR8	Bp. XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. ker. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	
savas talaj																
kutya rágásnyomok	40	46		36		3			79	5		108			1	318
kutya rágásnyomos + savas talaj									1							1
külszíni folyamatok nyomai	2	2		5					2			6				17
réz okozta elszíneződés									1							1
savas talaj	8	14	23	166		1		8	8	2		139		3	1	373
Összesen	229	138	40	985	1	29	17	8	307	135	21	840	17	4	7	2776
	1393					44		1328						4	7	
Patológias elváltozások																
csontburjánzás				1					1			9				11
csontfelrakódás												1				1
csontkinövés									1							1
deformáció						1						6				7
deformálódott – osteopetrosis ?	1															1
szájüreget érintő elváltozás	1	1								1						3
rendellenes fogkopás	2	1							1			1				5
gyógyult törés?									1							1
hematoma				1								1				2
Összesen	4	2		2	0	1	0		4	1	0	18	0	0	0	32
	8					1		23						0	0	
Feldolgozás nyomai																
bárdolt	2	6		4		1			15	1		11				40
bárdolt + vágott	5			1					7			2				15
nyúzott		1														1
vágott	8	12		10		1			28	3		25				87
eszköz				1		2			7			7	2			19
eszköz nyersanyag v. megmunkálási hulladék		1		2								2				5
Összesen	15	20		18		4	0	0	57	4	0	47	2	0	0	167
	53					4		110						0	0	

5. táblázat: Az egyes objektumtípusokhoz tartozó állatmaradványok
Table 5.: Animal remains associated with each feature type

Objektum típus	?					modern	őskor		római						újkor		Összesen		
	Bp. XI. Királylilium u.	Bp. XI. Felsőhatár út 4. Sasad Cordia 5. ütem	Bp. XI. Rupphegyi út 4. – Pagus u. 6. SR3	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Pagus utca 2. SR8	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Pagus utca 2. SR8	Bp. XI. Felsőhatár út 2/B – Sasad Resort Cordia	Bp. XI. Királylilium u.	Bp. XI. Kőoltár u.3.	Bp. XI. Felsőhatár út 4. Sasad Cordia 5. ütem	Bp. XI. Rupphegyi út 4. – Pagus u. 6. SR3	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Pagus utca 2. SR8	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6		Bp. XI. Pagus utca 2. SR8	
árok	4	4	17	5		1								41				72	Árokhoz kapcsolódó: 81
árok + betöltése														9				9	
építmény														5				5	Építményhez kapcsolódó: 527
épület omladék réteg				2														2	
épület falai	3									9								12	
épület omladék	26			2						15								43	
épület omladék réteg	9			125						24				42				200	
épület omladék réteg + betöltés										2								2	
épület omladék réteg + betöltés + szórvány										1								1	
épület omladék réteg + természetes feltöltődési réteg														8				8	
fal	2			27						23				175				227	
fal + omladéka												13						13	
falomladék												11						11	
struktúra/fal									3									3	
gödör	27			49		15	92	87	3	36				655		2		877	Gödörhöz kapcsolódó: 1374
gödör + betöltése		284								5	112							401	
gödör + egyéb														5				5	

Objektum típus	?					modern	őskor		római						újkor		Összesen		
	Bp. XI. Királylilium u.	Bp. XI. Felsőhatár út 4. Sasad Cordia 5. ütem	Bp. XI. Rupphegyi út 4. – Pagus u. 6. SR3	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Pagus utca 2. SR8	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Pagus utca 2. SR8	Bp. XI. Felsőhatár út 2/B – Sasad Resort Cordia	Bp. XI. Királylilium u.	Bp. XI. Kőoltár u.3.	Bp. XI. Felsőhatár út 4. Sasad Cordia 5. ütem	Bp. XI. Rupphegyi út 4. – Pagus u. 6. SR3	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Pagus utca 2. SR8	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6		Bp. XI. Pagus utca 2. SR8	
gödör betöltése														1				1	Gödörházhoz kapcsolódó: 1487
gödör rétege							1											1	
gödör v. gödörház														1				1	
gödör v. gödörház?														21				21	
gödörház										337				731				1068	
gödörház ?														51				51	
gödörház + betöltés										197				2				199	
gödörház + betöltés (égett)														16				16	
gödörház + betöltése											75							75	
gödörház + fal										6								6	
gödörház betöltési rétege														5				5	
gödörház paticsos betöltése														5				5	
beásás v. veremház												8						8	
beásás v. veremház ?												2						2	
beásás v. veremház + betöltési réteg												30						30	
ház (?)												1						1	Házhoz kapcsolódó: 50
ház (?) betöltési rétege												8						8	
ház ?												21						21	
ház + betöltése												20						20	
járószint	21			14										25				60	

Objektum típus	?					modern	őskor		római						újkor		Összesen	
	Bp. XI. Királylilium u.	Bp. XI. Felsőhatár út 4. Sasad Cordia 5. ütem	Bp. XI. Rupphegyi út 4. – Pagus u. 6. SR3	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Pagus utca 2. SR8	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Pagus utca 2. SR8	Bp. XI. Felsőhatár út 2/B – Sasad Resort Cordia	Bp. XI. Királylilium u.	Bp. XI. Kőoltár u.3.	Bp. XI. Felsőhatár út 4. Sasad Cordia 5. ütem	Bp. XI. Rupphegyi út 4. – Pagus u. 6. SR3	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Pagus utca 2. SR8	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6		Bp. XI. Pagus utca 2. SR8
pusztulási réteg + épület omladék réteg										24								24
pusztulási réteg + természetes feltöltődési réteg										4								4
réteg	272	144		15						150								581
réteg (humusz)		3			1													3
réteg (kőcupac)		1																1
réteg (köves felület)		5																5
réteg/összetömrődött járószint									2									2
égési réteg				15														15
égési réteg + természetes feltöltődési réteg				4														4
planírozási réteg				66										8				74
természetes feltöltődési réteg	245		17	823						129				43				1257
természetes feltöltődési réteg / kavicsos járószint				10														10
természetes feltöltődési réteg / út														14				14
természetes feltöltődési réteg + betöltés	5																	5
természetes feltöltődési réteg + épület omladék	9																	9
természetes feltöltődési réteg + fal										29								29

**Különböző
rétegtípusokból:
2637**

Objektum típus	?					modern	őskor		római						újkor		Összesen	
	Bp. XI. Királylilom u.	Bp. XI. Felsőhatár út 4. Sasad Cordia 5. ütem	Bp. XI. Rupphegyi út 4. – Pagus u. 6. SR3	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Pagus utca 2. SR8	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Pagus utca 2. SR8	Bp. XI. Felsőhatár út 2/B – Sasad Resort Cordia	Bp. XI. Királylilom u.	Bp. XI. Kőoltár u.3.	Bp. XI. Felsőhatár út 4. Sasad Cordia 5. ütem	Bp. XI. Rupphegyi út 4. – Pagus u. 6. SR3	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Pagus utca 2. SR8	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Pagus utca 2. SR8		
természetes feltöltődési réteg + omladék	39																39	
természetes feltöltődési réteg + planírozás													5				5	
természetes feltöltődési réteg + pusztulási réteg									1								1	
természetes réteg				21									51				72	
természetes réteg + ház?											1						1	
kultúrréteg				8										392			400	
kultúrréteg + épületomladék réteg													1				1	
feltöltés + természetes feltöltődési réteg						3											3	
feltöltési réteg		1															1	
cölöplyuk			1	5													6	
tűzhely/kemence													3				3	
platni ?									2								2	
hamuzógödör													7				7	
út												1	128				129	
vizesárok ?									10								10	
kút? + betöltése										3							3	
sír														18			18	
állatcsontos felület				45													45	Egyéb: 1597
állatjárat + ?				9													9	

Objektum típus	?					modern	őskor		római					újkor		Összesen		
	Bp. XI. Királyliliom u.	Bp. XI. Felsőhatár út 4. Sasad Cordia 5. ütem	Bp. XI. Rupphegyi út 4. – Pagus u. 6. SR3	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Pagus utca 2. SR8	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Pagus utca 2. SR8	Bp. XI. Felsőhatár út 2/B – Sasad Resort Cordia	Bp. XI. Királyliliom u.	Bp. XI. Kőoltár u.3.	Bp. XI. Felsőhatár út 4. Sasad Cordia 5. ütem	Bp. XI. Rupphegyi út 4. – Pagus u. 6. SR3	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Pagus utca 2. SR8		Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Pagus utca 2. SR8
állatváz														82			82	
beásás		4		5										5		5	19	
betöltés	20	355		73			19			242				26			735	
égett folt														2			2	
szonda				16													16	
szonda/egyéb				1													1	
paticsos betöltés														7			7	
paticsos folt														4			4	
egyéb				22		2								193			217	
?	20			271							1						292	
szórvány	109	1		58													168	
Összesen	921	830	47	1791	1	21	112	87	8	1350	191	115	1	2903	18	5	2	8403

6. táblázat: A római kori főbb gazdasági haszonállatok életkor szerinti megoszlása**Table 6.:** Age distribution of the main economic livestock from the Roman period

	foetus	neonatus	juvenilis	subadultus	adultus	maturus	kérdéses
szarvasmarha	11	1	44	30	457	3	557
juh / kecske	0	2	72	8	207	0	565
házigazdálkodás	3	0	74	9	114	0	167
háziállat	0	189	10	10	218	0	135

7. táblázat: Patológiai elváltozások a római kori leletanyagban**Table 7.:** Pathological lesion in the Roman-period faunal assemblage

Patológia	Állatfaj	Vámrész	Lelőhely	SE	Objektum típus	Megjegyzés	Összesen
csontburjánzás	<i>Bos taurus</i>	metatarsus	Bp. XI. Rupphegyi út 8. - Kőoltár u. 5. SR6	1003	kultúrréteg	A proximalis epiphysis centrotarsaleval érintkező felülete egyenetlen, rücskös, durva, szivacsos csontburjánzásos.	1
		tarsus		1003	kultúrréteg	A centrotarsale metatarsussal érintkező felülete cikcakkosan, kiejakosodva durván, szivacsosan csontburjánzásos. Hozzácsontosodott egy kisebb tarsus is.	2
	<i>Canis familiaris</i>	vertebra lumbalis		1084	gödörház	A caudalis ízületi felszín alsó felén kismértékű csontburjánzás, csontkijakosodás látszik.	1
				1144	gödörház	A csigolyatest caudalis felületén kismértékű, kiejakosodó csontburjánzás látszik.	1
						A csigolyatest caudalis felületén kismértékű, kiejakosodó csontburjánzás látszik.	2
csontfelrakódás	<i>Bos taurus</i>	pelvis	Bp. XI. Rupphegyi út 8. - Kőoltár u. 5. SR6	1003	kultúrréteg	Az ilium szárán kb. 3 mm-re kiemelkedő, habos, szivacsos csontfelrakódás látszik egy sávbán.	1
csontkinövés	<i>Equus caballus</i>	metatarsus	Bp. XI. Királyliliom u.	257/276	gödörház + betöltés	Az mt II-vel érintkező oldalon, a mt III medialis felületén egy kb. 4 cm hosszú, 1 cm széles csontkinövés látszik. Valószínű ettől összenőtt a periferialis és a központi metatarsus (de az mt II nincs mellette).	1
deformáció	<i>Canis familiaris</i>	radius	Bp. XI. Rupphegyi út 8. - Kőoltár u. 5. SR6	2042	állatváz	A proximalis epiphysis felé eső diaphysis szakasz lateralis oldalán kb. 30 mm-es sávbán kissé kiszélesedő, szivacsos a csontállomány ott, ahol az ulnával érintkezik	1
		állatváz			A radiussal érintkező felszíne kiszélesedő, kissé szivacsos	1	
		ulna		1084	gödörház	A processus spinosus kissé elhajlott	2
		vertebra lumbalis				1144	gödörház
vertebra thoracalis							
erőteljes fogkopás	<i>Bos taurus</i>	dens max	Bp. XI. Királyliliom u.	103	réteg	Aboralis irányban erősen kopott rágófelület.	1
gyógyult törés?	<i>Sus domesticus</i>	mcII	Bp. XI. Királyliliom u.	126/129	gödörház + betöltés	A diaphysis közepén a csontállomány megvastagodott, kissé szivacsosan felduzzadt. Valószínűleg egy kisebb törés gyógyult ilyen formán.	1
hematoma	<i>Equus caballus</i>	metacarpus	Bp. XI. Rupphegyi út 8. - Kőoltár u. 5. SR6	1113	fal	A diaphysis distalis epiphysis felé eső részén egy nagyobb méretű hematoma nyoma látszik.	1
rendellenes fogkopás	<i>Bos taurus</i>	mandibula	Bp. XI. Rupphegyi út 8. - Kőoltár u. 5. SR6	2012	gödör	P4-M1 egymás felé bemélyedve, ívesen kopott	1
szájüreget érintő elváltozás	Bos sp.	mandibula	Bp. XI. Kőoltár u.3.	6/7	kút? + betöltése	Östulok mérettartomány alsó határán. P2 (gyökér frag.)-P4 (gyökér frag.-megduzzadt és elágazós gyökér)-M2-3. Valószínűleg sugárgomba által fertőzött az állkapocs, mert erősen felduzzadt és szivacsos, porózus (mint ev szarvcsap) a diastematától kiindulva.	1

8. táblázat: Marmagassági adatok (csontméretek: von den Driesch 1976 után)**Table 8.:** Withers height data

Állatfaj	Váزرész	GL (mm)	BP (mm)	DP (mm)	SB (mm)	SD (mm)	BD (mm)	DD (mm)	Marmagasság (cm)
<i>Bos taurus</i>	metacarpus	192	58	37	31	21			115,776 (tehén) - közepes
		194	55	33	31	21	55	31	116,982 (tehén) – közepes
		199	62	37	35	24	62	34	125,967 (bika) – nagyközepes
		201	54	29	28	21	53	29	121,203 (tehén) – nagyközepes
		212	68	39	38	26	70	35	134,196 (bika) – nagy
	metatarsus	212			27	24			112,996 (tehén) – közepes
		223	51	52	29	28	59	33	118,859 (tehén) – közepes
		229	54		27	27	55	33	122,057 (tehén) – nagyközepes
		232	52		30	27	62	32	123,656 (tehén) – nagyközepes
		233	50	46	31	27	56	33	124,189 (tehén) – nagyközepes
		249	53	50	29	27		35	132,717 (tehén) – nagy
		268	56	58	38	33	69	39	142,844 (tehén) - nagy
<i>Ovis aries</i>	calcaneus	65							74,1
		68							77,52
	metacarpus	154	27	20	15	12	28	18	74,536
	metatarsus	165	23	21	15	13			74,415
<i>Equus caballus</i>	metacarpus	231			34	23	50	37	142,03 (közepes)
	metatarsus	242	44		31	24	44		126,66 (kicsi)
		254	47	39	28	23	46	33	133,02 (kisközepes)
		257	48	38	30	23	45	33	134,61 (kisközepes)
		271	51	43	30	26	49	37	142,03 (közepes)
	tibia	333			36	27	68	43	131,2 (kisközepes)
<i>Canis familiaris</i> - adultus nőstény (Rupphegyi út 8. SE 1084)	femur	191	39	21	14	15		38	57,491
	humerus	178			13	14	36	27	59,986
	radius	176	20	14	13	9	26	15	56,672
	tibia	190		42	13	13		19	55,48
	tibia				13	13	27	19	55,48
	ulna	202							53,934
Átlag marmagasság:									56,5
<i>Canis familiaris</i> - adultus hím (Rupphegyi út 8. SE 1144)	femur	186			13	13	29		55,986
	femur	187	38	19	13	13	29	33	56,287
	humerus	170	30	40	13	13	33	25	57,29
	radius	174	18	12	13	8	23	13	56,028
	tibia	189	32	37	12	11	22	16	55,188
	ulna	205							54,735
Átlag marmagasság:									55,919
<i>Canis familiaris</i> - juvenilis hím (Rupphegyi út 8. SE 2042)	femur	188	37	19	14	14	31	34	56,588
	femur	188		18	14	14	31	29	56,588
	humerus	169	29	40	14	13	31	25	56,953
	radius	174	18	12	12	6	21	14	56,028
	radius	175	18	12	12	7	21	14	56,35
	tibia	193	32	35	13	12	22	17	56,356
	tibia	193	34	35	13	11	23	17	56,356
	ulna	203							54,201
Átlag marmagasság:									56,177
<i>Cervus elaphus</i>	metacarpus	273	43	28	24	19		27	124,215

9. táblázat: Az SE 1084, SE 1144 és az SE 2012-es veremházak állatmaradványai az SE 2012-höz tartozó SE 2042-es kutyavázzal együtt (MNI=Minimum Number of Individuals)

Table 9.: Animal remains from pit houses SE 1084, SE 1144, and SE 2012, including the dog skeleton SE 2042 associated with SE 2012 (MNI = Minimum Number of Individuals)

Állatfaj / SE - MNI	1084	MNI	1144	MNI	2012	2042	MNI	Összesen
<i>Bos taurus</i>	20	1 (adultus)	6	1 (adultus)	24	1	3 (1 juvenilis, 1 sub-adultus, 1 adultus)	51
<i>Ovis aries</i>			1	1 (adultus)	1		1 (adultus)	2
<i>Ovis/Capra</i>	7	1 (adultus)	8	1 (adultus)	4		1 (juvenilis)	19
<i>Sus domesticus</i>	3	1 (adultus)	2	1 (adultus)	7		1 (adultus)	12
<i>Equus caballus</i>	3	1 (adultus)	4	1 (adultus)	10		3 (1 juvenilis, 1 sub-adultus, 1 adultus)	17
<i>Equus asinus</i>	1	1 (adultus)						1
<i>Canis familiaris</i>	144	1 (adultus)	235	² (1 juvenilis, 1 adultus - hím)	18	80	1 (juvenilis - hím)	477
<i>Gallus domesticus</i>					1		1 (adultus)	1
<i>Gastropoda</i>			1					1
kispatás	4				4			8
kutya méretű emlős	1		4					5
nagypatás	5		4		2	1		12
ÖSSZESEN	188	6	265	7	71	82	11	606

10. táblázat: Az SE 1084, SE 1144 és az SE 2012-es veremházak kutyáinak vázrészei

Table 10.: Dog remains from the pit houses SE 1084, SE 1144, and SE 2012

Kifejlett nőstény kutya (SE 1084)	
<i>Koponya:</i>	occipitale fragmentum, frontale fragmentum, nasale fragmentum, maxilla fragmentum (dext P ¹⁻³ , M ¹⁻² , sin I ²⁻³ -C-P ¹⁻²⁻³⁻⁴ -M ¹)
<i>Állkapocs:</i>	dext nagy fragmentum (P ₁₋₂₋₃₋₄ -M ₁₋₂), sin teljes (I ₁₋₂₋₃ -C-P ₁₋₂₋₃₋₄ -M ₁₋₂)
<i>Törzs:</i>	atlas, axis, 5 vertebra cervicalis fragmentum, 15 vertebra thoracalis fragmentum, 10 vertebra lumbalis fragmentum, 3 vertebra coccygea fragmentum, 46 costa fragmentum, sternum fragmentum, sacrum fragmentum, pelvis fragmentum (2 db: dext-sin ilium, acetabulum, ischium és pubis fragmentum)
<i>Mellső végtag:</i>	dext-sin scapula fragmentum, dext-sin humerus fragmentum, dext-sin radius fragmentum, dext-sin ulna fragmentum, sin metacarpus II fragmentum, dext metacarpus III fragmentum, dext metacarpus IV fragmentum, sin metacarpus IV, dext-sin metacarpus V fragmentum
<i>Hátsó végtag:</i>	dext-sin femur fragmentum, dext-sin tibia fragmentum, fibula fragmentum, dext-sin patella, dext-sin astragalus fragmentum, 8 tarsus, 1 tarsus fragmentum, dext metatarsus II-III fragmentum, sin metatarsus II-III, dext-sin metatarsus IV-V
<i>Egyéb, a kutyavázhoz tartozó maradványok:</i>	4 phalanx I, 2 phalanx I fragmentum, 3 phalanx II, 3 phalanx II fragmentum, 2 phalanx III
Fiatal nőstény kutya (SE 1144)	
<i>Koponya:</i>	frontale fragmentum, occipitale fragmentum, maxilla fragmentum
<i>Állkapocs:</i>	dext nagy fragmentum (C-P ₂₋₃₋₄ -M ₁₋₂), sin nagy fragmentum (C-P ₃₋₄ -M ₁₋₂)
<i>Törzs:</i>	atlas, axis, 5 vertebra cervicalis fragmentum, 9 vertebra thoracalis fragmentum, 10 vertebra lumbalis fragmentum, 38 costa fragmentum
<i>Mellső végtag:</i>	dext-sin humerus fragmentum, dext-sin radius fragmentum, dext-sin ulna fragmentum, dext-sin scapula fragmentum, dext metacarpus I, dext-sin metacarpus II-III-IV fragmentum, dext metacarpus V, sin metacarpus V fragmentum
<i>Hátsó végtag:</i>	dext-sin tibia fragmentum, sin fibula fragmentum, sin astragalus, dext-sin metatarsus II-III-IV fragmentum, dext metatarsus V fragmentum
<i>Egyéb, a kutyavázhoz tartozó maradványok:</i>	8 phalanx I, 3 phalanx I fragmentum
Kifejlett hím kutya (SE 1144)	
<i>Koponya:</i>	frontale fragmentum, occipitale fragmentum, maxilla fragmentum (dext I ¹⁻²⁻³ -C-P ²⁻³⁻⁴ -M ¹⁻²)
<i>Állkapocs:</i>	-
<i>Törzs:</i>	atlas, axis, 5 vertebra cervicalis fragmentum, 12 vertebra thoracalis fragmentum, 9 vertebra lumbalis fragmentum, 49 costa fragmentum, sacrum fragmentum, pelvis fragmentum (dext-sin ilium, acetabulum fragmentum, ischium, pubis)
<i>Mellső végtag:</i>	dext-sin humerus fragmentum, dext radius, sin radius fragmentum, dext-sin ulna fragmentum, dext-sin scapula fragmentum, metacarpus II, sin metacarpus II-III-IV-V fragmentum, dext metacarpus V
<i>Hátsó végtag:</i>	dext femur, sin femur fragmentum, dext tibia fragmentum, sin tibia, patella, sin fibula fragmentum, sin astragalus, 3 tarsus, dext-sin metatarsus II, dext metatarsus III, sin metatarsus III fragmentum, sin metatarsus IV-V, 1 metatarsus fragmentum
<i>Egyéb, a kutyavázhoz tartozó maradványok:</i>	baculum, 7 ép phalanx I, 1 phalanx I fragmentum

Fiatal hím kutya (SE 2012)	
<i>Koponya:</i>	majdnem ép (dext I ² -C-P ¹⁻²⁻³⁻⁴ -M ¹ , sin. I ¹⁻²⁻³ -C-P ⁴ -M ¹⁻²)
<i>Állkapocs:</i>	fragmentum dext (I ₁₋₂₋₃ -C-P ₂₋₃₋₄ -M ₁₋₂) és sin (C-P ₂₋₃₋₄ -M ₁₋₂)
<i>Törzs:</i>	atlas, axis, 4 vertebra cervicalis fragmentum, 5 vertebra thoracalis fragmentum, 3 vertebra lumbalis fragmentum, 6 vertebra coccygea fragmentum, 26 costa fragmentum, pelvis fragmentum, (dext-sin ischium és acetabulum fragmentum)
<i>Mellső végtag:</i>	dext-sin scapula fragmentum, dext humerus, sin humerus fragmentum, dext-sin radius, dext ulna fragmentum, sin ulna, 3 carpus, dext metacarpus II, dext-sin metacarpus III, dext metacarpus IV fragmentum, sin metacarpus IV-V
<i>Hátsó végtag:</i>	dext femur fragmentum, sin femur, dext-sin tibia, fibula fragmentum, pelvis fragmentum (dext-sin ischium és acetabulum fragmentum), dext-sin astragalus, dext-sin calcaneus, tarsus, dext metatarsus II-III-IV, sin metatarsus II-III-IV fragmentum, dext metatarsus V fragmentum, sin metatarsus V
<i>Egyéb, a kutyavázhoz tartozó maradványok:</i>	baculum fragmentum, phalanx I-II-III

11. táblázat: A római kori sírok állatmaradványai (Bp. XI. Pagus utca 2. SR8)**Table 11.:** Animal remains from Roman graves (Budapest, District XI, Pagus Street 2. SR8)

Állatfaj – Vázrész / Korszak – SE (sír)		római		római (2-3. század)	római (3. század eleje)	római (3. század vége)	római (4. század eleje)	ÖSSZESEN
		SE 64 (gyereksír)	SE 81 (gyereksír)	SE 10 (hamvasztásos)	SE 7 (hamvasztásos férfi sír)	SE 50 (női sír)	SE 115 (gyereksír)	
<i>Cervus elaphus</i>	agancs (megmunkált – pont-kör díszes lemeztöredék)			1				1
<i>Gallus domesticus</i> (egy egyed)	clavicula					1		1
	coracoideum					1		1
	humerus					2		2
	pelvis					1		1
	scapula					2		2
	sternum					1		1
	tibiotarsus					1		1
	ulna					1		1
	vertebra					2		2
<i>Ostreidae</i>	kagylóhéj				1			1
<i>Gastropoda</i>	csigaház					1		1
<i>Kutya méretű emlős</i>	ossa plana	1						1
<i>Nagypatás</i>	costa		1					1
	ossa longa (megmunkált – tű)						1	1
ÖSSZESEN		1	1	1	1	13	1	18

12. táblázat: Megmunkált kemény állati nyersanyagok
Table 12.: Worked osseous animal raw materials

Korszak	SE	Objektum típus	Tárgytípus	Nyersanyag	Leírás	Bp. XI. Királylilom u.	Bp. XI. Felsőhatár út 4. Sasad Cordia 5. ütem	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Kőoltár u. 3.	Bp. XI. ker. Pagus utca 2. SR8
?	118	gödör	nyersanyag	<i>Cervus elaphus</i> agancs	A töredék egyik rövidebb felén bárdolt, és vékony, sekély, párhuzamos vonalakkal vagdosott. A többi törési felület friss.			1		
			nyersanyag v. megmunkálási hulladék	<i>Cervus elaphus</i> agancs	Az ág töredék lebárdolt. Valószínűleg nyersanyag vagy megmunkálási hulladék lehetett.			1		
	1250	égési réteg	tű	Nagypatás hosszúcsont	Egy kerek keresztmetszetű (átm: 3-4 mm) tű szártöredéke. Régi törési felületekkel. Nincs meg se a felső, se az alsó, hegyes vége. A felülete nagyon erodált.			1		
	4/5	gödör + betöltése	megmunkálási hulladék	<i>Cervus elaphus</i> agancs	Az ág töredék mindkét fele lefűrészelt, a vastagabb oldalon látszik a lépcsőzetes, „elrontott” fűrészelési nyom. Az agancs szivacsos állománya átlukadt (nem biztos, hogy mesterséges úton).		1			
őskor	1155	gödör	ár	Ovis/Capra metapodium	A diaphysis szilánk egyik felén ill. középtájékon friss törési felület, a másik hegyben végződik, melynek csúcsa régen letörött. M: 67x8x4 mm.			1		
			csontlemez	Nagypatás borda	A borda külső-belső felülete lecsiszolt, és hosszúkás, elkeskenyedő lemezzé alakított, melynek mindkét hosszú éle is megmunkált, élesebben hagyott. A rövidebbik fele, ahol elkeskenyedik, frissen törött, a hosszabbik régebben. M: 35x11x3 mm.			1		
római	109	gödörház	nyersanyag v. megmunkálási hulladék	<i>Cervus elaphus</i> agancs	Mély, széles, rövid vágásnyomok az ágtöredék töve közelében.			1		
	123	gödör	nyersanyag	<i>Cervus elaphus</i> agancs	Vetett agancs. A szemág bárdolt.			1		
	128	betöltési réteg	csont gomb ?	Nagypatás hosszúcsont	Lekerekített négyzet alakú, közepén 5 mm lyukkal átfűrt, egyik felén lapos (itt látszik a spongyosus állomány), a mási-kon és az élein domború csontgomb (?). 32 mm a meglévő oldalhosszúsága. 7 mm vastag. Régi törési felület. M: 32x7 mm.	1				
				<i>Sus domesticus</i> metacarpus III	A metacarpus diaphysis közepén egy majdnem szabályos, kb. 5 mm átmérőjű lyukkal áttört dorsoplamaris irányban. A lyuk pereme mindkét oldalon már enyhén kopott. A proximalis epiphysis letörött régen, ill. bárdolt, a bárdolás közelében sekély, vékony kis vágásnyomok látszódnak. A distalis epiphysis is valószínű bárdolt. M: 46x15x13 mm	1				

Korszak	SE	Objektum típus	Tárgytípus	Nyersanyag	Leírás	Bp. XI. Királyliliom u.	Bp. XI. Felsőhatár út 4, Sasad Cordia 5. ütem	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Kőoltár u. 3.	Bp. XI. ker. Pagus utca 2. SR8
római				<i>Sus domesticus</i> metacarpus IV	A metacarpus diaphysis közepén egy nem szabályos, kb. 5 mm átmérőjű lyukkal áttört dorsoplamaris irányban. A lyuk peremén vagy ahhoz közel mindkét oldalon sekély, vékony kis vágásnyomok látszódnak, sűrűbben egymás mellett. A lyuk pereme élesen törött, még nem kopott. Nem csontosodott össze a distalis epiphysis. M: 60x14x18 mm.	1				
	239	betöltés	csontlemez	Nagypatás hosszúcsont	Valószínűleg hosszúcsont diaphysisből kialakított 3 mm vastag, hosszúkas csontlemez, melynek külső és belső felülete, valamint vékony élei is lecsiszoltak, fényesek. Méret: 76x16x3 mm. Két külön zacskóból került elő a két töredék, amelyek az egyik friss törés mentén összeillenek.	1				
	1140	gödörház	amulett	<i>Canis familiaris</i> dens max.	A gyökércsúcsához közel egy 3x4 mm-es lyukkal mediolateralis irányban átfúrt. A lyuk amorf, ovális jellegű, és a pereme valószínűleg leütögetéssel kialakított ill. megkezdett. A koronából lepattant hosszában egy darab még régen, de utána még használták, mivel a fog teljes felszínéhez hasonlóan a lepattant felület is fényes, kopott. M: 36x9x6 mm.			1		
	1212	gödörház ?	csont gomb ?	<i>Sus domesticus</i> metatarsus III	A metatarsus diaphysisének közepe dorsoplantarisan átfúrt egy kb 6x6 mm-es, amorf alakú lyukkal. A lyuk szélei kevésbé kopottak. A csont felszíne enyhén. A proximális epiphysis alatt dorsalisán sekély, vékony, rövid vágásnyomok. M: 77x22 mm.			1		
			ismeretlen funkció	<i>Sus domesticus</i> ujjperc I	Látszik a proximális epiphysis összecsontosodási vonala. A palmaris/plantar is felülete enyhén, fényesre lecsiszolt. M: 37x17x13 mm.			1		
	1230	gödör	amulett	<i>Canis familiaris</i> dens max.	Az egész fog fényes. A gyökér egy 3 mm lyukkal átfúrt a gyökércsúcsához közelebb. A lyuk pereme kevésbé kopott, így valószínű keveset használták. M: 38x11x8 mm.			1		
			ismeretlen funkció	<i>Equus caballus</i> metacarpus	A proximális epiphysis közepén egy 14 mm átmérőjű, 10 mm mély lyuk látszik, ill. a proximális epiphysis helyenként lecsiszolt/koptatott. M: 231x50x23 mm.			1		
			nyél?	<i>Equus caballus</i> metatarsus	A proximális epiphysis lecsiszolt és egy 22 mm átmérőjű lyukkal átfúrt a csont hossz tengelyében. A dia-			1		

Korszak	SE	Objektum típus	Tárgytípus	Nyersanyag	Leírás	Bp. XI. Királylilom u.	Bp. XI. Felsőhatár út 4, Sasad Cordia 5. ütem	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Kőoltár u. 3.	Bp. XI. ker. Pagus utca 2. SR8
római					physis végig és a distalis epiphysis is kézfényes, valószínű a fogástól. A csont hossz tengelyében és distalis epiphysis felőli végén három részre törött. Két külön zacskóból jött a három töredék. M: 271x51x43 mm.					
	1243	épület omladék réteg	tű	Nagypatás hosszúcsont	Egy kerek keresztmetszetű (átm: 3-4 mm) tű szártöredéke. Régi törési felületekkel. Nincs meg se a felső, se az alsó, hegyes vége. A felületén még látszódnak a kaparás és csiszolás nyomai. Valószínűleg keveset használták. M: 64x1 mm.			1		
	115/135 és ?	épület omladék réteg + betöltés + szórvány	elefántcsont tárgy	Elephantinae dens max	Elefántcsontból készült csonttárgy töredékei. Majdnem teljes. Lemezesen is töredezett. Friss és régi törési felületek. Egy kisebb perem töredék az SE115/135-ből, a többi 4 töredék szórványból az SE204 és 218 között. Kerek átmérőjű, 11 mm magas, közepén egy 4 mm átmérőjű lyukkal. A közepén 22 mm átmérőjű kör alakban, 11 mm magasan kiemelkedik, melynek peremén 2 db 1 mm-nél vékonyabb sávban körben vonaldíszített. Mind a 35 mm átmérőjű, mind a 22 mm átmérőjű fele lecsiszolt. Lehet. hogy egy bútordisz vagy bútorgomb talpa volt, amire még jött felülre egy más anyagból (talán fából) készült bútorgomb. 35 mm átmérőjű. Felületén látszódnak a Schreger-vonalak. M: 35x11 mm.	1				
	203/214	természetes feltöltődési réteg + pusztulási réteg	zseton	<i>Cervus elaphus</i> agancs	21 mm átmérőjű, 4 mm vastag zseton. A közepén a lapos, sík felén egy kis lyukkal bemélyített, ill. a peremétől kb. 1,5 mm-rel egy vékony csíkkal körberajzolt. A másik oldala enyhén domborúra csiszolt. M: 21x4 mm.	1				
	213/240	természetes feltöltődési réteg + fal	megmunkált	<i>Cervus elaphus</i> agancs	Valószínűleg agancsból készült. Hengeres, tompaszögű, 12 mm átmérőjű, minden oldalán lecsiszolt, lekerekített tárgy, aminek az egyik felén egy 3 mm átmérőjű lyukkal átfúrt (nem tűnik természetes lyuknak). Az egyik ága lelapítottabb, mintha egy kis csizma forma talpa lenne. Talán horog lehetett (?). M: 69x10x11 mm.	1				
	10	sír	pont-kör díszes lemez	<i>Cervus elaphus</i> agancs	Fehérre égett, pont-kör motívummal díszített agancs (?) lemez töredéke. M: 9x7x1 mm.					1
	115	sír	gömbös fejű tű	Nagypatás hosszúcsont	8 mm átmérőjű gömbben végződő fejű, kerek kereszt-metszetű tű töredékei (valószínű egy tárgy részei).					1

Korszak	SE	Objektum típus	Tárgytípus	Nyersanyag	Leírás	Bp. XI. Királylilium u.	Bp. XI. Felsőhatár út 4. Sasad Cordia 5. ütem	Bp. XI. Rupphegyi út 8. – Kőoltár u. 5. SR6	Bp. XI. Kőoltár u. 3.	Bp. XI. ker. Pagus utca 2. SR8
római	18/19	gödörház + betöltése	csontlap	Nagypatás hosszúcsont	29x29 mm-es négyzetes, 9 mm vastag csontlap a hosszúcsont diapysiséből kifaragva. 4 db 8 mm átmérőjű esztergált pontkör dísszel (olyan, mint egy dobókocka egyik oldala, csak nagyban és lapos felületen). Valamilyen díszítés. M: 29x29x9 mm.				1	
			hajtű	Nagypatás hosszúcsont	6 mm átmérőjű csúcsosodó gömbben végződő, kerek keresztmetszetű (2x4 mm), ép hajtű, hosszanti felületkialakító kaparásnyomok látszódnak. M:119x5 mm.				1	
			tű	Nagypatás hosszúcsont	Kerek keresztmetszetű (4 mm), régi törésfelületű tű alsó töredéke. Hosszanti felületkialakító kaparásnyomok látszódnak. M:69x5 mm.				1	
			tű	Nagypatás hosszúcsont	Kerek keresztmetszetű (4 mm), friss és régi törési felületű tű középső töredéke. M:47x4 mm.				1	
			varrótű	Nagypatás hosszúcsont	Nyolcas (5x3 mm) és kör (3 mm) alakú lyukkal ellátott, íves, lapított fejű varrótű. Hosszanti felületkialakító kaparás-nyomok látszódnak a rajta. Ép. M: 122x6x4 mm.				1	
Összesen						7	1	14	5	2

13. táblázat: Három római kori település fauna-összetétele
Table 13.: Faunal composition of three Roman-period settlements

Állatfaj / Lelőhely	MADÁRHEGYI lelőhely komplexum római kori (Kr.u. 1-3. sz.) állatmaradványai		PÁTY 9. római kori (Kr.u. 1-4. sz.) telepének állatmaradványai (KÖRÖSI 2007, 348.)		BARACS–BOLDOG-DŰLŐ római kori (Kr.u. 2-3. sz.) telepének állatmaradványai (LJUBLJANOVICS 2023, 2-3.)	
	NISP	%	NISP	%	NISP	%
Szarvasmarha / <i>Bos taurus</i>	1103	24	3340	41,29	1095	39,6
Juh / <i>Ovis aries</i>	74	1,6	1374	17	50	1,8
Kecske / <i>Capra hircus</i>	25	0,5	14	0,17	11	0,4
Juh/kecske / <i>Ovis/Capra</i>	755	16,5			326	11,8
Házisertés / <i>Sus domesticus</i>	367	8	1140	14,1	224	8,1
Háziló / <i>Equus caballus</i>	562	12,3	1013	12,52	608	22
Házisamár / <i>Equus asinus</i>	3	0,06	9	0,1	3	0,1
Házikutya / <i>Canis familiaris</i>	617	13,5	898	11,1	124	4,5
Házimacská / <i>Felis catus</i>			7	0,09		
Háziemlős összesen	3506	76,5	7795	96,37	2441	88,2
Óstulok / <i>Bos primigenius</i>			5	0,06	2	0,07
Európai bölény / <i>Bison bonasus</i>					3	0,1
Gímszarvas / <i>Cervus elaphus</i>	10	0,2	28	0,35	1	0,04
Európai őz / <i>Capreolus capreolus</i>	4	0,09	4	0,05	19	0,7
Vaddisznó / <i>Sus scrofa</i>			3	0,04		
Barnamedve / <i>Ursus arctos</i>	1	0,02				
Vörös róka / <i>Vulpes vulpes</i>	1	0,02	1	0,01	51	1,8
Mezei nyúl / <i>Lepus europaeus</i>			4	0,05	1	0,04
Mezei hörcsög / <i>Cricetus cricetus</i>	17	0,4				
Közönséges ürge / <i>Spermophilus citellus</i>	3	0,07				
Vademiőlős összesen	36	0,8	45	0,56	77	2,75
Házityúk / <i>Gallus domesticus</i>	23	0,5	141	1,74	31	1,1
Házilúd / <i>Anser domesticus</i>	1	0,02	8	0,1	1	0,04
Fehér gólya / <i>Ciconia ciconia</i>					1	0,04
Holló / <i>Corvus corax</i>					2	0,07
Vágómadárféle / Accipitridae	1	0,02				
Madár / Aves indet.	3	0,07	1	0,01	3	0,04
Madarak összesen	28	0,6	150	1,85	38	1,29
Ponty / <i>Cyprinus carpio</i>			3	0,04	3	0,04
Tokféle / Acipenseridae	1	0,02				
Halak / Pisces	1	0,02				
Halak összesen	2	0,04	3	0,04	3	0,04
Mocsári teknős / <i>Emis orbicularis</i>			1	0,01	1	0,04
Hüllők összesen	0	0	1	0,01	1	0,04
Pannon csiga / <i>Cepaea vindobonensis</i>	2	0,04				
Éti csiga/ <i>Helix pomatia</i>	3	0,07				
Csiga / Gastropoda	11	0,2				
Folyami kagyló / <i>Unio</i> sp.	2	0,04				
Osztrigaféle / Ostreidae	1	0,02				
Festőkagyló / <i>Unio pictorum</i>					1	0,04
Kagyló / Bivalvia	10	0,2				
Puhatestűek összesen	29	0,6	0	0	1	0,04
Tulokféle / <i>Bos</i> sp.	2	0,04				

Állatfaj / Lelőhely	MADÁRHEGYI lelőhely komplexum római kori (Kr.u. 1-3. sz.) állatmaradványai		PÁTY 9. római kori (Kr.u. 1-4. sz.) telepének állatmaradványai (KÖRÖSI 2007, 348.)		BARACS–BOLDOG-DŰLŐ római kori (Kr.u. 2-3. sz.) telepének állatmaradványai (LJUBLJANOVICS 2023, 2-3.)	
	NISP	%	NISP	%	NISP	%
Elefántféle / Elephantidae, Gray 1821	1	0,02				
kisemlős			10	0,12		
nyúl méretű emlős	4	0,09				
kutya méretű emlős	161	3,5			4	0,1
kispatás	296	6,5				
nagypatás	521	11,4			202	7,3
Meghatározhatatlan			85	1,05		
<i>Nem meghatározható összesen</i>	985	21,5	95	1,17	206	7,4
Összesen	4586	100%	8089	100%	2767	100%

OPTIMAL LAND COVER MODEL AND ECOLOGICAL BACKGROUND OF THE MEDIEVAL SETTLEMENTS IN THE CSÓKAKŐ DOMAIN

A CSÓKAKŐI URADALOM KÖZÉPKORI TELEPÜLÉSEINEK OPTIMÁLIS FELSZÍNBORÍTOTSÁGI MODELLEZÉSE ÉS KÖRNYEZETI HÁTTERE*

MESTERHÁZY, Gábor 

Hungarian National Museum Public Collection Centre, Hungarian National Museum,
National Museum of Archaeology

E-mail: mesterhazy.gabor@hnm.hu

Abstract

The combined analysis of archaeological settlement networks and environmental conditions has significantly enhanced our understanding of past societies and their interaction with a changing environment. This study seeks to explore a new methodological approach for visualising and modelling the optimal land cover of a microregion. The starting point was the Second Military Survey of the Habsburg Empire, which provided spatially accurate land cover data for the area of the former medieval Csókakő domain, located in Fejér and Veszprém counties.

A detailed GIS analysis of environmental variables—including pedology, geology, topographic wetness index, aspect, and landform classification—and the application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) for weighting resulted in probability maps for the various land cover types within the study area. A primary optimal land cover model, forming the basis for a geographically induced land cover model, was created by selecting, for each 25 × 25 m cell, the land cover type with the highest probability value.

The results of the land cover patterns in the 1,500-metres buffer zones around known medieval settlements were also compared with data from a common valuation estimation (aestimatio communis) dated 1493, which contains detailed information on Late Medieval land use in these areas.

Kivonat

A régészeti településhálózatok és a természetföldrajzi környezetre vonatkozó adatok együttes értelmezése nagyban kitágította az egykori közösségek megértését egy folyamatosan változó környezetben. Jelen tanulmány célja egy mikrorégió optimális felszínborítottságának modellezése és megjelenítése egy új módszertani megközelítéssel. A modellezés kiindulópontja a Második Katonai Felmérés volt, amely az egykori csókakői uradalom területéről pontos felszínborítottsági adatokat szolgáltatott. A környezeti fedvények (talajtan, geológia, vízárság index, kitettség, felszínformák) részletes térinformatikai elemzése és az Analytic Hierarchy Process módszer adatsúlyozási felhasználása az egyes felszínborítottsági típusokról a kutatási terület egészén külön-külön egy valószínűségi térképet eredményezett. A különböző felszínborítottsági valószínűségi térképek közül a legmagasabb értékűt kiválasztva létrejött a 25 × 25 méteres felbontású elsődleges optimális felszínborítottsági modell. A modellezési eredmények tesztelése a csókakői uradalom ismert középkori településeinek 1500 méter sugarú buffer zónájában található felszínborítottsági típusok megoszlásának és az 1493-as közbecsűben (aestimatio communis) található településekhez tartozó művelési ágak területi összevetésével valósult meg.

KEYWORDS: GIS ANALYSIS, LAND COVER, MEDIEVAL SETTLEMENT PATTERN, OPTIMAL LAND COVER MODELLING

KULCSSZAVAK: TÉRINFORMATIKAI ELEMZÉS, FELSZÍNBORÍTOTSÁG, KÖZÉPKORI TELEPÜLÉSHÁLÓZAT, OPTIMÁLIS FELSZÍNBORÍTOTSÁGI MODELLEZÉS

* How to cite this paper: MESTERHÁZY, G., (2025): Optimal land cover model and ecological background of the medieval settlements in the Csókakő domain, *Archeometriai Műhely* XXII/4 291–310.

doi: [10.55023/issn.1786-271X.2025-022](https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2025-022)

Introduction

The simultaneous study of long-term archaeological settlement patterns and environmental changes have proven highly beneficial over recent decades, significantly advancing our understanding of past societies and their interactions with the natural world. An important kind of investigation is land cover and land use change (LCLUC), which is increasingly attracting the attention of historians and archaeologists alike (Chang-Martinez et al. 2015; Hughes et al. 2018; Morisson et al. 2021; Sugita 2007).

The analysis of pollen and multi-proxy palaeo-ecological data has provided valuable insights into how human activity has shaped the landscape, while also shedding light on the ways in which changing environmental conditions have both necessitated and constrained human adaptation. Although such datasets often provide a micro-regional overview of long-term processes, their spatial extent and resolution are inherently limited by the nature of pollen accumulation and the methods of data collection (Deza-Araujo et al. 2022; Füzesi et al. 2006; Magyari et al. 2012; Sümegi et al. 2005; Trondman et al. 2015; Vareilles et al. 2021).

Our methodology is based on the premise that land cover patches within the landscape are shaped by both environmental and human influences. This enables the analysis of the spatial distribution of different land cover types—such as forests, pastures, arable lands, or wetlands—on an individual basis (Apronen et al. 2019; Lespez 2025). The general aim of these optimal land cover (OLC) calculations is to assess the environmental characteristics of each land cover type through a Geographic Information System (GIS)-based approach, resulting in individual land cover probability maps. Naturally, swamps and wetlands are expected to occupy low-lying areas, arable lands to be situated on higher ground, and mountainous zones to be predominantly covered with forests and, to some extent, pastures (Andrásfalvy & Vargyas 2009). The separate modelling of these land cover types as probability maps enables pixel-level comparison at a microregional scale.

In this study, we focus on the area of the former medieval Csókakő Castle domain in Fejér County, Central Hungary, to explore and identify potential land cover changes between the Middle Ages and

the Modern Period. Based on the modelled results, we also examine the economic contributions of the settlements to the structured life of the domain.

Study area and datasets

Study area

The main castle and centre of the later domain in Csókakő was founded by the Csák kindred in the second half of the 13th century on the southern slopes of the Vértes Mountains. Later, in the 14th–16th century, it was owned and developed by kings and noble families like the Rozgonyis, the Kanizsais, the Nádasys, and the Bakics. The castle and the domain became occupied during the 1543–1544 Ottoman military campaign and remained under Ottoman rule until 1687, except for a few years during the Long Turkish War in 1593–1606 (Hatházi 2010; Hatházi & Kovács 2019; Bocsi et al. 2023).

Csókakő Castle lies approximately 25 km north of the medieval royal town of Székesfehérvár. Once it controlled a section of the pilgrimage road from Western Europe to Jerusalem between Győr and Székesfehérvár and some adjacent military and trade routes. Based on written sources, the most active period of the domain was between 1430 and 1511: fifteen charters and estimations from this period mention about 32 permanently or temporarily inhabited settlements, villages and partial estates in the medieval Fejér and Veszprém counties (Bocsi 2006; Bocsi 2007; Hatházi 2010; Bocsi et al. 2023); of these, only 24 has been identified with archaeological methods (with varying spatial accuracy).

The 1,458 km² study area was defined based on the all-time largest extent of the former Csókakő Castle domain by fitting and merging a 5 km buffer zone around the known medieval settlements, which is roughly an hour walk by foot. The microregion is comprised of parts with diverse terrain, including wetlands and swamps in the Mór Ditch, south of the Vértes Mountains, and the close vicinity southwest of Lake Velence, the Vértes and Bakony Mountains emerging in the north, and hills north of Lake Velence and northeast of the Vértes Mountains (Dövényi 2010). The locations of the medieval archaeological sites were determined based on data obtained from the Hungarian National Site Registry; each site is marked with its centroid point on the map (**Fig. 1.**).

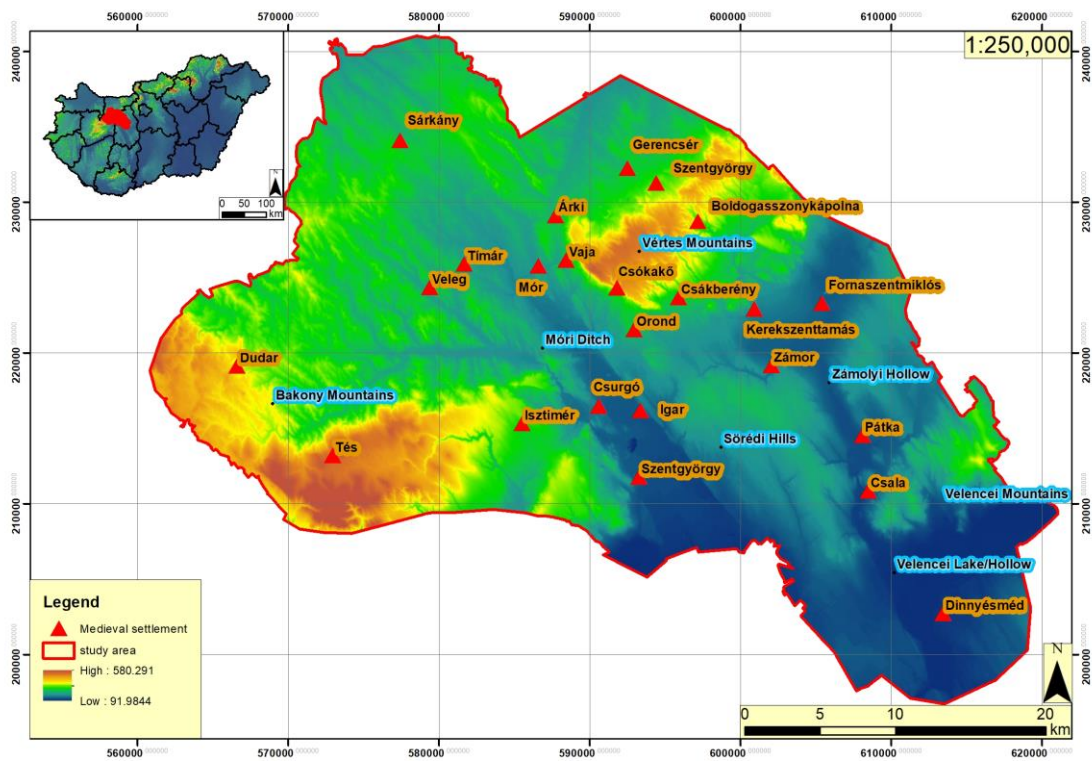


Fig. 1.: DEM of the study area with microregions and the medieval settlements of the Csókakő domain
1. ábra: A vizsgálati terület domborzatmodellje, tájegységei és a csókakői uradalom középkori települései

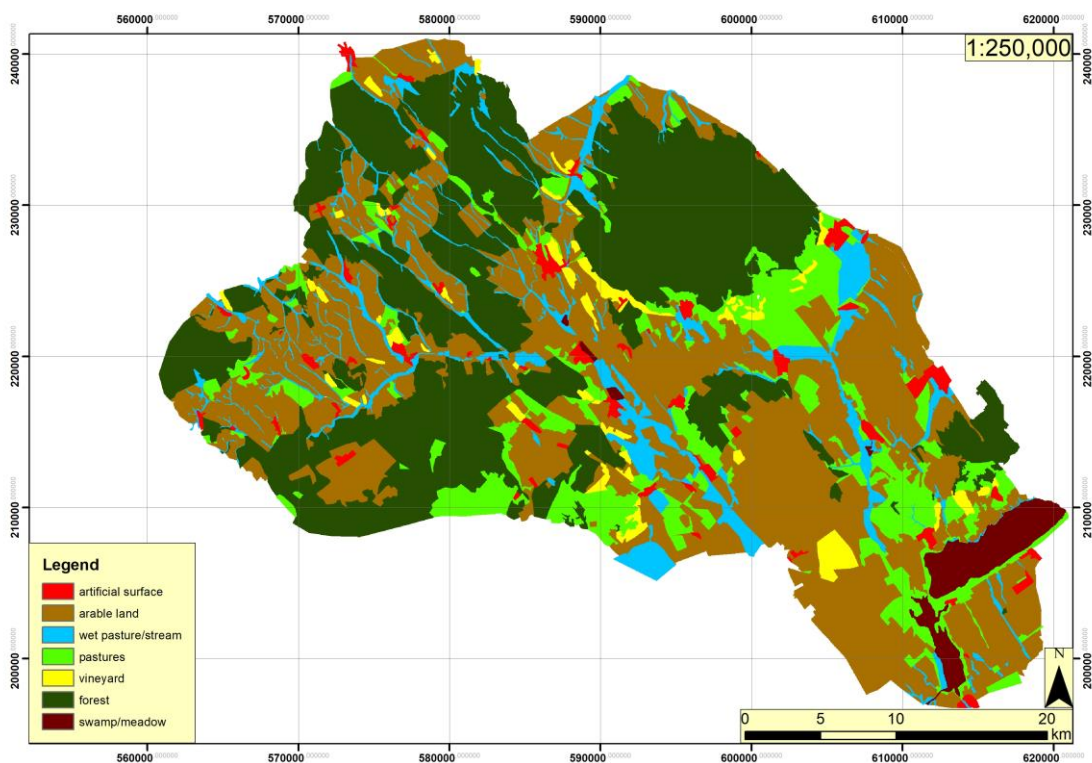


Fig. 2.: Land cover categories of the Second Military Survey
2. ábra: A Második Katonai Felmérés felszínborítottsági kategóriái

Environmental datasets

Basic land cover data for the microregion were collected from the Second Military Survey of the Habsburg Empire, which may be considered the first countrywide survey programme in the Kingdom of Hungary with the spatial accuracy and a unified land cover template suitable for modelling purposes (Arcanum 2005; Jankó 2007, 62–63). Conducted across the kingdom with varying intensity between 1819 and 1869, the survey covered most of the study area in 1847 (Jankó 2007, 186). The duration of cadastral fieldwork and the application of a known geodetic data-gathering system far surpassed the detail and spatial accuracy of the First Military Survey. Moreover, the Second Military Survey in the microregion was conducted largely prior to the major water regulation projects of the 19th century (Jankó 2007, 62–63).

During the digitisation of the georeferenced dataset from the Second Military Survey, arable land, pastures, wet pastures or streams, forests, swamps, vineyards, and artificial areas were separated and vectorised into a shape file. Arable lands (40.42%) and forests (33.49%) dominated the mid-19th-century landscape. Pastures (12.02%) and wetlands and streams (7.22%) were also significant, while vineyards, artificial areas, and swamps each occupied only 2–3% of the microregion (Fig. 2).

The environmental properties of the land cover classes were extracted from specific GIS layers. The 1-metre interval contour lines were derived from the 5 × 5 m digital elevation model (DEM) of Hungary. Following smoothing, the *Topo to Raster* script (<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/topo-to-raster.htm>, last accessed on 24.04.2025) was used in ArcMap 10.4 to generate a new DEM with a resolution of 10 × 10 m. Aspect (<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/aspect.htm>, last accessed on 24.04.2025) and landform classification (Jenness 2013) layers were derived from this updated DEM, while Topographic Wetness Index calculations were performed in SAGA GIS (https://saga-gis.sourceforge.io/saga_tool_doc/2.1.3/ta_hydrology_20.html, last accessed on 24.04.2025).

The pedology layer was obtained from the AGROTOPO database (<http://maps.rissac.hu/agrotopo/>, last accessed on 24.04.2025), and geological data were sourced from the MÁFI database (<https://map.hugeo.hu/fdt100/>, last accessed on 24.04.2025). All environmental layers were classified into integer-type formats and converted into standardised 25 × 25 m raster datasets.

Modelling process

Data collection

A regular point grid was fitted over the study area by aligning the gridded points into the centre of the 25 × 25 m raster cells of the environmental layers, comprising approximately 2,300,000 points. The land cover types from the digitised Second Military Survey maps and all environmental data were linked to each point through spatial joining.

A multi-scalar approach was employed to gain a comprehensive understanding of the environmental characteristics associated with the various land cover types. A 100 × 100 m regular point grid, consisting of around 143,000 points, was laid on the study area, and spatial joining was used to aggregate data from the combined 25 × 25 m point grid within 30-, 200-, and 500-m buffer zones. Next, the multi-scalar results were separated by land cover type and the distribution of the environmental layer categories were calculated in each case. The environmental layer's overall distribution within the whole study area was calculated by categories and compared with the multi-scalar results for each land cover type to define its most likely occurrences within the study area.

Data weighting

Positive and negative predictor categories of environmental layers were identified by determining the variance between the general and individual distribution values for each land cover type. As these values differed for every land cover type, the weight values for each were defined independently through a multi-level weighting process.

A slightly modified version of the Analytic Hierarchy Process (AHP) was implemented for weighting. AHP is a widely used multi-objective decision-making method that integrates qualitative and quantitative datasets to provide a comprehensive understanding of large, complex systems (Saaty 1977; Saaty 1980; Saaty 1987; Saaty & Vargas 2006). In this method, data is structured into a logical hierarchy, which is subsequently assessed at each level by breaking down the decision-making process into smaller components. Based on expert judgement – or in our case, measured data – the method involves ranking the importance of each variable on a scale from 1 (least important) to 9 (most important) at every level and within each group, using pairwise comparisons between all variables (Saaty matrix) to determine each element's weight. AHP allows for the management and organisation of different hierarchy levels by weighting them within a unified, closed system.

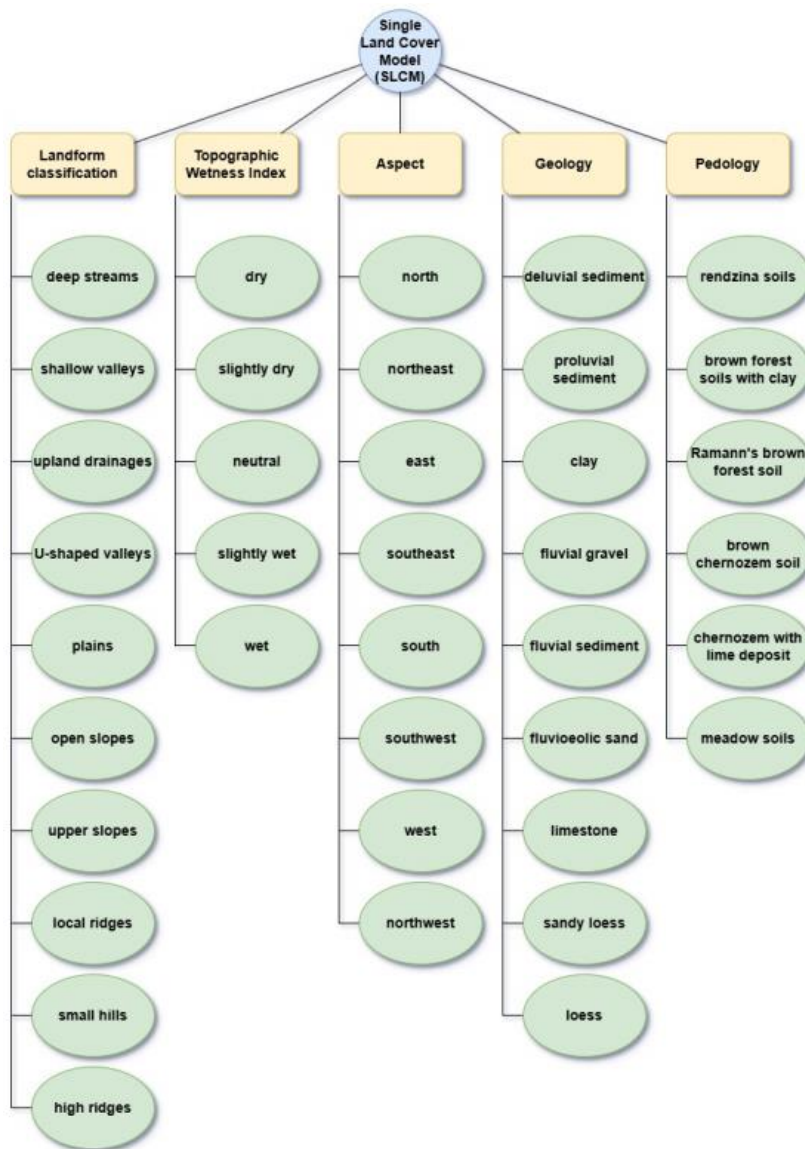


Fig. 3a: Lower and higher hierarchy levels (AHP) of weighting in the optimal land cover model

3a ábra: Az optimális felszínborítottsági modellezés súlyozása az alsó és felső hierarchikus szinteken (AHP)

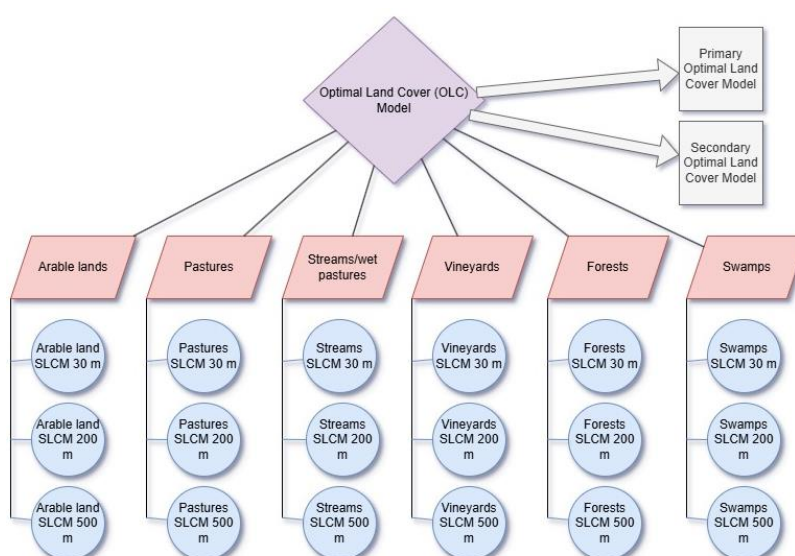


Fig. 3b: Data structure of the optimal land cover model

3b ábra: Az optimális felszínborítottsági modell adatszerkezete

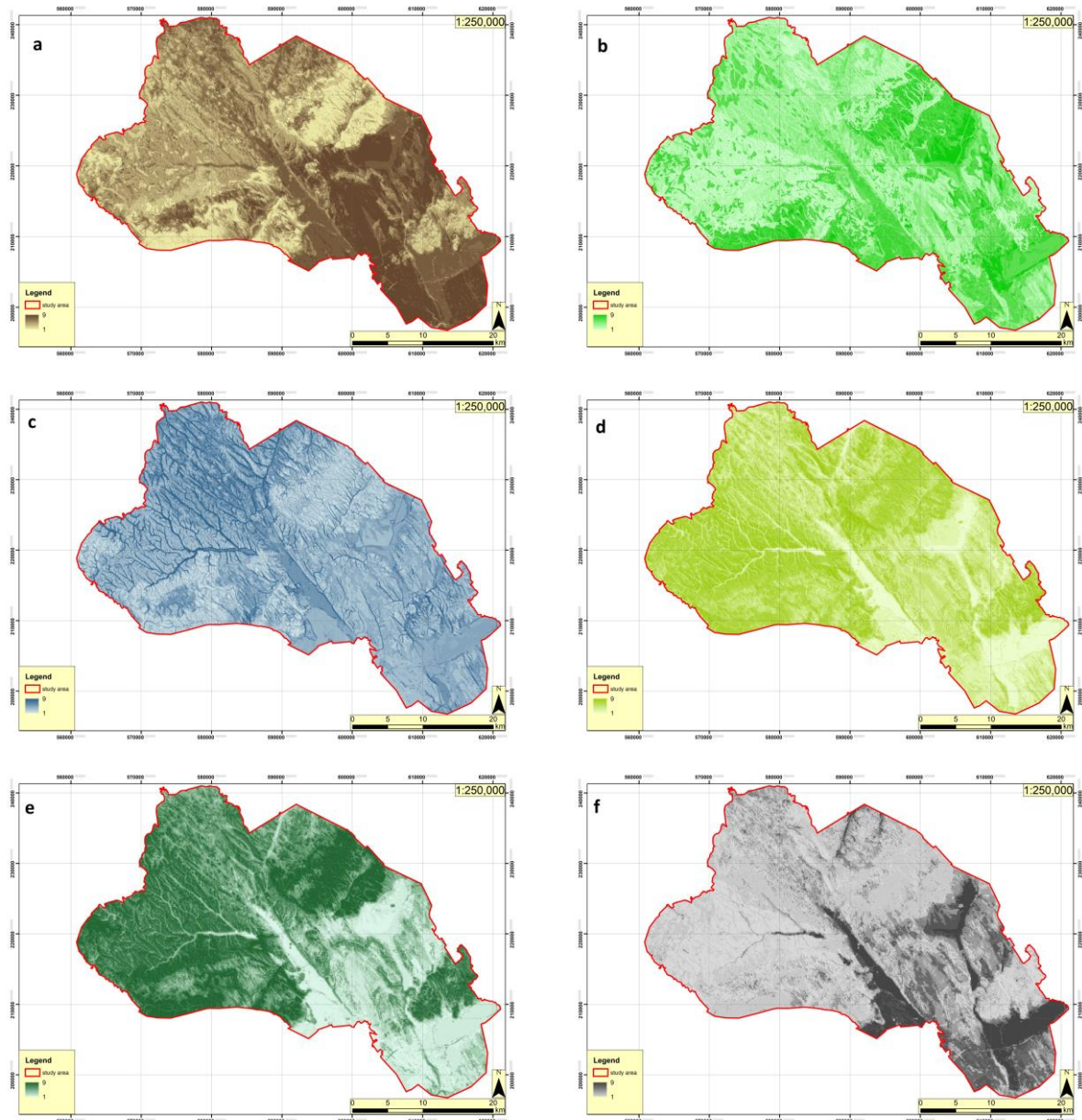


Fig 4.: Optimal land cover probability maps for a, arable land, b, pastures, c, streams and wet pastures, d, vineyards, e, forests, f, swamps

4. ábra: Optimális felszínborítottsági valószínűségi térképek szántóterületekhez a, legelőkhöz b, vízfolyásokhoz és vizes gyepekhez c, szőlőkhöz d, erdőkhöz e és mocsaras területekhez f

In our case, a two-level weighting approach was applied. Data related to every environmental layer category were weighted separately on the lower level, and the relative importance of the environmental layers themselves within the model was assessed on the higher level. At the lower level, the general distribution of each environmental layer's category was defined for the whole study area, as well as the unique distribution for each specific land cover type. The two values were then subtracted from one another. The largest negative and positive difference values were assigned weights of 1 and 9 respectively, regardless of the

overall range of variance, while intermediate values were calculated proportionally and rounded to whole numbers. Through these calculations, the overall range of variance of the environmental layer categories (lower hierarchy level) determined their own overall weight values at the higher hierarchy level. As such, greater data variance and significant deviation from the general distribution resulted in a higher overall weight.

This process concluded in the creation of a Single Land Cover Model (SLCM) (**Fig. 3a**) (Khaira & Dwivedi 2018; Nicu 2016; Saaty & Vargas 2006;

2012; Whitaker 2007). The procedure was repeated for each of the six land cover types across the multi-scalar buffer zone datasets at 30-, 200-, and 500-metres scales, producing a total of 18 sub-SLCMs (Fig. 3b).

The results of the two-level weighting process were integrated into the *ArcMap Weighted Overlay* tool (<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/weighted-overlay.htm>; last accessed on 24. 04. 2025) to visualise the probability of the spatial occurrence of each land cover type across the entire study area. The resulting probability maps for each land cover type were combined using a 50%–30%–20% weighting ratio for the 30 m, 200 m, and 500 m buffer zones, respectively, thereby assigning greater importance to the smaller (more localised) buffer zones.

These individual maps, scaled from 1 to 9 in accordance with the AHP calculations, highlighted areas of higher and lower suitability for each land cover type (Fig. 4). The unified weighting approach also enabled the construction of a comprehensive Optimal Land Cover (OLC) model for the study area by selecting, for every 25×25 m pixel, the first (primary) and second (secondary) most probable land cover types (Figs. 5–6).

As a final step, 1,500 m and 5,000 m buffer zones were clipped from the primary OLC maps around the 24 known Late Medieval settlements, in order to analyse their immediately accessible surroundings and their broader ecological niche reachable within a typical daily round trip (Bintliff 2002; Chisholm 1979a; Simon 2022).

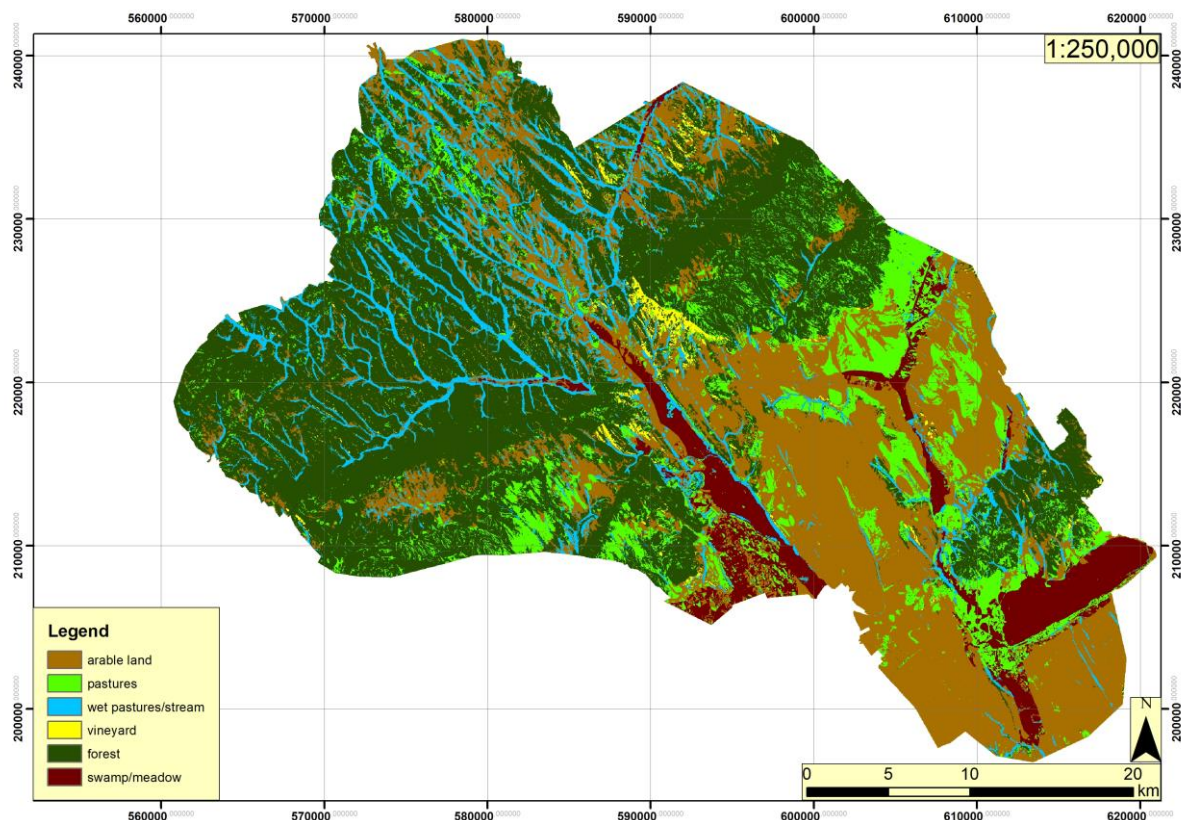


Fig. 5.: Primary optimal land cover map of the study area

5. ábra: A vizsgálati terület elsődleges optimális felszínborítottsági modellje

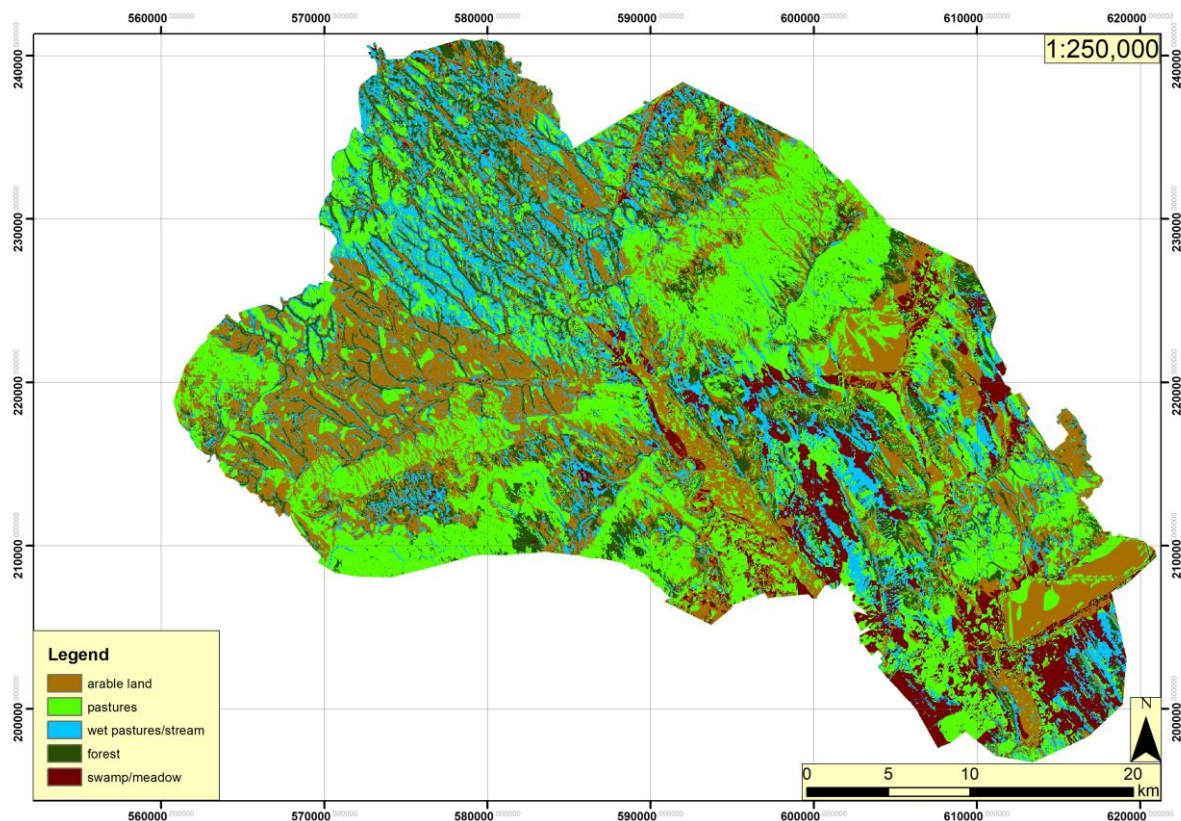


Fig. 6.: Secondary optimal land cover map of the study area

6. ábra: A vizsgálati terület másodlagos optimális felszínborítottsági modellje

Modelling results

The Second Military Survey and the optimal land cover models

The distribution of different land cover types on the Second Military Survey and the primary OLC map coincided in only 53.02% of the study area, although the overall proportions of the land cover types were broadly similar. Significant differences were primarily observed in the reduction of arable land and the increase in forested areas in the OLC model (**Table 1**). The spatial overlap between the land cover types across the two datasets revealed distinct patterns. While 93.4% of swamp areas were identical in both datasets, only 75.4% of forested areas, less than 50% of arable land, and under 30% of pastures, wet pastures, or stream-related zones showed similar spatial distributions (**Figs. 7–8**).

Arable land between Lake Velence and the Vértes Mountains occupied similar spatial positions in both datasets, whereas in the Söréd Hills, Velence Mountains, and Zámoly Basin microregions, significant areas were converted into pastures or forests. In the Bakony Mountains, arable land was predominantly modelled as forests. Large pasture areas near the Bakony, Velence, and Vértes Mountains

were similarly reclassified as forests, while the wet pastures of the Mór Ditch and areas south of the Vértes Mountains were reinterpreted as swamps by the OLC model. The primary wine-producing zones were identifiable on the southern slopes of the Vértes Mountains; however, vineyards depicted in the Second Military Survey were mostly represented as forested areas in the Bakony Mountains. Although these zones occasionally included small clusters of modelled vineyard pixels, this was inconsistent.

The extent of forests remained largely unchanged between the two datasets in the mountainous regions, though smaller patches of pasture and arable land appeared, contributing to a more mosaic-like landscape.

The Second Military Survey and the secondary OLC model showed identical land cover across 22.33% of the study area, with a more fragmented spatial pattern than the primary OLC model. When combined, the primary and secondary OLC models achieved a 75.35% match with the Second Military Survey within the study area.

Additional discrepancies appeared in the Mór Ditch and the region between the Vértes and Velence Mountains, where wet pastures were primarily

modelled as dry pastures or meadows. Vineyards associated with settlements across the study area tended to be modelled as either forests or arable land. The stream network in the Bakony Mountains also became more prominent in the modelling process, with forests, pastures, and arable lands frequently differing in small patches between the two datasets (Figs. 7c, 8–9).

Land Cover and the economic role of the medieval and Early Modern settlements in the Csókakő domain

The primary OLC model was used to examine the 1,500 and 5,000 m buffer zones surrounding the 24 medieval and Early Modern settlements within the Csókakő domain. This analysis focused on the closer and wider ecological niches, as well as the potential economic roles of individual settlements.

Signs of ecological determinism are partially evident in the modelled results, stemming from the complex geographical landscape of the study area, which includes water bodies, lowlands, hilly terrain, and mountainous zones (Apronen et al. 2019; Lespez 2025).

Settlements within the Csókakő domain situated between Lake Velence and the Vértes Mountains (Kerekszenttamás, Fornaszentmiklós, Zámor, Pátka, Csala and Dinnyésméd) are characterised by arable land dominance, ranging from 35% to 66%

of land cover types – indicating a primarily agricultural zone. The second most significant land cover is pasture, comprising 20–35%, while forests and swamps generally play a marginal role (Fig. 1., 10., Table 2).

Villages in the Mór Ditch (Csurgó, Igar, Szentgyörgy) and along the fringes of the Vértes (Mór, Vaja, Csókakő, Orond) and Bakony Mountains (Isztimér) display the most balanced distribution of land cover types. Lowland settlements are dominated by swamps, arable land, and forests, while those closer to the mountains are primarily surrounded by forests, arable land, or pastures – collectively accounting for 70–80% of land cover within the 1,500-metres buffer zones. In the wider 5,000-metres zones, the proportion of forests alone rises to over 40–60%, due to the proximity of extensive modelled forested areas in the mountains.

The influence of the Mór Wine District is most apparent in the buffer zones of nearby settlements. Vineyards account for 3–10% of land cover in the 1,500-metres zones, with reaching over 27% at Csókakő. However, the significant drop in vineyard coverage within the 5,000-metres zones (down to 1–7%) suggests these labour-intensive fields were easily accessible from the settlements, but spatially limited (Fig. 10, Table 2).

Table 1.: Comparison of land cover categories in the Second Military Survey and the primary optimal land cover model

1. táblázat: A Második Katonai Felmérés és az elsődleges optimális felszínborítottsági modell kategóriáinak összevetése

		land cover categories of the Second Military Survey							Sum
		artificial	arable land	pasture	stream/wet pasture	vineyard	forest	swamp	
land cover categories of the primary OLC	artificial	0	0	0	0	0	0	0	0
	arable land	0.83	19.84	2.68	0.81	0.5	4.77	0.14	29.57
	pasture	0.37	4.12	3.41	0.12	0.31	2.53	0.13	11
	stream/wet pasture	0.28	3.12	0.7	2.14	0.05	2.63	0.03	8.96
	vineyard	0.02	0.39	0.1	0.01	0.26	0.34	0	1.13
	forest	0.6	12.04	4.82	0.63	1.29	25.2	0	44.59
	swamp	0.03	1.56	0.8	0.18	0	0.01	2.16	4.75
Sum		2.14	41.07	12.52	3.9	2.41	35.49	2.47	100

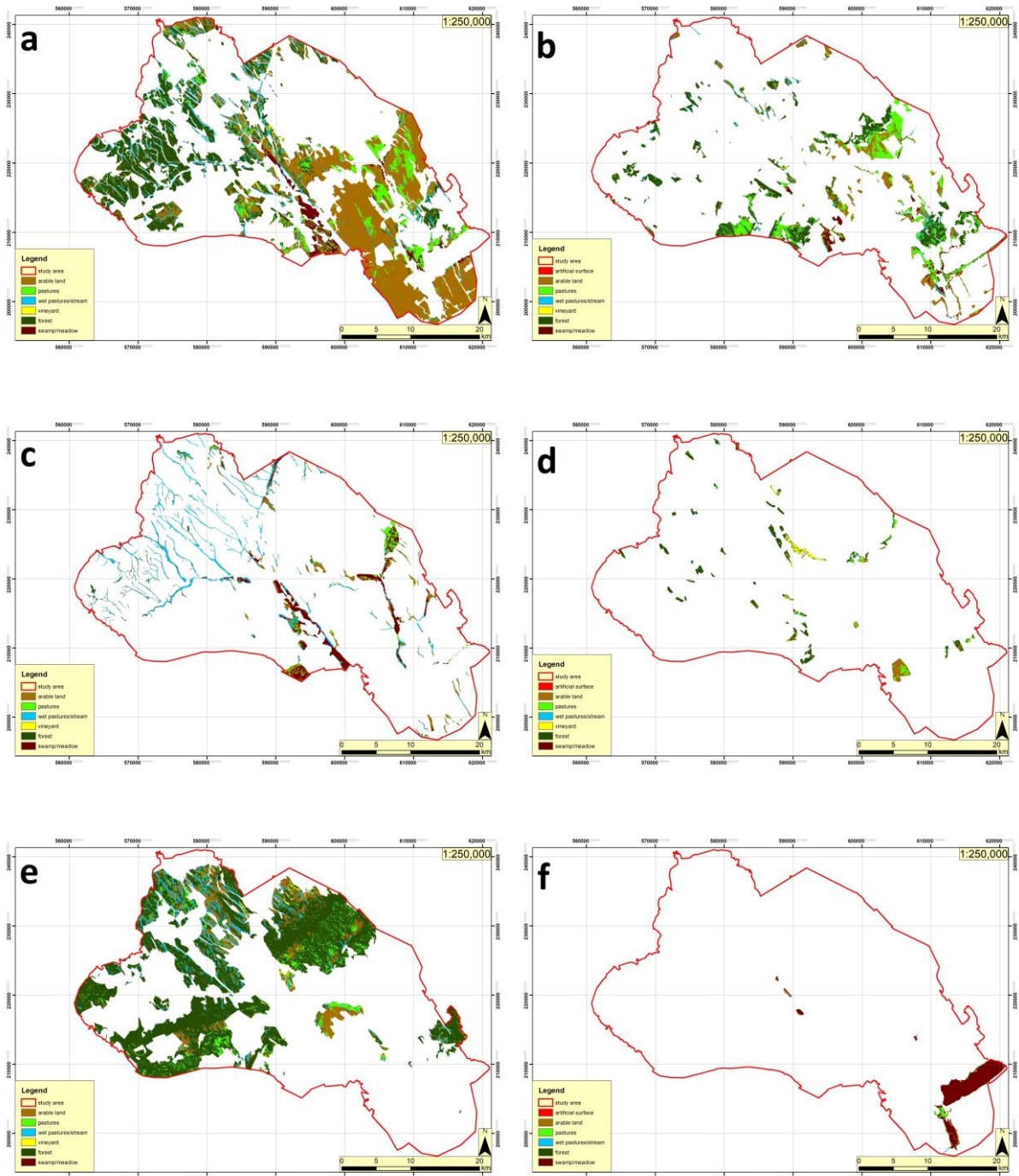


Fig. 7.: Optimal land cover modelling results of the different land covers recorded in the Second Military Survey. a, arable land, b, pastures, c, streams and wet pastures, d, vineyards, e, forests, f, swamps

7. ábra: A Második katonai felmérésen szereplő szántóterületek a, legelők b, vízfolyások és vizes gyepek c, szőlők d, erdők e, és mocsaras területek f, optimális felszínborítottsági modellezési eredményei.

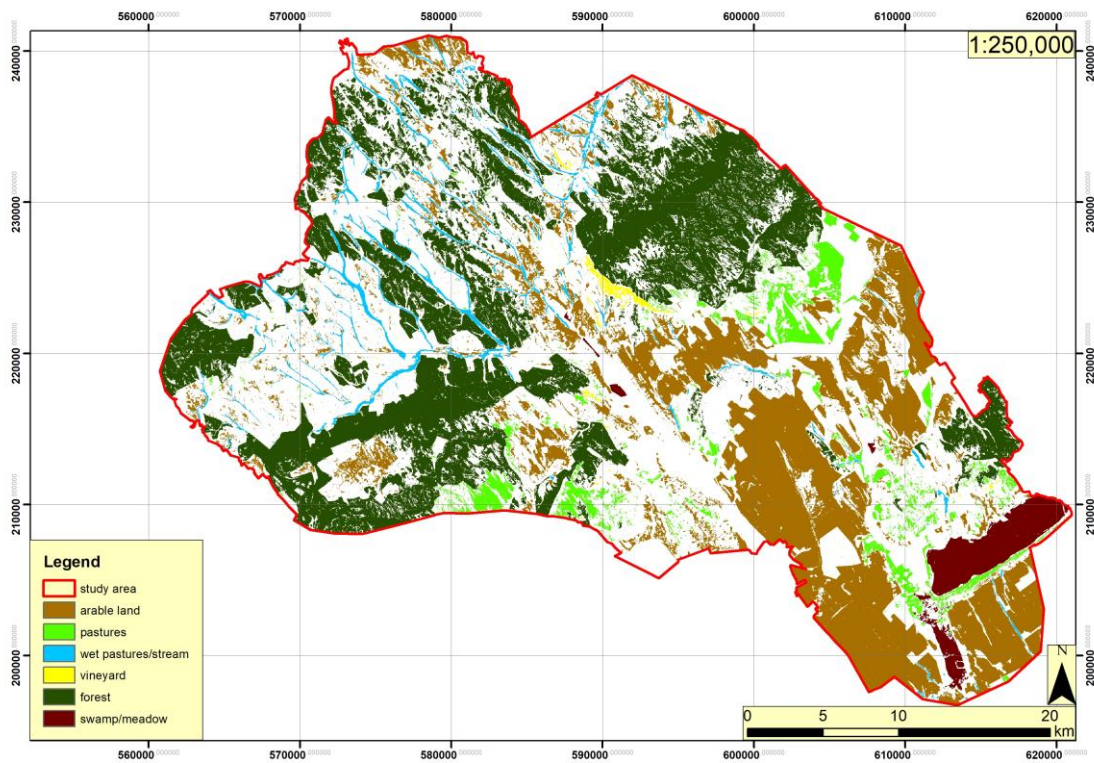


Fig. 8.: Identical land covers in the primary optimal land cover model and the Second Military Survey

8. ábra: Az elsődleges optimális felszínborítottsági modellen és a Második Katonai Felmérésen egyező felszínborítottságú területek

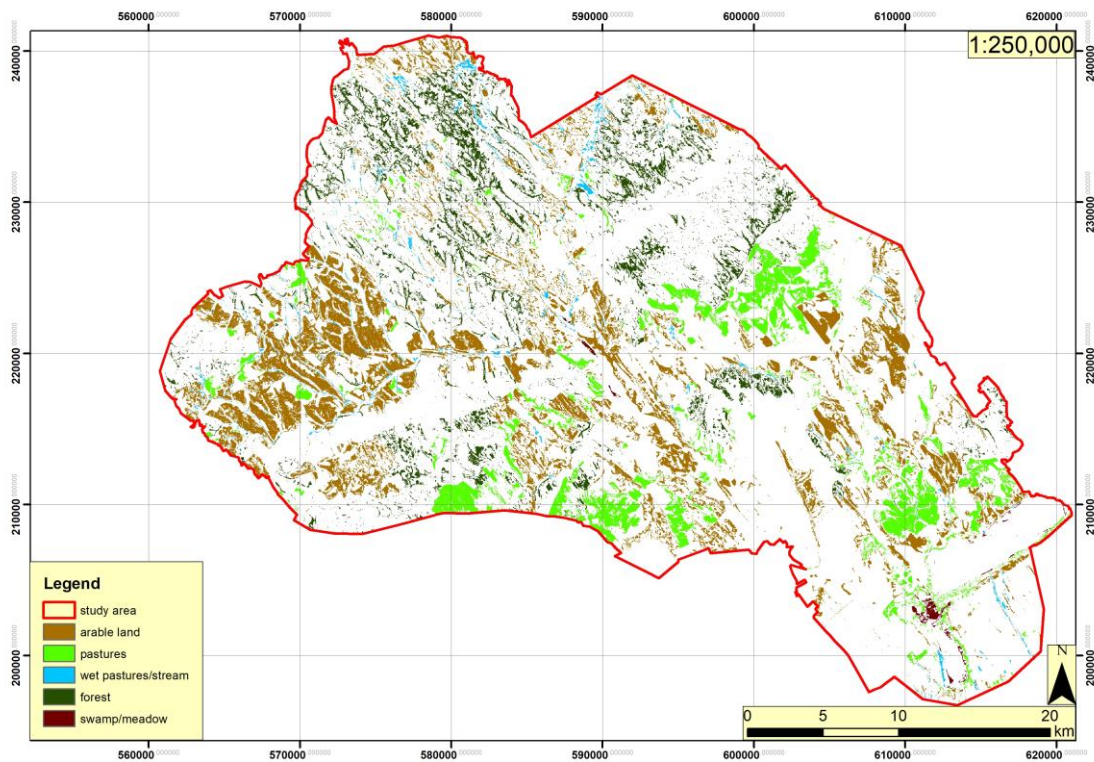


Fig. 9.: Identical land covers in the secondary optimal land cover model and the Second Military Survey

9. ábra: A másodlagos optimális felszínborítottsági modellen és a Második Katonai Felmérésen egyező felszínborítottságú területek

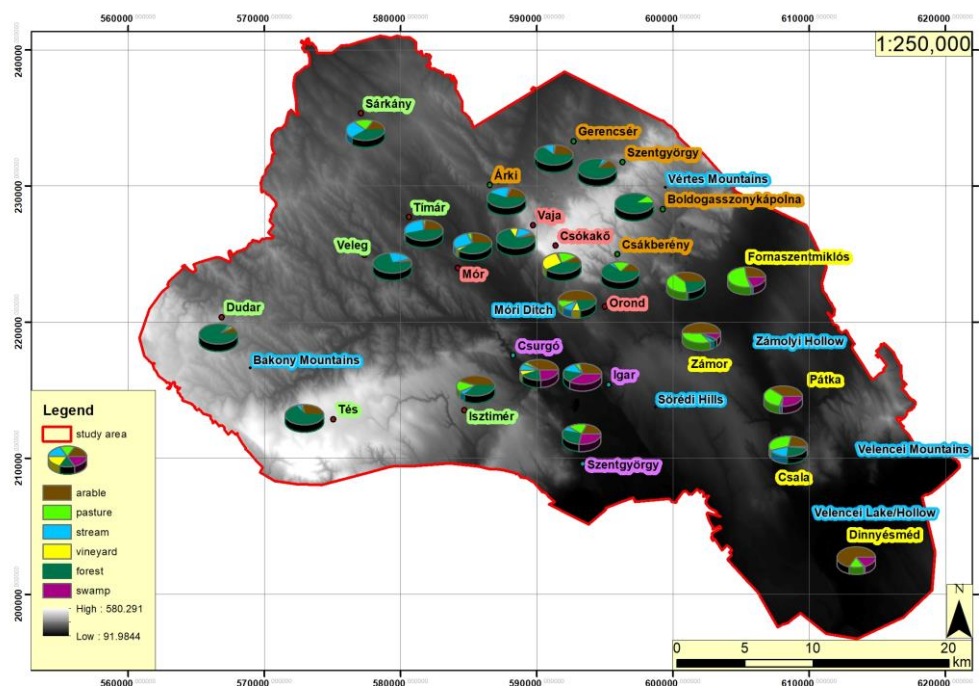


Fig. 10.: Distribution of land cover types in the 1,500-metre buffer zones of the known medieval settlements

10. ábra: Az ismert középkori települések 1500 méteres buffer zónájában található felszínborítottsági kategóriák összetétele

In the Vértés (Csákberény, Boldogasszonykápola, Szentgyörgy, Gerencsér, Árki) and Bakony Mountains (Sárkány, Tímár, Veleg, Dudar, Tés), forests dominate the landscape, covering 40–90% of the settlement areas and generally exceeding 60%. Given their geographical locations, swamps and vineyards play a marginal role, while 10–25% of arable land is typically accessible in the immediate vicinity. Pastures are significant only around Csákberény, Boldogasszonykápola, and Sárkány, where they represent approximately 10% of land cover. Local streams – covering 10–25% – are notably present on the lower northern slopes of the Bakony and Vértés Mountains (Veleg, Tímár, Sárkány, Árki, Gerencsér, Szentgyörgy) (Fig. 10, Table 2).

Model verification

Estimation from 1493 and the primary optimal land cover data around the settlements

In 1493, the Csókakő and Vitány castle domains were pledged, and a detailed perambulation was conducted to assess the lands of these domains (Bocsi 2024, 511–512; MOL OL DL 13455, 88167). The related estimation (*közbecsű* or *oklevél*) presents a unique opportunity to compare the modelling results with Late Medieval land cover, as it includes a detailed census of adjacent settlements (Csákberény, Csókakő, Csurgó, Igar, Mór, Sárkány, Tímár, Vaja, Veleg, Zámor, and [Kerek]-Szent-tamás), categorised by land cover

types (arable land, pastures, meadows, vineyards, and forests).

It must be acknowledged that the medieval village boundaries and the 1,500- and 5,000-metres buffer zones (corresponding to approximately 7 and 78.5 km² of area, respectively) around the settlements differ, and no precise information currently exists on the exact layout of medieval landholdings or ownership. Furthermore, population size likely influenced the extent of cultivated fields, making a direct comparison problematic (Table 3).

A strong correlation is observable between the recorded ‘population’ (*sessio populosa*) of the villages ($R^2 = 0.7842$) and the extent of arable land ($R^2 = 0.8942$) (Figs. 11–12), relative to the total area of non-forested land (ranging from 0.84 to 9.28 km²). This indicates a relatively consistent ratio between field size, agricultural output, and available labour force – suggesting a stable, at least self-sufficient, agrarian economy. Nevertheless, diversification in land use is evident in the varied distribution of land cover types. As also indicated by the model, meadows and pastures appear near all settlements, likely serving as sources of fodder and occupying roughly 10% of each village's area (Champion 1979; Chisholm 1979b; Ponsard 1983).

At Csurgó and Igar, located on the periphery of the Mór Ditch lowlands, the proportion of pastures and meadows is highest (50–60%), which may correspond with the increased presence of swampy areas

Table 2.: Distribution of land cover types (km²) in the 1,500- and 5000-metres buffer zones of the known medieval settlements. Accuracy of location: 1, on spot, 2, probable, 3, uncertain

2. táblázat: A különböző felszínborítottsági kategóriák megoszlása (km²) az ismert középkori települések 1500 és 5000 méter sugarú buffer zónájában. (az azonosítás pontossága: 1 – pontos, 2 – valószínű, 3 – bizonytalan)

id	Medieval village	Accuracy of localization	Site id HNSR	Modern settlement	Arable land (%)		Pasture (%)		Stream/wet pasture (%)		Vineyard (%)		Forest (%)		Swamp (%)	
					1500 m	5000 m	1500 m	5000 m	1500 m	5000 m	1500 m	5000 m	1500 m	5000 m	1500 m	5000 m
1	Árki	1	68373	Mór	19.17	20.63	1.88	2.64	22.78	18.72	0.15	3.24	55.99	54.28	0.04	0.49
2	Boldogasszonykáporna	1	98623	Gánt	0	5.97	10.75	10.49	0	1.66	0	0.00	89.25	81.84	0	0.04
3	Csákberény	1	97971	Csákberény	13.95	30.15	19.95	15.30	4.16	2.93	0.11	3.53	61.83	48.09	0	0.01
4	Csala	2	100183	Székesfehérvár	22.01	38.01	33	23.51	18.53	8.91	0.04	0.55	24.06	22.93	2.36	6.09
5	Csókakő Várallya	2	21791	Csókakő	8.82	22.06	20.14	8.90	1.81	6.63	27.2	7.19	42.03	52.11	0	3.11
6	Csorgó	1	21888	Fehérvárcsurgó	38.61	28.05	4.41	7.84	7.64	8.85	5.48	3.00	20.31	37.66	23.55	14.61
7	Dinnyésmed	1	57160	Gárdony	66.85	56.78	16.83	11.51	1.23	2.18	0	0.00	0.26	0.57	14.84	28.96
8	Dudar	1	7844	Dudar	7.8	5.90	3.49	2.85	3.19	8.94	0.06	0.46	85.44	81.84	0.01	0.00
9	Fornaszentmiklós	3	98043	Csákvár	26.99	36.58	52.61	41.04	2.7	1.57	0	0.12	0.2	10.54	17.5	10.14
10	Gerencsér	1	45879	Oroszlány	22.61	23.49	2.5	2.27	10.96	10.28	2.36	2.38	61.31	60.41	0.25	1.16
11	Igar	2	93113	Fehérvárcsurgó	28.18	38.76	5.26	9.13	12.86	8.80	0.09	1.58	14.24	23.18	39.38	18.55
12	Isztimér	1	21937	Isztimér	44.26	16.11	13.07	13.33	5.27	6.48	0.01	2.14	37.39	60.27	0	1.68
13	Kerekszenttamás	1	22431	Zámoly	37.6	31.89	38.28	32.15	0.48	2.79	1.5	0.43	22.14	29.38	0	3.36
14	Mór	1	39132	Mór	26.11	25.10	5.73	4.25	24.61	19.34	3.46	4.24	40.07	45.10	0.02	1.97
15	Orond	3	49416	Söréd	49.94	39.85	9.15	9.96	9.83	6.48	9.92	6.61	21.17	30.17	0	6.93
16	Pátka	1	22096	Pátka	38.8	49.37	31.03	21.21	3.11	7.71	0.28	0.72	0.86	15.40	25.92	5.59
17	Sárkány	2	64012	Bakonysárkány	16.25	24.17	21.63	9.95	22.47	23.18	0	0.05	39.64	42.63	0.02	0.01
18	Szentgyörgy	3	89419	Oroszlány	12.22	15.26	1.99	4.23	4.72	5.12	0	1.86	81.04	73.30	0.03	0.22
19	Szentgyörgy	3	22486	Iszkaszentgyörgy	18.58	19.56	21.26	16.61	6.03	7.05	0	1.04	26.15	29.47	27.98	26.27
20	Tés	1	9411	Tés	27.3	11.62	2.45	4.18	4.6	5.34	0	0.45	65.65	78.41	0	0.01
21	Tímár	1	68315	Mór	22.65	22.38	2.87	3.91	28.39	24.60	0.11	0.51	45.97	48.50	0	0.11
22	Vaja	3	98603	Mór	4.6	23.85	2.04	5.44	15.7	15.34	10.41	5.81	67.26	47.33	0	2.23
23	Veleg	1	98851	Nagyveleg	3.03	10.76	1.76	2.44	24.25	20.34	0.04	0.58	70.92	65.68	0	0.19
24	Zámor	1	22432	Zámoly	49.28	60.87	34.95	26.38	4.18	2.45	0.85	0.41	3.02	3.99	7.72	5.90

Table 3.: Proportion and size of land cover types based on the 1493 estimation**3. táblázat:** A felszínborítottsági kategóriák aránya és mérete az 1493-as közbecsű jegyzékben

		size (km ²)					proportion per settlement area (with forests - %)					Sum (km ²)	proportion per settlement area (without forests - %)				Size (km ²)
settlement	sessio populosa	meadow	arable land	pasture	vineyard	forest	meadow	arable land	pasture	vineyard	forest		meadow	arable land	pasture	vineyard	
Csókakő	8	0.34	1.27	0.63	0.03	3.80	5.56	20.86	10.43	0.56	62.59	6.07	14.87	55.76	27.88	1.49	2.27
Csurgó	24	1.16	1.90	1.27	0.17	0.42	23.54	38.66	25.77	3.44	8.59	4.91	25.75	42.29	28.20	3.76	4.49
Igar	14	2.21	1.48	0.19	0	0	57.08	38.13	4.79	0	0	3.87	57.08	38.13	4.79	0	3.87
Mór	48	0.34	7.60	1.27	0.08	3.80	2.58	58.06	9.68	0.65	29.03	13.08	3.64	81.82	13.64	0.91	9.28
Sárkány	7	1.27	2.53	0	0	13.93	7.14	14.29	0	0	78.57	17.72	33.33	66.67	0	0	3.80
Tímár	20	1.37	5.06	0	0	7.60	9.75	36.10	0	0	54.15	14.03	21.26	78.74	0	0	6.43
Vaja	15	0	1.27	0.17	0.17	0	0	78.95	10.53	10.53	0	1.60	0	78.95	10.53	10.53	1.60
Veleg	4	0.20	0.63	0	0	12.66	1.50	4.69	0	0	93.81	13.50	24.24	75.76	0	0	0.84
Zámor and Szenttamás	18	0.68	2.53	2.53	0.03	10.13	4.25	15.93	15.93	0.16	63.73	15.89	11.71	43.92	43.92	0.44	5.76
Sum	158	7.55	24.27	6.05	0.48	52.33						90.68					38.35

predicted by the model. The proportion of arable land in these two settlements, as well as in Zámoly and [Kerék]Szenttamás, is notably lower (~40% of non-forested land) than in the other settlements, where it ranges from approximately 55% to 81% (of non-forested land).

Estimation data also aligns with the model in identifying the main wine-producing settlements in the microregion (Csókakő, Csurgó, Mór, Vaja, Zámor, and [Kerék]Szenttamás).

Vineyard areas within the 1,500-metres buffer zones correspond closely with those documented in the estimation, except at Csókakő, where the model likely overestimates vineyard extent due to the discrepancy between the actual medieval village boundaries and the buffer zone. Among the nine analysed settlements, those associated with viticulture generally had smaller land holdings, which

may be attributed to the labour-intensive nature of vineyard maintenance.

When forests are considered, additional patterns emerge in Sárkány, Tímár, and Veleg, where forests cover 54–93% of land within the settlement boundaries, closely matching the modelled OLC proportions. Excluding the pasture-dominated Csurgó and Igar, a strong negative correlation is observable in the remaining settlements (Csókakő, Mór, Sárkány, Tímár, Vaja, Veleg, Zámor, and [Kerék]Szenttamás) between arable land and forest cover. The estimation data yield an R^2 value of 0.8932 (excluding Csurgó and Igar), which closely mirrors the modelled correlation ($R^2 = 0.7868$), although the model tends to slightly overestimate the proportion of streams (Figs. 13–14).

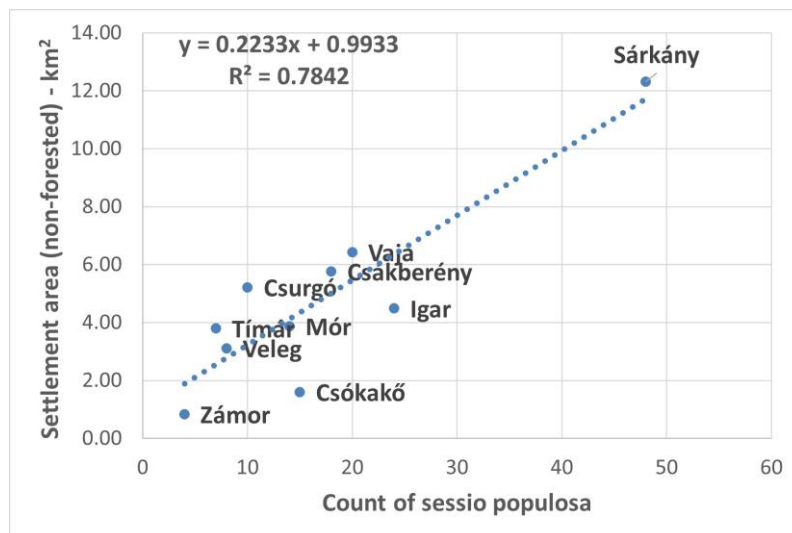


Fig. 11.: Connection between the *sessio populosa* and settlement size (non-forested area) based on the 1493 estimation

11. ábra: A lakott jobbágytelkek és a települések erdők nélkül számított területének kapcsolata az 1493-as közbecsü adatai alapján

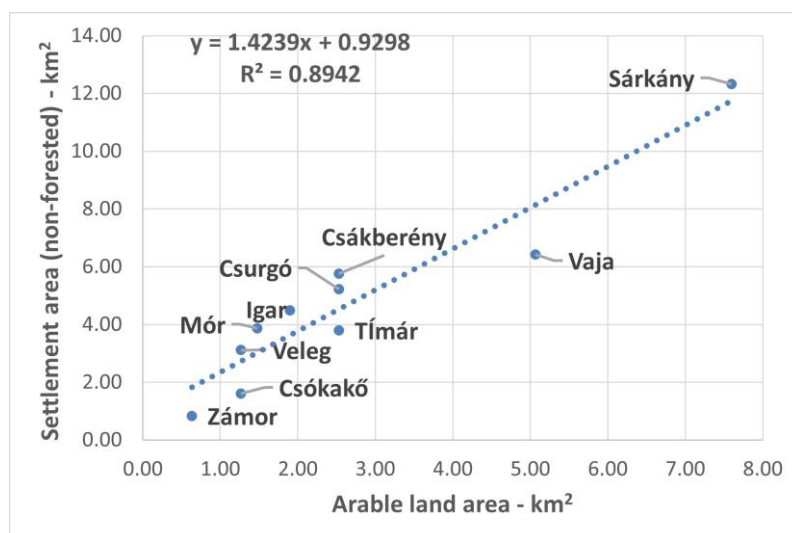


Fig. 12.: Connection between arable land and settlement size (non-forested area) based on the 1493 estimation

12. ábra: A településekhez tartozó szántóterületek és a települések erdők nélkül számított területének aránya az 1493-as közbecsü adatai alapján

Table 4.: Proportion of land cover types in the study area**4. táblázat:** A felszínborítottsági típusok megoszlása a kutatási területen

Land cover	Second Military Survey (~1847)	Primary OLC	Estimation - 1493	Corine LC 2000
artificial	2.13	-	-	6.06
arable land	40.43	29.57	40	46.13
vineyard	2.38	1.13		1.95
pasture	12.03	11	16	6.76
stream/wet pasture	7.23	8.96	10	1.39
swamp	2.31	4.75		1.95
forest	33.5	44.59	34	35.75
<i>Sum</i>	100	100	100	100

Further data verification

To further validate the modelled OLC data, it is useful to compare the results of the OLC modelling and the land cover categories derived from the Second Military Survey with datasets from 15th-century public registries (*közbecsű jegyzék*) of the Kingdom of Hungary (Szabó 2006). These historical datasets, currently covering approximately 1% of the Kingdom's territory, are spatially uneven and primarily concentrated in forest-rich, hilly, and mountainous areas; therefore, they must be interpreted with caution.

Nevertheless, the national-level summary of land cover types in the 15th-century public registries reveals patterns broadly consistent with those observed in the study area during the Second Military Survey. Furthermore, when these proportions are placed in broader context, they align with the satellite-based CORINE Land Cover database (1:100,000 scale, 2000), which reflects similar land use patterns in the region – albeit with a slightly higher proportion of arable land (<https://doi.org/10.2909/ddacbd5e-068f-4e52-a596-d606e8de7f40>; last accessed on 24. 04. 2025.) (Table 4).

It is important to emphasise that roughly two-thirds of the study area lies within the Vértes, Bakony, and Velence Mountains, where the modelled high percentage of forest cover may more accurately represent the medieval and Early Modern periods, during which arable lands were likely less extensive than in the 19th century. Supporting this interpretation, public registry data from neighbouring Veszprém County indicate 60–75% forest cover, while Esztergom County shows a somewhat lower range of 20–40% (Szabó 2006).

Conclusions

In recent decades, the study of land cover and land use changes has received growing attention in archaeological research as a means of better understanding the everyday activities, economic opportunities, and environmental constraints that shaped past societies. The approach presented here integrates GIS-based analysis of environmental layers (geology, pedology, topographic wetness index, landform classification, aspect) with land cover data derived from the early 19th-century Second Military Survey, to generate historically grounded land cover models for the Middle Ages and the Early Modern Period.

The modelling results clearly suggest that settlements within the Csókakő domain formed part of an integrated system structured both by the authority of the castle and the surrounding environmental conditions. Written sources and modelled data alike point to notable shifts in land cover distribution within the domain, indicating that villages likely fulfilled specific roles within the regional landscape. At the same time, each settlement appears to have maintained a degree of self-sufficiency, ensured by a baseline allocation of arable land and pasture or meadow for crop production and animal husbandry. The analysis of local, village-based land cover patterns offers a future output for the modelling by integrating environmental datasets, historical sources and theoretical considerations (Ferenczi & Vargha 2024).

Environmental factors shaped the location and development of specialised economic activities, such as viticulture (Csókakő, Csurgó, Mór, Vaja), forestry (Sárkány, Tímár, Veleg), crop cultivation

(Csurgó, Igar, Mór, Tímár, Zámor), and animal husbandry (Csókakő, Csurgó, Igar, Sárkány, Zámor). The strong correspondence between the medieval written sources and the modelled optimal land cover (OLC) data reinforces the value of spatially precise historical land cover reconstructions in interpreting the dynamics of medieval and early modern rural economies.

Contribution of authors

Gábor Mesterházy Writing – Original Draft, Review & Editing.

Acknowledgements

The project was funded by the 'Castles, settlement system, material culture, 1300–1700 – Complex microregional research on the history, landscape, and archaeology of Transdanubia' (NKFIH-OTKA K 143099) project (PI: Gyöngyi Raczkyne Kovács).

References

ANDRÁSFALVY, B. & VARGYAS, G. eds. (2009): *Antropogén ökológiai változások a Kárpát-medencében. A Kárpát-medence felszínének változása a földhasználat és az életmód változásának következtében.* L'Harmattan Kiadó, Budapest, 346 pp.

ARPONEN, V.P.J., DÖRFLER, W., FEESER, I., GRIMM, S., GROß, D., HINZ, M., KNITTER, D., MÜLEER-SCHEEBEL, N., OTT, K. & RIBEIRO, A. (2019): Environmental determinism and archaeology. Understanding and evaluating determinism in research design. *Archaeological Dialogues* **26/1** 1–9.

<https://doi.org/10.1017/S1380203819000059>

ARCANUM (2005): Második Katonai Felmérés: Magyar Királyság és a Temesi Bánság–georeferált változat. DVD-ROM, Budapest.

BINTLIFF, J.L. (2002): Going to the market in antiquity. In: OLSHAUSEN, E. & SONNABEND, H. eds., *Zu Wasser und zu Land. Verkehrswege in der antiken Welt.* Stuttgarter Kolloquium zur historischen Geographie des Altertums 7 (*Geographica Historica*, **17**). Franz Steiner Verlag, Stuttgart, 209–250.

BOCSI, Zs. (2006): Csókakő vár az írott források tükrében, különös tekintettel az Anjou korra. *Arrabona* **44/2** 51–66.

BOCSI, Zs. (2007): Vár és uradalom kapcsolata az írott források tükrében. Néhány gondolat a csókakői váruradalomról. *Castrum* **6/2** 43–62.

BOCSI, Zs. (2024): A csókakői váruradalom vértesi falvai a középkorban. Veleg és Sárkány. *Történelmi Szemle* **66/4** 505–524.

BOCSI, Zs., KOVÁCS, B.G., MESTERHÁZY, G., STIBRÁNYI, M., ZATYKÓ, Cs. & KOVÁCS, Gy.

(2023): Veleg, a medieval village in the Csókakő castle domain. *Antaeus* **39** 227–253.

CHAMPION, A.G. (1979): Antecedents of van Thünen. *Area* **11** 258.

CHANG-MARTINEZ, L.A., MAS, J-F., VALLE, N.T., TORRES, P.S.U. & FOLAN, W.J. (2015): Modeling Historical Land Cover and Land Use: A review from Contemporary Modeling. *International Journal of Geo-Information* **4(4)** 1791–1812. <https://doi.org/10.3390/ijgi4041791>

CHISHOLM, M. (1979a): *Rural Settlement and Land Use. An Essay in Location.* Hutchinson University Library for Africa, London, 208 pp.

CHISHOLM, M. (1979b): Von Thünen anticipated. *Area* **11** 37–39.

DEZA-ARAUJO, M., MORALES-MOLINO, C., CONEDERA, M., HENNE, P.D., KREBS, P., HINZ, M., HEITZ, C., HAFNER, A. & TINNER, W. (2022): A new indicator approach to reconstruct agricultural land use in Europe from sedimentary pollen assemblages. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **599** 111051. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2022.111051>

DÖVÉNYI, Z. (2010): *Magyarország kistájainak katasztere.* MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 876 pp.

FERENCZI, L. & VARGHA, M. (2024): Spatial Patterns as Historical Proxies. A Case Study on the Development of the Early Church Network in Veszprém County (Hungary). In: VARHGA, M. & STEFAN, I. eds., *Power in Numbers. State Formation and Christianization on the Eastern Edge of Europe.* Brepols, Turnhout, 253–367.

FÜZESI, A., MESTERHÁZY, G., SERLEGI, G., MÁRKUS, B. & RACZKY, P. (2016): Polgár-Csőszhalom. Results of the new multidisciplinary investigations of a Late Neolithic settlement in the Tisza Region. *Hungarian Archaeology* **2016 ősz.** https://files.archaeolingua.hu/2016O/Upload/Fuzesi_E16O.pdf (utolsó hozzáférés: 2025.04.24.)

HATHÁZI, G. (2010): Csókakő vára az írott és a régészeti források tükrében. In: BÉNI, K., ERDŐS, F., FÜLÖP, Gy., HATHÁZI, G. eds., *Csókakő a harmadik évezred küszöbén.* Csókakő Község Önkormányzata, Csókakő, 15–151.

HATHÁZI, G. & KOVÁCS, Gy. (2019): A csókakői vár régészeti kutatása, 2014–2017. In: Szilasi, Á.H. ed., *Örökségünk védelme és jövője 5. Váraink. Múlt, jelen, jövő.* *Studia Agriensia* **38** 28–49.

HUGHES R.E., WEIBERG E., BONNIER A., FINNÉ M. & KAPLAN J.O (2018): Quantifying Land Use in Past Societies from Cultural Practice and Archaeological Data. *Land* **7/1** 9. <https://doi.org/10.3390/land7010009>

- JANKÓ, A. (2007): *Magyarország katonai felmérései 1763-1950*. Argumentum, Budapest, 196 pp.
- JENNES, J. (2013): DEM Surface Tools. Jennes Enterprises. http://www.jennessent.com/arcgis/surface_area.htm (utolsó hozzáférés: 2025.04.24.)
- KHAIRA, A. & DWIVEDI, R.K. (2018): A State of the Art Review of Analytical Hierarchy Process. *Materials Today: Proceedings* **5** 4029–4035.
- LESPEZ, L. (2025): Environmental determinism: a critical perspective and new approaches to understanding the relationship between pre- and protohistoric societies and their environment. *Bulletin de la Société préhistorique française* **122/1** 95–123.
- MAGYARI, E.K., CHAPMAN, J., FAIRBAIN, A.S., FRANCIS, M. & GUZMAN, M. de (2012): Neolithic impact on the landscape of North-East Hungary inferred from pollen and settlement records. *Vegetation History and Archaeobotany* **21** 279–302. <https://doi.org/10.1007/s00334-012-0350-6>
- MORRISON K.D., HAMMER E., BOLES O., MADELLA M., WHITEHOUSE N., GAILLARD M.J., BATES J., VANDER LINDEN M., MERLO S., YAO A., POPOVA L., HILL A.C., ANTOLIN F., BAUER A., BIAGETTI S., BISHOP R.R., BUCKLAND P., CRUZ P., DRESLEROVÁ D., DUSSELDORP G., ELLIS E., FILIPOVIC D., FOSTER T., HANNAFORD M.J., HARRISON S.P., HAZARIKA M., HEROLD H., HILPERT J., KAPLAN J.O., KAY A., KLEIN GOLDEWIJK K., KOLÁŘ J., KYAZIKE E., LAABS J., LANCELOTTI C., LANE P., LAWRENCE D., LEWIS K., LOMBARDO U., LUCARINI G., ARROYO-KALIN M., MARCHANT R., MAYLE F., MCCLATCHIE M., MCLEESTER M., MOONEY S., MOSKAL-DEL HOYO M., NAVARRETE V., NDIEMA E., GÓES NEVES E., NOWAK M., OUT W.A., PETRIE C., PHELPS L.N., PINKE Z., ROSTAIN S., RUSSELL T., SLUYTER A., STYRING A.K., TAMANAHA E., THOMAS E., VEERASAMY S., WELTON L. & ZANON M. (2021): Mapping past human land use using archaeological data: A new classification for global land use synthesis and data harmonization. *PLoS One* **16(4)** e0246662. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246662>
- NICU, I.C. (2016): Cultural heritage assessment and vulnerability using Analytic Hierarchy Process and Geographic Information Systems (Valea Oii catchment, North-eastern Romania). An Approach to historical maps. *International Journal of Disaster Risk Reduction* **20** 103–111.
- PONSARD, C. (1983): *History of spatial economic theory*. Springer-Verlag, New York. 238 pp.
- SAATY, T.L. (1977): A scaling method for priorities on hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology* **17(3)** 234–281.
- SAATY, T.L. (1980): *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York, 287 pp.
- SAATY, T.L. (1987): The analytic hierarchy process – what it is and how it is used. *Mathematical Modelling* **9/3-5** 161–176.
- SAATY, T.L. & VARGAS, L.G. (2006): *Decision Making with the Analytic Network Process. Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks*. Springer, New York, 363 pp. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7279-7>
- SAATY, T.L. & VARGAS, L.G. (2012): *Models, Methods, Concepts & Application of the Analytic Hierarchy Process*. Springer, New York, 346 pp.
- SIMON, B. (2022): The agricultural hinterland of Aquincum and Brigetio, Hungary. Landscape, rural settlements, towns and their interactions. In: BRYLSBAERT, A., VIKATOU, I. & PAKKANEN, J. eds., *Shaping Cultural Landscapes – Connecting Agriculture, Crafts, Construction, Transport, and Resilience Strategies*. Sidestone Press, Leiden, 221–240.
- SUGITA, S. (2007): Theory of quantitative reconstruction of vegetation I: Pollen from large sites REVEALS regional vegetation composition. *Holocene* **17** 229–241. <https://doi.org/10.1177/0959683607075837>
- SÜMEGI, P., CSÖKMEI, B. & PERSAITS, G. (2005): The evolution of Polgár island, a loess-covered lag surface and its influences on the subsistence of settling human cultural groups. In: HUM, L., GULYÁS, S. & SÜMEGI, P. eds. *Environmental Historical Studies from the Late Tertiary and Quaternary of Hungary*. Department of Geology and Palontology University of Szeged, Szeged, 141163.
- SZABÓ, P. (2006): Erdőgazdálkodás a középkorban. In: FERENCZI, L., LASZLOVSZKY, J. & SZABÓ, P. eds., *Magyar középkori gazdaság- és pénztörténet. Jegyzet és forrásgyűjtemény*. Bölcsész Konzorcium, Budapest, 81–104.
- TRONDMAN, A.K., GAILLARD, M.J., MAZIER, F., SUGITA, S., FYFE, R., NIELSEN, A.B., TWIDDLE, C., BARRATT, P., BIRKS, H.J.B., BJUNE, A.E., BJÖRKMAN, L., BROSTRÖM, A., CASELDINE, C., DAVID, R., DODSON, J., DÖRFLER, W., FISCHER, E., GEEL, B. VAN, GIESECKE, T., HULTBERG, T., KALNINA, L., KANGUR, M., KNAAP, P. VAN DER, KOFF, T., KUNEŠ, P., LAGERÅS, P., LATALOWA, M., LECHTERBECK, J., LEROYER, C., LEYDET, M., LINDBLADH, M., MARQUER, L., MITCHELL, F.J.G., ODGAARD, B. V., PEGLAR,

S.M., PERSSON, T., POSKA, A., RÖSCH, M., SEPPÄ, H., VESKI, S. & WICK, L. (2015): Pollen-based quantitative reconstructions of Holocene regional vegetation cover (plant-functional types and land-cover types) in Europe suitable for climate modelling. *Global Change Biology* **21** 676–697. <https://doi.org/10.1111/gcb.12737>

VAREILLES, A. de, PELLING, R., WOODBRIDGE, J. & FYFE, R. (2021): Archaeology and agriculture: plants, people, and past land-use. *Trends in Ecology & Evolution* **36** (10) 943–954.

WHITAKER, R. (2007): Criticism of the Analytic Hierarchy Process: Why they often make no sense. *Mathematical and Computer Modelling* **46** 948–961.

KEMÉNY GYÖRGY POP-ART 'SZEKKÓ' FALFESTMÉNYÉNEK MULTIANALITIKAI VIZSGÁLATA

A MULTI-ANALYTICAL EXAMINATION OF GYÖRGY KEMÉNY'S POP ART MURAL 'SECCO' •

SZABÓ Máté^{1,2*}, BAJNÓCZI Bernadett^{1,2*}, ARADI László Előd³ & BÓNA István⁴

¹HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Földtani és Geokémiai Intézet, 1112 Budapest,
Budaörsi út 45.

²HUN-REN CSFK, MTA Kiváló Kutatóhely, 1121 Budapest, Konkoly Thege Miklós út 15–17.

³ELTE TTK FFI Litoszféra Fluidum Kutató Laboratórium, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C. Jelenlegi
cím: MNMCK Magyar Nemzeti Múzeum, Nemzeti Régészeti Intézet, Archeometriai Labor,
1113 Budapest, Daróczi út 3.

⁴Magyar Képzőművészeti Egyetem, 1062 Budapest, Andrássy út 69–71.

*levelező szerző, e-mail: szabo.mate@csfk.org, bajnoczi.bernadett@csfk.org

Abstract

Pop art is a 20th century art movement that originated in England. The themes of pop art are drawn from the products of the popular culture, and its techniques are very diverse. Pop art has been present in Hungary since the mid-1960s. Pop art works, even if they are very recent, may require restoration due to the quality of the materials used or the potential damage caused by the environmental conditions. The same happened to György Kemény's pop art masterpiece, the protected mural 'Secco', which is located on the walls of a room in a downtown apartment in Budapest. In the present study, we report the results of the scientific analyses related to the restoration. The analyses were carried out to determine the causes of deterioration and to identify the pigments used in the mural. The mural layers and various colours were analysed for chemical composition using a handheld XRF spectrometer in situ and for mineralogical composition using X-ray diffraction (XRD) analysis on small detached samples. SEM-EDX, micro-XRD and Raman microspectroscopy were used for detailed characterisation of the paint layers and the identification of the inorganic and organic colorants used. This combined analytical approach confirmed the use of chrome yellow (PbCrO₄, in greens), cobalt blue (cobalt spinel/CoAl₂O₄, in blue) inorganic pigments, as well as phthalocyanine (PB16, PG7 and PG36 in green, PB15 in blue and light green), PY3 (in light green), PR3 (in red) and PBk8 (in black) synthetic organic pigments. The deterioration of the mural was most likely caused by the combined effect of moisture and traffic-related vibration, enhanced by the hardening, brittleness and volume change of the paint film layer due to ageing.

Kivonat

A pop-art 20. századi, Angliából induló képzőművészeti irányzat. Témáit a popkultúra termékeiből meríti, technikái igen változatosak. Magyarországon az 1960-as évek közepétől van jelen. Bár a pop-art művek egyáltalán nem régiek, a felhasznált anyagok minősége vagy a műtárgyat károsító környezeti tényezők miatt mégis restaurálásra szorulhatnak. Így történt Kemény György alkotása, a védett 'Szekkó' falfestmény esetén is, amely a budapesti Arany-ház egyik lakásában, a volt cselédszoba falán található. Jelen munkánkban a restauráláshoz kapcsolódó természettudományos vizsgálatok eredményeiről számolunk be. A vizsgálatok célja a károsodás okainak feltárása, valamint a festményhez alkalmazott pigmentek jellemzése volt. A falak egyes rétegeinek és különböző színeinek kémiai összetételét in situ kézi röntgenfluoreszcens spektrométerrel (hXRF), ásványos összetételét leválasztott mintákon röntgen-pordiffrakcióval (XRD) határoztuk meg. A festékrétegek részletes jellemzésére és a színadók szerves és szervetlen pigmentek azonosítására SEM-EDX-t, mikro-XRD-t és Raman mikrospektrális vizsgálatot alkalmaztunk. A különféle vizsgálati módszerek kombinálásával igazoltuk krómsárga (PbCrO₄, zöldekben), kobaltkék (kobalt-spinel/CoAl₂O₄, kékben) szervetlen pigmentek, valamint

• How to cite this paper: SZABÓ M., BAJNÓCZI B., ARADI L.E. & BÓNA I., (2025): Kemény György pop-art 'Szekkó' falfestményének multianalitikai vizsgálata / A multi-analytical examination of György Kemény's pop art mural 'Secco' (In Hungarian with English abstract), *Archeometriai Műhely* XXII/4 311–332.
doi: [10.55023/issn.1786-271X.2025-023](https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2025-023)

ftalocianin (PB16, PG7 és PG36 zöldben, PB15 halványzöldben és kékben), PY3 (halványzöldben), PR3 (vörösben), és PBk8 (feketében) szintetikus szerves pigmentek jelenlétét. A falfestmény károsodását a nedvesség és a közlekedésből származó rezgések együttesen okozhatták, amit fokozott a festékfilm öregedéssel járó keményedése, ridegsége és térfogatváltozása.

KEYWORDS: POP ART, MURAL, RESTORATION, X-RAY SPECTROMETRY, X-RAY DIFFRACTION

KULCSSZAVAK: POP-ART, FALFESTMÉNY, RESTAURÁLÁS, RÖNTGENSPEKTROMETRIA, RÖNTGENDIFFRAKCIÓ



1. ábra: Kemény György: 'Szekkó'. a) A vörös pontok számmal a mintavételek helyét jelölik, b) a négyjegyű szám a kézi röntgenfluoreszcens spektrométerrel (hXRF) végzett mérések helyét mutatják.

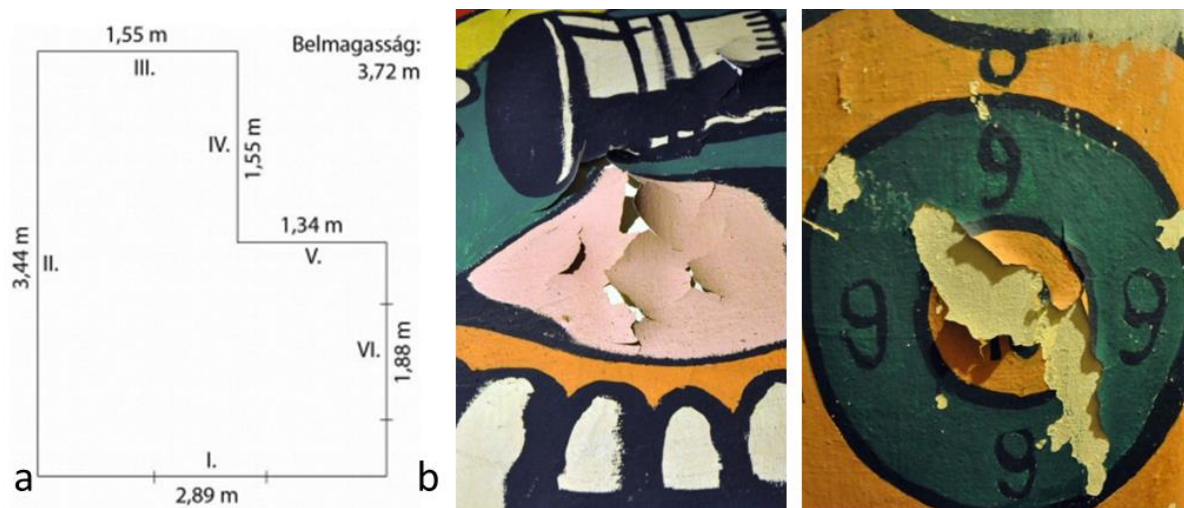
Fig. 1.: György Kemény: 'Secco'. a) red dots with numbers indicate the sampling sites, b) four-digit numbers indicate handheld XRF measurement points

Bevezetés

A pop-art az 1950-es években született Angliában, majd az Amerikai Egyesült Államokban is megjelent (Livingstone 1990). A dadaizmusban és részben a szürrealizmusban gyökerezik, témáit a popkultúra termékeiből, a plakátokból, képregényekből, hirdetésekől meríti. A tárgyakat tiszta színekkel, világos viszonyrendszerben festi. A pop-art nagy alakjai az akrilfestékeket is használták, melynek előnye a gyors száradás, valamint, hogy száradás közben nem változik a megjelenése, azaz az eredmény szinte azonnal látható, továbbá tartós. Jellemző technikái a száraz ecsetes festés, az elmosás, a pöttyözés, a fröcskölés, a ráfolytatás, a szivacsos felvitel, a késes felvitel, valamint a lazúrozás (<http://www.craftsy.com>). A hazai pop-art jellegzetes műalkotásai közé tartozik a *Sülyyedjek felfelé* (Altörjay Sándor, 1966), a *La maison des anges* (Konkoly Gyula, 1966) és az *Asztronauták* (Siskov Ludmill, 1968). Pop-art stílusban készültek falképek is, ilyen például Keith Haring a melbourne-i Collingwoodban (<https://melbourneharingmural.com.au>) található falfestménye, amely 1984-ben készült. A modern falképek jellemzően szekkó technikával készülnek. Szekkó készítése során száraz vakolatra festenek szervetlen vagy szerves kötőanyagba kevert pigmentekkel (Bóna 2006), például akrilfestékekkel.

Munkánk során Magyarország egyik legfontosabb pop-art falfestményét vizsgáltuk, amely tulajdonképpen egy nagyméretű szekkó (1. ábra). A művet 1970–71-ben festette Kemény György grafikusművész (Budapest, 1936–), a magyar pop-art jelentős alakja, aki korábban főleg plakáttervezőként alkotott és vált híressé. Ars poeticájának része az „alkalmazott” és a „magas” művészet közötti határok átlépése, a „hagyományos” és „progresszív” kifejezési formák közötti különbségtétel felszámolása (Fehér 2016).

A 2011-ben védetté nyilvánított 'Szekkó' falfestmény magántulajdonban van, Budapest 5. kerületében, a Ferenciek terén elhelyezkedő Arany-ház egyik lakásának cselédszobájában található. A körülbelül 48,5 m² falfelületű festmény beborítja a falakat, a mennyezetet, a radiátort és a fűtőcsöveket is. Képregényszerű stílusban, „horror vacui” elven tölti ki a felületet. A falakon szertelenül rendeződnek egymás mellé politikai, művészettörténeti és tömegkulturális szereplők, így Lukács György, Lev Trockij, Monica Vitti, Angela Davis és mások. Egyfajta profán kápolnának megfelelően az ábrázolt „ikonok” alá nevek is kerültek. Feltűnik a vörös csillag, a jin-jang, valamint a hidegháborús korszak, az anarchizmus és a *flower power* további szimbólumai (1. ábra). A művész, a két donátor és barátai 1970 késő őszen kezdtek meg a hónapokig tartó festő munkát Kőszeg Ferenc lakásának cselédszobájában (2a ábra).



2. ábra: a) A szoba alaprajza (Farkas et al. 2016–2018a), b) a festékréteg feltáskásodása (II. fal) és leválása (IV. fal) (Mátyás et al. 2018)

Fig. 2.: a) Plan of the room (Farkas et al. 2016–2018a), b) blistering (wall II) and detachment (wall IV) of the paint layer (Mátyás et al. 2018)

A készülő festmény közös alkotás volt, az ikonográfiaját a jelenlévők vitatták meg a marxizmus reneszánszának – mely a privát térben zajlott le –, valamint a szexuális forradalomnak az időszakában.

Kemény megrajzolta a figurákat, kikeverte a színeket, a nagyobb felületekre aztán a házigazdák és a vendégek vitték fel a festéket. 1971 áprilisáig tartottak az utolsó simítások (Mátyás 2016).

A készítés óta eltelt ötven év alatt a festmény állapota romlott, felületén, elsősorban a II. és a III. fal találkozásánál, különféle károsodások jelentek meg (Mátyás 2016, 2018): feltáskásodás, elválás, hámlás (**2b ábra**), repedezés (leginkább a VI. falon), vakolathiány, festékhiányok és kipergések. A falon több javítás és átalakítás nyoma megtalálható: vakolatkiegészítések, valamint az eredeti festésen glettelés, és átfestés is történt a II., III., IV. és V. falon. A II. falon egykor egy mosdókagyló/falikút volt, azonban ezt leszerelték, a helyét kivakolták és fehérre festették. A felületi szennyezés (por, főleg az I. falon) és a sötétedés ellenére a színek még mindig jó állapotban, szinte az eredeti formájukban őrződtek meg.

A festmény állapota miatt szükségessé vált a restaurálás és a konzerválás, amelyet a Magyar Képzőművészeti Egyetem Restaurátor Tanszékének hallgatói (Mátyás Viktória Beatrix, Farkas Bianka, Hallai Laura, Pinteá Aliz Ráhel) végeztek el 2016–2018 során (Farkas et al. 2016–2018b, Mátyás 2018, 2019). A falkép tisztítása mechanikusan, szárazon kezdődött Aka-Pad szivacs, szike és speciális radírok használatával. Ezt követte a nedves tisztítás vízzel – mivel nem oldja a festéket – és speciális szivacsokkal; kísérletek alapján döntött el, hogy melyik szivacs melyik színű festékfelületen optimális. A feltáskásodott és elvált

festékeket három különböző ragasztási mód felváltott alkalmazásával rögzítették vissza. Az elvált vakolatot injektálással rögzítették. A vakolathiányokat a korábbihoz hasonló mészhomok vakolattal pótolták. A festékhiányokat matt, akril alapú festékekkel pótolták, az eredeti színhatást megközelítő színezéssel, majd akvarell vonalkás retussal kezelték, a kopásokat pedig akvarell lazúrozással.

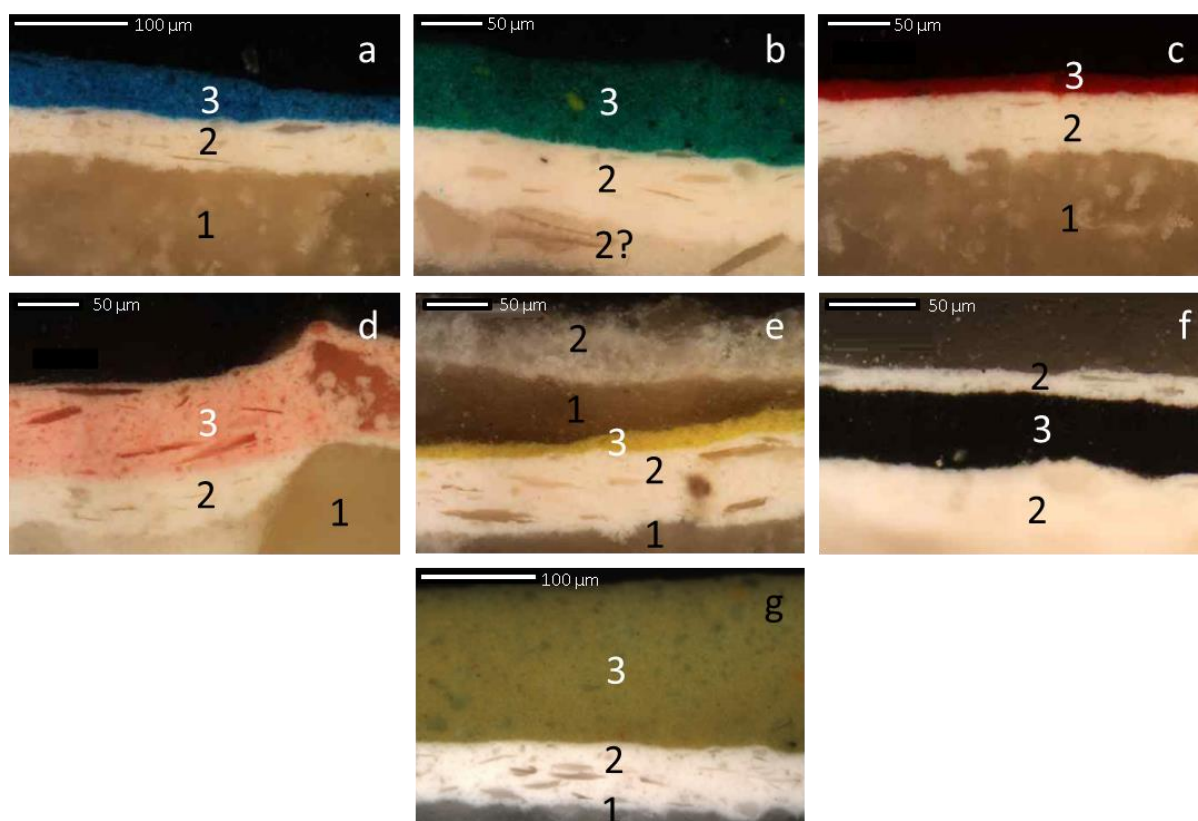
A restaurálás támogatására részletes anyagösszetéti vizsgálatot végeztünk több, egymást kiegészítő vizsgálati módszer alkalmazásával, melyeket modern festmények szeretlen és szerves alkotóinak meghatározására jellemzően alkalmaznak (pl. Magrini et al. 2017, Lizun et al. 2022). Célunk volt a művész által a 'Szekkó'-hoz használt festékanyagok, elsősorban a pigmentek meghatározása, valamint a károsodási jelenségek okainak feltárása.

A festmény rétegfelépítése

A lehullott festménydarabokból és a közvetlenül falból vett festményminták keresztmetszet-csiszolatain végzett polarizációs mikroszkópos vizsgálatok, valamint a mikrokémiai tesztek alapján a festmény rétegfelépítése az alábbi (Mátyás Viktória és társai munkája alapján (Farkas et al. 2016–2018a, Mátyás et al. 2018), **3. ábra**):

A falra mészhomok vakolatot (0,5–1 mm) vittek fel 1948-ban, a szoba kialakítása során. Ugyanabban az időszakban került a vakolatra két, karbonáttartalmú glettréteg (50–300 µm), majd a szobát kifestették fehér festékekkel (30–70 µm).

A művész később ezt a réteget használta alapként a festményhez, a fehér festékre kerültek az általában egy rétegben felhordott színes festékek (10–100 µm).



3. ábra: A festékminták rétegfelépítése: **a)** kék (6. minta), **b)** zöld (2. minta), **c)** vörös (II/1. minta), **d)** rózsaszín (5. minta), **e)** sárga (1. minta), **f)** fekete (3. minta) és **g)** halványzöld (50x obj., POL) (1: glett, 2: fehér festékréteg, 3: színadó festékréteg) (Farkas et al. 2016–2018a, a g-t kivéve)

Fig. 3.: The layer structure of the paint samples: **a)** blue (sample 6), **b)** green (sample 2), **c)** red (sample II/1), **d)** pink (sample 5), **e)** yellow (sample 1), **f)** black (sample 3), **g)** light green (50x, POL) (1: final render, 2: white paint layer, 3: colouring paint layer) (Farkas et al. 2016–2018a, except Fig. g)

A művész csak azokon a helyeken festett a fehér részekbe fehér Wallkyd festékekkel, ahol szükséges volt. A festékrétegek összetétele viszonylag egységes, a pigmentek nagyon apró szemcsések (1–2 µm). Bennük a színadó szemcséken (pigmenteken) kívül töltőanyagok találhatók, amik testet adnak a festéknek és befolyásolják a filmvastagságot, a folyékonyságot (feltehetőleg a viszkozitást), továbbá mattítják a színt. A fehér alapozó festékrétegben megfigyelhetők a töltőanyag jellegzetes hosszúkás szemcséi. A fekete festékréteg feletti fehér festékréteg, továbbá a sárga festékréteg feletti glett- és fehér festékréteg utólagos átfestés (1976) eredménye (**3e–f ábra**).

A festmény Wallkyd ipari falfestékekkel készült (gyártó: Tiszai Vegyi Kombinát), a festék kiválasztásánál két szempont volt: olcsó legyen és könnyen beszerezhető. A Wallkyd kötőanyaga nagy polimerizációs fokú, levegőn száradó alkid műgyanta. Az alkid műgyanták térhálós poliészterek, amiket jellemzően ftálsavanhidritből vagy maleinsavanhidritből, illetve trimetilol-propánból, glicerinnél vagy pentaeritritből állítanak elő (Eastaugh et al. 2008).

Mint kötőanyag, a műgyanta fő feladata a filmképzés, de hatással van a tapadás, fényesség, keménység, rugalmasság és tartósság növelésére is. A fehér színű festék pigmentálása titán-dioxidtal történt, ami adalékként penészgátlót tartalmaz. A fehér színű Wallkydot utólag színező pasztákkal színezték. A gyártó szerint: *“Erősebb színárnyalat esetén a paszták – az előírt hígításban – önmagukban is felhasználhatók. Az okker és szatinóber színezők rendkívül színtartóak és fényállóak, azonban színezésre kevésbé alkalmasak, ezeket önmagukban célszerű használni”* (Farkas et al. 2016–2018a). Emiatt Farkas et al. (2016–2018a) feltételezték, hogy az okker és szatinóber/vörös pasztákon kívül a többi színhez szerves pigmenteket használhattak, amelyek kevésbé fényállóak. Az általuk végzett mikrokémiai tesztek alapján (porosz kék próba) az (okker)sárga pigment vas(II)-oxidnak, a szatinóber/vörös vas(II-III)-oxidnak, a fekete pigment vas(III)-oxidnak bizonyult (Farkas et al. 2016–2018a, Mátyás et al. 2018).

Vizsgálati módszerek

Előzetes *in situ* roncsolásmentes kézi röntgen-fluoreszcens (hXRF) méréseket végeztünk a festmény különböző színű részein, a különböző színű, jó állapotú foltokon és a károsodott részekben. A méréseket Spectro xSORT Combi hordozható (kézi) XRF készülékkel végeztük, 15–50 keV gyorsítófeszültséggel, 30–120 μ A árammal, Rh forrást használva, gyárilag beépített ún. környezeti (Environmental) kalibrációval. Pontonként 60 másodperc mérési időt alkalmaztunk. A spektrumok kiértékelését XLabPro 5.1 szoftverrel végeztük.

A roncsolásmentes XRF mérést követően a festményből további műszeres vizsgálatra célzottan vettünk mintákat: egyrészt a különböző makroszkópos megjelenésű falfelületekről lekapart porokat (**1a ábra**), másrészt kisméretű lehullott festménytöredékeket, amelyekből műgyantába ágyazott, polírozott keresztmetszetek készültek. Hét különböző színű festéket vizsgáltunk lehullott töredékeken (kék, vörös, sárga, rózsaszín, fekete, sötét- és világoszöld), további kettőt (okker, bordó) mintavétel nélkül, csak *in situ* kézi XRF spektrométerrel. A vizsgálatokhoz felhasználtuk a restaurátoroknak a polarizációs mikroszkópos vizsgálatokhoz készített, műgyantába ágyazott keresztmetszet-csiszolatait is, az említett hét színből hat esetben (**3a–f ábra**, Farkas et al. 2016–2018a, Mátyás et al. 2018), a halványzöld minta csiszolata újonnan készült (**3g ábra**). További két vörös festékmintát (4. és II/3. minták, Farkas et al. 2016–2018a) a színező pigment meghatározására kontrollként vizsgáltunk meg.

A vakolatból, a glettből és a fehér festékrétegből vett porminták, valamint egy kék festékminta kristályos fázisainak meghatározására röntgenpordiffrakció (XRD) méréseket végeztünk Rigaku Miniflex 600 diffraktométerrel (2–70° 2 θ , 35 perc mérési idő, 40 keV, 15 mA, Cu K α sugárzás, grafit monokromátor és szcintillációs detektor). A porokat megőröltük, majd 40 mg-ot 1 ml alkoholban szuszpendálva ülepítettük fémlepra.

A festékminták műgyantába ágyazott, polírozott keresztmetszeteit JEOL Superprobe 733 elektronmikroszondával vizsgáltuk (mérési paraméterek: 20 keV, 6 nA). A kémiai összetételt Oxford Instruments AZtec X-ACT Premium SDD energiadisziperzív (EDX) röntgenspektrométerrel határoztuk meg. A pontméréseket 10–40 másodpercig, a területi elemzést (a minta mérettől függően 1000–10000 μ m²) 100 másodpercig, az elemtérképezést 30 percig végeztük.

A SEM-EDX mérések kiegészítéseként, a festékrétegek kristályos alkotóinak meghatározására, a polírozott keresztmetszeteken és egy nem beágyazott kék festékminta felületén mikro-röntgen-

diffrakciós (mikro-XRD) méréseket végeztünk Rigaku D/MAX Rapid II készülékkel (mérési paraméterek: 50 keV, 0,6 mA, 100 μ m-es kollimátor, 5–5 perces mérési idő). A Debye gyűrűket RIGAKU 2DP-vel konvertáltuk diffraktogrammá. A fázismeghatározást RIGAKU PDXL2 szoftverrel végeztük.

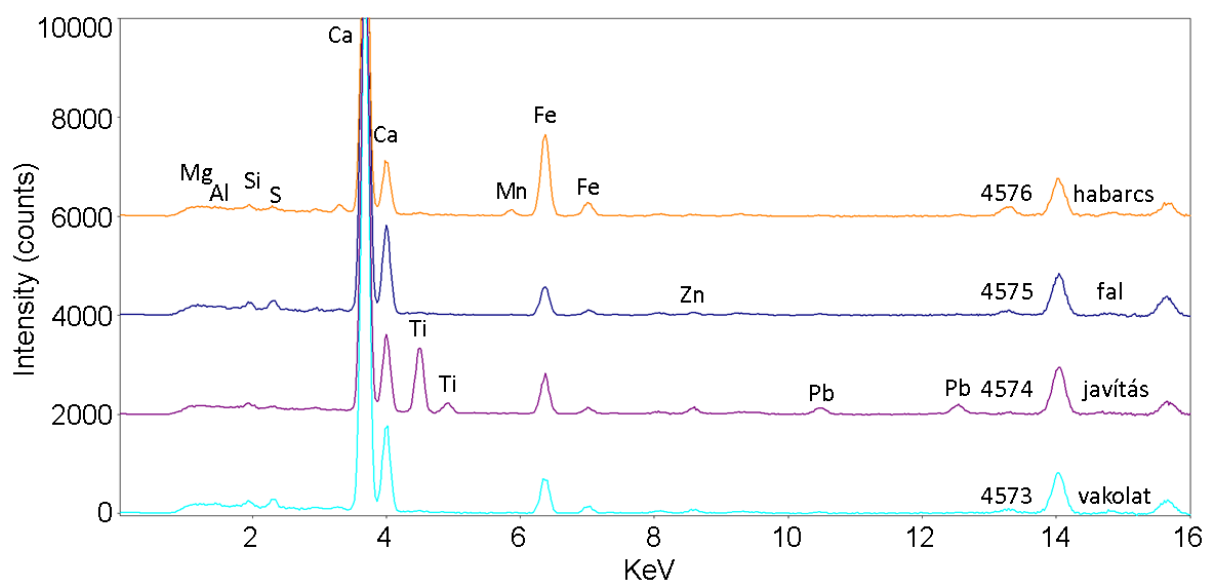
A festékrétegek szerves pigmentjeinek azonosítására Raman mikrospektroszkópos vizsgálatot végeztünk a keresztmetszet-csiszolatokon HORIBA Jobin Yvon LabRAM HR 800 típusú, nagy felbontású konfokális Raman-mikrospektrométerrel. A méréseket Nd:YAG lézerrel ($\lambda = 532$ nm) végeztük, 1800 vonal/mm optikai rács felbontás mellett. A konfokális apertúra 50–200 μ m között, a mérési idő pedig 2–100 sec között változott. A lézernyalábot 100 $\times$ objektívvel fókuszáltuk a minta felszínére, a nyaláb mérete ~ 1 μ m (laterális) és behatolási mélysége ~ 2 μ m volt. A lézer teljesítménye a forrásnál 130 mW, a minta felszínén pedig ~ 25 mW. A spektrális felbontás 0,7 cm⁻¹ volt 1398,5 cm⁻¹ Raman eltolódásnál. Az adatok kiértékelése LabSpec szoftverrel történt. A pigmentek meghatározását a SOPRANO adatbázis alapján végeztük (<https://soprano.kikirpa.be/>) (Fremout & Saverwyns 2012).

Eredmények

Kézi XRF elemzés

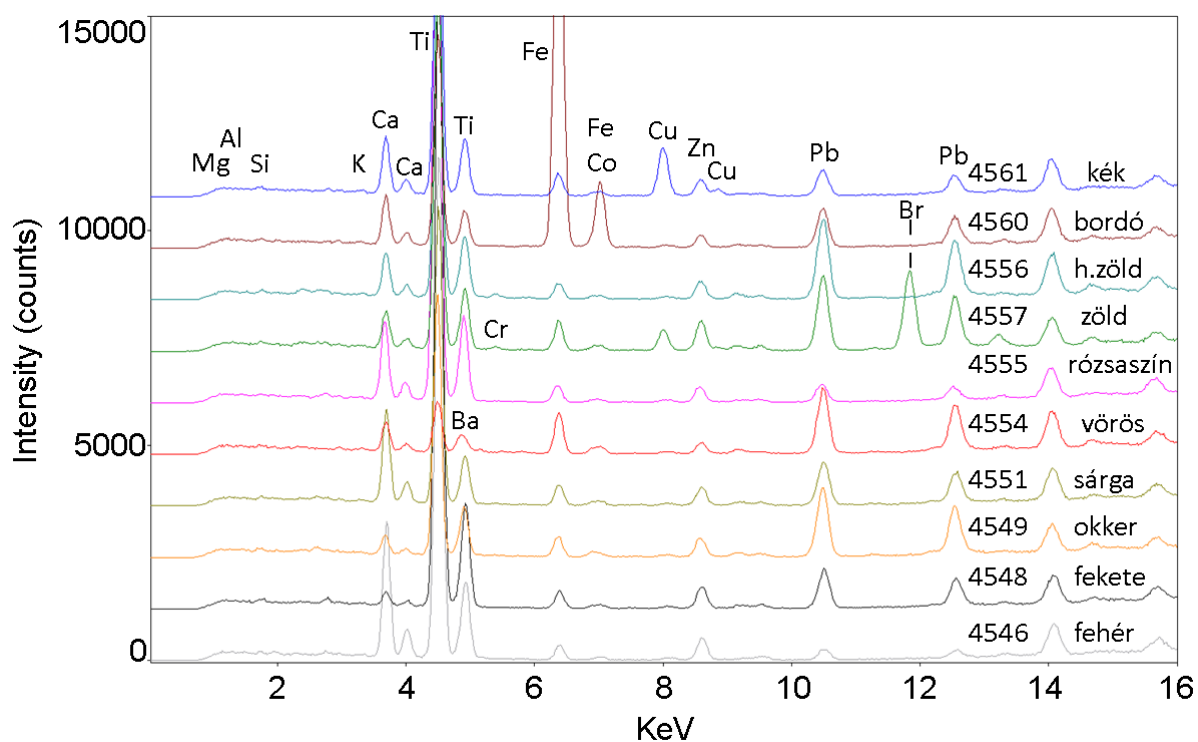
A habarcs jellemző elemei a Ca és a S mellett a Si és a Fe. A fal, a javítás és a vakolat XRF spektrumában ezeken túl Mg, Al, és Zn is megjelenik kissé eltérő arányban (**4. ábra, 1. táblázat**). A Mg tartalom 1 tömeg% alatti, ingadozó és a habarcsban a legnagyobb. Al koncentrációja a javításban a legnagyobb, a többi elemhez képest tízszeres, százaléknyi mennyiségű (1,36 tömeg%). A Zn mennyisége is a javításban a legnagyobb, a többi réteg háromszorosa, ezres nagyságrendű beütésszámmal (3720, a kimutatási határ tízszerese). A Ti csak a javításban mutatható ki (2,54 tömeg%). A Fe is megjelenik a javításban, koncentrációja 0,2–0,3 tömeg%. A S tartalom 4–4,5 tömeg% a vakolatban és falban, 1–2 tömeg% a habarcsban és a javításnál.

A színek XRF spektrumainak fő alkotói a Si és a Ti, kisebb mennyiségben megjelenik a Ca, S, Mg és Al (**5. ábra, 1. táblázat**). Ti legnagyobb mennyiségben a fehér színben jelenik meg. A S tartalom széles tartományban szór, legkisebb mennyiségben a bordóban (0,3 tömeg%), legnagyobb mennyiségben a vörösben (1,16 tömeg%) mértük. A színképzésben résztvevő elemek meghatározásához a spektrumokban megjelenő további csúcsokat és ezek relatív beütésszámaikat vizsgáltuk meg (**5. ábra, 1. táblázat**). A sárga és az okker színekben nem mutattuk ki olyan elem relatív dúsulását, ami a színt meghatározhatja.



4. ábra: A vakolat, javítás, fal és habarcs XRF spektruma

Fig. 4.: XRF spectra of the plaster, repair, wall and mortar



5. ábra: A jellegzetes színek XRF spektrumai

Fig. 5.: XRF spectra of the colours

1. táblázat: A falrétegek és a színek kézi XRF spektrométerrel mért kémiai összetétele (tömegszázalékban, ill. beütésszámban)

Table 1.: Chemical compositions of the wall layers and colours measured by handheld XRF (weight% and counts, respectively)

	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Fe	Cu	Pb	P	Cr	Mn	Zn	Br	Ba
	tömeg%/weight%									beütésszám/counts							
4573 vakolat	0,60	0,04	0,04	4,10	0,16	0,02	22,38	0,05	0,28	432	279	1944	117	610	432	-	1381
4574 javítás	0,72	1,36	3,44	1,27	0,22	-	24,19	2,54	0,33	646	6667	4283	305	446	3720	384	4058
4575 fal	0,60	0,04	-	4,54	0,10	0,01	22,74	0,07	0,23	333	256	3080	190	457	1487	-	2294
4576 habarcs	0,66	0,04	4,63	1,99	0,08	0,35	18,65	0,08	0,59	258	134	291	251	3387	960	-	2768
4546 fehér	2,54	1,11	13,02	1,00	-	0,12	3,73	15,57	0,10	1579	5649	4983	329	528	15513	-	3689
4549 okker	0,90	0,83	25,96	0,97	4,34	0,35	0,74	9,87	0,19	579	39722	743	139	405	13572	-	2622
4551 sárga	0,80	1,48	23,45	0,82	3,58	0,28	3,78	10,04	0,19	836	25423	728	347	398	12762	-	2096
4554 vörös	0,60	4,02	41,62	1,16	0,01	0,52	2,06	2,90	0,36	692	38383	1353	-	1138	7709	-	7531
4557 zöld	0,80	1,99	23,86	0,83	3,03	0,32	1,33	11,47	0,27	15198	42437	322	1376	414	20635	62470	2882
4556 h.zöld	0,90	1,31	22,97	1,43	3,49	0,37	1,40	12,38	0,16	1038	47191	1238	2226	701	12646	-	3205
4560 bordó	0,70	2,66	21,84	0,30	0,36	0,39	1,34	6,64	3,59	819	23194	228	236	598	8560	-	2128
4561 kék	0,75	2,43	28,67	0,99	0,06	0,40	2,07	11,47	0,20	36833	14515	3555	-	308	11094	-	3041

A bordó színben mértük a legnagyobb, a többi színhez képest egy nagyságrenddel nagyobb Fe koncentrációt (3,59 tömeg%). A vörösben (a bordót kivéve a többi színhez képest) a Fe dúsul kismértékben, a Ba – figyelembe véve a Ti-nal való átfedést – a többi színben mért beütésszám kétháromszorosát éri el. A zöldekben a Cu relatív dúsulását, valamint a Cr és az Pb legnagyobb koncentrációját mértük. Az árnyalat sötétedése a Cu koncentrációjának növekedésével együtt jár. Továbbá a sötétebb zöld szín spektrumában megjelenik a Br is (**5. ábra**). A kékben mértük a Cu legnagyobb mennyiségét, Cr-t viszont nem mutatunk ki. A sötétebb árnyalat ebben az esetben is több rezet tartalmaz. A fekete színnél és a rózsaszínnél a műszer mennyiségi koncentrációadatokat nem számolt, a spektrumok (**5. ábra**) alapján a színekhez tartozó elem(ek) egyértelműen nem határozható(k) meg.

Röntgen-pordiffrakció (XRD) elemzés

A röntgen-pordiffrakciós vizsgálat elsődleges célja a sérült falfelületek anyagának vizsgálata volt. A vakolatban kloritot, 10Å-ös rétegszilikátot, gipszet, kvarcot, plagioklaszt, kálföldpátot, dolomitot és kalcitot azonosítottunk (**6. ábra**). A glettben kimutattunk kalcitot, gipszet, kvarcot, kloritot, valamint rutilt. A fehér festékréteg összetevői a kalcit, dolomit, klorit, rutil és talk (**6. ábra**).

A gipsz és kalcit aránya 1:10 a II., III. és IV. fal vakolataiban (glettben), még a levált festékréteg alatt is. A falikútnál a gipsz:kalcit arány 1:2-re változik, míg a V. és VI. fal vakolatánál az arány megfordul a gipsz javára és 4:1 lesz.

Elektron-mikroszkóp (SEM-EDX) elemzés

A színes festékréteget tartalmazó, polírozott keresztmetszet-csiszolatokat abból a célból vizsgáltuk, hogy az XRF spektrométer által kimutatott elemeket melyik rétegekhez, illetve milyen szemcsékhez tudjuk rendelni.

A kék, zöld és vörös színek glettteregében (**7., 8., 9. és 10. ábra**) területi SEM-EDX elemzés alapján a Ca és a S dominál, egy százalék felett mennyiségben mutatható ki még a Si és a Mg (**2. táblázat**). A glettteregben 10–100 µm-es kalcit és kálföldpát szemcséket azonosítottunk. A kántartalom általában 0,8–1,2 tömeg%-nyi, a vörös festés glettteregének egyes pontjaiban eléri a 3,2 tömeg%-ot. A kántartalom láthatóan csökken a glettteregtől a fehér festékréteg felé (**10c ábra**). A kén aprókristályos kalcium-szulfát szemcsék formájában van jelen, esetenként néhány 10 µm-nyi méretben. A glett feletti fehér festékréteg változó vastagságú (30–80 µm), jellemző eleme a Ti, és lemezes megjelenésű, hosszúságú formájú magnézium-szilikát (talk), valamint gipszszemcséket tartalmaz (**7a-b és 8. ábra, 2. táblázat**).

A kék festékréteg területi EDX elemzés alapján 0,9 tömeg% kobaltot, 0,7 tömeg% krómot és 0,3 tömeg% rezet tartalmaz (**7. ábra, 2. táblázat**). A kobaltdúsulás apró (1–3 µm-es) Co-Cr(-Cu)-tartalmú szemcsékhez kötődik (**11. ábra**). A pigment-szemcsékben a Co és a Cr koncentrációja tízszeres, míg a Cu koncentrációja kétszeres a festékréteg területi elemzéssel mért összetételéhez képest. Az Al és a Si aránya szintén megváltozik: a területi mérésben 1:6, míg a szemcsékben 3:4, ami alumínát anyagú pigmentre utal. A pigment-szemcsék mellett titán-oxidot, bárium-szulfátot és kloritot azonosítottunk.

A zöld festékrétegben az Al koncentrációja megnő, a Ti koncentrációja viszont lecsökken az alatta lévő fehér festékréteghez képest. Cr-Pb és Pb-S szemcséket azonosítottunk (**8c-d., 9. és 11. ábra**), amelyek finom eloszlásban jelennek meg, méretük néhány µm-nyi. A pigment-szemcsék mellett titán-oxid és bárium-szulfát is megjelenik, valamint 3,5 tömeg% klórt, 1 tömeg% brómot és 0,5 tömeg% rezet mértünk (**8e. és 9. ábra, 2. táblázat**). A halványzöld festékrétegben – amelyről korábban polarizációs mikroszkópos vizsgálat nem készült –

a zöldhöz hasonlóan Cr-Pb és Pb-S szemcséket találtunk. A zöldhöz képest kevesebb rézet tartalmaz (0,1 tömeg% Cu), viszont klórt és brómot nem mutattunk ki (**2. táblázat**).

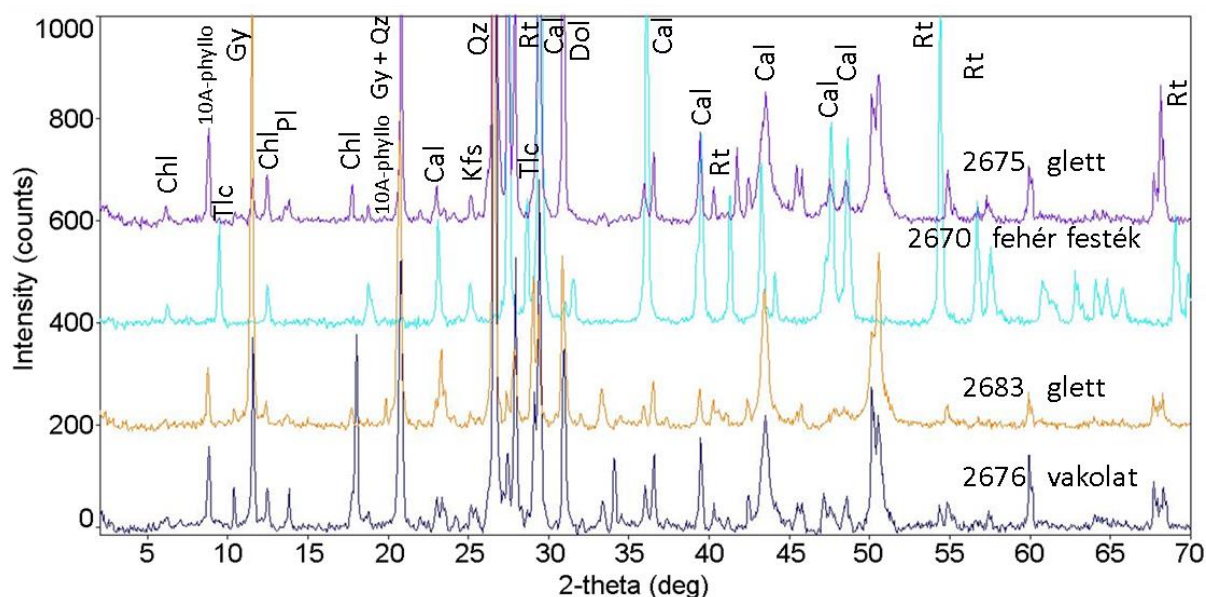
A vörös minta rétegeiben a vas szemcsés formában jelenik meg, azonban a szemcsék nagy része nem a

színadó festékrétegben, hanem a glettben található (**10b ábra**). A vörös festékréteg 0,5 tömeg% titánt és 1 tömeg% báriumot tartalmaz (**2. táblázat**), az utóbbi bárium-szulfát szemcsékhez köthető. A kontrollként vizsgált, további két vörös festékminta (4. és II/3. minták) egyikében sem adódott olyan elemdúsulás, ami a színt magyarázta volna.

2. táblázat. Az egyes festékrétegek, a kék festékréteg alatti fehér festékréteg, valamint a vörös festékréteg alatti glett kémiai összetétele SEM-EDX elemzés alapján (tömeg%, rétegenként egy-egy területi mérés, <kh kimutatási határ alatt)

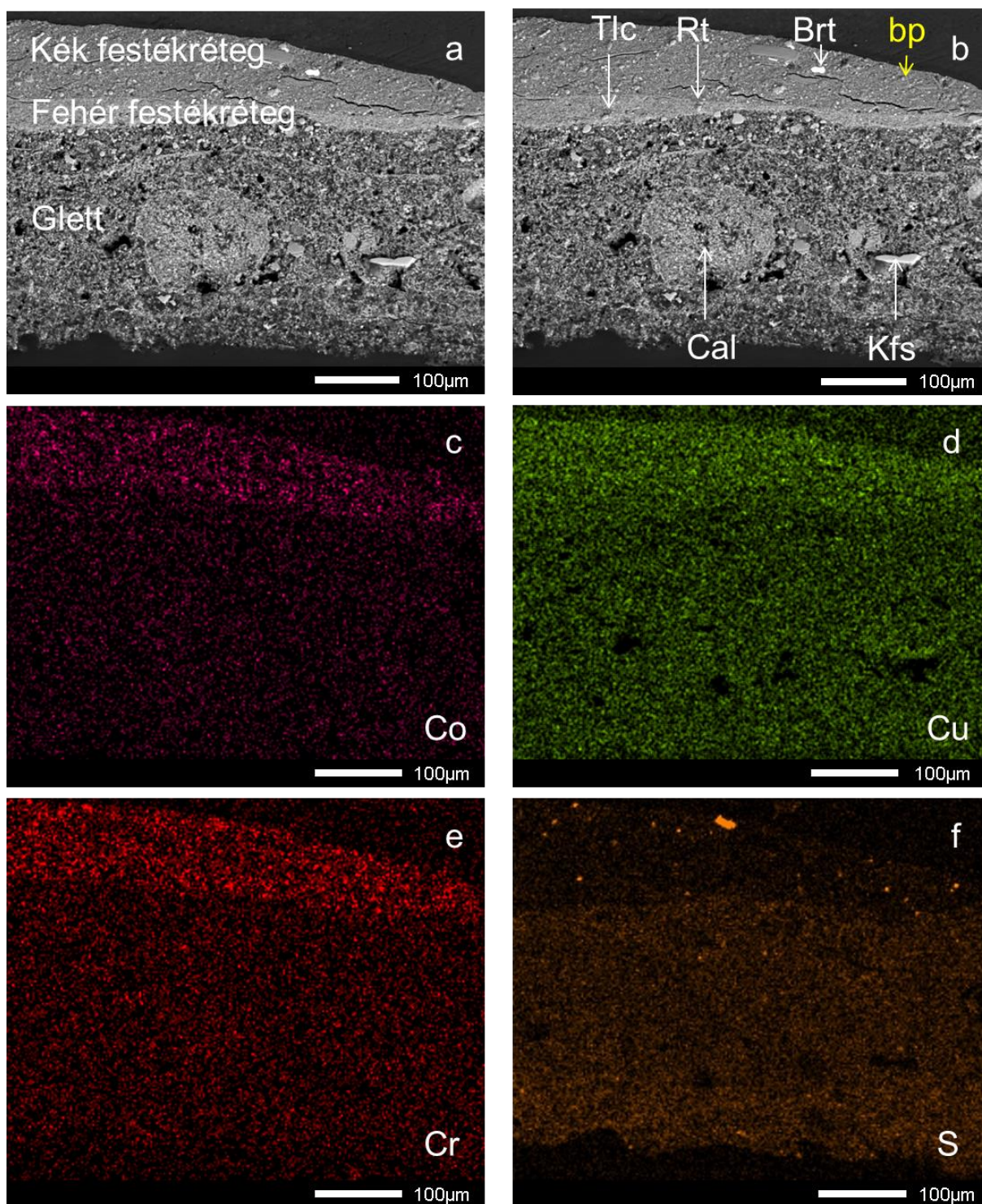
Table 2. Chemical composition of the paint layers, the white paint layer beneath the blue paint layer, and the final render beneath the red paint layer measured by SEM-EDX (weight%, one area measurement per layer, <kh under detection limit)

	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Fe	Co	Cu	Br	Ba	Pb
glett	32,25	-	1,95	0,51	3,26	1,85	0,18	-	59,74	-	-	0,27	-	-	-	-	-
fehér	44,78	0,39	3,09	3,27	16,85	0,90	0,97	0,29	2,29	27,19	-	-	-	-	-	-	-
kék	47,86	-	1,41	5,06	28,73	0,66	0,29	0,48	1,27	10,61	0,67	0,29	0,90	0,30	-	1,50	-
zöld	46,49	-	-	4,66	33,06	0,99	3,54	0,77	0,30	2,75	0,18	0,63	-	0,46	1,07	2,96	1,97
h.zöld	45,75	-	-	4,77	32,98	0,56	-	0,33	-	3,04	0,36	0,26	-	0,14	-	2,39	4,28
vörös	50,15	0,45	0,43	6,08	36,54	0,58	0,76	1,04	2,09	0,50	-	0,39	-	-	-	0,98	-
rózsaszín	45,22	<kh	4,39	2,86	17,50	0,39	-	0,22	0,30	28,36	-	0,20	-	-	-	0,41	-
sárga	48,96	-	-	4,59	34,85	0,86	4,11	0,52	1,34	4,51	-	0,27	-	-	-	<kh	-
fekete	51,74	-	0,42	5,01	39,82	0,18	-	0,61	0,47	1,06	-	0,43	-	-	-	0,26	-



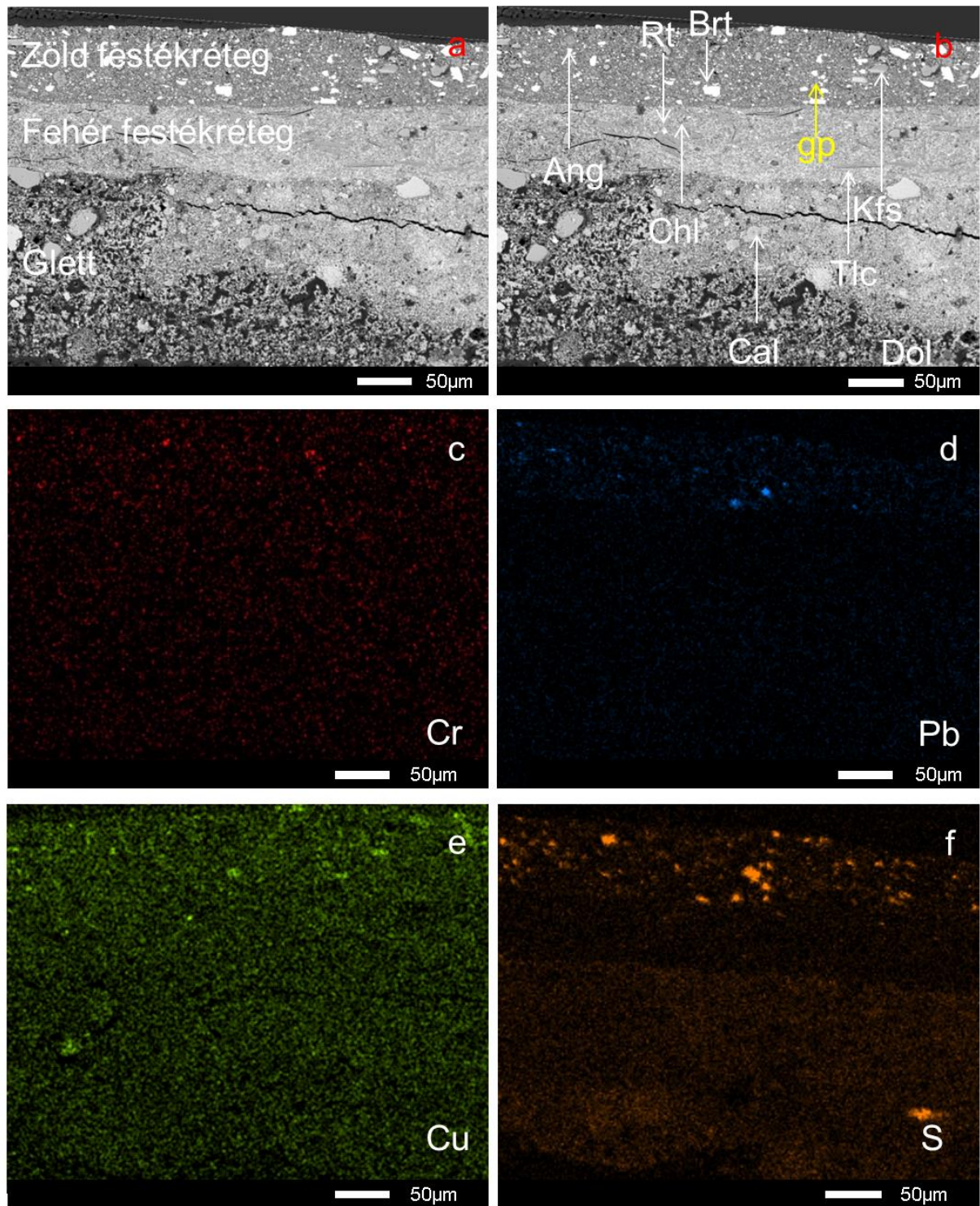
6. ábra: A vakolat, a glettek (2675 a II. falról és 2683 a VI. falról) és a fehér festékréteg röntgendiffraktogramjai (Chl – klorit, 10A-phylo – 10Å-ös rétegszilikát, Tlc – talk, Pl – plagioklász, Gy – gipsz, Cal – kalcit, Dol – dolomit, Qz – kvarc, Kfs – káliföldpát, Rt – rutil)

Fig. 6.: The X-ray diffraction patterns of the plaster, the final render (2675 from wall II and 2683 from wall VI) and the white paint layer (Chl – chlorite, 10A-phylo – 10Å phyllosilicate, Tlc – talc, Pl – plagioclase, Gy – gypsum, Cal – calcite, Dol – dolomite, Q – quartz, Kfs – K-feldspar, Rt – rutile)



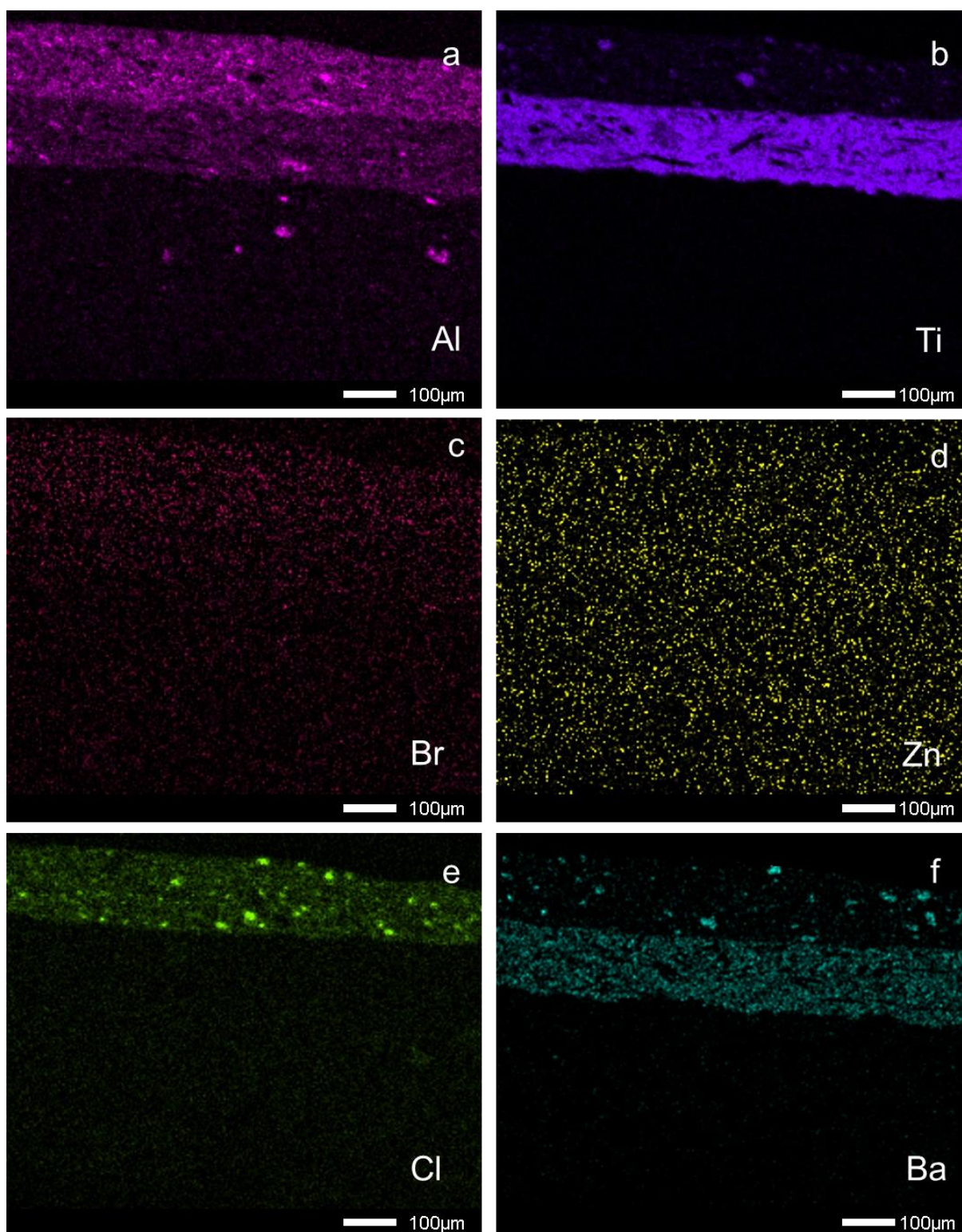
7. ábra: A kék festés **a–b)** visszaszórtelektron-képe, Co-tartalmú szemcse (bp – kék pigment) és a további fázisok (Brt – barit, Tlc –talk, Rt – rutil, Cal – kalcit, Kfs – káliföldpát), **c)** Co eloszlási térképe, **d)** Cu eloszlási térképe, **e)** Cr eloszlási térképe és **f)** S eloszlási térképe

Fig. 7.: Blue painting: **a–b)** BSE images, Co-bearing particle (bp – blue pigment) and other phases (Brt – barite, Tlc –talc, Rt – rutile, Cal – calcite, Kfs – K-feldspar), **c)** Co distribution map, **d)** Cu distribution map, **e)** Cr distribution map and **f)** S distribution map



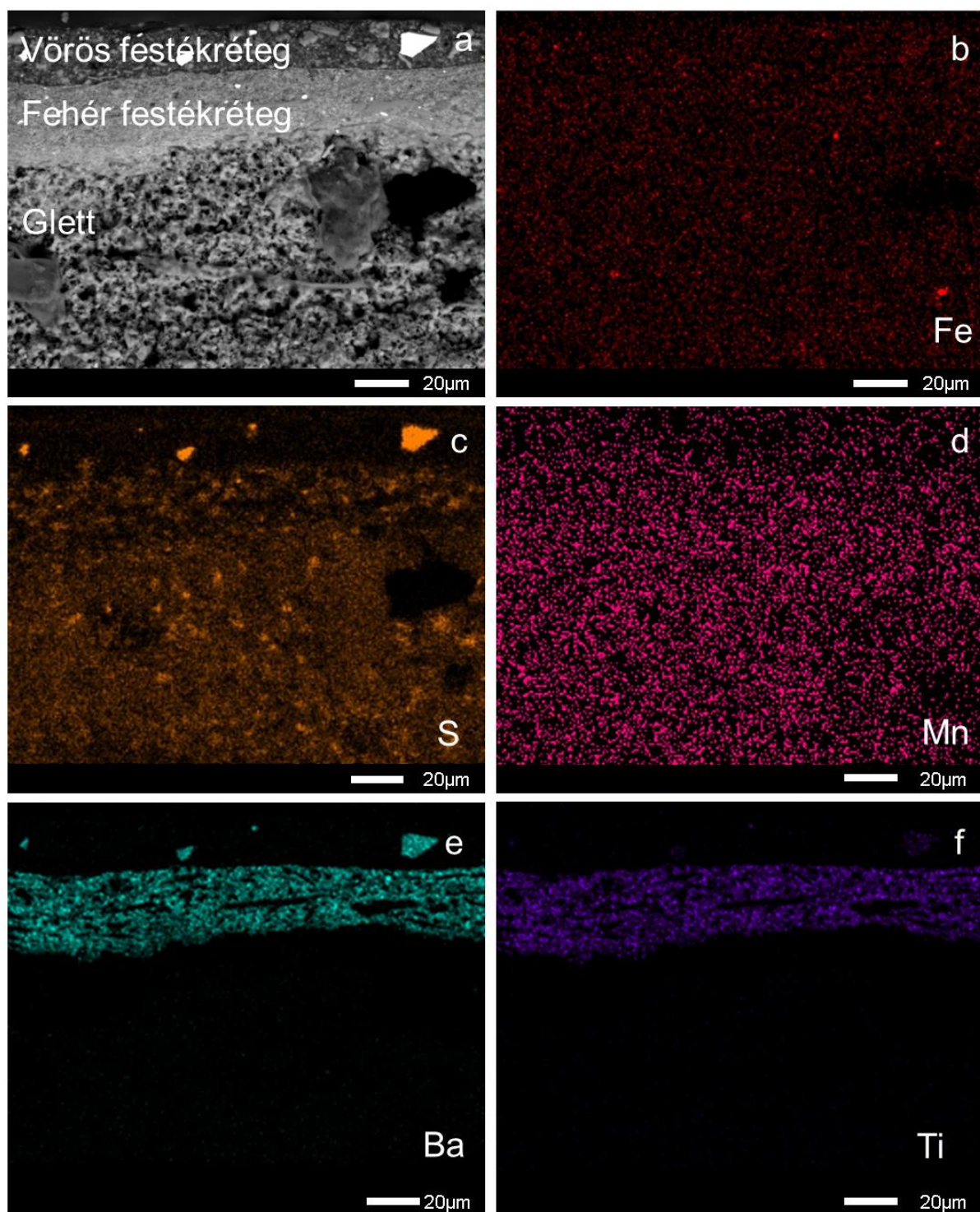
8. ábra: A zöld festés **a–b)** visszaszórtelektron-képe, Pb-Cr-tartalmú szemcse (gp – zöld pigment) és további fázisok (Ang – anglesit, Brt – barit, Chl – klorit, Dol – dolomit, Tlc –talc, Rt – rutil, Cal – kalcit, Kfs – káliföldpát, Qz – kvarc), **c)** Cr eloszlási térképe, **d)** Pb eloszlási térképe, **e)** Cu eloszlási térképe és **f)** S eloszlási térképe

Fig. 8.: Green painting: **a–b)** BSE images, Pb-Cr bearing particle (gp – green pigment) and other phases (Ang – anglesite, Brt – barite, Chl – chlorite, Dol – dolomite, Tlc –talc, Rt – rutile, Cal – calcite, Kfs – K-feldspar, Qz – quartz), **c)** Cr distribution map of the, **d)** Pb distribution map, **e)** Cu distribution map and **f)** S distribution map



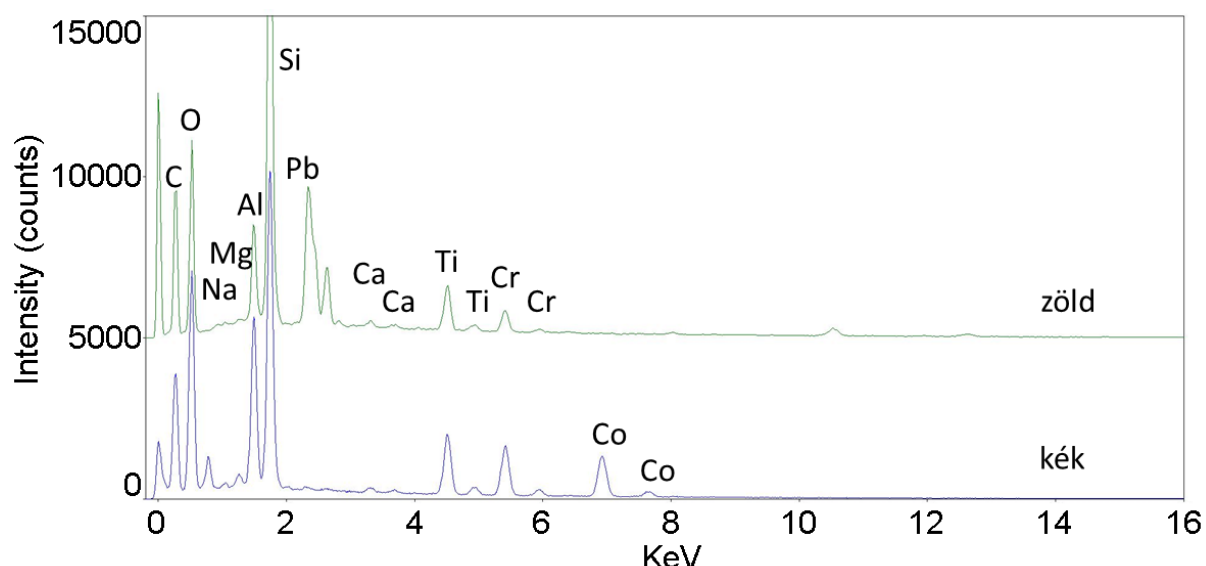
9. ábra: A zöld festés **a)** Al eloszlási térképe, **b)** Ti eloszlási térképe, **c)** Br eloszlási térképe, **d)** Zn eloszlási térképe, **e)** Cl eloszlási térképe és **f)** Ba eloszlási térképe. A Ba és a Ti vonalainak átfedése miatt a rutiltartalmú fehér festékrétegben megjelenik a bárium.

Fig. 9.: Green painting: **a)** Al distribution map, **b)** Ti distribution map, **c)** Br distribution map, **d)** Zn distribution map, **e)** Cl distribution map, and **f)** Ba distribution map. Due to the overlapping of Ba and Ti lines, barium appears in the white paint layer, which contains high amount of rutile.



10. ábra: A vörös festés **a)** visszaszórtelektron-képe, **b)** Fe eloszlási térképe, **c)** S eloszlási térképe, **d)** Mn eloszlási térképe, **e)** Ba eloszlási térképe és **f)** Ti eloszlási térképe. A Ba és a Ti vonalainak átfedése miatt a rutiltartalmú fehér festékrétegben megjelenik a bárium.

Fig. 10.: Red painting: **a)** BSE image, **b)** Fe distribution map, **c)** S distribution map, **d)** Mn distribution map, **e)** Ba distribution map and **f)** Ti distribution map. Due to the overlapping of Ba and Ti lines, barium appears in the white paint layer, which contains high amount of rutile.



11. ábra: A kék festékréteg Co-Cr-tartalmú és a zöld festékréteg Cr-Pb-tartalmú pigmentszemcséinek EDX spektruma

Fig. 11.: EDX spectra of Co-Cr-bearing pigment particles in the blue and Cr-Pb-bearing pigment particles in the green paint layers

A további három szín (rózsaszín, fekete, sárga) mintáiban a festékréteg színezője (pigmentje) kérdéses. A Mn koncentrációja kimutatási határ (~0,2 tömeg%) alatti. A Fe mennyisége a feketében hasonló, a másik kettőben pedig kevesebb, mint a vörös festékrétegben (<0,4 tömeg%). Így a szint más, valószínűleg szerves eredetű színező okozhatja. Emellett az összes szín közül a sárga festékréteg tartalmazza a legtöbb klórt (4,1 tömeg% Cl), míg a rózsaszín festékréteg a legtöbb titánt (**2. táblázat**).

A sárga festékréteg alatti és feletti fehér festék- és glettrétegek megjelenése kissé eltér (**3e ábra**), a felsőkben nagyobb a szemcseméret (10–20 µm), mint az alsóban (2–5 µm). Az elemösszetételt tekintve az alsó fehér festékréteg kevesebb S-t tartalmaz (0,8 tömeg%), mint a felső (5,6 tömeg%), az utóbbi feltehetően nagyobb mennyiségben tartalmaz gipszet.

Emellett mindkét esetben a glettrétegtől a fehér festékréteg felé S koncentrációjának csökkenését tapasztaljuk. A fekete festékréteg alatt és felett elhelyezkedő két fehér festékréteg (**3f ábra**) megjelenése és összetétele hasonló, azonban a S mennyisége nagyobb a felsőben (2,2 tömeg% alul, 6,1 tömeg% felül) valószínűleg szintén a nagyobb gipsztartalom miatt.

Mikro-röntgendiffrakciós (mikro-XRD) elemzés

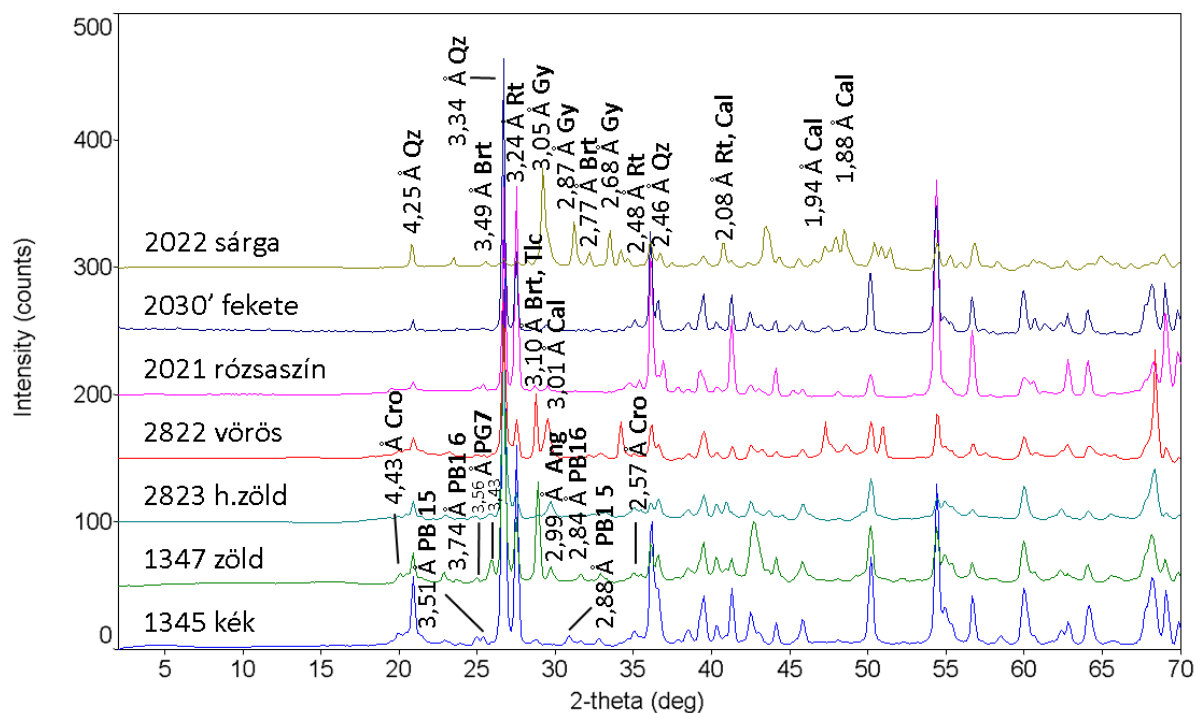
A keresztmetszet-csiszolatok legfelső, színadó festékrétegét mikro-XRD vizsgálattal elemeztük, a kvarc és a rutil mellett a zöldekben ólom-szulfátot (anglesit, PbSO_4) és ólom-kromátot (krokoit,

PbCrO_4) azonosítottunk (**12. ábra**). A kékben és zöldekben alárendelt fázisként barit is megjelenik. A Raman mikrospektroszkópai vizsgálat (ld. később) alapján kimutatott szintetikus szerves pigmentek jelenlétére utaló reflexiók feltételezhetők a kékben (szintetikus szerves kék pigment, PB15), valamint a zöldekben (szintetikus szerves zöld és kék pigmentek, PB16 és PG7).

A vörös festékréteg diffraktogramjában a kvarcon, bariton, rutilon, kalciton és talkon kívül más fázis nem azonosítható (utóbbi kettő az alatta lévő fehér festékrétegből származó jel lehet). A kontrollként vizsgált további két vörös festékminta szintén nem mutatott szervesen vörös színezőre utaló reflexiókat, valószínűleg szerves eredetű pigmentet alkalmaztak.

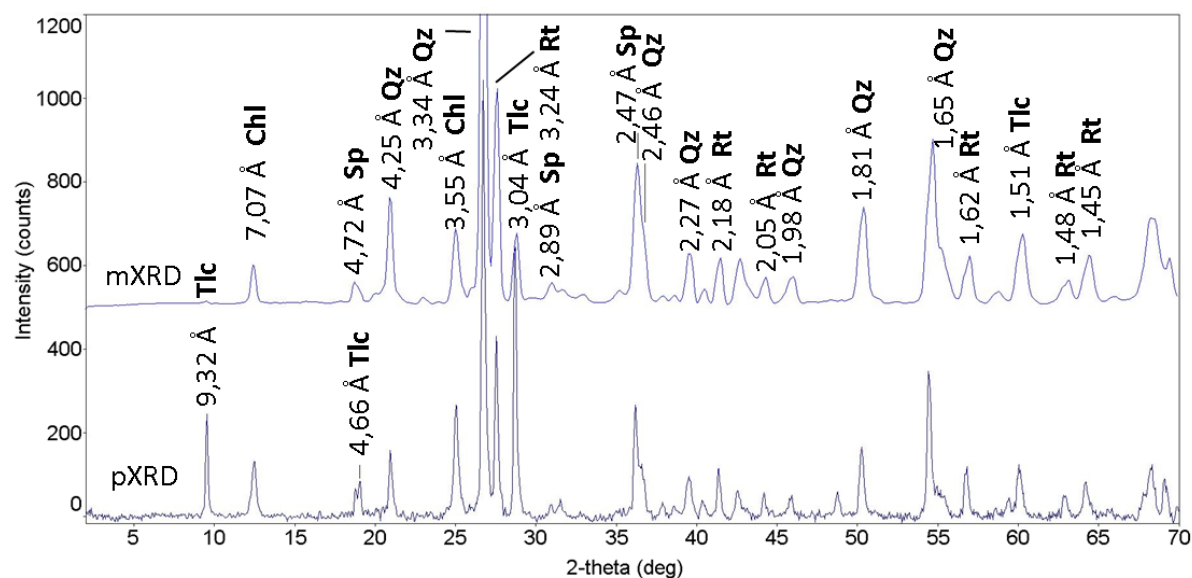
A rózsaszín, fekete és sárga festékrétegek diffraktogramjában kvarc, kalcit, és rutil, a rózsaszínben és sárgában barit, valamint a sárgában megjelenő gipsz ásványokon kívül más fázis nem azonosítható (**12. ábra**), ami felveti – a SEM-EDX eredményeknél már említett – szerves színezők jelenlétét. A rózsaszínnél kimutatott rutil nemcsak az alsóbb rétegből származik, mennyisége alapján a színadó festékréteg része is.

Emellett mikro-XRD módszerrel a kék festékréteg egy nem beágyazott mintájának felületét is megmértük, valamint megfelelő mennyiségű mintával rendelkezünk hagyományos röntgen-pordiffrakciós vizsgálat elvégzéséhez is. Mindkét módszerrel spinellszerkezetű alumínátot (CoAl_2O_4 , kobaltkék) mutattunk ki kvarc, rutil, talk és klorit mellett (**13. ábra**).



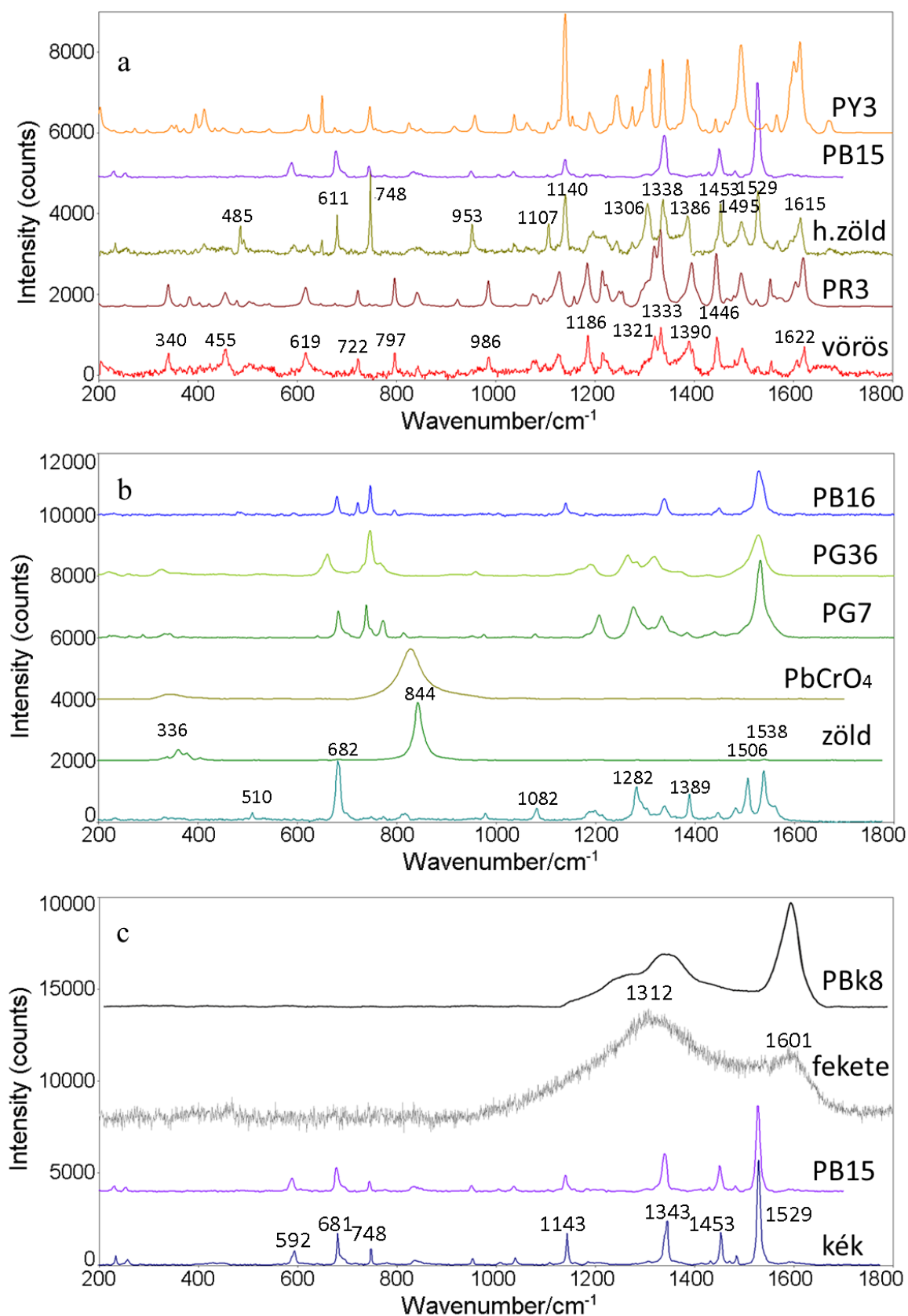
12. ábra: A színadó festékrétegek keresztmetszet-csiszolatairól készült mikro-röntgendiffraktogramok (Ang – anglesit, Brt – barit, Qz – kvarc, Rt – rutil, Gy – gipsz, Cro – krokit, Cal – kalcit, Tlc – talk, PB15 (JCPDS 00-002-0312), PB16 (JCPDS 00-036-1883), PG7 (JCPDS 00-022-1684))

Fig. 12.: Micro-X-ray diffraction patterns of the paint layers (Ang – anglesit, Brt – barite, Qz – quartz, Rt – rutile, Gy – gypsum, Cro – crocoite, Cal – calcite, Tlc – talc, PB15 (JCPDS 00-002-0312), PB16 (JCPDS 00-036-1883), PG7 (JCPDS 00-022-1684))



13. ábra: A kék festékréteg pormintájának röntgen-diffraktogramja (pXRD) és egy nem beágyazott mintájának felületéről készült mikro-röntgendiffraktogram (mXRD) (Qz – kvarc, Chl – klorit, Rt – rutil, Sp – spinell (CoAl₂O₄, JCPDS 01-082-2252), Tlc – talk)

Fig. 13.: X-ray diffraction profiles of the blue paint layer performed on a powdered sample (pXRD) and on the surface of an intact (not embedded) sample (mXRD) (Qz – quartz, Chl – chlorite, Rt – rutile, Sp – spinel (CoAl₂O₄, JCPDS 01-082-2252), Tlc – talc)



14. ábra: A festékrétegek és a PY3, PR3, PB15, PB16, PG7, PG36, PbK8 és PbCrO₄ pigmentek referencia Raman spektruma a SOPRANO adatbázisból, **a)** halványzöld és vörös, **b)** zöld, **c)** fekete és kék festékréteg

Fig. 14: Raman spectra of the paint layers and reference PY3, PR3, PB15, PB16, PG7, PG36 and PbCrO₄ pigments from the SOPRANO database, **a)** light green and red, **b)** green, **c)** black and blue paint layers

3. táblázat. A vizsgálatok eredményeinek összesítése**Table 3.** Summary of the analytical results

	glett	fehér festékréteg	kék festékréteg	zöld festékréteg	halványzöld festékréteg	vörös festékréteg
hXRF	Ca- és S-dúsulás	Ti-dúsulás	Cu-dúsulás	Cr-, Cu-, Pb-dúsulás, Br dúsulás (a zöldben)		Fe-, Ba-dúsulás
XRD	kalcit, gipsz, kvarc, klorit, rutil	kalcit, dolomit, klorit, rutil, talk	spinell (CoAl ₂ O ₄)	-		-
mikro-XRD	-	-	spinell (CoAl ₂ O ₄), PB15 (?), barit	krokoit (PbCrO ₄), anglesit (PbSO ₄), PB16 (?), PG7(?), barit	krokoit (PbCrO ₄), anglesit (PbSO ₄), barit	kvarc, rutil, barit, kalcit, talk
SEM-EDX	Ca-szulfát, kalcit és kálföldpát szemcsék	Ti-dúsulás, Mg-szilikát szemcsék és gipsz	Co-Cr(-Cu) pigmentszemcsék, Co, Cr, Cu dúsulás, Ti-dioxid szemcsék, barit, klorit	Cr-Pb és Pb-S szemcsék, Cu-dúsulás, barit, Ti-dioxid szemcsék, Cl- és Br-dúsulás (a zöldben)		barit, Ti-dúsulás
Raman mikro-spektroszkópia	-	-	ftalocianin-kék (PB15)	PbCrO ₄ , ftalocianin-zöld (PG7, PG36), ftalocianin-kék (PB16)	PY3, ftalocianin-kék (PB15)	PR3

Raman mikrospektroszkópia

Raman mikrospektroszkópiai vizsgálatok alapján **(14. ábra)** – a SOPRANO adatbázissal összevetve – a halványzöld festékrétegben szintetikus szerves sárga és kék pigment, PY3 (pigment yellow 3) és Cu-ftalocianin, PB15 (pigment blue 15), míg a vörösben szintetikus szerves vörös pigment, PR3 (pigment red 3) pigment található. A sötétzöld festékrétegben az ólom-kromát (PbCrO₄) mellett szintetikus szerves kék, PB16 (pigment blue 16, ftalocianin) és zöld pigmentek, PG7 (pigment green 7, ftalocianin) és PG36 (pigment green 36, ftalocianin), míg a kék rétegben szintén Cu-ftalocianin, PB15 (pigment blue 15) van jelen.

A rózsaszín festékrétegben rutilt azonosítottunk. A fekete színben PbK8 (pigment black 8, amorf szén) fekete pigmentet detektáltunk **(14. ábra)**. A sárga festékrétegről viszont a Raman mikrospektroszkópia nem adott értékelhető spektrumot, így továbbra sem egyértelmű a színező típusa.

Diszkusszió**A festékrétegek és pigmentek**

A különböző vizsgálati módszerek eredményeit a **3. táblázat** összesíti.

A fehér festékréteg XRF vizsgálattal kimutatott Ti tartalma rutilhoz (titán-dioxid, titánfehér) köthető, ami megegyezik a gyártó által megadott összetétellel. Emellett a fehér és színes festékrétegekben kimutattunk talk, kalcit, dolomit, klorit, kvarc és barit ásványokat töltőanyagként.

A kék színnél az előzetes XRF mérés alapján feltételezett rézdúsulást az elektron-mikroszkondás (SEM-EDX) mérés megerősítette. Raman mikrospektroszkópiával porfiringyűrűs szintetikus szerves, réztartalmú ftalocianin pigmentet, PB15-öt¹ (ftalocianin-kék) azonosítottunk. A kobalt mennyisége – a SEM-EDX elemzés alapján úgy a festékréteg átlagos összetételében, mint a pigment-szemcsék összetételében – a réznél nagyobb. A kobalt spinell-szerkezetű kobalt-aluminát pigmentként van jelen (CoAl₂O₄, kobaltkék), amit röntgen-diffrakcióval sikerült kimutatni. A kézi XRF készülék krómot nem mutatott ki kimutatási határ feletti mennyiségben, viszont a SEM-EDX elemzés igazolta a jelenlétét a festékrétegben. Az SEM-EDX pont-mérések alapján a pigment kobalt mellett krómot is tartalmaz (Co(Al,Cr)₂O₄). A spinellek ipari előállítása a 19. század elején kezdődött. 1960-ban állították elő először a kobalt-aluminátot. Az idők során kereskedelmi összetételük változott minőségi, gazdaságossági és toxicitási szempontok miatt, viszont máig kaphatók kiváló optikai adottságaik és jó fizikai-kémiai ellenálló képességük miatt. Hőmérséklettűrűségük kiváló, akril és alkid kötőanyagokkal szemben ellenállóak (Angelin et al. 2017).

A zöld színeknél az XRF vizsgálat kimutatta a krómot, melyek az XRD vizsgálat alapján ólom-kromát (PbCrO₄, krokoit, krómsárga) pigmentként van jelen **(3. táblázat)**. A krómsárga jellemzően tartalmaz az ólom-szulfátot is (PbSO₄) (Kühn & Curran 1986), amit szintén kimutattunk. Raman mikrospektroszkópiai vizsgálat alapján a sötétebb

zöld szín szintetikus szerves kék pigmentet, PB16-ot^{II} és zöld pigmenteket, PG7-et^{III} és annak brómozott származékát, PG36-ot^{IV} tartalmaz, azaz a sötétzöld festék szervesen sárga (krómsárga), szerves kék és zöld színek keverékéből készült. Az alumíniumkoncentráció megnő a színes festékretegben – legnagyobb mértékben a vörösben, de a fehérhez képest a kékben, zöldben is –, ami alapján feltételezhető, hogy alumínium-hidroxidra csapták le a pigmenteket. A ftalocianin pigmenteket – PB15, PB16, PG7 és PG36 – 1935 körül kezdték gyártani (Russel 2010). Tartós, rendkívül erős színezők jó fényállósággal. Ellenállnak savaknak, alkáliáknak, hőnek, olajnak, oldószereknek, szappanoknak (<https://seoblogarticles.in/history-of-phthalocyanine-blue-pigments/>). A ftalocianin pigmentek színe függ a komplexált kationtól, illetve az aromás gyűrűk helyettesítő csoportjaitól (Thomas 1990; Eastaugh et al. 2008).

A szintetikus ólom-kromát pigmentet (krómsárgát) az 1800-as évek elejétől gyártják (Kühn & Curran 1986) és széles körben használták többek között fal- és olajfestményekhez is (Gliozzo & Ionescu 2022). Az 1920-as évektől az alkidfestékek jellemző alkotója, egészségügyi kockázata miatt azonban falfestékben való használatát az 1950-es évektől betiltották (Hansen et al. 2018). Krómsárgát szintetikus szerves pigmentekkel keverve használtak zöld szín kialakítására más modern műalkotásoknál is, pl. PB15 pigmenttel keverve a dániai Herlev Hospital ajtóinál (Hansen et al. 2018). Más esetben az ólom-kromátot a sárga különféle árnyalatainak előállítására használták, pl. Pinot Gallizio *La Caverna dell'Antimateria* (1958–1959) c. festményénél a krómsárgát litopon fehérrel (BaSO₄ és ZnS keveréke) és szintetikus szerves sárgával (PY3^V) keverték a sötétsárga árnyalat előállítására (a zöldet szintén kék és sárga keverékéből, azonban szintetikus szerves pigmentekkel (PB15 és PY3) állították elő) (Bartolozzi et al. 2014). Az ólom-kromátot kimutattak továbbá orosz avantgárd képek sárga színű festékretegeiben, amikben a zöld csíkokat ftalocianin-kék hozzákeverése eredményezte (Artesani et al. 2019).

A halványzöld festékreteg a sötétebb zöldhöz hasonlóan ólom-kromátot tartalmaz. Mivel a Raman mikrospektroszkópia szintetikus szerves PY3 sárga és PB15 kék pigmentet mutatott ki, ez a szín szervesen sárga pigment mellett szerves sárgával és szerves kékkel készült. A szerves sárga pigment, a PY3 (pigment yellow 3) az arilid (Hansa) sárgák csoportjába tartozik, 1910 óta gyártják (Russel 2010). Jó fényállósággal rendelkezik, ellenáll víznek, olajnak, savaknak és bázisoknak és csak 150°C-ig hőálló. Szerves oldószerekben jól oldódik, ami átkristályosodás általi színváltozást okozhat (Berrie & Lomax 1997). Alumínium hordozóra készített pop-art festményeken PY3-at PG7-tel keverve, valamint PG36-ot használtak a

zöld árnyalatok beállítására (Longoni et al. 2022). Egy argentin épület, a Gallerias Pacifico falfestményein szintén alkalmazták a PY3-at PY74 pigmenttel^{VI} együtt (Moretti et al. 2013).

A mikrokémiai tesztek vas-oxid pigment jelenlétét mutatták a vörös, a sárga és a fekete színekben (Farkas et al. 2016–2018a, Mátyás et al. 2018). Vas-oxid pigment jelenlétét azonban e színek egyikében sem tudtuk egyértelműen igazolni. Egyedül a bordó szín XRF spektrumában jelenik meg kiugró vastartalom. A vörös színben az XRF spektrum a többi színhez képest (a bordót kivéve) kissé nagyobb vastartalmat mutatott, viszont a SEM-EDX vizsgálat nem erősítette meg a vastartalmú szerves pigment jelenlétét. Így felvetődik a szerves pigment használata.

A Raman mikrospektroszkópiai vizsgálat PR3 (pigment red 3^{VII}) jelenlétét igazolta a vörös színben. A PR3 a PY3-hoz hasonlóan aromás diazo szerkezetű (toluidin-vörös), az 1905-as évek óta használják (Hansen et al. 2018; Russel 2010). Szerves oldószerekre (észter, keton) érzékeny; alkáliáknak, szappanoknak és savaknak is ellenáll. Kis fényállósága miatt az 1970-es évek óta feleakkora volumenben gyártják (Berrie & Lomax 1997). A PR3-at alkalmazták cinóber imitálásra PR51^{VIII} lakkpigmenttel és PR63-mal^{IX} keverve (Pause et al. 2019). A dániai Herlev Hospital ajtóinál az ólom-kromátot PR3 pigmenttel keverték, ezáltal rózsaszín árnyalathoz jutva (Hansen et al. 2018). A PR3 Francis Bacon (1909–1992) festő palettájának is gyakran használt eleme volt (Russel 2010).

A sárga, rózsaszín és fekete színek kapcsán az XRF, az XRD és a SEM-EDX módszerekkel sem tudtuk meghatározni a színezőt. Előbbi kettőnél a Raman mikrospektroszkópia sem volt informatív (kivéve a rózsaszínben kimutatott rutilt, ami az árnyalat miatt hozzákevert fehér festék lehet), míg a feketénél PBk8-at (pigment black 8), azaz széntartalmú pigmentet azonosítottunk.

Megjegyzendő, hogy Zn megjelenik a színek XRF spektrumában, de SEM-EDX alapján dúsulást nem mutat egyik rétegben sem (**9d ábra**). Oxidációs jellemzői miatt hajlamosabb az átalakulásra, mint a többi jelenlévő kation, közben a színét nem változtatja meg, tehát a keletkező sók (klorid, szulfát, stb.) is fehérek maradnak (Kühn 1986).

A károsodások

A károsodás folyamatát – a festékreteg feltáskásodását, majd leválását – több tényező befolyásolta különböző mértékben. A sóképződés az egyik, melynek során jelentős szerep jut a különböző szulfátoknak (Arnold & Zehnder 1991).

A felszínről a rétegek belseje felé növekvő kéntartalmat mutattunk ki SEM-EDX elemzéssel. A vakolatban és főként a glettrétegben röntgen-pordiffrak-

cióval pedig gipsz ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) jelen-létét azonosítottuk kalcit, kvarc, klorit és rutil ásványok mellett. A nedvesség és a levegő kén-dioxid tartalmának hatására a vakolatban és a glettben lévő kalcium-karbonát foltokban gipsszé alakult, ami térfogatnövekedéssel járt, így a felület fokozatosan felpúposodott (Bläuer Böhm et al. 2001; Zehnder & Schoch 2008).

A restaurátorok a szobában több alkalommal végeztek falnedvességmérést, az összes fal száraznak bizonyult (Farkas et al. 2016–2018a; Mátyás 2018). A levegő páratartalmát is figyelemmel kísérték: a levegő száraz, 30% körüli a relatív páratartalom a helyiségben a téli időszakban, míg nyáron 40–45%. A hőmérséklet a központi fűtésnek és a szoba elhelyezkedésének köszönhetően télen, a fűtési szezonban állandóan 20–23 °C között van (a szobát minden oldalról fűtött helyiségek veszik körül). A nyári, melegebb időszakban a szoba rossz szellőzése miatt viszonylag meleg, 23–26 °C között van (Farkas et al. 2016–2018a).

Röntgen-pordiffrakciós vizsgálattal különbséget tudtunk kimutatni a falak vakolatának (glettjének) ásványos összetételében, pontosabban a kalcit és a gipsz arányában. A gipsz azon a falon (V. és VI. fal) van jelen a legnagyobb mennyiségben, ahol a károsodás nem volt annyira erőteljes. Ily módon a károsodást feltehetően, a közlekedésből származó rezgések és a nyarak párás melege együttesen okozza helyenként eltérő mértékben, de egymás hatását felerősítve. A közlekedésen kívül a helyiség (IV. és V. fal) melletti lift által előidézett rezgések, valamint a III. falnál a lakás 1976-ban végzett nagyobb átalakításával járó mechanikai hatások (Farkas et al. 2016–2018a) szintén gyorsíthatták a festékrétegek leválását.

Az 1960-as évek óta terjedtek el a műgyanta alapú falfestékek és velük egy időben az ezeknél használatos műgyanta oldatok és diszperziók használata a falfestmény restaurálásában. Pár évtizedig úgy tűnt, hogy ezek az anyagok nagyon tartósak, a kilencvenes évek körül kezdtek gyűlni a kedvezőtlen tapasztalatok. Eleinte a szakemberek úgy próbálták kiválasztani a legjobb anyagokat a vakolat és festék szilárdításához, illetve a festékek kötőanyagához, hogy a műanyagok öregedési tulajdonságait vizsgálták. Hamar kiderült, hogy nem az anyagok öregedése, hanem a műgyanta filmeknek a vakolatokkal és hagyományos festékekkel való fizikai összeférhetetlensége az egyik legfontosabb oka a romlásnak. A restaurálásban régóta köztudott, hogy a festék-fixálás esetén kerülni kell a felületi filmképződést, mivel az a festékréteg lehámlásához vezethet (Mora et al. 1977). Mora alapművében már említi a vakolat és a bevonat eltérő dilatációját, mint a fixálások károsodásának egyik jellemző okát (Mora et al. 1977). A műgyanta alapú festékek ugyan többségükben nem alkotnak teljesen záró filmet a fal felületén, de az alkidgyanta alapú

festékek biztosan szilárd összefüggő filmet alkotnak. A műgyanta filmek évtizedes tapasztalatok szerint nem bizonyultak kompatibilisnek a történeti építőanyagokkal.

A műgyanták negatív hatásaira mára több szakcikk is felhívta a figyelmet (Alvarez 1987; Danzl & Leitner 2005). Komoly vizsgálatok indultak a vakolatok felületére felhordott műgyanta filmek hosszútávú viselkedésének megismerésére (Lehmann 2004). Kiderült, hogy a tömegesen megfigyelhető károsodások egyik korábban nem kellően értékelt oka a műgyanta réteg dilatációja (hő- vagy páradilatáció). Ezért ma a restaurálások egyik fő célja a műgyanta alapú fixatívok eltávolítása a falfestményekből (Maetzke 2001; Matteini et al. 2001; Wierdl 2002; Danzl & Leitner 2005; Brazil 2014; Lee et al. 2018). Természetesen ez nem jöhet szóba akkor, amikor a műgyanta alapú felületi film maga a műalkotás.

Az alkidfesték hosszasan polimerizálódik, azaz egyre ridegebbé, keményebbé válik. Ez az öregedési folyamat térfogatváltozáshoz is vezethet. Ha a festékréteg a dilatáció miatt hosszabb ideig váltokozva zsugorodik és duzzad, letépheti magát a felületről. A kutatások szerint a műgyanták hődilatációja mintegy tízszerese a vakolatokénak (Wendler et al. 1998; Heritage 2000; Lehmann 2013). Ehhez járulhat hozzá a falak különböző, sokszor foltos hőterhelése (pl. napsugárzás, radiátor). Számos példa bizonyítja, hogy a műgyanta alapú festékek alatt idővel elporlik a vakolat és a festék hámlani kezd, felpöndörödik. Hasonló hatása lehet a külső lágyítószerek lassú elpárolgásának is. Ez esetünkben inkább az alsó diszperziós rétegnél képzelhető el. A festék ekkor is ridegebbé válik és zsugorodik (Pescoller 1996). Ha a festék és az alatta lévő vakolat közötti tapadás gyenge, a hámlás viszonylag hamar megkezdődhet még akkor is, ha nincsenek beázások.

Összefoglalás

Kemény György pop-art 'Szekkó' falfestményét vizsgáltuk több analitikai módszer (hXRF, XRD, mikro-XRD, SEM-EDX, Raman mikrospektroszkópia) együttes alkalmazásával a falfestmény restaurálásához kapcsolódva. A multianalitikai megközelítés lehetővé tette a festékrétegek többségénél a szintetikus szerves és/vagy szerves pigment kimutatását, valamint a károsodás okainak feltárását.

A kék festékrétegben szerves kobaltkék (kobalt-spinell, CoAl_2O_4) és szerves ftalocianin-kék (PB15) pigmentet is kimutattunk. A zöld festékrétegekben a színt a krómsárga (PbCrO_4), valamint a szerves ftalocianin-kék (PB16) és ftalocianin-zöld (PG7, PG36) pigmentek együttesen adják. A halványzöldben emellett szintetikus sárga PY3 pigment található krómsárga és ftalocianin-kék mellett, tehát kétféle kevert zöld festéket használtak. A vörös

festékben szintetikus PR3 pigmentet, míg a feketében széntartalmú PBk8 pigmentet azonosítottunk.

A falfestmény károsodását (feltáskásodás, leválás) feltehetően a közlekedés és egyéb okok által gerjesztett rezgés, valamint a vakolatban a sóképződés (gipszesedés) okozta térfogatnövekedés éveken át tartó hatása együttesen váltotta ki. Ezt a hatást fokozta a festékfilmnek az öregedéséből származó keményedése, ridegsége és térfogatváltozása. A festéknek a vakolatétól eltérő dilatációjából eredő váltakozó feszültségek is hozzájárultak a festék-réteg hámlásához, pusztulásához.

A szerzők tudományos közreműködése

Szabó Máté Kísérletvezetés, adatkezelés, eredeti kézirat, javított kézirat, vizualizáció. **Bajnóczi Bernadett** Módszertan, validálás, ellenőrzés, eredeti kézirat, javított kézirat. **Aradi László Előd** Kísérletvezetés, eredeti kézirat, vizualizáció. **Bóna István** Kutatásvezetés, eredeti kézirat.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk Tóth Máriának, aki által a téma közelébe kerülhattünk. Köszönjük Müller Alexandrának a preparátumok elkészítésében nyújtott segítségét. Köszönjük továbbá Mátyás Viktóriának, Farkas Biankának, Hallai Laurának és Pintea Alíz Ráhelnek, hogy rendelkezésünkre bocsátották a természettudományos és a restaurálási dokumentációt, valamint a beágyazott festék-mintákat. Galambos Évának és Madár Máriának köszönjük a kézirat gondos lektorálását és hasznos szakmai tanácsait.

Irodalomjegyzék

ALVAREZ, L.C. (1987): Stucco: a report on the methodology developed in Mexico. In: HODGES, W. M. (ed.): *In situ archaeological conservation. Proceedings of meetings April 6-13, 1986, Mexico*. Instituto Nacional de Antropología e Historia de Mexico and The Getty Conservation Institute, 90–97.

ANGELIN, E.M., BACCI, M., BARTOLAZZI, G., CANTISANI, E. & PICOLLO, M. (2017): Contemporary artists' spinel pigments: non-invasive characterization by means of electronic spectroscopy. *Spectrochimica Acta A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* **173** 510–515. <https://doi.org/2010.1016/j.saa.2016.10.002>

ARTESANI, A., GHIRARDELLO, M., MOSCA, S., NEVIN, A., VALENTINI, G. & COMELL, D. (2019): Combined photoluminescence and Raman microscopy for the identification of modern pigments: explanatory examples on cross-sections from Russian avant-garde paintings. *Heritage Science* **7** 17. <https://doi.org/2010.1186/s40494-019-0258-x>

ARNOLD, A. & ZEHNDER, K. (1991): Monitoring wall paintings affected by soluble salts. In: CATHER, S. (ed.): *The Conservation of Wall Paintings. Proceedings of a symposium organized by the Courtauld Institute of Art and the Getty Conservation Institute, London, July 13-16, 1987*. The Getty Conservation Institute, 103–135.

BARTOLOZZI, G., CUCCI, C., MARCHIAFAVA, V., MASI, S., PICOLLO, M., GRIFONI, E., LEGNAIOLI, S., LORENZETTI, G., PAGNOTTA, S., PALLESCHI, V., DI GIROLAMO, F., LA NASA, J., MODUGNO, F. & COLOMBINI, M.P. (2014): A multidisciplinary approach to the investigation of "La Caverna dell'Antimateria" (1958-1959) by Pinot Gallizio. *Heritage Science* **2** 29. <https://doi.org/10.1186/s40494-014-0029-7>

BERRIE, B.H. & LOMAX, S.Q. (1997): *Azo Pigments: Their History, Synthesis, Properties, and Use in Artists' Materials*. Studies in the History of Art 57, Monograph Series II: Conservation Research 1996/1997, National Gallery of Art, Washington, 8–33.

BLÄUER BÖHM, C., KÜNG, A. & ZEHNDER, K. (2001): Salt Crystal Intergrowth in Efflorescence on Historic Buildings. *CHIMIA* **55/11** 996–1001. <https://doi.org/2010.2533/chimia.2001.996>

BÓNA, I. (2006): Falkép-technikák. *Isis – Erdélyi Magyar Restaurátor Füzetek* **5** 6–40. https://www.epa.hu/00400/00402/00005/pdf/ISIS_2_006_000-040.pdf

BRAZIL, R. (2014): Modern Chemistry Techniques Save Ancient Art. Nanoparticles, laser cleaning, and glue-eating bacteria restore valuable frescoes and paintings. <https://www.scientificamerican.com/article/modern-chemistry-techniques-save-ancient-art/> <https://www.chemistryworld.com/features/conservative-innovations/7466.article> (utolsó hozzáférés: 2025. 03. 02.)

DANZL, T. & LEITNER, H. (2005): Einhausung und Klimaregulierung als Mittel preventiver Konservierung von Kunststoffbelasteter Wandmalerei. In: EXNER, M. & JAKOBS, D. (Hrsg.): *Klimastabilisierung und Bauphysikalische Konzepte*. ICOMOS Hefte des Deutschen Nationalkomitees XLII, München, Berlin, 139–152.

EASTAUGH, N., WALSH, V., CHAPLIN, T. & SIDDALL, R. (2008): *Pigment Compendium, A Dictionary and Optical Microscopy of Historical Pigments*. Butterworth-Heinemann, Oxford, 958 p.

FARKAS, B., HALLAI, L.J., MÁTYÁS, V.B. & PINTEA, A.R. (2016–2018a): Kemény György: Secco. Természettudományos dokumentáció. *Közöletlen kézirat*, MKE, Restaurátor Tanszék, 22 p.

- FARKAS, B., HALLAI, L.J., MÁTYÁS, V.B. & PINTEA, A.R. (2016–2018b): Kemény György: Secco. Restaurálási dokumentáció. Közöletlen kézirat, MKE, Restaurátor Tanszék, 11 p.
- FEHÉR, D. (2016): KEMÉNY / POP – Kemény György és a pop-art. *Artmagazin* **14/6 (90)** 32–41. http://epa.oszk.hu/02900/02996/00006/pdf/EPA02996_artm_2016_6_032-041.pdf
- FREMOUT, W. & SAVERWYNS, S. (2012): Identification of synthetic organic pigments: the role of a comprehensive digital Raman spectral library. *Journal of Raman Spectroscopy* **43** 1536–1544. <https://doi.org/2010.1002/jrs.4054>
- GLIOZZO, E. & IONESCU, C. (2022): Pigments – Lead-based whites, reds, yellows and oranges and their alteration phases. *Archaeological and Anthropological Sciences* **14** 17. <https://doi.org/2010.1007/s12520-021-01407-z>
- HANSEN, A. K., CHRISTIANSEN, M.B., SANYOVA, J. & PILKJÆR SIMONSEN, K. (2018): Analysis of Poul Gernes' painted folding doors at Herlev Hospital. *Heritage Science* **6** 29. <https://doi.org/2010.1186/s40494-018-0196-z>
- HERITAGE, A. (2000): Documentation in the Fourth Dimension. In: SCHMID, W. (ed.): *GraDoc: Graphic Documentation Systems in Mural Painting Conservation*. ICCROM, Rome, 75–81.
- KÜHN, H. (1986): Zinc white. In: FELLER, R.L. (ed.): *Artists' pigments. A handbook of their history and characteristics*. vol 1. National Gallery of Art, Washington, Archetype Publications, London, 187–200.
- KÜHN, H. & CURRAN, M. (1986): Chrome yellow and other chromate pigments. In: FELLER, R. L. (ed.): *Artists' pigments. A handbook of their history and characteristics*. vol 1. National Gallery of Art, Washington, Archetype Publications, London, 187–200.
- LEE, K.M., MOON, H.Y., YU, Y.G. & KIM, S.K. (2018): Experimental Study on Poultices Applying to Remove Fixative (Paraloid B72) on Earthen Mural Painting, *Journal of Conservation Science*, **34/6** 569–580. <https://doi.org/2010.12654/JCS.2018.34.6.12>
- LEHMANN, M. (2004): Langfristige Schädigung von Wandmalerei durch die Wirkung eingebrachter Kunststoffe am Beispiel der Gewölbmalereien in der Krypta der Quedlinburger Stiftskirche St. Servatius. *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung* **18/1** 95–116.
- LEHMANN, M. (2013): Die konservierung der Gewölbmalereien in der Krypta der Stiftskirche St. Servatius in Quedlinburg im Rahmen eines Forschungsprojektes der HFBK Dresden 2001–2006. In: DANZL, T., EXNER, M. & RÜBER-SCHÜTTE, E. (Hrsg.): *Wandmalereien in Krypten, Grotten, Katakomben. Zur Konservierung gefasster Oberflächen in umweltgeschädigten Räumen*. ICOMOS Hefte des Deutschen Nationalkomitees, LVI, Petersberg, 95–108.
- LIVINGSTONE, M. (1990): *Pop Art: A Continuing History*. Harry N. Abrams, Inc., New York, 271 p.
- LIZUN, D., KURKIEWICZ, T., MADRY, M. & SZCUPAK, B. (2022): The emergence of Liu Kang's new painting style (1950–1958): a multi-analytical approach for the study of the artist's painting materials and technique. *Heritage Science* **10** 16. <https://doi.org/2010.1186/s40494-021-00641-x>
- LONGONI, M., CICALA, N., GUGLIELMI, V., POLDI, G. & BRUNI, S. (2022): The art of everyday objects: A non-invasive in situ investigation of materials and techniques of Italian pop art paintings on aluminium. *Heritage* **5** 42–60. <https://doi.org/2010.3390/heritage5010003>
- MAETZKE, A.M. (2001): Un capolavoro salvato e recuperato nei suoi fondamentali valori di luce e colore. *Kermes, La rivista del restauro* **41/Gennaio-Marzo** 25–32.
- MAGRINI, D., BRACCI, S., CANTISANI, E., CONTI, C., RAVA, A., SANSONETTI, A., SHANK, W. & COLOMBINI, M. (2017): A multi-analytical approach for the characterization of wall painting materials on contemporary buildings. *Spectrochimica Acta* **A173** 39–45. <https://doi.org/2010.1016/j.saa.2016.08.017>
- MATTEINI, M., GIOVANNONI, S. & LAZZERI, S. (2001): Aspetti scientifici tecnici e metodologici del restauro. *Kermes, La rivista del restauro* **41/Gennaio-Marzo** 33–42.
- MÁTYÁS, V.B. (2016): Egy kortárs falkép restaurálásának lehetőségei. Kemény György falképe. *Közöletlen kézirat*, Magyar Képzőművészeti Egyetem, Restaurátor Tanszék, 18 p.
- MÁTYÁS, V.B. (2018): Kortárs falképek retusálása. Kemény György falképének esztétikai kiegészítési lehetőségei. *Közöletlen szakdolgozat*, Magyar Képzőművészeti Egyetem, Restaurátor Tanszék, 79 p.
- MÁTYÁS, V.B. (2019): Kortárs festmények esztétikai kiegészítése – elméleti és gyakorlati problémák. *ISIS – Erdélyi Magyar Restaurátor Füzetek* **19** 107–118. https://www.epa.hu/00400/00402/00018/pdf/EPA00402_ISIS_2019_107-118.pdf
- MÁTYÁS, V.B., FARKAS, B., HALLAI, L.J. & PINTEA, A.R. (2018): Conservation of György Kemény's Secco (1971). Poster presented at the „The Impact of Conservation-Restoration

Education on the Development of the Profession” ENCoRE Conference, 23 May 2018, Torino, Italy.

MORA, P., MORA, L. & PHILIPPOT, P. (1977): *La conservation des peintures murales*. Editrice Compositori, Bologna, 539 p.

MORETTI, P., GALLEGOS, D., MARTE, F., BRUNETTI, B., SGAMELLOTTI, A. & MILIANI, C. (2013): Materials and techniques of twentieth century Argentinean murals. *Procedia Chemistry* **8** 221–230.

<https://doi.org/2010.1016/j.proche.2013.03.028>

PAUSE, R., NEEVEL, J.G. & VAN DER BERG, K.J. (2019): Synthetic Organic Pigments in Talens Oil Paint 1920–1950 – The case of vermilion imitation. In: VAN DEN BERG, K.J., BONADUCE, I., BURNSTOCK, A., ORSMSBY, B., SCHARFF, M., CARLYLE, L., HEYDENREICH, G. & KEUNE, K. (eds.): *Conservation of Modern Oil Paintings*. Springer Nature Switzerland AG, 109–118.

https://doi.org/2010.1007/978-3-030-19254-9_8

PESCOLLER, M. (1996): Anstrichsysteme und ihre Ideologie. In: KOLLER, M. (ed.): *Fassadenmalerei – Painted Facades. Forschungsprojekt EURO CARE 492 Muralpaint*. Restauratorenblätter 16, Österreichische Sektion des IIC, Mayer & Comp, Wien, 57–66.

RUSSEL, E. J. (2010): A Study of Materials and Techniques of Francis Bacon (1909–1992). PhD Thesis, University of Northumbria, Newcastle.

<https://core.ac.uk/download/pdf/4148915.pdf>

THOMAS, A.L. (1990): *Phthalocyanine research and application*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 304 p.

WIERDL, Zs. (2002): Az esztergomi magyar királyi kápolna és palota freskóinak restaurálása. *Műemlékvédelem* **XLVI**/4 209–216.

WENDLER, E., LOTZMANN, S. & SCHWAMBORN, B. (1998): Quell- und Schwindverhalten als Wirksamkeitskriterium zur Beurteilung von Steinschutzstoffen. In: SNETHLAGE, R. (Hrsg.): *Jahresberichte aus dem Forschungsprogramm Steinzerfall – Steinkonservierung 1994–1996*, Band 6. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.

ZEHNDER, K. & SCHOCH, O. (2008): Efflorescence of mirabilite, epsomite and gypsum traced by automated monitoring on-site. *Journal of Cultural Heritage* **10**/3 319–330.

<https://doi.org/2010.1016/j.culher.2008.10.009>

^I PB15 (pigment blue 15): réz-(1Z,10Z,19Z,29Z)-
(2,11,20,37,38,39,40)heptaazanonaciklo[28.6.1.13,1

0.
112,19.121,28.04,9.013,18.022,27.031,36]tetrakonta
1,3(40),4,6,8,10,12(39),13,15,17,19,21,23,25,27,2

9,31,33,35-nonadecén
^{II} PB16 (pigment blue 16): (2,11,20,37,38,39,40
heptaazanonaciklo[28.6.1.13,10.112,19.121,28.04,9
.013,18.022,27.031,36] tetrakonta-1,3(40),4,6,8,
10,12(39),13,15,17,19,21,23,25,27,29,31,33,35-
nonadecén

^{III} PG7 (pigment green 7): réz-
5,6,7,8,15,16,17,23,24,25,26,32,33,34,35-
pentadekakloro-2,11,20,29,37,38-hexaza-39,40-
diazanidanonaciklo[28.6.1.13,10.112,19.121,28.04,
9.013,18.022,27.031,36]
tetrakonta1,3,5,7,9,11,13,15,17,19,21(38),22(27),23
,25,28,30(37),31(36),32,34-nonadecén

^{IV} PG36 (pigment green 36): réz-
5,7,15,17,23,25,32,34-oktabromo-
6,8,16,24,26,33,35-heptakloro-2,11,20,29,37,38-
hexaza-39,40-
diazanidanonaciklo[28.6.1.13,10.112,19.121,28.04,
9.013,18.022,27.031,36]
tetrakonta1,3,5,7,9,11,13,15,17,19,21(38),22(27),23
,25,28,30(37),31(36),32,34-nonadecén

^V PY3 (pigment yellow 3): (2-[(4-kloro-2-
nitrofenil)diazenil]-N-(2-klorofenil)-3-
oxobutánamid)

^{VI} PY74 (pigment yellow 74): (2-((2-metoxi-4-
nitrofenil)azo)-N-(2-metoxifenil)-3-oxo-butanamid)

^{VII} PR3 (pigment red 3): 1-[(4-metil-2-nitrofenil)
diazenil]naftalén-2-ol

^{VIII} PR51 (pigment red 51): 4-[(2-hidroxinaftalén-1-
il)diazenil]-2-metilbenzénszulfonsav

^{IX} PR63 (pigment red 63): 3-hidroxi-4-((1-szulfó-2-
naftalenil)azo)-2-naftalénkarbonav

AZ ARCHEOMETRIÁBAN LEGGYAKRABBAN HASZNÁLTATOS ANALITIKAI MÓDSZEREK ÁTTEKINTÉSE

AN OVERVIEW OF THE MOST FREQUENTLY APPLIED ANALYTICAL METHODS IN ARCHAEOMETRY •

KASZTOVSZKY Zsolt 

HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont, Energia- és Környezetbiztonsági Intézet,
Budapest Neutron Centrum

E-mail: kasztovszky.zsolt@ek.hun-ren.hu

Abstract

As the various analytical techniques evolve, they are naturally applied to heritage (archaeometric) research. In the field of elemental analysis, structural analysis and imaging techniques, the trend is towards ever lower detection limits and ever better spatial resolution and elemental mapping. At the same time, in addition to high accuracy, expensive and difficult to access techniques, there is an increasing role for easy to use, portable equipment, which often provides less accurate results. In this paper, without claiming to be exhaustive, I would like to review the most common measurement methods currently used in archaeometry.

Kivonat

A különböző analitikai technikák fejlődésük során magától értetődően alkalmazásra kerülnek az örökségtudományi, szűkebb értelemben archeometriai kutatásokban is. Az elemanalitikai, szerkezetvizsgálati, valamint képalkotási technikák körében a fejlődési irány az egyre alacsonyabb kimutatási határok, valamint az egyre jobb térbeli felbontóképesség, illetve az elemtérképezés irányába mutat. Ugyanakkor, a nagypontosságú, drága és nehezen hozzáférhető technikák mellett egyre nagyobb a szerepe a könnyen kezelhető, hordozható, viszont sokszor kevésbé pontos eredményt szolgáltató berendezéseknek is. Jelen írásban a teljesség igénye nélkül szeretném áttekinteni az archeometriában jelenleg használatos leggyakoribb mérési módszereket.

KEYWORDS: COMPOSITIONAL STUDY, STRUCTURAL STUDY, IMAGING, ATOMIC SPECTROSCOPY, NUCLEAR SPEKTROSCOPY, VIBRATIONAL SPEKTROSCOPY

KULCSSZAVAK: ÖSSZETÉTEL-VIZSGÁLAT, SZERKEZETVIZSGÁLAT, KÉPALKOTÁS, ATOMSPEKTROSKÓPIA, MAGSPEKTROSKÓPIA, REZGÉSI SPEKTROSKÓPIA

Bevezetés

Az archeometriában, vagy tágabb értelemben az örökségtudományban különböző, természettudományos (fizikai-kémiai-biológiai) analitikai eljárásokat alkalmazunk a műtárgyak, régészeti leletek anyagi tulajdonságainak a vizsgálatára. A mérések eredményei részben a tárgyak, vagy azokból vett minták összetételéről (ásványok, vegyületek, kémiai elemek, izotópok), részben a tárgyak atomi, mikroszkopikus,

vagy makroszkopikus skálán vizsgált szerkezetéről tájékoztatnak.

Így a vizsgálati módszereket – némileg önkényesen – három nagy csoportba sorolhatjuk: összetétel meghatározása, szerkezetvizsgálat, és képalkotás (**1. táblázat**), amely utóbbi magába foglalja a 2D és 3D képalkotást. Külön tárgyalást igényel a régészeti leletek egy speciális vizsgálata, a kormeghatározás, a különböző kormeghatározási módszerek összehasonlítása, ami azonban kívül esik ezen cikk tárgykörén.

1. táblázat: Az archeometriában leggyakrabban alkalmazott összetétel- és szerkezetvizsgáló, valamint képalkotó technikák (ld. következő oldalon)

Table 1.: The most commonly used compositional, structural and imaging techniques in archaeometry (see on the next page)

• How to cite this paper: KASZTOVSZKY, Zs. (2025): Az archeometriában leggyakrabban használatos analitikai módszerek áttekintése / An overview of the most frequently applied analytical methods in archaeometry (In Hungarian with English abstract), *Archeometriai Műhely* XXII/4 333–346.

doi: [10.55023/issn.1786-271X.2025-024](https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2025-024)

Név (magyar)	Rövidítés	Név (angol)	Név (német)
ÖSSZETÉTEL MEGHATÁROZÁSA			
UV-látható fény spektroszkópia	UV-Vis	Ultraviolet-visible spectroscopy	UV/VIS-Spektroskopie
Optikai emissziós spektroszkópia	OES	(Optical) Emission Spectroscopy	Emissionsspektroskopie
Induktív csatolású plazma atomemissziós spektrometria	ICP-AES	Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy	Induktiv gekoppelte Plasma-Atom-Emissions-Spektroskopie
Lézerindukált plazmaemissziós spektrometria	LIBS	Laser-induced breakdown spectroscopy	Laserinduzierte Plasmaspektroskopie
Energiadiszperzív röntgenspektroszkópia	EDS, EDX, EDXS, XEDS, EDXA, EDXMA	Energy-dispersive X-ray spectroscopy	Energiedispersive Röntgenspektroskopie
Röntgenfluoreszcens spektroszkópia	XRF (RFA, RFS)	X-ray Fluorescence Spectroscopy	Röntgenfluoreszenzanalyse / Röntgenfluoreszenzspektroskopie
Elektron-mikroszkop	EPMA / EMPA / WDS	Electron probe microanalysis	Elektronenstrahlmikroanalyse
Infravörös spektroszkópia	(FT-) IR	(Fourier-transform) Infrared Spectroscopy	(Fourier-Transformation) Infrarotspektroskopie
Raman-spektroszkópia	RS	Raman spectroscopy	Raman-Spektroskopie
Részecske/Proton-indukált röntgenemissziós spektrometria	PIXE	Particle/Proton-induced X-ray emission	Partikel-induzierte Röntgenemission / Proton-induzierte Röntgenemission
Részecske/Proton-indukált gammaemissziós spektrometria	PIGE	Particle/Proton-induced gamma emission	
Mössbauer-spektroszkópia	MS	Mössbauer spectroscopy	Mößbauerspektroskopie
Neutronaktivációs analízis	(I)NAA	(Instrumental) Neutron Activation Analysis	(Instrumentelle) Neutronenaktivierungsanalyse
Prompt-gamma aktivációs analízis	PGAA, PGNA	Prompt-gamma (Neutron) Activation Analysis	Prompte-Gamma-Aktivierungsanalyse
(Lézerablációs) Induktív csatolású plazma-tömegspektrometria	(LA-) ICP-MS	Inductively coupled plasma mass spectrometry	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
KÉPALKOTÁS			
Optikai (Fény-) mikroszkópia	OM	Optical (Light) microscopy	Lichtmikroskopie
Transzmissziós elektronmikroszkópia	TEM	Transmission electron microscopy	Transmissionselektronenmikroskopie
Páztázó elektronmikroszkópia	SEM	Scanning electron microscopy	Rasterelektronenmikroskopie
Páztázó alagútmikroszkópia	STM	Scanning tunneling microscopy	Rastertunnelmikroskopie
Térrő ionmikroszkópia	FIM	Field ion microscopy	Feldionenmikroskopie
Atomerő-mikroszkóp	AFM / SFM	Atomic force microscopy / Scanning force microscopy	Atomkraftmikroskopie
Magmágneses rezonancia-spektroszkópia	NMR	Nuclear Magnetic Resonance Spectrometry	Kernspinresonanz
Computer tomográfia	CT	Computed tomography	Computertomographie
Röntgen-, Neutron-, Müon-, stb. Tomográfia	XT, NT	Tomography (X-ray-, Neutron-, Muon- etc.)	Tomografie
SZERKEZETVIZSGÁLAT			
Nagyszögű röntgenszórás	WAX / WAXD	Wide-angle X-ray scattering	Weitwinkel-Röntgenstreuung
Kisszögű röntgenszórás	(U)SAXS	(Ultra-) Small-angle X-ray scattering	Kleinwinkel Röntgenstreuung
Kisszögű neutronszerzés	SANS	Small-angle neutron scattering	Kleinwinkel-Neutronenstreuung
Röntgendiffrakció	XRD (XRC)	X-ray diffraction (X-ray crystallography)	Kristallstrukturanalyse
Elektrondiffrakció	ED	Electron crystallography	Elektronenbeugung
(Repülési idő) Neutrontdiffrakció	(TOF-) ND	(Time of flight) Neutron diffraction	(Flugzeit-) Neutronenbeugung

A mérési eredményeket komplex módon értelmezve, az örökségtudományi szakember a tárgyak állapotáról, nyersanyagának eredetéről, a készítés helyéről és idejéről, esetenként a tárgy eredeti voltáról tesz megállapításokat. Mivel a vizsgálandó tárgyak, vagy azok töredékei – még töredékes állapotban is – a legtöbbször pótolhatatlanok, lehetőség szerint törekszünk roncsolásmentes, vagy minimális mintavétellel járó vizsgálatot választani.

A rendelkezésre álló módszerek, eszközök kínálataiból az örökségtudomány igyekszik minél többet, lehetőleg a legmodernebbeket is saját hasznára felhasználni. Természetesen minden egyes esetben mérlegelni kell az adott vizsgálatból eredő tudományos „haszon” és a vizsgálat „ráfordításának”, esetleges „káros mellékhatásának” a viszonyát.

Általánosságban elmondhatjuk, hogy minden új kísérleti módszertani felfedezés előbb-utóbb alkalmazásra talál az örökségtudományban. A fordított út, bár ritka, de nem elképzelhetetlen: egy-egy konkrét archeometriai probléma inspirálhat kísérleti módszertani fejlesztést.

Az archeometriai kutatások kezdetén az alkalmazott analitikai módszerek magukba foglalták a hagyományos kémiai-biológiai módszereket (pl. titrálás, voltammetria, kolorimetria, kromatográfia), amelyek többsége azonban a minták roncsolását igényli (Caley 1951). A hagyományos kémiai analitikai módszereket nem tárgyalom részletesen a cikkben. Az analitikai technika fejlődésével a legmodernebb, nagypontosságú módszerek is (pl. tömegspektrometria, szinkrotron alapú röntgensugárzás alkalmazása) bekerültek az archeometria eszköztárába,

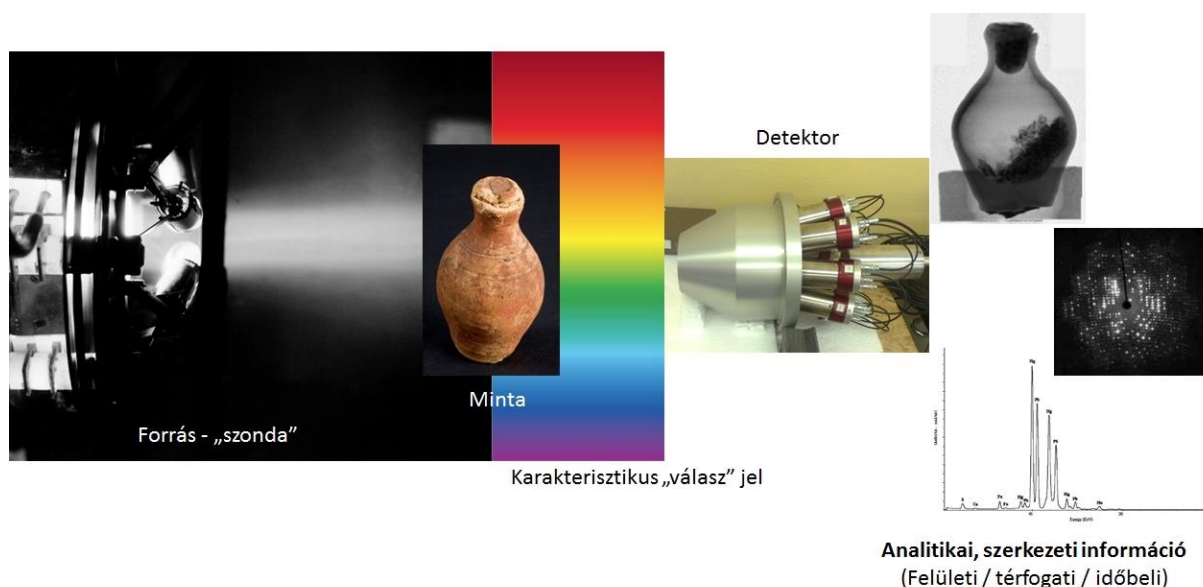
írásomban a jelenleg használatos módszerekre helyezem a hangsúlyt.

A különböző régi és új technikák, azok változatai, főbb tulajdonságaik, teljesítőképességük, de még a szabatos elnevezésük is sokszor nehezen követhető a szakemberek számára. Először csupán táblázatos formában kívántam összegyűjteni a főbb analitikai módszereket. Jelen írásban igyekeztem összegyűjteni és áttekinteni a napjainkban, az örökségtudományban (archeometriában) alkalmazott legfontosabb fizikai-kémiai módszerek főbb jellemzőit. A vizsgálati módszerek elnevezését és a nevek rövidítéseit az **1. táblázatban** foglaltam össze. A pusztá felsoroláson túlmenően azonban a cikkben megkísérlem a hasonló feladatot megvalósító módszerek teljesítőképességét egymáshoz hasonlítani, felvázolni egyfajta fejlődési vonalat.

Mint minden „leltár”, várhatóan ez az áttekintés sem lesz teljes, minden igyekezet ellenére kimaradhattak belőle kevésbé ismert módszerek, illetve egy-egy módszer kismértékben eltérő változatai többször említésre kerülhetnek.

A kísérleti technikák leírása

A legtöbb anyagvizsgálati módszert úgy modellezzük, hogy a mintát (esetünkben régészeti tárgyat vagy abból vett kisebb mintát) valamilyen „szonda” nyalábbal (elektron, proton, neutron- UV-, röntgensugárzás) besugározzuk, és a minta anyagából kilépő „válasz” sugárzást észleljük (**1. ábra**). A kapott információból a vizsgált objektum kémiai, ásványi összetételére, makroszkopikus vagy mikroszkopikus, atomi szerkezetére következtetünk.



1. ábra: A különböző, örökségtudományban alkalmazott elemzési módszerek általános modellje

Fig. 1.: A general model of the different analytical methods used in heritage studies

I. Kémiai összetétel meghatározása

I.a. Atomspektroszkópiai módszerek

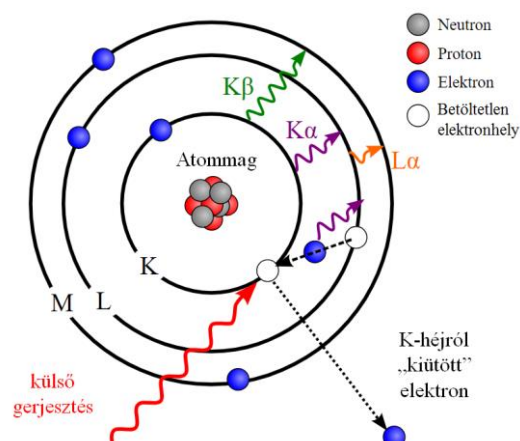
A minták kémiai összetételének meghatározására alkalmazott módszerek egyik típusánál a minta atomjait, az atomok elektronjait gerjesztjük valamilyen külső gerjesztőforrás (pl. elektron-, lézer-UV-, fény, röntgen- vagy akár protonnyaláb), és az atomok által „válaszként” kibocsátott karakterisztikus sugárzást detektáljuk. A karakterisztikus spektrumból általában a minta elemösszetételét vagy molekuláris összetételét mennyiségileg meg tudjuk határozni. A kísérletek különböző megvalósításának közös fizikai elve a **2. ábrán** látható. Az adott módszer legjellemzőbb, a felhasználók számára leglényegesebb tulajdonságai a szonda behatolási mélysége (vagyis mekkora anyagmennyiségről kapunk információt), illetve az egyes kémiai elemekre vonatkozó érzékenysége.

Az egyes módszerek „teljesítképességének” egymáshoz való viszonyát a **3. ábrán** mutatom be. Egy ilyen összehasonlítást végeztek Braidy és munkatársai (Braidy et al. 2020).

A klasszikus atomemissziós spektroszkópia (AES) során az elporlasztott mintát lángban vagy indukciós csatolt plazma kisülésben (ICP-AES) hevítve gerjesztik az atomokat, és felveszik a karakterisztikus emissziós spektrumokat (Klemenc et al. 1999).

Az elektron-mikroszkopos (EPMA / EMPA) tulajdonképpen egy elektronmikroszkóphoz kapcsolt hullámhosszdiszperzív (WD) röntgenspektrométer. A minta atomjainak a gerjesztése elektronnyalábbal történik. Az elektronnyaláb mérete 5 nm és 10 µm között változhat, behatolási mélysége néhányszor 10 µm. Az atomok által kibocsátott karakterisztikus röntgenspektrumot hullámhossz szerint félvezető detektorral érzékelik. A kimutatható elemek a $Z > 5$ (bórnál nagyobb) rendszámúak. A módszer jól alkalmazható pl. kőeszközök, üvegek, kerámiák vizsgálatára (Kasztovszky & Kunicki-Goldfinger 2008, Péterdi et al. 2009, Purowski et al. 2019, Muros et al. 2023).

Az energiadiszipatív röntgenspektroszkópiai módszerek (EDS / EDX / EDXS / EDXA) során a minta atomjait egy röntgenforrás vagy elektronnyaláb segítségével gerjesztik, és a karakterisztikus röntgensugárzást detektálják Si(Li), újabban „szilícium drift” detektor (SDD) segítségével. Az elektronnyalábbal történő gerjesztést gyakran egy pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM) egybeépített ún. SEM-EDX készülékkel valósítják meg. A módszer a kémiai elemek relatív mennyiségének a meghatározására alkalmas. A módszer pontossága és kimutatási határa nagyban függ a minta anyagától (mátrixhatás) (Bendő et al. 2013, Kürthy et al. 2018, Amirhajloo et al. 2020).

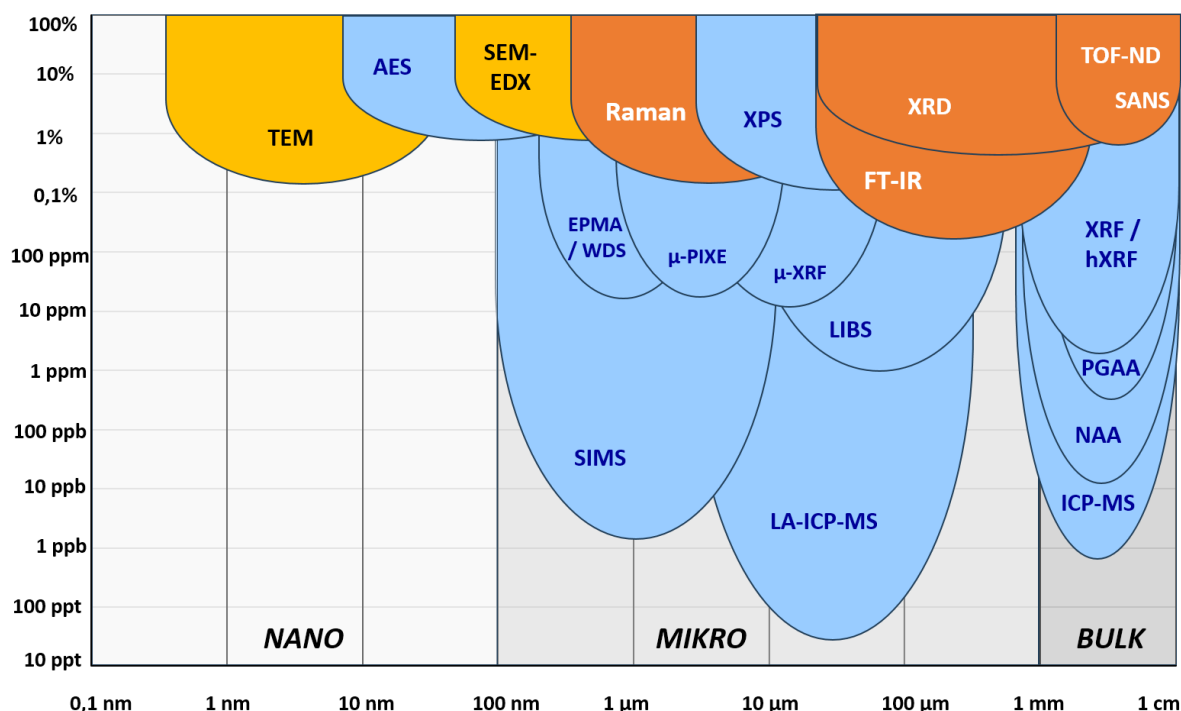


2. ábra: Az atomspektroszkópiai technikák fizikai alapja. Amikor a minta atomjait rövid hullámhosszú (nagyenergiájú) röntgensugárzás éri, az atomok ionizációja léphet fel. Az atom belső (K) elektronhéján lévő elektron a külső gerjesztés hatására „ki-lökődhet” a pályájáról, így a külső (L, M) pályákon lévő elektronok betölthetik a kilökött elektron helyét. A két elektronpálya közötti energiakülönbség karakterisztikus, azaz a kibocsátó atomra jellemző röntgensugárzás formájában felszabadul. A kibocsátott karakterisztikus sugárzás detektálása alkalmas kvantitatív elemanalízis elvégzésére.

Fig. 2.: The physical basis of atomic spectroscopy techniques. When the atoms of the sample are exposed to short wavelength (high energy) X-rays, ionization of the atoms may occur. The electron in the inner (K) electron shell of the atom can be "ejected" from its orbit due to external excitation, allowing electrons in the outer (L, M) orbits to fill the place of the ejected electron. The energy difference between the two electron orbits is released in the form of characteristic X-rays, which is specific to the emitting atom. The detection of the emitted characteristic radiation is suitable for performing quantitative elemental analysis.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atom_model_for_EDX_DE.svg

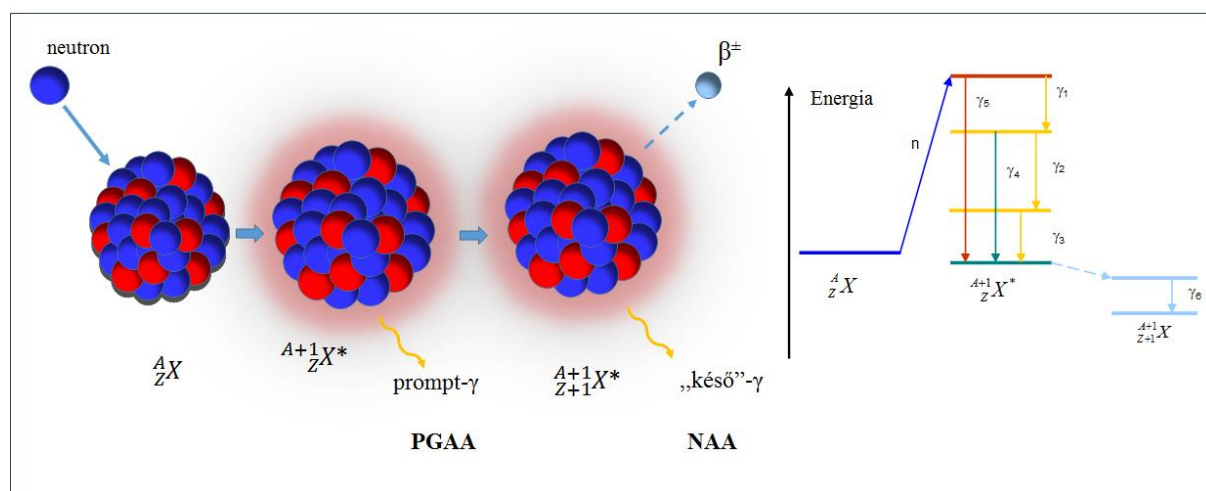
Az EDX technikák speciális változatai az ún. Auger-elektron spektroszkópia (AES), amely során a gerjesztési energia átadódik egy belső elektronhéjon található ún. Auger-elektronnak, amely kilökődik az atomból, és a helyére lépő újabb elektron energiafeleslege sugárzódik ki karakterisztikus röntgensugárzás formájában. Hasonlóan a gerjesztés során kilökött héjelektron kinetikus energiáját méri az ún. röntgen-fotoelektron spektroszkópia (XPS) (Daccà et al. 2000).

Amikor a minta atomi elektronjainak gerjesztésére töltött részecskét, pl. protont alkalmaznak, a módszert részecskeindukált röntgenemissziós spektrometriának (PIXE) hívják (Butalag et al. 2008, Csedreki & Dani 2011).



3. ábra: A különböző analitikai módszerek összehasonlítása az érzékenység és az elemzett mintaméret szempontjából. Rövidítések: SIMS - másodlagos ion tömegspektrometria, illetve lásd a szövegben és az 1. táblázatot. 1 ppm („parts-per-million”) = $10^{-4}\%$, 1 ppb („parts-per-billion”) = $10^{-7}\%$, 1 ppt („parts-per-trillion”) = $10^{-10}\%$.

Fig. 3.: Comparison of different analytical methods in terms of sensitivity and sample size analysed. Abbreviations: SIMS - Secondary Ion Mass Spectrometry, and see in the text and in Table 1. 1 ppm („parts-per-million”) = $10^{-4}\%$, 1 ppb („parts-per-billion”) = $10^{-7}\%$, 1 ppt („parts per-trillion”) = $10^{-10}\%$.



4. ábra: Az aktivációs analitikai módszerek fizikai alapjául szolgáló fizikai jelenség, a neutronok sugárzásos befogódása az atommagba. A termikus vagy hideg neutronok atommagba történő befogódását követően az atommag gerjesztett állapotba kerül. A gerjesztési energiától az atommag karakterisztikus (az egyes izotópokra jellemző energiájú) gammafotonok kibocsátásával szabadul meg. Ez teremt lehetőséget a tömbi, roncsolásmentes elemzésre.

Fig. 4.: The physical phenomenon underlying the physics of activation analysis methods, the radiative capture of neutrons into the atomic nucleus. Following the capture of thermal or cold neutrons by the atomic nucleus, the nucleus enters an excited state. It releases the excitation energy by emitting gamma photons with characteristics specific to each isotope. This makes it possible to perform bulk, non-destructive elemental analysis.

Mivel a gerjesztő protonnyaláb részecskéi nagy-tömegűek, és pozitív az elektromos töltésük, a protonnyaláb behatolási mélysége a mintába csekély, néhányszor 10 μm . Ugyanakkor, a modern PIXE berendezések nyalábját 1 μm átmérőjű foltra is lehet fókuszálni, ami lehetővé teszi a minták felületének mikrométerű pásztázását. A különböző töltött részecskenyalábokkal végzett analitikai módszereket általánosan ionnyaláb-analitikai (IBA) módszereknek nevezzük (Dran et al. 2004, Smit 2015).

A röntgenfluoreszcencia-analízis (XRF / RFA / RFS) során az atomok belső elektronpályáin lévő elektronjait egy külső röntgen- vagy gamma-sugárforrás segítségével gerjesztik. A külső pályáról a megüresedett helyre ugró elektron fluoreszcencia-jelenség során karakterisztikus röntgensugárzást bocsát ki, ami az adott atomra jellemző. A karakterisztikus röntgenspektrum felvételével a minta elemösszetételére ad minőségi és mennyiségi információt. Az XRF-készülékeknek ismert a helyhez kötött laborváltozata, és a hordozható változata is. A hordozható (pXRF / hXRF) készülékek népszerűsége egyre növekszik (Maróti et al. 2020). Nagy előnyük, hogy könnyen kezelhetők, használhatók terepen vagy múzeumban. Hátrányuk, hogy a mért értékek sokszor pontatlanok, illetve a mérési eredményeket nagymértékben befolyásolja a vizsgált felület egyenetlensége. A készülék által kijelzett eredményeket mindig kritikus szemmel kell kezelni, előzetes anyagismeret ajánlott az értelmezésükhöz.

A kis területre fókuszáló, és azt elemző μXRF technikának nagy jelentősége van a régészeti tárgyak apró részleteinek (pl. berakások, üveg ékszerek, kéziratok tintája) vizsgálatában (Fitzgerald 2008).

Az eddig ismertetett elemanalitkai módszerek érzékenysége az egyes kémiai elemekre általánosan az elemek rendszámával egyenesen arányos. Tehát a legtöbb esetben a Mg-nál nehezebb elemek mérhetőek, és a nehezebb elemek (jellemzően fémek) nagyobb érzékenységgel mutathatók ki. Néhány speciális kialakítású készülék, pl. a He-öblítéses hordozható XRF alkalmas Na mérésére is.

Egy korszerű atomspektroszkópiai módszer a lézer-indukált plazmaspektroszkópia (LIBS vagy LIPS), amely a lézerabláció során keltett mikroplazma optikai emissziós mérésén alapul (Tóth & Márton 2008). A lézerablációs technikának köszönhetően a módszer mikroroncsolásos. A LIBS vizsgálatához nincs szükség mintavételre, néhány μm -tól néhány mm-ig terjedő felületen, 1–100 μm mélységben elemzik a mintát. A LIBS a kémiai elemeket – mintától függően – minimálisan 1–100 ppm koncentrációban képes kimutatni, de viszonylag nagy, 5–20%-os relatív bizonytalansággal. Kvantitatív eredményeket kalibrációs mérések segítségével lehet nyerni.

I.b. Magspektroszkópiai módszerek

Az összetétel-vizsgáló módszerek másik csoportját alkotják az ún. aktivációs analitikai módszerek. Ezeknél a módszereknél a mintákat valamilyen külső részecskenyalábbal (leggyakrabban neutronnyalábbal) sugározzuk be. A neutronok befogódnak a minta atommagjába, gerjesztik azt, majd az atommagok által válaszként kibocsátott γ -, ritkábban a β - vagy α -sugárzást detektáljuk, a felvett spektrumból határozzuk meg a minta összetételét. A mérések alapjául szolgáló neutronbefogódás fizikai jelensége a **4. ábrán** látható.

Amikor egy vizsgálandó tárgyból vett, néhányszor 10 mg tömegű mintát egy kutatóreaktor aktív zónájában sugározzunk be, majd utólag vesszük fel a minta gammaspektrumát, (instrumentális) neutronaktivációról – (I)NAA-ról – beszélünk (Prudencio 2015). Amikor a besugárzás egy kivezetett neutronnyalábbal történik, és a gammaspektrumot a besugárással egyidőben vesszük fel, ún. prompt-gamma aktivációs analízisről (PGAA vagy PGNA) beszélünk. A neutronok nagy áthatóképessége miatt az aktivációs módszerek a minta egészére jellemző, ún. „bulk” információt adnak (Kasztovszky et al. 2009, Kasztovszky et al. 2022). Az egyes elemekre vonatkozó érzékenység az atommagok neutronbefogási hatáskeresztmetszetétől függ, és a periódusos rendszer elemei esetében (pl. H, B, Cl, Cd, Sm, Eu, Gd) kiugróan nagy lehet, más elemeknél (C, O, N, Sn, Pb) kicsi az érzékenység. A neutronos módszerek hátránya, hogy bizonyos besugárzási körülmények között a vizsgált minta hosszú ideig radioaktív maradhat, és nem adható ki a laborból az indukált radioaktivitás lebomlásáig.

Az ún. neutronrezonancia-befogásos analízis (NRCA) az epitermikus, azaz a termikusnál nagyobb energiájú neutronok atommagba történő rezonanciaszerű befogásán, illetve a befogást követő elnyelési spektrum felvételén alapszik. A módszert kevés helyen alkalmazzák, Európában az IRMM-ben dolgozta ki Hans Postma és munkatársai a 2000-es évek elején. A kísérlethez az epitermikus neutronokat az IRMM ún. spallációs neutronforrása szolgáltatta. A módszer, hasonlóan a PGAA-hoz, nem igényel mintavételt, nagyobb tárgyak, pl. szobrok is behelyezhetők a kivezetett neutronnyalábbá. Az NRCA érzékenyebb a nagyobb rendszámú elemek kimutatására, így pl. kiválóan alkalmas fémek, rézötvözetek vizsgálatára (Postma et al. 2004).

Egy speciális magspektroszkópiai módszer a Mössbauer-spektroszkópia (MS), amely vastartalmú mintákban a Fe kémiai környezetének, azaz vegyértékeinek, kötéseinek feltérképezésére alkalmas. Archeometriában elvétve alkalmazzák (Dzinavatonga et al. 2015, Ricciardi et al. 2018, Caterino et al. 2023).

I.c. Tömegspektrometriai módszerek

Az összetétel-meghatározás harmadik módja az ún. tömegspektrometria, amikor a vizsgált mintából egy kis mennyiséget (általában lézersugárral) elpárologtatunk, és a keletkező elektromos töltéssel rendelkező ionokat tömegszámuk alapján mágneses térben szétválogatjuk. A tömegspektrometria általában a minta kismértékű – legtöbbször szemmel nem látható – roncsolásával jár. A tömegspektrométerek jelenleg a legérzékenyebb (legkisebb kimutatási határú) elemanalitikai berendezések, amelyek izotóp-összetétel meghatározására is alkalmasak (Márton & Csóka 2015).

I.d. Molekulaspektroszkópiai vagy rezgési spektroszkópiai módszerek

Az eddig ismertetett analitikai módszerek mellett az archeometriai kutatásokban nagy szerepük van az ún. molekulaspektroszkópiai, más néven rezgési spektroszkópiai módszereknek. Ilyenek az infravörös (IR / FT-IR) spektroszkópia (Mihály et al. 2006, Boticelli et al. 2023, Wang et al. 2024) és a Raman-spektroszkópia (RS) (Mihály et al. 2006, Tóth et al. 2013, Jehlička & Culka 2022, Koochakzaei et al. 2023).

Az infravörös spektroszkópia ún. elnyelési módszer, ahol a gerjesztő infravörös fény a molekulák különböző rezgési és forgási állapotait gerjesztik, és a mintán áthaladó fény spektrumából a gerjesztési szinteknek megfelelő sávok hiányoznak. A módszer kvantitatívnak tekinthető, kalibráló mintasorozat mérésével ún. funkciós csoportok kimutatására alkalmas.

A Raman-spektroszkópia az ún. Raman-szórás jelenségén alapul. A gerjesztő lézertény a minta molekuláin részben rugalmasan, részben rugalmatlanul szóródik, a rugalmatlan szórásnak megfelelő energiakülönbséget a minta molekulái karakterisztikus sugárzás formájában kibocsátják, ez adja a Raman-spektrumot. A módszer csak kvalitatívnak, illetve félkvantitatívnak tekinthető, pontos mennyiségi meghatározásra nem alkalmas. Mindkét módszer alkalmas összetétel-vizsgálatra (molekulák, funkcionális csoportok azonosítására), valamint szerkezetvizsgálatra (pl. ásványok azonosítására).

Összetétel-vizsgálat megvalósítható a Raman-spektroszkópiához hasonló elven, neutronok rugalmatlan szórásával (INS) is (Festa et al. 2019).

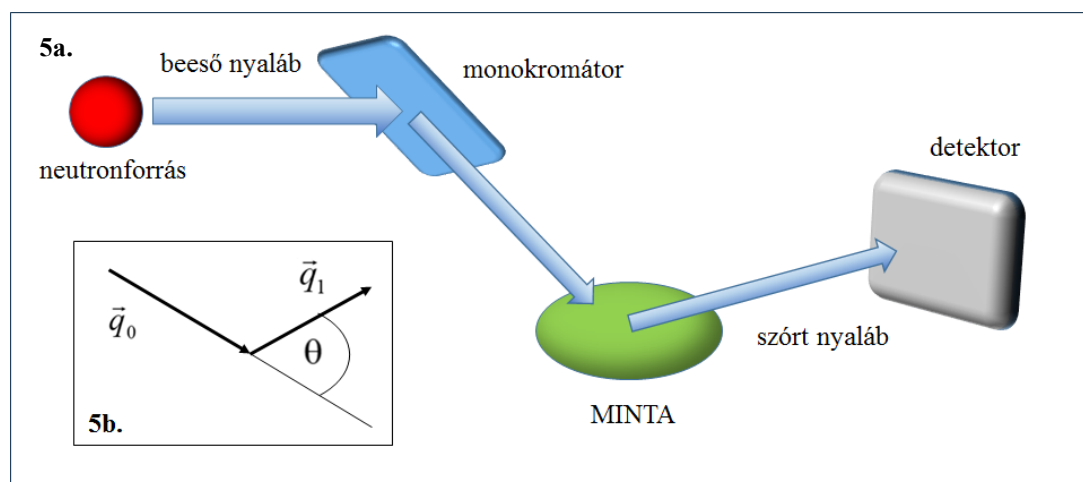
A fentebb tárgyalt atomi- és molekula-spektroszkópiai módszerek többsége megvalósítható szinkrotron alkalmazásával, ahol a gerjesztő sugárzás a szinkrotronokban gyorsított elektronok által kibo-

csátott szinkrotronsugárzás, amely az infravörös, látható, UV és röntgen-tartományba is eshet (Melelli et al. 2024). Ily módon megvalósított néhány fontos szinkrotronos technika: szinkrotronos infravörös spektroszkópia (SR-IR) (Cotte et al. 2009), szinkrotronos μ XRF (SR- μ XRF) (Bertrand et al. 2013), élközei röntgenabszorpciós spektroszkópia (XANES) (Gianoncelli et al. 2020). A szinkrotronos módszerek előnye, hogy a szinkrotronsugárzás nagy intenzitású, és kisméretre leszküthető, ezáltal a minták kisebb mennyisége nagyobb érzékenységgel elemezhető. Ugyanakkor, hátránya, hogy a nagy intenzitású röntgensugárzás könnyebben tönkre teheti a mintát, ezért értékes minta vizsgálata különleges figyelmet igényel. A vizsgálatokat lehetővé szinkrotronok különleges technikai és biztonsági előírásokat igénylő nagyberendezések, amelyek a világon csak kevés helyen hozzáférhetők az alkalmazott kutatások számára (Quartieri 2015).

II. Szerkezetvizsgálati módszerek

A különböző szerkezetvizsgáló módszerek közös jellemzője, hogy valamilyen periodikus, atomi vagy molekuláris rácsszerkezettel rendelkező mintára beeső hullám (röntgen- vagy neutronsugárzás), a rács egyes pontjain, az ún. szórócentrumokon rugalmas vagy rugalmatlan szórást szenved, azaz a terjedés iránya, esetenként a hullámhossza is megváltozik. Ha a szórócentrumok mérete összemérhető a beeső hullámhosszal, az elhajlást (diffrakciót) szenvedő hullámok a szóródást követően bizonyos irányokban erősítést, illetve gyengítést mutatnak. Az így kialakult diffrakciós spektrumot felvéve, vagy a szórási képet rögzítve a vizsgált minta atomi vagy molekuláris méretű rendezettségére következtethetünk. A neutronszerkezetvizsgálás elvi elrendezése az **5a. és 5b. ábrán** látható. A kisszögű neutronszerkezetvizsgálással (SANS) jellemzően a 0,5–200 nm mérettartományú periodicitást vizsgálhatjuk (Len 2006; Barbera et al. 2013). Az ún. repülési idő-neutrondiffrakcióval (TOF-ND) egy nagyságrenddel kisebb, 0,07–0,35 nm méretű szerkezeti tulajdonságokat vizsgálhatunk (Sánta 2006). Kockelmann és munkatársai a neutrondiffrakciót továbbfejlesztve egy új képalkotó eljárást fejlesztettek ki az 2000-es évek elején felében (Kockelmann & Kirfel 2006).

Szerkezetvizsgálatra nem csak neutronnyalábot, hanem röntgennyalábot is használhatunk. Valójában a röntgendiffrakciót (XRD) jóval több laboratóriumban használják, mint a neutrondiffrakciót (Bajnóczi et al. 2009, Kristály & Kovács 2011).



5a ábra: A neutronszeres vizsgálatok kísérleti megvalósításának elvi elrendezése. A szerési kísérlet során a neutronok hullámtulajdonságát használjuk ki. A beeső nyaláb különböző hullámhosszú (energiájú) neutronok keveréke, amelyet először monokromatizálunk, azaz kiválasztunk a nyalábból egy adott hullámhosszt. A továbbított monokromatikus nyaláb neutronjai a minta nanoméretű inhomogenitásain szeródnak, így a kétdimenziós (2D) detektorfelületen egy, az anyagra jellemző szerési intenzitás eloszlást kapunk. Izotróp esetben (azonos szöghöz minden irányban azonos intenzitás tartozik), az azonos szögben szeródott intenzitásokat összegezzük és a szerásvektor függvényében ábrázoljuk, így a minta szerkezetéről kapunk információt. Lásd még: Len A. (2006).

5b ábra: A hullámszám-vektor megváltozása a szerés során. A hullámokat általánosan jellemezhetjük egy hullámszám vektorral (q), amelynek nagysága a hullámhossz reciproka ($1/\lambda$), iránya megegyezik a hullám terjedési irányával.

Fig. 5a: Principal design of the neutron scattering experiments. During the scattering experiment, we exploit the wave properties of neutrons. The incident beam is a mixture of neutrons of different wavelengths (energies), which we first monochromatize, i.e., select a specific wavelength from the beam. The neutrons in the transmitted monochromatic beam scatter on the nanoscale inhomogeneities of the sample, thus providing a scattering intensity distribution path on a two-dimensional (2D) detector surface, which is characteristic of the nanoscale structure. In the isotropic case (the same intensity corresponds to the same angle in all directions), we sum the intensities scattered at the same angle and plot them as a function of the scattering vector, thus obtaining information about the sample. See also: Len A. (2006).

Fig. 5b: Change of the wavenumber vector during scattering. Waves can generally be characterized by a wave number vector (q), whose magnitude is the reciprocal of the wavelength ($1/\lambda$) and whose direction is the same as the direction of wave propagation.

Az XRD által vizsgált mérettartomány jellemzően 0,1–1 nm (10^{-10} – 10^{-9} m). Ismert az ún. kisszögű röntgenszeres (SAXS) technika is, jellemzően 1–400 nm mérettartományok vizsgálatára, amely technika analóg a SANS technikával.

Fontos különbség a neutronos és röntgenes vizsgálati módszerek között a neutronok és a röntgensugárzás eltérő behatolási mélysége a mintába, amelynek mértékét általánosan a minta anyaga és az eltérő tulajdonságú sugárzástípusok közötti kölcsönhatások határoznak meg. Így a neutron-sugárzás jellemzően akár néhány cm mélységben is behatolhat a mintába, a röntgensugárzás csupán néhányszor 10–100 μm (10^{-5} – 10^{-4} m) mélységig képes behatolni. Ebből következik, hogy a „neutronos” módszerek inkább alkalmasak a tárgy egészét jellemző „bulk” tulajdonságok mérésére, míg a

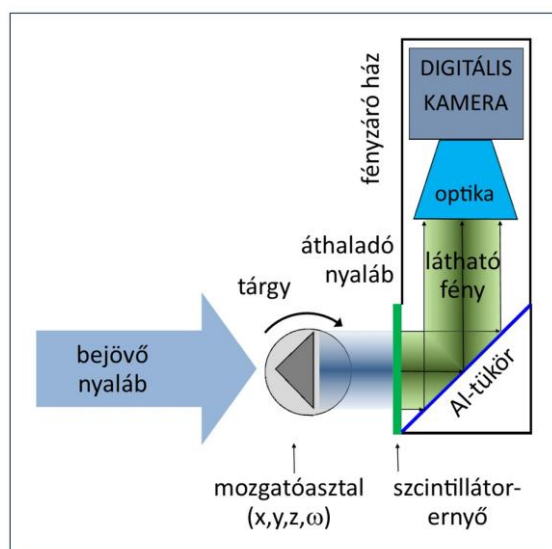
röntgenes módszerek csupán a felszín közeli részek, vagy vékony mintának a vizsgálatára alkalmasak.

III. Képkötés

A minták mikroszkopikus megjelenését, szerkezetét különböző mikroszkopiai technikákkal lehet vizsgálni, amelyek felbontóképessége jelentősen eltérhet. Egy optikai rendszer felbontóképességét a vizsgáló sugár hullámhossza határozza meg, az Abbe-féle törvény szerint:

$$d = 0,61 \cdot \frac{\lambda}{n \cdot \sin\theta}$$

Ahol d a feloldási vagy felbontási határ, λ a vizsgáló fény (elektronsugár) hullámhossza, n a közeg adott hullámhosszra vonatkozó törésmutatója, θ a lencse félnyílásszöge (apertúra).



6. ábra: A neutrontomográfia megvalósítására alkalmas kísérleti berendezés elvi felépítése. A bejövő neutronnyaláb egy része áthalad a vizsgálandó tárgyon, más része elnyelődik benne. Az áthaladó neutronokat egy szcintillátor ernyő látható fénné konvertálja, amit egy alumínium tükör segítségével az érzékelő digitális kamerába továbbítunk. A tárgy mozgásával meg tudjuk alkotni annak háromdimenziós képét. Lásd még: Szentmiklósi et al. (2017).

Fig. 6.: Principal design of the experimental apparatus for neutron tomography. Part of the incoming neutron beam passes through the object being examined, while the rest is absorbed by it. The passing neutrons are converted into visible light by a scintillator screen, which is then transmitted to the sensor's digital camera via an aluminium mirror. By moving the object, we can create a three-dimensional image of it. See also: Szentmiklósi et al. 2017.

Az optikai mikroszkópok (OM) látható fénnel működnek, a legjobb elérhető felbontásuk 200 nm. A transzmissziós elektronmikroszkóp (TEM) egy, a vékonyított mintán áthaladó elektronnyalábbal alkotja meg a képet. Jellemző felbontása 0,1–0,2 nm.

A pásztázó elektronmikroszkóp (SEM) a mintáról szekunderelektron-nyalábbal (SE) alkot képet, segítségével a minta felületét lehet letapogatni. Jellemző felbontása 1–20 nm. Amint az korábban szerepelt, a pásztázó elektronmikroszkópot energiadiszperzív elemanalitikai feltétellel lehet kiegészíteni (SEM-EDX), ekkor a visszaszórtelektron-kép (BSE) segítségével a kémiai különbségek is megjeleníthetők.

A makroszkopikus képalkotási vizsgálati technikák alapelve, hogy az átvilágító sugárzás az átvilágított tárgy méretétől (vastagságától) és anyagi minőségétől függően különböző mértékben gyengül a tárgyon való áthaladást követően. Ha a tárgy

mögött valamilyen, az adott sugárzásra érzékeny ernyővel, detektorral érzékeljük az átmenő sugárzást, megkapjuk a tárgy szürkeárnyalatos képét, ahol az eltérő árnyalatok a különböző elnyelőképeségű részeket reprezentálják. Egy jellemző, neutronos képalkotást megvalósító kísérleti elrendezés látható a **6. ábrán**.

Az átvilágító sugárzás általában röntgen- vagy neutronsugárzás. A kettő közötti lényeges különbség, hogy az elnyelő közeggel létrejövő eltérő jellegű kölcsönhatásuk miatt a kétféle átvilágítás a tárgy más-más részleteit mutatja meg. Az atomi elektronhéjjal kölcsönható röntgensugárzás jobban gyengül a sok elektront tartalmazó, nagyszámú atomok (tipikusan fémek) esetén, míg az atommaggal kölcsönható neutronsugárzás gyengülése nem mutat ilyen tendenciát, akár egy elem izotópjaira is lehet nagyon eltérő mértékű. Továbbá a kisrendszámú, pl. hidrogén- vagy bórtartalmú anyagok is hatékonyan gyengítik. Ezáltal a neutronos képalkotás jól alkalmazható hidrogén/víz kimutatására (Kis et al. 2017).

A kétdimenziós képalkotást radiográfiának, a háromdimenzióst tomográfiának hívjuk. A számítógép által vezérelt röntgenes képalkotás a CT, a mágneses rezonancia elvén működő képalkotás az MRI. Bár utóbbi két technika inkább az orvosi diagnosztikában használatos, alkalmazhatók örökségtudományi vizsgálatokban is (Longo et al. 2022, Moricca et al. 2023).

A képalkotást elemanalízissel kombinálva 2D-s vagy 3D-s elemterképeket tudunk felvenni. Jelenleg kevés ilyen gyakorlati megvalósítás (pl. PGAI) érhető el, továbbá egy-egy minta részletes elemterképének az elkészítése általában időigényes feladat (Kasztovszky & Belgia 2006; Kis et al. 2008).

A képalkotási technikák legfontosabb, a felhasználókat érintő, jellemzője az elérhető felbontás, azaz két egymástól megkülönböztethető képpont legkisebb távolsága. Egy képalkotó berendezés, módszer (mikroszkóp, radiográfiás vagy tomográfiás berendezés) felbontása több tényezőtől, a sugárzás fajtájától, valamint a technikai megvalósítástól is függ. Általában a röntgenes módszerekkel jobb felbontás érhető el, mint a neutronos módszerekkel (Mannes et al, 2017; Szentmiklósi et al. 2017).

Összefoglalás

Az archeometriában – tágabb értelemben, az örökségtudományban – már a kezdetektől állandó törekvés volt a minél korszerűbb analitikai és képalkotási módszerek felhasználására. Hasonló fejlődés figyelhető meg az orvosi diagnosztikai módszerek tekintetében. Míg az orvosi diagnosztikában az elsődlegesen megőrzendő érték a páciensek egészsége, az örökségtudomány egyedi-

sége a társadalmi szempontból értékes műtárgyak vizsgálatában rejlik.

A cikkben tárgyalt technikákat három fő csoportra osztottam: összetétel mérésére, szerkezetvizsgálatra és képalkotásra alkalmas módszerek. Ugyanakkor, pl. az összetételvizsgáló módszereket képalkotással társítva, inhomogén tárgyak 2D és 3D elemtérképeit lehet megalkotni.

A különböző összetétel-vizsgáló módszerek körében a fejlődés iránya a nagyobb érzékenység, egyre több kimutatható elem és izotóp irányába mutat. Lényeges az egyre kisebb anyagmennyiségek felszíni vagy térfogati elemzése, de nagyobb anyagtömbök átlagos összetétel-adataira is szükség van. A szerkezetvizsgálati, illetve a képalkotó technikák körében is a legfontosabb paraméter az adott módszer minél jobb térbeli felbontása.

A különböző vizsgálati módszerek fontos tulajdonsága a vizsgáló „szonda” behatolási mélysége a mintába. Ha a vizsgáló „szonda” pl. egy töltött részecskékből álló proton- vagy elektronnyaláb, a minta atomjainak Coulomb-taszítása miatt a nyaláb behatolási mélysége 1–10 µm nagyságrendű. Hasonlóan, a kisenergiás elektromágneses sugárzást alkalmazó módszerek is csak 1 mm-nél kisebb mintavastagságon képesek áthatolni. Ténylegesen nagy behatolási mélységet, azaz „tömbi”, más szóval „bulk” elemzést csupán a elektromos töltés nélküli neutronokkal lehet megvalósítani. A neutronok valóban eljutnak a vizsgált minta néhány centiméter mély rétegeibe is. Hasonlóan, a tárgyak „átvilágítására”, azaz 2D, 3D képalkotásra használt nagyenergiás röntgensugárzás képes áthatolni több cm vastag anyagmennyiségen.

Az archeometriával foglalkozó „műszeres” szakemberek a legtöbbször magabiztosan állítják, hogy az általuk alkalmazott technika abszolút roncsolásmentes. A roncsolásmentesség azonban sosem magától értetődő. Bizonyos esetekben kísérletileg kell ellenőrizni, hogy a különböző típusú (elektromágneses, elektron-, proton- vagy neutron-) és különböző ideig tartó besugárzás valóban nem okoz-e szemmel látható vagy mikroszkopikus változást a vizsgált mintákban (pl. pigmentekben, Kasztovszky et al. 2025).

A neutronos vizsgálatok esetén külön nagy figyelmet kell fordítani a vizsgált minták esetleges felaktiválódására. A neutronos besugárzások következtében a tárgy anyagának indukált radioaktivitása elérhet olyan mértéket, aminél nem biztonságos a tárggyal való közvetlen érintkezés. Ilyen esetben a vizsgálatot végző sugárvédelmi szakember köteles a tárgyat biztonságosan tárolni, mindaddig, amíg az indukált radioaktivitás mértéke biztonságossá – gyakorlatilag nullává – válik. Más fajta (proton-, elektron-, röntgen-) besugárzás hatására a vizsgált tárgyakban egyáltalán nem keletkezik indukált radioaktivitás.

A felhasználók számára nem elhanyagolható szempont egy-egy vizsgálati módszer költségessége, hozzáférhetősége. A nagyberendezésekkel (kutatóreaktor, gyorsító, szinkrotron) megvalósítható vizsgálatok, bár nagy pontosságú, részletes eredményeket szolgáltatnak, fajlagosan drágák, és a mindennapos régész gyakorlatban nehezen hozzáférhetőek, pl. Európában és a tengeren túl is csak néhányszor tíz ilyen kutatóközpont létezik, és ezek közül sem mindenhol foglalkoznak örökségtudománnyal.

Ezzel szemben egyre népszerűbbek a hordozható műszerek (hXRF, hordozható IR-, Raman-spektrométer, LIBS), amelyek könnyen felállíthatók és működtethetők ásatáson, terepen vagy múzeumban. Gyorsan adnak esetleg kisebb pontosságú, de gyakorlati kérdések eldöntéséhez megfelelő eredményt, ugyanakkor használatuk kevesebb műszaki ismeretet és biztonsági előírást igényel.

Az archeometriában a sikeres kutatómunka mindig a megfelelő kísérleti vizsgálati módszerek észszerű megválasztásán és alkalmazásán múlik. Nagyszámú minta elemzésénél az adatok helyes értelmezéséhez elengedhetetlen statisztikai módszerek, illetve gépi tanulás (machine learning) alkalmazása (Towarek et al. 2024).

Szerző tudományos közreműködése

Kasztovszky Zsolt Eredeti kézirat.

Köszönetnyilvánítás

Köszönöm Len Adélnak az **5a-b. ábra** elkészítésében nyújtott segítséget, valamint Kis Zoltánnak a **6. ábra** rendelkezésre bocsátását.

Irodalomjegyzék

- AMIRHAJLOO, S., EMAMI, M., AGHA-ALIGOL, D. & GOHORTI, R.R. (2020): Preliminary studies on polychrome luster tiles excavated from Qal'eh Dokhtar in Kerman by X-ray, SEM-EDX and micro-PIXE spectroscopy; Insight into a new production center of lusterware in Southeast of Iran. *Journal of Archaeological Science: Reports* **33** 102456. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102456>
- BAJNÓCZI, B., TÓTH, M., DOBOSI, G., BALLA, G. & CSONTOS, K. (2009): Ónmázás kerámiák technológiai jellegzetességeinek kimutatása Giovanni di Nicola Manzoni majolika tintatartójának példáján. *Archeometriai Műhely* **6/1** 81–94.
- BARBERAA, G., BARONE, G., CRUPI, V., LONGO, F., MAISANO, G., MAJOLINO, D., MAZZOLENI, P., TEIXEIRA, J. & VENUTI, V. (2013): Small angle neutron scattering study of ancient pottery from Syracuse (Sicily, Southern Italy). *Journal of Archaeological Science* **40** 983–991. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.09.021>

- BENDŐ, Zs., OLÁH, I., PÉTERDI, B., SZAKMÁNY, Gy. & HORVÁTH, E. (2013): Csizolt kőszközök és ékkövek roncsolásmentes SEM-EDX vizsgálata: lehetőségek és korlátok. *Archeometriai Műhely* **10/1** 51–66.
- BERTRAND, L., THOURY, M. & ANHEIM, E. (2013): Ancient materials specificities for their synchrotron examination and insights into their epistemological implications. *Journal of Cultural Heritage* **14** 277–289. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2012.09.003>
- BOTTICELLI, M., RISDONNE, V. & YOUNG, C. (2023): Enhancement of protein detection on cultural heritage samples after SYPRO™ Ruby staining by optical microscopy and micro-FTIR spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* **302** 123067. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2023.123067>
- BRAIDY, N., BÉCHU, A., DE SOUZATERRA, J. C. & PATIENCE, G.S. (2020): Experimental methods in chemical engineering: Transmission electron microscopy – TEM. *Canadian Journal of Chemical Engineering* **98** 628–641. <https://doi.org/10.1002/cjce.23692>
- BUTALAG, K., CALCAGNILE, L., QUARTA, G., MARUCCIO, L. & D'ELIA, M. (2008): PIXE analysis of obsidian tools from radiocarbon dated archaeological contexts. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* **266** 2353–2357.
- CALEY, C.R. (1951) Early history and literature of archaeological chemistry. *Journal of Chemical Education* **44** 120–123.
- CATERINO, S., PAJER, N. & CRESTINI, C. (2023): Iron-galls inks: preparation, structure and characterisation. *Microchemical Journal* **185** 108258. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2022.108258>
- COTTE, M., DUMAS, P., TANIGUCHI, Y., CHECROUN, E., WALTER, P. & SUSINI, J. (2009): Recent applications and current trends in Cultural Heritage Science using synchrotron-based Fourier transform infrared micro-spectroscopy. *Comptes Rendus Physique* **10** 590–600. <https://doi.org/10.1016/j.crhy.2009.03.016>
- CSEDREKI, L. & DANI, J. (2011): A Hencidai rézkori aranykincsen végzett PIXE vizsgálatok tanúságai. *Archeometriai Műhely* **8/4** 285–292.
- DACCÀ, A., PRATI, P., ZUCCHIATTI, A., LUCARELLI, F., MANDO, P. A., GEMME, G., PARODI, R. & PERA, R. (2000): Combined PIXE and XPS analysis on republican and imperial Roman coins. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* **161–163** 743–747. [https://doi.org/10.1016/S0168-583X\(99\)00965-9](https://doi.org/10.1016/S0168-583X(99)00965-9)
- DRAN, J.-C., SALOMON, J., CALLIGARO, T. & WALTER, P. (2004): Ion beam analysis of art works: 14 years of use in the Louvre, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* **219–220** (2004) 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2004.01.019>
- DZINAVATONGA, K., BHARUTH-RAM, K. & MEDUPE, T. R. (2015): Mössbauer spectroscopy analysis of valence state of iron in historical documents obtained from the National Library of South Africa. *Journal of Cultural Heritage* **16** 377–380. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2014.06.004>
- FESTA, G., ANDREANI, C., BALDONI, M., CIPOLLARI, V., MARTÍNEZ-LABARGA, C., MARTINI, F., RICKARDS, O., ROLFO, M. F., SARTI, L., VOLANTE, N., SENESI, R., STASOLLA F.R., PARKER, S.F., VASSALO A.R., MAMEDE, A.P., BATISTA DE CARVALHO, L. A.E. & MARQUES, M.P.M. (2019): First analysis of ancient burned human skeletal remains probed by neutron and optical vibrational spectroscopy. *Science Advances* **5** eaaw1292. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw1292>
- FITZGERALD, S. (2008): Non-destructive micro-analysis of historical artefacts using micro-XRF. *Archeometriai Műhely* **5/3** 75–80.
- GIANONCELLI, A., RANERI, S., SCHOEDER, S., OKBINOGLU, T., BARONE, G., SANTO-STEFANO, A. & MAZZOLENI, P. (2020): Synchrotron μ -XRF imaging and μ -XANES of black-glazed wares at the PUMA beamline: Insights on technological markers for colonial productions. *Microchemical Journal* **154** 104629. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.104629>
- JEHLIČKA, J. & CULKA, A. (2022): Critical evaluation of portable Raman spectrometers: From rock outcrops and planetary analogs to cultural heritage – A review. *Analytica Chimica Acta* **1209** 339027. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2021.339027>
- KASZTOVSZKY, Zs. & BELGYA, T. (2006): From PGAA to PGAI: from bulk analysis to elemental mapping. *Archeometriai Műhely* **3/2** 16–21.
- KASZTOVSZKY, Zs. & KUNICKI-GOLDFINGER, J. (2008): Újabb eredmények az üvegek archeo-metria vizsgálatában prompt gamma aktivációs analízis segítségével. *Archeometriai Műhely* **5/3** 51–58.
- KASZTOVSZKY, Zs., T. BIRÓ, K., MARKÓ, A. & DOBOSI, V. (2009): Pattintott kőszközök nyersanyagainak roncsolásmentes vizsgálata Prompt Gamma Aktivációs Analízissel. *Archeometriai Műhely* **6/1** 31–38.
- KASZTOVSZKY, Zs., MARÓTI, B., SZENTMIKLÓSI, L. & GMÉLING, K. (2022): Applicability of prompt-gamma activation analysis

to determine elemental compositions of silicate-based cultural heritage objects and their raw materials. *Journal of Cultural Heritage* **55** 356–368.

<https://doi.org/10.1016/j.culher.2022.04.011>

KASZTOVSZKY, Zs., BUCZKÓ, N.A., DÚZS, K., KOVÁCS, A., TAKÁCS, E., TÓTH, T., VÖLGYESI, P., WOJNÁROVITS, L. & MIHÁLY, J. (2025): Advantages and risks of using neutron and gamma irradiation for the diagnosis and preservation of heritage objects: Case studies at the Budapest Neutron Centre. *Radiation Physics and Chemistry* **241** 113552.

<https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2025.113552>

KIS, Z., SZENTMIKLÓSI, L., BELGYA, T., KASZTOVSZKY, Zs., KOCKELMANN, W., FESTA, G., KIRFEL, A., KUDEJOVA, P., SCHULZE, R., T. BIRÓ, K., DÚZS, K., HAJNAL, Zs., VISSER, D. & AZ ANCIENT CHARM EGYÜTTMŰKÖDÉS (2008): Radiográfia által irányított Prompt-Gamma Aktivációs Analízis és Neutron Diffrakciós mérések az Ancient Charm projekt számára tervezett Fekete Dobozokon. *Archeometriai Műhely* **5/3** 59–64.

KIS, Z., SCIARRETTA, F. & SZENTMIKLÓSI, L. (2017): Water uptake experiments of historic construction materials from Venice by neutron imaging and PGAI methods. *Materials and Structures* **50** 159. <https://doi.org/10.1617/s11527-017-1004-z>

KLEMENC, S., BUDIČ, B. & ZUPAN, J. (1999): Statistical evaluation of data obtained by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES) for archaeological copper ingots. *Analytica Chimica Acta* **389** 141–150. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(98\)00841-1](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(98)00841-1)

KOCKELMANN, W., & KIRFEL, A. (2006): Neutron Diffraction Imaging of Cultural Heritage Objects. *Archeometriai Műhely* **3/2** 1–15.

KOOCHAKZAEI, A., MAGHSOUD, E.M. & BIDGOLI, B.J. (2023): Non-invasive imaging and spectroscopy techniques for identifying historical pigments: a case study of Iranian manuscripts from the Qajar era. *Heritage Science* **11** 157. <https://doi.org/10.1186/s40494-023-01011-5>

KRISTÁLY, F. & KOVÁCS, P. (2011): Régészeti és előzetes archeometriai vizsgálatok a 2008-as ásatásban Hejőpáiban feltárt kelta temető 3. lelőhelyének kerámia anyagán. *Archeometriai Műhely* **8/3** 251–268.

LEN, A. (2006): A kisszögű neutronsórás archeometriai alkalmazási lehetőségei. *Archeometriai Műhely* **3/2** 27–31.

LONGO, S., CORSARO, C., GRANATA, F. & FAZIO, E. (2022): Clinical CT densitometry for wooden cultural heritage analysis validated by

FTIR and Raman spectroscopies. *Radiation Physics and Chemistry* **199** 110376.

<https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2022.110376>

MANNES, D., SCHMID, F., FREY, J., SCHMIDT-OTT, K. & LEHMANN, E. (2015): Combined Neutron and X-ray imaging for non-invasive investigations of cultural heritage objects. *Physics Procedia* **69** 653–660.

<https://doi.org/10.1016/j.phpro.2015.07.092>

MARÓTI, B., SZILÁGYI, V., HARSÁNYI, I., KASZTOVSZKY, Zs. & SZENTMIKLÓSI, L. (2020): Régészeti kőeszközök és bronztárgyak vizsgálata hordozható készülékekkel. *Archeometriai Műhely* **17/3** 243–252.

MÁRTON, Zs. & CSÓKA, Á. (2015): Lézerindukált Plazmaspektroszkópia: az archeometriai és restaurátori elemanalitika gyors és hatékony eszköze. *Archeometriai Műhely* **12/1** 1–6.

MELELLI, A., MORGILLO, L., GOUDENHOOFT, C., MAGUERESSE, A., DURAND, S., QUILES, A., BEAUGRAND, J., CORTOPASSI, R., JAMME, F. & BOURMAUD, A. (2024): Revealing degradation mechanisms of archaeological flax textiles through the evolution of fibres' parietal polymers by synchrotron deep-UV fluorescence. *Polymer Degradation and Stability* **226** 110826.

<https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2024.110826>

MIHÁLY, J., MINK, J. & HAJBA, L. (2006): Vértesszőlősi, alsó paleolitik korból származó állatcsontok vizsgálata FTIR és FT-Raman spektroszkópiai módszerekkel. *Archeometriai Műhely* **3/3** 15–18.

MORICCA, C., STAGNO, V., HAMZA, N. M., FAVERO, G. & CAPUAN, S. (2023): The High Potential of Micro-Magnetic Resonance Imaging for the Identification of Archaeological Reeds: The Case Study of Tutankhamun. *Heritage* **6** 7170–7180. <https://doi.org/10.3390/heritage6110375>

MUROS, V., ZACHARIAS, N. & HENDERSON, J. (2023): The composition and provenance of Late Bronze Age vitreous materials from Kefalonia, Greece. *Journal of Archaeological Science: Reports* **51** 104218.

<https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2023.104218>

PÉTERDI, B., SZAKMÁNY, Gy., JUDIK, K. & DOBOSI, G. (2009): Bazaltos andezit nyersanyagú szarmata szerszámkövek köztani és geokémiai vizsgálata (Üllő 5. lelőhely). *Archeometriai Műhely* **6/2** 43–60.

POSTMA, H., SCHILLEBEECKX, P. & HALBERTSMA, R.B. (2004): Neutron Resonance Capture Analysis of some genuine and fake Etruscan copper alloy statuettes. *Archaeometry* **46/4** 635–646.

<https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2004.00179.x>

PRUDÊNCIO, M.I. (2015): NAA applied to heterogeneous lithic archaeological artefacts - difficulties and advantages for provenance establishment. *Archeometriai Műhely* 12/4 243–248.

PUROWSKI, T., SYTA, O. & WAGNER, B. (2019): Mycenaean and Egyptian faience beads discovered in southern Poland. *Journal of Archaeological Science: Reports* 28 102023.

<https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.102023>

QUARTIERI, S. (2015): Synchrotron Radiation in Art, Archaeology and Cultural Heritage. In: MOBILIO, S., BOSCHERINI, F. & MENEGHINI, C. (eds.), *Synchrotron Radiation*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-55315-8_26

RICCIARDI, P., NODARI, L., GUALTIERI, S., DE SIMONE, D., FABBRI, B. & RUSSO, U. (2008): Firing techniques of black slipped pottery from Nepal (12th-3rd century B.C.): The role of Mössbauer spectroscopy. *Journal of Cultural Heritage* 9 261–268.

<https://doi.org/10.1016/j.culher.2007.12.003>

SÁNTA, Zs. (2006): Nagyfelbontású repülési idő diffraktométer a Budapesti Neutron Kutatóközpontban. *Archeometriai Műhely* 3/2 22–26.

ŠMIT, Ž. (2015): Metal analysis with ion-beam methods. *Archeometriai Műhely* 12/4 255–262.

SZENTMIKLÓSI, L., KIS, Z., BELGYA, T., MARÓTI, B., HORVÁTH, L.Z., & PAPP, M. (2017): Roncsolásmentes képalkotás neutronokkal és röntgensugárással a Budapesti Neutron Centrumban. *Fizikai Szemle* 67/7–8 240–244. http://real-j.mtak.hu/8724/36/FizSzem-2017_07-08.pdf#page=26

TÓTH, T.F. & MÁRTON, Zs. (2010): Műtárgyak vizsgálata LIBS spektroszkópiával. *Archeometriai Műhely* 7/2 141–148.

TÓTH, Zs., MIHÁLY, J., TÓTH, A.L. & ILON, G. (2013): Vibrational spectroscopic and scanning electron microscopic study of pigment raw materials and painted ceramics excavated at Szombathely-Oladi plató, Hungary. *Archeometriai Műhely* 10/2 103–110.

TOWAREK, A., HALICZ, L., MATWIN, S. & WAGNER, B. (2024): Machine learning in analytical chemistry for cultural heritage: A comprehensive review. *Journal of Cultural Heritage* 70 64–70.

<https://doi.org/10.1016/j.culher.2024.08.014>

WANG, F., HUANG, J. & ZHOU, Q. (2024): Water-salt transport modeling and sulfate erosion mechanisms in cultural heritage under microclimate. *Journal of Building Engineering* 98 111393. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.111393>

KÖZLEMÉNYEK

*

Tagbővülés az Archeometriai Műhely szerkesztőbizottságában

Legutóbb 2023-ban számoltunk be arról, hogy az folyóiratunk szerkesztőbizottságában változások történtek (Szilágyi 2023) és kialakult egy nagyobb, 17 fő létszámú, szakterületeket tekintve átfogóbb gárda. Az azóta eltelt két évben ismét módosult a bizottság összetétele. Alapító tagjaink közül Szakmány György és Sümegi Pál lemondtak az aktív szerkesztőbizottsági tagságról és átkerültek tiszteleti tagjaink közé. 2025-ben pedig tovább folytattuk a szakterületi hiánypótlást, elsősorban a régészeti korszakos ismeretek tekintetében. Simonyi Erika személyében az Árpád-kor, középkor szakértőjét nyertük meg. Tóth Zsuzsanna és Kreiter Attila pedig nem csupán a kőkori és bronzkori régészet tapasztalt kutatói, hanem olyan természettudományos vizsgálati háttérrel rendelkező szakemberek, akik az állatsont eszközök és a régészeti tárgyak átfogó analitikai vizsgálata terén jelentenek biztos hátteret. Csatlakozásukkal az Archeometriai Műhely szerkesztőbizottságának létszáma 18 főre bővült.

A továbbiakban röviden bemutatjuk új tagjainkat.

Tagságukat örömmel fogadtuk, munkájukhoz minden jót kívánunk!

*Szilágyi Veronika
szerkesztő*

SZILÁGYI V. (2023): Új tagokkal bővült az Archeometriai Műhely szerkesztőbizottsága. *Archeometriai Műhely* 2023/XX/2 191–193.



Kreiter Attila a Szegedi Tudományegyetem régészet és történelem szakán végezte MA tanulmányait, majd a Southamptoni Egyetemen szerzett PhD fokozatot. Kerámiaspecialista, szakterülete a régészeti kerámiák technológiai és petrográfiai vizsgálata a neolitikumtól a késő középkorig, különös tekintettel a kerámiaelemzés elméleti és gyakorlati módszertanára, valamint a társadalom- és természettudományos megközelítések ötvözésére. A petrográfiai vizsgálatok mellett a természettudományos analízisek széles körét alkalmazza a kerámiák tanulmányozásához. A Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálatnál 2007-ben megalapította Magyarország első, örökségvédelmi intézményben működő, szisztematikus kerámiavizsgálatra specializálódott laboratóriumát. Később a Magyar Nemzeti Múzeumban fejlesztette tovább az Archeometriai Labort, amely számos vizsgálati módszerrel vesz részt tudományos régészeti feldolgozásokban. A kerámiavizsgálati labor megalapítása óta számos OTKA, NKFIH, ÚNKP, Lendület továbbá más hazai és nemzetközi kutatási programban vett részt; ezek keretében több mint 300 régészeti lelőhelyről vizsgált kerámiákat. 2013 és 2022 között magyarországi koordinátora volt az FP7 ARIADNE és H2020 ARIADNEplus projekteknek, előbbi keretében koordinálta a MNM Régészeti Adatbázisának fejlesztését, amely tartalmazza Magyarország összes nyilvántartott régészeti lelőhelyét, valamint a rendelkezésre álló dokumentációkat.

Publikációi:

<https://m2.mtmt.hu/api/publication?format=html&labelLang=hun&sort=publishedYear,desc&cond=author;eq:10038626>



Simonyi Erika egyetemi tanulmányait az Eötvös Loránd Tudományegyetemen végezte, népvándorlás koros és középkoros régészeti szakon. Kutatási területe Magyarország története a középkorban, Árpád-kori településkutatás és kerámiaművesség. Szakdolgozatát a felsőzsolca-várdombi Árpád-kori település és kisvár leletanyagából, míg doktori disszertációját az északkelet-magyarországi régió öt Árpád-kori településének archeometriai vizsgálatokkal kiegészített kerámiatanalízisen alapuló feldolgozásról írta. 1996-tól a Magyar Nemzeti Múzeum munkatársa, ahol azóta is az Árpád-kori gyűjtemény és az 1945 előtt a középkori gyűjteménybe került tárgyakat őrző Középkori Törzsgyűjtemény vezetője. Számos kiállítás (pl. „Europas Mitte” (Európa közepe 1000 körül) Budapest, Berlin, Mannheim, Prága, Pozsony – vándorkiállítás, 2001–2002) és konferencia (pl. „A cserép igazat mond, ha helyette nem mi akarunk beszélni” – Regionalitás a középkori és kora újkori kerámiában, 2013) szervezésében vett részt. 1998–2022 között az MNM Opuscula Hungarica című középkori régészeti kutatások eredményeit közreadó monográfiatorozatának szerkesztője. 2018-ig az Árpád-ház Program titkárságának vezetője. A Program keretében 2022-ben Székesfehérváron megnyitott „Királyok és szentek. Az Árpádok kora” című nagyszabású kiállítás egyik vezető kurátora, illetve a kiállítás anyagából készült nagysikerű tanulmánykötet és katalógus, „Az Árpádok országa” egyik szerkesztője és szerzője. Jelenleg kiemelt kutatási témája a középkori fehér kerámia, melynek eredetét, elterjedését és készítechémiailag tulajdonságait vizsgálja egy kutatócsoport tagjaként archeometriai és régészeti módszerekkel. Emellett 2022 óta részt vesz a Zalavár-Várszigeten folyó régészeti feltárásban, ahol az Árpád-kori településjelenségeket kutatja.

Publikációi:

<https://m2.mtmt.hu/gui2/?type=authors&mode=browse&sel=authors10035921>



Tóth Zsuzsanna régész, archaeozoológus az Eötvös Loránd Tudományegyetemen őskori régészeti szakon szerezte diplomáját. Előbb az ELTE BTK Archeometriai és Régészeti Módszertani Tanszék, majd 2021-től a Magyar Nemzeti Múzeum, az Őskori Gyűjtemény, neolitikus és részkeleti gyűjteményrész munkatársa. Kutatási területe előbb a dunántúli Lengyeli-kultúra kezdeti szakasza, különösen Vas megye területén. Szakdolgozata a Gőr-Kápolna-domb kis kiterjedésű leletmentéséből származó leletanyagát dolgozta fel. Tanulmányai során előbb a neolitikus kerámia-kutatás szakértőjévé vált. Ezt követően 2008 és 2010 között a PECO-CNRS-Égide szervezésében franciaországi kutatóhelyeken vendégkutató-ként a csont- és agancseszközök használati nyom elemzését és a technológiai folyamatok kísérleti régészeti rekonstrukcióját tanulmányozta. Doktori disszertációjában az Aszód-Papi-földek lelőhelyén előkerült, nagy mennyiségű megmunkált kemény állati nyersanyagokból készült emléktárgyat dolgozta fel több nézőpont ötvöztetésével, így a tipológiai feldolgozás mellett a készítési folyamat rekonstrukciója és használati nyom vizsgálatok is történtek. Az ELTE munkatársaként több archeometriai tárgyat oktató régész hallgatóknak (pl. Állatcsonttárolás – kemény állati nyersanyagok optikai mikroszkópiai elkülönítése). Számos lelőhely (pl. Polgár-Csőszhalom késő neolitikus településének) megmunkált kemény állati nyersanyagokból készült leletgyűjteményének feldolgozását végezte el. Kutatási és oktatási tevékenysége mellett az Archeometriai Laboratórium kialakítása után az optikai fénymikroszkóp munkaállomásainak operátora volt. Az International Council for Archaeozoology – Worked Bone Research Group és a Groupement De Recherche Européen – Préhistos (GDRE) nemzetközi szervezetek tagja.

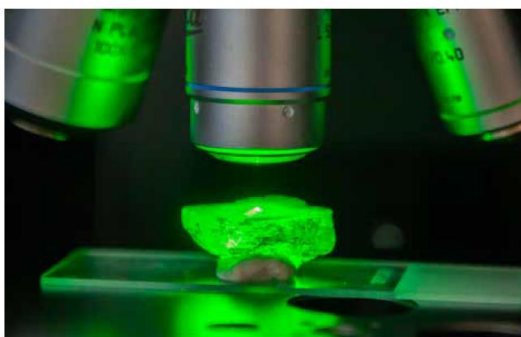
Publikációi:

<https://m2.mtmt.hu/api/publication?cond=authors;in:10045100&cond=category.mtid;eq:1&labelLang=hun>

KEK II. – Mérhető múlt – konferencia beszámoló*

Magyar Nemzeti Múzeum
Közgyűjteményi Központ

MNM
MAGYAR
NEMZETI
MÚZEUM



KÖRNYEZET – EMBER – KULTÚRA II. MÉRHETŐ MÚLT

Az elmúlt évtized legnagyobb szabású, legátfogóbb, hazai, archeometriai témájú konferenciáját rendezte meg az MNM KK Magyar Nemzeti Múzeum Nemzeti Régészeti Intézete 2025. április 28–30. között a Magyar Nemzeti Múzeum főépületében, KEK II. – Mérhető múlt címmel. A rendezvény a szintén jelentős, 2010-ben megrendezett Környezet – Ember – Kultúra (KEK) konferencia folytatásának tekinthető.

Amiért kiemelkedőnek tekinthetjük ezt az eseményt, az részben a számokban elmondható tartalom: három napon át, két párhuzamos szekcióban, 17 témakörben, több mint 350 résztvevő 31 előadást hallgathatott és 9 poszttert tekinthetett meg (1. ábra). Másrésről példa nélkül álló, hogy hazánk ilyen sok intézményéből – legyen az közgyűjtemény, egyetem, kutatóintézet, vállalkozás vagy civil szervezet – mutattak be örökségutómozást kutatási eredményeket.

A rendkívül átfogó rendezvény témakörei a következők voltak: módszertan, kerámiatechnológia, nyersanyag (agyag és kő) kutatás, kőeszközök vizsgálata, fémművesség, műtárgyvédelem, stabilizotóp-vizsgálatok és mobilitás, háztartásrégészet, táplálkozás-történet, földtudomány, a halál régészete, erdő- és fagazdálkodás, környezetrégészet, élő történelem, fegyverzetkutatás, metallurgia, viselettörténet.

Az említett kutatók a legtöbb esetben nem egyedüli szerzői a bemutatott munkáknak, azonban a rövidség kedvéért minden esetben csak egy személyt említünk

(társszerzőség esetén et al. rövidítés szerepel). A teljes szerzői névsorok affiliációval, illetve az előadások címei és a tartalmi kivonatok a [Program és absztraktok](#) c. kiadványban olvashatók el.

A módszertani előadások körében nagyon változatos témák kerültek ismertetésre. *Kreiter Attila* a Magyar Nemzeti Múzeum Nemzeti Régészeti Intézetében működő Archeometriai Laboratóriumot mutatta be és a múzeum régészeti adatbázisára, valamint annak archeometriai adattartalmára hívta fel a figyelmet. *Kiss Zoltán et al.* a már jól ismert röntgenes és a kevésbé ismert neutronos képalkotás régészeti problémák megoldásában való alkalmazhatóságát hasonlított össze. *Hegedűs Zsuzsa* nagy mennyiségű rézkori kerámialelet régészeti-anyagvizsgálati eredményeinek statisztikai értékelését mutatta be, amelyből kirajzolódó csoportokat funkcionális kategóriáknak feleltetett meg. *Lukács Nikoletta et al.* Székesfehérvár-Bokor utca lelőhely kelta temető népességének összetételét és temetkezési szokásait vizsgálta.



1. ábra: A KEK II. – Mérhető múlt konferencia két helyszíne: az MNM Díszterme és a Lapidárium (fotó: felső Benedek-Sároncsi Réka, MNM; alsó György László, MNM)

Fig. 1.: The two venues of the conference KEK II – Countable Past: the Ceremony Hall and the Lapidarium of the Hungarian National Museum (photo: upper Réka Benedek-Sároncsi, HNM; lower László György, HNM)

* doi: [10.55023/issn.1786-271X.2025-026](https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2025-026)

P. Barna Judit et al. egy neolitikus körárok kijelölésének több lehetséges módszerét mutatta be. *V. Szabó Gábor et al.* egy új kísérleti régészeti program első eredményeiről beszélt, amelyben egy kora vaskori erősített település különböző aspektusait vizsgálják, például a dárda- és íjkészítést és ezek használatát. *Solnay Eszter et al.* egy kísérleti referencia adatbázist mutatott be, amelyen keresztül kora és középső rézkori edények formázási és felületkezelési eljárásait vizsgálták, egyben felhívva a figyelmet a kísérleti régészeti kutatásokhoz kapcsolódó összehasonlító anyagok készítésére és alkalmazására. A különböző téma-területek ellenére, izgalmas párbeszéd alakult ki a magyarországi kísérleti régészet jelenlegi szerepéről és jövőbeni lehetőségeiről.

Kerámiatechnológia vonatkozásában *John Gait et al.* ismertetett két, az edényformázási technikák azonosításában újonnan bevezetett, kvantitatív módszert, a röntgentomográfiát és a kisszögű neutron-szórást. *Mengyán Ákos* két, Maklár térségében fekvő, egykorú, késő bronzkori temető kerámiaanyagát hasonlította össze régészeti és optikai mikroszkópos módszerekkel. *Nagy Anna Andrea et al.* Dél-Pannónia amforaforgalmának (régészeti-archeometriai módszertanú) feltérképezésével a terület kereskedelmi kapcsolatait és lakosságának étkezési szokásait tárta fel. *Bajnok Katalin et al.* a Kr. u. 4. század végén megjelenő új kerámiatechnológiai hagyományt, a tört márvánnyal történő soványítást igazolta Pannónia területén, illetve a felhasznált márvány eredetének azonosításával a technológia gyökereinek megismeréséhez járult hozzá. *Kölcze Bettina et al.* Aquincum és késő római, illetve Ecsér és Üllő késő római mázas kerámiáinak összehasonlító archeometriai vizsgálatáról számolt be.

A **nyersanyagok** (agyag és kő) kutatása kérdéskörben *Györkös Dorottya et al.*-tól a kerámia- és őrlőkőkészítési hagyomány kora bronzkortól késő vaskorig nyomon követhető változásáról hallhattunk a süttői lelőhelykomplexum példáján. *Máté László et al.* Oroszlány határában talált két, egymáshoz közeli római kori lelőhely (telep és tégláégető) agyag alapú építőanyagainak és azok lehetséges nyersanyagainak vizsgálatáról, egymással való összevetéséről számolt be. *Kertész Róbert et al.* a szolnoki vár területén feltárt palota részletes építéstechnikai vizsgálatát ismertette, amely oszmán-balkáni módra favázás erősítésű, nyers és égetett téglából kötőanyaggal rögzített falazatú volt. *Miklós Dóra Georgina et al.* a dörgicsei római sírkő homokkő anyagának beazonosításáról mesélt, amely eredmény a térben és időben széles körben használt Balatonfelvidéki Vörös Homokkő bányahelyeinek megismerését célzó kutatás fontos részét képezte.

A **kőeszközök** kutatásáról elsőként *Antony Borel et al.*-tól kaptunk összefoglalót a felületi topográfiai mérések elemzésének módszeréről és a traszológia szerepéről a paleolit eszközhasználat megismerésében. *Viktorik Orsolya et al.* a nyírparasznyai szkíta telep őrlőköveinek előzetes vizsgálatát ismertette, közülük az andezit anyagúak nyersanyagát a Vekerzug-kultúra fő települési tömbjétől északi-északkeleti peremhegyvidékeiről származónak feltételezi. *Priskin Anna et al.* szintén őrlőkövekről mesélt, amelyeket Biharkeresztes késő bronzkori lelőhelyén tártak fel, és amelyeknek makro- és mikrobiológiai vizsgálati eredményei jelentős mértékben tághatják és finomíthatják az őrlés eszközeinek régészeti értelmezését. *Sági Tamás et al.* Bátaszék-Alsónyék késő neolitikus település csiszolt kőeszközeinek példáján mutatta be, hogyan segíti az alapvető kőzet-típusok meghatározását az egyszerűen, roncsolásmentesen meghatározható fizikai paraméterek (mágneses szuszceptibilitás, tömeg, térfogat, sűrűség és magasság) statisztikai elemzése. *Polgár-Nyerges Anita et al.* a BTM Aquincumi Múzeum gyűjteményében lévő, római kori márvány és egyéb kő díszítőelemek eredetét vizsgálta és mediterrán, valamint kelet-alpi (Noricum) forrásokat azonosított.

A **fémművesség** szekcióban *Török Béla et al.* átfogó előadása a régészeti fémek archeometriai vizsgálati módszereit ismertette. *Mozgai Viktória et al.* egy budapest-pasaréti késő 3. századi katonai öv niellőberakásos ezüstlemezeinek archeometriai vizsgálatának eredményeiről számolt be. *Horváth Eszter et al.* a Kárpát-medence gepida és langobard kori ötvöstargyainak gránát berakásain végeztek proveniencia vizsgálatot. *Dönczö Boglárka et al.* egy honfoglalás kori tárgyakat tartalmazó adatbázis készítéséről számolt be, melyben az eddig publikációkban közölt tárgyak PIXE, XRF és SEM módszerekkel mért elemösszetételi eredményeit foglalták össze. *Aradi László et al.* a Monomakhosz-koronán végzett Raman mikroszkópos és XRF-vizsgálatok eredményeit mutatta be, melyeket más bizánci eredetű Árpád-kori zománcos tárggyal összefüggésben értékelt ki. *Fehér Kristóf et al.* Nógrád megyéből származó 10–11. századi sírmellékleteken végzett műszeres analitikai vizsgálatok eredményét mutatta be, melyhez mikro-XRF módszert használtak. *Török Béla et al.* előadásában a különböző aranyozási technikákról hallhattunk, amelyek roncsolásmentes anyagvizsgálatát a Magyar Nemzeti Múzeum Árpád-kori, nemes- és színesfém ötvözetekből készült tárgyaitak példázta. *Nagy Rebeka et al.* a jáki Szent György-templom ásatása során feltárt 15. század végi, egyedülálló, aranyozott ezüst fémfonallal átszőtt bársony miseruha fémfonalainak pásztázó elektron-mikroszkópos vizsgálatát mutatta be. *Gallina Zsolt et al.* a híres babarci kora avar kori temető ezüsttárgyaitak archeometriai

és tausirozott vasvereteinek metallográfiai vizsgálatairól beszélt.

Két előadás foglalkozott fémdíszítéses kerámiákkal, illetve üvegtárgyakkal. *Szőkefalvi-Nagy Zoltán et al.* a késő bronzkori urnamezős kultúra különösen ritka, ón- vagy bronzgombbal díszített kerámiaedényeit mutatta be. *Kasztovszky Zsolt et al.* Fekete-tenger melléki római üvegtárgyak anyagvizsgálatának példáján keresztül ismertette a neutronaktivációs elemáanalitikai módszerek hatékonyságát a proveniencia kutatásban.

Műtárgyvédelem témakörben *Hidasi Zsolt et al.* a hatékony beavatkozások és hosszútávú megőrzési stratégiák kidolgozásához nélkülözhetetlen pontos diagnosztika eszközeként a FTIR spektroszkópia szerepéről tartott előadást természetes és mesterséges eredetű lakkok vizsgálata esetében. *May Zoltán* a MA-XRF technika jelentőségét ismertette a festményvizsgálatokban. *Dági Marianna et al.* egy császárkori festett múmiaportré részletes anyagvizsgálatával és radiokarbon kormeghatározással igazolta, hogy a festéshez használt anyagok, valamint a portré készítés- és festéstechnikája is megfelel a császárkori módszereknek, azaz a tárgy eredeti.

A **stabilizotóp-vizsgálatok és mobilitás** szekciót *Farkas Csaba et al.* előadása nyitotta, amely példaként kereszttul adott áttekintést a stabilizotóp-geokémiai vizsgálatok szerepéről az egykor élt emberek táplálkozásának, származási helyének és mobilitásának kutatásában. *Szigeti Anna et al.* Sárrétudvari-Hízófüld bronzkori csontvázas sírjainak biorégészeti vizsgálati eredményeit ismertette, amelyek átforgalmják tudásunkat a Hajdúbagos–Céhalu-kultúra temetkezési szokásairól és hazai kronológiájáról. *Csáky Veronika et al.* a Pesti-síkság szarmata és hun kori népességének rokon kapcsolatrendszerét felderítő archeogenomikai vizsgálatról számolt be. *Szeifert Bea et al.* a hazai régészeti genetika egyik fontos témájáról, a honfoglaló magyarok és a hozzájuk régészeti-leg, történetileg köthető keleti szállásterületek csoportjainak archeogenomikai vizsgálatáról beszélt. *Szécsényi-Nagy Anna et al.* a Lendület Biorégészeti Kutatócsoport által interdiszciplináris módszerekkel kutatott római kori ÉK-Pannónia biorégészeti vizsgálati eredményeiről adott elő. *Somogyvári-Lajtár Enikő* táplálkozási célú stabilizotóp-geokémiai kutatásokat mutatott be, amelyek olyan általános kérdéseket érintettek, mint a különböző korú gyerekek táplálkozási szokásai, a biológiai nemek vagy társadalmi státuszok közötti táplálkozási különbségek, vagy a kölesfogyasztás mértékének régészeti korszakok közötti változása.

A **háztartásrégészeti** előadások között *Füzesi András* Hódmezővásárhely-Kökénydomb késő neolitikus lelőhelyén egy 120–150 évig fennálló háztartás működésének térbeli struktúrájáról és időbeli dinamikájáról mesélt. *Kovács Gabriella et al.* bronzkori építőanyagok (falak, padlók és kemenceplatnik) talajmikromorfológiai vékonycsiszolat- és csiszolatokon végzett fitolitelemzés módszerével vizsgált eredményeit ismertette. *Pillik Bertalan et al.* egy közel-keleti lelőhelyen gyűjtött üledékminták nehézfakciójának statisztikai és térinformatikai elemzéséről, abból kinyerhető szóródási mintázatokra alapozott épület/helység funkciórekonstrukciójáról számolt be. *Sörös F. Zsófia* késő La Tène-kori tárológödrök komplex vizsgálatát mutatta be az őrtartalmuk, a térbeli szóródásuk elemzésével, valamint a létrehozásukhoz, karbantartásukhoz szükséges logisztika és tudás feltérképezésével, amely eltérő tárolási és térhasználati gyakorlatokat azonosított az erődített és a nyílt színi telepek között. *Erdős Olivia* az ókori Brigetio legiótáborának és polgárvárosának állatcsontanyagát vizsgálta a hadsereg élelemellátását és a húsfogyasztás jellemzőit.

A „**halál régészete**” fantázianeveű szekcióban *Dani János et al.* a kelet-európai eredetű nomád Jamnaja népcsoportok legnyugatibbi, hajdúsági előfordulásának életmódjáról, megélhetéséről és táplálkozásáról adott elő. *Kiss Krisztián et al.* az aquincumi katonaváros temetőinek paleopatológiai vizsgálati eredményei alapján a közösség általános egészségi állapotát mérte fel, valamint rekonstruálta életmódjukat, és az őket ért környezeti hatásokat. *Libor Csilla et al.* előadása az elhunyt testében megjelenő dögevő rovarok viselkedésére és egyedfejlődésére, mint hasznos információforrásra hívta fel a figyelmet, párhuzamot húzva a kriminalisztikai módszerekkel. *Pap Ildikó Katalin et al.* egy sajátos régészeti feltárás, egy elfalazott kora újkori kriptá felnyitása esetében igazolta a fokozott egészségügyi-biztonsági intézkedések szükségességét. *Simon Zsófia et al.* a feltárt kriptá, a kőszegi Szent Jakab-templom 17. századi viseleti elemeit (ruházat, cipők, ékszerek) mutatta be **(2. ábra)**.

A **táplálkozástörténettel** foglalkozó előadások közül *Czégény Zsuzsanna* munkája a szervesanyag-maradványok pirolízis-gázkromatográfia/tömegspektrometria analíziséről szólt, amely néhány milligramm mintából (pl. kerámiaedények porusaiból vagy felszínéről) azonosíthatja a tárggyal érintkező anyag összetételét. *Fábián Szilvia et al.* késő rézkori települések aktivitási zónáinak feltérképezését kutatja a háztartások és a mindennapi tevékenységekhez szükséges eszközkészletek azonosításán, valamint a növényi és állati maradványok sokrétű elemzése és ezáltal a fogyasztási szokások vizsgálata alapján.



2. ábra: Simon Zsófia et al. előadása az MNM Lapidáriumban (fotó: György László, MNM)

Fig. 2.: Presentation of Zsófia Simon et al. in the Lapidarium of the Hungarian National Museum (photo: László György, HNM)

Csengeri Piroska et al. a középső neolitikumi Bükk-kultúra kerámiahasználatát lipidvizsgálatokkal elemezte, kérődzőktől származó tej- és testzsírokat, illetve nem kérődzőktől származó testzsírokat azonosítva. *Bóka Gergely et al.* archeobotanikai módszerekkel Gyomaendrőd-Pavlik középső vaskori szkíta telepen a Vekerzug-kultúra növénytermesztési szokásait vizsgálta. *Pető Ákos et al.* egy középső bronzkori ház régészeti növénytanai vizsgálata alapján nemcsak a vizsgált ház belső terének használatáról, hanem a bronzkor mezőgazdaság- és táplálkozás-történetéről közölt adatokat.

Az **erdő- és fagazdálkodás** témakörében *Grynaeus András* Debrecen-Szepesi-telek, az eddigi legnagyobb dendrokronológiai mintaszámú hazai régészeti feltárás, egyben több évszázadon át élő település faanyaga segítségével a fakereskedelem beszerzési helyeit vázolta fel. *Tóth Boglárka et al.* 14–19. századi erdélyi történeti tetőszerkezetek faévgűrű-vizsgálata alapján a régió korabeli erdő- és fahasználatáról közölt új eredményeket. *Darabos Gabriella et al.* átfogó értelmezést adott az Alföld neolitikumi, réz- és bronzkori erdeinek fafajösszetételéről és hasznosításáról. *Fehér Sándor et al.* elméleti összefoglalója a Magyarországtól nyugatra és északra eső területeken a sztyeppvegetáció feltételezhető egykori jelenlétének kérdését járta körbe.

A **földtudomány** szekciót *iff. Viczián István et al.* előadása nyitotta a budai Várhegy előterének talajfizikai, talajkémiai és ásványtani vizsgálatokon alapuló környezetrekonstrukciójának ismertetésével. *Prakfalvi Péter* pártatlanságra törekedve, két ellentétes példát mutatott a bányászatnak a régészetre károsító, illetve azt támogató tevékenységéről. *Kázmér Miklós et al.* Kárpát-Pannon-régió római kori

földrendéseiéről készített összefoglalót a térség régészeti lelőhelyeinek épületeiben azonosított járószint vagy fali deformációk alapján. *Ferenczi László* a talajkémiai mintavételen alapuló geokémiai térképezést, mint általános régészeti lelőhely-diagnosztikai és régészeti lelőhelyek egyes funkcionális területeinek elkülönítésére szolgáló eszközt mutatta be.

Környezetrégészet tárgykörben *Major István et al.* csontok szén, nitrogén és oxigén stabilizotóp-vizsgálatával történő paleokörnyezeti rekonstrukciós lehetőségekről beszélt. *Mateusz Jaeger et al.* a közép-magyarországi régióban a Duna-völgy két oldalának bronzkori települési hálózatát a régészeti jelenségek (erődítési árkok, kutak, házak) rétegtani fúrásainak komplex vizsgálatával kutatja, így nyerve információt a vizsgált jelenségek funkciójára, keletkezésének és használatának idejére, valamint az egykori környezetre vonatkozóan. *Simon Bence et al.* Acs-Bumbukút római kori erőd környezet- és tájtörténeti vizsgálatát végezte el archeobotanikai, geomorfológiai, geofizikai, térképi és légifotó adatok térinformatikai adatbázisba rendezésével és értelmezésével. *Masek Zsófia et al.* Rákóczi-falva–Bagi-földek 5–8–8A Tisza-parti gepida falu létfenntartási stratégiáit (gabonatermesztés, marhatartás, vadászat, halászat) a környezetrégészeti eredmények alapján mutatta be.

Az **Élő történelem** szekcióban elsőként *Virágos Gábor et al.* előadásában megismerhettük egy komplex, minden korszakon átívelő régészeti „skanzen” tervét, amely a magyarországi archeoparkok sorát gazdagíthatná. *Szentgyörgyi Viktor* az Ormándy János Kísérleti Régészeti Park elmúlt 30 évét mutatta be: régészeti ásatásokon feltárt épületek rekonstrukcióit építették meg és tartják karban a park területén. *Zay Orsolya* a történeti viseletek és az életmódhoz köthető tárgyak kutatásának és felhasználásának megváltozott módszertanába nyújtott betekintést a kísérleti régészet, a múzeum és a történeti újrarájátszók eltérő látásmódjainak figyelembevételével. *Kenéz Árpád* munkáján keresztül megláthattuk a történelmi újrarájátszónak a kísérleti régészetben betöltött szerepét. Az előadásokon keresztül egyértelművé vált, hogy a gyakorlat nem nélkülözheti azoknak az intézményeknek, egyesületeknek a kísérleti régészeti kutatásait, akik hitelesen és élethűen be tudják mutatni eredményeiket, tapasztalataikat mind a kutatók, mind a látogatók számára.

A fémművesség mellett a **fegyverzet** témakörben hangzott el a legtöbb előadás. *Thiele Ádám et al.* egy Mohács térségéből előkerült szablya (15–16. sz.) metallográfiai vizsgálatán keresztül mesélte el a fegyver készítését. *Kiss Attila et al.* előadása megmutatta, hogy egy Mongóliában előkerült proto-avar íj formáját és összetevőinek fizikai tulajdonságait ismerve

számítógépes modellezés segítségével előzetes számítások végezhetők az új eredeti működésével kapcsolatosan. *Tóth Zoltán Henrik et al.* kísérleti régészeti bemutatójában fény derült arra, hogy „Mit tudott Nagy Tamás íja?”, vagyis figyelemmel követhetjük a Firenzében található 15. századi magyar íj rekonstrukcióinak elkészítését, majd annak működőképességét. *Mestellér János* a Szenc Városi Múzeum felkérésére készített, 10. századi előkelő viseletének és fegyverzetének rekonstrukciójának régészeti forrásait, és a munka problematikáját mutatta be, amit dél-nyugat-szlovákiai régészeti leletek alapján készített el. *Harangi Flórián et al.* ismertette Krasznogorszkij temetőjének 8. sírjából előkerült tarsoly kísérleti régészeti rekonstrukcióját, melyet a megőrződött szervesanyag-, illetve a fémmaradványok széles körű anyagvizsgálatain keresztül ismertek meg. *Zágorhidi Czigány Bertalan* a kardok és szálfegyverek kutatásáról és gyakorlati rekonstrukciós folyamatairól mesélt, majd *Goszpodinov Gergő* előadásán keresztül információt kaphattunk a kora középkori balták formavilágának, készítéstechnikájának és felhasznált alapanyagainak kapcsolatáról összehasonlítva a modern darabokéval. *Józsa Tibor Dániel* segítségével bepillantást nyerhettünk egy 15. századi pajzs rekonstrukcióján keresztül a pajzsok készítésének világába. A szekciót *Tóth Zoltán Henrik et al.* bemutatója zárta, ahol egy kora vaskori lószerszámzat rekonstrukciója során bemutatták annak újraöntésének és használatba vételének tapasztalatát.

A **metallurgia** szekcióban *Török Béla et al.* előadásában ízelítőt kaptunk az avar és kora Árpád-kori vasművesség topográfiai elrendeződéséről, valamint tér- és időbeli elhelyezkedéséről. *Thiele Ádám* egy rövid videófelvételen keresztül vezette be a hallgatóságot abba, hogy hogyan lehet sűrűségmérés segítségével a vasbucák vastartalmát meghatározni, illetve ezek készítéstechnológiai besorolását elvégezni. A szekció levezetéseként *Thiele Ádám*, valamint *Török Béla* közös narrációjával láthattunk egy olyan felvételt, amelyet a legnagyobb avar kori vasműves telepen (Kaposvár-Kisiván-pusztá) készítettek, bemutatta a bucaavaskohászat rekonstruálásának lépéseit.

A **viseletek** témakörében összesen négy előadás került bemutatásra, amelyek a textilek kísérleti régészeti kutatásán belül változatos témákat öleltek fel. *Richter Éva* prezentációja egy, már a neolitikumban megjelent geometriai motívumkincset mutatott be, míg *Pásztókai-Szeőke Judit* az ember, a környezet, a ruhakészítés és a divat kapcsolatáról beszélt. Emellett bemutatta a római provinciákban folyó textilszínezés szerepét és kísérleti régészeti kutatásainak első eredményeit. *Egervári Márta* forgófonalas textilek készítését mutatta be egy 17. századi régészeti lelet alapján, valamint *Pajer Lenka* ismertette 16. és 17.



3. ábra: A poszter szekció részlete a KEK II. – Mérföldő múlt konferencián (fotó: Benedek-Sároncsi Réka, MNM)

Fig. 2.: Poster presentations at the conference KEK II – Countable Past (photo: Réka Benedek-Sároncsi, HNM)

századi ruhák rekonstrukciójának interdiszciplináris módszereit.

A poszter szekció (**3. ábra**) kilenc munkájából kettő kerámiavizsgálatról (*Bozsi Vivien et al.*, *Véninger Péter*), egy átfogó lelőhely-rekonstrukcióról (*Gallina Zsolt et al.*), három vasgyártásról (*Gallina et al.*, *Harangi Flórián et al.*, *Tóth Boglárka et al.*), egy a neutronos mérési technikákról (*Szilágyi Veronika et al.*), egy régészeti faanyagvizsgálatról (*Vomberg Frigyes et al.*), egy pedig kenyértörténetről (*Zay Orsolya*) szólt.

Az első KEK konferenciával ellentétben az idei rendezvény anyagából nem készül tudományos cikkgyűjtemény, annak ellenére, hogy a 2012-es kiadvány (*Kreiter et al. 2012*) cikkei iránt jelentős volt az érdeklődés. Reméljük, hogy nem kell újabb 15 évet várni a következő KEK-re. Jó volna gyakrabban ilyen aktív rendezvényt látni a hazai örökségtudományi közösségben.

Gratulálunk a szervezőknek a szakmát nagyban megmozgató rendezvényhez!

*Szilágyi Veronika*¹, *Dönczö Boglárka*²,
*Viktorik Orsolya*³ és *Mengyán Ákos*³

¹ HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont

² HUN-REN Atommagkutató Intézet

³ MNM KK Magyar Nemzeti Múzeum
Nemzeti Régészeti Intézet

KREITER A., PETŐ Á. & TUGYA Beáta (szerk.) (2012): *Környezet – ember – kultúra: A természettudományok és a régészet párbeszéde*. Magyar Nemzeti Múzeum Nemzeti Örökségvédelmi Központ

2010. október 6–8-án megrendezett konferenciájának tanulmánykötete, Magyar Nemzeti Múzeum, Nemzeti Örökségvédelmi Központ, Budapest, 423 p.

**Report on the conference „Child Space” –
Narratives and new perspectives on the
bioarchaeology of children and their biosocial
network/biosocial complexity (focus on
Central-Eastern Europe)***

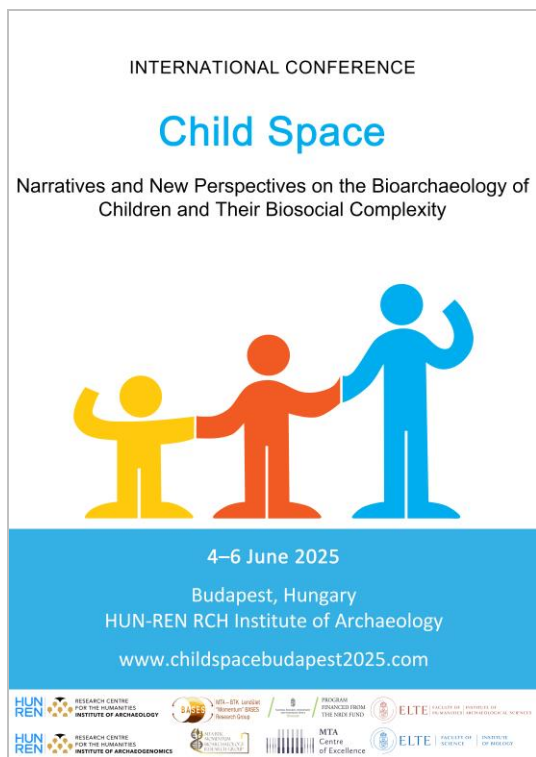


Fig. 1.: Poster of the conference with the logo designed by Bori Szekeres, a 20-year-old graphic designer. The conference logo represents the stages of childhood through simplified silhouette forms. She used different colors for each figure, symbolizing the diversity and richness of childhood. The figures hold hands, symbolizing together-ness and the continuity of development.

1. ábra: A konferencia hirdetőtáblája a logóval, amelyet a 20 éves grafikus, Szekeres Bori tervezett. A konferencia logója a gyerekkor szakaszait mutatja be leegyszerűsített sziluett formákkal. Az alakokhoz különböző színeket használt, ezzel kifejezve a gyerekkor sokszínűségét és gazdagságát. A figurák fogják egymás kezét, ezzel jelképezve az összetartozást, és a fejlődés folyamatosságát.

The international conference “Child Space 2025 — Narratives and New Perspectives on the Bioarchaeology of Children and Their Biosocial Complexity” took place at the Institute of Archaeology ELTE RCH (former HUN-REN RCH) in Budapest, Hungary,

from June 4 to June 6, 2025 (**Fig. 1**). The co-organizers of this scientific conference are the Institute of Archaeogenomics ELTE RCH (former HUN-REN RCH), the Institute of Archaeological Sciences ELTE FH, and the Institute of Biology, Department of Biological Anthropology ELTE FS.

The meeting focused on the smallest social unit — the central element of the family: the child. The conference aimed to start a dialogue among different research fields on childhood in history. This international forum helped interpret this complex biocultural interaction using human remains, creating a platform for professionals from archaeology, history, physical anthropology, genetics, and chemistry to connect.

The international importance of the event

The importance of a bioregional topic becomes most clear when it aligns with current social issues and challenges. Today, there is active discussion about the relationships between children and their environment, biosocial factors, and the significant influence of transgenerational impacts on human development. Studying children is crucial because it helps us understand past societies by examining a specific segment of them. This analysis goes beyond immediate relationships, like mother-child, to include indirect effects, such as environmental influences. Reconstructing past phenomena and processes can aid in understanding and forecasting the results of present events.

The development and broader application of bioarchaeological methods have undoubtedly enhanced child-focused studies, gaining increasing importance in Central and Eastern Europe as well. Research on the bioarchaeology of children has reached the same analytical standards as that for adults for decades. Although there are several pioneering works and research projects in Hungary and neighboring countries, their integration into research networks remains unclear. The findings are scattered, sometimes published in non-thematic conferences or journals, or in languages that limit their international accessibility. Since ancient communities did not originally exist within today's borders, a comprehensive study of them must go beyond these territorial lines. “Child Space” has facilitated in-depth knowledge transfer to researchers in Central and Eastern Europe regarding the latest developments and trends in this field, especially at the local level. It also aimed to help them position their work within the wider international academic community. The conference provided a platform to create a space for the children of the past and their long-gone childhoods in Central and Eastern Europe by connecting various scientific disciplines within bioarchaeology.



Fig. 2.: The organising team (Orsolya Mateovics-László, Gabriella Kulcsár, and Alexandra Anders, Szilvia Fábián, Viktória Kiss, Eszter Melis, Zsófia Rácz, Tamás Szeniczey, Anna Szécsényi-Nagy) and the conference attendees.

2. ábra: A konferencia szervezői – Mateovics-László Orsolya, Kulcsár Gabriella, Anders Alexandra, Fábián Szilvia, Kiss Viktória, Melis Eszter, Rácz Zsófia, Szeniczey Tamás és Szécsényi-Nagy Anna – továbbá a konferencia előadói és résztvevői.

Central themes

The programme included 30 presentations and 15 posters, through which participants from nearly 20 countries could explore the history of children from prehistory to the eighteenth century (**Fig. 2**). The three-day conference was organized into thematic units, maintaining a focused approach on studying former children and their "space":

Rise of Children – The research history of childhood in bioarchaeology, the first and main steps. This session opened the conference with keynote speeches by Rebecca Gowland and Katharina Rebay-Salisbury, both highly respected in their fields. They discussed the origins and methodological development of childhood studies in archaeology and anthropology. Their combined historical-archaeological and biological perspectives united these two areas, establishing the conference's goal.

This introduction was followed by a subtopic called "Little souls – deep grief", which explored perspectives on interpreting child burials, burial customs, and

mortuary archaeology through the talks of Eileen Murphy, the founder and president of the Childhood Society, and Barbara Hausmair.

Finally, two members of the domestic organizing committee, Alexandra Anders and Orsolya Mateovics-László, also provided an overview of how children and childhood have emerged as topics of inquiry within Hungarian ethnographic, historical, and archaeological disciplines.

Children in Society – This session examined social roles and functions such as family relationships, child-rearing, the life cycle, and its interruption. Additionally, from a biological perspective, the presentations explored the research potential of social and environmental changes during the most sensitive period of human development, addressing topics like migration, interpersonal conflicts, status, social roles in childhood, and family connections. Several papers discussed Bronze Age funerary practices across different regions, including Italy, Czechia, and Hungary, presented by Claudio Cavazutti, Michael Ernée, and Eszter Melis and their colleagues. In this part, we also

gained insight into children's lives, mobility, and social roles within the Migration Period Avar communities, including the most recent genetic data from ERC HistoGenes project, presented by contributors from Hungary, Austria, Zsófia Rácz, Doris Pany-Kucera, Tamás Szeniczey, Balázs Gyuris, and István Koncz.

Feeding with Love – This session features studies on child health and diet examined through stable isotope analysis from the Neolithic, Bronze, and Roman Ages in Croatia and Hungary. Other presentations analyze mortality patterns and pathological data from early to Late Medieval populations across Croatia, Serbia, and Austria. The speakers for this part include: Daria Ložnjak Dizdar, Mario Novak, Zrinka Premužić, Željka Bedić, Enikő Somogyvári-Lajtár, Nataša Miladinović-Radmilović and Paul Klostermann.

Child in Space and Time – This closing discussion addressed questions about our current position in childhood research across different archaeological periods and regions. It covered new research directions, project presentations, and the research and experiences of both domestic and international institutions. These were:

SKIN project (Social Kinship and Cooperative Care): How gender influenced funerary practices for children in Copper Age Iberian societies, by Ana Mercedes Herrero-Corral. Klaudia Daňová presented DNA analysis results from other Early Bronze Age burial sites of the Nitra culture in Slovakia, which helped hypothesize potential links between the buried men and the children. Kristóf Fülöp introduced a new experimental Hungarian project on ceramic artifacts from Middle and Late Bronze Age settlements and burials, using archaeological methods along with theoretical and experimental approaches to childhood, educational studies, and visual skills development; addressing complex questions such as the status of children within the community, their socialization processes across cultural differences, and the social context of learning. Ciprian Crețu discussed the Late Antique mortuary record along the western Black Sea coast, examining the region's demographic composition, cultural practices, and social structures. Sofija Stefanović presented findings from the ERC project BIRTH, exploring changes in child-rearing during the Mesolithic and Neolithic periods (10,000–5,000 BC). Alessia Nava shared insights and advanced results on state-of-the-art methodologies, including traditional and non-destructive virtual histomorphometry, which enable the reconstruction of infant growth trajectories, physiological stresses, and mother-infant health status. Additionally, high-resolution elemental and isotopic biogeochemical analyses of dental enamel

provide a unique perspective on maternal diet, nursing practices, exposure to pollutants, and mother-infant mobility patterns. Mateusz Jaeger's bioarchaeological study focused on significant necropolises from the Early and Middle Bronze Age in Slovakia. The conference concluded with a talk titled "Unique Hungarian Vác Mummies from a new perspective." Ildikó Pap compiled the funerary and pathological data on the child mummies in the collection.

The abstracts of the lectures and posters were published in a [conference booklet](#), while recordings of the talks are available on the [YouTube channel](#) of the Research Centre for the Humanities of the Eötvös Loránd University (ELTE) (former HUN-REN Research Centre for the Humanities). For further information in Hungarian and English, visit the conference's website at:

<https://www.childspacebudapest2025.com/>

PUBLIC EVENTS – Podcasts, round table, child drawing competition, and exhibition

This conference, however, was more than just an academic event. As part of the complex programme, three podcasts and a round-table discussion were organised in collaboration with the editorial team of Glossza, the popular science podcast series of the ELTE (former HUN-REN) Research Centre for the Humanities.

In episode 72, entitled [*Was There Childhood in the Past? Insights into the Historical And Anthropological Study of Childhood*](#), historian Gabriella Erdélyi, head of the MTA–BTK Lendület "Momentum" Integrating Families Research Group, and anthropologist Tamás Szeniczey, assistant professor at the Department of Biological Anthropology at ELTE, discuss how children lived in various historical eras.

In episode 73, titled [*Food for Children, Spice for Adults. Children's Games Past and Present*](#), ethnographer Piroska Tóth, director of the Dr Jablonkay István Local History Collection in Solymár, and museologist Veronika Nagy, professional director of the Hetedhét Toy Museum in Székesfehérvár, explore the diverse world of children's toys.

In episode 74, titled [*Wassup, Heyo, How are You? Children's Mental Well-Being in the Twenty-First century*](#), Zsuzsa F. Lassú, associate professor at the Faculty of Primary and Pre-school Education at ELTE, and Nikolett Arató, assistant lecturer at the Faculty of Education and Psychology at ELTE, discuss the challenges children have to face in the digital age.

What constitutes a safe childhood today? How does digitalisation affect children's development? What challenges do children face in different parts of the world? How do children shape their own spaces – both in the past and in the present? What effect does technology have on their mental health and well-being? How do children today communicate, and how might we better understand them? The round-table discussion entitled *Different Cultures – Shared Problems: Child Spaces in a Global and Digital World* sought answer to these questions (Figs. 3 and 4). The discussion brought together lawyer and children's rights activist Szilvia Gyurkó, world-travelling geologist Árpád Juhász, and art historian and educational researcher Andrea Kárpáti, alongside Adrienn Szilágyi and Orsolya Mateovics-László, on 4 June 2025 in Budapest.

Alongside these events, a children's drawing competition entitled *Life in the Past – Past Through Children's Eyes* was announced as part of the programme for children aged 4 to 15, including pre-school, as well as lower and upper primary school pupils (Figs. 5, 6 and 7). By the deadline of 12 May 2025, an astonishing 240 entries had been received from seventy kindergartens and schools within and beyond Hungary's borders. The works, created with a variety of techniques, explored themes such as: How do children imagine the past? Where and how did children and families once live? What might people have worn hundreds or thousands of years ago? What did they eat in prehistory, antiquity, or the Middle Ages? The sheer range of striking and captivating images prompted the rapid organisation of a children's art exhibition. The opening ceremony and award presentation took place on 4 June 2025. The professional jury of the children's drawing competition comprised art historian Katalin Aknai, art teacher Erna Juhász, archaeologist Gabriella Kulcsár, designer, architect, and graphic artist Nóra Mészáros, and archaeologist-historian Orsolya Mészáros. First-, second-, and third-prizes, as well as several special prizes, were awarded across all three age categories; in addition, several research institutes, research groups, and professional organisations offered special prizes. The exhibition was designed by Zsóka Varga and realized by Balázs Gusztáv Mende, Nóra Mészáros, and Zsóka Varga. It was open to the public for nearly four months, closing on 26 September 2025, during the Researchers' Night, within the framework of the LÁTKÉP 2025 programme series, with a closing event, The Future of Child Spaces, dedicated to the memory of Professor Andrea Kárpáti, who had still shared her thoughts with us at the round-table in June.



Fig. 3.: Banner of the round table discussion “*Different Cultures – Shared Problems: Child Spaces in a Global and Digital World*”

3. ábra: A kerekasztal beszélgetés beharangozója “*Eltérő kultúrák – azonos problémák: Gyerekterek a globális és digitális világban*”



Fig. 4.: Around the table, from left to right: Adrienn Szilágyi (Glossza, editorial team), Orsolya Mateovics-László (Child Space organizing committee member) and the guests: Dr. Árpád Juhász, world-travelling geologist, Dr. Andrea Kárpáti, art historian and educational researcher and Dr. Szilvia Gyurkó, children's rights activist

4. ábra: A kerekasztal körül balról jobbra: Szilágyi Adrienn (a Glossza szerkesztőségének tagja), Mateovics-László Orsolya (a Child Space szervezőbizottságának tagja), valamint a meghívott vendégek: Dr. Juhász Árpád világotutazó geológus, Dr. Kárpáti Andrea művészettörténész és neveléstudományi kutató, valamint Dr. Gyurkó Szilvia gyermekjogi szakértő.



Fig. 5.: Poster of the Child Drawing competition, *Life in the Past – Past Through Children’s Eyes*. The Photo montage created from the entries to the children’s competition designed by Nóra Mészáros

5. ábra: Az “Élet a múltban — A múlt gyerek szemmel” című gyermekrajz-pályázat plakátja. A fotómontázs a pályázatra beérkezett alkotásokból készült, tervezte Mészáros Nóra.



Fig. 6.: A snapshot from the opening of the exhibition

6. ábra: Pillanatkép a kiállítás megnyitójáról

An online and printed volume has also been produced from the exhibition, published by Archaeolingua Publishing (<https://ri.abtk.hu/hu/publications/élet-a-múltban-past-through-childrens-eyes>; <https://heyzine.com/flip-book/6af390ab80.html#page/26>). With this volume, we have aimed to preserve the variety and creative vision expressed in the children’s drawings. The works of the three age groups have been arranged in six chapters – Life in Prehistory, Life in Antiquity, Life in the Migration Period and the Middle Ages, Life in the Early Modern Period and the Nineteenth century, Folk Traditions, and Life in the Twentieth century and Beyond – that guide the reader through archaeological and historical eras. The included drawings and paintings vividly convey the worlds of past and present, offering a glimpse into the future that can only be understood through the lens of childhood. We are grateful to all participants of the competition: pre-schoolers and primary school students, as well as their parents and teachers. We hope that, following the exhibition, this volume may serve as a lasting collection of works of visual art that allows us to gain a deeper understanding of our contemporary world.



Fig. 7.: Drawings of the exhibition with Zsófia Rác, archaeologist, organizer

7. ábra: A kiállítás rajzai Rác Zsófia régésszel, a konferencia egyik szervezőjével

Closing words

We can view childhood from many different perspectives, which spins like a “marble ball” in space and time. The "Child Space" scientific conference aimed to bring this vivid picture to life using the tools of history, archaeology, and anthropology. We have recognized that children in the past were not invisible; they created their own space through their existence, just as they do today. Their physical remains testify to the environmental and social factors that influenced their development and prevented them from reaching adulthood. Beyond our viewpoint, understanding parents' past attitudes and children's family relationships is essential for comprehending and improving modern human connections.

The organisers of the international scientific conference are the Institute of Archaeology ELTE RCH (former HUN-REN RCH), the Institute of Archaeogenomics ELTE RCH (former HUN-REN RCH), the Institute of Archaeological Sciences ELTE FH, and the Department of Biological Anthropology, Institute of Biology ELTE FS. Organising committee: Orsolya Mateovics-László, Gabriella Kulcsár, and Alexandra Anders, Szilvia Fábián, Viktória Kiss, Eszter Melis, Zsófia Rácz, Tamás Szeniczey, Anna Szécsényi-Nagy.

Supported by NRD I MEC_SZ_24 149350, and MTA–BTK Lendület "Momentum" BASES Research Group, MTA–BTK Lendület "Momentum" Bioarchaeology Research Group.

Orsolya Mateovics-László¹, Alexandra Anders², Szilvia Fábián³, Viktória Kiss⁴, Eszter Melis⁴, Zsófia Rácz², Tamás Szeniczey⁵, Anna Szécsényi-Nagy⁶, and Gabriella Kulcsár⁴

¹ *Archäologischer Dienst GesmbH, St. Pölten Austria*

² *Institute of Archaeological Sciences ELTE FH*

³ *National Institute of Archaeology HNM*

⁴ *Institute of Archaeology ELTE RCH*

⁵ *Institute of Biology, Department of Biological Anthropology ELTE FS*

⁶ *Institute of Archaeogenomics ELTE RCH*

Az Archeometriai Műhely 2025 XXII. évfolyam 1-4. számainak lektorai voltak:

*

anon.

Bajnóczi Bernadett, HUN-REN CsFK Földtani és Geokémiai Intézet, Budapest

Baragona, Antony, University of Applied Arts Vienna, Bécs, Ausztria

Bárány Annamária, ELTE Természettudományi Múzeum, Budapest

Bartosiewicz László, Osteoarchaeological Research Laboratory, Stockholm University, Stockholm, Svédország

Benkő Elek, ELTE HTK Régészeti Kutatóintézet, Budapest

Bóka Gergely, MNM KK Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest

Czajlik Zoltán, ELTE BTK Régészettudományi Intézet, Budapest

Ferenczi László, Charles University, Prága, Csehország

Furholt Kata, Kiel University, Kiel, Németország

Galambos Éva, Magyar Képzőművészeti Egyetem, Budapest

Grynaeus András, Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Budapest

Ilon Gábor, régész, Mesterháza

Kis Zoltán, HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

Kiss Krisztián, ELTE HTK Archeogenomikai Kutatóintézet, Budapest

Kiss Viktória, ELTE HTK Régészeti Kutatóintézet, Budapest

Kolláth Ágnes, ELTE HTK Régészeti Kutatóintézet, Budapest

Kolltveit, Gjermund, zenész, régész, Nesodden, Akershus, Norvégia

Kovács Enikő, MNM KK Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest

Költő László, régész, Kaposvár

Kulcsár Gabriella, ELTE HTK Régészeti Kutatóintézet, Budapest

Kulcsár Valéria, Szegedi Tudományegyetem, Szeged

Kürtösi Brigitta Mária, Magyar Képzőművészeti Egyetem, Budapest

Madár Mária, ELTE BTK Művészettörténeti Intézet, Budapest

Márk Zsófia, Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Budapest

Maróti Boglárka, HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

Máté László, MNM KK MNM Nemzeti Régészeti Intézet, Budapest

Mateovics-László Orsolya, Archäologischer Dienst GesmbH, St. Pölten, Ausztria

Mesterházy Gábor, Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest

Mráv Zsolt, Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest

Náfrádi Katalin, Szegedi Tudományegyetem, Szeged

Paribeni, Andrea, Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo", Urbino, Olaszország

Péterdi Bálint, Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága, Budapest

Pintér Farkas, University of Applied Arts Vienna, Institute of Conservation, Bécs, Ausztria

Rácz Miklós, építész, régész, Budapest

Révész László, Szegedi Tudományegyetem, Szeged

Simon Bence, ELTE BTK Régészettudományi Intézet, Budapest

Stieghorst, Christian, Technical University of Munich, München, Németország

Szabadvári Tamás, MNM KK Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest

Székely Balázs, ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Budapest

Szilágyi Veronika, HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

T. Biró Katalin, régész, Budapest

Tóth Csaba, MNM KK Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest

Tóth Eszter, MNM KK Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest

Vaday Andrea, Pécsi Tudományegyetem, Pécs

Viktorik Orsolya, MNM KK MNM Nemzeti Régészeti Intézet, Budapest