

RÉGÉSZETI TALAJTANI ÉS NÖVÉNYTANI MÓDSZEREK A TÉRHASZNÁLAT-ELEMZÉS SZOLGÁLATÁBAN

PETŐ ÁKOS¹ – KENÉZ ÁRPÁD²

Egyes értelmezések szerint egy régészeti lelőhely leggyakoribb és legnagyobb mennyiségben rendelkezésre álló leletanyaga az emberi (élet)tevékenység által létrejött talaj-, illetve üledékanyag.³ Ezeket a módosított talajképződeményeket, illetve üledékösszleteket a szakirodalom az elmúlt évtizedekben számos különböző módon nevezte (pl. kultúrréteg, kulturális depozit stb.), ugyanakkor mára jellemzően és egységesen az „antropogén üledék” megnevezést használjuk. Települési környezetben az ún. tevékenységi körzetek⁴ definiálásához, illetve ezek térbeli lehatárolásához nemcsak régészeti módszerek állnak rendelkezésünkre.⁵ A régészeti leletanyag térbeli szóródásának, elhelyezkedésének, mennyiségi és minőségi tulajdonságainak interpretációján kívül a – szisztematikusan és kellő precizitással gyűjtött – talaj-, illetve antropogén üledékminták természettudományos vizsgálata is alkalmas arra, hogy megismerjük egy-egy emberi közösség tevékenységének részleteit, térbeli kiterjedését. Hasonlóan a tárgyi emlékekhez, a talajban – kémiai, fizikai paraméterek, illetve növényi és állati maradványok formájában – tárolódó információhordozók térbeli eloszlása az egykoron élt kultúrák gazdasági életéről és mindennapjairól árulkodnak.

BEVEZETŐ

Az ún. térhasználat-elemzés egy olyan tág elméleti keretet és módszertani repertoárt biztosít, amely magában foglal(hat)ja a lelőhelyen kívüli,⁶ a lelőhelyen belüli, illetve az objektumon belüli tevékenységi mintázatok vizsgálatát (is). Az objektumon belüli tevékenységek vizsgálatának tárgya elsősorban a települési kontextusban feltárt épületek, amelyek számos olyan hétköznapi, illetve nem hétköznapi tevékenységnek biztosítottak teret, amelyek megértése közelebb visz minket egy adott kultúra vagy emberi közösség gazdasági, szociális, vagy akár rituális cselekedeteinek leírásához. Az objektumon belüli tevékenységi körzetek – azaz a régmúltban megvalósult tevékenységek nyomainak – lehatárolása a régészeti leletanyag szóródásának megértésén alapul, ugyanakkor számos talaj-⁷ és növénytani módszert ismerünk, amelyet széles körben alkalmazhatunk a térhasználati mintázatok felderítéséhez és megértéséhez.⁸

A különböző foszforformák egykori emberi aktivitást indikáló tulajdonságára és a módszerben rejlő régészeti lehetőségek kiemelkedő fontosságára Olaf Arrhenius már az 1920-as években felhívta a figyelmet.⁹ Az elmúlt közel egy évszázad során ugyanakkor rohamléptekben zajlott ezen terület módszereinek fejlesztése, amely nemcsak technológiai lépéseket, hanem más tudományágak és ismeretanyag bevonását is szükségszerűen magával hozta. Kiemelt szempont lett a megismert talajkémiai mintázatok összekapcsolása

¹ Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Természetvédelmi és Tájökológiai Tanszék

² Független régészeti növénytani szakértő (archaeobotanikus).

³ Wells, E.C.: Sampling design and inferential bias in archaeological soil chemistry. *Journal of Archaeological Method and Theory* 17 (2011), 209–230.

⁴ Az angolszász szakirodalomban: *activity area*.

⁵ Kalla G.: A háztartások régészete mint kutatási probléma. *Ősrégészeti Levelek* 13 (2011), 9–36. (ΜΩΜΟΣ VII. – Óskoros Kutatók VII. Összejövedele, Százhalombatta, Matrica Múzeum, 2011. március 16–18. – Tanulmánygyűjtemény)

⁶ A lelőhelyen kívüli tevékenységek elemzésének összefoglaló megnevezése az ún. gyűjtőkörzet-elemzés, amelyet az angolszász szakirodalom *site catchment analysis* (SCA) formában használ.

⁷ A talajtani, szedimentológiai és geokémiai módszerek átfednek, de mivel az antropogén üledékek vizsgálatának megközelítési módszere talajtani alapokon (is) nyugszik, ezért ezt a megnevezést használjuk ebben a cikkben.

⁸ Holliday, V.T., Lawrence-Zuniga, D., Buchli, V.: Prologue to uses of chemical residues to make statements about human activity. *Journal of Archaeological Method and Theory* 17 (2011), 175–182.

⁹ Arrhenius, O.: Die Phosphatfrage. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde* 10 (1929), 185–194.

egyes konkrét emberi tevékenységekkel.¹⁰ A kulturális antropológia, valamint az etnográfia vívmányainak és kísérleti eredményeinek¹¹ módszertani beemelése mellett egy másik fontos természettudomány, a botanika, azon belül is a régészeti növénytan módszerei bizonyultak hasznosnak a hétköznapi emberi tevékenységek megértésében. Ahogy azt már az imént említettük, a talajtani módszerek térhasználat-elemzésben történő alkalmazásának fő célja, hogy a múltban megvalósult (élet)tevékenységek térbeli mintázatot adó „láthatatlan” lenyomatát megfejtsük. Ugyanakkor egy objektumon belül megvalósuló tevékenység megismeréséhez az archaeobotanikai lelet- és ismeretanyag további konkrét és kézzel fogható bizonyítékokat szolgáltat.¹² Jó ideje ismert, hogy a makro-archaeobotanikai leletanyag térbeli eloszlása tudatos emberi cselekvések meghatározására és lehatárolására alkalmas, , ugyanakkor a mikro-archaeobotanikai maradványok¹³ azonos elvek szerinti felhasználását csak később kapcsolták be a térhasználat-elemzés tárgykörébe.¹⁴

FÉLIG FÖLDBE MÉLYÍTETT ÉPÜLETOBJEKTUMOK TÉRHASZNÁLAT-ELEMZÉSÉNEK TAFONÓMIAI HÁTTERE

A hazai régészeti kutatás egyik sokat vitatott témaköre az ún. félig földbe mélyített épületobjektumok¹⁵ funkció-meghatározása (1. ábra). A hazánkban feltárt épületek használati körének meghatározása, illetve régészeti értelmezése jellemzően két nagy módszertani megközelítésre osztható fel.

A feltárt épületek belsejéből előkerülő (használati) tárgyi emlékek iránymutató lehet az épület funkcionalitásának, használatának vonatkozásában, amennyiben az egyértelműen az épület működéséhez köthető, és nem másodlagosan – például hulladékként – került az épület gödrébe. Jellemzően azonban ezek az objektumok – természetesen lelőhelytől és korszaktól függően – szegényes leletanyaggal bírnak. Tovább nehezíti az épületek funkciójának meghatározását, hogy sok



1. ábra: Tárolófunkciót ellátó félig földbe mélyített épületobjektum (félletős tárológödör) rekonstrukciója a százhalmattai Matrica Múzeum és Régészeti Parkban (a szerzők fotója)¹⁶

¹⁰ Hutson, S.R., Magnonib, A., Beach, T., Terry, R.E., Dahlin, B.H., & Schabelf, M.J.: Phosphate fractionation and spatial patterning in ancient ruins: a case study from Yucatan. *Catena* 78 (3) (2009): 260–269.

¹¹ Lásd többek között: Knudson, K. J., Frink, L.: Soil chemical signatures of a historic sod house: activity area analysis of an arctic semisubterranean structure on Nelson Island, Alaska. *Archaeological and Anthropological Sciences* 2 (2010), 265–282.

¹² Lásd többek között: Jones, V. H.: The Nature and Status of Ethnobotany. *Chron. Bot.* 6 (10) (1941), 219–221. és Jacomet, S. & Kreuz, A.: *Archäobotanik: Aufgaben, Methoden und Ergebnisse vegetations- und agrargeschichtlicher Forschung*. Stuttgart (1999), 368 pp.

¹³ Az archaeobotanik vagy régészeti növénytan a régészeti lelőhelyekről előkerülő növényi maradványok elemzésével, az ember-növény, illetve ember-környezet kapcsolat értelmezésével foglalkozó tudományterület. Ezt a tudományterület feloszthatjuk az alapján (is) kutatási területekre, hogy a vizsgált botanikai anyag milyen mérettartományba esik. Ez alapján megkülönböztetünk makro-archaeobotanikát (jellemző tárgykörök: mag- és termés-elemzés, faszén- és favizsgálat), illetve mikro-archaeobotanikát (pl. pollen-, keményítő szemcse- és fitolitelemzés).

¹⁴ Lásd többek között: Rondelli, B., Lancelotti, C., Madella, M., Pecci, A., Balbo, A., Ruiz Perez, J., Inserra, F., Gadekar, C., Cau Ontiveros, M.Á., Ajithprasad, P.: Anthropoc activity markers and spatial variability: an ethnoarchaeological experiment in a domestic unit of Northern Gujarat (India). *Journal of Archaeological Science* 41 (2014), 482–492.

¹⁵ Jelen írásunkban tudatosan nem a „ház” kifejezést használjuk, hiszen az már predesztinál egy lehetséges funkciót.

¹⁶ A bemutatott épület Jerem Erzsébet által Sopron-Krautackerén feltárt vaskori telep 194. sz. objektumának rekonstrukciója: Jerem E., Facsar G., Kordos L., Krolopp E.: A Sopronn-Krautackeri vaskori telep régészeti és környezetrekonstrukciós vizsgálata II. *Archaeológiai Értesítő* 112 (1) (1985), 3–24.

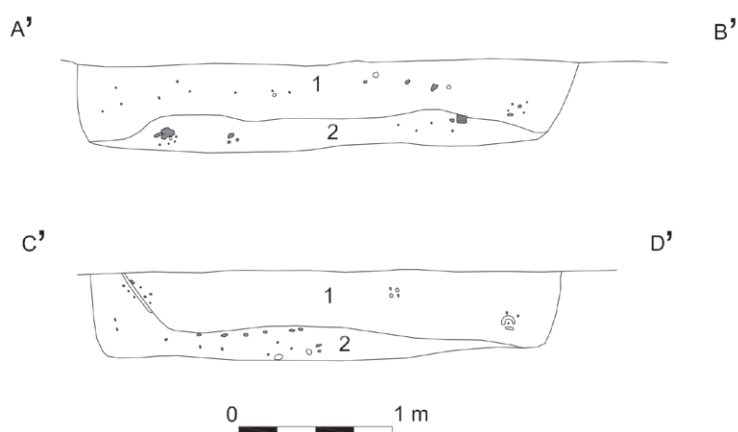
esetben a – tudatosan felhagyott(?) – épületek gödrét a települést benépesítő emberi populáció hulladékos gödörként hasznosítja, így az utólagosan bekerülő tárgyak nem köthetők az épület használatához.

A másik funkciómeghatározás az épületek építészeti, strukturális jellegzetességeiből indul ki, amelyhez alapot az alaprajz, a méret, a tetőgerendát tartó ún. ágasfák cölöplyukakból visszakövetkeztethető száma, egymáshoz viszonyított helyzete és elhelyezkedése szolgáltat alapot. Az épületek lehetséges felépítményeinek 3D rekonstruálásához rendelkezésre álló szoftverek jó lehetőséget adnak ahhoz, hogy a szóban forgó épületek befogadóképességét – azaz például annak meghatározását, hogy hányan aludhattak, tartózkodhattak egyszerre egy épületben (?) – és belmagasságát részletesebben elemezni lehessen.¹⁷

A fent említett két módszertani megközelítés mellett – megfelelő kritériumok teljesülése esetén – a régészeti talaj- és növénytan módszereivel is hozzájárulhatunk ezen épületek funkciójának megismeréséhez. Az elmúlt években útjára indítottunk egy módszertani kísérlet- és vizsgálatsorozatot,¹⁸ amelynek célja, hogy az ilyen szemszögből eddig nem vizsgált, de a Kárpát-medence település- és háztartásrégészetében fontos – sok tekintetben kitüntetett – szereppel bíró régészeti jelenségek antropogén üledékanyagát olyan természet-tudományos módszerekkel vizsgáljuk meg, amelyek kiegészíthetik az épületek belső terének használatával kapcsolatos tudásunkat.

A félig földbe mélyített épületek használatának megértéséhez elsősorban nem azok keletkezését kell alaposan ismernünk, hanem azokat a lehetséges pusztulási folyamatokat szükséges definiálni, amelyek segítenek eldönteni, hogy a gödörbetöltés által megjelenített rétegek, illetve az azokban tárolódó fizikai, kémiai és botanikai „ujjlenyomat” az épület eredeti funkciójával összefüggésbe hozható-e. A másodlagos felhalmozódásnak minősülő maradványok és üledékösszetek nem alkalmasak arra, hogy összekapcsoljuk a vizsgálatukból fakadó eredményeket az épület használatával.

Ellentétben a felmenő falú épületekkel, a járószint alá lesüllyesztett padló, illetve maga a lakótér gödre sajátos mikro-környezeti állapotot hoz létre a félig földbe mélyített vagy sokszor csak veremháznak nevezett épületekben. A padlószinten¹⁹ megvalósuló emberi tevékenység hulladékanyaga csak természetes úton nem tud kikerülni az épület belső teréből még a bejárati nyíláson sem. Az épület belső terében megvalósuló tevékenység nyomán felhalmozódó *debris* anyag egy ún. aktivitási réteget²⁰ hoz létre, amely ha eltemetődik – és ennek bizonyító értékű nyomára lelünk a gödörbetöltés rétegtani viszonyaiban – akkor nagy biztonsággal köthetjük az abból a rétegből elő-



2. ábra: Egy félig földbe mélyített épületobjektum metszetének lehetséges rétegtani viszonyai. Az A–B és C–D metszeteken jól kirajzolódik a használatból származó *debris* anyag felhalmozódása (2), illetve ennek elhelyezkedése az objektum belsejében, valamint az épület pusztulása során a gödröt feltöltő záróréteg (1). Térhasználat-elemzés során a precíz és körültekintő mintavételnek nem szabad összemosnia e két eltérő genetikájú réteget, hiszen csak az alsó réteg köthető az épület használatához.

¹⁷ Félig földbe mélyített épületek digitális és morfometriai rekonstrukciójáért lásd Tímár Lőrinc munkáit! (Hivatkozások később a szövegben, illetve az ajánlott irodalomban.)

¹⁸ A vizsgálatok 2009-ben a Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat Leletdiagnosztikai Laboratóriumában, majd annak jogutódjaként a Magyar Nemzeti Múzeum, Nemzeti Örökségvédelmi Központjának Alkalmazott Természettudományi Laboratóriumában dolgozó szakemberek, illetve az említett intézmények régészeinek közreműködésével indult el. Az említett intézmények azóta megszűntek, így a kutatások központja áthelyeződött a Szent István Egyetem Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Intézetébe.

¹⁹ Kifejezetten nem „padlót” írunk, hiszen az eddigi tapasztalat azt mutatja, hogy ezen félig földbe mélyített épületek ritkán rendelkeznek olyan kimutatható agyag vagy lejárt, (le)dőngölt padlószinttel, mint amilyenek neolitikus vagy bronzkori telleken kerülnek feltárássra (pl. Százhalombatta-Földvár agyagpadló).

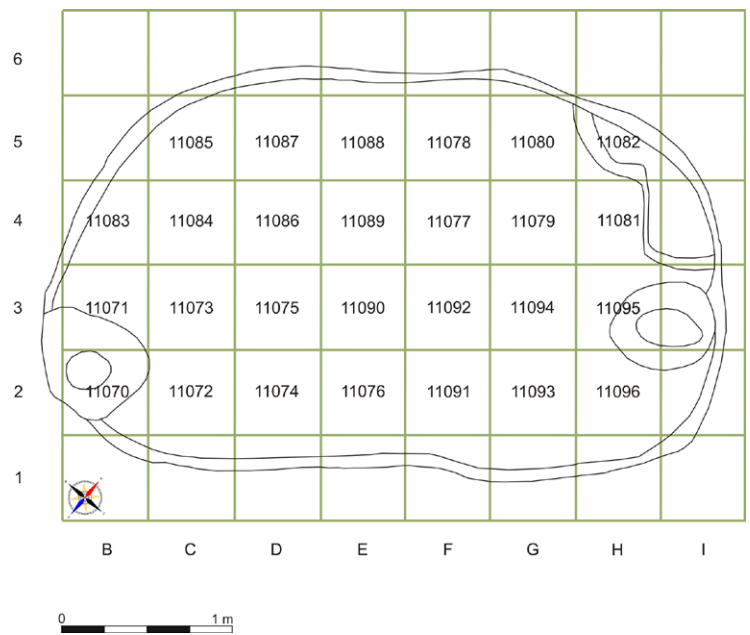
²⁰ *Activity layer* az angolszász szakirodalomban.

került növényi maradványokat, illetve az abból a rétegből gyűjtött mintákon végzett talajtani laboratóriumi elemzések adatait az épület eredeti funkciójához. Vaskori jelenségek tanulmányozása során a félig földbe mélyített épületek pusztulásának lehetséges folyamatát Tímár Lőrinc írta le és mutatta be szemléletesen.²¹ Következtetései alapján a felhagyott épület tetőszerkezete, majd falazata omlik be először a gödör belsejébe. A fokozatos beomlás során természetesen számolni kell oldalirányú erőzítéssel. A felépítmény részbeni vagy egészben történő beszakadása után megindul a gödör feltöltődése. A vázlatosan leírt folyamat az épületobjektum betöltésének metszetében megfigyelhető nyomot hagy (2. ábra), így megfelelően precíz ásátástechnika esetén előzetesen becsülhető, és eldönthető, hogy egy szóban forgó, félig földbe mélyített objektum tartalmaz-e természettudományos vizsgálatra alkalmas réteget.

MÓDSZERTANI MEGFONTOLÁSOK

Ellentétben a lelőhelyen kívüli ún. gyűjtőkörzet elemzéssel, illetve a lelőhelyen belüli térhasználat-elemzéssel, az objektumon belüli térhasználat-elemzés fizikai, és ezáltal mintavételi határai adottak.²² A vizsgált épületobjektum fizikai határain belül, annak belső terére kell megtervezni egy horizontális mintavételi protokollt, amely vagy lefedi az egész belső teret, és ezáltal ún. teljes horizontális mintavétel valósul meg, vagy részlegesen valósul meg a mintavétel, amely esetben lehet random, illetve szisztematikus mintavételezésről beszélni. A mintavétel lényege, hogy egy előre meghatározott méretű raszterrel fedjük az épület belső terét. A sakktáblaszerűen kialakuló négyzethálós térben minden négyzet vagy kvadrát egy mintavételi egységet jelenít meg. Ebben a tekintetben a keretek tehát adottak a mintavételi stratégia megtervezéséhez, ugyanakkor azt mindenképpen szem előtt kell tartani, hogy bármilyen mintavételi sűrűséget alakítunk is ki (értsd: bármilyen méretű mintavételi egységekre osztjuk is fel az épület belső terét), egy korabeli emberi tevékenység lehetséges nyomának kiterjedés-vizsgálatához mindenképpen egy mesterséges térképszerű modellt alkotunk meg. Mivel nem tudhatjuk előre, hogy milyen tevékenységet keresünk, illetve legtöbb esetben nem tisztázott, hogy adott tevékenység milyen kiterjedésben jelentkezhet egy adott régészeti kontextusban, nehéz megítélni, hogy egy 1x1 m-es vagy egy 20x20 cm-es mintavételi háló alapján végzett teljes vizsgálat vezet-e megfelelő eredményre. A fent említett két példa között jelentős mintamennyiségbeli eltérés, és ezáltal hatványozottan növekvő költségigény áll, hiszen az utóbbi – nagyobb felbontást ígérő – vizsgálat esetében fajlagosan számolva huszonöt-ször több minta kerül felgyűjtésre egy ugyanakkora felületről.²³

Az elmúlt években végzett vizsgálatok tapasztalata azt mutatta, hogy a jellemzően 9–15 m²-es kiterjedésű épületek esetében az



3. ábra: Egy félig földbe mélyített épületobjektum belső terében kialakított mintavételi háló virtuális képe, valamint a mintavételi kvadrátok kódjai (példa: Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek 210/7124. objektum)

²¹ Tímár, L.: Késő vaskori veremházak maradványainak értelmezése. *Ősrégészeti Levelek* 13 (2011), 290–300. (ΜΩΜΟΣ VII. – Óskoros Kutatók VII. Összejövetele, Százhalombatta, Matrica Múzeum, 2011. március 16–18. – Tanulmánygyűjtemény)

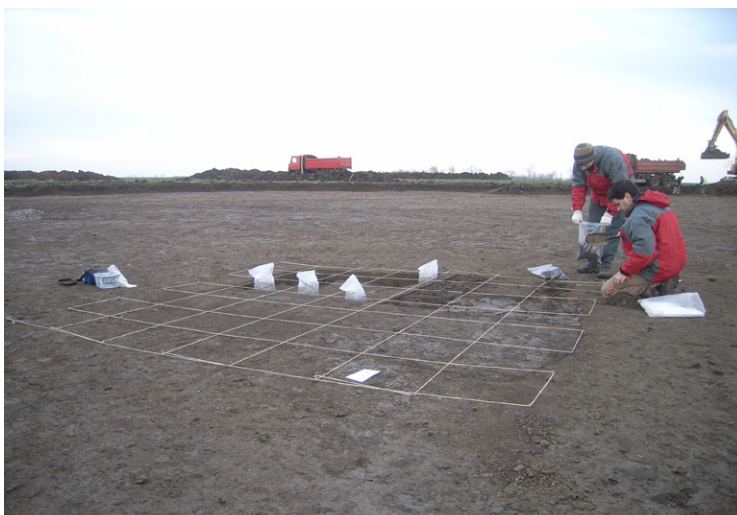
²² Természetesen a háztartás vagy *household cluster/compound* fogalma alapján nem csak egy épületre korlátozódik egy háztartás működési területe, de mi jelen esetben egy épület belső terére koncentrálnunk, ezért a leegyszerűsítő megfogalmazás.

²³ Példa: egy képzeletbeli 2x2 méteres épület belső terének 1x1 méteres kvadrátokban való vizsgálata során 4 db minta keletkezik, míg ugyanennek az épületnek a 20x20 cm-es mintavételi egységekre bontásával minden egyes 1x1 méteres kvadrátra 25 db mintavételi egység jut, így összesen nem 4 db, hanem 100 db mintát (!) kell felgyűjteni, majd feldolgozni.

50x50 cm-es (3. ábra), azaz 0,25 m²-es mintavételi egység²⁴ kialakítása olyan adatfelbontást eredményez, ami mellett már kimutatható különbségek jelentkeznek egy-egy térhasználat-elemzés során (4. ábra). Ugyanakkor ki kell emelni, hogy a felmerülő konkrét régészeti kérdés, illetve a folyamatosan halmozódó tapasztalatok alapján a megadott értéktől való eltérés indokolt lehet, hiszen lehetnek olyan tevékenységi módok, amelyek kimutatására durvább vagy éppen finomabb horizontális felbontásra van/lehet szükség.

A hazai módszertani kísérlet során folyamatosan bővítettük azoknak a talajtani és archaeobotanikai tudományos eszközöknek a sorát, amelyek alkalmazása célravezető lehet a vizsgálatra kiválasztott objektumok használatának megismerésében. Az alábbiakban röviden összefoglaljuk, hogy mely vizsgálati módszerek milyen információ tartalommal bírnak, illetve az adott módszerrel nyert adatokat hogyan lehet lefordítani a régészeti térhasználat-elemzés nyelvére.

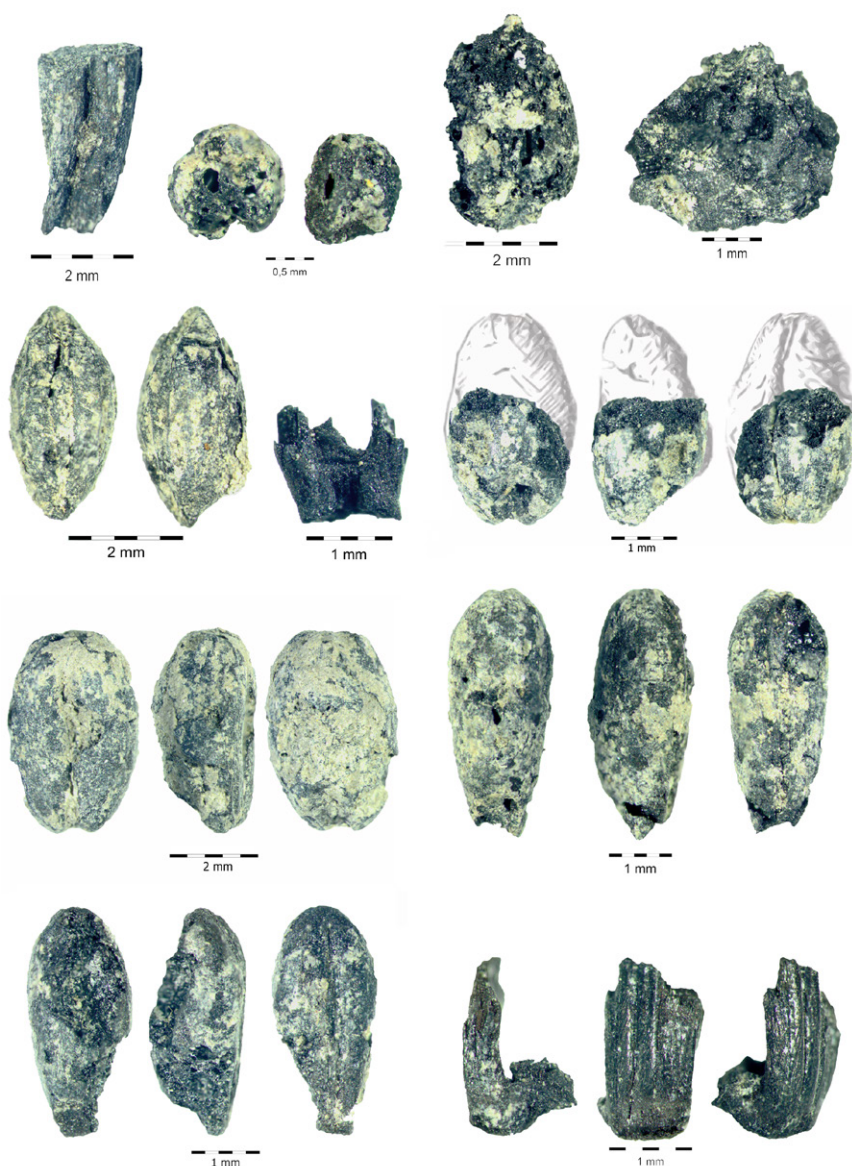
A félig földbe mélyített épületobjektumok használati rétegéből gyűjtött antropogén üledékminták ún. összes szervesszén-mennyisége (TOC²⁵), illetve összes foszfortartalma (P_{total}) a lokálisan megvalósuló szervesanyag-inputot határozza meg, azaz, hogy ha egy meghatározott területen a környezetétől eltérő mennyiségben került magas szervesanyag tartalmú anyag lerakásra, felhalmozásra, akkor az kimutathatóvá válik az említett paraméterek elemzésével. Ki kell ugyanakkor emelni, hogy ezek a paraméterek nem anyagminőségi, hanem mennyiségi indikátorok, így ezek alapján a konkrét anyag típust nem tudjuk megadni, csak a hatás erősségére utalhatunk. Ugyanakkor a felhasználható magas szervesanyag tartalmú anyagok köre meghatározható, így ezen indikátorok kiugróan magas jelenléte elsősorban trágya, állati



4. ábra: Terepi mintavétel kivitelezésének lépései és a mintázás különböző fázisai

²⁴ Ez jellemzően 3–4 x 3–4 méteres alapterületű objektumokat fed, amelyek alaprajza természetesen nem szabályos, így a mintavételi egységek mennyisége esetfüggő. Tovább bonyolítja a kérdést, hogy általában az oldalfalak melletti kvadrátok sérültek, az épült pusztulása során külső anyag bekeveredése miatt bolygatott állapotokkal találkozhatunk.

²⁵ TOC = Total Organic Carbon, amit az izzítási veszteség módszerével (LOI = Loss on Ignition) mérünk.



5. ábra: Példa félig földbe mélyített épületobjektum belső terében végzett karpológiai vizsgálat során feltárt és meghatározott gabonamaradványokra (példa: Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek 210/7124. objektum, publikálatlan adat)

lemellátás, illetve ételkészítés szempontjából kiemelkedően fontos gabonák jelenléte, illetve maradványtípusainak megoszlása bír jelző értékkel. Egy gabonátárolásra használt épület(rész) karpológiai anyagában az ép gabonaszemek lesznek nagy arányban jelen, míg egy gabonafeldolgozásra használt épület esetében a cséplésből származó törött szemek, illetve a cséplési hulladékot adó pelyvalevelek, toklászok és ún. gabonavillák jelennek meg nagyobb arányban. A gabonatermesztés technológiájáról, illetve a betermelt gabonalapanyag tisztaságáról pedig a vizsgált épület mintáiból előkerülő gyomfajok mennyisége, illetve arányuk fog információval szolgálni. Az ételkészítést nemcsak geokémiai módszerek mutathatják ki, hanem a tűzhelyek vagy egyéb feltételezett időszakos tűzrakó helyek környezetében felhalmozódó ételmaradványok

eredetű mellék- vagy késztermék (csont, gyapjú stb.) egykori jelenlét jelzi számunkra.

A vizsgált minták szemcseösszetétele vagy más néven textúrája információval szolgálhat arról, hogy behordtak vagy tároltak-e kerámiakészítés vagy más technológia nyersanyagszükségletének kielégítése céljából „agyagot” az adott épületbe. Az ún. geokémiai vizsgálatok²⁶ a mintákban megjelenő kémiai elemek mennyiségét mutatják ki. Egy-egy speciális tevékenység – mint például fémmegmunkálás vagy éppen vízi élőlényekből készült ételek hulladékanyagának felhalmozódása – kifejezetten egy-egy kémiai elem feldúsulásával hozható összefüggésbe, így meghatározott kémiai szignálok esetén felmerül ezeknek a tevékenységeknek a jelenléte.

A fenti példák már önmagukban kijelölik, hogy egy épületre házként vagy esetleg műhelyként érdemes-e tekinteni. Mindazonáltal a növényntani módszerek további eszközöket adnak a kezünkbe. A makro-archaeobotanika tárgykörébe tartozó mag- és terméslemezés²⁷ révén kimutathatóak azok a növényi maradványok, amelyek feldolgozása, kezelése, vagy éppen tárolása megvalósulhatott egy-egy épületben vagy épületrészben (5. ábra). Ebben a tekintetben az éle-

²⁶ Pld. ICP-AES módszer – induktív csatolású plazma atomemissziós spektrometria: kémiai elemek koncentráció értékét kimutató műszeres analitikai módszer.²⁵ TOC = Total Organic Carbon, amit az izzítási veszteség módszerével (LOI = Loss on Ignition) mérünk.

²⁷ *syn.*: karpológia



6. ábra: Gabonák fellevelében (pelyva és toklász) keletkező, jól diagnosztizálható fitolit morfortípusok (ún. *elongate dendritic LC*) fénymikroszkópos képe

eloszlása és összetétele is kijelölhet háztartási tevékenységeket.

A makro-archaeobotanikai anyag kiegészítője lehet az ún. fitolitelemzés.²⁸ A növényi opálszemcsék vagy fitolitok jó indikátorai a különböző növényi részek felhalmozódásának (6. ábra). Segítségükkel elkülöníthető például a gabonák tisztítási hulladékán belül a vegetatív és generatív részek külön területen történő tárolása, deponálása; ugyanakkor segítségével adatokhoz juthatunk az épület kialakításában felhasznált építő (növényi) anyagokról is. A tetőfedésre használt nád a legkritikább esetben jelenik a makro-archaeobotanikai anyagban, ugyanakkor jellegzetes levélfitolitjainak előkerülése a mikro-archaeobotanikai anyagban elárulhatja jelenlétét.

RÖVID ESETISMERTETÉSEK

Orsógomb, fazekak, foszfor és gabonafitolit: Hódmezővásárhely-Kopáncs I. (Olasz-tanya) késő avar kori épületobjektuma²⁹



7. ábra: Hódmezővásárhely-Kopáncs I. (Olasz-tanya) késő avar kori épületobjektuma (fotó: Bárdos Nándor, KÖSZ/MNM NÖK) (Herendi–Pető alapján)³¹

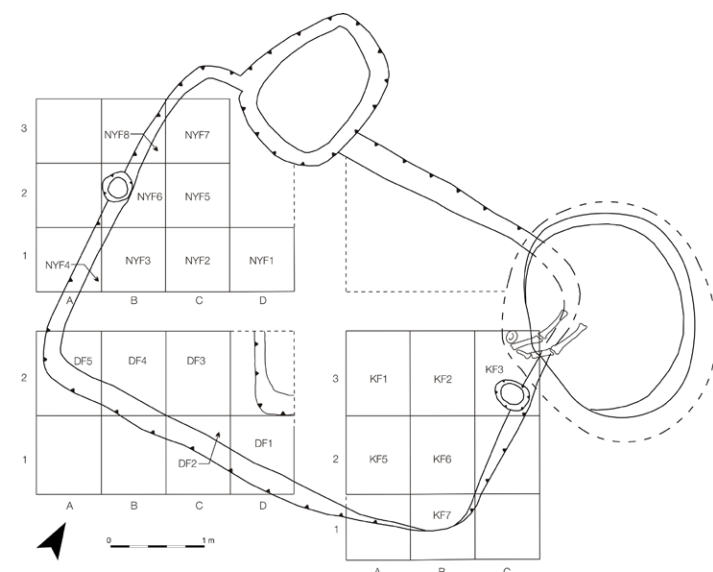
A Csongrád megyei lelőhelyen egy homokbánya tervezett megnyitása előtt végzett ásás során került elő egy avar kori településrészlet, amelynek részeként a 23/23. számú, félig földbe mélyített épületobjektum járószintjén padlóréteget tudott elkülöníteni a feltárást vezető régész (7. ábra).³⁰ Az épület feltárása során felmenő falra utaló jelek nem kerültek elő, de az objektum alján, a metszetsfalban egy eltérő színnel jelentkező, 1–2 cm vastagságú, tömörödött réteget tudtunk megfigyelni, amelyet az épületobjektum padlószintjeként írtunk le. A padlót jelölő réteget nem lehetett az objektum teljes belső terében kipreparálni, így csak az épület 3/4-én végeztünk mintázást (8. ábra). Az 1x1 m-es kvadrátokban végzett mintázás, illetve a padlóréteg vékonysága miatt kevés üledékanyag állt rendelkezésre a

²⁸ A növényekben képződő, szilíciumtartalmú szervesetlen sejt- és szöveti zárványok (ún. fitolitok) rendkívül ellenállóak és hosszú ideig fennmaradnak.

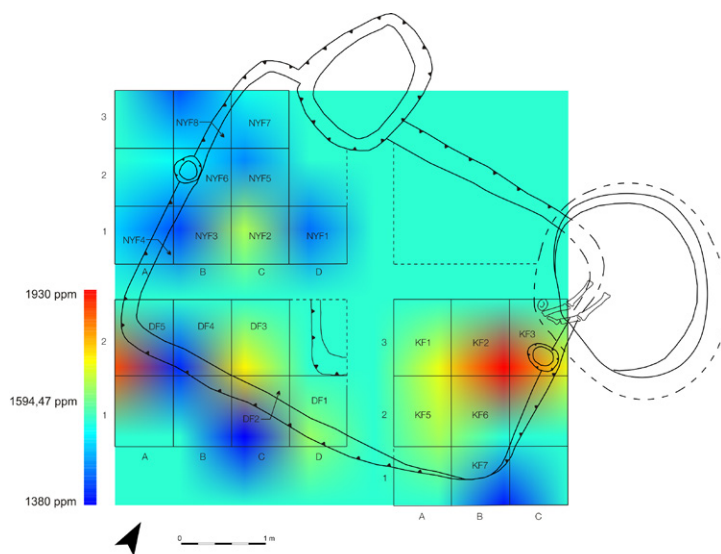
²⁹ Bővebben lásd: Herendi O. – Pető Á.: Avar kori településnyom Hódmezővásárhely-Kopáncs I., Olasz-tanya lelőhelyen (Csongrád megye): egy félig földbe mélyített épületobjektum régészeti és természettudományos értékelése. In: Türk A. (főszerk.) Balogh Cs. et al. (szerk.) *Hadak útján. A népvándorlások fiatal kutatóinak XXIV. összefüvetelének konferenciakötete.* (Budapest–Esztergom, 2015.) (nyomtatás alatt)

³⁰ A feltárást a Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat végezte, feltárásvezető: Herendi Orsolya.

³¹ In: Türk A. (főszerk.) Balogh Cs. et al. (szerk.): *Hadak útján. A népvándorlások fiatal kutatóinak XXIV. összefüvetelének konferenciakötete.* Budapest-Esztergom, 2015.



8. ábra: Hódmezővásárhely-Kopáncs I. (Olasz-tanya) késő avar kori épületobjektumának digitális alaprajza, valamint a padlóréteg megjelenése alapján kialakított részleges horizontális mintavételi protokoll



9. ábra: Hódmezővásárhely-Kopáncs I. (Olasz-tanya) késő avar kori épületobjektum padlóanyagán végzett összes foszfortartalom-vizsgálat alapján megrajzolt P_{total} eloszlástérkép (Herendi–Pető alapján)³⁵

dolgozás nyomán kialakuló magasabb foszforkoncentrációval. Ez utóbbi értelmezésnek némileg ellentmond az a tény, hogy állandó tűzhely nyomát nem észleltük az objektumban. A mikro-archaeobotanikai elemzés során olyan fitolitok jelenlétét tudtuk kimutatni az épület belső terében, amelyek a nagyméretű felszín feletti vegetatív szerveket növesztő (vízparti) növényekben (pl. nád – *Phragmites communis*) keletkeznek. Ezeknek a morfortípusoknak a jelenléte és a mintákban mérhető részarányuk fontos indikátora lehet

természettudományos vizsgálatok elvégzéséhez, így végül az összes foszfortartalom- és fitolitvizsgálat elvégzése mellett döntöttünk.³²

A vizsgált objektum az avar korban általánosan elterjedt, téglalap alakú, ágasfás-szelemenenes tetőszerkezetű, félig földbe mélyített jelenségek sorát bővíti.³³ A kemence hiánya miatt ugyanakkor felmerült, hogy az épület nem lakóházként funkcionált, és így indirekt módon a gazdasági épület és/vagy műhely-funkció, mint interpretációs eshetőség is felmerült. Az épület leletanyaga további támpontokat adott ehhez a kérdéshez, hiszen az innen előkerült orsókarika, fazékalj- és oldaltöredékek, valamint sütőharang perem- és oldaltöredékek kijelölhetnek egy-egy jól meghatározható tevékenységi kört.³⁴

A belső tér lehetséges többlet szervesanyag-terhelését a természetesnek tekintett 1000–1200 ppm-es határértéknél magasabb foszforkoncentráció jelölte ki, ugyanakkor az objektum belső terében csupán minimális térbeli eltérések mutatkoztak a foszforkoncentráció tekintetében (9. ábra). Ez a két megfigyelés annak a következtetésnek nyit teret, hogy ugyan rekonstruálható egy emberi tevékenységből fakadó többletterhelés, mindazonáltal a foszforadatok térbeli mintázatának monotonitása az épület belsejének egységes használatára utal. Ezen a ponton a régészeti leletanyag kontextusba helyezése ad kapaszkodót, hiszen az orsókarika jelenléte felveti azt az értelmezési lehetőséget, hogy a magasabb foszforkoncentráció az épületben végzett fonótevékenységhez használt állati eredetű (gyapjú?) anyagokból származik.

Tovább árnyalja a képet a sütőharang- és fazéktöredékek előkerülése, amelyek összefüggésben állhatnak az ételkészítés, ételfel-

³² Ennek a két módszernek a legkisebb a nyersanyag (minta) igénye.

³³ Madaras L.: Az avar ház. In: Novák L. – Selmeczi L. (szerk.): *Építészet az Alföldön I.* (Nagykörös, 1989), 23–32.

³⁴ Természetesen ezek esetében nem zárható ki az a lehetőség sem, hogy a – mindenvalószínűség szerint nádból készült – tető beszakadásával kerültek az objektumba.

³⁵ Ibid.

a padló takarására, belső használati tárgyak kialakítására használt növényi nyersanyagoknak, mint amilyen például a nád. A fitolitvizsgálati eredmények ugyanakkor mást is kimutattak. A gabonák virágzati képleteiből (pelyva és toklász) származó jellegzetes fitolit morfortípusok jelenléte és szóródása alátámaszthatja a magasabb foszforkoncentráció értelmezése kapcsán felvetett ételfeldolgozó és ételkészítő tevékenységet is az épületben.

Korábban vizsgálataink eredményeképpen utaltunk arra,³⁶ hogy a késő avar korban a már részben, vagy egészben letelepedett életmódot folytató emberi közösségek a nagyállattartás mellett aktívan hasznosították a környezetüket, ami magában foglalta a vadon élő és természetett növények hasznosítását, felhasználását is. Az avarok gabonatermesztésére utaló régészeti növénytani adataink egyelőre nem teljeseek, így teljes biztonsággal nem jelenthető ki, hogy a kopáncsi telep lakói gabonatermesztést folytattak volna, de a korszak számos lelőhelyén végzett archaeobotanikai elemzés eredményei arra engednek következtetni, hogy a gabonafeldolgozás része volt a táplálkozási stratégiájuknak. Ebbe a képbe illeszkedik a 23/23. épületobjektum fitolitelemzése is, hiszen az objektum belső terében gabonáktól, egész pontosan a gabonatisztítási hulladékból származó fitolitformákat találtunk.

Istálló vagy gabonafeldolgozó? Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek római kori épületobjektuma³⁷

Az M1-es autópálya, a 83-as főút, valamint a Holt-Marcál által körbeölelt terület Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek néven már régóta ismert a magyar régészeti kutatásban. A különböző régészeti korszakban itt megtelepülő népcsoportok és kultúrák településszerkezetét, háztartási egységeit és veremházait több kutató is vizsgálta már.³⁸ Egy zöldmezős beruházás részeként a területen 2009 és 2011 között végzett ásatás során külön figyelmet fordított az ásató régész arra, hogy a térhasználat-elemzés kritériumainak eleget tevő épületobjektumok precíz mintázása megvalósulhasson.³⁹



10. ábra: Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek lelőhelyen feltárt római kori bennszülött épületobjektum (129/4645) (fotó: Csuti Tamás MNM NÖK)

³⁶ Pető Á. – Kenéz Á. – Herendi O. – Gyulai F.: A késő avar kor növényhasznosítási és tájgazdálkodási potenciáljának értékelése egy dél-alföldi telepen végzett mikro- és makro-archaeobotanikai vizsgálat tükrében. In: Kreiter A. – Pető Á. – Tugya B. (szerk.): *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, 2012), 181–194.

³⁷ Részletesen lásd: Pető, Á. – Kenéz, Á. – Csabainé Prunner, A. – Lisztes-Szabó, Zs.: Activity area analysis of a Roman period semi-subterranean building by means of integrated archaeobotanical and geoarchaeological data. *Vegetation History and Archaeobotany* 24 (2015), 101–120.

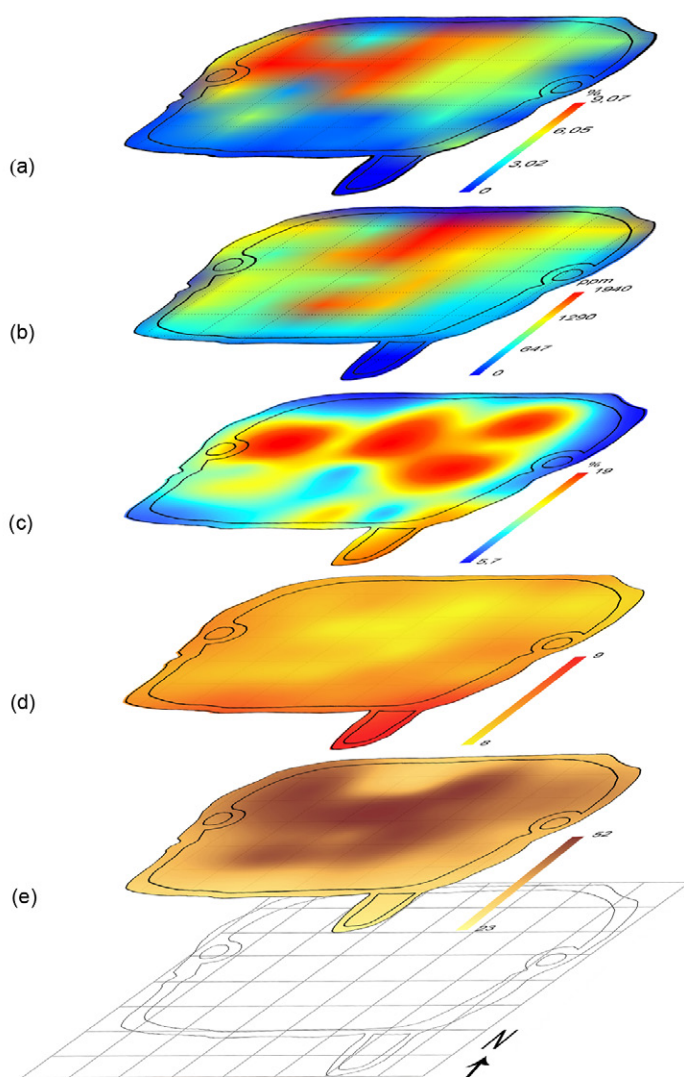
³⁸ Lásd többek között: Egry M.I.: Beszámoló a Győr-Marcalváros-Bevásárlóközpont területén végzett megelőző régészeti feltárásokról. *Arrabona* 39 (2001), 57–78.

Tankó K., Egry M.I.: Kelta település Győr-Ménfőcsanak-Bevásárlóközpont területén. Az 1995. és 2006. évi ásatás. In: Ilon G. (szerk.): *ΜΜΟΣ VI. Őskoros kutatók VI. összefoglaló konferenciakötete*. Nyersanyagok és kereskedelem, 2009. Kőszeg, 2009. március 19–21.

Tankó, K.: Late Iron Age settlement in the vicinity of Ménfőcsanak (Road no. 83. and Bevásárlóközpont). In: Borhy L. (ed.): *Studia Celtica Classica et Romana Nicolae Szabó septuagesimo dedicata*. (Pytheas Kiadó, Budapest, 2010), 249–260.

³⁹ A feltárást a Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat (jogutódként a Magyar Nemzeti Múzeum, Nemzeti Örökségvédelmi Központ) végezte, Ilon Gábor régióvezető régész vezetése mellett.

Tankó, K.: Rekonstruktion eines Laténezeitlichen Grubenhauses aus Ménfőcsanak-Szeles (B 83). *Communicationes Archaeologicae Hungariae* (2004), 105–112.



11. ábra: A 129/4645-ös épületobjektum belső terében végzett régészeti talajtani elemzések során nyert adatok horizontális eloszlásfedvényei; a: TOC%; b: P_{total} ; c: $CaCO_3\%$; d pH; e: KA (Pető et al. 2015 alapján)

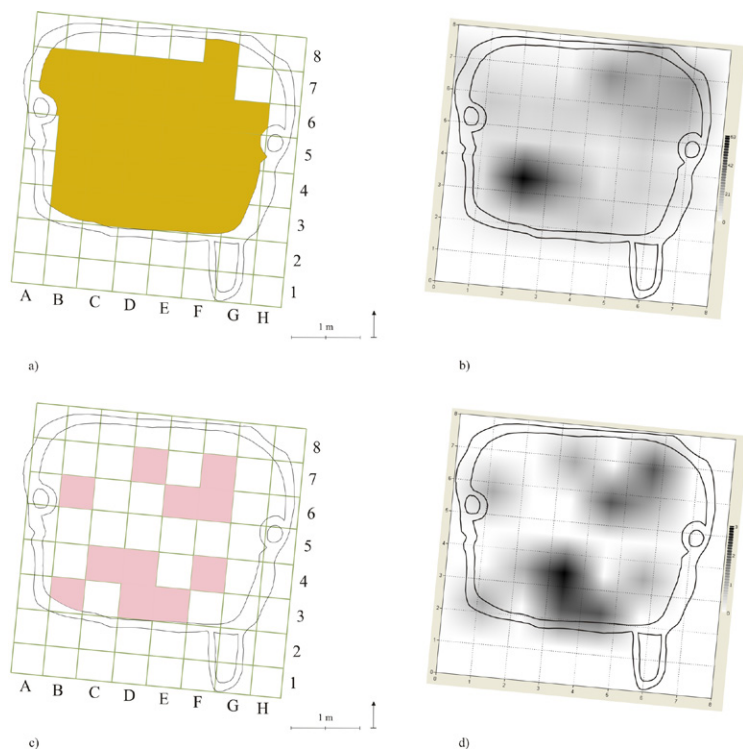
A 129/4645-ös római kori bennszülött épületobjektum (10. ábra) belső térhasználat-elemzéséhez mindösszesen 33 db 50x50 cm-es kvadrátban tudunk mintagyűjtést végezni. Eltérően a fent bemutatott késő avar kori épületobjektumnál tapasztaltaktól, ebben az esetben az épület elpusztulása által lezárt antropogén üledékréteg megmintázásával nagyobb mennyiségben tudunk a vizsgálatinkhoz üledékanyagot felgyűjteni, így lehetőség nyílt, hogy a kopáncsi eset után kibővítsük a vizsgálttípusok körét. Az alapvető talajkémiai és talajfizikai paraméterek⁴⁰ mellett nemcsak fitolitelemzést, hanem mag- és terméselemzést is végeztünk.

Az objektum antropogén üledékmintáinak talajkémiai vizsgálata során fény derült arra, hogy jelentős eltérések vannak az összes szerves széntartalomban, amely fluktuáció nem vezethető vissza természetes folyamatokra, hanem az objektum belső térhasználatával összefüggésben megjelenő mintázatként értelmezhető. Az eloszlásmintázatok alapján a legmagasabb értékekkel bíró minták az objektum északnyugati negyedében lévő kvadrátokban koncentrálnak (11. ábra). Ennek eredményeképpen kézzel fogható különbséget feltételezhetünk az épület belső térhasználatában. Méréseink alapján az összes szerves széntartalom feldúsulását okozó szervesanyag-többlet egyértelműen az objektum északnyugati felére koncentrálnak, míg a másik talajkémiai paraméter, az összes foszfortartalom az objektum északi felén, illetve közepén mutatott dúsulási göcöket (11. ábra a és b).

A régészeti növényntani eredmények kimutatták, hogy az 129/4645-ös objektumban jelentős mennyiségben fordul elő gabonáktól származó maradványanyag. Egy-két kivételtől eltekintve gyakorlatilag minden vizsgált kvadrátban jelen voltak a gabonák (12. ábra a), így ha csak a megjelenésüket vesszük alapul, akkor egyöntetű eloszlásról beszélhetünk. Ugyanakkor a jelenét/hiány megítélésén túl fontosabb szerepe van az egyes kvadrátokban mért dominancia viszonyoknak, amely alapján a gabonamaradványok eloszlása is árnyaltabb képet fest az épület belső térhasználatáról (12. ábra b). A gabonamaradványok által közvetített információtartalom további árnyalására alkalmas a megjelenő gyomok értékelése. Az épület gyomflórájának faji összetétele alapján egyértelmű, hogy azok a gabonanyag velejárójaként jelennek meg az objektumban, azaz a betakarítással együtt kerülhettek be a településre a szántóföldekről; előfordulásuk ugyanakkor sporadikus, jól kivehető szabályosságát nem követ.

Az eloszlásmintázatokon túl fontos információhordozó a gabonaszortiment is, azaz hogy milyen gabonafajok felhasználására utalnak a meghatározott maradványok. A 129/4645-ös objektum esetében főként árpa, köles és csupasz búzák kerültek elő. Az ősbibb pelyvás búzafajok (pl. alakor, tönke, tönköly) csak kis

⁴⁰ Ezek az alábbiak voltak: Arany-féle kötöttség (K_A), szén-savas mésztartalom ($CaCO_3\%$), pH, összes szerves szén (TOC %), összes foszfor (P_{total}).



12. ábra: A 129/4645-ös épületobjektum belső terében végzett régészeti növényntani elemzések során nyert gabona- és gyomeloszlási adatok fedvényei; a: gabonák megjelenése; b: gabonák súlyozott eloszlása; c: gyomok megjelenése; d: gyomok súlyozott eloszlása (Pető et al. 2015 alapján)

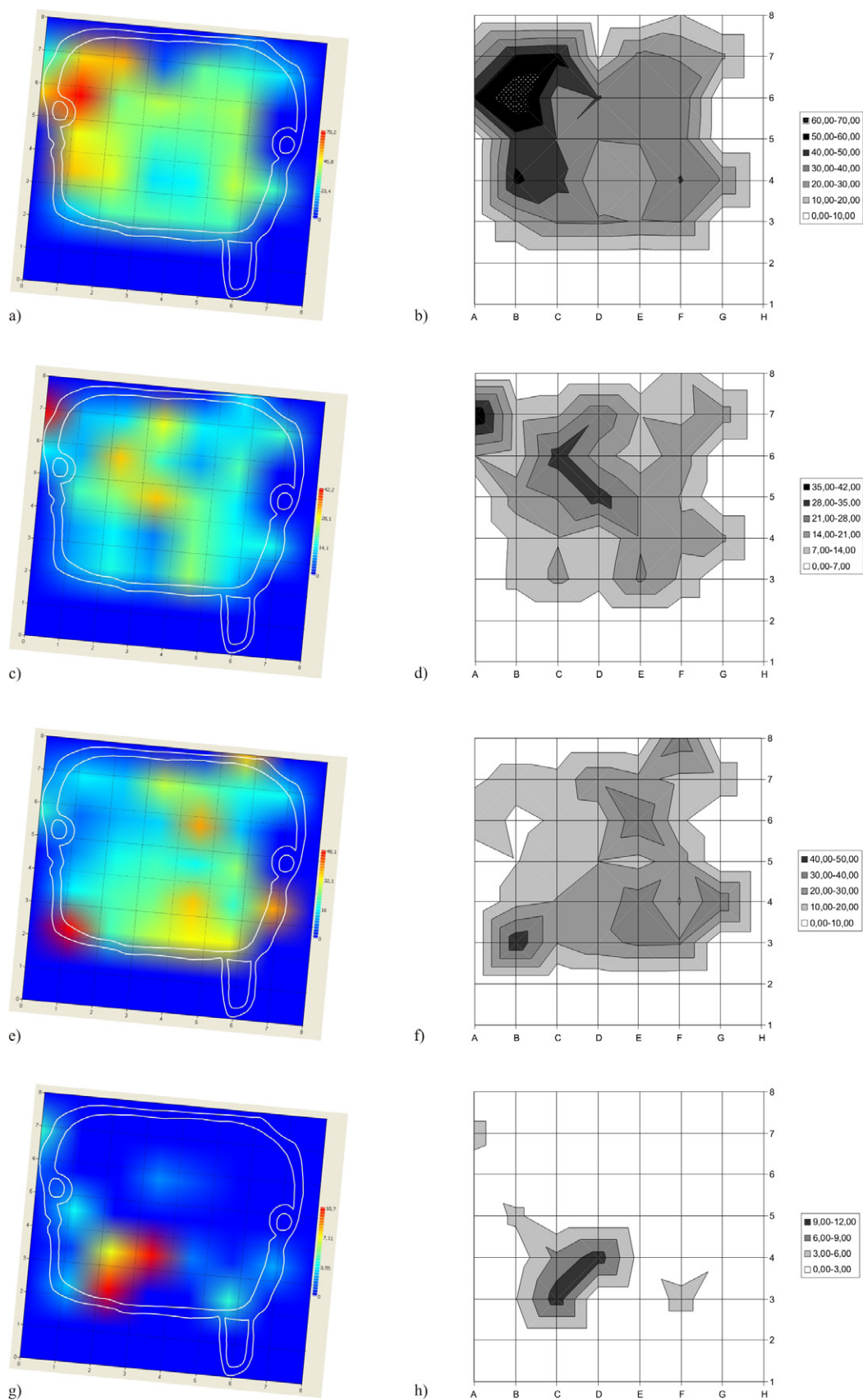
elongate dendritic LC (vö. 6. ábra) koncentráció egyértelműen a szemterméseket körülölelő toklászok, illetve pelyvalevelek indikátorai.

A 129/4645-ös épületobjektum vizsgálata során lehetőség nyílt arra, hogy az egyes vizsgálati paraméterek horizontális eloszlásmintázatát összehasonlítsuk, illetve matematikai eszközökkel is összefüggéseket keressünk a paraméterek megjelenése között. Ebben a tekintetben átfedést ad az összes foszfortartalom és az összes szerves széntartalom maximuma a gabonatisztítási hulladékot jelölő fitolit morfortípusok maximumával. Ha ennek a két indikátortípusnak a fedvényeit és jelentéstartalmát vesszük figyelembe, akkor logikusnak tűnik, hogy az objektum északi-északnyugati részén gabonatisztításból származó – esetleg trágyával kevert – növényi hulladék került felhalmozásra vagy deponálásra. A fent említettekkel jó összefüggést ad a gabonaszemek eloszlásmintázata, amely a feltételezett hulladékanyagtól elkülönítve – az objektum déli-délnyugati oldalán mutat felhalmozódási gócot. Ha figyelembe vesszük, hogy a takarmányozásra is alkalmas árpa mellett a 129/4645-ös római kori bennszülött objektum esetében a takarmányként hasznosítható lencsén és takarmánybükkönyön kívül a legelőkön is előforduló komlós lucerna magját is megtaláltuk, akkor elképzelhető, hogy az objektum valamilyen akol- vagy istállófunkciót is betölthetett. Ugyanakkor fontos kiemelni, hogy a 129/4645-ös esetében a régészeti talajtani indikátorok, valamint a makro- és mikro-archaeobotanikai indikátorok sajátos eloszlásmintázata alapján különbségek mutatkoznak a belső térhasználat tekintetében. Ezek akár az életmódhoz kapcsolódó tevékenységről, akár hulladékártaláról – illetve másodlagos nyersanyag-raktározásáról –, akár az objektum többszörös, időben átfedő funkcionalitásáról is árulkodhatnak.

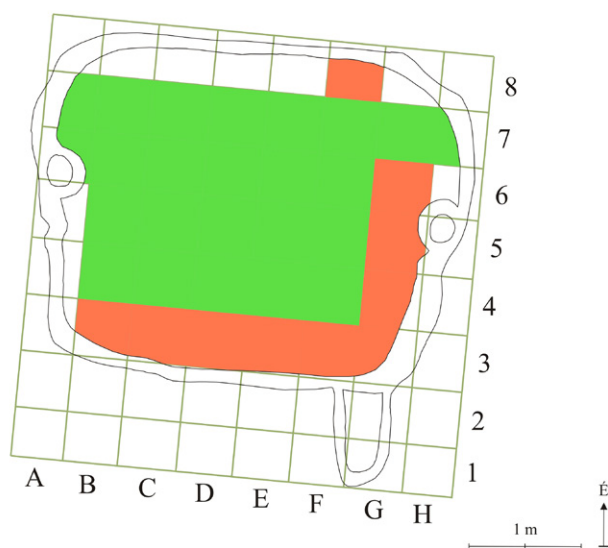
A 129/4645-ös objektum adatainak végzett főkomponens-elemzés grafikus eredménye alapján az épület belső tere két egymástól elkülönülő tulajdonságokból összeálló területre osztható (14. ábra). Véleményünk szerint a két csoport (zöld és narancssárga), azaz a két mintakvadrát-csoport két egymástól elkülönülő

mennyiségben, egy-egy maradvánnyal képviseltették magukat. Mindez részben azt is alátámasztja, hogy a római korra a növénytermesztés változásokon esett át, előtérbe kerültek a csupasz búzák (kenyérbúza, törpebúza) és visszaszorultak az ősbibb pelyvás fajok. Ugyanakkor a köles nem tipikusan római, hanem római kori barbár növénytermesztési szokásokra utal, amelynek gyökeireit a vaskorban kell keresnünk.

A fitolitvizsgálat során fény derült arra, hogy a 129/4645-ös objektum anyagában – a természetes környezeti viszonyoktól jelentősen eltérő módon – nagy mennyiségben található meg a gabonákat jelölő növényi opálszemcsék (13. ábra). Magas koncentrációjuk egyértelműen a gabonák helyben való tárolására, felhalmozására és/vagy kezelésére utalhat. Mennyiségi szempontból a fitolitvizsgálati adatok összecsengtek a makro-archaeobotanikai elemzés során találtakkal, ugyanakkor minőségi szempontból fontos különbség mutatkozott. Míg a gabona növénycsoportban csupán 1 db villa árulkodik a gabonák csépléséből származó gabonatisztítási hulladékról, addig a nagyarányú



13. ábra: A 129/4645-ös épületobjektum belső terében végzett fitolitelemzés során nyert adatok eloszlásfedvényei; a és b: rondel SC; c és d: elongate dendritic LC; e és f: elongate smooth psilate LC; g és h: bulliformok. Az a/b és c/d fedvények a gabonák tisztítási hulladékából a fellevelek, azaz a pelyva és toklász indikátorai, míg az e/f és g/h fedvények a gabonák szárának és levelének indikátorai



14. ábra: A 129/4645-ös épületobjektum belső terében végzett komplex térhasználat-elemzéssel nyert régészeti talajtani és régészeti növényntani paraméterek felhasználásával készített statisztikai elemzés (PCA) vizuális kiértékelése, illetve az eredmények rávetítése a vizsgált épület alaprajzára (Pető et al. 2015 alapján)

aktivitású térrészt jelenít meg (vö.: *activity area*). A narancsszínű térrész, amely az objektum déli, illetve nyugati határa (fala?) mellett fut végig, alacsonyabb igénybevételnek volt kitéve. Másképpen fogalmazva: az objektum ezen területén nem valósult meg olyan intenzitású térhasználat, amely a vizsgált indikátorok (itt: P_{total} , TOC%, gabonák) feldúsulásához vezetett volna. Ezzel ellentétben az objektum belső területén, a zölddel jelölt kvadrátokban a vizsgált indikátorok együttes hatása közel azonos mértékű és milyenségű emberi hatást feltételez.

A főkomponens-elemzés segítségével a legmeghatározóbb indikátorok együttes hatása által kirajzolt belső térhasználat mintázatát vázoltuk fel, amelynek alapján elmélyíthető az objektum lehetséges használati módjának régészeti értelmezése.

AJÁNLOTT IRODALOM

HOLLIDAY, V.T. – LAWRENCE-ZUNIGA, D. – BUCHLI, V.

Prologue to uses of chemical residues to make statements about human activity. *Journal of Archaeological Method and Theory* 17 (2010), 175–182.

GRABOWSKI, R. – LINDERHOLM, J.

Functional interpretation of Iron Age longhouses at Gedved Vest, East Jutland, Denmark: multiproxy analysis of house functionality as a way of evaluating carbonised botanical assemblages. *Archaeological and Anthropological Sciences* 6(4) (2014), 329–343.

KENT, S.

Analyzing activity areas, an ethnoarchaeological study of the use of space. University of New Mexico Press, Albuquerque, 1984.

KENT, S.

Understanding the use of space: an ethnoarchaeological approach. In: Kent S (ed.) *Method and theory for activity area research, an ethnoarchaeological approach*. Columbia University Press, New York, 1987.

KALLA, G.

A háztartások régészete mint kutatási probléma (The Archaeology of Households as a Research Problem). *Ősrégészeti Levelek* 13 (2011), 9–36. (ΜΩΜΟΣ VII. – Őskoros Kutatók VII. Összejövedele, Százhalombatta, Matrica Múzeum, 2011. március 16–18. – Tanulmánygyűjtemény)

KNUDSON, K. J. – FRINK, L.

Soil chemical signatures of a historic sod house: activity area analysis of an arctic semi- subterranean structure on Nelson Island, Alaska. *Archaeological and Anthropological Sciences* 2 (2010), 265–282.

SZERZŐKTŐL A TÉMÁBAN MEGJELENT IRODALMAK

PETŐ, Á. – KENÉZ, Á. – CSABAINÉ PRUNNER, A – LISZTES-SZABÓ, ZS

Activity area analysis of a Roman period semi-subterranean building by means of integrated archaeobotanical and geoarchaeological data. *Vegetation History and Archaeobotany* 24(1) (2015), 101-120.

Pető, Á. – Gyulai, F – Pópity, D. – Kenéz, Á.

Macro- and microarchaeobotanical study of a vessel content from a Late Neolithic structured deposition from southeastern Hungary. *Journal of Archaeological Science* 40 (2013), 58–71.

PETŐ, Á. – KENÉZ, Á. – BAKLANOV SZ. – ILON, G. – FÜLEKY, GY.

Talajtani paraméterek alkalmazása régészeti térhasználat elemzésben. Módszertani esettanulmány Győr–Ménfőcsanak-Szélesföldek lelőhelyről [Prospects of applying soil parameters in archaeological activity area analysis. A methodological case study from Győr–Ménfőcsanak-Szélesföldek archaeological site, in Hungarian]. *Agrokémia és Talajtan [Agrochem Soil Sci]* 61 (2012), 57–76.

PETŐ, Á. – KENÉZ, Á. – BAKLANOV SZ. – ILON, G.

Integrált archaeobotanikai vizsgálatokra alapozott objektumon belüli térhasználat-elemzés: Módszertani esettanulmány Győr–Ménfőcsanak-Szélesföldek lelőhelyről [Spatial analysis of the use of inner space based on integrated archaeobotanical analyses: a methodological case study from Győr–Ménfőcsanak-Szélesföldek archaeological site, in Hungarian]. *Archeometriai Műhely [Archeom Workshop]* 9 (2012), 173–203.

HERENDI, O. – PETŐ, Á.

Avar kori településnyom Hódmezővásárhely-Kopáncs I., Olasz-tanya lelőhelyen (Csongrád megye): egy félig földbe mélyített épületobjektum régészeti és természettudományos értékelése (Avar Period Settlement Traces at the Hódmezővásárhely-Kopáncs I., Olasz-tanya Site (Csongrád County)). In: Türk, Attila – Balogh, Csilla et al. (eds.): *Hadak útján. A népvándorláskor fiatal kutatóinak XXIV. összejevetelének konferenciakötete (Assembly of Young Scholars on the Migration Period XXIV)*, (Budapest-Esztergom, 2015) (in press).