

## Középső-würm végi fosszilis talaj- és löszréteg átmeneti szintjének komplex paleoökológiai vizsgálata a tokaji Kopasz-hegyen

PÁLL DÁVID Gergely<sup>1</sup>, PERSAITS Gergő<sup>1</sup>, NÁFRÁDI Katalin<sup>1</sup>, SÜMEGI Pál<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>SZTE Földtani és Őslénytani Tanszék, 6722 Szeged Egyetem u. 2.

<sup>2</sup>MTA Régészeti Intézet, 1014 Budapest Üri u. 49.

pall.david.gergely@gmail.com

*Complex palaeoecological study of the Middle Wechselian fossil soil and loess layer transition level of Tokaj Kopasz-hegy*

### Abstract

This study focuses on a palaeoecological analysis carried out in the Csorgókút Valley at the Kopasz Hill of Tokaj, on the upper fossil soil horizon (Upper Fossil Soil Horizon of Tokaj) of a 15m-high loess section dissected by fossil soils. Hungarian and international references indicate that a chernozem-like palaeosoil developed on the loess sediments in the Carpathian Basin during this period of time. Furthermore, the results of the analysis showed that a boreal, forest-steppe-like soil developed under the pine forest in examined soil horizon; subsequently, a podzol soil developed under spruce forest. On the basis of the results of the analysis — in contradiction to earlier, over-simplified palaeoecological models — a different environment historical development can be expected (in parallel) in the Carpathian Basin in the latest phase of the Wechselian.

*Keywords: Middle Wechselian, palaeosoil, micromorphology, palaeoecology*

### Összefoglalás

A tokaji Kopasz-hegyen, a Csorgókúti-völgyben egy megközelítőleg 15 méteres, fosszilis talajokkal tagolt löszfeltárás felső fosszilis talajszintjén („Tokaji Felső Fosszilis talajhorizont”) paleoökológiai vizsgálatokat végeztünk. A klasszikus hazai és nemzetközi irodalom alapján ebben az időhorizontban csernozjom jellegű paleotalaj szintek fejlődtek ki a Kárpát-medencei löszterületeken. Ugyanakkor az általunk vizsgált talajszintben egy boreális erdőssztyepp szerkezetű talajhorizont erdei fenyves alatt, majd egy ugyancsak boreális erdőssztyepp szerkezetű podzoltalaj lucfenyves alatt fejlődött ki. Eredményeink nyomán — a korábbi egysíkú, leegyszerűsítő öskörnyezeti modellekkel szemben — párhuzamos és egymástól eltérő környezettörténeti fejlődéssel kell számolnunk a Kárpát-medencében már a würm utolsó fázisában is.

*Tárgyszavak: középső-würm, paleotalaj, mikromorfológia, paleoökológia*

### Bevezetés, célkitűzés

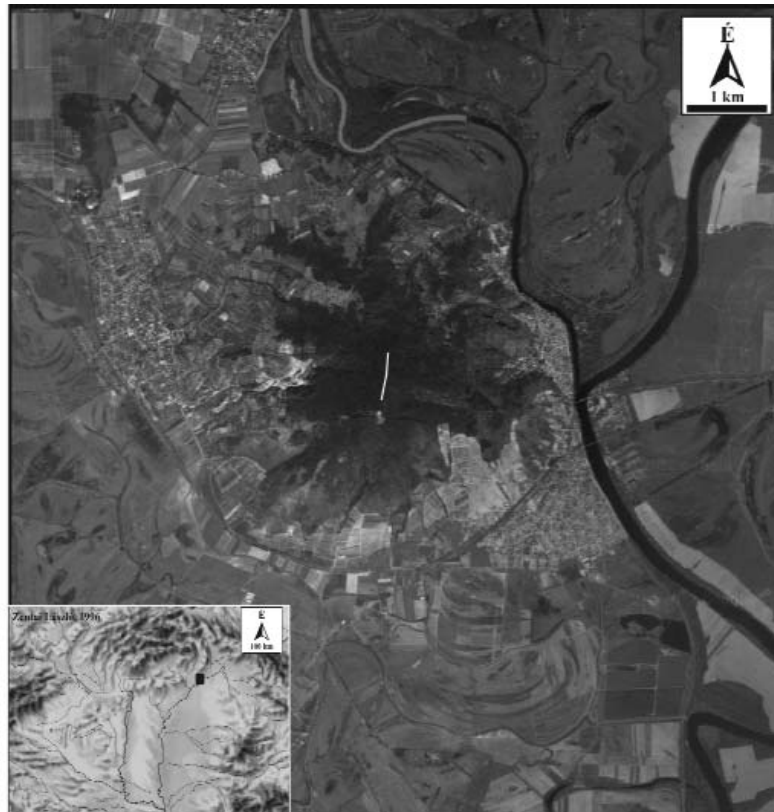
A dolgozatunkban egy olyan fosszilis talajhorizont mikromorfológiai, geokémiai, szedimentológiai és környezettörténeti (fitológiai, anthrakológiai, malakológiai) vizsgálatát tűztük ki célul, amely egy markánsan megjelenő, Európában és globálisan is kitért vezető szintet alkot (PÉCSI 1993). A hazai kutatás a „Mende talajkomplexumon” belül a „Mende Felső 1 talajszintnek” nevezte el ezt a fosszilis talajhorizontot (PÉCSI, 1967, 1975, 1977, 1987, 1993; PÉCSI et al. 1979). PÉCSI szerint a talajkomplexum felső része (MF1) egy gyengén fejlett csernozjom talaj krotovinákkal és faszénmaradványokkal.

A faszénmaradványok radiokarbon és termolumineszcenciás elemzése egyaránt azt bizonyította, hogy ennek a MF1 szintnek a kifejlődése 28–29 ezer uncal BP (megközelítőleg 30 000–31 600 cal BP) évek közé tehető (PÉCSI et al. 1979).

Az adott talajhorizontnak a tokaji Kopasz-hegyen kifejlődött lokális változatát („Tokaji Felső Fosszilis talajszint”; SÜMEGI et al. 1996, SÜMEGI 2005; SÜMEGI & RUDNER, 2001), a Csorgókúti-völgy kezdetén található, későbbiekben Csorgókúti II., szelvényben található kifejlődését tanulmányoztuk (*l. ábra*). Vizsgálatunk elsődleges oka az volt, hogy a mendei, basaharci típusszelvényekben eredetileg leírt csernozjom jelleghez (PÉCSI, 1967, 1975, 1977, 1987, 1993; PÉCSI et al. 1979) képest igen eltérő

talajtípus kifejlődését, egy fosszilis podzolos talajsztint kialakulását valószínűsítették a geokémiai, talajtani, őslénytani vizsgálatok alapján (SÜMEGI & RUDNER 2001; SÜMEGI et al. 1996; SÜMEGI 2003, 2005). Vagyis ugyanabban a kronológiai horizontban kifejlődött talajkomplexum két eltérő genetikai változatát, a lokális környezeti hatások nyomán eltérő talajfácies kialakulását rekonstruálták (SÜMEGI 1989, 2001, 2005; SÜMEGI et al. 1996; SÜMEGI & HERTELENDI, 1998; SÜMEGI & RUDNER, 2001).

1916-ban elvégezték. Ennek ellenére a löszökben található fosszilis talajokon BRONGER (1975, 2003) végzett először átfogó mikromorfológiai elemzéseket Magyarországon. Recens talajokon SZENDREI (2000, 2001) vizsgálatait kell megemlíteni. A negyedidőszaki magyarországi szelvényekről a későbbiekben BECZE DEÁK et al. (1997), BERÉNYI ÜVEGES et al. (2003), HORVÁTH et al. (2005), HORVÁTH (2007) tanulmányai tartalmaznak mikromorfológiai értékelést. Napjainkban DEZSŐ (2011) végez hasonló kutatásokat.



**1. ábra.** A tokaji Kopasz-hegy légifelvétele. Aszelvény (Csorgókút II.) helyét fehér vonal jelzi

**Figure 1.** Aerial photography of the Tokaj Kopasz Hill. The white line is the section (Csorgókút II.) location

A kronológiailag tisztázott korú Csorgókúti II. szelvény (SÜMEGI 2001, 2005; SÜMEGI & HERTELENDI 1998; SÜMEGI et al. 1996) feldolgozásának elsődleges célja a mikromorfológiai elemzés volt, ugyanis az elmúlt évtizedekben a laza üledékekből készített csiszolatok mikroszkópikus vizsgálatai jelentős eredményeket szolgáltattak (STOOPS et al. 2010). Ennek nyomán lehetőség nyílt a Csorgókúti II. szelvény részletes elemzésére, a korábbi podzolos talajsztintet rekonstruáló modell új szempontú mikromorfológiai megközelítésére is. Ezen cél elérése érdekében a mikromorfológiai elemzést szedimentológiai, geokémiai, őslénytani (malakológiai), ősnövénytan (fitológiai, anthrakológiai), vizsgálatokkal egészítettük ki. Így a korábbi multidiszciplináris megközelítést egy soktényezős elemzés eredményeivel hasonlíthattuk össze.

A tudománytörténeti kutatások szerint hazánkban az első mikromorfológiai vizsgálatokat még jóval a módszer kiindulási pontjának tekintett munka (KUBIENA 1938) előtt,

Munkamódszereiket, publikációkban megjelent tapasztalataikat is figyelembe vettük a vizsgálataink, mintavételi és feldolgozási módszereink kialakításakor.

### A vizsgált terület és az analizált szelvény

Az általunk vizsgált terület a tokaji Nagy (Kopasz)-hegy 16 km<sup>2</sup> területéből mintegy 12 km<sup>2</sup> kiterjedésű, lösszel fedett (PINCZÉS 1954, 1987; GYARMATI 1974; KOZÁK & RÓZSA 1982) részén található. A lösz vastagsága igen változó a tokaji Kopasz-hegyen (PINCZÉS 1954, GYARMATI 1974), átlagosan 10–15 méter közöttiek. A tokaji Csorgókút II. feltárás esetében is változó a löszös köpeny vastagsága, mivel egy erodált felszínű lávanyelv peremén halmozódott fel és alakult lösszé az üledékanyag (SÜMEGI 2005, SÜMEGI et al. 1996). A tokaji Csorgókút II. lelőhely mintegy 50 méter szélességű feltárásánál az általunk vizsgált részen a

szelvényben (2. ábra) a löszös rétegsor vastagsága meghaladja a 14 métert, a szelvény keleti, völgyben végződő részén eléri a 20 métert is (3. ábra). A vizsgált szelvényrész koordinátái: északi szélesség  $48^{\circ}8'23.16''$ , a keleti hosszúság  $21^{\circ}23'49.43''$ .

A szelvényben a felső fosszilis talajhorizont mintegy méteres kifejlődésű volt, a felszíntől 495 és 600 cm között húzódott (2. ábra). A célnak megfelelően a fosszilis talaj felső, fedő löszréteghez közeli átmeneti részére koncentráltunk az elemzéseinkkel (3. ábra).

A teljes Csorgókút II. szelvény fekvésében közvetlenül a mállott, erodálódott piroxéndácit felett vörösesbarna színű vulkáni málladék (nyirok) található, majd erre települt a tokaji Kopasz-hegyen előforduló löszös – fosszilis talaj rétegsor alsó löszrétege (SÜMEGI 2005; SÜMEGI et al. 1996).

A korábbi kvartermalakovológiai, kronológiai és a legújabb OSL vizsgálatok alapján (SÜMEGI 2005, SCHATZ et al. 2011) ez a legalsó, sárgásbarna színű (Munsell színkód szerinti: 10 YR 7/5), karbonátos, finomkőzetlisztes durvakőzetliszt szemcseösszetétellel jellemezhető, jelentős mennyiségű Mollusca-héjat tartalmazó löszréteg egyértelműen 60 ezer kalibrált BP évet biztosan meghaladó kora-würm (PINCZÉS 1954, JÁNOSSY 1979), más megközelítés alapján kora-pleniglaciális (BOKHORST et al. 2011) korú.

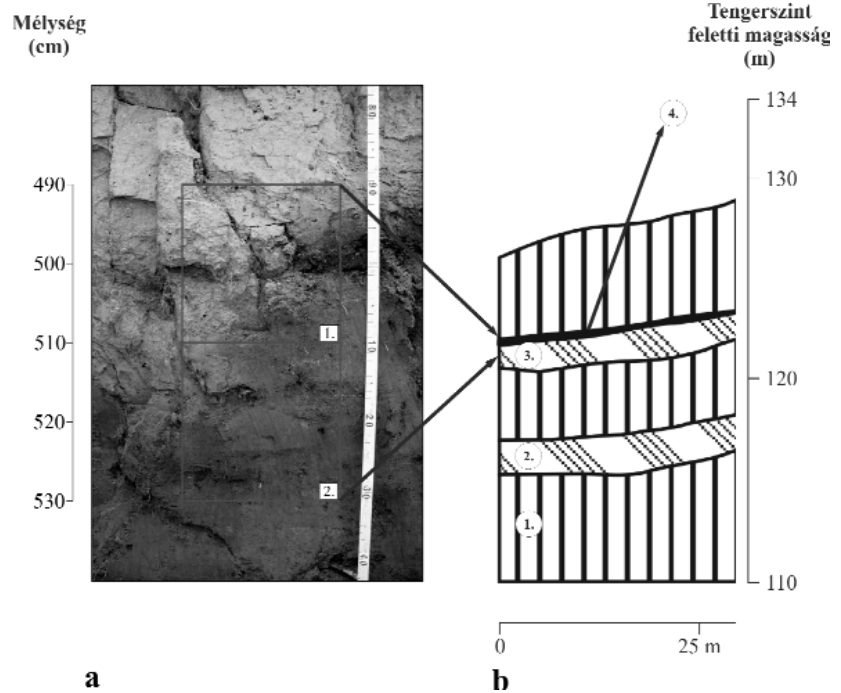
Az agyagtartalom és mágnesezés szuszceptibilitás változásai (SCHATZ et al. 2011), valamint a korábban végzett őslénytani és geokronológiai elemzések (SÜMEGI et al. 1996) alapján ez a legidősebb, fekvő alkotó alsó löszréteg a SPECMAP besorolás szerinti MIS 4 szinttel párhuzamosítható (IMBRIE et al. 1984).

Ezen az alsó-würm löszrétegen egy középső-würm, MIS 3 kezdetével párhuzamosítható, a kvarcon végzett OSL és a földpáton végzett IRSL vizsgálatok (SCHATZ et al. in press) alapján 55 ezer kalibrált BP évnél idősebb, 65 ezer kalibrált BP évnél fiatalabb, sötétbarna színű (10 YR 3/2), agyagos finomkőzetliszt szemcseösszetételű, 0,5 % totál szervesanyag-tartalmú (TOC) fosszilis talajréteg fejlődött ki.

A fosszilis talajrétegre egy szervesanyag-mentes, 55 és 40 ezer kalibrált BP évek közé tehető középső-würm, MIS 3 szinttel párhuzamosítható, sárgásbarna színű (10 YR 7/5), karbonátos, finomkőzetlisztes durvakőzetliszt szemcse-

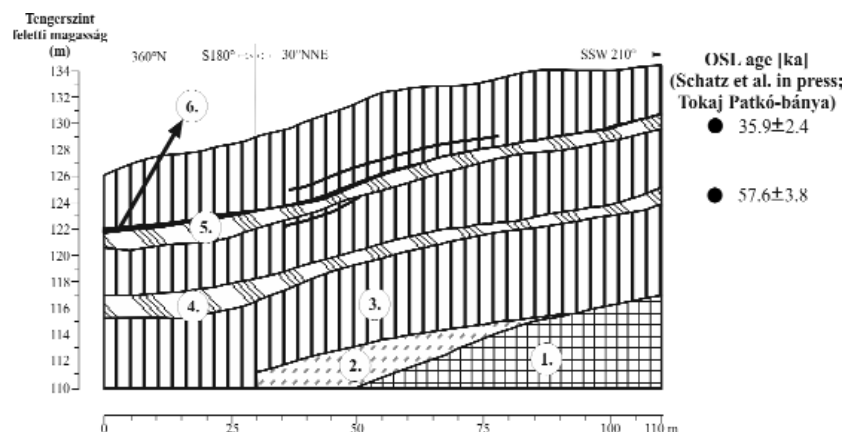
összetétellel jellemezhető löszréteg települt. Ebből a szintből csak elszórtan sikerült oldott felszíni Mollusca-héjakat kimutatni.

A középső-würm löszrétegen egy vörösbarna színű (10YR 3/4), a radiokarbon elemzések (SÜMEGI & HERTELENDI, 1998) és a legújabb OSL vizsgálatok (SCHATZ et al. in press) nyomán egyértelműen 35 és 25 ezer kalibrált BP évek közé tehető fosszilis talaj alakult ki. A fosszilis talaj agyagos finomkőzetliszt összetétellel és az alsó fosszilis talajszintnél jelentősebb, 1%-os totál szervesanyag-tarta-



2. ábra. a) A két monolit elhelyezkedése a szelvény mentén (1 – a „faszenes” horizontot metsző monolit; 2 – „felső paleotalaj” horizontot metsző monolit); b) a tokaji Csorgókút II. szelvény rétegszlopa (1 – lösz, 2 – alsó-würm paleotalaj, 3 – középső-würm paleotalaj, 4 – faszenben gazdag réteg, SÜMEGI 2005)

Figure 2. a) The position of two monoliths along the profile (1 – monolith from the charcoal horizon; 2 – monolith from the top-palaeosol); b) geological profile of Tokaj Csorgókút II. (1 – loess, 2 – palaeosoil from the Lower Weichselian, 3 – palaeosol from the Middle Weichselian, 4 – charcoal rich-layers, SÜMEGI 2005)



3. ábra. A tokaji Csorgókút II. lelőhely földtani metszete

1 – piroxéndácit fekvőközet 2 – átmozgatott lösz 3 – lösz 4 – alsó fosszilis talaj 5 – felső fosszilis talaj 6 – szenült famaradványokat tartalmazó horizont (SÜMEGI, 2005)

Figure 3. The geological profile of Tokaj Csorgókút II.

1 – bedrock (pyroxene dacite) 2 – removed loess 3 – loess, 4 – Lower Weichselian palaeosol 5 – Middle Weichselian palaeosol, 6 – charcoal-rich layer

lommal (TOC) jellemezhető, de a szervesanyag, a karbonát-tartalom és a szemcseösszetétel (SÜMEGI 2005) és a szén, valamint a nitrogén izotópozsettel-változásai nyomán (SCHATZ et al. 2011) a talajképződés feltételei többször erőteljesen megváltozhattak a fosszilis talaj kifejlődése nyomán. Így a 35 és 25 ezer évek közé tehető „Tokaji Felső Fosszilis talajszint” egy poligenetikus talajhorizontként fogható fel.

Ez a poligenetikus kifejlődés figyelhető meg már makroszkóposan is a vizsgált csorgókúti szelvényrészen, ahol mind a színben, mind a makromorfológiai szerkezetben jelentős változások alakultak ki a felszíntől 495–600 cm közötti fosszilis talajrétegben. A poligenetikus kifejlődés különösen a fosszilis talajszintet lefedő, felső-würm sárgásbarna (Munsell színskála szerinti: 10 YR 7/5), karbonátos, finomkőzetlisztes durvakőzetliszt szemcseösszetétellel jellemezhető, jelentős mennyiségű Mollusca-héjat tartalmazó löszréteg és a fosszilis talajréteg határán kifejlődött, szénült famaradványokat tartalmazó szintben feltűnő (SÜMEGI 2005). Éppen ezért vizsgálatuk ezt a kronológiailag tisztázott korú, megközelítőleg 35 és 30 ezer évek közé tehető középső-würm fosszilis talaj és a felső-würm löszréteg átmeneti, 31 és 29 ezer év közötti szintjét (3. ábra).

A tokaji löszrétegsort és az általunk feldolgozott Csorgókúti II. szelvényt egyaránt egy felső-würm lösz-összet zárja. A geokronológiai (radiokarbon és OSL elemzések) alapján a legfelső löszréteg 25 ezer kalibrált BP évnél fiatalabb. A radiokarbon vizsgálatok alapján 18 ezer (SÜMEGI & HERTELENDI 1998; SÜMEGI 2005), az OSL és IRSI mérések alapján 20 ezer évnél fiatalabb szintek helyenként erodálódtak a tokaji löszös összetlet legfelső szintjéből (SCHATZ et al. in press). Így a MIS 2 szinttel párhuzamosítható késő-würm és késő-glaciális korú löszréteg már hiányos kifejlődésű is lehet.

## Módszerek

### Mintavételezés

Több fajta módszer, mintavételezési eljárás használatos a negyedidőszaki laza üledékek, paleotalajok és régészeti kultúrrétegek zavartalan mintavételezésére (SÜMEGI 2003). Minden egyes üledék mintavételezése különböző (eltérő fizikai tulajdonságuk miatt). A fosszilis talaj és a fedő löszréteg közötti átmeneti szint mindössze 40 cm vastag volt, így az általunk választott 1–2 cm átfogó mintavétel statisztikai szempontból (GEIGER 2007) is megfelelő léptékű mintavételezésnek számított ennek az átmeneti szintnek a feldolgozásához. A terepi munka során a beágyazó üledékből a vizsgálni kívánt mintát minél kevesebb külső fizikai rongálásnak, behatásnak szabad kitenni (FITZPATRICK 1993), ezért a szelvényből egymás feletti monolitokat emeltünk ki. A monolitok mérete 20×20×20 cm volt. A minták orientációját, illetve térbeli helyzetét minden esetben fotókon, rajzon és a monolitokon rögzítettük, majd a

monolitokat gondosan rögzítetten (FITZPATRICK 1993) csomagoltuk, hogy az eredeti helyzetnek megfelelően tudjuk szállítani. A monolitokból a csiszolat mintavétel és a szedimentológiai, geokémiai, őslénytani mintákra bontás már laboratóriumban történt.

### Vékonycsiszolat készítése és feldolgozása

A szelvényből két monolit került beágyazásra, ezekből a blokkokból több mint 30 db csiszolat készült, melyekből 16 db-ot értelmeztünk (a többi csiszolat minősége ezt nem tette lehetővé). A csiszolatok leírásánál nemzetközi (BULLOCK 1985), illetve hazai (SZENDREI 2000) leíró rendszereket vettünk alapul. A mikromorfológiai elemzéseket polarizációs mikroszkóppal illetve számítógépes képanalízissel próbáltuk pontosítani (DEZSÓ 2011). A mintavételezéssel a lösz, az égett faszenes szintet, illetve az alatta található felső-paleotalaj (SÜMEGI 2005) horizontját mintáztuk.

A csiszolatokat SZENDREI (2001) és DEZSÓ (2011) módszertani javaslatai nyomán készítettük el. A szállítás után a monolitokat 30 °C-on szárítottuk (szárítószekrényben) közel egy héten keresztül, majd a beágyazni kívánt szegmensét lemetsztük az egész monolitról. A laza üledéket ezek után impregnáltuk egy héten keresztül, majd a beágyazott mintát szárítottuk ugyanennyi ideig. Ezt követően poliészter gyanítalra kiválasztott, az üledéket és megvártuk, míg a csiszolatra kiválasztott, szegmens megzilárdult. Majd a kőzet keménységűvé vált szegmenst vágógéppel (Buehler Petrothin vágó- és csiszológéppel) csiszolati mintákra metsztük szét. Több kísérlet után a két, egymás felett elhelyezkedő üledékmonolitot átlagosan 1,2 cm-enként metsztük el, illetve ezeket a metszeteket analizáltuk részletesen. Így a 40 cm-es szelvényből összesen 33 db csiszolatot készítettünk.

A kész csiszolatok vastagsága minden esetben 15–30 mikron volt, amelyet polírozással (SZENDREI 2001, DEZSÓ 2011) értünk el. A csiszolatok klasszikus leírása után morfológiai, alaktani, mennyiségi változásokat polarizációs fénymikroszkóppal (Nikon Eclipse E600) elemeztük (STOOPS & JONGERIUS 1975, BULLOCK 1985, FITZPATRICK 1993, KEMP 1998, SZENDREI 2001). Az analizálni kívánt fényképeket Canon EOS 30D fényképezőgéppel készítettük. A fotókat Adobe Photoshop, ImageJ és Zoner Panorama Maker képszerkesztő programokkal vizsgáltuk. A csiszolatokról makroszkópos felvételeket is készítettünk. Végül a 33 csiszolatból 16 db csiszolat felvételén végeztünk részletes földtani és paleopedológiai értelmezést.

### Szemcseösszetétel meghatározása

Az üledékretegek színének leírásához a talajtani és laza üledéktani vizsgálatoknál használatos (SZABOLCS 1966) Munsell Soil Color Charts-ot (Munsell Color Company 1975) használtuk fel. A granulometriai elemzéseket CASAGRANDE (1934, 1947) által leírt areométeres módszerrel végeztük el. A szemcseösszetétel meghatározás ugyanazokon a mintákon történt, mint a csiszolat-elemzés.

### *Karbonát- és szervesanyag-tartalom meghatározása*

A karbonát-, illetve szervesanyag-tartalom meghatározásánál az úgynevezett Dean-féle izzítási módszert használtuk (DEAN 1974). A vizsgálat ugyanazokon a mintákon történt, mint a szemcseösszetétel és csiszolat-elemzés. A szervesanyag-tartalom meghatározása előtt a mintából kiemeltük a szénült famaradványokat, viszont a Tyurin-módszert felhasználó humusztartalom meghatározás (BUZÁSI 1993) esetében ez nem történt meg. Így a humusztartalom és a szervesanyag-tartalom összehasonlításával az égett faszenek okozta szervesanyag-növekedésre kaptunk adatokat.

### *Bővített talajtani vizsgálatok*

A fő- és nyomelem, valamint a bővített talajtani, közte a KCl-os pH vizsgálatokat BUZÁS (1993) módszertani javaslatai alapján végeztük el. A mérések plazmaemissziós spektrometriával (ICP-AES) történtek. Ezzel a módszerrel a vizsgálni kívánt minták elemi összetételére lehet következtetni. Napjainkban már ennek a mérésnek a hibahatára max. 5–7% (BUZÁS 1993). A vizsgálati eredmények közül a pH, humusz, Al-, Fe-, Mn-, K-, Ba-, Sr-, P-, Ca-, Mg-tartalom változásait mutatjuk be. DÁNIEL 2004, DÁNIEL et al. 1996, SÜMEGI et al. 1999 nyomán a vizsgálatokat több lépésben végeztük el. A fő- és nyomelemzésnél a vizes extrakció eredményeit használtuk fel, amely a vízzel oldható elemösszetételt adja meg. E paraméterek nyomán a fosszilis talajok és a löszréteg, valamint az átmeneti szintjük és az ezeket kialakító folyamatok, köztük a mállás (DÁNIEL 2004) jól jellemezhetőek voltak.

### *Fitolit anyag kinyerése*

Talajok, üledékföldtani minták, régészeti objektumok betöltéseiből, azok különböző részeiből származó minták feltárása során egy saját tapasztalat nyomán átalakított receptet alkalmaztunk (PERSAITS 2010; PERSAITS & SÜMEGI 2011), amely PIPERNO (2006), MADELLA et al. (1998) módszerére épül. Mivel a fitolitok kinyerése és vizsgálata Magyarországon még kezdeti stádiumban van, ezért röviden összefoglaljuk a módszer lényegét.

A feltárás lépései a következők:

1. 5 gramm porított, légszáraz minta kimérése két tizedes jegy pontossággal,
2. 5%-os calgon-oldatban való rázatás 6 órán keresztül,
3. a szervesanyag roncsolása 30%-os hidrogén-peroxidos fürdőben,
4. a karbonátok roncsolása melegített 10%-os sósavas fürdőben,
5. a 250 mikronnál nagyobb frakció leválasztása nedves szitálással,
6. az agyagfrakció leválasztása Atterberg-féle üleptető hengerben,
7. 2,3 g/cm<sup>3</sup> sűrűségű nehézfolyadékban való flotálás,
8. a felúsztatott fitolitok összegyűjtése Pasetur-pipettával,

9. etanolos mosás után glicerinnel alatti tárolás Eppendorf-csőben.

A Nikon Eclipse E600 polarizációs fénymikroszkóppal történő határozás során mintánként legalább 200 darab fitolit határozására törekedtünk, ekkor tekinthető a minta statisztikailag értékelhetőnek (PEARSALL 1979). A határozáshoz az SZTE TTIK Földtani és Őslénytani Tanszékén kialakított összehasonlító adatbázist használtuk, mely a témákban megjelent publikációkra, valamint bizonyos növények esetében saját referencia-anyagra épül. A fitolitok formái azonosítása során a saját fitolit-adatbázisunkon kívül a fitolitok méret, szín, jellemző formák aránya alapján történt értelmezései során a GOLYEVA et al. (1995), GOLYEVA (2001a, b) munkáira támaszkodtunk, míg a jellegzetes klímaindikátor-csoportokba történő formai besorolások esetében TWISS et al. (1969) munkája volt az irányadó. A fitolitformák leírásánál a nemzetközileg elfogadott International Code for Phytolith Nomenclature 1.0 (MADELLA et al. 2005) nevezéknevet alkalmaztuk.

### *Anthrakológiai anyag feldolgozása*

A löszös rétegeken anthrakológiai kutatások STIEBER (1957, 1967, 1968, 1969) vizsgálatait követően átfogóan RUDNER & SÜMEGI (2001, 2002) SÜMEGI & RUDNER (2001) WILLIS et al. (2000) végzett.

A felhasznált módszer lényege az alábbi. A faszenek kialakulásukat tekintve élő, kivágott vagy kiszáradt fa termális pusztulása révén jönnek létre, elégtelen mennyiségű oxigén jelenlétében. Az égési folyamat során 4 fokozatot különböztetünk meg az égési hőmérséklet tekintetében. Dehidratáció 200 °C-ig, szénült faanyagképződés 200–280 °C között, pirolízis vagy karbonizáció 280 °C-tól 500 °C-ig és gyulladás/égés 500 °C felett (BEALL 1972). Az első két endoterm folyamat alatt a fa az összsúlya 35%-át is elveszíti illóanyagok, nem éghető gázok és szervesanyag formájában. A pirolízis során a cellulóz és a lignin degradációja éghető gázokat produkál. Ezen a ponton az égés exotermmé válik, a hőmérséklet megemelkedik és a fa lángra kap. Az utolsó fokozatban, ha elegendő oxigén áll rendelkezésre, a faanyag hamuvá ég, 1200 °C-os hőmérsékletnél, a famaradványok már nem ismerhetők fel (BRAADBART & POOLE 2008).

Az erdőtüzek lehetnek természetes és antropogén, hatásra bekövetkező tüzek. A természetes tüzek már az ember megjelenése előtt is előfordultak. Fenyőerdőkben általában gyakrabban bekövetkeznek, mivel a fenyők gyantatartalma elősegíti az égést és az égés terjedését. Ugyanakkor a tűlevelű erdők természetes begyulladására a legtöbb esetben rövid idő alatt véget ér (MOORE 2000). Ennek során a növényzet általában nagyobb területen ég le, ugyanakkor ez az esemény ritkábban következik be (LEWIS & FERGUSON 1988). A természetes tüzek kialakulhatnak villámcsapások, meteorit becsapódások során vagy túlmelegedést követő öngyulladások formájában, melyek szabad égésnek tekinthetők, és gyulladó pontokon vagy vonalakon keresztül terjednek (ALBINI 1993, CHANDLER et al. 1983).

A fennmaradt, szénült faanyag feldolgozása nyomán így nemcsak az egykori fás szárú növényzet összetétele, egykori erdőborítás típusa, hanem a szénülést kialakító erdőtüz hőmérséklete, és esetleg az égést kialakító tűz is rekonstruálható. Ezért a kiemelt monolitok mintáiból kettős, 0,5 és 0,25 mm átmérőjű szita-szövetet felhasználó germán iszapolással (JACOMET & KREUZ 1999) kinyertük a szénült famaradványokat. Mintánként egységes mennyiségből, 500 gramm felhasználásával sikerült határozható szénült famaradványokat kinyerni az üledékből. A faanyag beágyazódási állapota és fajösszetétele teljes mértékben megfelelt a korábban publikáltaknak (RUDNER & SÜMEGI 2001, SÜMEGI & RUDNER 2001).

#### Malakológiai anyag feldolgozása

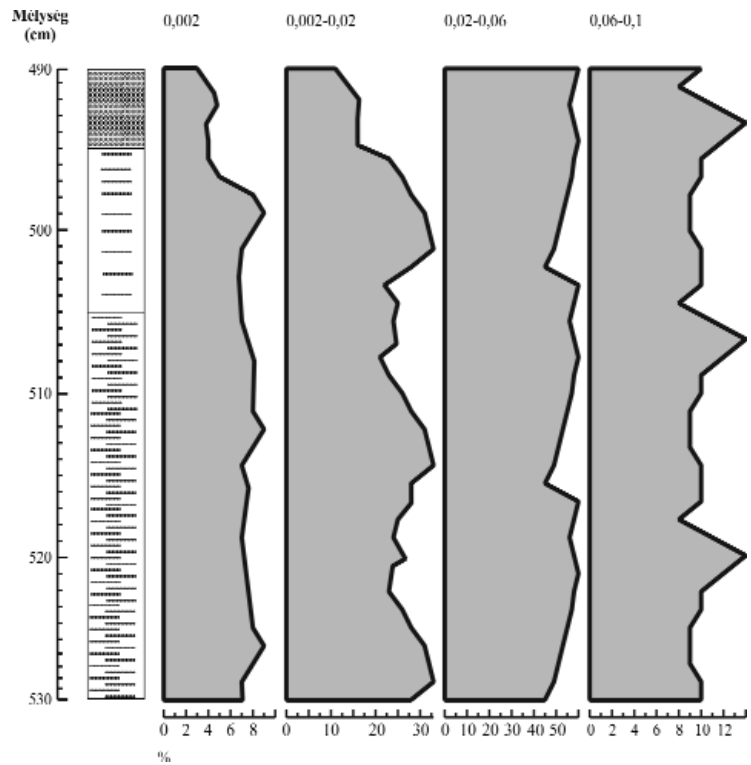
Az anthrakológiai anyag kinyerésével párhuzamosan a Mollusca-héjakat is kinyertük az üledékből. A malakológiai anyag feldolgozása megfelelt KROLOPP & SÜMEGI (1992), SÜMEGI & KROLOPP (1995) által leírtaknak. Mivel Mollusca-héjak csak elszórtan kerültek elő a mintákból, ezért a malakológiai anyagot statisztikusan nem tudtuk értékelni (KROLOPP 1983), így csak az előkerült fajok környezeti (főleg klímajelző) szerepére tudunk támaszkodni.

## Eredmények

### Szedimentológia

A vizsgált szelvényt három szedimentológiai zónára tagolható (4. ábra). Az alsó szint egy nedvesen sötétbarna (10 YR 5/5), kiszáradva vörösbarna színű (10 YR 3/4) horizont, mely már színében is jól elkülöníthető a feké, talaj szempontjából anyakőzetet jelentő, sárgásbarna színű (10 YR 7/5) finomkőzetlisztes durvakőzetliszt (eolikus lösz) horizonttól. A sötétbarna színű fosszilis talajhorizont már makroszkóposan elüt a réteget közrefogó, feké és fedő löszüledéktől. Szemcseösszetétel alapján ez a különbség még kifejezettebb, mivel a fosszilis talajban az agyagfrakció aránya helyenként meghaladja a 8%-ot is, míg a löszös rétegben maximum 2% (SÜMEGI et al. 1996).

A fosszilis talajban az agyagtartalomnak három maximuma figyelhető meg (SÜMEGI et al. 1996). Ebből két agyagtartalom és finomkőzetliszt-tartalom csúcsa az általunk igen részletesen vizsgált szelvénytartományban is jelentkezik (4. ábra). Az agyag- és finomkőzetliszt-tartalom ilyen maximumai az egykori talajképződés során bekövetkező szingenetikus változásokkal, intenzívebb mállással (ALVAREZ & LAVADO 1998), illetve az agyagszemcsék utólagos, posztgenetikus mozgásával, belső kolluviációval (KEMP 1985), magyarázható.



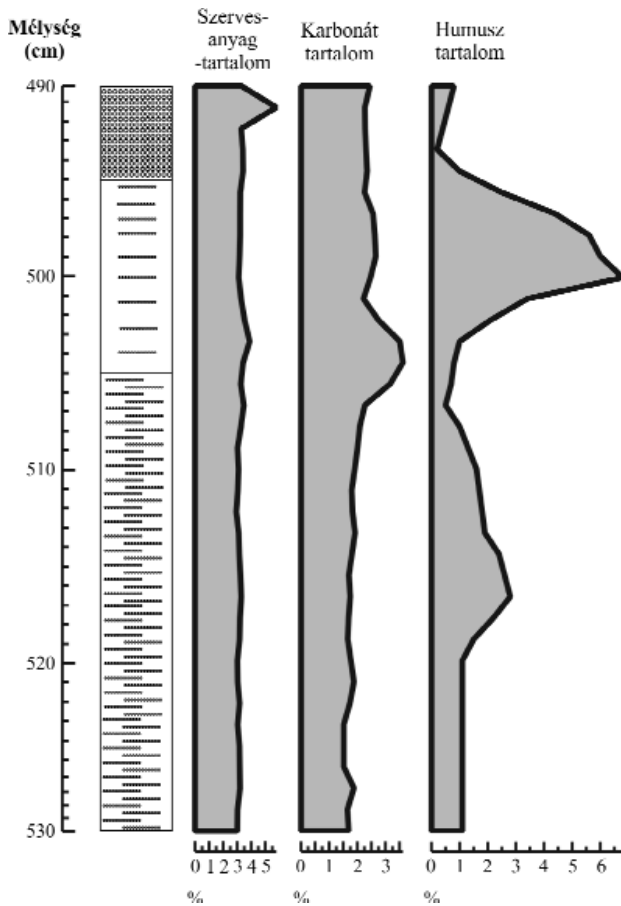
4. ábra. A szelvény szemcseösszetételi értékei (SÜMEGI 2005)

Figure 4. Grain size values of the profile (SÜMEGI 2005)

A fosszilis talaj felszínén mintegy 10 cm vastagságban égett üledékudvarral jellemezhető szénült famaradványok kerültek elő. Ebben a horizontban a finomkőzetliszt (0,002–0,02 mm) és agyag (kisebb, mint 0,002 mm átmérő) frakció aránya ismét jellegzetes maximumot mutatott (4. ábra). Mivel a fedő löszrétegben az agyag és finomkőzetliszt tartalma minimális, a finomabb szemcsék mélyebb szintbe történő vándorlásával nem számolhatunk. Így az ebben a szintben kimutatott finomabb szemcseösszetételű szint autochtonnak, és a radiokarbon vizsgálat alapján 28–29 ezer évvel ezelőtti mállási maximum hatására kialakult szintnek tekinthető. Az agyagtartalom a maximumot követően erőteljesen lecsökkent és a fedő löszréteg és a fosszilis talaj határán a 8,5%-ról 4% alá, majd a löszrétegben már 2% alá esett az értéke.

### Szervesanyag-, humusz- és a karbonáttartalom változása a mintákban

Az izzításos tömegvesztés mérésének segítségével sikerült azonosítani a szelvény mentén a szervesanyag-, illetve karbonáttartalmat (5. ábra). A szelvény alsó részén a szervesanyag-tartalom nem mutat kiemelkedően magas értékeket, semmilyen drasztikus szervesanyag növekedés vagy csökkenés nem tapasztalható. A faszemes égett horizontban a szervesanyag-tartalom mértéke minimálisan nő, illetve a szelvény legfelső horizontjában egy nagyobb növekedés tapasztalható. Ez a növekedés valószínűleg turbációs hatás miatt észlelhető. A karbonáttartalom szinte az egész szelvény mentén egyöntetű volt. Ez a homogén kép



5. ábra. A két monolit szervesanyag-, karbonát-, illetve humusztartalma  
 Figure 5. Organic matter, carbonate- and humus content of the monoliths

a löszös horizontban változik, és folyamatos növekedés tapasztalható, ami a szelvény mentén történő üledékváltozásnak tudható be.

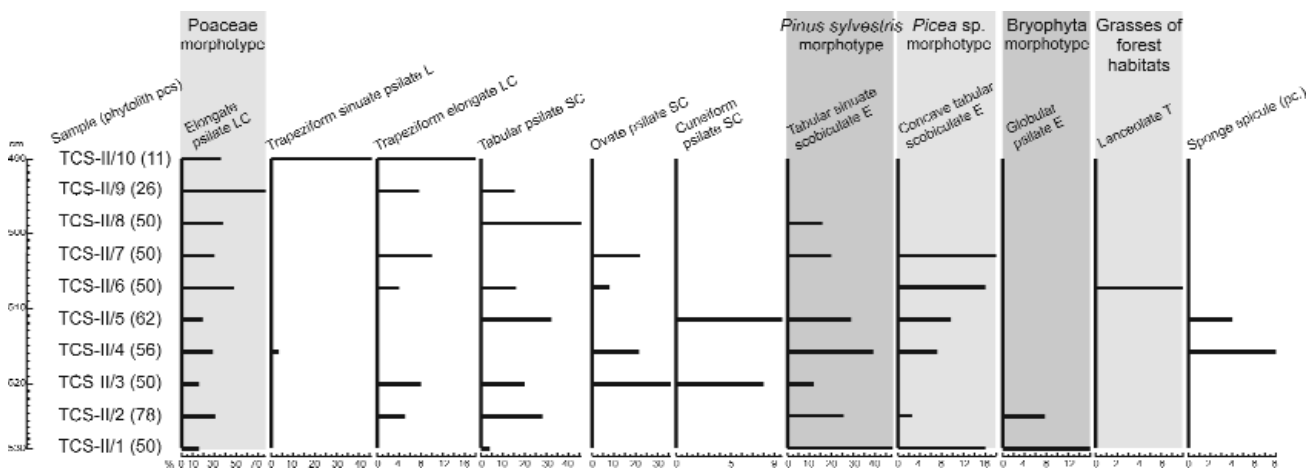
A két monolitból humusztartalom mérésre kiemelt minták humusztartalma változatos képet mutat. A fosszilis talajhorizontban (SÜMEGI 2005) a humusztartalom magasabb, mint a löszös horizontban. Az égett faszenes horizont-

ban az értékek drasztikusan, akár 5–6 szorosukra is megnövekednek. Ez a változás az égett faszenek megjelenésével kapcsolható össze. Hasonló jelenséget tapasztaltak szénült famaradványok mennyiségének változása alapján korábban is (RUDNER & SÜMEGI 2001). Úgy tűnik, hogy az égett faszenes szint a színe mellett a 2 mm-nél nagyobb szénült famaradványok alapján különül el egyértelműen a fekvő fosszilis talajtól. Ugyanis a szénült famaradványok leválasztásával nem lehetett kimutatni különbséget a fekvő fosszilis talaj és a lösz felé átmenetet jelentő égett faszenes szint szervesanyag-tartalma között.

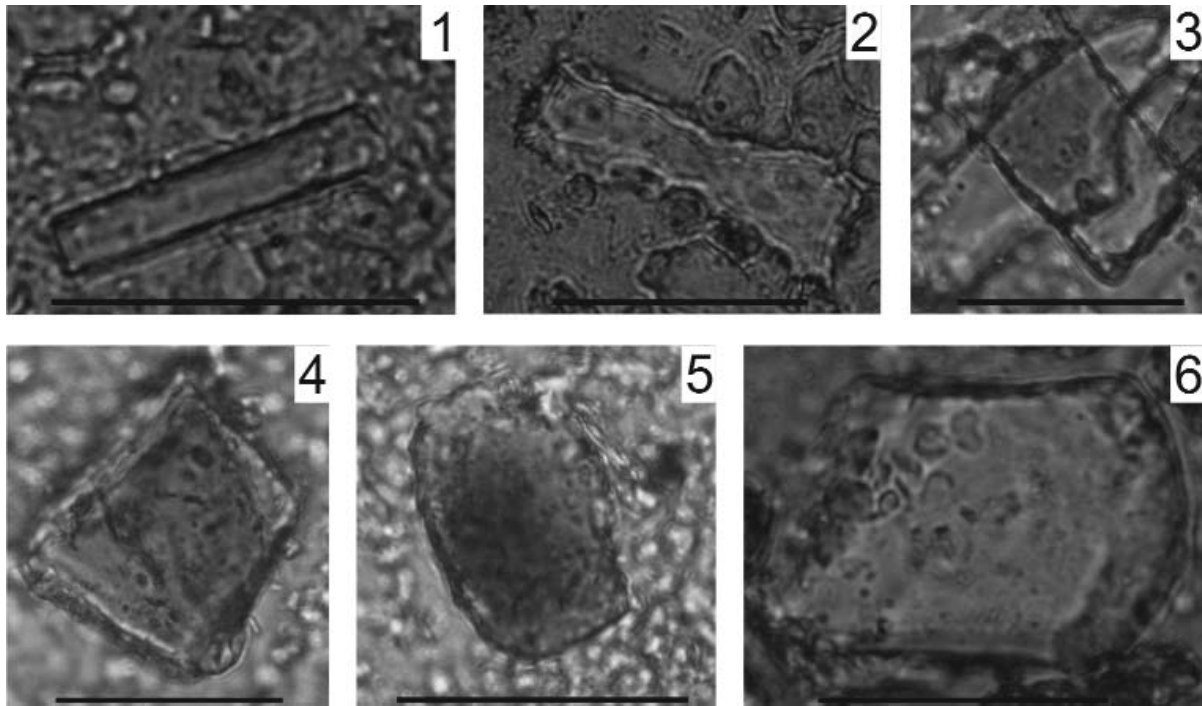
*Fitolit analízis eredményei*

A nemzetközi fitolit kutatások igen jó eredményeket mutatnak a lösz–paleotalaj rétegsorokat illetően (BLINNIKOV et al. 2002, LU et al. 2006, OSTERREITH et al. 2009), a magyarországi kutatások eddig vegyes képet mutatnak. Az ország déli részén található löszszelvények (Katymár, Makó, Solt) kevés fitolitot tartalmaznak, formai gazdagságuk szegény, de a mennyiségi változásuk jól korrelál a pleisztocén felmelegedési és lehűlési ciklusaival (PERSAITS 2010, PERSAITS & SÜMEGI 2011). A feltárt 5 gramm mintából igen kevés (11–78 db között) fitolitot sikerült azonosítani (6. ábra), ami a magyarországi löszök esetében nem meglepő. A minták összevetése ezért problémás, különösen 50 db alatt. A legkevesebb fitolitot tartalmazó minták a típusos löszből származnak (TCS–II/9, TCS–II/10). Az égett paleotalajból feltárt minták minden esetben tartalmaznak legalább 50 db fitolitot. Összesen 11 biomorfa típust különítettünk el, melyből egy szivacsú volt, a többi fitolit (7. ábra). A Poaceae morfortípus *Elongate psilate* LC fitolitjai egyértelműen a pázsitfűféléktől származnak. E fitolitformát valamennyi vizsgált magyarországi löszszelvényből (Basaharc, Mende, Paks, Katymár, Makó, Solt) is sikerült kimutatni (ENGEL & DI MAURO 1995, PERSAITS 2010, PERSAITS & SÜMEGI 2011).

A Trapeziform, Tabular Ovate, Cuneiform fitolitformák morfortípusbeli besorolása problémás, mivel léteznek ilyen formák pázsitfűféléknél, és tűlevelű erdők fájánál (Coni-



6. ábra. A tokaji Csörgökút II. lelőhelyen feltárt fitolitok diagramja  
 Figure 6. Phytoliths from Tokaj Csörgökút II. profile



7. ábra. A mintákon azonosított fitolitok

1 – *Elongate psilate* LC, 2 – *Tabular sinuate scobiculate E* (*Pinus sylvestris* - morphotípus), 3 – *Concave tabular scrobiculate E* (*Picea* sp. - morphotípus), 4 – *Lanceolate T*, 5 – *Globular psilate E* (Bryophyta morphotípus), 6 – Szivacsstű. Méretarány: 50 mikron

Figure 7. The identified phytoliths from the samples

1 – *Elongate psilate* LC, 2 – *Tabular sinuate scobiculate E* (*Pinus sylvestris* - morphotype), 3 – *Concave tabular scrobiculate E* (*Picea* sp. - morphotype), 4 – *Lanceolate T*, 5 – *Globular psilate E* (Bryophyta morphotype), 6 – *Sponge spicule*. Scale: 50 micron

ferus) is megtalálhatóak, amelyek csak nagyon kevésbé térnek el egyes fenyőfélék fitolitjaitól. Azonosítani lehetett a *Pinus* sp. és a *Picea* sp. fitolitjait, valamint a moháktól (Bryophyta) származó opalitokat. Jellemzően a fenyőféléktől és a moháktól származó fitolitok a monolit aljában, együtt vannak jelen.

A monolit középső és felső részében a mohák fitolitjai eltűnnek. A TCS-II/4 mintától kezdve pedig a *Pinus* fitolitok eléri a legmagasabb értéküket (40%), ahonnan folyamatosan csökken a számuk, míg ezzel párhuzamosan a *Picea* fitolitok jelenléte nő, bár ezek aránya alacsonyabb.

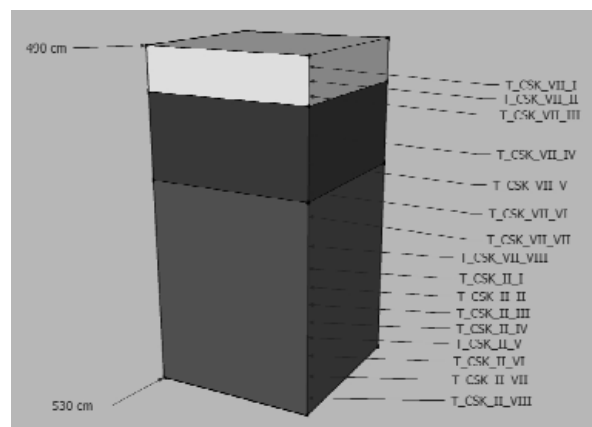
#### A vékonycsiszolatok eredményei

A 16 db csiszolat a szelvény 40 cm-es részét mutatja be (8. ábra). Az egyes számú monolit metszi a „faszenes” horizontot (SÜMEGI 2005) és a talajosodott részt, a második monolit közvetlenül a magas szervesanyag-tartalmú horizont alatti 20 cm-es talajosodott profilt mutatja be. A szelvény leírása eredetileg 5 és 25 cm-enként történt (SÜMEGI 2001, 2005), ezzel szemben mi ezekből a horizontokból 1–2 cm-enként, átlagosan 1,2 cm-ként készítettünk csiszolatokat (8. ábra). Az egyes mikromorfológiai jellemzőket az I. táblázat mutatja. A szelvény szerkezetét, mikromorfológiáját a laza üledékből készült vékonycsiszolatok alapján vizsgálva több fontos paramétert is felismerhettünk, illetve azonosíthattunk. A vékonycsiszolatok értel-

mezését kis nagyítású polarizációs binokuláris mikroszkóppal is elemeztük. Ezek alapján a szelvény mentén 3 (felső fosszilis talaj horizont, szénült famaradványokat tartalmazó horizont, löszös horizont) különböző kifejlődésű horizontot lehetett elkülöníteni.

#### Felső fosszilis talajhorizont

A fosszilis talajhorizontot 10 db csiszolat metszette (T\_CSK\_VII\_VII-T\_CSK\_II\_VIII) (8., 9. ábra), ezek főbb paramétereikben hasonlítanak egymásra, de vannak külön-



8. ábra. A szelvény mentén kiemelt monolitokból készült csiszolatok megnevezése és elhelyezkedésük (T\_CSK=Tokaj, Csörgökút II. lelőhely)

Figure 8. The name of the thin section and their locations from the profile



I. táblázat. A vékonycsiszolatok mikromorfológiai jellemzői

Table I. Micromorphological features of the thin sections

Mintaszám	Lelőhely	Vázrészek	Alapanyag	Alapanyag orientációja	Szövet	Koncentrálódások																			
						agyag/vasas agyag	vas			mangán		szénsavas													
	Lelőhely + mintaszám	szerves marad. ásv. szemcs. közzettör. pedorel. visz. Hom. visz. Het. orientálatlan	foltokban zónákban keresztvező zónákban	hálózatos vázrészek körüli pórusok körüli mikrokristályos szemcsehalmoz	bevonat szemcse halmoz körül	porfirios	gyakoriság	homogén	heterogén	bevonat	kitöltés	szegély	éles határvonalú vasborsó	elmosódó határvonalú vasborsó	konkrécio	bevonat	szegély	kitöltés	éles határvonalú borsó	pátitos göbecs	mikritos göbecs	bevonat	szegély	kitöltés	
71.	T_CSK_I_VII_I	x x	x	x	x		r						r												
72.	T_CSK_I_VII_II	x x	x	x	x		r																		x
73.	T_CSK_I_VII_III	x x	x	x	x			x																	
74.	T_CSK_I_VII_IV	x x	x	x	x		r																		
75.	T_CSK_I_VII_V	x x	x	x	x			x																	x x
76.	T_CSK_I_VII_VI	x x	x	x	x			x																	
77.	T_CSK_I_VII_VII	x x	x	x	x			x																	
78.	T_CSK_I_VII_VIII	x x	x	x	x			x																	
87.	T_CSK_II_I	x x	x	x	x																				
88.	T_CSK_II_II	x x	x	x	x																				
89.	T_CSK_II_III	x x	x	x	x																				
90.	T_CSK_II_IV	x x	x	x	x																				x
91.	T_CSK_II_V	x x x	x	x	x																				x
92.	T_CSK_II_VI	x x x	x	x	x																				x
93.	T_CSK_II_VII	x x	x	x	x																				
94.	T_CSK_II_VIII	x x	x	x	x																				

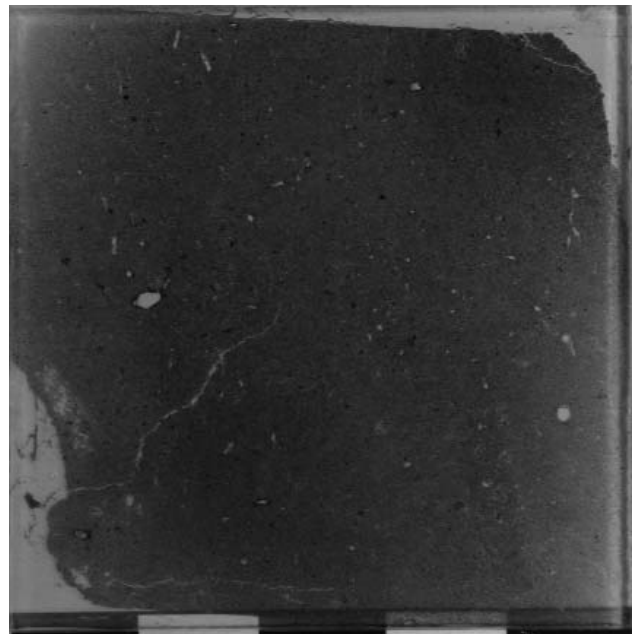
Rövidítések: T\_CSK =Tokaj Csorgókút II., x=megjelenik a csiszolatokban, gy=gyakori, r=ritka.  
Abbreviations: T\_CSK=Tokaj Csorgókút II., x= appears in the thin sections, gy=common, r=rare.

bőző mikromorfológiai jellemzőik is. A csiszolatok színe barna, sötétbarna. A vázrészeket tekintve a horizont szeretlen, illetve szerves vázrészekből áll, valószínűsíthetően a szerves vázrészek növényi maradványok lehetnek. A csiszolatokban nem találhatóak Mollusca-héjmaradványok.

Az alapanyag vasas-agyagos, viszonylag végig homogén, színe világosbarnás, barnás színű, valószínűsíthetően a szelvény vastartalma miatt. A nagyobb aggregátumokban vaskiválások is találhatóak, melyek határvonala néhol éles, néhol elmosódó. A pórusok mentén az alapanyag helyenként orientálódik, ezt az elrendeződést a nedvesedés-száradás váltakozása okozhatta (SZENDREI 1982).

A pórusokon kívül az alapanyag orientálódik néhány mintán foltokban, illetve zónásan is. A szövet mikromorfológiai szempontból szemcsehalmoznak tekinthető, a szemcsék körül bevonatot igen ritkán lehet látni. A szelvény mentén koncentrálódásokat és szeparálódásokat is lehet azonosítani, melyek gyakorisága a horizont mentén nagyobb, mint a szelvény többi, felső részén, de éles határvonalú vasborsók a szelvény teljes részén megtalálhatók. Képződésük lehet periodikusan változó oxidációs-redukciós folyamatok eredménye is (SZENDREI 2001). Ebben a szintben vas- és alumíniumkiválást, -feldúsulást, az üreg kitöltésben jelentkező Fe-, Al-dús agyaggöbcecsek kialakulását (pszeudopodzolosodást) okozhatta belső

kollúviáció is. Ugyanis a téli és nyári félév közötti jelentős hőmérsékleti különbségek kialakulásánál, a fagyváltozékony periódusban agyagdiszpergáció folyamata alakul ki, és a mélyebb szint üregeiben létrejövő agyagos



9. ábra. A fosszilis talajhorizont tipikus csiszolati képe  
Figure 9. Typical thin section image from the Middle Weichselian palaeosol

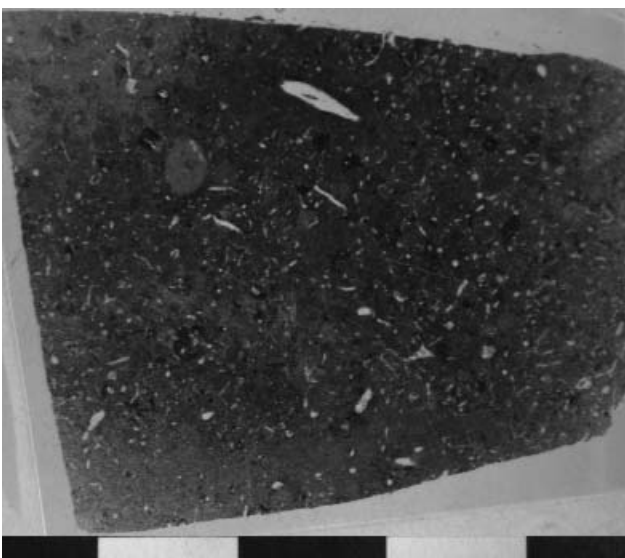
kiválások felszínén koncentrálódhatnak (DUCHAUFOR 1982).

Ennek ellenére, ha ezen hatásra rárétegződik a fenyőtűk felhalmozódása nyomán kialakuló savas pH hatása (DE CONINCK 1980), akkor a savas pH-n ez a vas- és alumínium-migrációs folyamat felerősödik, és valódi podzolosodás indul meg. Mivel a szelvényünkben a vasban és alumíniumban dús, pórusokat, üregeket kitöltő agyag és finomkőzetliszt aggregátumai (SÜMEGI 2005, SÜMEGI et al. 1996) a lucfenyőben, a fitolit maradványok alapján erdei fenyőben gazdag, szénült famaradványokban gazdag horizont alatt fejlődtek ki, ezért egy podzolosodási folyamat nyomán kialakultnak tekintjük ezt a szintet. Viszont ennek a kérdéskörnek az eldöntéséhez olyan paleoökológiai tényezőt kell megvizsgálni, amelyet az utólagos kémiai változások nem érinthettek. Éppen ezért koncentráltunk a szerkezetben megfigyelhető tulajdonságokra.

A karbonát-koncentrációk mellett a szelvény mentén mészgöbcecsek, meszes kitöltések is azonosíthatók. Az alapkőzet (lösz) nagyban befolyásolta ennek a talajosodott, magasabb agyagtartalmú horizontnak az összetételét, így a löszhöz közel lehet ezeket a meszes eredetű morfológiai bélyegeket látni. Malakológiai anyag a csiszolatokból nem került elő.

#### A szénült famaradványokat tartalmazó horizont

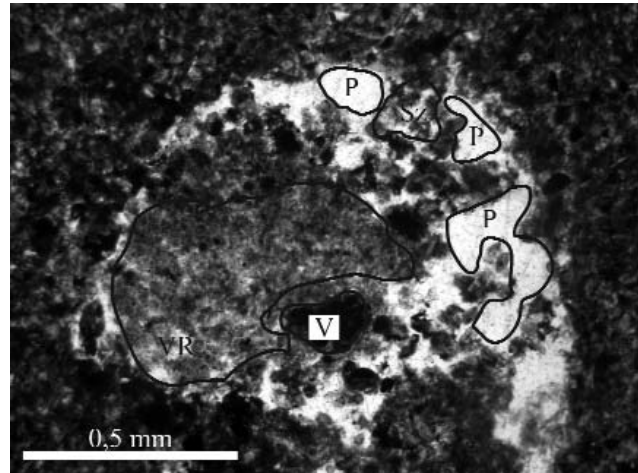
A horizontot 3 csiszolat metszete (T\_CSK\_I\_VII\_IV-VI) (10. ábra). A csiszolatok színe barna, sötétbarna. A vázrészek szerves és szervetlen részekből állnak, illetve nagyobb növényi eredetű szerves alkotók is találhatóak bennük. Az alapanyag a horizontban viszonylag homogén, agyagos, orientálatlan, illetve néhol foltokba vagy zónákba orientálódik. A horizontban (T\_CSK\_VII\_IV, T\_CSK\_VII\_V) a pórusok, illetve üregek körül is irányított az alapanyag. A turbációs nyomok különbözőek



10. ábra. A szénült famaradványokat tartalmazó horizont tipikus képe  
Figure 10. Typical image from the charcoal-rich layer

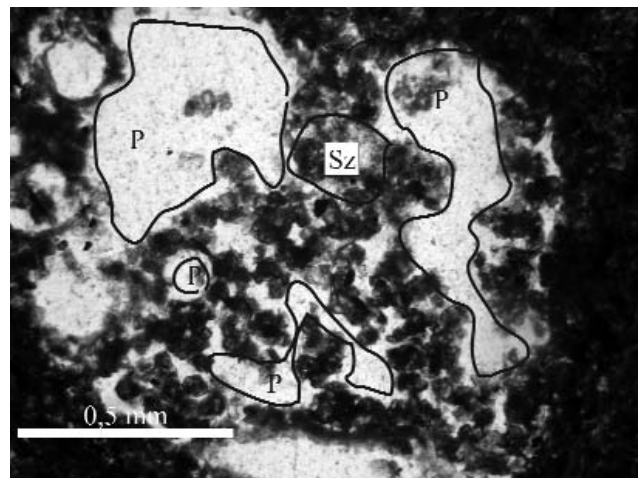
mind méretükben, mind formájukban, illetve kitöltésükben (11., 12. ábra) (STOOPS et al. 2010). A szelvény felső részében a faszenes horizont közvetlen környezetében nagyobbak a nyomok, a szelvény alsó részéhez közel a nyomok gyakorisága csökken.

A turbációs nyomokban azonosítani lehet az élőlények által mozgatott szinteket, közvetlenül a faszenes horizont



11. ábra. Turbációs-nyom a szelvény mentén, teljes kitöltéssel  
P: pórus, Sz: szemcsék, V: vaskiválás, VR: vázrész

Figure 11. Turbation-trail from the profile with full-fill  
P: pore, Sz: particles, V: iron, VR: body parts



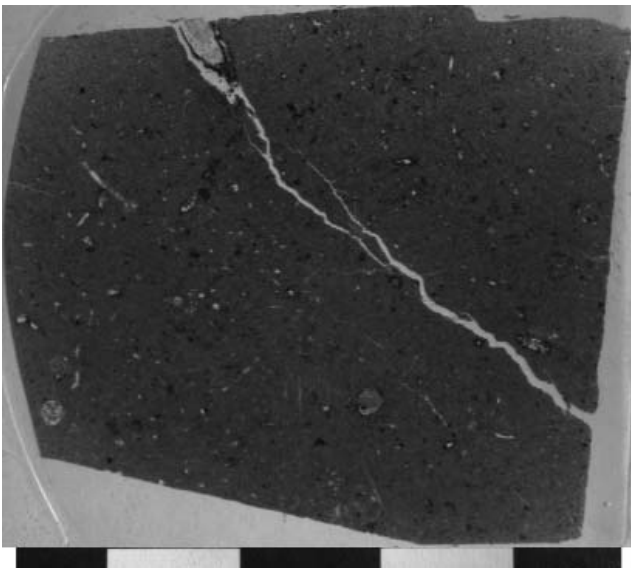
12. ábra. Turbációs-nyom a szelvény mentén, hiányos kitöltéssel  
P: pórus, Sz: szemcsék

Figure 12. Turbation-trail from the profile with incomplete-fill  
P: pore, Sz: particles

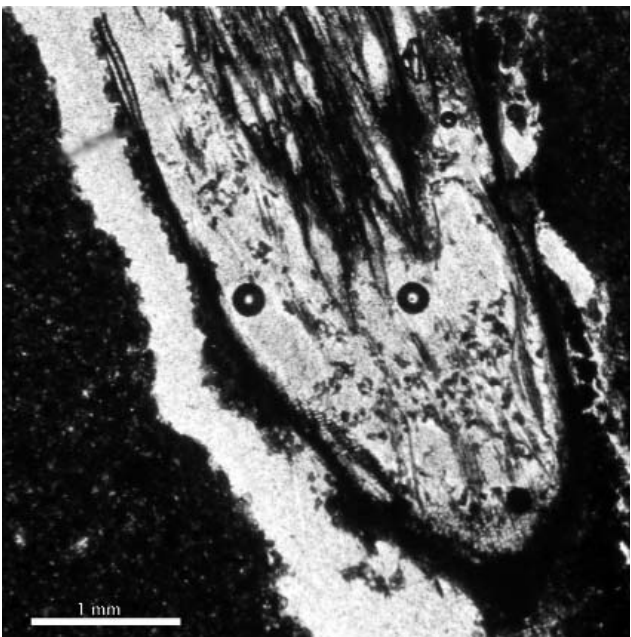
felett található homogén, kevesebb faszenet tartalmazó szintben a turbációs kitöltésekben az anyag az alsóbb horizontokból való, illetve a kitöltések is tartalmaznak szénült fákat, opak maradványokat. A metszetek szerkezete nem tömött. A szövet szemcsehalmaz típusú. Az agyagos-vasas koncentrációk és a szeparálódások gyakorisága ritka, de éles és elmosódó határvonalú vasborsókat fel lehetett ismerni. Egyéb mangános és szénsavas meszes bevonatok, szegélyek, göbcecsek nem találhatóak a csiszolatokban.

### A löszös horizont

Erről a horizontról 3 csiszolat (T\_CSK\_I\_VII\_I-III) (13. ábra) készült. A csiszolatok színe világosabb barna. A vázrészek szerves és szervetlen részekből épülnek fel. Az alapanyag viszonylag homogén megjelenésű. Az alapanyag szerveződése orientálatlan, néhol zónákban orientálódik. A szövet szemcsehalmoz. Szerkezet nélküli a szemcsés szövet megjelenése. Koncentrálódások és szeparálódások is megfigyelhetők a szelvény mentén. Közvetlenül a szénült famaradványokat tartalmazó horizont felett a T\_CSK\_I\_VII\_III csiszolatban egy nagyobb faszéndarabkát sikerült metszünk, illetve analizálnunk (14. ábra). A csiszolat alapján



13. ábra. A löszös horizontot tipikus csiszolati képe  
Figure 13. Typical image from the loess horizon



14. ábra. T\_CSK\_I\_VII\_III számú csiszolatban található növényi maradvány  
Figure 14. Vegetal residum from T\_CSK\_I\_VII\_III

ennek a szintnek a szerkezete is összetett, illetve a vázrészek szerves maradványokat, részeket is tartalmaznak. Turbációs nyomok is megtalálhatóak a csiszolatokban, teljesen vagy kisebb mértékben kitöltöttek szemcsékkel.

### A csiszolatokban megfigyelt üregek jellemzése

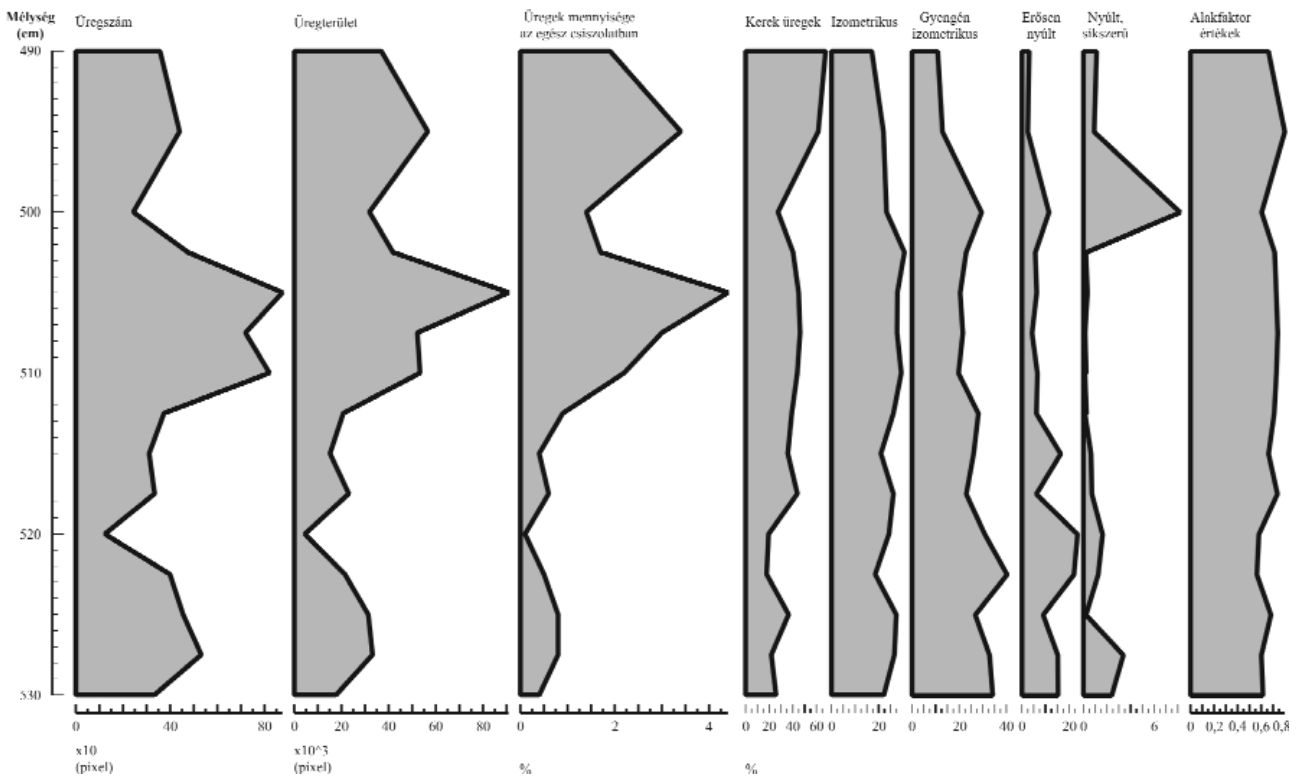
Az üregek, pórusok és repedések kvantifikálását (SZENDREI 2000) is végrehajtottuk a szelvény mentén. Az üregek száma a szelvény mentén változó volt. Magas és alacsony értékeket egyaránt kaptunk a vizsgálat során. A szelvény alsó részén az üregek száma átlagosnak mondható, ezt a tendenciát egy nagyobb mértékű üreghátrahagyás követi, majd az üregek száma közelít az átlaghoz. A „faszenes” horizont felett és magában a horizontban az üregek száma megduplázódik, és ez a magas érték több csiszolatban is jelentkezik. A változás a magas hőmérsékleten szénült famaradványokkal, azok kioldódásával, kipergésével hozható összefüggésbe.

A szelvény felső részén az üregek száma alapján egy újabb horizontot lehet feltételezni. Az üregek száma ebben a szintben normál értékre csökken. Ennek az lehet az oka, hogy az égett faszenes horizontot eolikus por temette be, és feltételezhetően a porakkumuláció már a fák égése során megindulhatott, mivel mind a lösz, mind a fekvő fosszilis talajban a faszenek körül égési udvar alakult ki (RUDNER & SÜMEGI 2001, SÜMEGI & RUDNER 2001).

Az egyes paraméterek (terület, kerület, hosszúság, szélesség) alapján alakfaktor (SKVORTSOVA 1998) kiszámítására is lehetőségünk nyílt. Az alakfaktor alapján a szelvény mentén a következő változásokat tapasztaltuk (15. ábra).

A szelvény alsó részén az alakfaktorok értéke magasabb (0,6–0,8), ami a tömött, repedezett szerkezetekre jellemző (SKVORTSOVA 1998). Ezek a szerkezetek egyszerűek, homogén kifejlődésűek. Ebben a szintben alacsony az üregek, pórusok mennyisége az egész csiszolat területéhez viszonyítva, és az egyes üregek formája is hasonló számértékű. A gyengén kifejlődött izometrikus üregek (SZENDREI 2000) száma a legtöbb. Ezeknek az üregeknek a kifejlődése a legtöbb esetben valamilyen biológiai tevékenységhez köthető. A nyúlt, síkszerű pórusok száma nem kiemelkedő, de nagyobb, mint a közvetlenül felette található horizontban. Ezek a nyúltabb üregek valószínűsíthetően nedvesedés, száradás, átfagyás és kiengedés folyamatos váltakozása mentén jöhettek létre. Az üregek mérete nagyobb, ez összefüggésbe állhat a gyengén izometrikus kifejlődésű üregek számával.

A következő horizontban (520–523 cm) az alakfaktor értéke a szelvény mentén a legkisebb, így a szakirodalom (SKVORTSOVA 1998) alapján a rétegszerkezet: rögös (0,4–0,6) képet mutat. A rögös szerkezet kialakulásáért is a turbációs tevékenység a felelős, illetve a podzol talajokra jellemző kifejlődés (FITZPATRICK 1993). Az üregek száma, területe és az össz mennyisége csökken. Az izometrikus alakú üregek száma a legkisebb értékű a szelvény mentén. A nyúltabb üregek száma ezzel szemben a legnagyobb értékű. Ezek az alakváltozások is turbációs tevékenységhez köthetőek.



15. ábra. Az csiszolatok felvételeiből számolt kvantitatív értékek  
 Figure 15. Quantitative values from the thin sections

Az alakfaktorok értéke a következő horizontban (502–518 cm) hasonló, ám az üregek száma és alakjuk igen változatos a horizonton belül. Az üregek száma, területük és összmennyiségük a szelvény felső része felé haladva többszörös értékeket vesz fel, mint az előző horizontokban. Alakjuk szerint a kerekesebb, oválisabb üregek a gyakoriak, míg a repedések, illetve nyúltabb üregek száma elenyésző. Az alakfaktor érték végig 0,6–0,8 között van, tehát a szerkezet tömött, repedezett. A horizont felső részén — „faszenes” szint (SÜMEGI 2005) — az alakfaktor értékek nem változnak, de az üregek száma, területe és összmennyisége megnövekszik, maximális értéket vesz fel. Az alakfaktorok és az üregek paraméterei alapján egy következő szintet lehet feltételezni. Az üregek száma, területe, összmennyisége közelít a minimumhoz, a nyúlt, síkszerű üregek száma megnövekszik, maximális értékekű. Ez a szint szinkronban van az eddig leírt faszenes horizonttal, valószínűsíthető, hogy ezek az üregek az égett faszendarakból kiesésük jelezhetik.

A legfelső löszös horizontban az üregek száma, területe és összmennyisége csökken, a kerekded, ovális alakú üregek száma növekszik.

#### Bővített talajtani vizsgálatok eredményei

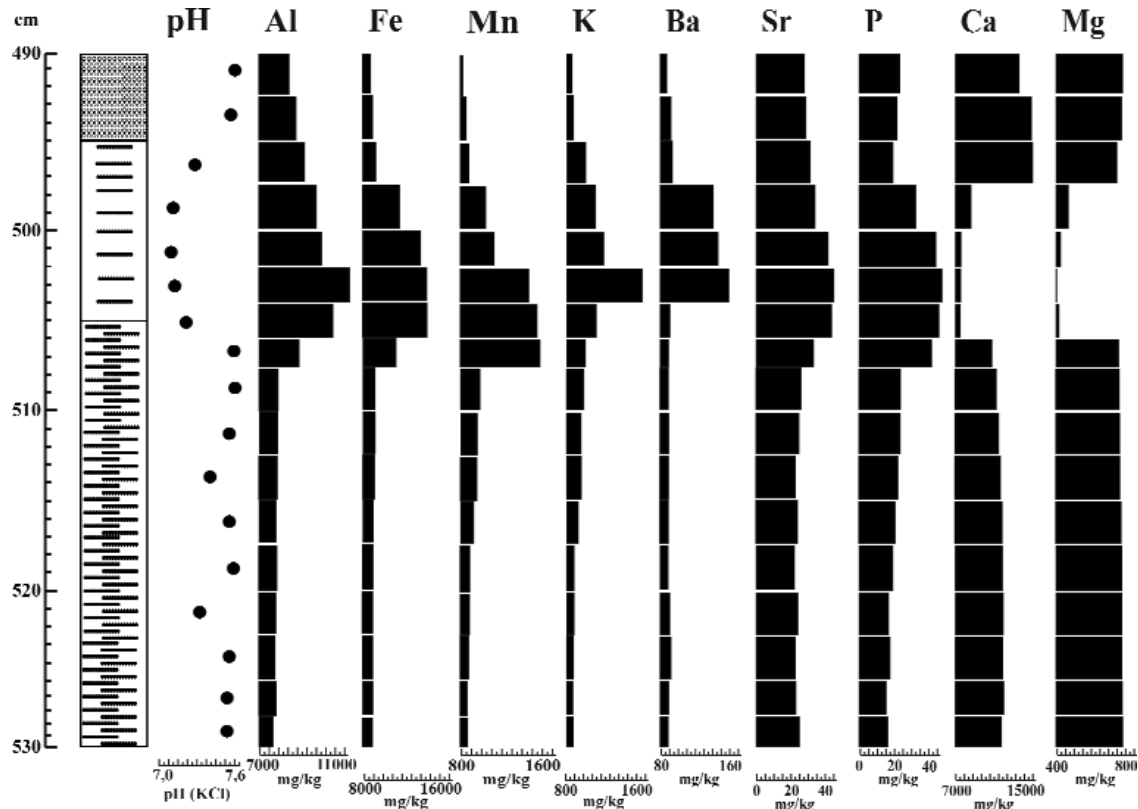
A 16. ábrán jól látható, hogy a bővített talajtani vizsgálatok során kimutatott elemösszetétel és pH-érték változásai alapvetően a makroszkóposan kimutatható

rétegeket követik. Így a fedő löszrétegben az enyhén lúgos pH (7,5–7,6) mellett Ca-, Mg-maximum alakult ki, ezzel párhuzamosan az Al-, Fe-, Mn-, K-, Ba-, P-tartalom minimálisra csökkent a vizsgált szelvényrészben.

A szénült fenyőmaradványokban gazdag szintben ez az elemösszetétel alapvetően megváltozott, a pH 7,1–6,9 érték közé csökkent, a Ca-, Mg-tartalom visszaesett, az Al-, Fe-, Mn-, K-, Ba-, Sr-, P-tartalom pedig maximumot mutatott. Az elemösszetétel változása egyértelműen az égett faszenes szint kialakulásával, a lucfenyő és erdei fenyőkben gazdag növényzet okozta változásokkal hozható összefüggésbe. Ezek az elemösszetételi változások egyrészt a fenyőtűk és mohamaradványok felhalmozódása nyomán alakultak ki, mivel a fenyőtűk és a mohák alkotta avar a pH-értéket savas irányba tolja el (JERSAK et al. 1995). A savas pH-n az Al, Fe, Mn kioldódik a szilikátokból, míg a Ca, Mg elemek mélyebb szintre transzportálódnak (ENGSTRÖM & HANSEN 1984).

A fenyőmaradványok felhalmozódása emellett Ba-, Sr-tartalom jelentős növekedéséhez vezet, mivel az erdei fenyő, lucfenyő minden részében jelentős Ba, Sr koncentráció (BOWEN & DYMOND 1955). Így ezen növényzetből kialakult avar is gazdag lesz ezekben az elemekben. Az égett növényi maradványok felhalmozódása egy rétegben jelentős kálium-többlet kialakulásához vezet (PACKHAM et al. 1992), mint az a szénült famaradványokban, gazdag rétegben is megfigyelhető (16. ábra).

A szénült famaradványokban gazdag szint alatti fosszilis talajban az Al-, Fe-, Mn-, Ba-, Sr-, P-, és K-tartalom fokoza-



16. ábra. A szelvény elemösszetéti diagramja

Figure 16. Element composition diagram of the profile

tosan csökkent, míg a Ca-, Mg-szint valamelyest megemelkedett. A pH ismét enyhén lúgossá (7,3–7,6 értékek közöttivé) vált.

A három, makroszkóposan elkülöníthető réteg így elemösszetétel alapján is világosan elkülönül, viszont a réteghatárokon látható, hogy a szingenetikus és posztgenetikus kémiai elemmozgások hatására a geokémiai horizontok nem feleltethetők meg automatikusan az üledékrétegeknek.

Valószínű, hogy a fedő löszrétegből utólagosan jelentős mennyiségű kalciumot és magnéziumot tartalmazó karbonát oldódott ki a lösz közvetlen fekjét alkotó, szénült famaradványokban gazdag horizontjába. Így a két réteg határa elmosódottan jelentkezik csak. A savasabb pH-val, szingenetikus Al-, Fe-, Mn-mozgással jellemezhető szénült famaradvány-szint mélyebb részén, és a fekében található meszesebb és lúgosabb fosszilis talaj határán egy pH-függő kémiai front alakult ki. Ennek nyomán fejlődött ki az alumíniumban, vasban, mangánban dúsabb horizont, mivel ezek az elemek a pH változására rendkívül érzékenyen reagálnak, és az égett szint alatti, lúgos pH-val jellemezhető horizontban kicsapódhattak.

## Diszkusszió

A tokaji Csorgókút II. lelőhelyen kiemelt monolitokból és az ezekből készített vékonycsiszolatokból előállított preparátumok előzetes vizsgálata alapján egyértelműen észre-

vehető egy magasabb szervesanyag-tartalmú, jelentős Ba-, Sr-tartalmú, a talaj pH-t savas irányba elmozdító, Fe-, Mn-, Al-mobilitást elindító (BOWEN & DYMOND 1955, WILLIS et al. 1997), azaz erőteljes podzolosodási folyamatokért (DE CONINCK 1980) felelős, fenyőfélleket, erdei fenyő, lucfenyő maradványokat tartalmazó réteg.

A szelvény makroszkópos vizsgálatok egyértelműen el lehetett, akár szín alapján, különíteni egymástól a löszös, faszénben gazdag, illetve talajosodott horizontot. Az agyag és finomkötetliszt ezekben a szintekben maximális értékeket ér el, az egykori talajképződés során bekövetkező szingenetikus változásokkal, intenzívebb mállással (ALVAREZ & LAVADO 1998), illetve az agyagszemcsék utólagos, posztgenetikus mozgásával, belső kolluviációval (KEMP 1985), magyarázható. A vaskoncentrációk igen ritkák a faszénes horizont felett, illetve közvetlenül az égett szintben. Ezen kör alakú felhalmozódások száma a paleotalaj horizontban megnövekedett, ezek mellett az éles határvonalú vasborsók száma is megnőtt. Az éles határvonalú koncentrációk mellett le lehet írni elmosódó határvonalú részeket is. A mézskoncentrációkat tekintve csak néhány esetben találkozhattunk szénsavas mészkőtöltésekkel. A csiszolatokat vizsgálva tömött, repedezett vagy néhol szerkezet nélküli, egy helyen rögös szerkezet is előfordul.

Az üregeket, különböző turbációs nyomokat összehasonlítva a szervesanyag-, karbonáttartalom, illetve a humusztartalom értékeivel, több horizontot lehet elkülöníteni. A szelvény alsó részén a szervesanyag- és humusz-

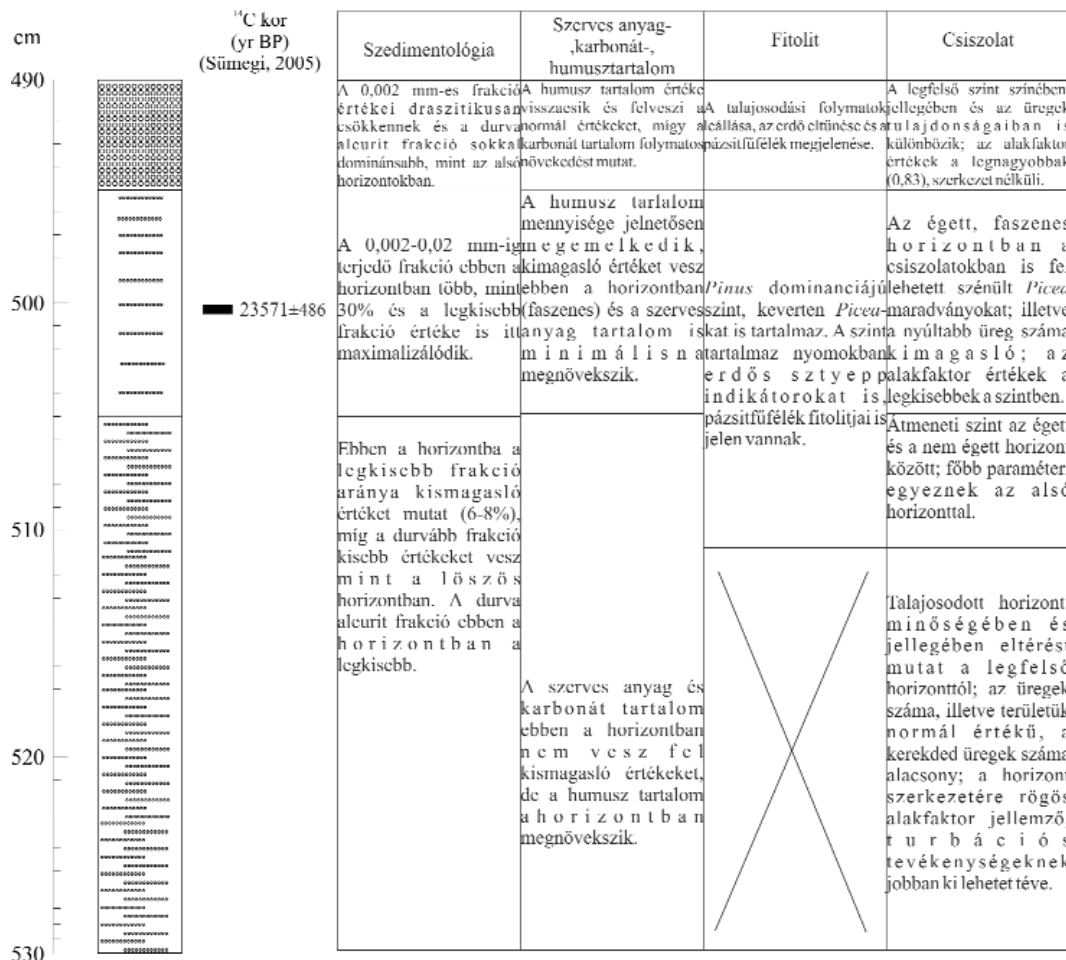
tartalom alacsony, de különböző szinteken itt is el lehet különíteni. A humusztartalom magasabb két helyen is a szelvény mentén, és ezzel a változással szinkronban vannak az egyes alaki változások is. Ahol a szervesanyag-tartalom megnövekszik, ott az üregek száma drasztikusan csökken, ahol a szervesanyag-tartalom csökken, ott az üregek száma nő. A „faszenes” horizontban a humusz mennyisége nő, ezzel párhuzamosan a nyílt, síkszerű üregek száma is megnövekszik, de az üregek össz mennyisége a csiszolatokban csökken. A korábbi anthrakológiai és malakológiai vizsgálatok során a szénült famaradványok és a malakológiai anyag alapján a vizsgált réteg kialakulásakor a kontinentalitás fokozódásával, a nyári és a téli félév közötti hőmérséklet-különbség erőteljesebbé válásával számolhatunk. Egyes vélemények szerint ez a folyamat bár hasonló kémiai horizont kialakulásához vezet, mint amilyenekre podzol rétegeknél (BHATTI et al. 1997) számíthatunk, mégsem tekinthető podzolosodásnak (FEHÉR et al. 2007). A csiszolatokban malakológiai anyag nem fordult elő, a tömeges mintákban viszont előkerült kevés malakológiai anyag. A faszenes zónában erdei környezetet jelző orsócsiga (*Clausilia*) héjtöredékei, míg a fedő löszrétegből *Trichia hispida* maradványai kerültek elő. A fajösszetétel váltása alapján a löszképződés kezdetén jelentős hőmérséklet-

csökkenés alakulhatott ki, és a mérsékelt erdei – erdősztyepp jellegű növényzetet egy nyíltabb, hideg sztyepp – erdősztyepp jellegű növényzet válthatta fel (SÜMEGI 2005).

A csiszolatokban fellelhető horizontok párhuzamosíthatók a fitolitelemzés egyes szintjeivel is. A fitolitelemzés adatai alapján egyértelműen kirajzolódik egy *Pinus* dominanciájú, keverten *Picea* fajokat tartalmazó erdő, melynek alján a mohák is jelen voltak.

A pázsitfűfélék jelenléte folyamatos, azonban igen kis mennyiségben voltak jelen. A TCS-II/9 és 10 minták esetében van eltérés a monoliton belül, amit a paleotalaj képződés leállításával, az erdő eltűnésével és ezzel együtt pázsitfűfélék előretörésével magyarázhatunk. Külön érdekesség, hogy a TCS-II/6 mintából előkerültek olyan fitolitok, melyek az erdősztyepp indikátor trichóma fitolitjai. Meglepő, hogy éppen abból a szintből származik, ahol a *Pinus* visszaszorul és a *Picea* jelenléte erősödik. Ebben a szintben a legnagyobb a pázsitfűfélék (*Poaceae*) fitolitjainak az aránya a paleotalajon belül. Elképzelhető, hogy ez a szint a fenyőerdő felnyílását jelzi, és jó párhuzamot mutat a malakológiai anyag változásával.

Adataink alapján egyértelműen elfogadhatóak a korábbi elképzelések, amelyek a természetes erdőtüzek kialakulását éghajlati változáshoz, a talajképződés lezárulásához és a



17. ábra. Az eredmények összesített értékelése

Figure 17. Cumulative assessment of the results

lőszképződés kezdetéhez kapcsolták (SÜMEGI, 2005, SÜMEGI et al. 1996).

Mindössze két mintából (TCS–II/4 és 5) sikerült kevés szivacsstűt feltárni. Magyarország déli és középső területeiről származó löszminták (Katymár, Makó, Solt) mindegyike jelentős számú, általában mezozoos szivacsstűt tartalmazott, melyek a lösz alapanyagának lepusztulási területeihez kötődnek (PERSAITS 2010, PERSAITS & SÜMEGI 2011). A tokaji szelvény esetében azonban az eolikus löszben sincs szivacsstű, így más lepusztulási területtel számolhatunk, mint az Alföld déli részén található löszök esetében. Valószínűsíthető, hogy ezek a fosszilis talajban feltárt szivacs-maradványok nem áthalmozottak, hanem helyben, elszórta édesvízi pocsolókban élhettek, ugyanis nincsenek jelen minden vizsgált mintában, a számuk pedig elenyésző (17. ábra).

### Konklúzió

A Kárpát-medencei löszös képződmények ÉK-i peremén, a tokaji Kopasz-hegyen, a Csorgókúti-völgy torkolatánál található mintegy 15 méteres szelvényben három löszréteget és két fosszilis talajréteget tartalmazó szelvényt vizsgáltunk. A szelvény a kora-würmtől a késő-würmig, más megközelítésben az alsó-pleniglaciálitól a késő-pleniglaciálisig tartó, megközelítőleg 70–16 ezer cal BP évek között fejlődött ki. A MIS4–MIS2 szintet átfogó löszös rétegsor felső szintjén, a magyarországi löszök besorolásánál használatos klasszikus beosztás szerinti „Mende Felső 1 Fosszilis talajszintben” (PÉCSI 1993), egy a korábbi leírásoktól eltérő kifejlődésű, fosszilis talajhorizontot sikerült feltárni.

Az üledékfeldani, geokémiai, mikromorfológiai és őslénytani vizsgálatok alapján a „Mende Felső Fosszilis talajszint” felső horizontja (MF1) képződésének a végén és a fedő löszréteg kifejlődésének a kezdetén, 32 és 25 cal BP évek közötti éghajlati változások, a fokozatos lehűlés hatására előbb egy erdei fenyő dominanciájú tűlevelű erdő, majd

egy lucfenyő dominanciájú erdőssztyepp alakult ki. Ezt követően a lucfenyves erdőssztyepp hideg kontinentális klímájú erdőssztyeppé alakult át. Ezzel párhuzamosan a talajképződés is átalakult, az erdei fenyő maradványos fosszilis talaj előbb egy égett lucfenyő maradványokban gazdag, podzolos jellegű talajszintté alakult át, majd ezt a szintet lefedte és fixálta a késő-würm korú löszréteg.

Elemzéseink alapján a „Mende Felső talajkomplexum” felső horizontjának (MF1) szintjében nem csak csernozjom jellegű talajok fejlődtek ki, mint azt a klasszikus leírások (PÉCSI 1967, 1975, 1977, 1987, 1993; PÉCSI & PEVZNER 1974; PÉCSI et al. 1979; FRECHEN et al. 1997) vagy a legújabb löszrétegtani cikkek (GÁBRIS 2003, 2006; GÁBRIS et al. 2000, 2002; KOLOSZÁR & MARSÍ 1999; KOLOSZÁR, 2011) a főbb feltárások alapján állítják, mivel ettől eltérő talajok — erdőssztyepp (PÉCSI 1998) is kimutathatóak ebben a szintben.

A tokaji szelvényben a korábbi leírásoktól eltérő vegetáció- és talajfejlődés nyomán felülvizsgálatra szorulnak azok a klíma- és környezettörténeti modellek és elképzelések is (GÁBRIS, 2003, 2006; GÁBRIS & NÁDOR 2007; GÁBRIS et al. 2000, 2002; FÁBIÁN et al. 2000), amelyek egyetlen fejlődési sorozatban, sok esetben igen szélsőséges környezeti feltételeket rekonstruálva mutatták be az egész Kárpát-medence jégkor végi fejlődését. Adataink nyomán megerősítést nyertek azok a korábbi elképzelések (KREZTOI 1977; SÜMEGI 1995, 2005; SÜMEGI et al. 1996), amelyek a Kárpát-medence jégkori környezetének sokszínűségét, a lokális, regionális hatások erőteljes szerepét hangsúlyozták a medence környezeti fejlődésében.

### Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk megköszönni dr. Újvári Gábornak a cikk lektorálása során nyújtott hasznos észrevételeket, tanácsokat. Ez a munka a „TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012” pályázat keretein belül jött létre.

### Irodalom — References

- ALBINI, F. A. 1993: Dynamics and modelling of vegetation fires: observations. — In: CRUTZEN, P. J. & GOLDAMMER, J. G. (eds): *Fire in the Environment: The Ecological, Atmospheric and Climatic Importance of Vegetation Fires*. Wiley, Chichester, UK, 39–52.
- ALVAREZ, L. & LAVADO, R. S. 1998: Climate, organic matter and clay content relationships in the Pampa and Chao soils, Argentina. — *Geoderma* **83**, 127–141.
- ASOUTI, E. & AUSTIN, P. 2005: Reconstructing woodland vegetation and its relation to human societies, based on the analysis and interpretation of archaeological wood charcoal macro-remains. — *Environmental Archaeology* **10**, 1–18.
- BEALL, F. C. 1972: Introduction to thermal analysis in the combustion of wood. — *Wood Science* **5**, 102–108.
- BECZE-DEÁK, J., LANGOHR, R. & VERRECCHIA, E., 1997: Small scale secondary CaCO<sub>3</sub> accumulations in selected sections of the European loess belt: Morphological forms and potential for paleoenvironmental reconstruction. — *Geoderma* **76**, 221–252.
- BERÉNYI ÜVEGES, J., HORVÁTH, Z., MICHELI, E., MINDSZENTY, A. & NÉMETH, T. 2003: Reconstructing Quaternary pedogenesis in a paleosol sequence in Hungary. — *Quaternary International* **106–107**, 61–71.
- BHATTI, J. S., COMERFORD, N. B. & JOHNSTON, C. T. 1997: Influence of Oxalate and Soil Organic Matter on Sorption and Desorption of Phosphate onto a Spodic Horizon. — *Soil Science Society of America Journal* **62**, 1089–1095.
- BLINNIKOV, M., BASUCCA, A. & WHITLOCK, C. 2002: Reconstruction of the late Pleistocene grassland of the Columbia basin, Washington, USA, based on phytolith records in loess. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **177**, 77–101.

- BOKHORST, S., HUISKES, A. D., CONVEY, P., SINCLAIR, B. J., LEBOUVIER, M., VAN DE VIJVER, B. & WALL, D. H. 2011: Microclimate impacts of passive warming methods in Antarctica: implications for climate change studies. — *Polar Biology* **34**, 1421–1435.
- BOWEN, H. J. M. & DYMOND, J. A. 1955: Strontium and barium in plants and soils. — *Proceedings of the Royal Society* **144B**, 355–368.
- BRAADBAART, F. & POOLE, I. 2008: Morphological, chemical and physical changes during charcoalification of wood and its relevance to archaeological contexts. — *Journal of Archaeological Science* **35**, 2434–2445.
- BRONGER, A. 1975: Paläoböden als Klimazeugen — dargestellt am Löss-Böden-Abfolgen des Karpatenbeckens. — *Eiszeitalter und Gegenwart* **26**, 131–154.
- BRONGER, A. 2003: Correlation of loesspaleosol sequences in East and Central Asia with SE Central Europe: towards a continental Quaternary pedostratigraphy and paleoclimatic history. — *Quaternary International* **106–107**, 11–31.
- BULLOCK, P., FEDOROFF, N., JONGERIUS, A., TURSINA, T. & STOOBS, G. 1985: *Handbook for soil thin section description*. — Waine Research Publications, England, 152 p.
- BUZÁS I. 1993: *Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv I.* — Budapest: Tótfalusi Tannyomda. 357 p.
- CASAGRANDE, A. 1934: *Die Areometer-Methode zur Bestimmung der Kornverteilung von Böden und anderer Materialien*. — Springer Verlag, Berlin.
- CASAGRANDE, A. 1947: Classification and Identification of Soils. — *Proceeding of American Society of Civ. Engineers* **78**, 783–810.
- CHANDLER, C., CHENEY, P., THOMAS, P., TRABAUD, L. & WILLIAMS, D. 1983: *Fire in Forestry Volume 1: Forest Fire Behavior and Effects*. — John Wiley and Sons, New York, 450 p.
- DÁNIEL, P. 2004: Methods of the five-step extraction-digestion method., Results of the five-step extraction-digestion method. — In: SÜMEGI, P. & GULYÁS, S. (eds): *The geohistory of Bátorliget Marshland*. — Archaeolingua Press, Budapest, 98–108.
- DÁNIEL, P., KOVÁCS, B., GYÖRI, Z. & SÜMEGI, P. 1996: New complex geochemical investigation method for lake sediments. — *Abstract of IV. Soil and Sediment Contaminant Analysis Workshop. Lausanne*, p. 36.
- DEAN, W. E. 1974: Determination of the carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignitions: comparison with order methods. — *Journal of Sedimentary Petrology* **44**, 242–248.
- DE CONINCK, F. 1980: Major mechanisms in formation of spodic horizons. — *Geoderma* **24**, 101–128.
- DEZSÓ J. 2011: A dél-dunántúli karsztos területek morfológiai, üledékföldtani vizsgálata és összehasonlító értékelésük analóg képződményekkel. — *PhD értekezés*, Pécs, 183 p.
- DUCHAUFOR, P. 1982: *Pedology: pedogenesis and classification*. — London. George Allen & Unwin, 448 p.
- ENGEL-DI MAURO, S. 1995: Constructing the paleovegetational record for the buried soils in the Hungarian young loess sequence: a view from phytolith analysis. — *LOESS in FORM 3*, Budapest, Geographical Research Institute, Hungarian Academy of Science, 79–94.
- ENGSTRÖM, D. R., & HANSEN, B. C. S. 1984: Postglacial vegetation change and soil development in southeastern Labrador as inferred from pollen and chemical stratigraphy. — *Canadian Journal of Botany* **63**, 543–561.
- FÁBIÁN SZ.Á., KOVÁCS J. & VARGA G. 2000: Újabb szempontok hazánk periglaciális klímájához. — *Földrajzi Értesítő* **49**, 189–204.
- FEHÉR, O., LANGOHR, R., FÜLEKY, Gy. & JAKAB, S. 2007: Late Glacial-Holocene genesis of Andosols from the Seaca-Tătarca (South-Gurghiu Mountains, Romania). — *European Journal of Soil Science* **58/2**, 405–418.
- FITZPATRICK, E. A. 1993: *Soil microscopy and micromorphology*. — John Wiley & Sons. Chichester. 304 p.
- FRECHEN, M., HORVÁTH, E. & GÁBRIS, Gy. 1997: Geochronology of Middle and Upper Pleistocene Loess Sections in Hungary. — *Quaternary Research* **48**, 291–312.
- GÁBRIS, Gy. HORVÁTH, E., NOVOTHNY, Á., ÚJHÁZY, K. 2000: Environmental changes during the Last-, Late- and Postglacial in Hungary. — In: KERTÉSZ, Á. & SCHWEITZER, F. (eds): *Physico-geographical research in Hungary*. — Budapest, Geographical Research Institute of Hungarian Academy of Sciences. *Studies in Geography in Hungary* **32**, 47–61. (
- GÁBRIS, Gy., HORVÁTH, E., NOVOTHNY, Á., ÚJHÁZY, K. 2002: History of environmental changes from the Last Glacial period in Hungary. — *Praehistoria* **3**, 9–22.
- GÁBRIS Gy. 2003: A földtörténet utolsó 30 ezer évének szakaszai és a futóhomok mozgásának főbb periódusai Magyarországon. — *Földrajzi Közlemények* **127**, 1–14.
- GÁBRIS Gy. 2006: A hazai löszök és paleotalajok összevetése a pleisztocén globális időrendjével. — *Miskolci Egyetem Közleményei, A. sorozat Bányászat* **69**, 57–68.
- GÁBRIS, Gy. & NÁDOR, A. 2007: Long-term fluvial archives in Hungary: response of the Danube and Tisza rivers to tectonic movements and climatic changes during the Quaternary: a review and new synthesis. — *Quaternary Science Reviews* **26**, 2758–2782.
- GEIGER J. 2007: *Statistikai alapú földtani mintavétel*. — JATEPress Kiadó, Szeged, 102 p.
- GOLYEVA, A. A., 2001a: Biomorph analysis as a part of soil morphological investigations. — *Catena* **43**, 217–230.
- GOLYEVA, A. A., 2001b: *Fitoliti i ih informacionaja rol v izucsenii prirodnih i arceologicseszkih objektov*. — Nauk Rossziszskaja Akademiya, Moskva.
- GOLYEVA, A. A., ALEXANDOVSKIY, A. L. & TSELISHCHEVA, L. K. 1995: Phytolith analysis of Holocen Paleosols. — *Eurasian Soil Science* **27/2**, 46–56.
- GYARMATI P. 1974: *Tarcal–Tokaj. Magyarázó a Tokaji-hegység földtani térképéhez. 25 000 sorozat*. — MÁFI Kiadvány, Budapest, 67 p.
- HORVÁTH, Z., MICHÉLI, E., MINDSZENTY, A. & BERÉNYI ÜVEGES, J. 2005: Soft-sediment deformation structures in late Miocene-Pliocene sediments on the pediment of the Matra Hills (Visonta, Atkár, Verseg): Cryoturbation, load-structur. — *Tectonophysics* **410/1–4**, 81–95.
- HORVÁTH Z. 2007: *Negyedidőszaki környezetváltozások nyomai poszt-pannóniai üledékeken és paleotalajokon (Mátraalja, Visonta)*. PhD dolgozat, ELTE.
- IMBRIE, J., HAYS, J. D., MARTINSON, D. G., MCINTYRE, A., MIX, A. C., MORLEY, J. J., PACES, N. G., PRELL, W. L. & SHACKLETON, N. J. 1984: *The orbital theory of Pleistocene climate: Support from a revised chronology of the marine <sup>18</sup>O record in Milankovitch and Climate, Part I*. — D. Reidel, Norwell, Mass., 269–305



- JACOMET, S. & KREUZ, A. 1999: *Archäobotanik. Aufgaben, Methoden und Ergebnisse vegetations und agrargeschichtlicher Forschung*. Ulmer, Stuttgart, 368 p.
- JÁNOSSY D. 1979: *A magyarországi pleisztocén tagolása gerinces faunák alapján*. — Akadémiai Kiadó, Budapest, 207 p.
- JERSAK, J., AMUNDSON, R. & BRIMHALL, J. G. 1995: A mass balance analysis of podzolization: examples from the northeastern United States. — *Geoderma* **66**, 15–42.
- KEMP, R. A. 1985: Soil Micromorphology and the Quaternary. — *Quaternary Research Association Technical Guide* **2**, Cambridge, 80 p.
- KEMP, R. A. 1998: Role of micromorphology in paleopedological research. — *Quaternary International* **51/52**, 133–141 pp.
- KOLOSZÁR L. & MARSÍ I. 1999: Az Üvegghuta melletti dombvidék (Mórággyi-rög K-i része) negyedidőszaki képződményei. — *Földtani Közlöny* **129/4**, 521–540.
- KOLOSZÁR, L. 2011: The thickest and the most complete loess sequence in the Carpathian basin: the borehole Udvari–2A. — *Central European Journal of Geosciences* **2/2**, 165–174.
- KOZÁK, M. & RÓZSA, P. 1982: A Tokaji-Nagyhegy földtani fejlődéstörténete. — *Acta Geographica, Geologica et Meteorologica Debrecina* **20**, 167–190.
- KUBIENA, W. L. 1938: *Micropedology*. — Colligate Press Inc., Ames, Iowa, 243 p.
- KRETZOI, M. 1977: Ecological conditions of the “loess period” in Hungary as revealed by vertebrate fauna. — *Földrajzi Közlemények* **25**, 75–89.
- KROLOPP, E. 1983: Biostratigraphic division of Hungarian Pleistocene Formations according to their Mollusc fauna. — *Acta Geologica Hungarica* **26**, 62–89.
- KROLOPP E. & SÜMEGI P. 1992: A magyarországi löszök képződésének paleoökológiai rekonstrukciója Mollusca fauna alapján. — In: SZÖÖR Gy. (szerk.): *Fáciesanalitikai, paleobiogeokémiai és paleoökológiai kutatások*. MTA Debreceni Akadémiai Bizottság, Debrecen, 247–263.
- LEWIS, H. T. & FERGUSON, T. A. 1988: Yards, corridors and mosaics: how to burn a boreal forest. — *Human Ecology* **16**, 57–77.
- LU, H. Y., WU, N. Q., YANG, X. D., JIANG, H., LIU, K. & LIU, T. S. 2006: Phytoliths as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in China I: Phytolith-based transfer functions. — *Quaternary Science Reviews* **25**, 945–959.
- MADELLA, M., POWERS-JONES, A. H. & JONES, M. K. 1998: A Simple Method of Extraction of Opal Phytoliths from Sediments Using a Non-Toxic Heavy Liquid. — *Journal of Archaeological Science* **25**, 801–803.
- MADELLA, M., ALEXANDRE, A. & BALL, T. 2005: International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. — *Annals of Botany* **96**, 253–260.
- MOORE, J. 2000: Forest fire and human interaction in the early Holocene woodlands of Britain. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **164**, 125–137.
- Munsell Soil Color Charts 1975: Munsell Color Company, Baltimore, MD.
- OSTERREITH, M., MADELLA, M., ZURRO, D. & ALVAREZ, M. F. 2009: Taphonomical aspects of silica phytoliths in the loess sediments of the Argentinean Pampas. — *Quaternary International* **193**, 70–79.
- PACKHAM, J. R., HARDING, D. J. L., HILTON, G. M. & STUTTARD, R. A. 1992: *Functional ecology of woodlands and forests*. — Chapman and Hall, London, England, 424 p.
- PEARSALL, D. M. 1979: *The Application of Ethnobotanical Techniques to the Problem of Subsistence in the Ecuadorian Formative*. — Ph.D. dissertation, University of Illinois, Urbana-Champaign, University Microfilms, Ann Arbor, Michigan.
- PERSAITS G. 2010: *A fitolitok szerepe a geoarchaeológiai minták értékelésében*. — Doktori (PhD) értekezés. SZTE TTIK Földtani és Őslénytan Tanszék, Szeged, 147 p.
- PERSAITS G., & SÜMEGI P. 2011: A fitolitok szerepe a régészeti geológiai és környezettörténeti minták értékelésében. — In: UNGER, J. & PÁL-MOLNÁR E. (szerk.): *Geoszféra 2010*. GeoLitera, 307–354.
- PÉCSI M. 1967: A löszfeltárások üledékeinek genetikai osztályozása a Kárpát-medencében. — *Földrajzi Értesítő* **16**, 1–19.
- PÉCSI, M. 1975: Lithostratigraphical subdivision of the loess sequences in Hungary. — *Földrajzi Közlemények* **23**, 228–239.
- PÉCSI M. 1977: A hazai és az európai löszképződmények paleogeográfiai kutatása és összehasonlítása. — *Geonómia és Bányászat*. MTA X. Osztályának Tudományos Közleményei **10**, 183–221.
- PÉCSI, M. 1987: The locality of young loess in Hungary at Mende. — In: PÉCSI, M. & VELICHKO, A. A. (eds): *Paleogeography and loess*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 35–53.
- PÉCSI M. 1993: *Negyedkor és löszkutatás*. — Akadémiai Kiadó, Budapest, 375 p.
- PÉCSI M. 1998: Lösz- és őstalajszorozatok és negyedidőszaki ősföldrajzi változások kutatásának elvi, módszertani kérdései. — In: HAAS, J. (ed.): *Fülöp József emlékkönyv*. Akadémiai Kiadó, 263–279.
- PÉCSI, M. & PEVZNER, M. A. 1974: Paleomágneses vizsgálatok a paksi és a dunaföldvári löszösszletekben. — *Földrajzi Közlemények* **22**, 215–224.
- PÉCSI, M., SZEKENYI, E. & PEVZNER, M. A. 1979: Upper Pleistocene Litho- and Chronostratigraphical type profile from the exposure at Mende. — *Acta Geologica Hungarica* **22**, 371–389.
- PINCZÉS Z. 1954: A tokaji Kopasz-hegy lösztakarója. — *Földrajzi Értesítő* **3**, 575–584.
- PINCZÉS, Z. 1987: *Guide book of excursions. Carpatho-Balkan Geomorphological Commission*. — Debrecen, 64 p.
- PIPERNO, D. R. 2006: *Phytoliths. A Comprehensive Guide for Archaeologists and Paleocologists*. — Altamira Press, Oxford, 238 p.
- RUDNER, Z. E. & SÜMEGI, P. 2001: Recurring taiga forest-steppe habitats in the Carpathian Basin. — *Quaternary International* **76/77**, 177–189.
- RUDNER, Z. E. & SÜMEGI, P. 2002: Charcoal as a remain of natural and human-set fires of Palaeolithic Times — case study from Hungary. — *British Archaeological Report* **1089**, 11–18.
- SCHATZ, A., ZECH, M., BUGGLE, B., GULYÁS, S., HAMBACH, U., MARKOVIC, S. B., SÜMEGI, P. & SCHOLTEN, T. 2011: The late Quaternary loess record of Tokaj, Hungary: Reconstructing paleoenvironment, vegetation and climate using stable C and N isotopes and biomarkers. — *Quaternary International* **240**, 52–61.

- SCHATZ, A., BUYLAERT, J. P., MURRAY, A., STEVENS, T. & SCHOLTEN, T. (in press): Establishing a luminescence chronology for a palaeosol-loess profile at Tokaj (Hungary): quartz OSL and post-IR IRSL. — *Quaternary Geochronology*, Sp. Issue LED 2011, in press.
- SKVORTSOVA, Ye. B. 1998: Micromorphometric types of pore space arrangement in loamy soils of Russain plain. — *Summaries, 16th world congress of soil science. Montpellier. France. 20–26 august 1998. Vol. 2.*, p. 565.
- STIEBER, J. 1957: *A hazai felső-pleisztocénből származó faszénmaradványok antrakotómiai vizsgálata.* — Kandidátusi disszertáció, Budapest.
- STIEBER J. 1967: A magyarországi felső-pleisztocén vegetációtörténete az antrakotómiai eredmények (1957-ig) tükrében. — *Földtani Közlöny* **97**, 308–316.
- STIEBER J. 1968: *Antrakotómia, quarter kronológia és a hazai pleisztocén vegetáció.* — Akadémiai Doktori Értekezés. (elbírátlan)
- STIEBER J. 1969: A hazai későglaciális vegetációtörténet antrakotómiai vizsgálatok alapján. — *Földtani Közlöny* **99**, 188–193.
- STOOPS, G. & JONGERIUS, A. 1975: Proposal for a micromorphological classification of soil materials. I. A classification of the related distributions of fine and coarse particles. — *Geoderma* **13**, 189–199.
- STOOPS, G., MARCELINO, V. & MEES, F. 2010: *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths.* — Elsevier, Amsterdam. 720 p.
- SÜMEGI P. 1989: *Hajdúság felső-pleisztocén fejlődéstörténete finomrétegtani (üledékföldtani, őslénytani, geokémiai) vizsgálatok alapján.* — Egyetemi doktori értekezés, Debrecen, 96 p.
- SÜMEGI P. 1995: Az utolsó 30.000 év változásainak rekonstrukciója őslénytani adatok alapján a Kárpát-medence centrális részén. *“Berényi Dénes professzor születésének 95. évfordulója” tiszteletére rendezett tudományos emlékülés előadásai.* MTA Debreceni Területi Bizottsága, Meteorológiai Munkabizottság és KLTE Meteorológiai Tanszék Kiadvány, 244–258.
- SÜMEGI P. 2001: *A negyedidőszak földtanának és öskörnyezettanának alapjai.* — JATEPress, Szeged, 212 p.
- SÜMEGI, P. 2003: *Régészeti geológia és történeti ökológia alapjai.* — JATEPress, Szeged, 224 p.
- SÜMEGI, P. 2005: *Loess and Upper Paleolithic environment in Hungary.* — Aurea Kiadó, Nagykovácsi. 312 p.
- SÜMEGI, P. & HERTELENDI, E. 1998: Reconstruction of microenvironmental changes in Kopasz Hill loess area at Tokaj (Hungary) between 15.000–70.000 BP years. — *Radiocarbon* **40**, 855–863.
- SÜMEGI P. & KROLOPP E. 1995: A magyarországi würm korú löszök képződésének paleoökológiai rekonstrukciója. — *Földtani Közlöny* **124**, 125–148.
- SÜMEGI, P. & RUDNER, E. 2001: In situ charcoal fragments as remains of natural wild fires of the Upper Würm in the Carpathian Basin. — *Quaternary International* **76/77**, 165–176.
- SÜMEGI, P., RUDNER, E., HERETELNDI, E., BORSOS, S., DELI, T., KOZÁK, J. & SZÖÖR, Gy. 1996: Paleoecological research of the loess on the Kopasz mount (Tokaj, North Hungary). — *Abstract of “Geomorphology and the Changing Environment in Europe Congress”*, Budapest, p. 112.
- SÜMEGI P., MAGYARI E., DÁNIEL P., HERTELENDI E., RUDNER E. 1999: A kardoskúti Fehér-tó negyedidőszaki fejlődéstörténetének rekonstrukciója. — *Földtani Közlöny* **129**, 479–519.
- SZABOLCS I. 1966: *A genetikus üzemi talajtérképezés módszerkönyve.* — Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet, Budapest, 428 p.
- SZENDREI G. 1982: *Gyakori alföldi talajtípusok, elsősorban szikes talajok mikromorfológiája és annak anyagforgalmi és talajgenetikai vonatkozásai.* — Kandidátusi értekezés, 167 p.
- SZENDREI, G. 2000: *Talaj-mikromorfológia.* — ELTE-Eötvös Kiadó, Budapest, 220 p.
- SZENDREI G. 2001: *A hazai talajtípusok mikromorfológiája.* — Magánkiadás 163 p.
- TWISS, P. C., SUESS, E. & SMITH, R. N. 1969: Morphological classification of grass phytoliths. — *Soil Science Society of America, Proceedings* **33**, 109–115.
- WILLIS, K. J., RUDNER, E. & SÜMEGI, P. 2000: The full-glacial forests of central and southeastern Europe: Evidence from Hungarian palaeoecological records. — *Quaternary Research* **53**, 203–213.
- WILLIS, K. J., BRAUN, M., SÜMEGI, P. & TÓTH, A. 1997: Does soil change cause vegetation change or vice-versa? A temporal perspective from Hungary. — *Ecology* **78**, 740–750.

Kézirat beérkezett: 2012. 01. 19.