

LOKÁLIS TALAJVÁLTOZATOK A VERŐCEI TÉGLAGYÁR KÖRNYEZETÉBEN – A PÉCSI-FÉLE LŐSZRÉTEGTAN NYITOTT KÉRDÉSEI

**BRADÁK BALÁZS–KISS KLAUDIA–BARTA GABRIELLA
–VARGA GYÖRGY–SZEBERÉNYI JÓZSEF
–NOVOTHNY ÁGNES–SZALAI ZOLTÁN–MÉSZÁROS ERZSÉBET
–MARKÓ ANDRÁS**

**LOCAL VARIANTS OF PALEOSOLS IN THE BRICK-YARD OF VERŐCE
– QUESTIONS OF PÉCSI'S LOESS-STRATIGRAPHY**

Abstract

One of the most outstanding parts of Márton Pécsi's scientific achievement is related to the investigation of loess-paleosol series. With the detailed stratigraphic partitioning of the most important sequences and complex characterization of certain units, he initiated the lithostratigraphic subdivision of Plio-Pleistocene terrestrial deposits in Hungary. Paleosols, intercalating the loess sediments are important segments of this lithostratigraphic subdivision, as they serve as marker horizons.

Based on their soil-genetic levels, paleosols have been set against recent soils; this comparison was the ground of paleoenvironmental reconstructions. However, different paleogeomorphological position and its various processes can lead to the formation of different soil-types. At the boundary of distinct facieses, beside the general effects of climatic forcing of climate-cycles, the smaller amplitude variations within the given cycle could play important role in soil-formation (e.g. sediment-accretion, redeposition, pedogenic overprinting). These processes can well be traced in the sections of the abandoned brick-yard at Verőce.

Keywords: loess, paleosol, paleoenvironment

Bevezetés

PÉCSI MÁRTON sokoldalú munkásságának egyik legkiemelkedőbb részét képezik a lösz-paleotalaj sorozatokhoz kapcsolódó kutatások. Vizsgálatai során mára típusszelvényekké váló rétegsorok részletes rétegtani felosztásával, az egyes egységek összetett jellemzésével az MTA X. osztálya Földtani Bizottságának Rétegtani Albizottsága által használatos litosztratigráfiai tagolás alapjait teremtette meg (PÉCSI, M. 1975; PÉCSI, M. 1985; PÉCSI, M. 1995). A rétegtani besorolás fontos részét képezik a löszkötegeket tagoló, rétegtani vezetőszintként szolgáló paleotalaj horizontok.

A paleotalajokat, beazonosított talajgenetikai szintjeik alapján, leggyakrabban recens talajokhoz hasonlították, ez képezte egyben az őskörnyezet rekonstrukciók kiindulási pontját is (PÉCSI M. et al. 1977). Azonban lokális szinten különböző talajváltozatok kialakulását eredményezheti az eltérő paleogeomorfológiai helyzet, különböző felszínalakító folyamatok. A különböző fáciesek határán fekvő területeken, a klímaciklusokhoz kapcsolható éghajlatváltozások általánosan működő hatása mellett a talajképződés során jelentős szerep jut az adott klímacikluson belül megjelenő hatásoknak (pl. geomorfológiai folyamatok során bekövetkező üledékhozzáadódás, áthalmazódás és újratalajosodás). Ezeknek a folyamatoknak a hatása jól nyomon követhető a verőcei elhagyott téglagyár területén kialakított szelvényekben leírt talajváltozatok esetén.

Szelvények elhelyezkedése, leírása, terepi megfigyelések

A verőcei téglagyár területen, a fő bányaudvar „lépcsőin” és a kisebb udvarokban sikerült több, összetett geomorfológiai helyzetben kialakult szelvényt kialakítani (*1. ábra*). Az alábbiakban a bemutatott szelvények közül a P4 paleotalaj-változatokra vonatkozó leírásokat közöljük részletesen.

A *D feltáráson* belül a P4 talaj a D3 és D2 szelvényekben jelenik meg. A D2 szelvényben a talaj az elvétve karbonátkonkréciókkal és meszesedett gyökérsejtekkkel illetve felület alatti bevonatokkal jellemezhető sárga, homogén löszös rétegből (L5) fejlődik ki. A löszréteg felső szakaszában megnő a karbonátkonkréciók száma (L5-P4) és közvetlenül a fedő paleotalaj réteg legalsó átmeneti szintje alatt, a mikroméretű karbonát kiválások száma (P4, D3-2).

A D2 feltárást, egy paleodepresszió kitöltéseként, erőteljes kifejlődésű P4 paleotalaj uralja (D2, P4). A paleotalaj legalsó, átmeneti szakaszát vörös (D2-8), majd egy újabb átmeneti szinttel (D2-7) csatlakozó barna (D2-6,5) és legfelső talajgenetikai szintként egy fekete szint (D2-4) követi. A barna szintet egy alsó, vörös anyagkitöltésű biogalériákban gazdag és egy fedő agyaghártyás, poliéderes-nagy szemcsés talajszerkezetű, kvarctörédekeket tartalmazó alszint alkotja. Erre a barna színű szintre települ egy markáns, gyökérjáratokat kitöltő karbonátokat tartalmazó, szemcsés talajszerkezetű fekete talajszint.

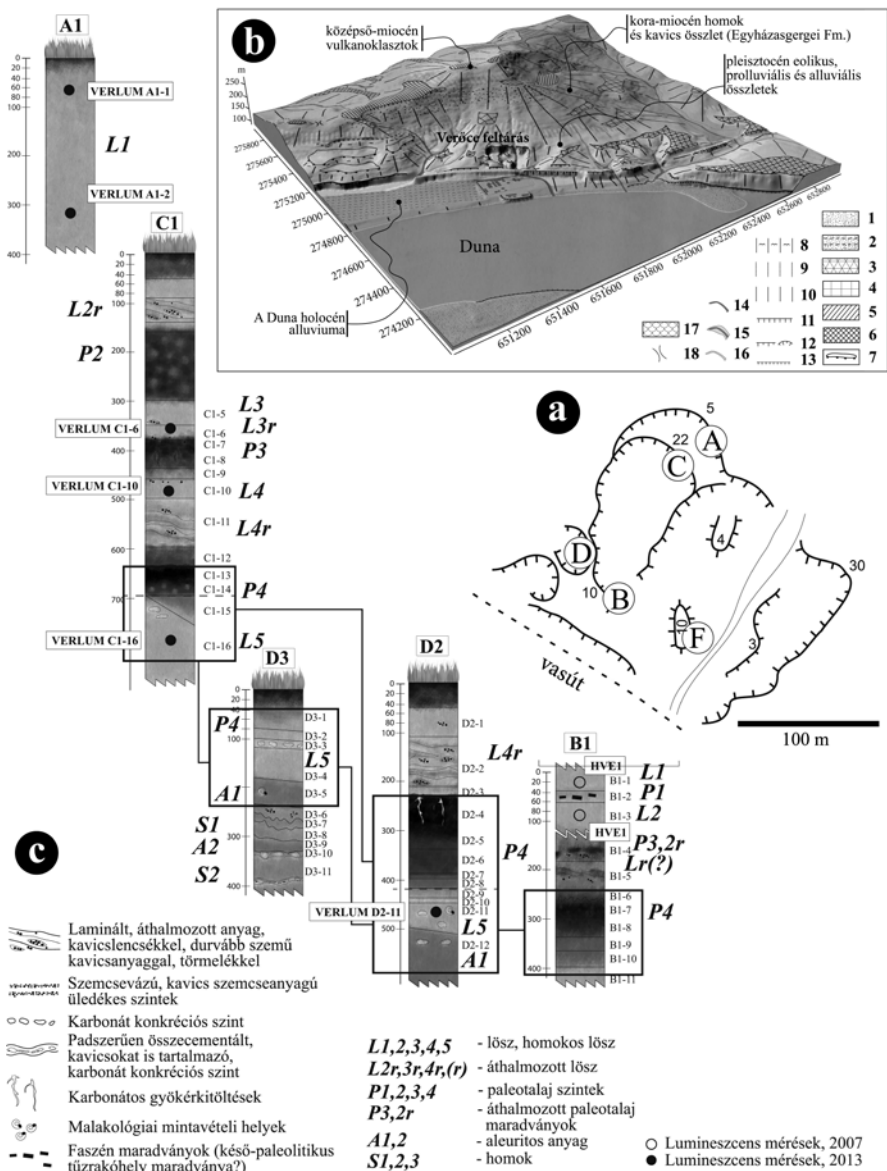
A *C1 szelvény* legalsó rétegét alkotó L5 löszben (C1-16) kialakult mélyedés kezdő szakaszát azonosítottuk, melyben a fedő P4 paleotalaj átmeneti szintje jelent meg (C1-15 és C1-15b). Az átmeneti szintre folyamatosan települ egy vörösesbarna gyökérjáratokkal tarkított (C1-14) és egy fekete paleotalaj szint (C1-13). Maga a C feltáráshoz azonosított P4 paleotalaj réteg azonban, a D feltáráshoz leírt két méteres kifejlődéshez képest is alig haladja meg az 1 métert és a fekete és a barna szint vastagsága is mindössze 60 cm!

A *B1 szelvényt*, követve a régészeti irodalom leírásait (GÁBORI, M. – GÁBORI, V. 1957), a tűzrakó helyként azonosított faszenes rétegeknél alakítottuk ki. A szelvény alsó szakaszában szintén megjelent a P4 paleotalaj horizont. A szelvény fekvését az L5 löszréteg alkotta (B1-11), melyen vörösesbarna átmeneti szakasszal (B1-10) egy paleotalaj horizont (P4) fejlődött ki (B1-10, 9, 8,7, 6). A paleotalaj 4 genetikai szintre tagolható: az alsó átmeneti (B1-10), az azt követő barnászvörös, kevés biogalériát tartalmazó (B1-9), a sötétbarna színű (B1-8) és a záró, legfelső, fekete színű (B1-7) talajszintre. A paleotalaj horizont a terepi megfigyelések alapján a D és C feltárások alsó P4 talajszintjével párhuzamosítható. A fekete szint átmenetes szakasszal (B1-6) kapcsolódik a fedő, szürkésbarna, helyenként finoman rétegzett, kavicszinórokat tartalmazó réteghez (B1-5) (*1. ábra*).

Terepi mintavétel és a kutatási módszerek rövid ismertetése

A felvett szelvényekből rétegtani egységeként begyűjtött lösz, paleotalaj és egyéb löszszerű üledékminták *szemcseméret vizsgálatait* a Pécsi Tudományegyetem Földrajzi Intézetében Fritsch Analysette 22 Compact lézeres szemcseanalizátorral végeztük el. A lézeres diffrakció elvén működő szemcseelemzéshez szükséges előkészítést KONERT, M. – VANDENBERGHE, J. (1997) alapján végeztük el, melyet a nemzetközi gyakorlatban is gyakran alkalmaznak, így a más szerzők eredményeivel való összehasonlítás is megbízhatóbb.

A *szerves anyag tartalom* (TOC, teljes szerves széntartalom) mennyiségi meghatározását non-diszperzív infravörös (NDIR) spektroszkópiával végeztük Tekmar Apollo 9000 TOC analizátorral, 800°C-on.



1. ábra (a) A verőcei bánya alaprajza a szelvényekkel; (b) A terület digitális domborzatmodellje, fő geológiai és geomorfológiai képződményei: 1 – alacsonyártér (103-104 tszfm), 2 – magasártér (105-106 tszfm), 3 – hegylábi előtéri felszín (140-150 tszfm), 4 – hegyláb felszín 160-180 tszfm magasságban, 5 – magas helyzetű felszín (210 tszfm felett), 6 – tetőfelszín, 7 – csuszamlások, 8 – csuszamlásra hajlamos lejtő, 9 – kis lejtésű normál lejtő (dőlés 2,5-5°), 10 – normál lejtő (dőlés 5° <), 11 – meredek lejtő, természetes bevágás, 12 – mesterséges bevágás, bányafal, 13 – csuszamlás szakadási felület, 14 – eróziós völgy, 15 – eróziós-deráziós völgy, 16 – eróziós vízmosás, 17 – völgyközi hát, 18 – nyereg; (c) A vizsgált szelvények részletes rétegtani felépítése.

Figure 1 (a) The map of the abandoned brickyard; (b) The digital elevation model and geomorphology of the area: 1 – lower alluvial plain (103-104 m a.s.l.), 2 – higher alluvial plain (105-106 m a.s.l.), 3, 4, 5 – pediments in different levels 140-150 m a.s.l., 160-180 m a.s.l. and above 210 m a.s.l., 6 – top, 7 – landslides, 8 – slope with the possibility of mass movements, 9 – slope (2,5-5°), 10 – slope (5° <), 11 – natural outcrop, 12 – artificial outcrop, brickyard wall, 13 – wall of landslides, 14 – erosional valley, 15 – valley with erosion and derasion, 16 – erosional gully, 17 – interfluvial, 18 – col; (c) The detailed description of the investigated profiles.

A *spektrofotometriás vizsgálatokat* Shimadzu UV-3600 spektrofotométeren 240-2400 nm hullámhossz-tartományban, 1,0 nm-es felbontással végeztük, LISR-3100 integráló gömb feltétellel, diffúz reflektancia módban. Standardként BaSO₄ port használtunk, amelynek reflektanciája a teljes hullámhossz-tartományban 100%. A reflektancia görbék előfeldolgozásához Shimadzu UVProbe 2.42 szoftvert használtunk.

A *termogravimetriás méréseket* Derivatograph-Q 1500-D típusú műszerrel, 20-1000°C tartományban végeztük. A mérési eredmények feldolgozásához MOM Winder 6.0 szoftvert használtunk. A hőmérséklet-növekedés hatására bekövetkező tömegcsökkenés a termogravimetriás (TG) görbe és első deriváltja alapján számítható (FÖLDVÁRI, M. 2011). A DTA (differenciál termikus analízis) görbén észlelhető exoterm és endoterm csúcsok a minta fizikai és kémiai tulajdonságaiban különböző hőmérsékleteken bekövetkező változásokra utalnak.

Másodlagos karbonátok vizsgálatához összesen 117 teljes minta került kivételre (100-120 g) 10 cm-es függőleges felbontással a B, C és D2 profilokból. Nedves szitálás (500 µm) után minták szeparálása binokuláris mikroszkóp alatt történt.

A terepi leírásokat a *Harden-teszt* szempontrendszer alapján bővítettük ki (HARDEN, J. 1982), mely lehetőséget adhat az egyes terepen megfigyelhető jellegzetességek félkvantitatív feldolgozására. A számszerűsített, normalizált értékekből képzett „*horizont-index*” az egyes talajgenetikai szintek összehasonlítását-párhuzamosítását segítik, az egész talajra vonatkozó „*fejlettség-index*” pedig a talajképződés korára adhat becslést.

A *mikromorfológiai vizsgálatokhoz* irányított mintavételezés történt a völgykitöltésként megjelenő P4 paleotalaj horizont egyes talajszintjeiből. A mintákból kialakított 6×9 cm méretű csiszolatok elemzése adta az eredményeket.

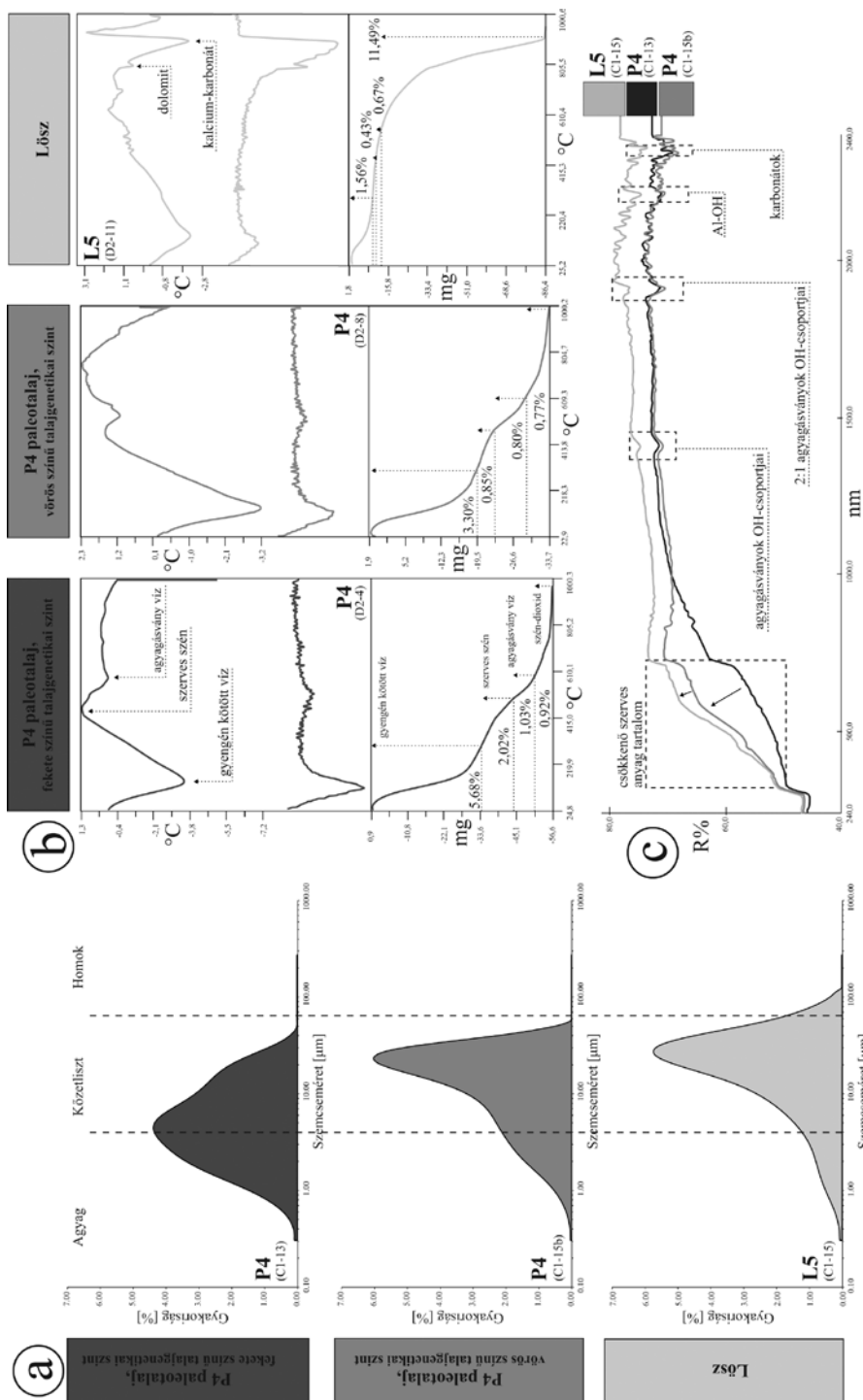
Eredmények összegzése

A *szemcseeloszlás mérések* során kapott eloszlásgörbék döntő többsége nagyfokú hasonlóságot mutatott. A minták szemcséinek nagy része közetliszt- és agyagfrakciójú volt, esetenként kismennyiségű finomhomokkal kiegészítve. Az eloszlásgörbék többségére az egyértelmű jobboldali (durvább szemcsék irányába hajló) aszimmetria, az egymódusú (esetenként másodlagos „finomszemcsés hát” megjelenésével rejtett bimodalitású) lefutás, valamint leptokurtikus csúcsosság volt jellemző. Egyes esetekben nagyobb fokú változottság volt megfigyelhető, két-, illetve hárommaximumú eloszlásgörbéket, mezokurtikus csúcsosságokat, valamint negatívba áthajló aszimmetriát lehetett felismerni. Jellemzően a „B” szelvényből származó minták esetében okozott további gondot a döntően finom közetliszt- és agyagfrakciójú szemcsékből összeállt homok méretű aggregátumok megjelenése, melyeket a hosszabb ideig tartó ultrahangos kezeléssel sem lehetett diszpergálni (2. ábra).

A P4 paleotalaj különböző horizontjainak meglétét a *szerves anyag tartalom eredmények* is alátámasztották. A felső, jól fejlett fekete talajszintek (C1-13, D2-4, B1-7) szerves anyag tartalma (0,50-0,84 TOC%) minden rétegsorban legalább kétszerese, ill. háromszorosa volt az alattuk fekvő barna (0,20-0,25%) ill. vöröses színű (0,08-0,19%) horizontoknak. Összehasonlításuképpen, a fekü löszrétegek 0,06-0,10 TOC% szerves anyagot tartalmaztak.

Az egymással párhuzamosítható fekete, barna, vörös paleotalaj szintek szerves anyag tartalma a vizsgált rétegsorokban (B1, C1, D2, D3) eltérő volt, ami alátámasztja, hogy a verőcei téglagyárban a P4 paleotalaj eltérő paleogeomorfológiai helyzetekben létrejött, különböző változataival találkoztunk. A legfejlettebb változat az összes paleotalaj szint szerves anyag mennyisége alapján a D2 szelvény több mint 200 cm vastagságú paleotalaja.

Általánosságban megállapítható, hogy a P4 paleotalaj-szelvényen belül felülről lefelé haladva a *reflektancia spektrumok* intenzitás-értékei nőttek. A fekete horizont esetében a



2. ábra Jellegetes üledékek és a P4 paleotalaj genetikai színjeinek (a) szemcseeloszlás vizsgálata; (b) termogravimetriás és (c) spektrofotometriás méréseinek eredményei
 Figure 2 Results of (a) grain-size; (b) thermogravimetric and (c) spectrophotometric measurements of typical sediments and P4 paleosol horizons

magasabb szerves anyag tartalom (DEMATTE, J.M. et al 2004) és az ebből adódó magasabb nedvességtartalom miatt az intenzitásértékek alacsonyabbnak adódtak, mint a löszök és a vörös paleotalaj szint esetében (2. ábra).

A DTA görbéken 150-160°C között látható endoterm csúcs a szerves anyagok és agyag-ásványok gyengén kötött vizét mutatta. A nagyobb mennyiségű szerves anyag tartalom és annak víztartalma miatt a paleotalajok tömegvesztései 200-600 °C között nagyobbak (0,75-2,02%), TG és DTA görbéi meredekebbek voltak a löszös üledékekénél.

A paleotalajokban és a lösz üledékekben egyaránt 500-600 °C között markáns endoterm agyagásvány csúcs látszott. Egyes löszös, lösz-aleuritos mintákban a 220°C környékén jelentkező másodlagos csúcs szmektit típusú és/vagy kevert szerkezetű agyagásványok jelenlétére utalt.

A legtöbb löszminta esetén a 700-1000 °C tartományban két éles endoterm csúcsot láttunk, ami a CaCO₃ mellett nagyobb mennyiségű dolomit CaMg(CO₃)₂ jelenlétére utalt (CO₂-ban kifejezve 6-7% körüli). A paleotalaj szintek TG görbéi pedig alacsony (0,6-1,0 CO₂%) karbonát tartalmat mutattak (2. ábra).

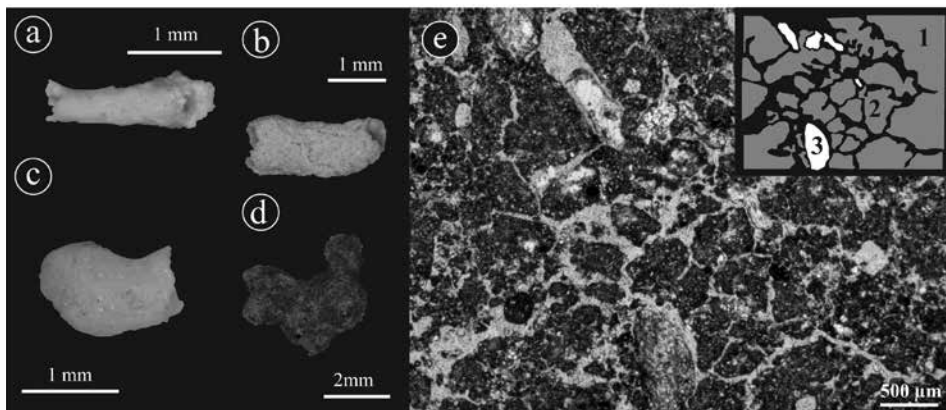
A különböző másodlagos karbonáttípusok megjelenését a verőcei feltárásban az 1. táblázat jelöli. A következő altípusok különíthetők el: felület alatti bevonatok (HC); mesze-

1. táblázat – Table 1

A másodlagos karbonátok eloszlása a vizsgált mintákban
Distribution of secondary carbonates in the investigated samples

		HC	CRC	EBS	NFC	CC	Konk-ráció
D2-4	P4	nagy mennyiségben	1 db	Ø	Ø	főtípus	Ø
D2-5		nagy mennyiségben, 340 cm-ig	normál + oldódásos; 3 db	Ø	HC belső csatornájában	főtípus	Ø
D2-6		Ø	Ø	Ø	Ø	főtípus	Ø
D2-7		Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
D2-8		Ø	Ø	Ø	Ø	főtípus	Ø
D2-9		HC+CC	Ø	Ø	Ø	főtípus	Ø
D2-10	L5	HC+CC	Ø	1 db	Ø	Ø	10 db
D2-11		HC+CC	28 db	125 db	HC belső csatornájában	főtípus + kipreparálódott kal-citesövek	Ø
D2-12	A1	HC	7 db	128 db	Ø	Ø	5 db
C1-12	átmenet	üledékes és talajos HC nagy mennyiségben	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
C1-13	P4	HC	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
C1-14		HC	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
C1-16	L5	üledékes és talajos HC	149 db (ebből 44 db ép)	125 db	Ø	Ø	4 db
B1-6	átmenet	HC	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
B1-7	P4	HC: 225-245 cm között	Ø	Ø	Ø	főtípus	Ø
B1-8		Ø	Ø	Ø	Ø	főtípus	Ø
B1-9		HC: 295-305 cm között	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
B1-10		HC: 325-355 cm között	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø

sedett gyökérsejtek (CRC); földigilisztá bioszferoidok (EBS); tűs-rostos kalcit (NFC); felületi bevonatok (CC); HC+CC kombinált forma; mészkonkréciók. Bővebb leírás található róluk BARTA G. (2011a, 2011b, megjelenés alatt) munkáiban. Az egyes típusok ismeretében különböző ökoszisztémái információkat szűrhetünk le. CRC és HC nagy mennyiségű jelenléte a porfelhalmozódás mértékének csökkenését (esetleg egy beálló szünetet) és stabilabb környezetet jelez, a nagy mennyiségű EBS is az egykori környezet stabilitásával függ össze (BECZE-DEÁK, J. et al. 1997) (3. ábra).



3. ábra A vizsgált üledékekben és talajgenetikai szintekben előforduló másodlagos karbonátok jellegzetes típusai: (a) CRC: megnyúlt és szögletes kalcitkristályok csőformában összekapcsolódva, (b) HC: sűrű mikrites szövedék, üledékes megjelenéssel, (c) EBS: lekerekített kalcitkristály aggregátumok, (d) HC: talajos megjelenéssel; (e) illetve a P4 (D-szelvény) fekete szintjének mikromorfológiai sajátosságai: 1-mátrix vázú szövetrész, 2-aggregátumok, 3-durva szemcseméretű vázrész

Figure 3 HC: dense micritic growth with a) sedimentary and b) pedogenic appearance; c) CRC: elongated and angular calcite crystals fusing into a tube; d) EBS: rounded calcite crystal aggregates; e) the micromorphological feature of the black pedological horizon of P4 soil (D-section): 1-matrix fabric, 2-aggregates, 3-coarser grained material

A táblázatból hiányzó makroforma, a mészerek jelenléte a P4 paleotalaj D2-4 egységének felső egy méterére volt jellemző.

A Harden-teszt során részletes terepi vizsgálatokkal olyan talajtani bélyegeket határoztunk meg, amelyek különböző, a talaj fejlődésével, fejlettségével kapcsolatos információt hordozhatnak (HARDEN, J. 1982). HARDEN, J. (1982) egy alluvialis kronoszekvencia azonos geomorfológiai környezetében kifejlődő talajait vizsgálta, amellyel szemben a verőcei szelvényekben megjelenő P4 szintek más és más ökoszisztémái rendszerben fejlődtek, így lehetőséget adtak a Harden-teszt korlátainak és előnyeinek a feltárására, adott területre alkalmazva.

A vizsgálat során a P4 három kifejlődésének horizont-indexét és talajfejlettségi-indexét vetettük össze. A P4 paleotalaj egyes szintjei nagyjából azonos horizont-indexekkel jellemezhetőek. Karbonátfelhalmozódási szint: 0,08 (C1-15 és D2-10 szintek, a B feltárás P4 talajában nem jelentkezett markáns karbonát-felhalmozódási szint). Vörös-vörösesbarna talajszint: 0,15 és 0,27 (B1-9, B1-10), 0,19 (C1-15b), illetve 0,17 és 0,23 (D2-7, D2-8). Sötétbarna-barna talajgenetikai szint: 0,32 (B1-8), 0,48 (C1-14), illetve 0,56 és 0,54 (D2-5 és D2-6). A legmagasabb horizont-index értékeket a fekete, felső talajszint adta: 0,53 (B1-7), 0,61 (C1-13) és 0,67 (D2-4). A nem egyértelmű talajgenetikai szintekkel rendelkező P3 és P2 paleotalajok változatos eredményeket adtak 0,07 és 0,31 horizont-index értékek között.

A fejlettségi-index szempontjából a legmagasabb értéket a paleovölgyben kifejlődött P4 talaj adta (112,9), ezt követik a B és C feltárásban leírt P4 paleotalajok (50,93 és 52,06).

A mikromorfológiai vizsgálatok során a P4 talajhorizontok közül a legvastagabb, a paleovölgyet kitöltő talaj markáns talajszintjeit STOOPS, G. et. al. (2010) alapján:

A P4 legfelső, fekete színű szintjének szövete mérsékeltan osztályozott, melyet döntően agyagos, kőzetlisztes anyag alkotott. A szövetben elszórta durvább, kavics szemcseméretű alkotórész is keveredett, egy részük helyben széttöredezett. A közepesen görgetett és lekerekített szemcsék jól elhatárolhatóak a sötétbarna-barnászvörös anyagú, finomszemcséjű mátrix anyagtól és egymástól.

A részlegesen kialakuló aggregátumok, nem teljesen létrejövő ped-struktúra alapján töréses, illetve szubanguláris szerkezet jellemző a szövetre. A durva és finomszemű alkotórészek aránya alapján pedig (C/F eloszlás) „nyílt porfiros” szövetet jellemezhető az egység (3. ábra).

A P4 fekete szintje jelentős mennyiségű, különböző megjelenésű szerves anyagot tartalmazott: szemcsék között, amorf, finomszemű; illetve pedeket határoló törések falán.

A P4 barna horizontja közepesen osztályozott, döntően finomszemű mátrixból, illetve homokos és kőzetlisztes elegyrészekből állt. A nem irányított, közepesen lekerekített szemcsék közti mátrixot sötétbarna, illetve szürke, szürkésbarna finom szemű anyag töltötte ki. A szemcsék között nagy gyakorisággal előforduló kvarc ásványok felülete számos esetben „mart”, illetve „gödörös” volt. A szövet részlegesen összeálló aggregátumokat tartalmaz, gyengén talajos szerkezetű. A mikroszerkezet tömeges, repedezett jellegű, a durva- és finomszemű anyagok aránya „nyílt porfiros” szövetet mutatott.

A barna szintben is jelentős volt a szerves anyag megjelenése pl.: monomorf, amorf finom szerves anyag, impregnációk, szemcsék körüli szerves anyag.

A vörös horizont anyaga is mérsékeltan osztályozott volt. A közepesen görgetett és lekerekített szemcsék jól elhatárolhatóak a mátrix anyagtól és egymástól. A finom szemcsés anyag barna, illetve szürke árnyalatú, a durvább szemű elegyrészek döntően számos esetben gödörös felületű kvarc, illetve biotit, muszkovit voltak.

Helyenként gyenge talajfejlődési bélyegek, „szimpla térközü”, illetve „zárt porfiros/„gefuric” C/F eloszlás és „szemcsék közti mikroaggregátumokkal” jellemzett mikroszövet volt megfigyelhető.

A szerves anyag előfordulási formái közül, jóval szerényebb mennyiségben, mint a barna, illetve a fekete szintben, leginkább a szemcsék körüli, illetve szemcsék között híd-ként megjelenő formák voltak jellemzőek.

A P4 paleotalaj változatainak kialakulási körülményei

A terepi rétegtani megfigyelések által azonosnak tartott, bár más-más kifejlődésű P4 szintek a különböző vizsgálatok alapján is azonosnak bizonyultak, illetve különbségeik mibenléte is világosabbá vált. A P4 talajváltozatok jellegzetességei az alábbi módon foglalhatóak össze:

A granulometriai vizsgálatok alapján megállapítható, hogy az eloszlás görbék karaktere hasonló származására utal, jól elkülönítve őket más genetikájú, például folyóvízi, tavi vagy egyéb hidraulikus eredetű üledékektől. A közepes és durva kőzetliszt méretű móduszok, valamint az agyag és nagyon finom kőzetliszt méretű másodlagos maximum vagy „hát” megjelenése a hullóporos eredetű görbékre jellemző.

A terepi megfigyelések során löszként leírt üledékek, jelen esetben a P4 talajképző kőzete (pl. B1-11; C1-15; D2-10,11 megerősítést nyertek a mérések során. A szelvényekben a szemcseeloszlási adatok alapján jól párhuzamosítható volt az L5 lösz és a fedőjében található P4 paleotalaj. A P4 talaj alsó, vörös rétegei (B1-9,10; C1-15b; D2-8) egyértelműen jelzik (átlagos és modális szemcseméret csökkenése, agyagtartalom megnövekedése,

a görbe aszimmetriájának és csúcsságának mérséklődése), hogy a talaj a fekü löszből alakult ki, in-situ talajosodási folyamatok következtében. A P4 talaj felsőbb horizontjai esetében a talajgenetikai megítélést további folyamatok teszik bonyolulttá; feltehetően a lejtős tömegmozgások, a lemosódás során bekövetkező jelentős áthalmazódás, illetve újratalajosodás (?) jellemzi ezeket a szinteket. Különösen a P4 talaj legfelső, fekete sávjaiban (B1-7; C1-13; D2-4) figyelhető meg mindez, ahol az agyagfrakciójú szemcsék részaránya jelentősen megnő a fekihöz képest, míg a közepes és durva kőzetliszt méretű frakciók csaknem eltűnnek a mintákból.

A *másodlagos karbonátok* egyes típusai is alátámasztották a P4 paleotalaj változatainak kapcsolatát, illetve további információval szolgált az egyes változatok kialakulását illetően:

EBS a legnagyobb mennyiségben az L5 egységben fordult elő. Jelenléte és különösen a hasonlitos mennyiségi eloszlása is összeköti a D2-11 és C1-16 egységeket. Az *EBS* nagyszámú jelenléte stabil képződési körülményekkel hozható összefüggésbe az üledékképződés során (BECZE-DEÁK, J. et al. 1997). Ezekben az egységekben a *CRC* száma is igen magas, illetve *talajos HC* is találhatóak. A jelenségek összekapcsolva felvethetik a képződési környezet nagyfokú stabilitását, a porfelhalmazódás ütemének lassulását, illetve esetleg gyenge talajképződést.

HC bevonatok nagy mennyiségben jelennek meg a P4 talaj felső átmeneti zónájában (C1-12). E szerint a klímaváltozás során a talajképződési fázis után újból a porhullás vált dominánssá. A por leülepedése során azonban a talaj mikroökoszisztémája még mindig aktív maradt és igyekezett lépést tartani a porhullás mértékével – így talajképződési folyamatok még mindig zajlottak bizonyos mértékben (CATT, J.A. 1990; BECZE-DEÁK, J. et al. 1997).

A *Harden-teszt*, a horizont-index segítségével is jól összekapcsolhatóak voltak a P4 paleotalaj szintek. A *fejlettségi-index* segítségével a talaj fejlődésének a korát is megpróbálhatjuk becsülni. A korbecslés alapján a völgykitöltő P4 talaj 50-100 ka; a B és C feltárás P4 talaja 10 ka. A P4 paleotalajok 10 ka környéki fejlődési kora interglaciális periódust feltételezhet. A völgykitöltő P4 talaj hosszú fejlődési korának részben a Harden-féle fejlődési-index metodikai hibája lehet az oka, de nem zárható ki, hogy geomorfológiai helyzete miatt, maga a paleotalaj többszöri újratalajosodáson esett át az interglaciálist követő rövidebb talajképződési szakaszokon keresztül.

A *mikromorfológiai elemzések* szintén alátámasztották egy huzamosabb ideig tartó talajképződési ciklus, illetve a cikluson belüli esetleges áthalmazódási, illetve újratalajosodási időszakok meglétét. A D-2 szelvény talajának felső, fekete színű genetikai szintjében nagyobb, kavics szemcseméretű anyag is előfordul (felületi leöblítéssel a völgytalpba mosódó anyag), illetve a talajképződésre jellemző pedek, talajagregátumok is megfigyelhetők.

Összefoglalás

Mintaterületünkön, a verőcei fejtő rétegsorában, a paleomorfológiai helyzet és felszínalakító folyamatok hatására a vizsgált paleotalaj szint három változatban jelenik meg:

- (1) Hozzáadott üledékes anyaggal átkeveredő, „felhígult”, gyengén fejlett genetikai szintekkel rendelkező, felszínalakító folyamatok által bolygatott lejtőn fejlődő talajváltozat (B-1 szelv.)
- (2) Erózióknak kitett, de lokális tető helyzetben elhelyezkedő, vékony kifejlődésű (erodált?) talaj (C-1 szelv.);
- (3) Paleovölgyben kialakuló, extrém vastag kifejlődésű, felső szakaszában újratalajosodott paleotalaj (D-1 szelv.),

A vizsgálatok eredményei lehetőséget adnak a terület adott talajképződési (interglaciális/interstadiális) periódusában megjelenő lokális ökoszenveteti különbségeknek, illetve a területen működő felszínalakító folyamatok kapcsolatrendszereinek feltárására. A verőcei feltárás P4 paleotalaj variációinak vizsgálata az ökoszenveteti rekonstrukciók mellett a paleotalajok rétegtani besorolásakor jelentkező veszélyekre is felhívják a figyelmet.

Köszönetnyilvánítás

Varga György kutatásait az OTKA PD108708 számú projektje támogatta.

BRADÁK BALÁZS

MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest

bradak.balazs@csfk.mta.hu

KISS KLAUDIA

MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest

kiss.klaudia@csfk.mta.hu

BARTA GABRIELLA

ELTE TTK FFI Természetföldrajzi Tanszék, Budapest

gabriellabarta86@googlemail.com

VARGA GYÖRGY

MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest

varga.gyorgy@csfk.mta.hu

SZEBERÉNYI JÓZSEF

MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest

szeberenyi.jozsef@csfk.mta.hu

NOVOTHNY ÁGNES

ELTE TTK FFI Természetföldrajzi Tanszék, Budapest

agnes.novothny@gmail.com

SZALAI ZOLTÁN

MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest

szalai.zoltan@csfk.mta.hu

MÉSZÁROS ERZSÉBET

MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest

meszaros.erzsebet@csfk.mta.hu

MARKÓ ANDRÁS

Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest

marko.andras@hnm.hu

IRODALOM

BARTA, G. 2011a: Secondary carbonates in loess-paleosol sequences: a general review. – Central European Journal of Geosciences 3. pp. 129–146.

- BARTA, G. 2011b: The structure and origin of loess dolls – a case study from the loess-paleosol sequence of Süttő, Hungary. – *Journal of Environmental Geography* 4. pp. 1–10.
- BARTA, G. (in Press): Paleoenvironmental reconstruction based on the morphology and distribution of secondary carbonates of the loess-paleosol sequence at Süttő, Hungary. – *Quaternary International*, doi: 10.1016/j.quaint.2013.08.019
- BECZE-DEÁK, J. – LANGOHR, R. – VERRECCHIA, E. P. 1997: Small scale secondary CaCO₃ accumulations in selected sections of the European loess belt. Morphological forms and potential for paleoenvironmental reconstruction. – *Geoderma* 76. pp. 221–252.
- CATT, J.A. 1990: Paleopedology manual. – *Quaternary International* 6. pp. 1–95.
- DEMATTÉ, J. M. – CAMPOS, R.C. – ALVES, M.C. – FIORIO, P.R. – NANNI, M.R. 2004: Visible-NIR reflectance: a new approach on soil evaluation – *Geoderma* 121. pp. 95–112.
- FÖLDVÁRI, M. 2011: Handbook of thermogravimetric system of minerals and its use in geological practice. Occasional Papers of the Geological Institute of Hungary 213. Budapest, 180 p.
- GÁBORI, M. – GÁBORI, V. (1957): Études archéologiques et stratigraphiques dans les stations de loess paléolithiques de Hongrie. – *Acta Archaeologica Hungarica* 8. pp. 3–117.
- HARDEN, J. 1982: A quantitative index of soil development from field description: examples from a chronosequence in Central California. – *Geoderma* 28. pp. 1–28.
- KONERT, M. – VANDENBERGHE, J. 1997: Comparison of laser grain size analysis with pipette and sieve analysis: a solution for the underestimation of the clay fraction. – *Sedimentology* 44. pp. 523–535.
- PÉCSI M. 1975: A magyarországi löszszelvények litosztratigráfiai tagolása. – *Földrajzi Közlemények* 99. pp. 217–230.
- PÉCSI M. 1985: Chronostratigraphy of Hungarian loesses and the underlying subaerial formation. – In: PÉCSI M. (ed.): *Loess and the Quaternary Chinese and Hungarian case studies*. Akadémiai Kiadó, Budapest. pp. 33–49.
- PÉCSI M. 1995: Loess stratigraphy and quaternary climatic change. – *Loess inForm* 3, Geographical Research Institute Hungarian Academy of Science, Budapest. pp. 23–30.
- PÉCSI, M. – PÉCSI-DONÁTH, É. – SZEBÉNYI E. – HAHN, GY. – SCHWEITZER, F. – PEVZNER, M. A. 1977: Paleogeographical reconstruction of fossil soils in hungarian loess. – *Földrajzi közlemények* 101. pp. 94–137.
- STOOPS, G. – MARCELINO, V. – MEES, F. 2010: Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. – Elsevier. 720 p.