

---

**SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM**  
**FÖLDTUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA**  
**FÖLDTANI ÉS ŐSLÉNYTANI TANSZÉK**

**DOKTORI ÉRTEKEZÉS**

**LÖSZÖS ALAPKÖZETŰ, ELTÉRŐ GENETIKÁJÚ FOSSZILIS  
TALAJOK MIKROMORFOLÓGIAI MEGHATÁROZÁSA ÉS  
ÉRTÉKELÉSE A KÁRPÁT-MEDENCÉBEN**

**PÁLL DÁVID GERGELY**

**TÉMAVEZETŐ:**

**DSc Habil. Sümegi Pál**

tanszékvezető egyetemi tanár



**SZEGED**

**2012**

---

*Édesapámnak, édesanyámnak*

# TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.....	5
2. KUTATÁSTÖRTÉNET.....	7
2.1. A talaj-mikromorfológiai és a régészeti talaj-mikromorfológiai kutatások kialakulása, fejlődése a világban és hazánk területén.....	7
2.2. Régészeti talaj-mikromorfológia .....	9
3. A MIKROMORFOLÓGIA SZEREPE ÉS JELENTŐSÉGE A RÉGÉSZETI GEOLÓGIAI ÉS A KÖRNYEZETTÖRTÉNETI KUTATÁSOKBAN.....	11
3.1. Mikromorfológiai szerkezeti jegyek.....	11
3.2. Mikromorfológiai struktúrák (természetes) .....	15
3.2.1. Nedvesedés, száradás hatására kialakuló mikroszerkezetek.....	15
3.2.2. Fagyás, olvadás hatására kialakuló mikroszerkezet.....	16
3.2.3. Döntően üledéklerakódás hatására kialakuló mikroszerkezet.....	17
3.2.4. Döntően bioturbációs tevékenység hatására kialakuló mikroszerkezetek .....	17
3.2.5. Döntően eróziós tevékenység hatására kialakuló mikroszerkezet .....	19
3.2.6. Több folyamat együttes hatásaként kialakuló mikroszerkezetek.....	20
3.3. Régészeti lelőhelyeken előforduló egyedülálló mikromorfológiai szerkezeti jegyek (vázrészek), és a lelőhelyeken megtalálható mikroszerkezetek változásai.....	21
3.3.1. Régészeti lelőhelyeken előforduló egyedülálló mikromorfológiai szerkezeti jegyek .....	21
3.3.2. Döntően emberi hatás következtében kialakuló mikroszerkezet .....	21
3.4. Természetes és antropogén folyamatok együttes hatásaként létrejövő mikroszerkezetek .....	22
4. FELHASZNÁLT MÓDSZEREK .....	24
4.1. Terepi mintavétel .....	24
4.2. Mintavételezés (laboratórium), csiszolatkészítés.....	26
4.2.1. Előkészítés.....	26
4.2.2. Nedvességtartalom eltávolítása .....	27
4.2.3. Impregnálás (beágyazás) .....	27

4.2.4. Metszés, vágás.....	28
4.2.5. Csiszolás, a beágyazott minta rögzítése (tárgylemezre helyezése), megfelelő méretűre csiszolása.....	28
4.3. A vékonycsiszolatok mikroszkópikus elemzése, digitális képfeldolgozása .....	29
4.4. A szervesanyag és karbonát tartalom meghatározása .....	30
5. A VIZSGÁLT LELŐHELYEK FÖLDRAJZI KÖRNYEZETE .....	31
5.1. Tokaj –Nagy-hegy (Csorgókút-II.) .....	31
5.2. Madaras-Téglavető .....	33
5.3. Kunmadaras-Ecse-halom .....	34
5.4. Zanati lelőhely .....	35
6. A LELŐHELYEKEN VÉGZETT VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI.....	37
6.1. A vizsgált szelvények időrendi besorolása irodalmi adatok alapján .....	37
6.2. A szelvények általános bemutatása, mikromorfológiai eredmények, szerkezeti jegyek.....	38
6.2.1. Tokaj-Csorgókút-II.....	38
6.2.1.1. A szelvény általános makroszkópos bemutatása és az elkészített csiszolatok elhelyezkedése .....	38
6.2.1.2. Mikromorfológiai eredmények, mikromorfológiai szerkezeti jegyek a TCSK-II szelvényből .....	40
6.2.2. Madaras-Téglavető.....	43
6.2.2.1. A szelvény általános makroszkópos bemutatása és az elkészített csiszolatok elhelyezkedése .....	43
6.2.2.2. Mikromorfológiai eredmények, mikromorfológiai szerkezeti jegyek a madarasi löszszelvényből készült csiszolatok alapján .....	45
6.2.3. Kunmadaras-Ecse-halom .....	52
6.2.3.1. A szelvény általános makroszkópos bemutatása és az elkészített csiszolatok elhelyezkedése (43. ábra) .....	52
6.2.3.2. Mikromorfológiai eredmények, mikromorfológiai szerkezeti jegyek Kunmadaras-Ecse-halomból készült csiszolatok alapján .....	53
6.2.4. Zanati lelőhely.....	56



6.2.4.1. A szelvény általános makroszkópos bemutatása és az elkészített csiszolatok elhelyezkedése .....	56
6.2.4.2. Mikromorfológiai eredmények, szerkezeti jegyek a zanati szelvényből készült csiszolatok alapján.....	57
6.3. A vizsgált csiszolatokban található üregek kvantitatív jellemzése .....	62
6.3.1. Tokaj-Csorgókút-II.....	62
6.3.2. Madaras-Téglavető.....	65
6.3.3. Kunmadaras-Ecse-halom .....	68
6.3.4. Zanati lelőhely.....	71
6.4. Szervesanyag-, és karbonáttartalom változások a vizsgált szelvények mentén.....	72
6.4.1. Tokaj-Csorgókút-II. (490-530 cm).....	72
6.4.2. Madaras .....	73
6.4.3. Kunmadaras-Ecse-halom .....	75
6.4.4. Zanati lelőhely.....	76
6.5. A szemeseösszetételi adatok és mikromorfológiai jegyek által kialakított szintek leírása .....	77
6.5.1. Tokaj-Csorgókút-II.....	77
6.5.2. Madaras-Téglavető.....	78
6.5.3. Kunmadaras-Ecse-halom .....	79
6.5.4. Zanati lelőhely.....	80
7. A MIKROMORFOLÓGIAI JEGYEK ÉS AZ EGYES LELŐHELYEKRŐL SZÁRMAZÓ ADATOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA .....	82
7.1. Tokaj-Csorgókút-II. ....	82
7.2. Madaras-Téglavető .....	84
7.3. Kunmadaras-Ecse-halom .....	86
7.4. Zanati lelőhely .....	87
8. MIKROMORFOLÓGIAI ÉS AZ IRODALMI ADATOK TÜKRÉBEN MEGRAJZOLT KÖRNYEZETTÖRTÉNETI KÉP, LÖSZÖN KÉPZŐDÖTT, ELTÉRŐ KÖRNYEZETBE KERÜLT TALAJOK ALAPJÁN.....	90

9. ÖSSZEFOGLALÁS .....	95
10. SUMMARY .....	98
11. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS .....	100
12. FELHASZNÁLT IRODALOM .....	102
13. ÁBRAJEGYZÉK .....	111
14. MELLÉKLETEK JEGYZÉKE .....	114
15. MELLÉKLETEK .....	115

*„TANULJ MEG FIACSKÁM KOMÉDIÁZNI!*

*TANULJ MEG KACAGNI, SÍRNI, HA KELL!*

*TANULJ A ROSSZHOZ IS JÓ KÉPET VÁGNI!”*

*(ZERKOVITZ BÉLA: TANULJ MEG FIACSKÁM KOMÉDIÁZNI!)*

## 1. BEVEZETÉS

A társadalmi és természeti környezet az évszázadok, évezredek során folyamatosan hatással volt egymásra, ez a szimbiózis a mai napig tart, mely a két főszereplő állapotát állandóan változtatja, negatív vagy pozitív irányba. Napjaink világának számos gazdasági és környezeti válsága van, melyek múltja, jelene és jövője még nem tisztázott. Az észlelt változásokat az ember mindig kutatta valamilyen tudományos vagy félig tudományos módszerrel, a miértekre keresve a választ. A tudományágak folyamatosan fejlődtek, melyek hatással voltak egymásra és napjainkra összefonódtak, az összefonódások a kutatások kimenetelére is hatással voltak. A társadalmi jelenségek, változások megismerése érdekében egy idő után a régészet a természettudományos analízisekkel kezdett dolgozni. Vannak azonban olyan esetek is, amikor egy természettudományos kutatást egészítenek ki régészeti töltettel, így nem csak a lokális és regionális környezetet ismerhetjük meg, hanem az adott helyen élt kultúrákat is. A negyedidőszak során lerakódott, képződött üledékek több fontos információt hordoznak, melyek vizsgálata és megértése fontos. A fiatalabb korú laza üledékek felhalmozódásuk során sok olyan anyagot temethettek be, melyek az adott hely környezetéről hordozhatnak információkat. (Sümei, 2003). A Kárpát-medencében a negyedidőszak során több fajta üledék rakódott le – ilyen például a lösz -, melyek képződése napjainkban hazánk területén nem jellemző. Egyértelműen kijelenthető, hogy a környezet és ennek minden egyes paramétere a mai napig változik, tehát a régmúltban lerakódott üledékek vizsgálatával az akkori környezetet lehet rekonstruálni.

Az első régészeti geológiai munkák a 18. század elején kezdődtek el, ennek ellenére a geoarcheológia tudományának „születése” későbbre tehető, a 19. század végére (Sümei, 2003). Az egykori környezet megismerése több fajta módszerrel történhet, de egy komplex egész képet a kutatók csak akkor kaphatnak, ha az adott problémának minden paraméterét analizálják. Az üledékekben, talajokban eltemetett információk sokfélék lehetnek, így minden egyes plusz ismerethez más és más tudományterület módszerére van szükség. A technika fejlődésével az üledékek és a bennük található plusz anyagok vizsgálata bővült és folyamatosan egészül ki. Napjainkra a régészeti lelőhelyekről előkerült anyagok – kerámia,

patics, égett famaradvány, magvak, termések, fitolitok, fém- és kőeszközök, állati- és emberi csont, malakológiai anyag - nagy része többféle vizsgálattal is elemezhető. Az üledékekben megtalálható plusz anyagokon túl, az egyes üledékek települési és alaktani – morfológiai - viszonyai is egy régebbi környezetről árulkodhatnak. Az üledékek lerakódásának vizsgálata történhet makroszkóposan illetve mikroszkópi megfigyelésekkel, tehát az analízisek léptéke, és a megismert információ részletessége is különböző lehet. A kisebb léptékű kutatásokhoz a kőzetekből, üledékekből készített vékonycsiszolatok segítségével történhet részletesebb analízis. A laza üledékek és talajok vizsgálata során a vékonycsiszolatok előállítása egy sokkal időigényesebb munkafolyamat, mint a szilárd kőzetek esetében. A mikromorfológiai vizsgálatok a XX. század elején vették kezdetét. A tudományág fejlődése a mai napig tart és egyre több tudományterületen – régészet, negyedidőszaki kutatások, geomorfológia, mérnökgeológia, környezetvédelem (Szendrei, 2000) – alkalmazzák.

Tanulmányaim során a Szegedi Tudományegyetem Földtani és Őslénytani Tanszékén a régészeti geológiai és negyedidőszaki munkálatokba kapcsolódtam be. Doktori értekezésemben régészeti lelőhelyekről – Kunmadaras-Ecse-halom, Zanat – és löszszelvényekből – Tokaj-Csorgókút, Madaras-Téglavető - származó mintákat elemeztem mikromorfológiai szempontból. Értekezésem célja a régészeti geológiai vizsgálati spektrum – malakológia, fitolit, anthrakológia, pollen analitika – bővítése, a Szegeden folyó geoarcheológiai munkák kiegészítése. A klasszikus mikromorfológiai elemzések mellett, az adott mintákon digitális képfeldolgozást is végeztem, az így kapott adatokat az eddigi információkkal – szervesanyag-, karbonáttartalom (Sümei et al. 2011); szedimentológia (Molnár-Krolopp, 1978; Sümei, 2005; Sümei, 2012; Sümei et al. 2011c), malakológia (Hupuczi-Sümei, 2010; Sümei, 2005; Sümei et al 2011), fitolit (Persaits in Páll et al. 2012), anthrakológia (Náfrádi, 2011; Rudner-Sümei, 2001; Stieber, 1967;) – hasonlítottam össze.

## 2. KUTATÁSTÖRTÉNET

### 2.1. A talaj-mikromorfológiai és a régészeti talaj-mikromorfológiai kutatások kialakulása, fejlődése a világban és hazánk területén

Az ipari fellendülés hatására a természettudományos kutatások is fejlődésnek indultak a XIX. század végén, XX. század elején. A földtudományos kutatások is rohamos fejlődésen mentek keresztül, és az egyes laza üledékeket, talajokat is eltérő módszerekkel, különböző aspektusból kezdték szemlélni. A makroszkópos vizsgálatokon kívül előtérbe kerültek a mikroszkopikus elemzések is, így az egyes rétegeket, ásványokat, stb. más léptékből tudták megközelíteni. A talaj-mikromorfológiai és az ehhez tartozó szakterület alapjai is a XX. század elején kerültek megalapozásra. Az első vékony csiszolatokat Afrikában készítették a trópusi területek egyes képződményeiből az 1930-as években (Szendrei, 2000). Ezzel szemben hazánk területén már az 1910-es években készítettek preparátumokat talajokból, de ezek az eredmények nem kerültek publikálásra. Az 1930-as években született meg az első összefoglaló és nagyobb terjedelmű értekezés a témában (Kubiena, 1938). A II. világháború után a mikromorfológiai kutatások háttérbe szorultak, így egészen az 1950-es évekig csak néhány országban folytatódtak munkálatok. A szakterület számára nagyobb lendületet adott Brewer összefoglaló munkája (Brewer, 1964), bár könyve nem terjedt ki a mikromorfológia egészére. Ezt követően az 1960-as években tapasztalhatunk fejlődést az újabb technikai eszközöknek és vívmányoknak köszönhetően. Európán kívüli területeken (Szovjetunió, Kína, Japán) is folytak mikromorfológiai kutatások, melyek nagyban elősegítették a tudományterület fejlődését és újabb speciális szakterületek kialakulását tették lehetővé (Szendrei, 2000). Az észak-amerikai kontinensen a talajgenetikai kutatások pontosításában játszott nagy szerepet a talaj- mikromorfológia fejlődése. A mikromorfológiai kutatások a világon szinte mindenhol elterjedtek napjainkra, így a közös tudományos szaknyelv kialakítása érdekében számos konferenciát tartottak (Németország, Hollandia, Lengyelország, Kanada, Spanyolország, Nagy-Britannia, Franciaország, USA, Ausztrália, Oroszország), melyeknek eredménye egy több világnyelvű mikromorfológiai szótár lett (Jongerius-Rutherford, 1979; Stoops, 1986b; Szendrei et al. 1992; Szendrei, 2000). Az eltérő nyelvezetű kutatások megértése miatt egy közös nyelvet, egységes leíró rendszert is szükséges volt kialakítani, melyet egy nemzetközi együttműködés keretein belül valósítottak meg („Handbook for Soil Thin Section Description”, Bullock et al. 1985). A talaj-mikromorfológiáról és mikroszkópiáról, illetve a legújabb kutatásokról több részletes munka jelent meg az elmúlt években (Stoops, 2010; Kapur et al. 2008)

Hazánkban az első vékony csiszolatokat az 1910-es években Vendl Aladár készítette, ám munkája publikáció formájában nem jelent meg. A II. világháborúig a talajokból és laza üledékekből készített vékony csiszolatok elemzésében nem történt nagyobb előrelépés egészen 1943-ig, ugyanis ebben az évben Arany Sándor sajátította el a szakterület laboratóriumi fogásait Walter Kubiena laboratóriumában (Szendrei, 2000). Az 1960-as években Stefanovits Pál és Rózsavölgyi Kornél készítettek különböző talajokból metszeteket (Rózsavölgyi-Stefanovits 1960; Szendrei, 2000). A hazai komplex talaj-mikromorfológiai kutatások és munkák megalapozása Szendrei Géza nevéhez köthetőek. A szikesekről (Szendrei, 1970; 1972; 1978a; 1982b; 1999b; Gerei és Szendrei, 1974), szologyosodásról (Szendrei, 1980), csernozjomokról (Szendrei, 1989, 1990b), közhathatású talajokról szóló mikromorfológiai publikációi a mai napig meghatározó momentumai a hazai talaj-mikromorfológiának (Szendrei, 1996). Ezenkívül minden hazánkban ismert talajtípus mikromorfológiai jellemzése is az Ő nevéhez köthető. A mikromorfológiai alapok és a mikromorfológiában használt nevezérendszer és magyarázó „Talaj-mikromorfológia” (Szendrei, 2000) címmel a mai napig egy releváns kézikönyv. Ezek mellett a hazai szakirodalom Szendrei Gézának köszönheti a külföldi tudományos munkák interpretálását magyar nyelvre hazánk területén.

A különböző eltemetett talajok, paleotalajok vizsgálata is elindult hazánkban, az 1960-as években. Az első ilyen munkák a lösz szelvényekben feltáruló talajszinteket mutatták be mikromorfológiai paraméterek segítségével (Stefanovits-Rózsavölgyi 1962, 1965). A paleotalajok kutatása során az üledékből készült mikromorfológiai felvételek elemzése nagyban hozzájárult új információk meghatározásához (Kemp, 1998; Retallack, 2001). A Kárpát-medence löszös horizontjaiban található paleotalaj szintek genetikáját mikromorfológiai eszközök segítségével Bronger kezdte el kutatni (Bronger, 1970, 1972). Az általa publikált adatok segítségével ökoszisztémái rekonstrukciót alkottak meg (Morozova, 1987; Pécsi és Morozova, 1987), valamint a karbonátok, karbonát kiválások mikromorfológiáját is elkezdtek kutatni (Morozova et al. 1988; Morozova, 1988). A kisebb karbonát kiválások mikromorfológiájával és ezeknek a paramétereknek a segítségével pontosítható ökoszisztémái kérdésekről Becze-Deák Judit publikált idegen nyelvű folyóiratokban (Becze-Deák et al. 1997). A magyarországi lösz szelvényeken ezen kívül Berényi Üveges Judit, Horváth Zoltán, Mindszenty Andrea és Michéli Erika végzett mikromorfológiai jellegű kutatásokat (Berényi Üveges et al. 2003; Horváth et al 2005; Horváth, 2007). Napjainkban több doktori értekezés is megjelent (Dezső, 2011; Fehér, 2007),

melyek a mikromorfológia segítségével számos új és releváns információt biztosítanak számunkra egy adott területről.

## **2.2. Régészeti talaj-mikromorfológia**

Rokon szakterületek, de még is különböznek egymástól a régészeti talaj-mikromorfológia és a talaj-mikromorfológia. A régészeti lelőhelyeken az esetek többségében úgynevezett antropogén üledékekkel – az emberi tevékenység következtében átalakuló, felhalmozódó, pusztuló anyag, mely talajosodás színtere is lehet, de nem feltétlenül az (Limbrey, 1975; Kovács, 2011) - lehet találkozni. Ezekben az üledékekben több olyan vázrész –kagyló-, csigahéj, csont maradvány, építési törmelék (patics), állati- és emberi ürülék, kezdetleges használati eszközök stb. - is megjelenhetnek tömegesen, amelyek egy talaj esetében nem. Ezek a plusz vázrészek, anyagok az üledékben a beágyazó környezetre, szedimentre is hatással vannak, illetve az utóbbiak is hatással lehetnek a vázrészekre, így befolyásolják egymás mikromorfológiáját. Egy olyan területen, ahol emberi megtelepedés lehetett több ezer évvel ezelőtt, ott az ember alakította környezetét, és ezáltal megváltoztatta a talajt, amin élt (Kovács, 2011). A cölöp házak elterjedésével a talaj struktúrája megváltozhatott. Az emberi tevékenységek elterjedésével és rendszeresedésével – étkezés, takarítás, vetés, aratás - az üledékekben különböző jelek, indikátorok őrződtek meg (Kovács, 2011). A régészeti talaj-mikromorfológia egy sokkal fiatalabb szakterület, mint az egzakt értelemben vett mikromorfológia. Az első régészeti anyagok vizsgálata az 1950-es évekre tehető, amikor is egy könyv jelent meg a talajokról a régészek számára (Cornwal, 1958; Kovács, 2011). Az első nagyobb és használható munka, mely a tudományterületet összefoglalta 1975-ben jelent meg (Shackley, 1975). A régészeti anyagok és a talajok egymáshoz való viszonyát lehet tisztázni a tudományos munka segítségével (Kovács, 2011). Az 1980-as évekig - Bullock és munkatársai által kiadott egységes leíró rendszer megjelenéséig - nem történt nagyobb előrelépés az antropogén üledékek, régészeti anyagok mikromorfológiai interpretálásában, ám ezek után több meghatározó, és a mai napig helyt álló publikáció, valamint könyv jelent meg (Courty et al. 1989; Goldberg, 1992; Fitzpatrick, 1993; Macphail és Goldberg, 1995; Canti, 1998; French, 2003).

Hazánk területén a régészeti lelőhelyeken, ásatásokon a természettudományos munkák, kutatások és a két tudományterület összehangolása egészen az 1990-es évekig nem volt elterjedt (Sümei-Kertész, 1998). Az évezred utolsó évtizedében kezdődtek el a közös munkák a régészek és a természettudományos szakemberek között. Az együttműködés – régészek és geológusok között- nem a talaj-mikromorfológiai kutatások bevonásával

kezdődött, így ez utóbbiak csak később, a 2000-es években kezdődtek el. Az első nagyobb régészeti- mikromorfológiai munka Richard Macphail nevéhez köthető hazánk területén (Macphail, 2007). Napjainkban régészekkel – mikromorfológiai kutatások terén - közösen együttműködő kutatók közül meg kell említeni Fülekgy Györgyöt, Kovács Gabriellát és Horváth Zoltánt (Fülekgy, 1999, 2003; Fülekgy & Márity, 1997; Fülekgy et al. 2002; Kovács, 2006, 2009, 2011; Horváth, 2007, 2009, 2011a, 2011b).

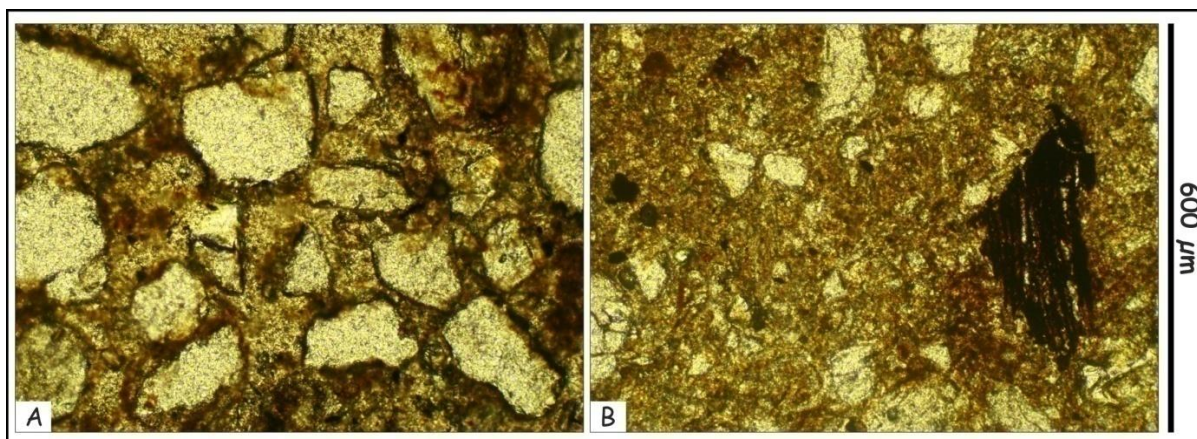


### 3. A MIKROMORFOLÓGIA SZEREPE ÉS JELENTŐSÉGE A RÉGÉSZETI GEOLÓGIAI ÉS A KÖRNYEZETTÖRTÉNETI KUTATÁSOKBAN

#### 3.1. Mikromorfológiai szerkezeti jegyek

##### *Vázszemcsék (vázrészek)*

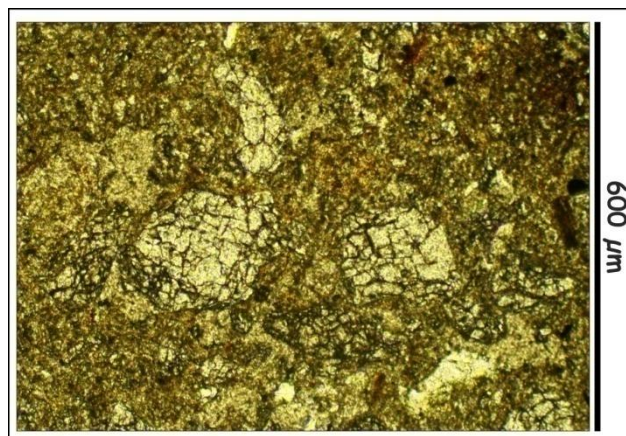
A vázrészeket több szempont alapján lehet osztályozni. Anyaguk alapján két csoportba sorolhatók: nagyméretű szerves (állati, növényi) és szervesetlen maradványok (1. ábra), melyek a talajképző és az exogén folyamatoknak jobban ellenállnak, stabilabbak, mint a beágyazó üledék (Szendrei, 2000). Méretükből és minőségükből kifolyólag elkülönülnek az alapanyagtól. A vázrészek morfológiája és mérete igen változó lehet (Bullock et al 1985).



1. ábra: A Szervesetlen vázrészek; B: Szerves vázrész (saját felvételek)

##### *Alapanyag*

Meghatározása, fogalma többféle lehet, több definíciót is használ a nemzetközi szakirodalom (Szendrei, 2000). Az üregeket, pórusokat, szeparálódásokat, koncentrációkat, szerves és szervesetlen vázrészeket beágyazó „finomanyag”, melynek a mérete néhány mikron (maximálisan) (2. ábra). A beágyazó anyagot „mátrix”-nak és a 2 mikron alatti részeket finomanyagnak tekintjük (Szendrei, 2000). Az alapanyagot anyaga szerint 5 csoportba (humuszos-agyagos, meszes-agyagos, vasas-agyagos, agyagos, szerves) lehet sorolni, melyeket színük alapján a legegyszerűbb elkülöníteni (Szendrei, 2000).



2. ábra: Szervetlen vázrészeket beágyazó finomanyag (saját felvétel)

### Pórusok, üregek

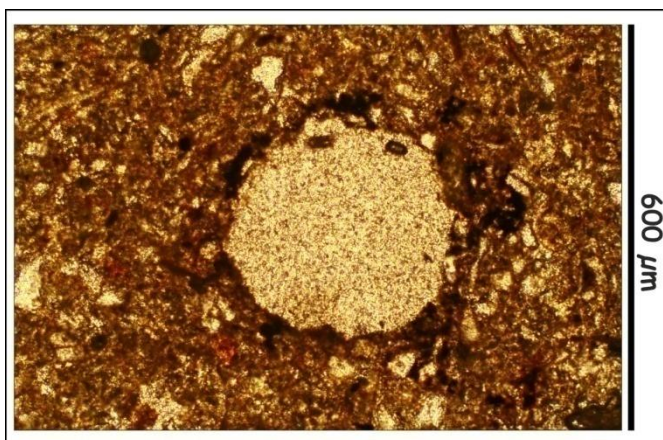
Üledéktani, talajtani szempontból a pórusok, üregek definiálása különbözik, de főbb pilléreiben a definíciók és az üregek jellemzése hasonló (1. táblázat).

Csoport	Típus	Eredet
Elősdleges vagy leülepedési	Szemcsék vagy részecskék közötti	Szedimentációs
	Szemcséken vagy részecskéken belüli	
Másodlagos vagy nem leülepedési	Kristályok közötti	Cementációs
	Átlyuggatott	
	Moldikus	Oldódásos
	Hasadásos	Tektonika, kompakció vagy dehidratáció
	Repedezett	

1. táblázat: Szedimentológiai értelemben vett póruscsoportosítás (Balogh, 1991)

Talajtani értelemben az aggregátumok közötti, aggregátumokon belüli és ezeket összekötő pórustereket lehet a pórus kifejezéssel definiálni (Stefanovits, 1999). A tipizálás és eredet szerinti csoportosításon kívül az adott pórusokat lehet méret és alak (nyúlt, kerekded)(3. ábra) szerint is osztályozni (Szendrei, 2000). A mikromorfológiai kutatásokban a pórusokat még kapcsolódásuk, eloszlásuk, valamint más egyéb jellemzők alapján lehet

tipizálni, illetve a pórusfal lefutás és simaság is több hasznos információt hordoz (Bullock et al, 1985).



3. ábra: Kerekded üreg az alapanyagban (saját felvétel)

#### *Szövet*

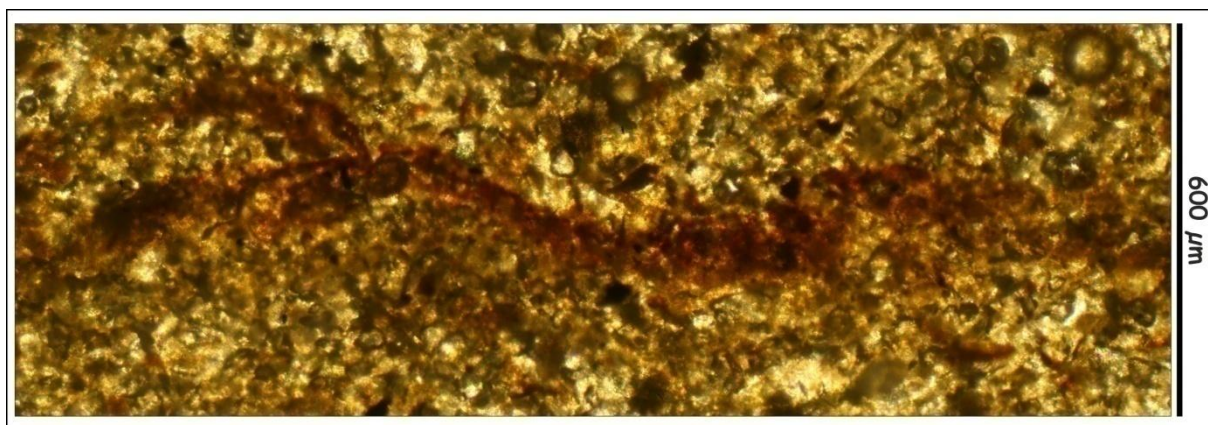
Törmelékes üledékes kőzetek esetében a szövet jelentheti egyfelől a kőzet szemcséinek méretét és alakját, illetve azok egymáshoz viszonyított elhelyezkedését (Balogh, 1991). Mikromorfológiai értelemben a szövet az alapanyag és a vázrészek egymáshoz viszonyított helyzete. Ezek alapján különböző alapszövettípusokat lehet elkülöníteni (Dezső, 2011): egynemű, bevonatos, porfíros, orientálatlan, kristályos.

#### *Kiválások*

Az alapanyagtól eltérő „talajtani jelenségeket”, melyek nem vázrészek vagy pórusok kiválásoknak, koncentrálódásoknak, szeparálódásoknak nevezzük (Szendrei, 2000). Mikromorfológiai szempontból több talajtani jelenséget, kiválást lehet egymástól elkülöníteni (2. táblázat) (4. ábra).

Koncentrálódások, szeparálódások			
Felülettel való viszony alapján		Kristályos	Kriptokristályos- amorf
Kapcsolódnak	Nem kapcsolódnak	Agyagos	Vas vegyületek
Pórus falához		Szénsavas mész	Mangán vegyületek
Szemcsék felületéhez		Gipsz	Szerves vegyületek
Aggregátumok felületéhez			

2. táblázat: Koncentrálódások és szeparálódások csoportosítása (Szendrei, 2000)



4. ábra: Horizontális vasas felhalmozódás (saját felvétel)

#### Szerkezet, struktúra

A különböző mikromorfológiai jegyek vizsgálata, meghatározása lehetővé teszi, hogy az adott talaj, „paleotalaj” és laza üledék mikrostruktúráját meghatározzuk (FitzPatrick, 1993; Szendrei, 2000).



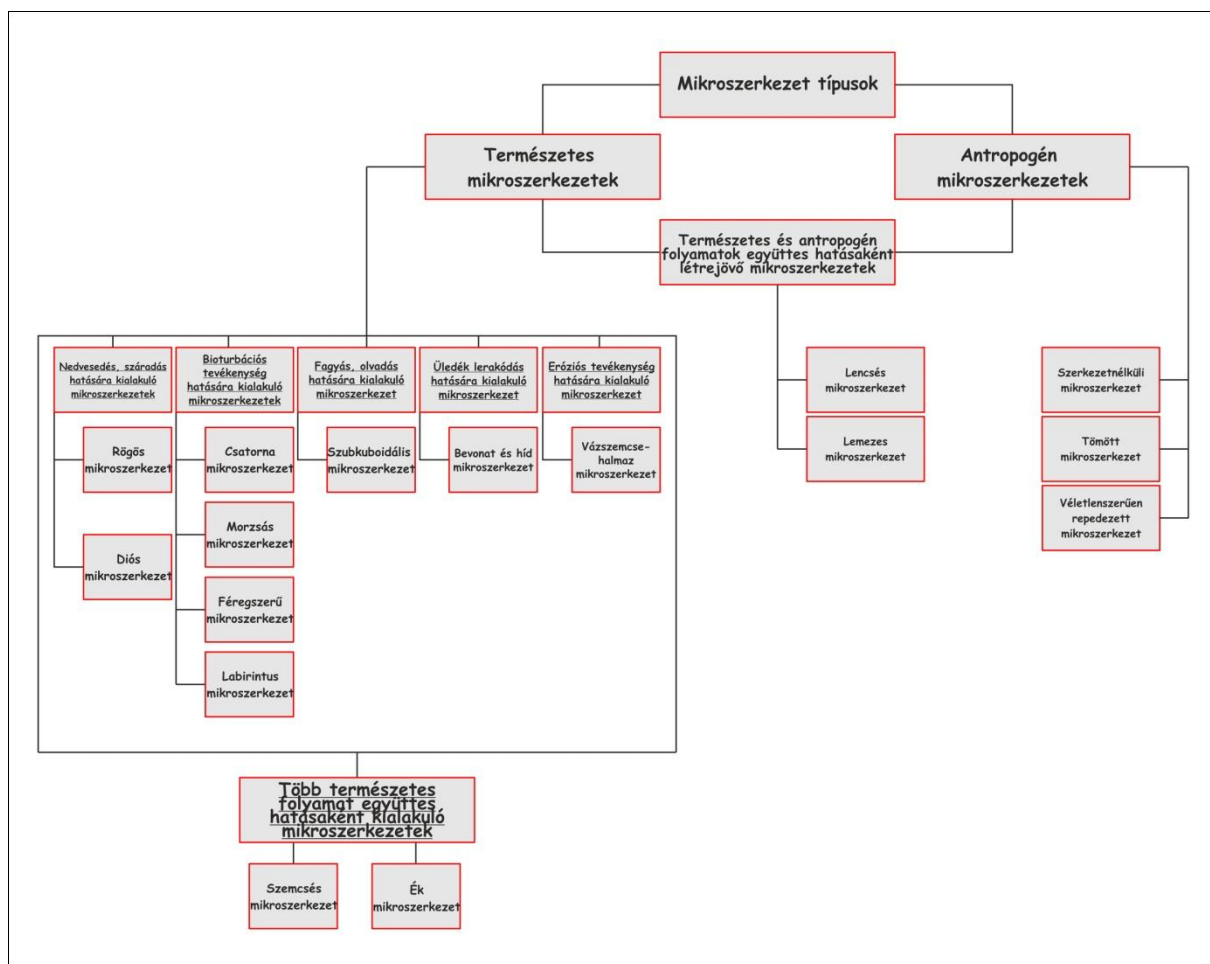
### 3.2. Mikromorfológiai struktúrák (természetes)

A mikroszerkezeti jegyek változása, alakulása alapján több fajta struktúrát definiáltak, illetve határoztak meg (Szendrei, 2000; FitzPatrick, 1993). A mikroszerkezet (természetes, antropogén) típusokat az alábbi ábrán (5. ábra) összegzem. A mikroszerkezeteket FitzPatrick (1993), illetve Szendrei (2000) nyomán ismertetem, csoportosítom.

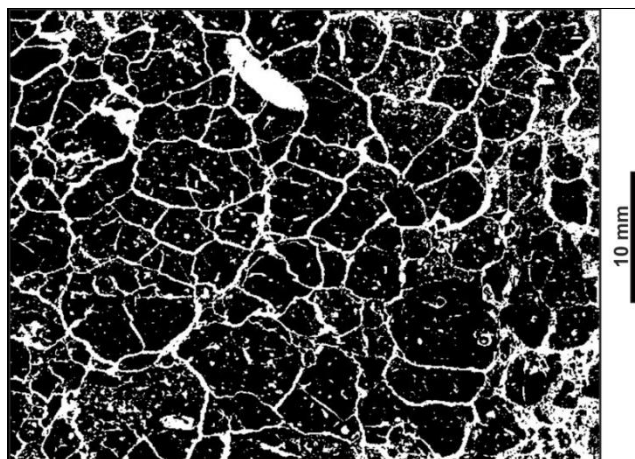
#### 3.2.1. Nedvesedés, száradás hatására kialakuló mikroszerkezetek

Rögös mikroszerkezet (6. ábra)

Az aggregátumok között pórusok találhatóak, melyek kommunikálnak egymással, a rögök mérete különböző lehet. Az aggregátumok szabályosan illeszkednek egymáshoz, melyek között tojásdad alakú pórusok is megtalálhatóak, és jellemzőek a kerekded faunális járatok is. A szabad szemmel látható porozitás 23-24 %.



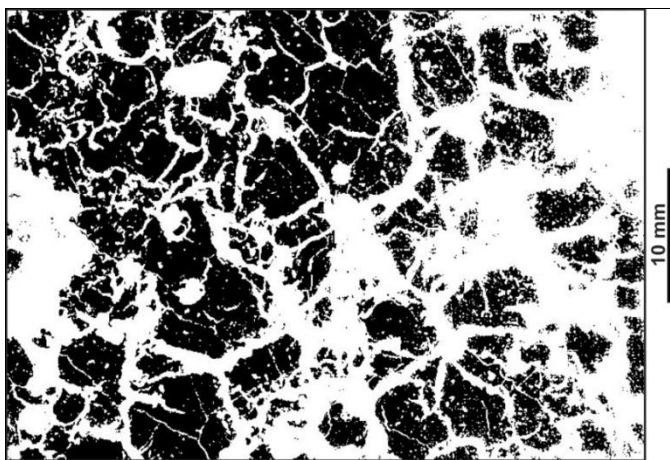
5. ábra: A leggyakoribb természetes és antropogén mikroszerkezetek csoportosítása



6. ábra: Rögös mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva)

Diós mikroszerkezet (7. ábra)

Az aggregátumok szabálytalanabban illeszkednek egymáshoz, mint a rögös mikroszerkezet esetében. A pórusok kommunikálnak egymással, az aggregátumokban kisebb méretű pórusok találhatóak. A kerekded, tojásdad alakú faunális üregek is megtalálhatóak az ilyen mikroszerkezetű talajokban.

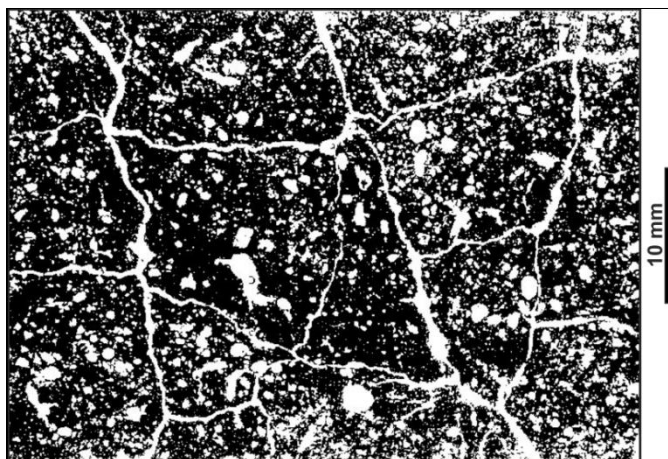


7. ábra: Diós mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva)

### 3.2.2. Fagyás, olvadás hatására kialakuló mikroszerkezet

Szubkuboidális mikroszerkezet (8. ábra)

Az aggregátumok szinte teljesen szabályos négyzet alakúak, melyek között a pórusok folyamatosak. A mikroszerkezet azokra a területekre jellemző, ahol a júliusi átlaghőmérséklet 8-10 C°.

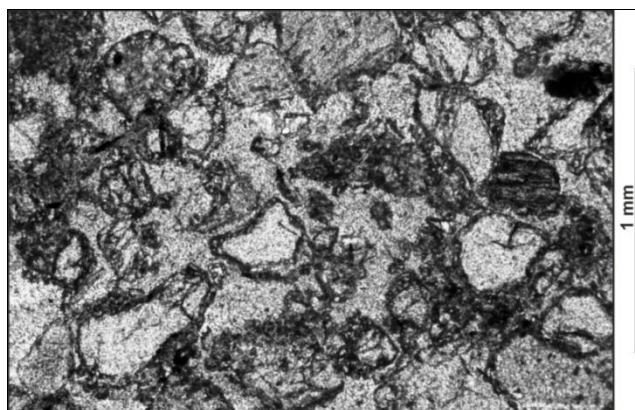


8. ábra: Szubkuboidális mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva)

### 3.2.3. Döntően üledéklerakódás hatására kialakuló mikroszerkezet

Bevonat és híd mikroszerkezet (9. ábra)

A nagyobb szemcsék (homok) az alapanyaggal kapcsolódnak egymáshoz, a pórusok rendszere véletlenszerű. Nagyobb szemcseméretű üledékekre jellemző. Mikroszkóp segítségével az egyik legegyszerűbben azonosítható struktúra. Az üledék lerakódása és koncentrációja következtében alakulhat ki.

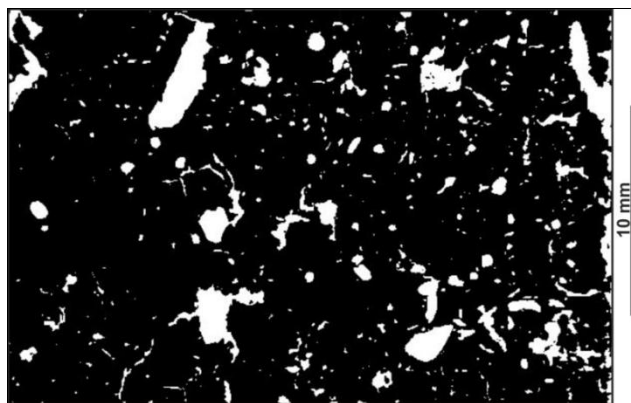


9. ábra: Bevonat és híd mikroszerkezet (saját felvétel)

### 3.2.4. Döntően bioturbációs tevékenység hatására kialakuló mikroszerkezetek

Csatorna mikroszerkezet (10. ábra)

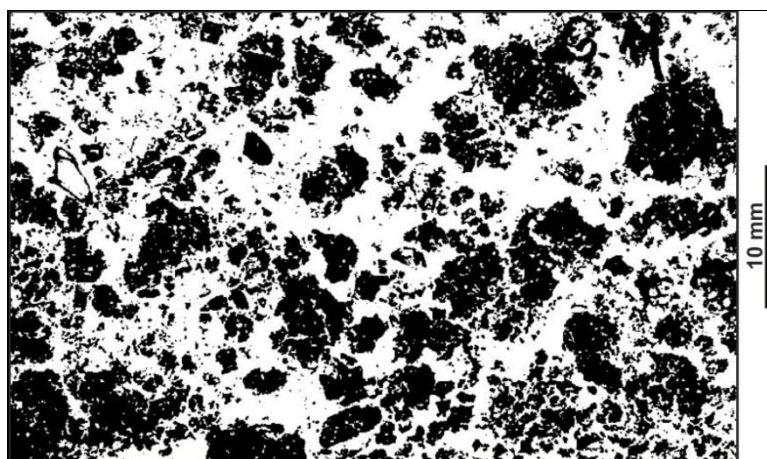
Az aggregátumok mondhatni teljesen hiányoznak. A pórusok rendszere szinte csak csatornákból áll, mely csatornák az állati - főleg giliszta - tevékenység hatására alakulhatnak ki. A vékonycsiszolatokban látható csatornák alakja kör vagy párhuzamos lefutású, attól függően, hogy a csiszolat hol metszette a horizontot. A látható porozitás 9-14 %.



10. ábra: Csatorna mikroszerkezet (saját felvétel)

Morzsás mikroszerkezet (11. ábra)

Az aggregátumok lekerekítettek és nem illeszkednek egymáshoz, morzsaszerűek. A pórusrendszer „körbeöleli” a morzsákat. Felső horizontokban fordul elő. A látható porozitás igen magas, 50-60 %, nemcsak giliszták, más egyéb élőlények tevékenysége is előidézhetheti ezt a mikroszerkezetet.



11. ábra: Morzsás mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva)

Féregszerű mikroszerkezet (12. ábra)

Ezt a mikroszerkezetet a földigiliszták felszín alatti tevékenysége hozza létre. Az aggregátumok „féregszerűek”, a pórusok félholdszerűek, melyek szélein az alapanyag felhalmozódik. A mikroszerkezet felismerése makroszkóposan terepi körülmények között nem lehetséges, de a csiszolatokban egyértelműen azonosítható.

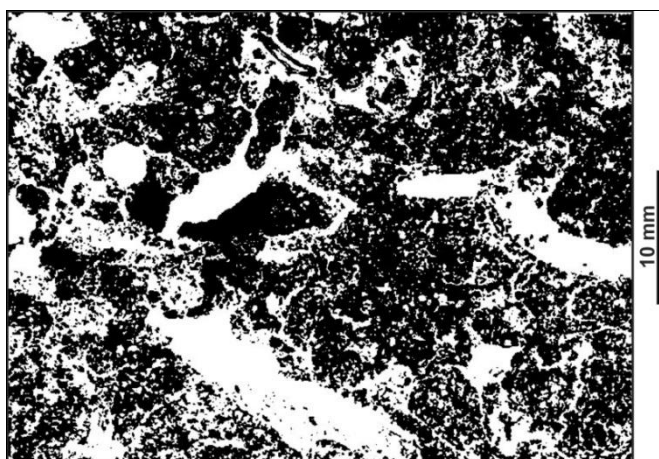




12. ábra: Féregszerű mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva)

Labirintus mikroszerkezet (13. ábra)

Szintén döntően biológiai aktivitáshoz köthető mikroszerkezet. A vékonycsiszolatokban látható járatokban gyakori a szemcsés alapanyag felhalmozódás.

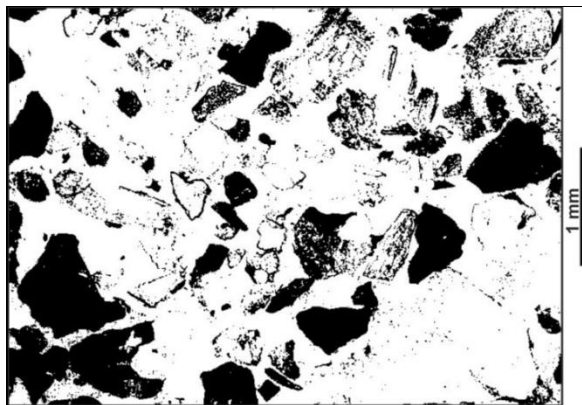


13. ábra: Labirintus mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva)

### 3.2.5. Döntően eróziós tevékenység hatására kialakuló mikroszerkezet

Vázzemcsehalmoz mikroszerkezet (14. ábra)

A mikroszerkezet megjelenése hasonló a bevonat, híd mikroszerkezetéhez. Az aggregátumok mennyisége kevés vagy egyáltalán nem található meg benne. A nagyobb szemcseméretű üledékre jellemző. Gyakoriak a homokszemcsék, illetve kisebb kőzet maradványok, melyeken nagyon vékony bevonatok (agyag, aleurit, szerves anyag) figyelhetők meg. Folyamatos pórus tér jellemzi. A szerkezet megmaradhat az alapkőzetből, valamint kialakulhat a finomabb szemcsék horizontális és vertikális eróziójának következtében is.

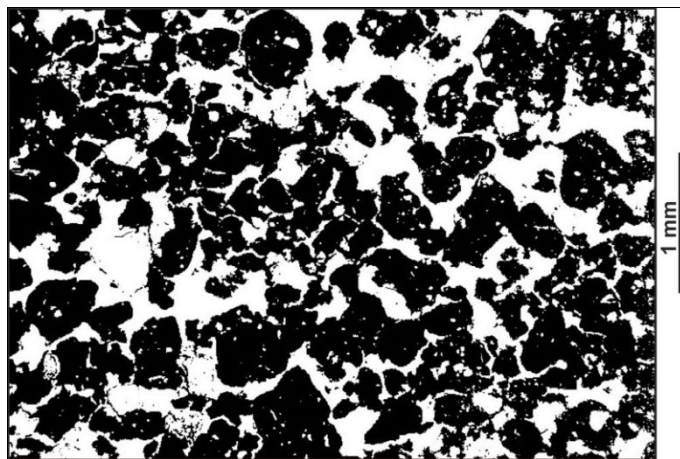


14. ábra: Vázszemcseshalmaz mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva)

### 3.2.6. Több folyamat együttes hatásaként kialakuló mikroszerkezetek

Szemcsés mikroszerkezet (15. ábra)

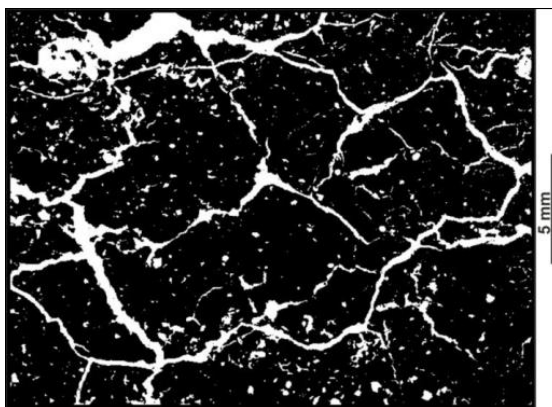
Komplex pórus rendszer. Az aggregátumok szemcseszerűen elkülönülnek egymástól, a felületeik gyakran nem érintkeznek egymással. Az aggregátumok konvexek és konkávok egyaránt lehetnek. A szerkezet kialakulásához több külső és belső tényező egyaránt szerepet játszik. Kialakulásában meghatározó tényező a biológiai tevékenység, illetve a nagyobb élőlények mozgató hatása. Ezen túlmenően jelentős/számottevő a nedvesedés és a szárazodás folyamata is.



15. ábra: Szemcsés mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva)

Ék mikroszerkezet (16. ábra)

A mikroszerkezetben az aggregátumok nincsenek jelen, vagy csak ritkán figyelhetők meg. A pórusok kommunikálnak egymással, és meghatározott szöget zárnak be. A mikroszerkezetet kialakító főbb folyamatok egyike a nedvesedés és száradás ritmikus változásából adódó tágulás.



16. ábra: Ék mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva)

### **3.3. Régészeti lelőhelyeken előforduló egyedülálló mikromorfológiai szerkezeti jegyek (vázrészek), és a lelőhelyeken megtalálható mikroszerkezetek változásai**

#### **3.3.1. Régészeti lelőhelyeken előforduló egyedülálló mikromorfológiai szerkezeti jegyek**

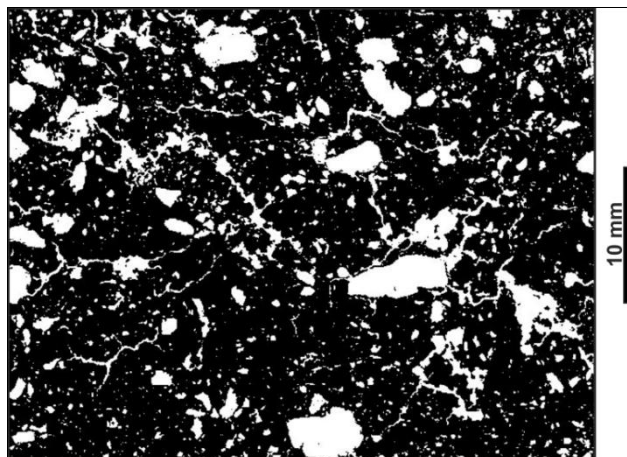
A régészeti lelőhelyekről több olyan szerkezeti jegy előkerülhet - vékony csiszolatok analizálásával -, melyek makroszkóposan nem azonosíthatók (Kovács, 2011), csak részletes laboratóriumi munka segítségével ismerhetők fel. A felszín, melyen a régmúlt embere élt és alkotott az ember által generált nyomokat megőrizheti, tehát a régészeti lelőhelyekről a laboratóriumba került laza üledékeket – antropogén üledékeket - mind makroszkóposan mind mikroszkóposan vizsgálni érdemes (Kovács, 2011). Mikromorfológiai szempontból több, olyan vázrész és szerkezeti jegy felismerhető a csiszolatokban, melyek plusz információkat hordozhatnak területről. A különböző emberi tevékenységekhez, különböző mikromorfológiai indikátorok (Kovács, 2011) kapcsolódhatnak. A fitolitok felismerésével, meghatározásával az étkezésről, főzésről tudunk több információt megmondani. A tűzhely használatról a szénült famaradványok elemzésével pontosíthatjuk ismereteinket a lelőhelyről. A különböző építészeti technikák, illetve építészeti anyagok is vizsgálhatóak a vékonycsiszolatok segítségével. Az egyes járószintekből készített minták segítségével tömörödöttség vizsgálatokat lehet végezni. A mikroszerkezet vizsgálata a mezőgazdasági tevékenységekre és a földhasználat módjára enged következtetni.

#### **3.3.2. Döntően emberi hatás következtében kialakuló mikroszerkezet**

Szerkezet nélküli mikroszerkezet (17. ábra)



Az aggregátumok száma jelentéktelen, ha meg is találhatók a csiszolatokban azok degradáltak a helytelen talajművelés miatt. A pórusrendszer nem folyamatos, a pórusok száma ritka.

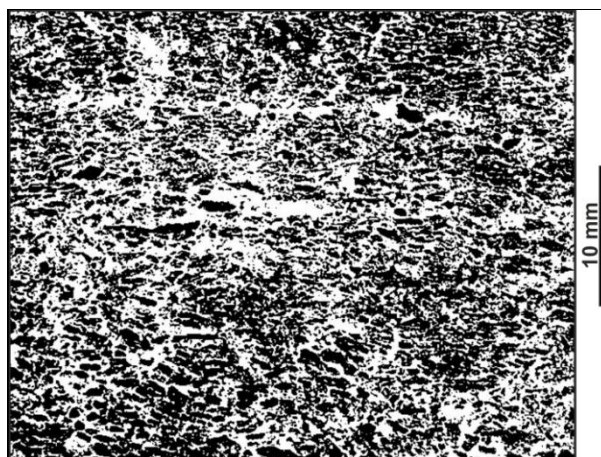


17. ábra: Szerkezet nélküli mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva)

### 3.4. Természetes és antropogén folyamatok együttes hatásaként létrejövő mikroszerkezetek

Lencses mikroszerkezet (18. ábra)

Az aggregátumok lencse alakúak, melyek illeszkednek egymáshoz. A pórusok és az üregek száma jelentős. A szerkezet a fagyás, olvadás ritmikus hatásaként jön létre, az emberi folyamat mely ezen kívül alakítja a szerkezetet a talajművelő eszközök fizikai nyomása.

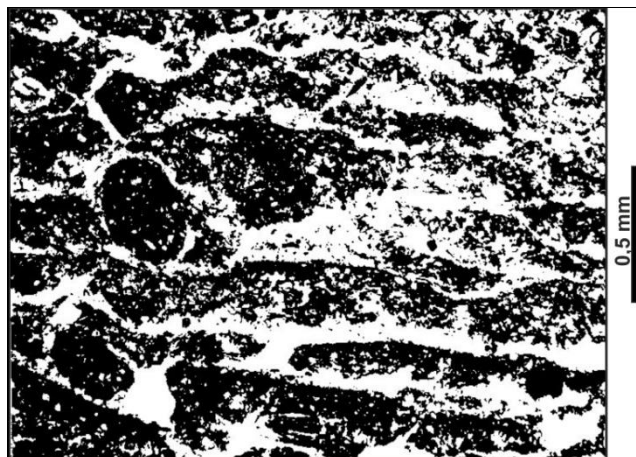


18. ábra: Lencses mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva)

Lemezes mikroszerkezet (19. ábra)

Az aggregátumok vízszintesen helyezkednek el, széleik párhuzamosak. A pórusok az aggregátumok körül alkotnak rendszert. A mikroszerkezetet kialakító hatások az olvadás,

fagyás, nedvesedés, száradás ritmikus váltakozása. Ezen túlmenően a főbb emberi tevékenység, mely ennek a mikroszerkezetnek a kialakulását okozhatja, az egyes nagyobb tömegű gépek, eszközök tömörítő hatása.



19. ábra: Lemezes mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva)

## 4. FELHASZNÁLT MÓDSZEREK

Paleotalajokból, régészeti kultúrrétegekből, laza üledékekből és zavartalan magfúrásokból (tavi üledékek, tőzeg) készített csiszolatok előállításához felhasznált terepi és laboratóriumi módszerek.

### 4.1. Terepi mintavétel

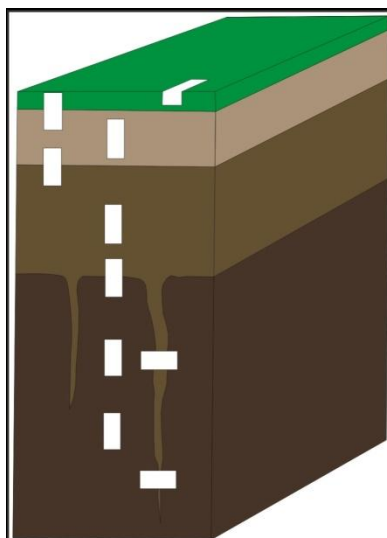
Több fajta módszer ismert, illetve használatos a negyedidőszaki laza üledékek, paleotalajok és régészeti kultúrrétegek zavartalan mintavételezésére. Minden egyes üledék mintázása más és más, így a mintavételezés is - a legtöbb esetben - különböző.

A mikromorfológiai vizsgálatoknál laza üledékek, illetve paleotalajok esetében a zavartalan mintázásra kell törekedni. A terepi munka során a beágyazó üledékből a vizsgálni kívánt mintát minél kevesebb külső fizikai rongálásnak szabad kitenni, tehát a mintát zavartalan („undisturbed”)(20. ábra) állapotban kell laboratóriumi körülmények közé juttatni.



20. ábra: Zavartalan, bolygatatlan minta

A mikromorfológiai vizsgálatok esetében is a terepi munka előtt az első lépés a mintázás céljának meghatározása. A morfológiai vizsgálatok esetében érdemes minél több, illetve minél nagyobb mennyiségű mintát vételezni (a laboratóriumi előkészületeknél a minták külső része sérülhet, megsemmisülhet). Egy sematikus ábrán (Fitzpatrick, 1993) (21. ábra) lehet a legjobban szemléltetni, hogy a mintavételezés a profil melyik részén történjen. Célszerű horizonthatárokról, illetve az „érdekesebb”, mikromorfológiai elemzéseket segítő részokről üledéket kiemelni.



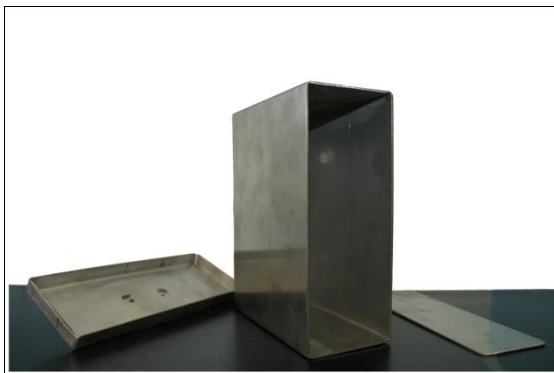
**21. ábra: A mintavételezési pontok idealizált helye egy sematikus profil mentén (FitzPatrick, 1993)**

A minták száma, illetve mérete is a vizsgálatok tárgyának függvénye. Értelmszerűen minél több mintát ajánlott begyűjteni, hogy a terepi munkával eltöltött költséges napok száma minél kevesebb legyen.

A mintavételezés során több speciális munkaeszköz igény bevételére is szükségünk van: 1. Kubiena doboz; 2. mérőszalag 3. ásó, spakli, vakolókanál; 4. kések, szikék, ollók; 5. műanyag, mintavételezésre használatos gyorszáras zacskók, alumínium fólia; 6. vatta; 7. vízálló szigetelőszalag; 8. alkoholos filctollak, ceruzák, tollak, terepi mintavételezési jegyzőkönyv; 9. fényképezőgép; 10. nagyobb méretű fadobozok (mintaszállítás). Néhány extrém helyzetben már a terepi munka során el kell kezdeni a minta laboratóriumi előkészítését, ezekben az esetekben szükséges a mintázás során acetát vagy kétkomponensű műgyanta használata.

A konkrét mintavételezés minden egyes esetben más és más. A nagyon koherens, összefüggő, jól cementált mintáknál nem lehetséges a nemzetközi mikromorfológiában használatos Kubiena mintavételezési doboz (a dobozt csak kalapáccsal lehetne a beágyazó üledékbe juttatni, de így a minta mikromorfológiája, struktúrája sérülne) használata, ebben az esetben különböző kések, spaklik, szikék használata célszerű. A nagyobb szemcseösszetételű üledékből a minták méretének növelésével lehet sikeresen anyagot gyűjteni a laboratóriumi vizsgálatokhoz.

A legrégebbi és egyik leginkább használatos módszer a Kubiena mintavételezési doboz (22. ábra) használata. Ezek a dobozok készülhetnek alumíniumból és acélból is. Minden egyes esetben a szerkezet megőrzése a cél, tehát a minta zavartalan állapotban történő kiemelése.



**22. ábra: Kubiena mintavételezési doboz**

Ha nem Kubiena-dobozt használunk a mintázás során, akkor egyéb, alternatív lehetőségek is rendelkezésünkre állnak. Igen elterjedt a mintavevő csövek használata, melyek hasonló elven működnek, mint a „dobozos” eljárás. Ha túlságosan tömör az üledék és nem tudjuk a mintavételi eszközöket használni, akkor a szelvényből, üledékhorizontból „monolit” (4. ábra) kiemelésére van szükség.

A mintavételezés során a kiemelt, vizsgálni kívánt blokkon mindig fel kell tüntetni a minta vertikális, illetve horizontális orientációját (a tényleges irányok megőrzése céljából). A csomagoláskor nem elegendő a mintákat alufóliába, illetve műanyag mintavételezési zacskókba csomagolni. A szállítás során a struktúra sérülhet, ezért hogy ezt elkerüljük, vatta vagy minél puhább csomagoló anyag használata szükséges. A mintavételezés alkalmával a szelvény dokumentálása, archiválása (digitális) kötelező munkafolyamat.

## **4.2. Mintavételezés (laboratórium), csiszolatkészítés**

A paleotalajokból, régészeti kultúrrétegekből, laza üledékekből és zavartalan magfűrészekből (tavi üledékek, tőzeg) készített, az SZTE TTIK Földtani és Őslénytani Tanszéken elemzett csiszolatok előállításának idealizált laboratóriumi jegyzőkönyvét az (x táblázat) szemlélteti.

### **4.2.1. Előkészítés**

A terepi mintavételezés során a gondosan becsomagolt, illetve dokumentált mintát laboratóriumi körülmények közé kell szállítanunk, hogy az üledéket további vizsgálatokra elő tudjuk készíteni (Kovács, 2011). A szállítás, illetve a minta állagmegóvása egyszerűbb, ha a mintázást Kubiena mintavételi dobozzal hajtottuk végre, de minden esetben a mintákat elő kell készítenünk (FitzPatrick, 1993). A mintákat, miután a terepről a laboratóriumba juttattuk, az első lépés, hogy a beágyazáshoz előkészítjük. Az előkészítés időtartama nagyban függ az eredeti minta méretétől. Ahhoz, hogy a laza üledékekből, paleotalajokból csiszolatot



készítsünk, minden esetben a mintáinkat szilárdítani szükséges, ez a szilárdítás akkor lehetséges, ha a mintánkat kiszárítjuk.

#### **4.2.2. Nedvességtartalom eltávolítása**

Az esetek többségében az előkészítendő minta nedvességtartalma igen nagy és nem száraz mintával dolgozunk. Néhány szilárdító anyag alkalmas arra a célra, hogy nedves mintát tudjunk beágyazni. A nedvességtartalom eltávolítására olyan módszert kell választanunk, ami a talaj struktúráját nem változtatja meg. A legegyszerűbb beavatkozás a minta szárítása adott hőmérsékleten (a hőmérséklet nem lehet túl magas, se túl alacsony). A megfelelő hőmérséklet 20-40 °C közötti érték. A beágyazni kívánt üledékünket a szárítószekrényben vagy kemencében nedvességtartalomtól függően szükséges behelyezni adott időre, ami lehet egy-két nap vagy bizonyos esetekben akár több hét. Az üledékek nedvesség tartalmának eltávolításához szokták még az úgynevezett „acetonos mosatást” is használni. Ez egy több tíz lépcsőből álló munkafolyamat (Szendrei, 2000).

#### **4.2.3. Impregnálás (beágyazás)**

Ha a minták szárítása megtörtént, akkor a következő lépés a vizsgálni kívánt üledék szilárdítása, mivel a laza üledékeket és a paleotalajokat mikroszkópi úton szeretnénk vizsgálni, ezért a mintát közet keménységűvé kell tennünk. Ehhez az egyik legjobb megoldás a minták átítatása valamilyen több komponensű műgyantával (Murphy, 1985). Több fajta recept, munkaterv létezik az üledékek átítására. Az egyik leginkább elterjedtebb átítató anyag a közetcsiszolatok készítésénél is használt vegyszer. Több kritériumnak kell megfelelnie az átítató anyagunknak. A mikromorfológiai vizsgálatok esetében törekedni kell arra, hogy a minták szerkezete ne változzon, tehát az átítató szer nem szabad, hogy oldja, így megváltoztassa a minta szerkezetét (információ veszteség). Szilárdulás után a balzsam vagy átítató szer zsugorodása nem haladhatja meg a 10%-ot. Az átítató szer szilárdulása ne járjon hőmérséklet növekedéssel, mert a hőtágulás következtében szintén sérülhet az üledék szerkezete. Vízen az anyag nem oldódhat, és a viszkozitása sem lehet túl nagy. A beágyazott üledék megtartása erős legyen, tehát időtálló és vágásra kész. A legtöbb átítató szer igen egészségtelen, tehát törekedni kell arra, hogy a mérgező hatása minél kisebb legyen. Az egyik legjobb alkalmazható anyag a poliésztergyanták családja (pl.: ARALDITE AZ 103). Ez a vegyszer család több száz fajta gyantát tartalmaz. Egyik legnagyobb előnyük, hogy megkeményedve jó fizikai tulajdonságúak. Egyik hátránya, hogy a keményedési ideje igen hosszú; másik hátránya, hogy viszkozitása igen nagy, de ezt a tulajdonságát egy úgynevezett „gyorsító” (CRYSTIC 17449) adalékanyaggal ki lehet küszöbölni, illetve acetonsal hozzáadásával is kedvezőbbé tehetjük a gyantánk állagát. Miután a minta beágyazása

megtörtént, a következő lépés az üledékbe történő beszívás. Ehhez a folyamathoz a vizsgálat tárgyát impregnáló szekrénybe szükséges helyeznünk. Minden egyes üledék esetében más és más nyomáson szükséges az impregnálást elvégezni. A nyomás értéke viszont soha nem lehet magas, mert akkor a zavartalan szerkezet megváltozik. A folyamat több napot is igénybe vehet, az eljárást lehet gyorsítani hőkezeléssel, ám a hőmérséklet értéke nem haladhatja meg a 100 C°-os értékeket.

Az impregnáláshoz szükséges (általunk használt) anyagok:

- műgyanta (Araldite AY 103)
- térhálósító (CRYSTIC 17449; EpoThin EPOXY Hardener 20-8142-076)
- aceton

Az arányok változhatnak attól függően, hogy milyen laza üledékről vagy paleotalajról van szó.

A legáltalánosabb keverék (mix):

- műgyanta (35 ml)
- térhálósító (2 ml)
- aceton (5 ml)

A kőzet keménységű üledék felragasztása a tárgylemezre a következő keverék (mix) segítségével történik:

- műgyanta (10 ml)
- térhálósító (2 ml)

#### **4.2.4. Metszés, vágás**

Az impregnálást követő momentum a beágyazott, kőzet keménységű minták vágása, szeletelése. A vágás az esetek többségében precíziós laboratóriumi kőzetvágó géppel (BUEHLER PETROTHIN vágó- és csiszológép) történik, melyen a korongvágó gyémántszemcsés. A metszés után a vizsgálandó felületet valamennyi esetben csiszolni kellett.

#### **4.2.5. Csiszolás, a beágyazott minta rögzítése (tárgylemezre helyezése), megfelelő méretűre csiszolása**

A csiszolás géppel vagy kézi erővel történik csiszoló korongok segítségével. A csiszolás után a levágott, illetve simára csiszolt szeletet fel kell ragasztani egy tárgylemezre. A ragasztás során ügyelni kell arra, hogy a minta és a tárgylemez között a műgyantába ne keletkezzenek buborékok, ne legyen a minta levegős. Ahhoz, hogy ezt a nem kívánt formát kiküszöbölhessük, szorító eszközökre van szükségünk, és ezekkel a szorítókkal együtt kell szárítani a mintát. A tárgylemez mérete változhat 40mmx40mm-től akár 100mm-100mm-ig is („mamutlemez”)(Szendrei, 2000). Természetesen a tárgylemezre történő rögzítés is valamilyen gyantával történik. A mintát és a tárgylemezt szárítani kell, ezért a rögzítési folyamat is több órát vesz igénybe. Ha a száradás megtörtént, a csiszolat szabadon álló felét csiszolni szükséges, amíg el nem érjük a 100 mikrométeres vastagságot. Ez a csiszolás szintén precíziós csiszolóval (BUEHLER PETROTHIN vágó- és csiszológép) történik. A gépi, mechanikus munka után a kézi csiszolás következik, melynek célja, hogy a csiszolatunk 25-30 mikron vastag legyen, így megfelelően lehessen optikai mikroszkóppal vizsgálni.

#### **4.3. A vékonycsiszolatok mikroszkópikus elemzése, digitális képfeldolgozása**

A vékonycsiszolatok laboratóriumi előkészítése után előbb makroszkópos vizsgálatokat, majd mikroszkópikus vizsgálatokat hajtottam végre. A lelőhelyekről összesen 136 metszetet készítettünk, melyekből 63 darab került feldolgozásra polarizációs mikroszkóp segítségével. A mikroszkópikus vizsgálatok során a különböző kisebb méretű jelenségek is analizálhatóak a vékonycsiszolatokban (Kubovics, 1990). Az SZTE TTIK Földtani és Őslénytani Tanszékén rendelkezésemre álló műszerek, melyekkel dolgoztam egy ZEISS JENAPOL és egy NIKON ECLIPSE E600 volt. A felvételeket CANON EOS 30D segítségével készítettem. Minden esetben a csiszolatokat hálózatosan vizsgáltam, először x3,2 nagyítással, majd x10, illetve x20 nagyítással. Párhuzamos és keresztezett nikol állásokkal egyaránt analizáltam az egyes metszeteket. Minden egyes nagyításnál törekedtem a különböző paraméterek (vázrészek – szerves, szervetlen eredetűek -, mátrix, aggregátumok, pórusok, üregek, bevonatok, konkréciók, koncentrációk, mállási termékek, más egyéb alkotók) meghatározására, amelyek természetesen nem minden esetben találhatók meg az összes vékonycsiszolatban (FitzPatrick, 1993).

Az egyes fotók, felvételek digitális feldolgozásához több módszer ismert (Dezső, 2011). Nem léteznek egységes módszerek az analizálás során, de talán a legfontosabb, hogy az adott beállítási paramétereket, melyeket alkalmazunk, ne változtassuk meg – a képminőségnek megfelelően –, és mindegyik felvételt ugyanazokkal a beállításokkal kezeljük. A képek számítógépes feldolgozását az üregek, pórusok főbb paramétereinek

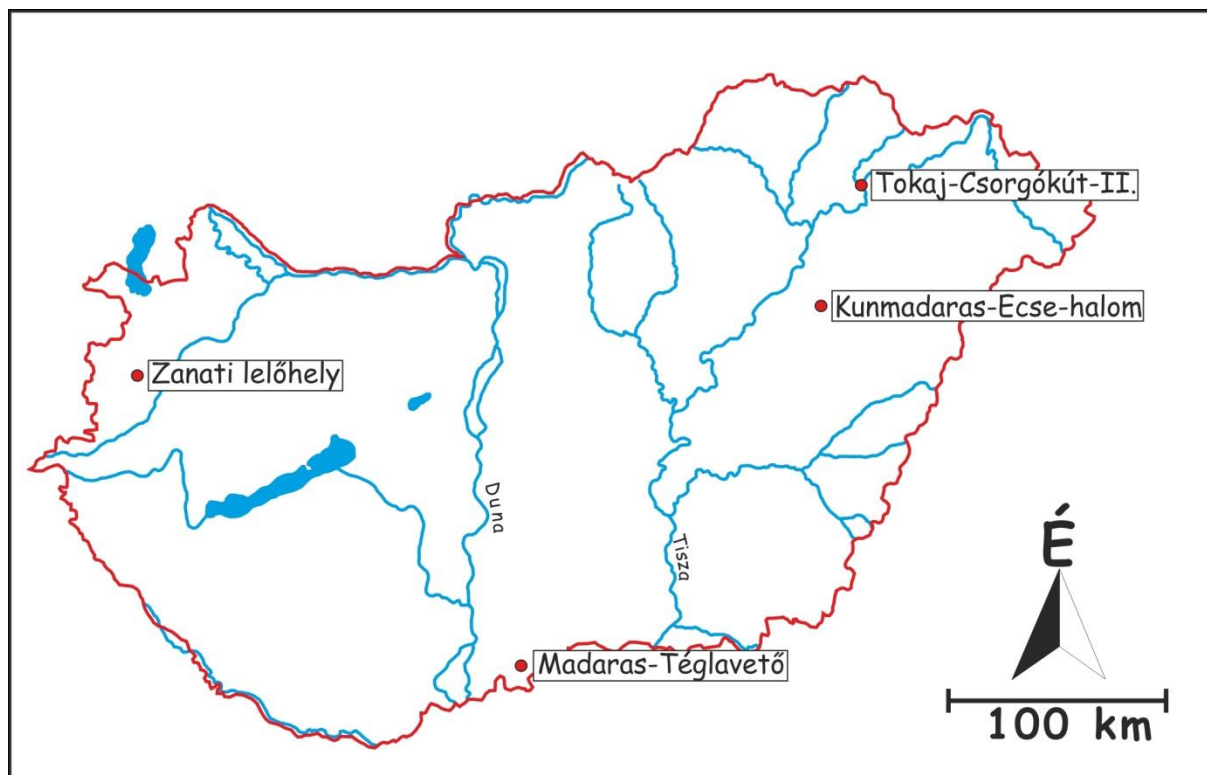
meghatározásához használtam, hogy a nemzetközi szakirodalomban (Skvortsava, 1998; 2007; 2010) is használatos értékekkel lássam el őket, így következtetni tudjak az adott szintek szerkezetére. Az analízisek során több szűrő és szegmentáló műveletet hajtottam végre a képi hibák kiküszöbölése érdekében. A következő szoftvereket használtam fel a műveletek során: CorelDraw X5, ImageJ, ArcSoft Panorama Maker 5.

#### **4.4. A szervesanyag és karbonát tartalom meghatározása**

A lelőhelyekről kiemelt mintákon szervesanyag- és karbonáttartalom meghatározását is elvégeztem, a madarasi minták laboratóriumi vizsgálatát Veres Zsolt PhD ösztöndíjas hajtotta végre 4 cm-enként. A meghatározáshoz az úgynevezett Dean-féle izzításos módszert használtuk (Dean, 1974). A módszer lényege, hogy a mg pontossággal bemért mintákat porcelántégelyben először 105°C-on kiszárítjuk, hogy a minta teljesen száraz legyen. Az így bekövetkező tömegcsökkenésből ki lehet számítani a nedvesség- és száraz anyag tartalmat. Ezután a már teljesen légszáraz mintát 550°C-on izzítjuk, így a 105°C-on kiszárított üledék tömegveszteségből kiszámíthatjuk a szervesanyag-tartalmat, a maradékból pedig a hamutartalmat. Az 550°C-on kiizzított mintát ezután 1000°C-on hevítjük tömegállandóságig, majd a mg pontosságú visszamérést követően kiszámíthatóvá válik az adott mintánk, anyagunk karbonáttartalma.

## 5. A VIZSGÁLT LELŐHELYEK FÖLDRAJZI KÖRNYEZETE

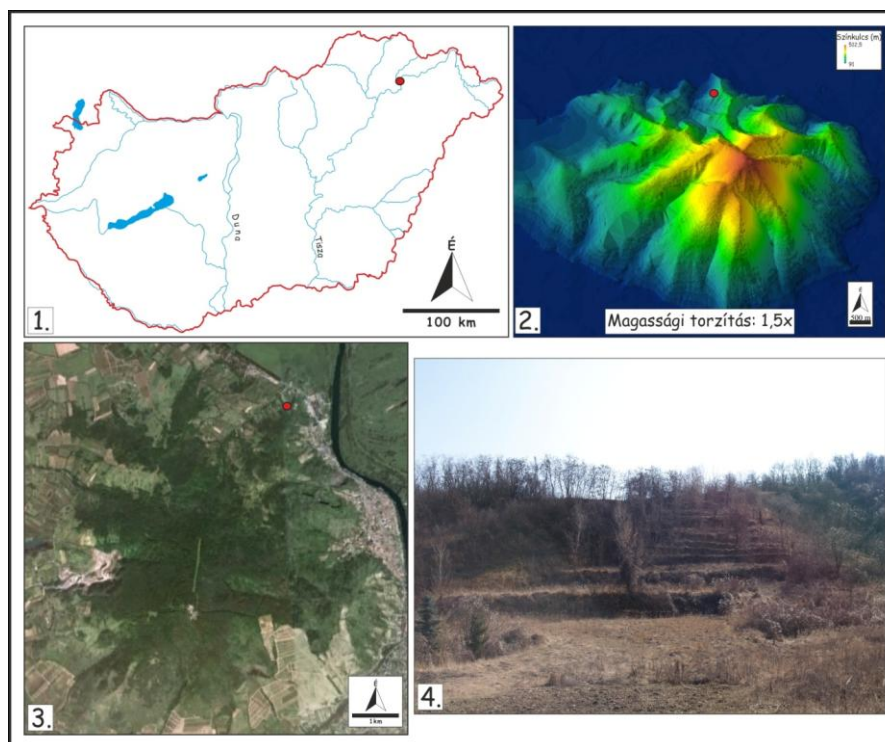
A dolgozatban szereplő lelőhelyeket, melyek a Kárpát-medencében Magyarország területén (23. ábra) találhatóak, időrendi sorrendben – a legidősebb szelvénytől a legfiatalabbig - mutatom be.



23. ábra: A dolgozatban szereplő lelőhelyek elhelyezkedése hazánk területén

### 5.1. Tokaj –Nagy-hegy (Csorgókút-II.)

A legidősebb lelőhely a tokaji Nagy-hegyen – Kopasz-hegy – található, mely közigazgatásilag Borsod-Abaúj-Zemplén megyéhez tartozik. A kistáj (Tokaji-hegy) az észak-magyarországi-középhegység területén, azon belül a Tokaj-Zempléni hegyvidéken található (24. ábra). A kistáj morfológiáját befolyásolja, hogy a negyedidőszaki durva kőzetlisztes törmelékes üledékes kőzet egy harmadidőszaki vulkáni kúp maradványaira települt, így a tájnak egy igen meghatározó része, melynek vízhalózata sajátos, centrális és átlag alatti vízfolyás-sűrűségű. A felső-miocén összletekre települt lösz vastagsága, kiterjedése változatos, mivel az andezites-dácitos működés is változékony volt, de leginkább a lávafolyások morfológiája maradt meg. A lösz vastagsága átlagosan 10-15 méter közötti (Pinczés, 1954; Gyarmati, 1974). A Tokaji-Nagy-hegy eltérő morfológiájú, de genetikáját ugyanaz a 13-15 millió évvel ezelőtti vulkanikus tevékenység befolyásolta.



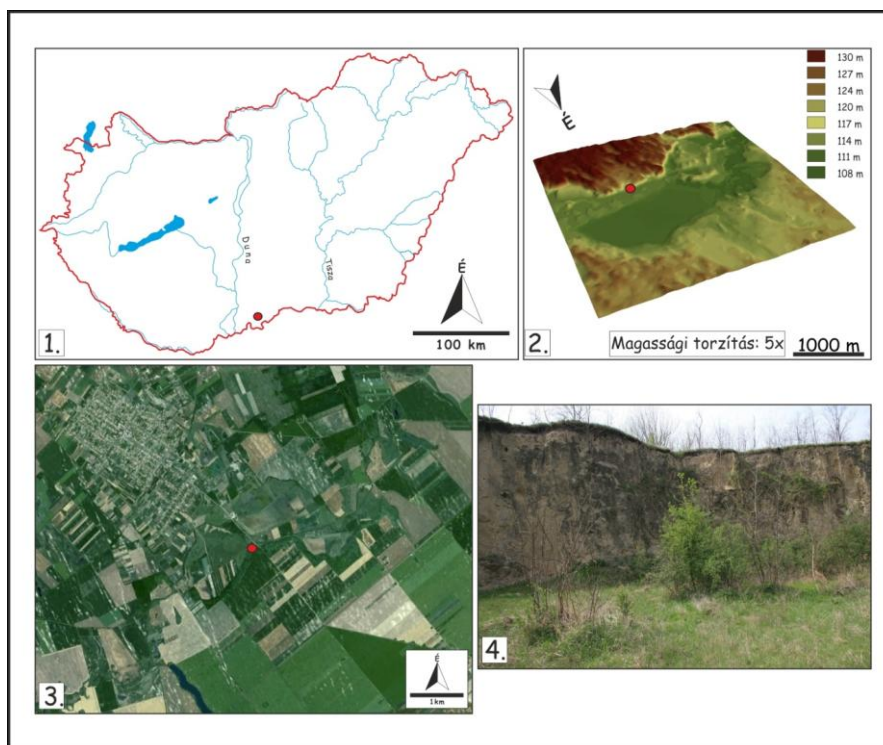
**24. ábra: 1. Tokaj-Csorgókút-II. elhelyezkedése Magyarország területén 2. A lelőhely elhelyezkedése a területről készített digitális domborzat modellen (Sümei, 2005 nyomán módosítva) 3. A lelőhely elhelyezkedése a területről készített GoogleEarth felvételen 4. A lelőhelyről készített fotó 2010-ből (a szerző saját felvétele)**

A kistáj éghajlata mérsékelt meleg és mérsékelt száraz, melyre lokális lényezők (pl.: kitettség) erősen hatnak, ezért az É-i lejtőkre inkább a mérsékelt hűvös-mérsékelt száraz éghajlat jellemző (Dövényi, 2010). Az évi középhőmérséklet 8-10°C, a hegylábakhoz közel melegebb (10°C), a csúcs régiókban alacsonyabb (8°C). A napfényes órák száma egy évben kb. 1850 óra, ugyanakkor az évi csapadék mennyisége 590-610 mm. A terület a flórabesorolás alapján a Pannóniai (*Pannonicum*) flóratartományba, az Északi-középhegységi (*Matricum*) flóraidékbe, ezen belül pedig a Zemplén-hegységi (*Tokajense*) flórajáráshoz tartozik. 800-1000 faj található meg a tokaji Nagy-hegyen, melyek közül több is fokozottan védett, illetve csak a területen található meg, pl.: gyapjas őszirózsa (*Aster oleifolius*), bugás hagyma (*Allium paniculatum*), nagy gombafű (*Androsace maxima*), gyapjas csüdfű (*Astragalus dasyanthus*), bíboros sallangvirág (*Himantoglossum caprinum*), csajkavirág (*Oxytropis pilosa*). Az egyedi flóra fajok mellett az özönfajok is ugyanúgy előfordulnak. A lelőhelyen megtalálható talajok több mint 80%-a barnaföld, mely az alapkőzetre akumulálódott löszön képződött, kémhatásuk erősen savanyú. A barnaföldeken az erózió veszélye jelentős, szőlőtermesztésre kőtámfalas, teraszos kialakítás mellett van mód. A nem löszön képződött barnaföldek mechanikai összetétele agyagos vályog. A löszös képződményekben különböző mélységű horizontokban fosszilis talajok találhatóak (Dövényi, 2010).



## 5.2. Madaras-Téglavető

A második legidősebb löszszelvény – Madaras-Téglavető – egyben a legdélebbi lelőhely is, mely Bács-Kiskun megyében, az államhatárhoz közel található. Az Alföldön, a Bácskai löszös síkságon, a Telecskai-dombok északi részén (Nebojszki, 2005) helyezkedik el (25. ábra).



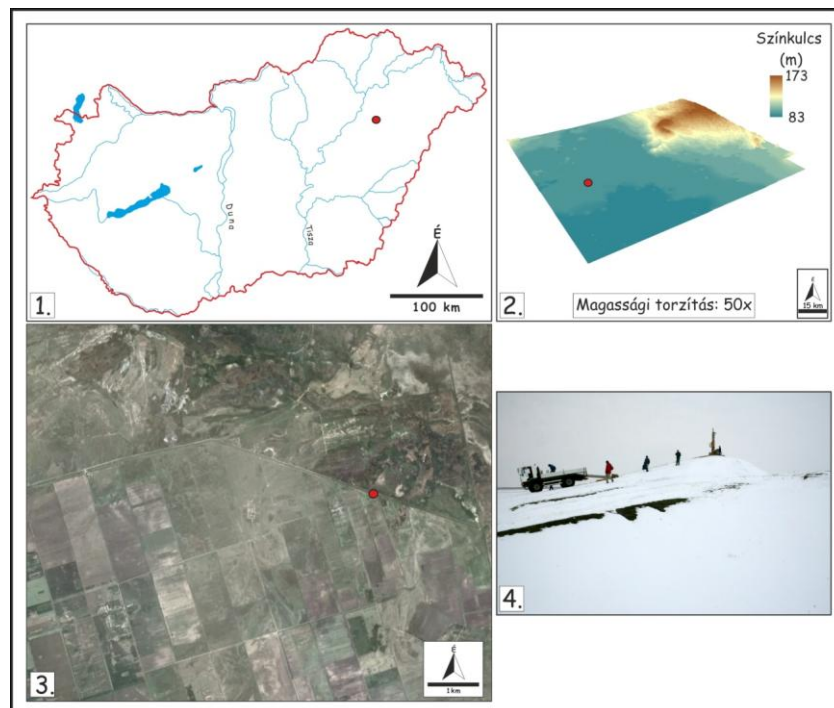
**25. ábra: 1. Madaras-Téglavető elhelyezkedése Magyarország területén 2. A lelőhely elhelyezkedése a területről készített digitális domborzat modellen (Hupuczki, 2012 nyomán módosítva) 3. A lelőhely elhelyezkedése a területről készített GoogleEarth felvételen 4. A lelőhelyről készített fotó 2011-ből (a szerző saját felvétele)**

A terület alapkőzete 1-1,5 km mélyen karbon korú gránit, erre a legidősebb mélységi magmás képződményre felső-pannóniai és felső-pleisztocén korú üledék rakódott le. A felszínhez közel eolikus üledékeket találunk, melyekre egységesen 1,5-2,5 méteres lösztakaró települt (Dövényi, 2010), helyenként az egységes lösz felhalmozódást futóhomok betelepülések szakítják meg, vagy váltják fel. A terület átlagos tszf-i magassága 84-165 méter, a lelőhely körülbelül 108 méter tszf-i magasságon található. A kistáj morfológiájára ÉNY-DK-i csapású homokbucka sorok jellemzőek, melyeket vizenyős területek választanak el egymástól (Dövényi, 2010). Meleg, száraz és mérsékelten száraz éghajlati övhöz sorolható a kistáj, ahol a napfénytartam éves összege 2060-2080 óra, ugyanakkor a csapadék évi mennyisége 570-600 mm. Növénytani szempontból a Pannóniai (*Pannonicum*) flóratartományba, az Alföldi (*Eupannonicum*) flóraidékbe, ezen belül pedig a Dél-Alföldi (*Titelicum*) flórajáráshoz tartozik. 800-1000 faj található meg a területen, melyek közül a védett fajok száma nagyságrendileg kisebb, csupán 20-40 faj. Igen elterjedtek az özönfajok:

amerikai juhar (*Acer negundo*), bálványfa (*Ailanthus altissima*), gyalogakác (*Amorpha fruticosa*). A talajtípusok megoszlása a kistájon igen változatos. A talajtakarók közel 1/5-e homok, ezen kívül megemlítendő a talajtípusok majdnem felét adó - igen magas aranykorona értékű- alföldi mészlepedékes csernozjom. Hidrológiai viszonyait tekintve a terület napjainkban kitüntetett figyelmet kapott a talajvízszint drasztikus csökkenése miatt (Rakonczai, 2008).

### 5.3. Kunmadaras-Ecse-halom

A második legfiatalabb lelőhely – rézkor végi antropogén képződmény – közigazgatásilag Jász-Nagykun-Szolnok megyében található a Hortobágyi Nemzeti Park területén. A kistáj az Alföldön a Közép-Tisza-vidéken, ezen belül a Tiszafüred-Kunhegyesi síkon helyezkedik el (26. ábra).



26. ábra: 1. Kunmadaras-Ecse-halom elhelyezkedése Magyarország területén 2. A lelőhely elhelyezkedése a területről készített digitális domborzat modellen 3. A lelőhely elhelyezkedése a területről készített GoogleEarth felvételen 4. A lelőhelyről készített fotó 2010-ből (a szerző saját felvétele)

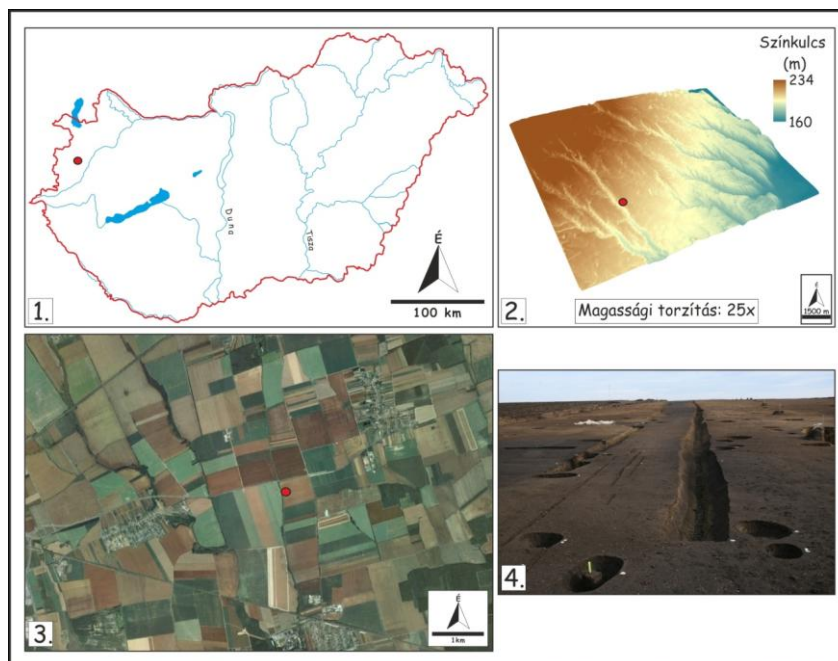
Az alapkőzet egy közép-kréta korú vastag flis sorozat, melyre pannon üledékek települtek, illetve a déli részeken riolitos-dácitos összletek. A kistáj területén a felszínen kizárólag pleisztocén végi és holocén képződmények találhatók. A területen a tszf-i magasság 87,3-98,1 méter között van. A morfológiát, domborzatot a holocén folyamán kalandozó Tisza nagyrészt átdolgozta, formálta (Dövényi, 2010). Jellemzőek a különböző feltöltöttségi állapotban levő morotvák. A buckák között mélyedések találhatók, melyeket lápi agyagok töltenek ki. Mérsékelt meleg-száraz terület, ahol az évi napfénytartam 1950



óra. Az évi középhőmérséklet 10,1-10,3°C, a csapadék évi mennyisége 500-530 mm, de a konkrét mintaterület közelében ezt az értéket meg is haladja. Önálló vízfolyások a területen nincsenek, csak belvíz elvezetésére létesült csatornák. A kistájon található állóvizek nagy része is antropogén eredetű. Több mint 10 fajta talajtípus található a területen. Mezőgazdasági szempontból a legértékesebbek a csernozjom jellegű homok, az alföldi mészlepedékes csernozjom és a réti csernozjom, ez utóbbi van legnagyobb részt jelen a területen. A talajok a homokon, valamint az erre települt homokos löszön és a patakok lösziszapján alakultak ki. A talajtípusok sorában meg kell említeni a több fajta szikes talajt is, melyek a mezőgazdasági hasznosítást befolyásolják. A kistáj növényzeti szempontból jellegtelen. A megtalálható fajok száma 400 és 600 közé tehető, ebből 20-40 védett. Jellemző özőnfajok a területen többek között az amerikai juhar (*Acer negundo*) és a bálványfa (*Ailanthus altissima*), stb. (Dövényi, 2010).

#### 5.4. Zanati lelőhely

A legfiatalabb lelőhely - egy császárkortól a középkor végéig a területen megtelepedő kultúrákat feltáró régészeti ásatáson létesült szelvény – közigazgatásilag Vas megye területén található. A Nyugat-Magyarországi-peremvidéken a Soproni-Vasi-síkon ezen belül a Gyöngyösi-síknak nevezett kistájon fekszik (27. ábra).



27. ábra: 1. A Zanati lelőhely elhelyezkedése Magyarország területén 2. A lelőhely elhelyezkedése a területről készített digitális domborzat modellen (Sümegei et al. 2011 nyomán módosítva) 3. A lelőhely elhelyezkedése a területről készített GoogleEarth felvételen 4. A lelőhelyről készített fotó 2010-ből (a szerző saját felvétele)

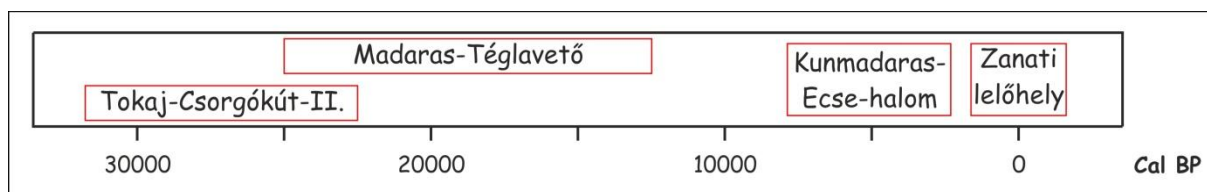
Az alapkőzetet a kelet-alpi takaró mélybe süllyedt kőzetei alkotják. Ezekre a kőzetekre késő-miocén és késő-pannon képződmények települnek. A Gyöngyös folyó az újpleisztocén

végén alakította ki jelenlegi völgyét a Kőszegi-hegység periglaciális hegylábfelszínén, egy ÉÉNy-DDK-i rányú süllyedéktengelyben (Dövényi, 2010). A lelőhely, illetve tágabb környezetének domborzata egyhangú. Az átlagos tszf-i magasság 207 méter. A kavicstakarókban jellegzetes szolifukciós és krioturbációs folyamatok eredményeként létrejövő formákat (poligonok, fagyékek stb.) tanulmányozhatunk. Az egyhangú arculatot a régi Gyöngyös-medrek által kialakított felszínalaktani változások teszik színesebbé. A nyugati határszélhez közel az éghajlat mérsékeltén hűvös-mérsékeltén száraz, ahol az évi napfénytartam 1850 és 1900 óra. A nyugati részeken az évi középhőmérséklet 9°C, míg keleten fél °C-kal több (9,5°C). Az évi csapadék mennyisége – a sokévi átlag alapján – 630-650 mm körüli. Három (Répce, Gyöngyös, Sorok-Perint) nagyobb vízfolyás említhető meg a területen, melyek számtalan mellékpatakkal rendelkeznek. A kistájon két nagyobb tó található (természetes eredetű: Vassurányi-tó, antropogén eredetű: Szombathelyi-csónakázótó). A tagolatlan morfológiájú kistájon az uralkodó talajtípusok az erdőtalajok, de ezen kívül még megtalálható a löszös üledéken képződött barnaföld. A talajok termőképessége gyenge, az igen erős savanyú kémhatás miatt. A növényzetet tekintve átmeneti jellegű, a kistájon Ny-ról K felé haladva a gyertyános-tölgyesek helyét cseres-tölgyesek veszik át. A területen megtalálható fajok száma 600-800 közötti. Flórája elszegényedett, de még találhatóak jellegzetes alpokaljai fajok, például a völgycsillag (*Astrantia major*) és a magyar varfű (*Knautia drymeia*), stb. (Dövényi, 2010). A védett fajok száma csupán 40-60.

## 6. A LELŐHELYEKEN VÉGZETT VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI

### 6.1. A vizsgált szelvények időrendi besorolása irodalmi adatok alapján

A dolgozatban különböző korú üledékek és talajosodott horizontok kerülnek bemutatásra (28. ábra). Az egyes horizontokat több esetben vizsgálták különböző laboratóriumi módszerek segítségével. A legidősebb szelvény, mely főbb üledéktömege alapján a lösz profil elnevezést viseli, Tokaj-Csorgókút-II. A szelvény korát először radiokarbon módszer segítségével datálták (Sümei-Krolopp, 1995), ezenkívül a tokaji Nagy-hegyen más völgyekben is végeztek még kormeghatározást löszös üledékeken, ezeket az abszolút koradatokat azonban az optikai spektrolumineszcencia segítségével határozták meg (Schatz et al. 2011). A csorgókúti völgy alsó részén felhalmozódott lösz akkumulálódása az alsó-würmben kezdődött, és egészen a felső-würmig tartott, mely üledéklerakódást több környezeti tényező is befolyásolta, több esetben (Sümei, 2005).



28. ábra: Az analizált szelvények időbeli besorolása az irodalmi adatok tükrében

A profil mentén bekövetkezett első nagyobb változás, melynek eredményeként talajosodás indulhatott meg a területen, a középső-würm után történt. A felső talajosodott szintből, valamint a szenült famaradványokat is tartalmazó rétegből kiemelt minták kora  $28225 \pm 360$  Cal BP és  $23571 \pm 486$  Cal BP (Sümei, 2005). Ezen adatok alapján lehet a dolgozatban szereplő lelőhelyek közül a Tokaj-Csorgókút-II szelvényt a legidősebbnek tekinteni. A madarasi téglavetőben felhalmozódott löszös anyag a Tokaj-Csorgókút-II szelvényénél valamivel fiatalabb. A téglagyári munkálatok következtében egy több mint 10 méteres löszfalat lehet megfigyelni a község határában. A szelvényt több esetben vizsgálták különböző módszerek segítségével, valamint malakológiai adatok alapján a felső-würm lokális klímáját pontosították (Hupuczi-Sümei, 2011). Az egzakt koradat a szelvény alsó részéről származik, melyet szenült famaradványon végeztek, mely szenült famaradvány alapján  $26300 \pm 501$  Cal BP évnek adódik (Hupuczi-Sümei, 2011). A kunmadarasi-Ecse-halom második legfiatalabb képződmény, melynek üledékeit a dolgozatban vizsgálom. Ez morfológiáját, típusát tekintve egy halom, melyet a régi idők embere alakított ki, épített fel (Tóth, 2004). Az ilyen jellegű építményeket lakódombnak, sír-, ör-, határ-, vesztő-, kultikus halmoknak lehet elkülöníteni Magyarország területén (Tóth, 2004). A halmok anyaga az

egykori környezetről árulkodik, mivel ezeket a környező területeken található üledékből, „recens” talajból emelték. Ezekből a halmokból több típust lehet megkülönböztetni funkció és típus szerint. Az egyes halmok típusukat tekintve különböző korokra jellemzőek, az Ecsehalom valószínűleg egy sírhalom, vagyis kurgán lehetett (Tóth, 2004). A kunmadarasi Ecsehalmon abszolút koradatokat nem mértek, azonban az egyes régészeti és néprajzi adatok tükrében a lelőhelyet a rézkor végére (Kr. e. 3000) datálhatjuk (MRE, 2003). A legfiatalabb szelvény, mely egy régészeti ásatáson került megmintázásra, Nemesböd és Zanat községek között a Csepregúti-völgyre-dűlőn található. A profil által feltárt rétegek kora a fentebbi szelvényekhez képest sokkal fiatalabb. A Surányi-patak allúviumán fúrások is mélyültek, melyekből az egyes rétegek korát megállapították (Sümei et al. 2011). A sárgásbarna színű ártéri üledékre települt feketésbarna színű réti talaj valószínűsíthetően császárkori (Sümei et al. 2011) (Kr. utáni első és negyedik század) (MRE, 2003). A szelvényben leírt középkori kerámiákat tartalmazó szint kora középkori lehet (Kr.u. 900-1526) (MRE, 2003).

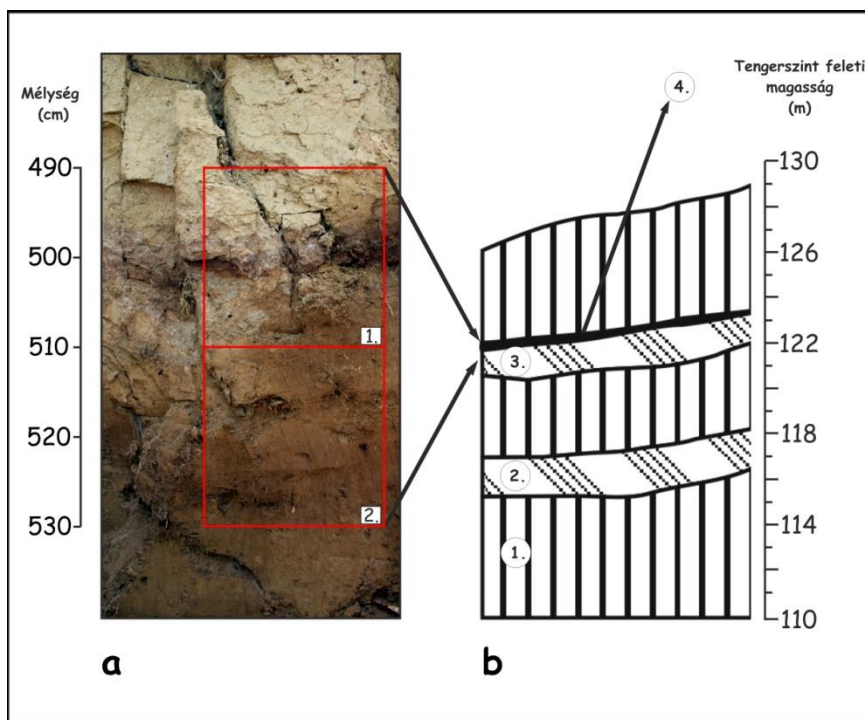
## **6.2. A szelvények általános bemutatása, mikromorfológiai eredmények, szerkezeti jegyek**

Az analizált szelvényekből kiemelt minták elnevezése, színe (1. melléklet), mikromorfológiai jellemzőik (2. melléklet), a digitális képfeldolgozás után az üregek paraméterei (3. melléklet) az értekezés végén találhatóak. A szelvények ismertetése fentről lefelé történik, a vékonycsiszolatok elkészítésének idejével megegyezően.

### **6.2.1. Tokaj-Csorgókút-II.**

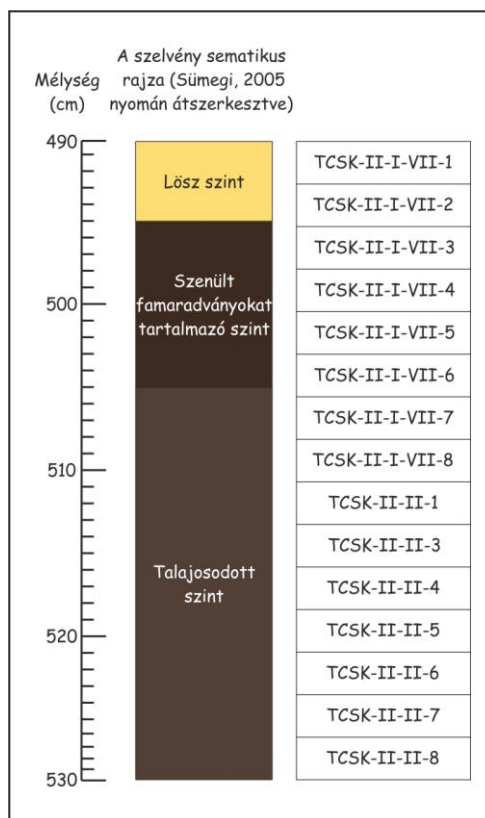
#### **6.2.1.1. A szelvény általános makroszkópos bemutatása és az elkészített csiszolatok elhelyezkedése**

A Nagy-hegy völgyeiben a szőlőművelés miatt teraszok kialakítására került sor. A TCSK-II teljes profiljába két különböző korú – alsó-würm és középső-würm - idősebb talajosodott szint található (Sümei, 2005). Egy régebbi antropogén képződményen – szőlőművelésre használt terasz - alakítottuk ki mintavételezési profilunkat (29. ábra), melyet Sümei Pál szóbeli közlése alapján jelöltük ki.



**29. ábra: a: A két monolit elhelyezkedése a szelvény mentén (1. szenült famaradványokat tartalmazó horizontot metsző monolit; 2. „felső-paleotalaj” horizontot metsző monolit”); b: Tokaj-Csorgókút II. geológiai szelvénye (1. Löss, 2. Alsó-würm paleotalaj, 3. Középső-würm paleotalaj, 4. Szenült famaradványokban gazdag réteg, Sümegi 2005 nyomán átszerkesztve)**

Szelvényünk a középső-würm korú talajosodott szintet, nagy mennyiségű szenült famaradványt (Sümegi-Rudner, 2001) tartalmazó szintet és a durvább frakciójú löszet metszette. A profil letisztítása után egyértelműen elkülönültek egymástól az egyes rétegek. A talajosodott horizont színe barna, melyben sötétebb betelepülések is megfigyelhetők, a szenült famaradványokban gazdag réteg színe sötétbarna, néhol a szemmel látható maradványok tömeges előfordulása miatt fekete (29. ábra). A talajosodott horizont lazább szerkezetű, míg a felette elhelyezkedő löszös szint kompaktabb. A szemmel látható turbációs nyomok mennyisége a sötétebb horizontokban gyakoribb. A szenült famaradványok kivételével egyéb növényi maradványok is megtalálhatóak a letisztított horizontban. Több vékonycsiszolat készült a kiemelt monolitokból (32 db). Az általam analizált csiszolatok száma 15 db (30. ábra).



30. ábra: A szelvény mentén az egyes szintek idealizált, sematikus rajza és az elemzett csiszolatok elnevezése

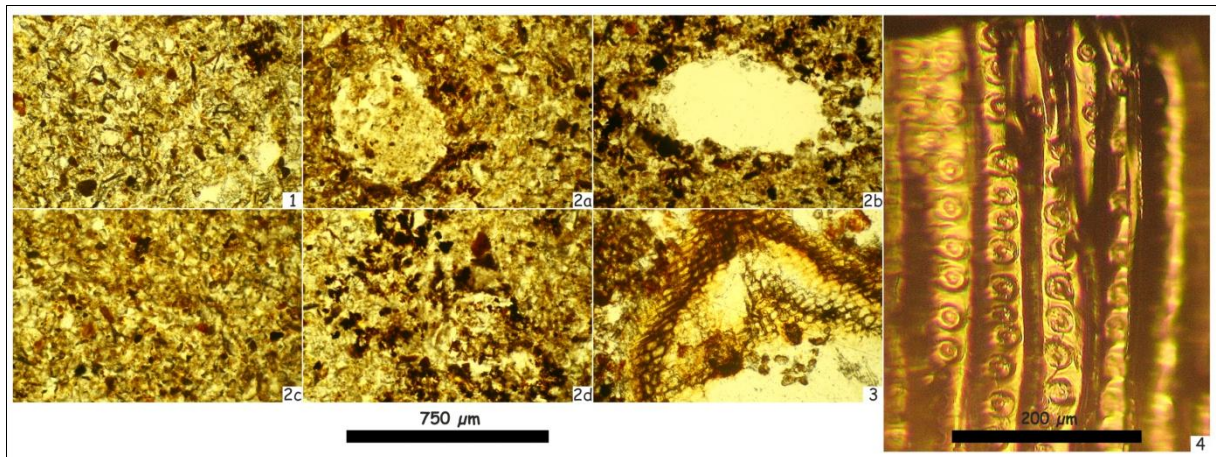
#### 6.2.1.2. Mikromorfológiai eredmények, mikromorfológiai szerkezeti jegyek a TCSK-II szelvényből

#### TCSK-II szelvény lösz rétegéből készült csiszolatok mikromorfológiai eredményei, szerkezeti jegyei (31. ábra)

A makroszkopikus terepi megfigyeléseknek megfelelően a mikromorfológiai elemzések is eltéréseket mutatnak a szelvény 3 szintje között. A legfelső - általam analizált - horizont egy világosabb színű, kompaktabb laza üledék, mely a nagy mennyiségű szenült famaradványos (Rudner-Sümei, 2001) horizontra települ. A finomszemcséjű alapanyag homogén megjelenésű, melyben szervesetlen és szerves vázrészek egyaránt megtalálhatóak. Az alapanyag jórészt kolloid jellegű, tehát a szövetben főként a 2  $\mu\text{m}$ -es vagy annál kisebb ásványi részek vannak túlsúlyban (Szendrei, 2000; Fehér, 2007). Az alapanyag főbb tömegét tekintve orientálatlan, mely azonban néhol az üregek, pórusok mentén orientálódik. A csiszolatok alapszövege – alapanyag és vázrészek (Dezső, 2011) egymáshoz való viszonya – porfiros. Az alapanyag egy világosabb színű finom anyag. A nagyobb méretű, de 100  $\mu\text{m}$ -nél kisebb ásványszemcsék – kvarcok – lekerekített alakúak, ami a szél általi mozgásra utal (Yaalon-Ganor, 1973; Jongmans, 1994). Tehát a mikromorfológiai elemzésekben is észrevehető a löszös horizont egyik fő bélyege, a gömbölyded ásványszemcsék. A különböző



folyamatok eredményeként létrejövő koncentrációk, szeparációk (Szendrei, 2000) száma nem jelentős, ám a csiszolatok területén vaskiválások megtalálhatóak, melyek elmosódó határvonalúak. Közvetlenül az égett horizont felett egy nagyobb méretű (2 mm) növényi vázrész figyelhető meg, mely valószínűsíthetően fenyőféle maradványa (Náfrádi Katalin szóbeli közlése alapján). A csiszolatok mikroszerkezete összetett, szerkezet nélküli. A turbációs nyomok előfordulása ritka a csiszolatok területén.

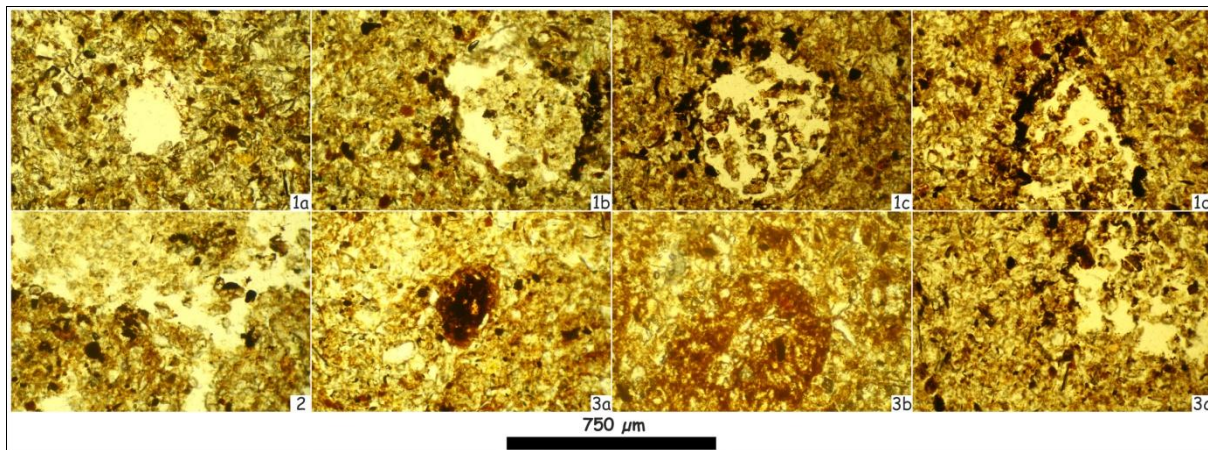


**31. ábra: A löszös szintből készült vékonycsiszolatok felvételei 1: általános felvétel a metszetekről; 2a-2d: vasas szeparációk a metszetekben; 3: szerves vázrész; 4: a szintből előkerült szenült famaradványról készült felvétel (Náfrádi Katalin felvétele)**

**TCSK-II szelvény nagy mennyiségű szenült famaradványokat tartalmazó rétegből készült csiszolatok mikromorfológiai eredményei, szerkezeti jegyei (32. ábra)**

A rétegből 3 csiszolat készült, melyek közül 1 metszet átmenet a lösz és a szenült famaradványokat tartalmazó szint között, illetve 1 minta a talajosodott rész és a szenült famaradványokat tartalmazó szint között. Az alapanyag színe sötétbarna, néhol világosabb narancsos-barnás. A metszetekben szerves és szervetlen vázrészek, valamint nagyobb növényi eredetű szerves alkotók is megtalálhatóak. Az alapanyag viszonylag homogén megjelenésű, kolloid jellegű, orientálatlan, azonban néhol foltokba vagy zónákba rendeződik. Éles határvonal jelenik meg a világosabb színű alapanyag és a sötétebb színű vasas alapanyag között. A turbációs nyomok megjelenése változatos (különböző méret, forma, kitöltöttség) (Stoops et al. 2010). A turbációs nyomokban azonosítani lehet az élőlények által áthalmozott szinteket: közvetlenül a „faszenes” horizont felett található csiszolatokban az üregkitöltésekben található anyag az alsóbb horizontokból való. Az üregekben szenült famaradványok és egyéb opak alkotók is vannak. Az alapszövet porfíros. A metszetek szerkezete nem annyira tömött, inkább rögös szerkezet jellemző rá, melynek genetikája összetett. A csatorna szerkezet tipikus paraméterei is jellemzőek, melyek (hosszúak üregek)

bioturbációs eredetűek is lehetnek, vagy létrejöhetnek nagyobb méretű szerves vázrész hiányából. A koncentrációk és szeparációk száma ritka, ha megjelennek a csiszolatokban, akkor fel lehet ismerni elmosódó és éles határvonalú vasborsókat. Mangános és szénsavas meszes bevonatokat, göbecseket nem véltem felfedezni a metszetekben.



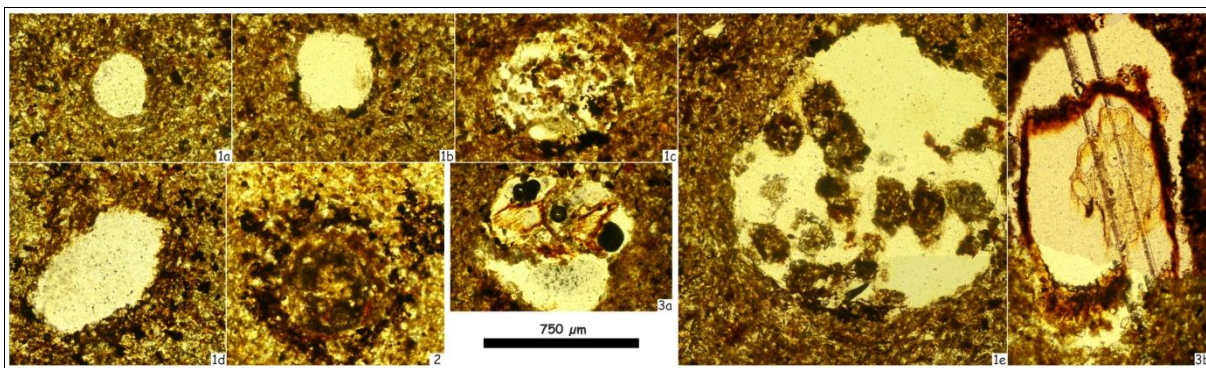
**32. ábra: 1a-1d: a metszetek területén található üreges; 2: alapanyag elkülönülés; 3:vasas elkülönülések a metszetekben**

### **TCSK-II szelvény felső talajosodott rétegéből készült csiszolatok mikromorfológiai eredményei, szerkezeti jegyei (33. ábra)**

A felső fosszilis talaj horizontnak (Sümegi, 2005) nevezett würm<sub>3</sub> korú szintet 10 csiszolat metszette. A minták főbb paramétereikben hasonlítanak egymásra, de vannak különböző mikromorfológiai tényezők, melyekben eltérnek egymástól. A talajosodott horizont a ráakkumulálódott hulló portól eltérő mikromorfológiai képet mutat. Az égett szintnél világosabb barna, de még így is egy sötétebb barnás-narancsos szín a domináns. A vázrészeket tekintve szerves és szervetlen eredetűek egyaránt megtalálhatóak benne, a szerves vázrészek növényi maradványok lehetnek. Az általam elemzett vékonycsiszolatokban Mollusca héjmaradványok nem fordultak elő, az előzetes vizsgálatokkal ellentétben (Sümegi, 2005). Az alapanyag viszonylag homogén megjelenésű, mely vasas-agyagos. Sötétebb barnás-narancsos színe valószínűsíthetően a szintben megtalálható magasabb vastartalom miatt van. Ezt a nagyobb mennyiségű vastartalmat hivatott alátámasztani a megnövekvő vasgöbecsek, elmosódó és éles határvonalú vasborsók száma. Az alapanyag nagyrészt orientálatlan, bár néhol foltokban és zónákban illetve a pórusok, üreges mentén orientált, ez az alapanyag elrendeződés a nedvesedés-száradás következtében jöhet létre (Szendrei, 1982). Az alapszövet porfiros. A szövet mikromorfológiai szempontból szemcsehalmozatnak tekinthető, a szemcsék körül bevonat kevés alkalommal fedezhető fel. A szelvény mentén koncentrációkat és szeparációkat is lehet azonosítani, melyek gyakorisága a horizont



mentén nagyobb, mint a szelvény többi, felső részén, de éles határvonalú vasborsók a szelvény teljes részén megtalálhatóak. Képződésük lehet periodikusan változó oxidációs-redukációs folyamatok eredménye is (Szendrei, 2001). Ebben a szintben vas és alumínium kiválást, feldúsulást, az üreg kitöltésben jelentkező Fe, Al dús agyaggöbecsek kialakulását (pszeudopodzolosodást) okozhatta a belső kolluviáció is. Ugyanis a téli és nyári félév közötti jelentős hőmérsékleti különbségek kialakulásánál, a fagyváltozékony periódusban agyagdiszpergáció folyamata alakul ki, és a mélyebb szint üregeiben kialakuló agyagos kiválások felszínén koncentrálódhatnak az elemek (Duchaufour, 1982). Ezen túlmenően, ha e hatásra ráétegződik 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 aggregátumok (Sümei, 2005; Sümei et al. 1996b) a lucfenyőben, a fitolit maradványok alapján (Páll et al. 2012) erdei fenyőben gazdag, horizont alatt fejlődtek ki, ezért egy podzolosodási folyamat nyomán kialakulnak tekintjük ezt a szintet. A karbonát koncentrálódások mellett azonosíthatóak a szelvény mentén mészgöbecsek, illetve meszes kitöltések is. Az alapkőzet (löss) nagyban befolyásolta ennek a talajosodott, magasabb agyagtartalmú horizontnak az összetételét, így a löshöz közel lehet ezeket a meszes eredetű morfológiai bélyegeket azonosítani.



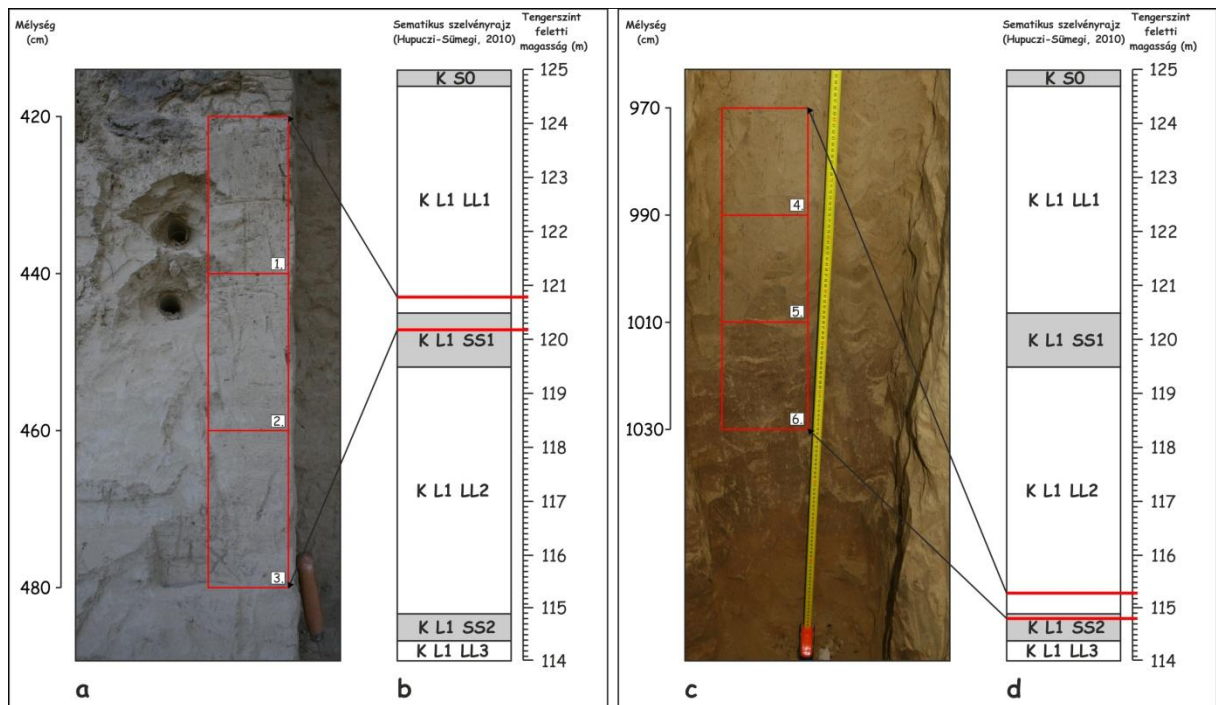
**33. ábra: 1a-1e: a metszetekben található különböző méretű izometrikus üregek; 2: vaskoncentráció az alapananyagban; 3a-3b: növényi eredetű vázrészek**

## 6.2.2. Madaras-Téglavető

### 6.2.2.1. A szelvény általános makroszkópos bemutatása és az elkészített csiszolatok elhelyezkedése

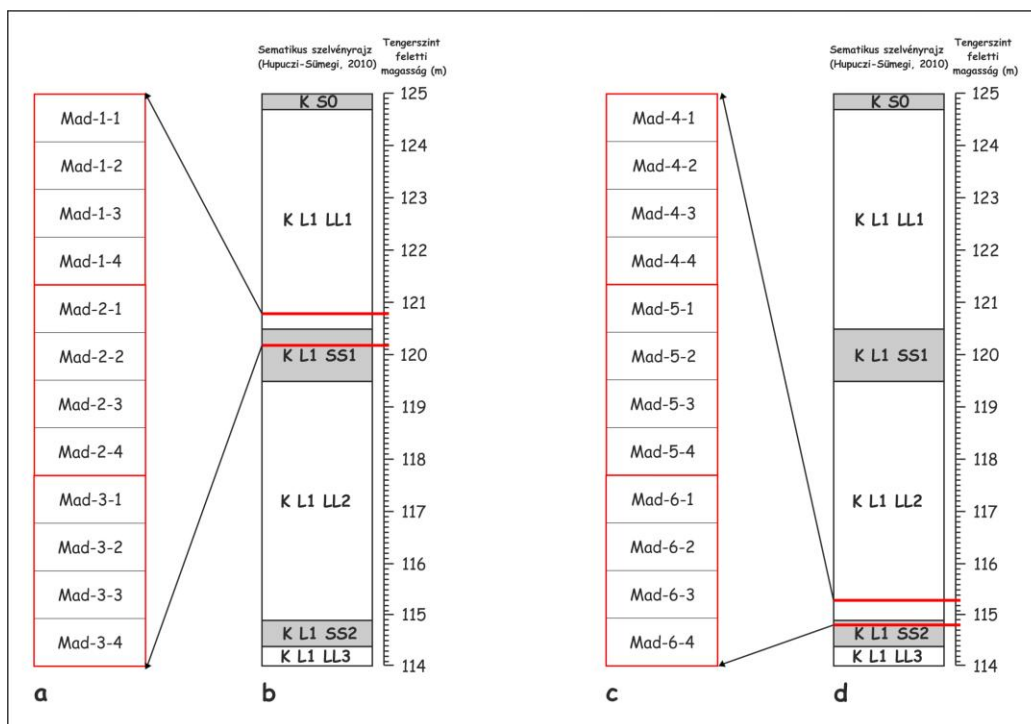
A XX. századi bányaművelés után megmaradt antropogén sebhely tárja fel az egyedülálló madarasi löszszelvényt. A szelvény teljes magassága 10-11 méter, melyben több talajosodott horizontot írtak le idáig, melyek kora a würm végi időszakra tehető (Molnár-Krolopp, 1978; Krolopp 1989; Sümei-Krolopp, 1995; Hupuczi-Sümei, 2010). A terepi

megfigyelések során a talajosodott horizontok az avatatlan szemlélő számára alig észrevehető rétegek. A 4-5 m közötti szintet Slobodan Marković szóbeli közlése alapján sikerült azonosítani, melyet a részletesebb malakológiai vizsgálatok is alátámasztottak (Hupuczi-Sümei, 2010). A szelvény alsó részén található réteg már jobban észrevehető, melyet több vizsgálattal elemeztek korábban (Molnár-Krolopp, 1978; Krolopp 1989; Sümei-Krolopp, 1995). A mikromorfológiai vizsgálatokhoz a szelvény középső – 420-480 cm, valamint alsó részéből – 970-1030 cm – emeltem ki monolitokat (34. ábra).



**34. ábra:** a: a monolitok elhelyezkedése a madarasi löszszelvény felső részében; b: KS0 (recens talaj), KL1LL1 (löss), KL1SS1 (talajosodott szint), KL1LL2 (löss), KL1SS2 (talajosodott szint), KL1LL3 (löss) (Hupuczi-Sümei, 2010); c: a monolitok elhelyezkedése a madarasi löszszelvény alsó részében; d: KS0 (recens talaj), KL1LL1 (löss), KL1SS1 (talajosodott szint), KL1LL2 (löss), KL1SS2 (talajosodott szint), KL1LL3 (löss) (Hupuczi-Sümei, 2010)

Vizsgálatunkkal a löszszelvény középső részén elhelyezkedő, würm<sub>3</sub> (Sümei-Krolopp, 1995) végén keletkezett talajosodott réteget, és a profil alsó horizontjában a nagyobb szemcseméretű, Würm<sub>2-3</sub>-ban (Sümei-Krolopp, 1995) homokos üledéken képződött csernozjomszerű talajt (Molnár-Krolopp, 1978) kívántuk megmintázni. A két mintázni kívánt üledékrészből összesen 24 vékonycsiszolatot készítettünk, melyek vertikálisan helyezkednek el egymás alatt (35. ábra).



**35. ábra: a: a szelvény mentén a vékonycsiszolatok elhelyezkedése; b: a szelvény sematikus, idealizált szelvényrajza (Hupuczi-Sümei, 2010); c: a szelvény mentén a vékonycsiszolatok elhelyezkedése; d: a szelvény sematikus, idealizált szelvényrajza (Hupuczi-Sümei, 2010)**

A felső talajosodott horizont megjelenése teljesen homogén, makroszkóposan a vaskiválás gyakorisága alapján lehet elkülöníteni az alatta található és a ráakkumulálódott lösztől (34. ábra). Színe világosbarna, mely helyenként sötétbarna foltokat tartalmaz. Az alsó csernozjom jellegű szint nagyon jól, makroszkóposan is elkülöníthető (34. ábra). Folyamatos az átmenet a világosbarna lösz és a sötétbarna talajosodott szintek között.

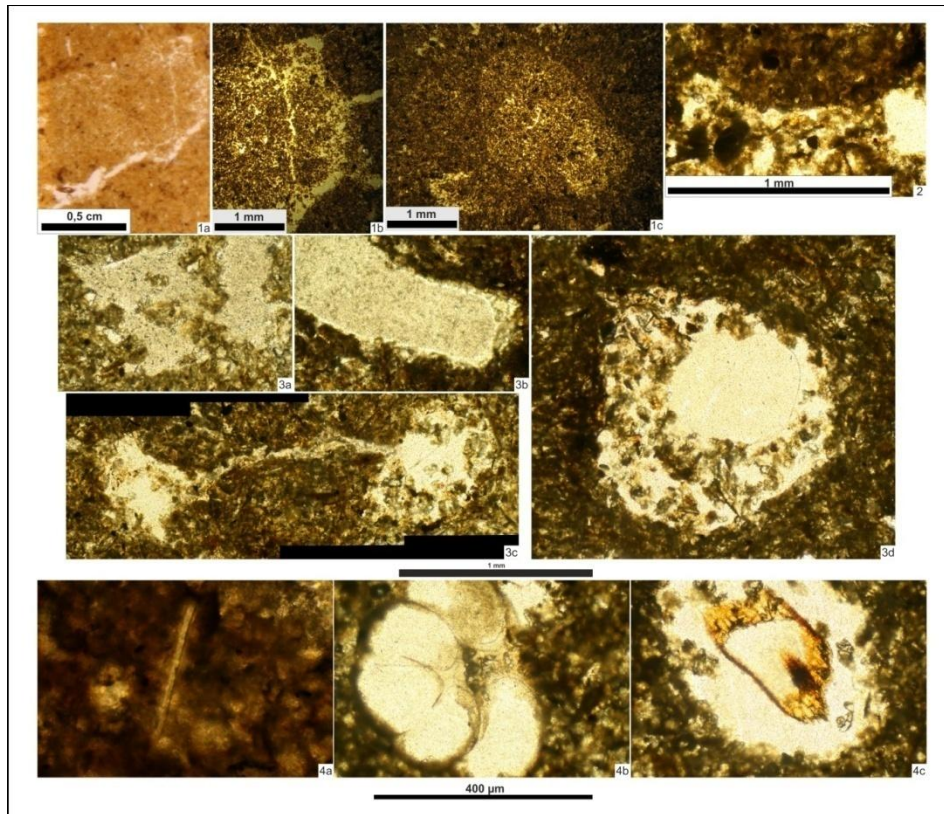
#### 6.2.1.2. Mikromorfológiai eredmények, mikromorfológiai szerkezeti jegyek a madarasi löszszelvényből készült csiszolatok alapján

#### **Mad-1 monolitból készült csiszolatok mikromorfológiai eredményei, szerkezeti jegyei (36. ábra)**

Közvetlenül a talajosodott szint (Hupuczi-Sümei, 2010) felett elhelyezkedő löszös üledék, melyből 4 csiszolat készült. Világosbarna szín a jellemző. Az alapanyag kolloid jellegű, illetve porfíros szövetű, viszonylag homogén, melyben szerves (biomorphák) és szervetlen eredetű vázrészek egyaránt megtalálhatóak. Az alapanyag orientálatlan, ami helyenként szabályosan rendeződik, főként az üregek, pórusok mentén jellemző az irányítottság. Az üregek oldalainál vasas alapanyag felhalmozódást lehet észrevenni. A vasas alapanyag felhalmozódás lehet horizontális a metszetekben, vagy az üregek mentén szabályos kör alakú. Az üregek kitöltöttsége (üres, félig vagy teljesen kitöltött) változó. Különböző színű homogén alapanyag kitöltés, vagy valamilyen turbációs tevékenység hatására alsó vagy



felső horizontokból származó plusz anyag betöltés szinte az összes üregnél felfedezhető. Több esetben az eltérő színű alapanyagok éles határvonallal különülnek el egymástól. Nagyobb méretű, szögletes alakú alapanyag elkülönülés is észlelhető a metszetek mentén. Turbációs nyomok megjelenése a csiszolatok területén nem gyakori. A vasas felhalmozódások nem gyakoriak, ha előfordulnak, akkor elmosódó határvonalúak. A metszetek mikroszerkezete természetes eredetű, összetett szerkezet, amely egy kompakt, tömött struktúrát mutat.



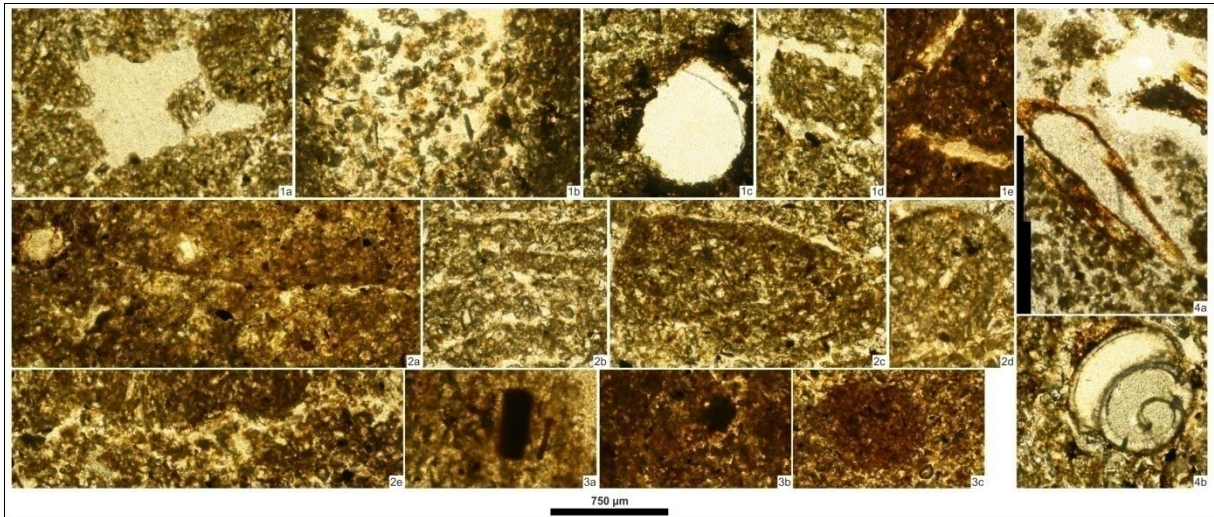
**36. ábra:** 1a,b: nagyméretű alapanyag elkülönülés; 1c: nagyméretű alapanyag elkülönülés, vasas alapanyag felhalmozódással a szélén; 2: alapanyag differencia; 3a,b,c,d: különböző méretű, alakú és kitöltöttségű üregek; 4a,b,c: szerves eredetű vázrészek az alapanyagban (biomorpha, csigahéj, növényi maradvány)

#### **Mad-2 monolitból készült csiszolatok mikromorfológiai eredményei, szerkezeti jegyei (37. ábra)**

Átmenet a talajosodott szint (Hupuczi-Sümegei, 2010) és a löszös üledék között. A makroszkóposan nem észlelt színbeli különbség a csiszolatok analizálása után sem észrevehető a 4 metszetben. Az alapanyag kolloid jellegű, porfíros szövetű, melyben szerves (növényi maradványok, csigahéjak) és szervetlen vázrészek megtalálhatóak. A szerves vázrészek mérete mm-es nagyságú is lehet. Az alapanyag homogén kifejlődésű, orientátlansága jellemző, de az üregek mentén néhol irányított. A vasas felhalmozódások, vaskoncentrációk száma megnövekszik, horizontális vasas erek is megfigyelhetők. Az



elmosódó és éles határvonalú vasborsók száma gyakori. Az üregek mentén a vasas alapanyag (sötétbarna) koncentrált. Az üregek kitöltöttsége változó. Nagyobb méretű ásványszemcsék a metszetekben nem találhatóak. A csiszolatok mikroszerkezete a szint felsőbb részein kompaktabb, mely szerkezet a talajosodott szint felé réteges, lamináris lesz (FitzPatrick, 1993).

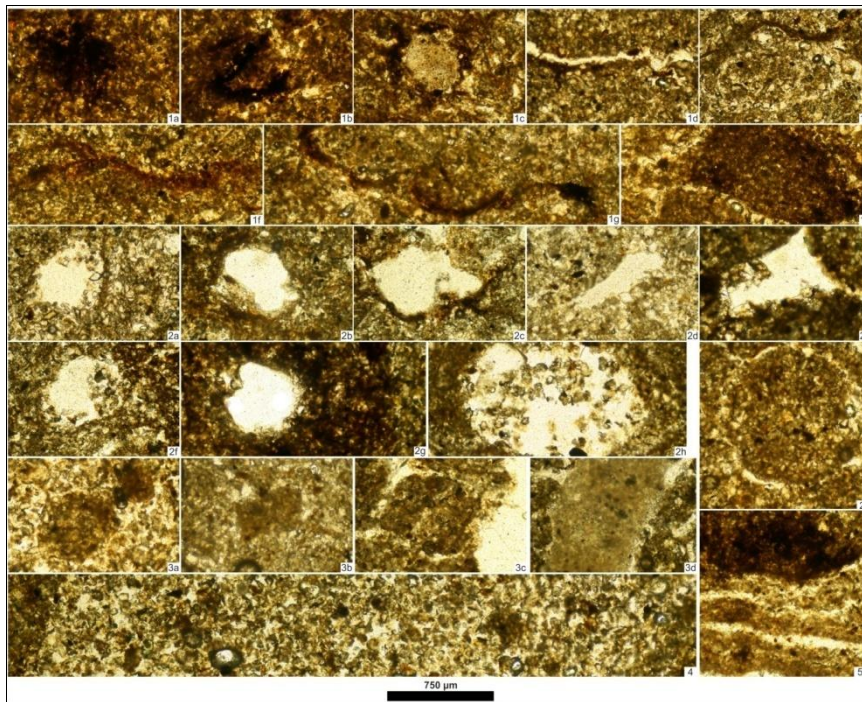


**37. ábra: 1a,b,c,d,e: különböző méretű, alakú, elhelyezkedésű és kitöltöttségű üregek; 2a,c,d,e: különböző méretű horizontális alapanyag felhalmozódások; 2b: lamináris alapanyag felhalmozódás; 3a,b,c: különböző méretű, határú vaskiválások; 4a,b: vázrészek (növényi maradvány, csigahéj)**

### **Mad-3 monolitből készült csiszolatok mikromorfológiai eredményei, szerkezeti jegyei (38. ábra)**

A madarasi löszszelvényben található felső talajosodott szintet metsző vékonycsiszolatok (Hupuczi-Sümegi, 2010). A csiszolatok színe sötétbarna. Az alapanyag egészét tekintve orientálatlan, de több esetben az üregek és horizontális kiterjedésű vázrészek mentén orientált. Az alapanyag porfíros szövetű, szerves és szervetlen vázrészek egyaránt megtalálhatóak benne, melyek mentén az alapanyag több esetben koncentrálnak. A vasas alapanyag felhalmozódások éles határvonallal elkülönülnek a világosabb színű alapanyagtól. A vas koncentrációk száma gyakori, illetve némelyek elmosódó határvonalúak. A vasas tulajdonságú sötétebb színű megjelenések száma a legtöbb a madarasi löszszelvény felső részéből kiemelt szintben. Koncentrikus alakú, kerekded alakú, sötét barna színű, pelyhes megjelenésű kiválások és szeparálódások is megfigyelhetők. Turbációs nyomok, elmozdulási nyomok jelennek meg a metszetekben, melyek következtében az alapanyag néhol laminárisan elkülönül egymástól. Ezekre a párhuzamos megjelenésű elemekre éles határvonallal szeparálódó barna színű alapanyag felhalmozódás települ. Az üregek, pórusok szélein

beiszapolódási nyomokra emlékeztető, eltérő színű felhalmozódások láthatóak. Az üregek és pórusok száma gyakoribb, megjelennek a szögletes alakú üres, pelyhes határvonalú üregek. Az üregek kitöltöttsége változó. Éles határvonalú alapanyag elkülönülések is megtalálhatóak a vékonycsiszolatokban, melyek négyzet, illetve kerekded alakúak. A szint középső részén nagyméretű, világosabb színű alapanyag elkülönülés, fő alapanyagba beágyazódó finom anyag lazább szerkezetű, rögzös-diós megjelenésű. A szintre jellemző paraméterek alapján a mikroszerkezet összetett, mely több folyamat együttes hatásaként jött létre. A metszeteken megtalálhatóak rögzös-, diós-, szemcsés-, és morzsás szerkezeti jegyek is.



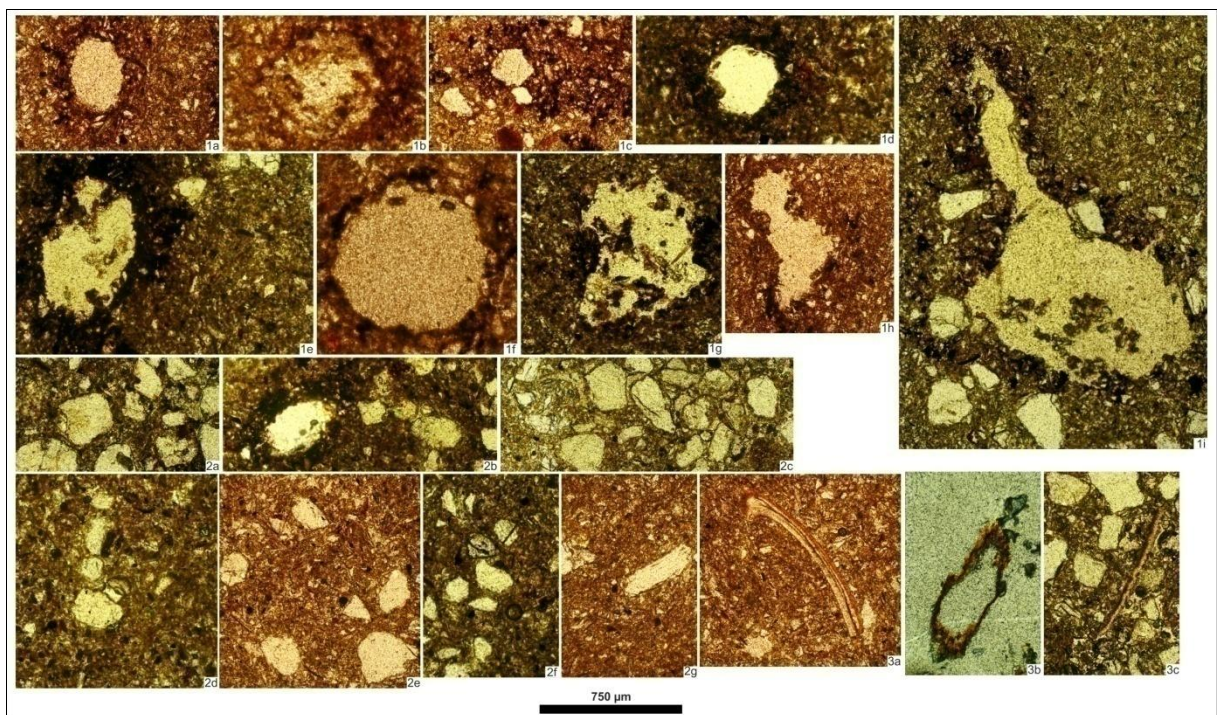
**38. ábra: 1a-1h: különböző alakú, kiterjedésű, irányultságú vasas felhalmozódások; 2a-2i: különböző alakú, töltöttségű üregek; 3a-3d: alapanyag koncentrációk, iszapoltódás nyomok; 4: nagyméretű eltérő alapanyagú repedés kitöltés; 5: lamináris alapanyag orientáció tetején vasas alapanyag felhalmozódással**

#### **Mad-4 monolitból készült csiszolatok mikromorfológiai eredményei, szerkezeti jegyei (39. ábra)**

A madarasi löszszelvény alsó talajosodott (Molnár-Krolopp, 1978) szintje felett elhelyezkedő löszös horizontból készített vékonycsiszolatok metszik ezt a szintet. A sötétbarna szín, mely már a terepi makroszkópos vizsgálatok során megállapítható volt, a csiszolatokban is nyomon követhető. Az alapanyag porfiros jellegű, megtalálhatóak benne szerves (biomorpha, növényi maradvány) és szervetlen (nagyobb méretű ásványszemcsék) alkotók, melyek elrendeződése randomszerű. Az alapanyag nagyrészt orientálatlan, de az üregek mentén orientált. Az irányított alapanyagban néhány különböző megjelenésű sötétebb



barna, fekete vasas alapanyag feldúsulás figyelhető meg. Beiszapolódási nyomok a metszetek területén nem találhatóak. A nagyobb méretű ásványszemcsék megjelenése gyakori a csiszolatokban, melyek alakja változatos, de a lekerekített alak jellemző, ami nem is meglepő, mert a löszös szintet metszik a minták, tehát az uralkodó eolikus viszonyokat támasztják alá (Yaalon-Ganor, 1973; Jongmans, 1994). Az üregek különböző, alakúak és megjelennek a teljesen szabálytalan alakú makro pórusok is. Koncentrációk nem annyira jellemzőek a szintre, de megtalálhatóak. Turbációs nyomok nem gyakoriak. Néhány esetben a nagyméretű ásványszemcsék „gócokká” állnak össze, melyek elrendeződése véletlenszerű. Az üregek kitöltöttsége változó, de a teljesen kitöltött üregek száma ritka. A mikroszerkezet összetett struktúrájú, kompaktabb, melyben helyenként megtalálhatóak a vázszemcsehalmoz szerkezetre utaló nyomok.

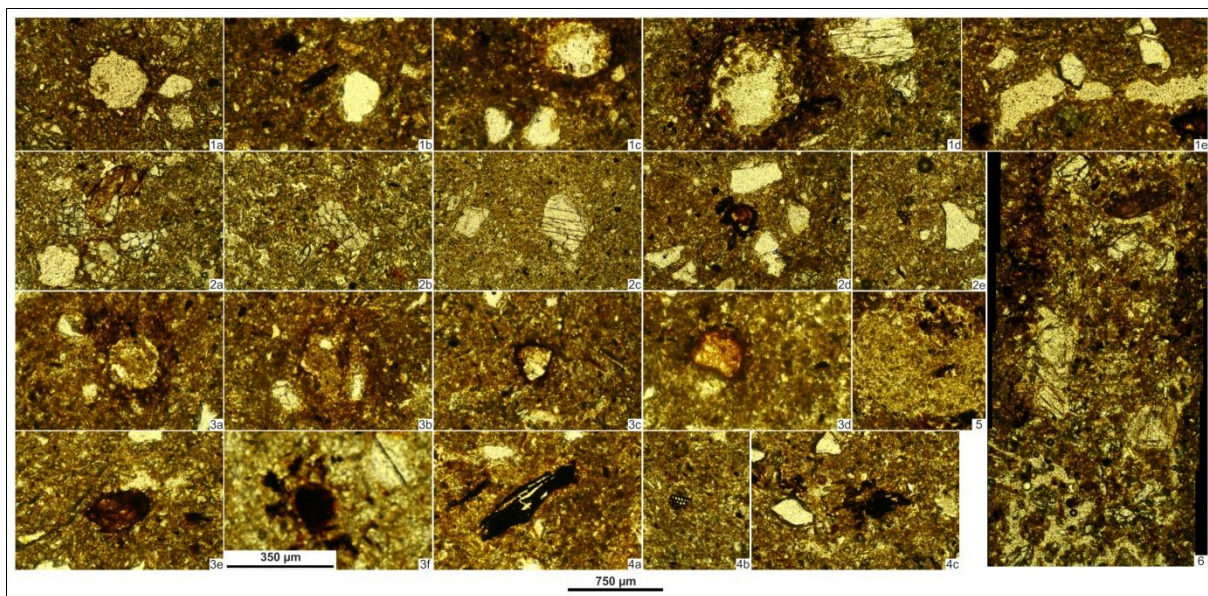


**39. ábra: 1a-1i: üregek és vasas alapanyag felhalmozódások a horizont mentén; 2a-2g: különböző méretű, alakú, mállottságú ásványszemcsék; 3a-3c: szerves és szervetlen vázrészek**

#### **Mad-5 monolitból készült csiszolatok mikromorfológiai eredményei, szerkezeti jegyei (40. ábra)**

Átmeneti szint a löszhorizont és az alsó talajosodott (Molnár-Krolopp, 1978) rész között, melyből a metszetek készültek. A csiszolatok színe sötétbarna, de a szint alján – közvetlenül a talajosodott rész felett – foltokban, zónákban markánsabb barna. Ezen sötétebb színű, szabálytalan alakú foltok elrendeződése véletlenszerű. Az alapanyag porfíros jellegű, orientálatlan szerves, és szervetlen vázrészek találhatóak benne nagy mennyiségben. A

szerves vázrészek közül a nagyméretű szenült famaradványokat érdemes megemlíteni, melyek száma gyakori a csiszolatokban. Ezek a reziduumok fenyőfélék lehetnek (Náfrádi Katalin szóbeli közlése alapján). A kerekded üregek körül az alapanyag orientálódik, több esetben „pelyhes”, vasas alapanyag felhalmozódás formájában. Az orientált vasas rész területe több esetben akkora, mint a körbevett üreg sugara. A vasas kiválások, koncentrációk száma gyakori, melyek különböző megjelenésűek. Jellemző az elmosódó és a markáns határvonalú karakter is. Gyakori az alapanyagtól eltérő finom koloidális teljes üregkitöltés, és az üregek közvetlen közelében gyakori a szögletes ásványszemcsék megjelenése is. Turbációs nyomok is megtalálhatóak a horizontban. Jellemző a vertikális megjelenésű, több mm nagyságú, mozgatott anyaggal kitöltött üregek száma, melyek valamilyen bioturbációs tevékenység eredményeként jöhettek létre. A mozgatott anyagban az alapanyagtól eltérő szerkezetű és karakterű finom anyag halmozódott fel, melyben az ásványszemcsék előfordulása gyakori. Olyan nagyméretű, függőleges irányultságú üregek is megjelennek, melyek nincsenek heterogén alapanyaggal kitöltve. A beiszapolódási nyomok is megjelennek. Az összetett struktúra a szintre jellemző arculat a csiszolatok mentén.



**40. ábra: 1a-1e: ovális és nyúlt üregek, széleiken vasas alapanyag felhalmozódás a horizont mentén; 2a-2e: ásványszemcsék; 3a-3f: üregkitöltések, vasas kiválások, felhalmozódások a szint mentén; 4a-4c: különböző állagú, méretű szenült famaradványok 5: nagyméretű üreg homogén üregkitöltés; 6: nagyméretű heterogén repedés kitöltés**

**Mad-6 monolitból készült csiszolatok mikromorfológiai eredményei, szerkezeti jegyei (42. ábra)**

A madarasi szelvény alsó részén található talajosodott (Molnár-Krolopp, 1978) horizontból készült csiszolatok. A csiszolatok színe továbbra is sötétbarna. A terepi

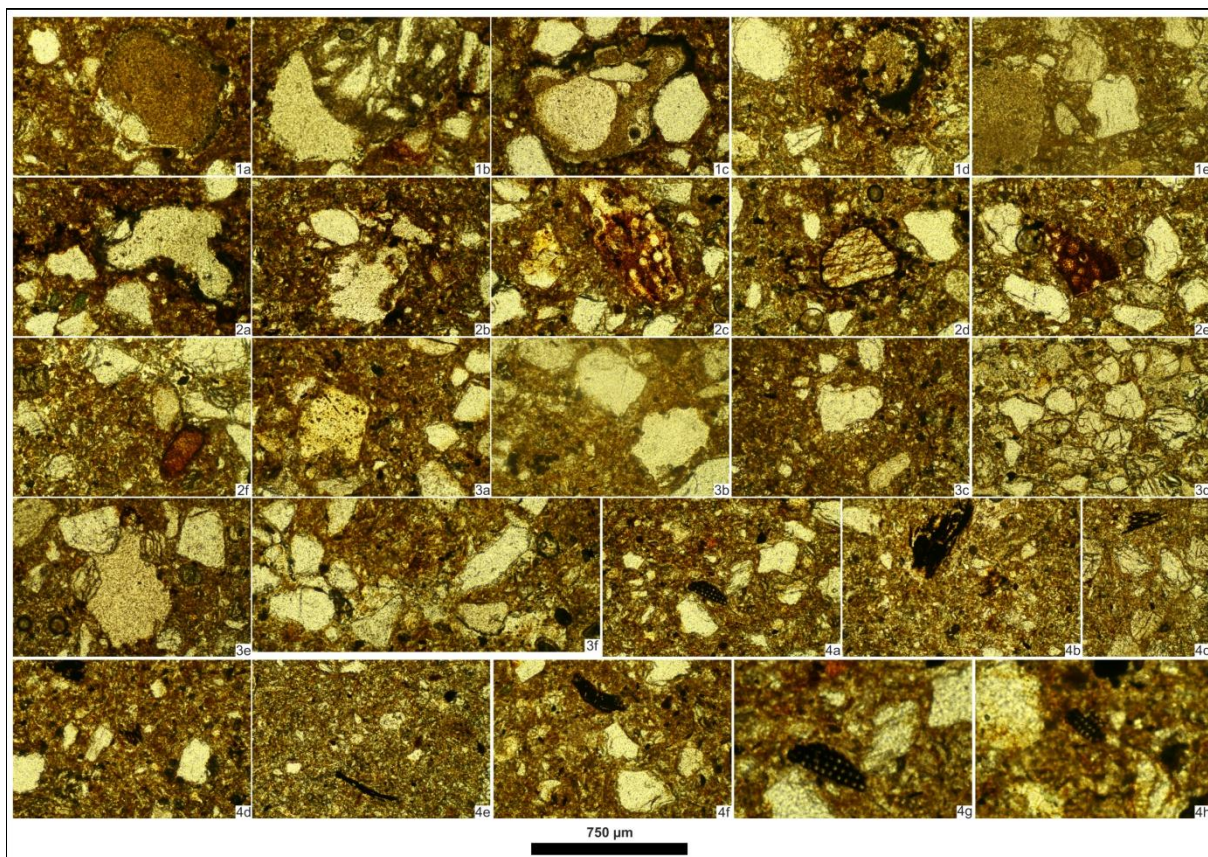


mintavételezés során a monolit egy nagyobb méretű (5-6 cm átmérőjű) bioturbációs nyomot metszett, mely mikromorfológiai vizsgálatok során is analizálható volt (41. ábra).



**41. ábra: A terepi mintavételezés és a mikromorfológiai vizsgálatok során is analizálható bioturbációs nyom**

Az alapanyag heterogén megjelenésű. A sokszínűség annak köszönhető, hogy a vékonycsiszolatok egy része a fentebb említett nyomot is metszik, melyben a nagyobb ásvány szemcsék dominálnak, és a finom, koloidális alapanyag ezeket a vázrészeket kapcsolja össze. Az alapanyag a pórusok mentén is orientált, illetve a nagyméretű ásvány szemcsék mentén is. A szervetlen vázrészek mellett ebben a szintben is dominálnak a szenült famaradványok – fenyőfélék (Náfrádi Katalin szóbeli közlése alapján)(Rudner-Sümegei, 2001)– és a biomorphák is. A nagyméretű – majdnem mm-es – szenült famaradványok mállottsági foka változó, némelyik teljesen jó megtartású, a többi szinte csak egy fekete folt. Vaskiválások, vasas felhalmozódások, a turbációk száma gyakori, illetve 2 csiszolat esetében (Mad-6-2,3) a metszet 50%-át foglalja el. Az ásvány szemcsék mérete, alakja változó, melyek véletlenszerűen helyezkednek el az alapanyagban és az üregekben egyaránt. Az ásvány szemcsék alakja lekerekített és szögletes. A lekerekített szemcsék véleményem szerint a mozgás következtében a szelvény alján elhelyezkedő, löszös horizontból valóak, míg a szögletes, négyzet alakú szemcsék a szelvény alján található, nagyobb szemcseméretű, homokos üledékből származhatnak. A szögletes alakú ásvány szemcsék elrendeződése több esetben egy görbült, lineáris vonal mentén történik, mely valamilyen mozgás eredménye lehet. Gyakori az üregekben található beiszapolódási nyomok előfordulása is, melyek mérete mm-es is lehet. Kevés az üres, alapanyag vagy nagyobb vázrésszel ki nem töltött üregek száma, szinte az összesben van valamilyen kitöltés. A talajosodott horizontra az összetett szerkezet a jellemző, melyben a váz szemcsehalmoz struktúra is szerepet kap.



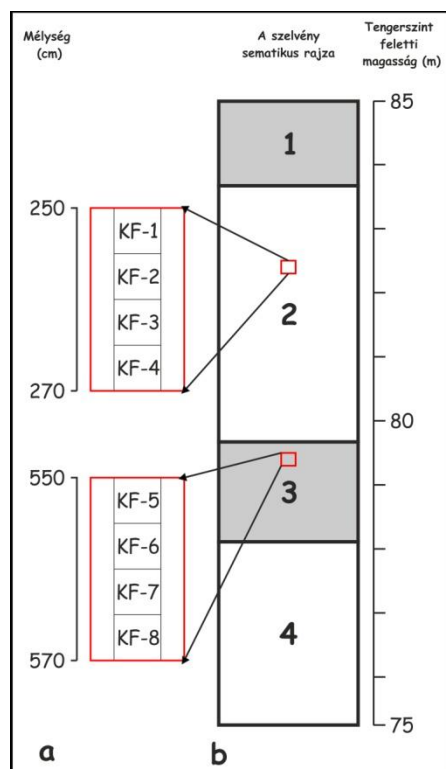
**42. ábra: 1a-1e: eltérő üregkitöltések; 2a-2f: vasas felhalmozódások a szint mentén; 3a-3f: ásványszemcsék; 4a-4h: különböző szenült famaradványok a horizont mentén**

### 6.2.3. Kunmadaras-Ecse-halom

#### 6.2.3.1. A szelvény általános makroszkópos bemutatása és az elkészített csiszolatok elhelyezkedése (43. ábra)

A kunhalom mintázására 2010 novemberében került sor, a Hortobágyi Nemzeti Parkkal történő együttműködés keretein belül. A szelvény felső részén recens talaj található (réti szolonyec), amely egy löszszerű üledéken fejlődött ki. A löszszerű üledékben helyenként előfordulnak csigahéjak, illetve az alapkőzetből (lössz) behordódások. Az áthalmozott, felhalmozott üledék magasabb agyag tartalmú, melyben nagyméretű vasas foltok találhatóak. Ez a magasabb agyag tartalmú áthalmozott szint egy eltérő kifejlődésű, vöröses barna horizontra települ. A makroszkópos vizsgálatok alapján ez lehetett az eredeti talaj szintje. Ez a talajosodott rész egészen az alapkőzetig nyomon követhető. Az alapkőzet, melyen a kunhalom található, infúziós lösz. Az egyes szintekből – áthalmozott szint, feltételezhetően eredeti talajszint – 4-4 vékonycsiszolatot készítettünk. A 4-4 metszet a profil mentén vertikálisan helyezkedik el (43. ábra).



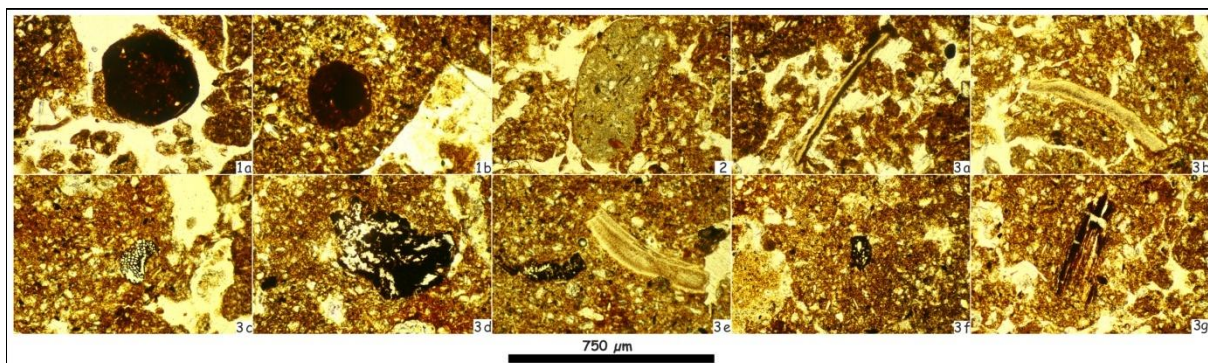


**43. ábra: a: csiszolatok egymáshoz viszonyított elhelyezkedése, elnevezése a szelvény mentén a Kunmadaras-Ecse-halom szelvényben; b: a szelvény sematikus rajza (1: recens talaj, 2: áthalmozott szint, 3: eltetett talaj szint, 4: infúziós lösz)**

#### 6.2.3.2. Mikromorfológiai eredmények, mikromorfológiai szerkezeti jegyek Kunmadaras-Ecse-halomból készült csiszolatok alapján

##### **KF-1,2,3,4 csiszolatok mikromorfológiai eredményei, szerkezeti jegyei (44. ábra)**

A négy vékonycsiszolat az áthalmozott, mozgatótt üledéket metszette, mely feltehetően eredetileg a kurgán közvetlen környezetéből származott. A vékonycsiszolatok színe világosbarnás. Az alapanyag minden esetben egyaránt tartalmaz szerves és szervetlen vázrészeket. Nagyméretű ásványszemcsék elvétve találhatók a metszetekben, tehát megjelenésük ritka. Mindegyik metszetben előfordulnak csigahéj maradványok. Növényi maradványok (biomorphák) megjelenése gyakori, ezzel szemben a szenült famaradványok jelenléte ritka, egy-két esetben fordulnak elő (méretük néhány 100  $\mu\text{m}$ ). Az alapanyag orientálatlan, mely legtöbb esetben a vázrészek körül sem irányított. Az alapanyag megjelenése homogén. Az alapszövet szemcsehalmoz jellegű. A csiszolatokban az aggregátumok elkülönülése figyelhető meg, melyek szabálytalanul illeszkednek egymáshoz.



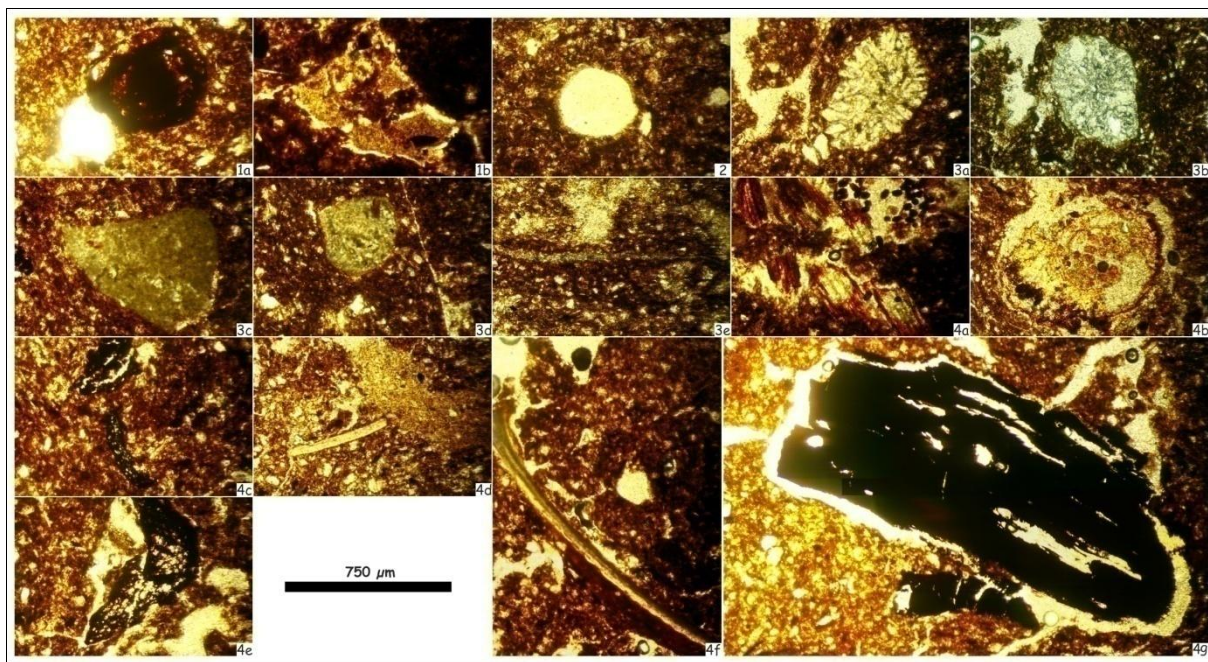
**44. ábra: 1a-1b: a metszetekben látható vasszeperálódások; 2: mészgöbecs; 3a-3g: vázrészek a metszetekben (csigahéjak, szénült famaradványok)**

A repedések szabályszerűen illeszkednek egymáshoz. A biológiai tevékenységhez kapcsolható járatok megjelenése gyakori. Az agyagos, vasas alapanyag felhalmozódások, elkülönülések száma jelentéktelen a metszetekben. A vaskoncentrációk, szeperálódások száma a mélységgel együtt növekszik, de így sem jelentős. Elmosódó és éles határvonalú koncentrációk egyaránt megtalálhatóak a vékonycsiszolatokban, de elterjedésük változó, valamint alakjuk és méretük is különböző. Nagyméretű vasas elkülönülések nem jellemzőek. A vékonycsiszolatokban található vasas elkülönülések alapján a metszetek áthalmozva kerülhettek eredeti helyükre (Szendrei, 2001). Mivel egy átmozgatott szintről van szó, ezért a vasas elkülönülések, meszes szeperálódások egymáshoz való viszonya nem egy eredeti állapotot tükröz. A vékonycsiszolatokban a meszes szeperálódások száma jelentéktelen, ám egy metszetben mégis leírható egy ilyen elkülönülés. A hortobágyi területeken történt eddigi mikromorfológiai kutatások alapján az itt található talajokban a mészgöbecsek megjelenése ritka, kifejlődésük is több fajta lehet (Szendrei, 2001), a talajok C-szintjében jelennek meg. A vizsgálatok és elemzések alapján a metszetekre összetett szerkezet jellemző, melyre több tényező egyidejűleg hatott. Az áthalmozott jelleg a szintből készített vékonycsiszolatok alapján megerősíthető a metszetekből leírt vasas elkülönülések és meszes göbecsek által.

#### **KF-5,6,7,8 csiszolatok mikromorfológiai eredményei, szerkezeti jegyei (45. ábra)**

A négy vékonycsiszolat a terepi megfigyelések szerint egy eltemetett talajszintet (Sümei Pál szóbeli közlése alapján) metszett. A vékonycsiszolatok hasonlóak, de néhány paraméterükben eltérnek egymástól, ezeket a metszetekhez tartozó táblázatban ismertetem (táblázat). Az alapanyag orientálatlan, néhány esetben a vázrészek és a pórusok körül irányított. Az alapanyag agyagos, illetve meszes-agyagos, mely az alapkőzet mivoltára vezethető vissza. Az alapszövet szemcsehalmaz. Az alapanyag színe sötétbarnás-vöröses. Mindegyik csiszolatban elkülöníthetők szerves és szervesetlen vázrészek egyaránt. A töredezett csigahéjak gyakorisága ritka, és ép maradvány nem is fordul elő. A növényi

maradványok közül a biomorfhákat és szenült famaradványokat érdemes megemlíteni. A szenült famaradványok mérete és alakja különböző, de megjelenésük gyakori. A nagyobb mennyiségű szenült famaradványok jelenléte nem meglepő egy temetkezési hely kapcsán. Bár a halom részletes feltárása ez idáig nem történt meg, de feltételezni lehet, hogy a maradványok a temetkezés részeként szolgáló sírból kerülhettek elő. Érdekesség, hogy a metszetek egyikében sikerült más fajta biogén eredetű maradványt is analizálni, mely ürülék formájában maradt meg a profilban. Az ürülék színe sötétbarna, alakja ovális, kerekded. Vázrészként megjelenő nagyméretű ásványszemcsék ritkák az alapanyagban. Az aggregátumok jelenléte a vékonycsiszolatokban a mélység növekedésével csökken. Az aggregátumok különböző alakúak és méretűek, melyek véletlenszerűen illeszkednek egymáshoz. A metszetekben az üregek és pórusok száma jelentős, melyek nagyrészt kitöltetlenek.



**45. ábra: 1a-1b: vasas szeparálódások a metszetekben; 2: üreg; 3a-3e: különböző méretű és megjelenésű meszes göbcecsek és vázrészek; 4a-4g: különböző méretű és alakú vázrészek a vékonycsiszolatokban (ürülék, gyökérmaradvány, csigahéjak, szenült famaradványok)**

Bizonyos üregek szélein alapanyag felhalmozódást lehetett leírni. Koncentrálódások és szeparálódások a metszetekben észrevehetőek, melyek elrendeződése, alakja és mérete különböző. Az agyagos bevonatok mennyisége ritka. Vasas elkülönülések a vékonycsiszolatokban megjelennek, de gyakoriságuk ritka. Észrevehetőek kisebb méretű, elmosódó határvonalú vaskiválások. A mélység növekedésével növekszik a vaskonkréciók mérete, és alakjuk kerekdedebb lesz, de az 1000  $\mu\text{m}$ -t nem haladják meg. A konkréciók megjelenése a vízzel borítottsággal magyarázható (Szendrei, 2001). Ezek alapján az eltemetett talaj vízzel való borítottsága nem volt hosszú idejű illetve jelentős mértékű. Az általam



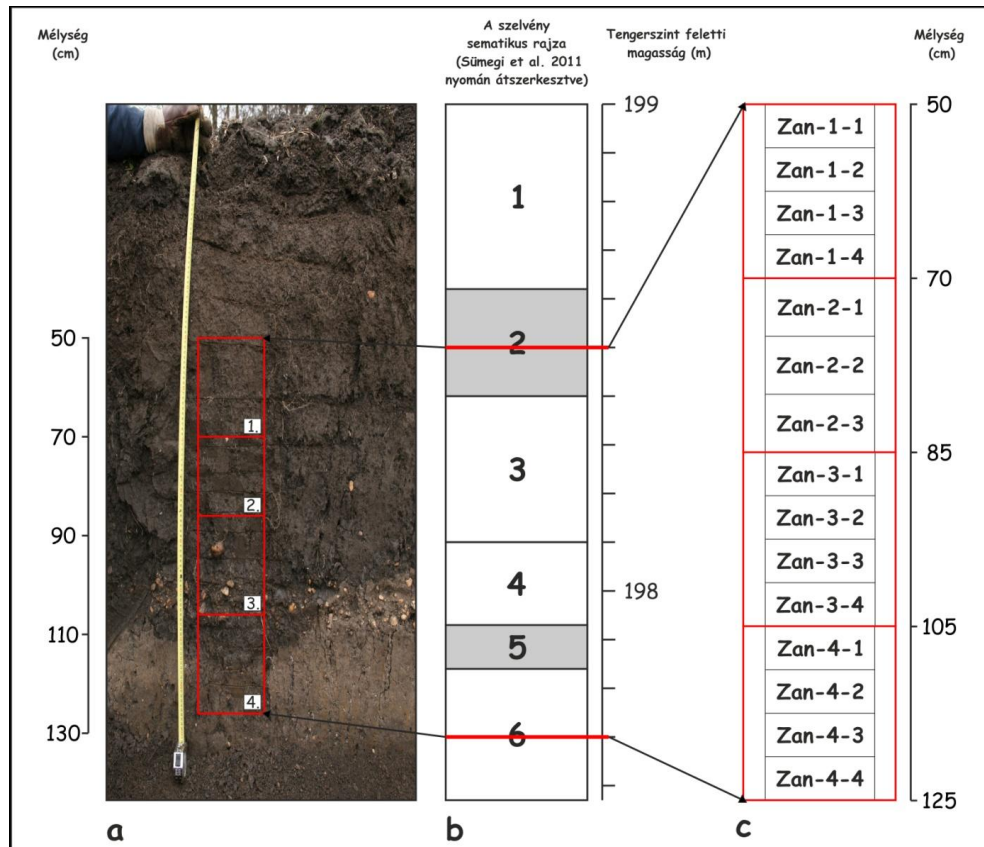
analizált profilok esetében ennél a lelőhelynél fordulnak elő a legváltozatosabb megjelenésű meszes szeparálódások, jelenségek. A meszes-agyagos alapanyag felhalmozódás az egyik legszembetűnőbb változás a csiszolatok területén. Meszes, pátitos kiválások egy különleges formája jelenik meg a metszetekben, melyek a biológiai tevékenységekhez kapcsolódva jöhetnek létre. Méreteik alapján giliszta bioszferoidok lehetnek (Becze-Deák et al. 1997; Szendrei, 2001). Méret alapján elkülöníthetők elsődleges mikrokristályos szemcsék és másodlagos, nagyobb méretű mészgöbcecsek. Ezen paraméterek alapján elmondható a metszetekről, hogy a felsőbb részekben elhelyezkedő csiszolatok mikroszerkezete rögös, csatornás, mely struktúra a mélység növekedésével átalakul összetett, tömöttebb szerkezetté.

#### **6.2.4. Zanati lelőhely**

##### 6.2.4.1. A szelvény általános makroszkópos bemutatása és az elkészített csiszolatok elhelyezkedése

A szelvényt egy elkerülő út (Nemesböd-Zanat, M86) építését megelőző régészeti ásatáson – Nemesböd-Csepregúti- völgyre-dülő I. – alakították ki munkagépek segítségével, melyet 2008 év végén Sümegi Pállal közösen mintáztuk meg. A lelőhely elhelyezkedése igen speciális, így az itt felhalmozódott üledékek, talajok is unikális jellegűek (Sümegi et al. 2011). A Surányi-patak allúviumán alakítottuk ki a talajszelvényt (Sümegi et al. 2011), és az említett profil makroszkópos leírása is megtörtént. A terepi leírások során a profilt több szintre lehetett elkülöníteni (Sümegi et al. 2011)(46. ábra).

A szántott, kevert, recens, szürkésbarna színű talaj egy idősebb, kerámiákat is tartalmazó sötétebb – feketésbarna – színű, növényi maradványokat is tartalmazó üledéken alakult ki. A szelvény középső részén vörös-szürkésbarna ártéri üledék található, mely egy feketésbarna színű, kavicsokkal kevert, talajosodott szinten helyezkedik el. A szelvény fekéje szürkésbarna színű ártéri üledék, növényi maradványokkal (Sümegi et al. 2011). A 150 cm-es szelvényből 4 monolitot emeltünk ki mikromorfológiai vizsgálatokra, melyekből 15 db vékonycsiszolatot készítettünk. A csiszolatok vertikálisan helyezkednek el a profil mentén. (46. ábra).



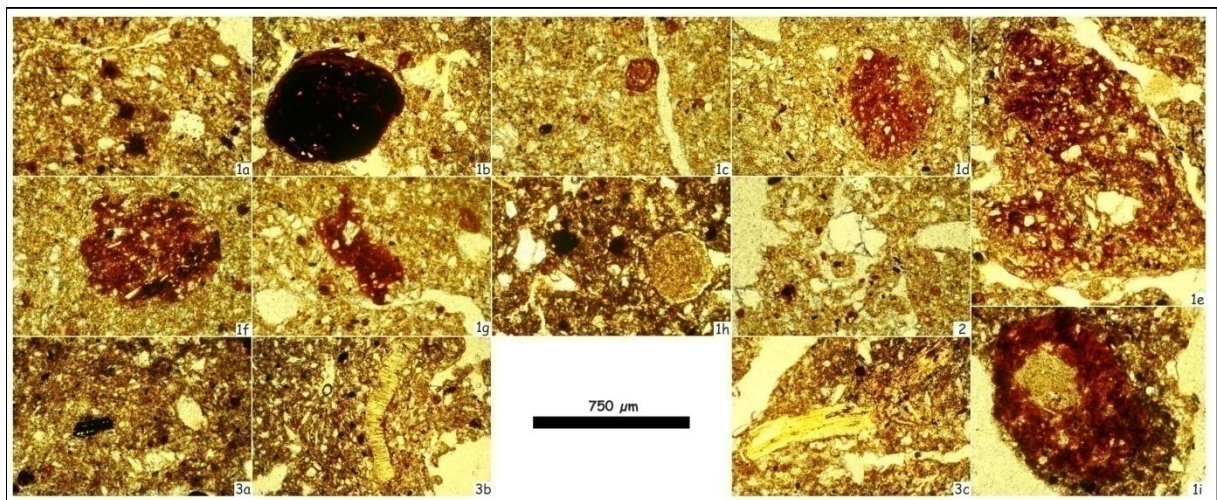
46. ábra: a: a kiemelt monolitok elhelyezkedése a szelvény mentén (saját felvétel); b: 1: recens talaj, 2: középkori kerámiákat tartalmazó hidromorf talaj, 3: ártéri üledék, 4: agyagos ártéri üledék, 5: császárkori réti talaj, 6: világos színű ártéri üledék (Sümegei et al. 2011 alapján); c: a 15 vékonycsiszolat elhelyezkedése a profil mentén

#### 6.2.4.2. Mikromorfológiai eredmények, szerkezeti jegyek a zanati szelvényből készült csiszolatok alapján

#### ZAN-1 monolitról készült csiszolatok mikromorfológiai eredményei, szerkezeti jegyei (47. ábra)

A monolit két réteget metszett – középkori eredetű hidromorf talaj és enyhén laminált ártéri üledék – és egy átmeneti horizontot harántolt. Az alapanyag minden csiszolat esetében vasas, melyek porfírosak, kolloid jellegűek. Az alapanyag színe sötétbarna, mely szín a mélység növekedésével halványabb barna lesz. Az alapanyag orientálatlan, de a vázrészek és pórások körül orientálódik, egy-két esetben foltos irányultságot is meg lehet figyelni. Szerves és szervetlen eredetű vázrészek egyaránt megtalálhatóak az alapanyagban. Fontos megemlíteni, hogy nagyobb méretű – 1500  $\mu\text{m}$  – szenült famaradványokat azonosítottam a hidromorf talajnak nevezett rétegből készült – Zan-1-2 – vékonycsiszolatokban. A famaradványok száma és mérete a mélység növekedésével folyamatosan csökken. Nagyméretű – 500-1000  $\mu\text{m}$  – ásványszemcsék azonosíthatóak a csiszolatokban, melyek mérete folyamatosan növekszik a mélység növekedésével arányosan. Több esetben megfigyelhetők különálló aggregátumok, melyek mérete akár 5000  $\mu\text{m}$  is lehet (ZAN-1-4).

Nagyméretű üregek és pórusok találhatók a metszetekben, melyek kapcsolatban vannak egymással, gyakori a bioturbációs tevékenységhez köthető turbált nyomok száma. A nagyobb méretű üregek kitöltése változó. Az alapanyagban gyakran lamináltság figyelhető meg. A vaskoncentrációk, kiválások és szeparálódások száma jelentős, kifejlődésük különböző. A monolit felső részéből készült metszetekben a hidromorf hatást tükröző vaskiválások és szeparálódások találhatók (Szendrei, 2001). Szeparálódásnak és koncentrációnak a mikromorfológiában a talajban a beágyazó anyagtól eltérő jelenségeket hívjuk (Szendrei, 2001). A különböző vaskiválások nem feltétlenül a jelenkori hatások nyomait tükrözik, hanem a régmúltban bekövetkezett változásokra is választ adhatnak (Szendrei, 2001). Több kutatás (Szendrei, 2001) is vizsgálta már ezeket a reliktum bélyegeket, melyek alapján több nem jelenkori, reliktum vasborsót is sikerült felfedeznem a vékonycsiszolatokban. Az egyik legmarkánsabb reliktum bélyeg az éles határvonalú vasborsó. A mélység növekedésével – közeledve az ártéri üledékhez – a vasborsók mérete növekszik, szabálytalan alakú lesz, mely szintén a huzamosabb ideig tartó vízzel történő elborítást hivatottak alátámasztani. A vasborsók barna és világosbarna színe is ezeket a folyamatokat támasztja alá (Szendrei, 2001). A metszetek képe igen változatos, összetett mikroszerkezetű. Laminált nyomok, bioturbációs bélyegek és a nedvesedés-száradás folyamatos változására utaló bélyegek is megtalálhatók.



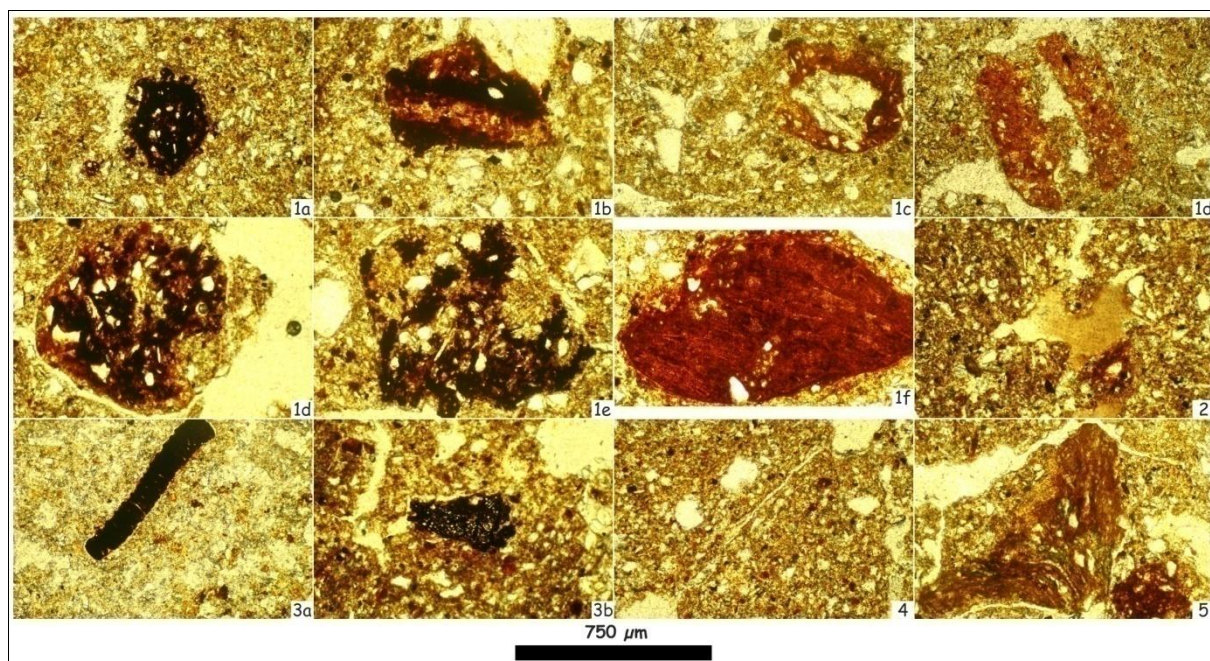
**47. ábra: 1a-1i: a vékonycsiszolatokban található vaskoncentrációk; 2: nagyméretű ásványszemcse; 3a-3c: vázrészek a metszetekben**

**ZAN-2 monolitról készült csiszolatok mikromorfológiai eredményei, szerkezeti jegyei (48. ábra)**

A monolit az enyhén laminált, kevert szintet metszi (Sümei et al. 2011). A csiszolatok színe sötétbarna. Az alapanyag színe világosabb narancsbarna, porfiros. Az



alapanyag orientálatlan, mely azonban pórusok és néhány esetben a vázrészek körül orientálódik. Szerves (biomorpha, szenült famaradvány) és szervesetlen vázrészek egyaránt megtalálhatóak a metszetekben, melyek alakja és mállottsága változatos. A szenült famaradványok mérete 100-500  $\mu\text{m}$ . A faji szintű meghatározást azonban nem teszi lehetővé metszetbeli irányultságuk (Náfrádi Katalin szóbeli közlése alapján). Nagyméretű aggregátumok elkülönülése figyelhető meg az alapanyagban, melyek alakja szögletes vagy lekerekített. Az üregek, pórusok száma jelentős, melyek kapcsolódnak egymáshoz, repedés hálózatot alkotva. A szint alsó részein lekerekített és ovális alakú, kavics szemcsetartományba sorolható szervesetlen vázrészek (ásvány szemcsék) jelennek meg, melyek kvarcok lehetnek. A turbációs nyomok száma jelentős. Agyaghártyák figyelhetők meg az üregekben, melyek mikro-lamináltak a folyamatos duzzadás-zsugorodás következtében (Fehér, 2007). Ezek mellett beiszapolódási nyomok is előfordulnak a metszetekben. Különböző alakú és megjelenésű vasas alapanyag felhalmozódások jelennek meg a 3 csiszolatban. Jellemzőek a vaskonkréciók, az elmosódó határvonalú vassborsók és a szegélyek mentén felhalmozódó vasas bevonatok. A csiszolatok mikroszerkezete az adott szintben összetett volt. A nedvesedés-száradás ritmikus változása következtében jellemző a rögös, diós megjelenés. Az egyes rögök mérete különböző, és a szabad szemmel látható porozitás akár 20% is lehet.

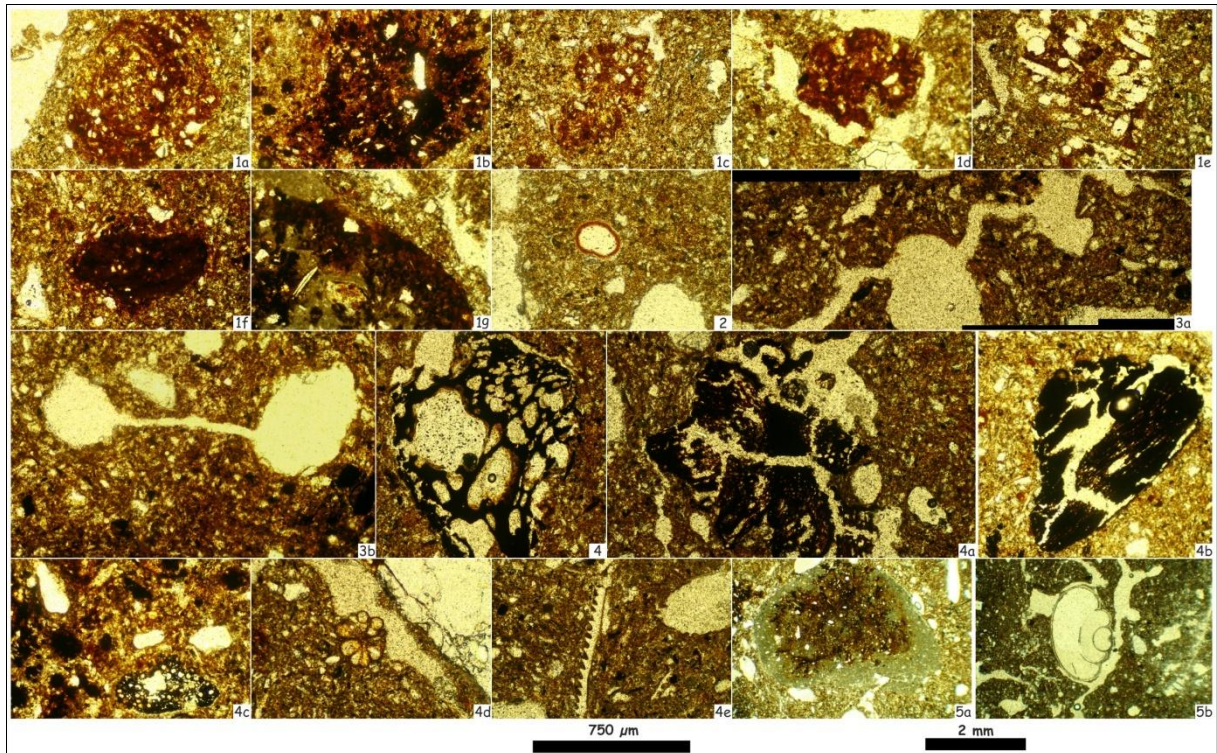


**48. ábra: 1a-1f: vaskonkréciók és elmosódó határvonalú vassborsók a metszetekben; 2: agyaghártya; 3a-3b: szerves eredetű vázrészek a vékonycsiszolatokban; 4: pórusok közötti csatorna; 5: vas kiválás**

**ZAN-3 monolitból készült csiszolatok mikromorfológiai eredményei, szerkezeti jegyei (49. ábra)**

A szintből készült vékonycsiszolatok különböznek a profil többi részéből készült metszetektől. Főbb paramétereikben hasonlóak, de előfordulnak olyan vázrészek is a csiszolatokban, melyek a többi szintekben nem találhatók meg. A monolit az ártéri üledéket metszette, mely egy római kori út végén helyezkedett el (Sümei et al. 2011). A csiszolatok színe barnászörös. Az alapanyag színe világos- és sötétbarna. Az alapanyag orientálatlan, egy esetben – ZAN-3-1 – foltokban orientált. Lekerekített aggregátumok is megfigyelhetők a metszetekben. A nagyobb méretű pórusok körül orientált. Az alapszövet porfiros jellegű. Nagyméretű – több cm átmérőjű – üregek gyakoriak mindegyik metszetben. Az üregeket és csatornákat repedések kötik össze. Nagyméretű szerves és szervetlen vázrészek egyaránt megtalálhatóak az üledékben. A szerves vázrészek: biomorpha, fitolit és szenült famaradványok. A szenült famaradványok nagyobb méretűek, mint a profil felső részéből készült csiszolatokban található maradványok. A méretük akár 3-4 cm is lehet, melyek megtartása több esetben egyedülálló, és még a vékonycsiszolatból is meghatározható. A szenült famaradványok valószínűleg fenyőfélék lehetnek (Náfrádi Katalin szóbeli közlése alapján). A szervetlen vázrészek mérete, mennyisége a mélységgel együtt növekszik. A csiszolatok minden esetben nagyméretű kavics szemcséket is metszettek, melyek nagyrészt metamorf kvarcok. Az ásványszemcsék, kavicsok elrendeződése a metszetekben véletlenszerű, irányítottságot nem lehet felfedezni. Az üregek szélén vasas alapanyag felhalmozódás elvétve figyelhető meg. A különböző alakú és kifejlődésű vasas megjelenések száma viszont gyakori. A monolit felső részében inkább a nagyobb kiterjedésű szabálytalan, sötétebb színű vaskoncentrációk a jellemzőek, melyek egyértelműen alátámasztják azt a feltételezést, hogy az üledék akár több hónapig is vízzel lehetett borítva. A vasas bélyegek reliktumok lehetnek az üledékben, mivel éles határvonalúak, és a jelenkori pórusokhoz nem kapcsolódnak (Szendrei, 2001). Az éles határvonalú vasborsók is az ártéri genetikát és az esetleges átmozgatást hivatottak alátámasztani. A mélység növekedésével - közeledve a császárkori réti talajhoz - a vasborsók, szeparálódások száma mérséklődik, színük világosabb lesz, és a méretük is csökken. A vékonycsiszolatokban megjelennek a különböző formájú, méretű és eredetű szénsavas meszes formák. Megtalálhatóak biogén váztöredék formájában Mollusca héjak a metszetekben, és különböző mészgöbcecsek. A mészgöbcecsek az alapanyagban helyezkednek el. Az üregek kitöltöttsége változó. A csiszolatok szerkezete összetett.



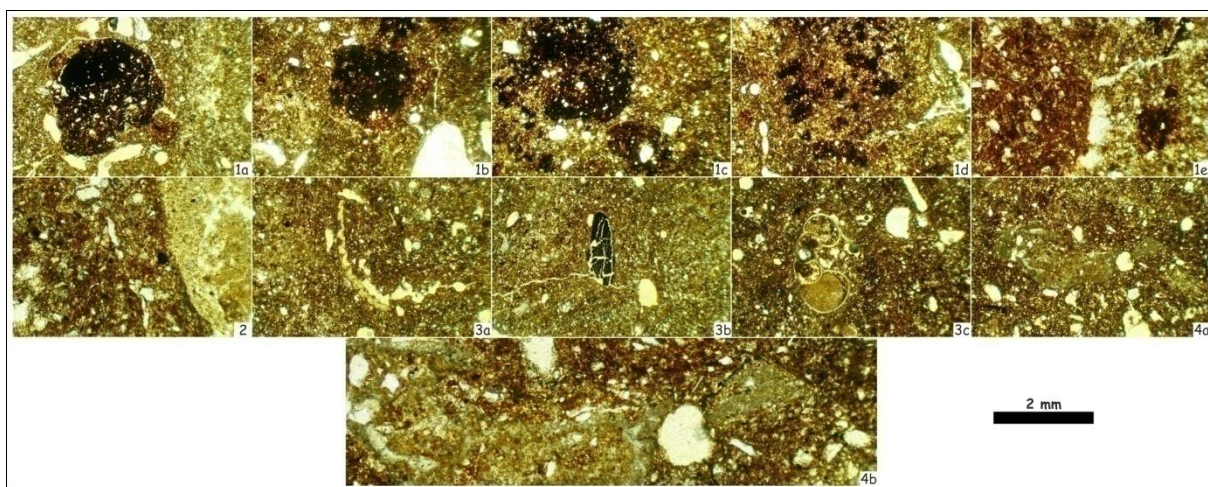


**49. ábra: 1a-1g: különböző alakú, méretű vaskonkréciók, vasborsók; 2: növényi maradvány; 3a-3b: üregeket összekötő csatornák; 4a-4e: szerves és szervetlen eredetű vázrészek; 5a: szénsavas mészgöbe; 5b: csiga maradvány**

#### **ZAN-4 monolítból készült csiszolatok mikromorfológiai eredményei, szerkezeti jegyei (50. ábra)**

A terepi leírások és az eddigi publikációk alapján a monolit egy császárkori eltemetett talajszintet és egy enyhén laminált ártéri üledéket metszett (Sümei et al. 2011). Az alapanyag mindegyik csiszolat esetében sötétbarnás-vöröses színű, mely helyenként kissé kihalványul. Az alapanyag orientálatlan. A szövet porfíros jellegű. A szerves vázrészek mennyisége csökken, de ugyanúgy megtalálható a metszetekben, mint a felsőbb monolitokban. A szenült famaradványok mennyisége kevesebb, de méretük több mm-es lehet, ezen kívül biomorfhák és fitolitok is megtalálhatóak a mintákban. A szervetlen vázrészeket a véletlenszerűen elhelyezkedő, nagyobb méretű kavicsok és ásvány szemcsék képviselik. A kisebb méretű ásvány szemcsék alakja mállott. Különálló szabálytalan alakú aggregátumok figyelhetők meg a mintákban. A metszetek területén szemmel láthatóan nagy üregek és pórusok helyezkednek el, melyek a kapcsolatba állnak egymással. Az üregek sorozatokat alkotnak egymással repedések segítségével. Némely esetben a kerekded üregek foltokba rendeződnek. Különböző szeparálódások és koncentrálódások is találhatóak a metszetekben, melyek alakja, mérete változó. A vasas elkülönülések és koncentrálódások száma gyakori. A császárkori réti talajszintben található vasborsók éles határvonalúak, méretük 2-3 mm is lehet. Ezeken a vasborsókon néhány esetben vékony hártya bevonatot lehet észrevenni, melyek a szint

reliktum jellegére utalnak (Szendrei, 2001). A vasborsók mérete is azt a tényt hivatott alátámasztani, hogy az adott szint huzamosabb ideig lehetett folyamatosan vízborítás alatt. Több esetben meg lehet figyelni a sötétebb színű vasborsókat körülölelő vastagabb – néhány  $\mu\text{m}$  –, a világos barna színű alapanyagtól eltérő felhalmozódásokat. Ezeken az elkülönüléseken túl megtalálhatóak még a mintákban különböző meszes szeparálódások is. Az egyik igen szembetűnő, a császárkori talajban található biogén csigahéj töredék (amely lehet, hogy nem is töredék, hanem egy ép példány). Az ártéri üledékben megtalálható 3-4 mm-es meszes üregkitöltés vertikális kiterjedésű, melyet egy kerekded pórus metsz. Ez a koncentráció felülethez kapcsolható, ami szénsavas pátitos kifejlődésű. Kialakulása több folyamat eredménye, lehet elsődleges – talajból öröklődhet - vagy másodlagos eredetű. Elsődleges képződés esetén a talaj C-szintjének rezidiumaként értelmezhető (Szendrei, 2001). A metszetekben az üregek kitöltöttsége változó, de a nagyobb méretű üregek, pórusok az esetek többségében üresek, kitöltetlenek. A metszetekben, az alapanyagban a turbációs nyomok is láthatóak, melyek az ártéri üledékből készült csiszolatokban gyakoribbak. A vékonycsiszolatokban megfigyelhető szerkezetek összetettek, melyek több folyamat együttes hatásaként jöttek létre.



**50. ábra: 1a-1e: nagy méretű vaskonkréciók és vasborsók a vékonycsiszolatokban; 2: alapanyag elkülönülés; 3: 3a-3c: vázrészek; 4a-4b: meszes alapanyag elkülönülés**

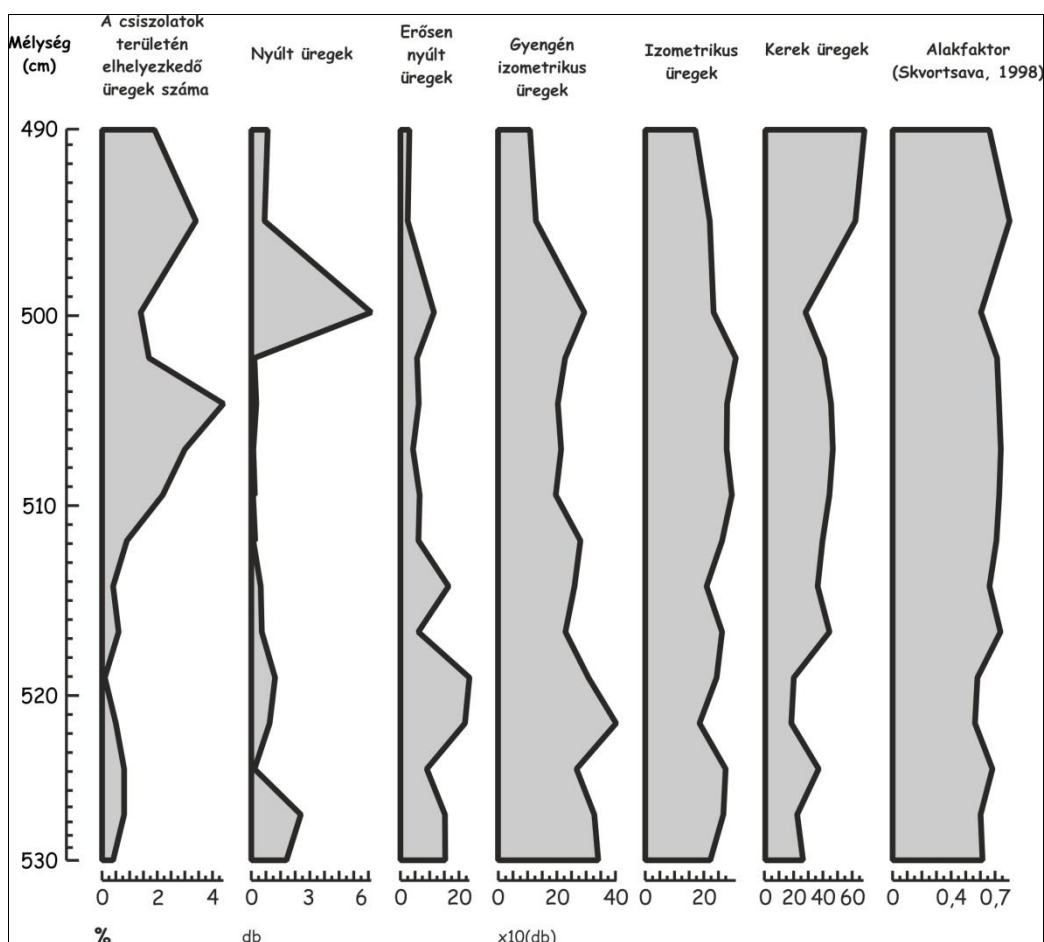
### 6.3. A vizsgált csiszolatokban található üregek kvantitatív jellemzése

#### 6.3.1. Tokaj-Csorgókút-II.

Különböző képanalizáló módszerek segítségével a vékonycsiszolatokon az üregek, pórusok és repedések kvantifikálása (Szendrei, 2000) is megtörtént (51. ábra). A nagyméretű pórusok, repedések száma a metszetekben az elemzett szintek mentén változó volt. Kiugró, illetve alacsony számú értékeket – pórusokra, üregekre jellemző – egyaránt kaptam az analízis



során. A szelvény alsó szintjén, a talajosodott horizontban az értékek átlagosnak mondhatóak. A képanalízis után kapott értékek alapján egy új horizont rajzolódik ki a talajosodott szintben, ahol az üregek átlagos száma lecsökken. Ez a csökkenés nem állandósul, hanem az értékek újból normalizálódnak, egészen a szenült famaradványokat tartalmazó szint alsó részéig, ahol az üreg értékek megduplázódnak. Ez a nagyobb változás mindegyik csiszolatban nyomon követhető. Az értéknövekedés a magasabb hőmérsékleten kiégett, szenült famaradványokkal, és ezek kioldódásával, illetve kipergésével hozható összefüggésbe. Az általam vizsgált profil felső részén az üreg paraméterek alapján egy újabb szintet lehet azonosítani, ahol az üregek száma normál értékre csökken. Az értékcsökkenés párhuzamosítható a korábban tett megfigyelésekkel, melyek alapján a szenült famaradványokat tartalmazó szintet eolikus por temette be, a porakkumuláció a fák égése során elindulhatott, mivel mind a löszben, mind a talajosodott szintben a szenült famaradványok körül égési udvar figyelhető meg (Rudner-Sümegei, 2001, Sümegei-Rudner, 2001).



51. ábra: A vékonycsiszolatok területén található üregek paraméterei

Az egyes paraméterek (terület, kerület, szélesség, hosszúság) meghatározása után alakfaktor (Skvortsova, 1998; Skvortsova-Sanzharova, 2007) értékek kiszámítására is lehetőségem nyílt. Az egyes adatok, mutatók alapján több változásra tudtam következtetni a

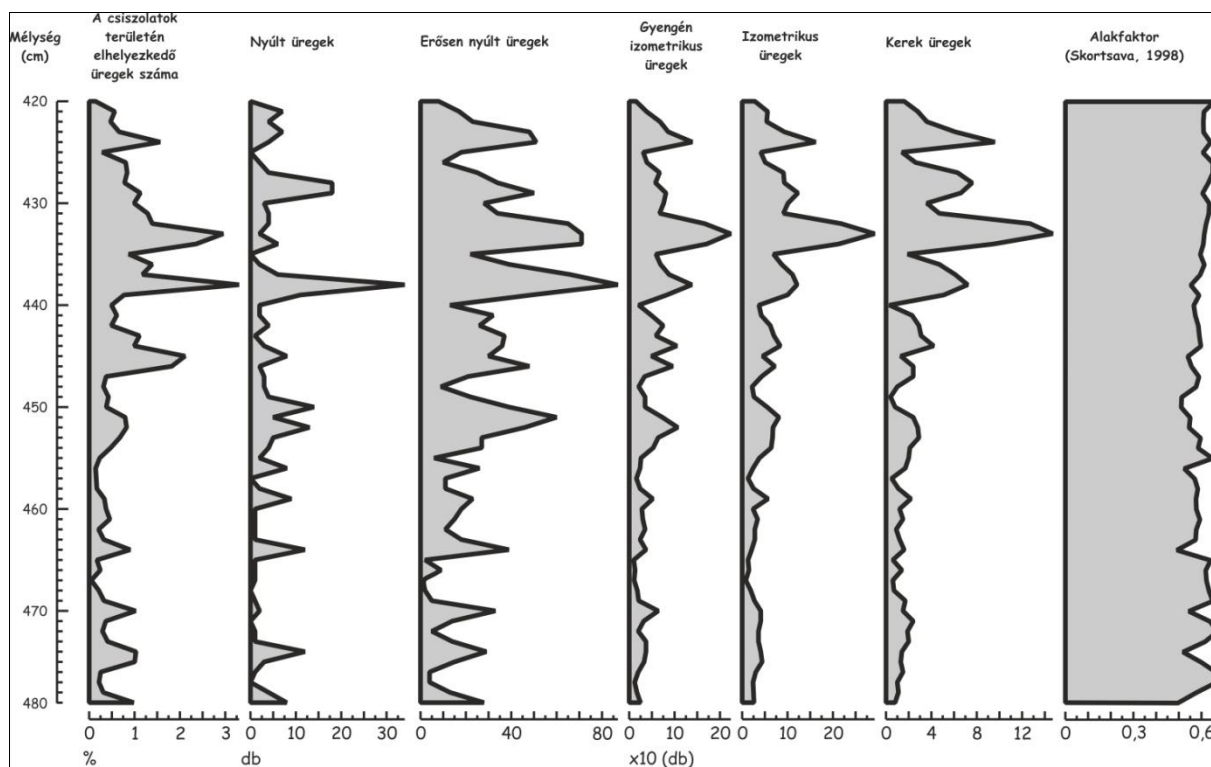
szintek mentén. A talajosodott szint alsó részén az alakfaktor értékek nagyobbak (0,6-0,8), tehát az alsó horizontra a tömött, repedezett mikroszerkezet a jellemző (Skvortsava, 1998). A mikroszerkezet egyszerű, homogén kifejlődésű. A csiszolatok területén található üregek száma - a szerkezetnek megfelelően - alacsonyabb számú. A különböző üregek száma is hasonló a szint mentén. A gyengén izometrikus és az izometrikus üregek száma domináns, tehát ezeknek az értékeknek alapján nagyobb biológiai aktivitásra lehet következtetni. A nyúlt, repedésszerű üregek száma nagyobb, mint a felette található – mikromorfológiai jegyek alapján – szintben. A nyúltabb kifejlődésű üregek nedvesedés, száradás, átfagyás, kiengedés ritmikus változásának következtében jöhetnek létre. Az átlagos üregterület nagyobb, mely valószínűleg annak a hatásnak az eredménye, ami miatt az izometrikus üregek száma is nagyobb. A képanalízis során felismert szintnél (520-523 cm) az alakfaktor értékek a legkisebbek, így a vékony horizontra a rögös szerkezet jellemző (0,4-0,6). A rögös mikroszerkezet kialakulása is a különböző turbációs tevékenységekkel és a hasonló podzol talajok kifejlődésével hozható összefüggésbe (FitzPatrick, 1993). Az üregek száma, összmenyisége a csiszolatokban csökken. Az izometrikus üregek száma itt a legkisebb a profil mentén. Ezzel szemben a nyúltabb üregek, repedések a legnagyobb értékeket veszik fel. Ezek a morfológiai változások is a különböző turbációs tevékenységekkel hozhatók összefüggésbe. Az alakfaktor értékek a szelvény felső részéhez (502-518 cm) közeledve hasonlóak, a szintben állandó értékeket vesznek fel, de az üregek száma és alakja igen változatos a szinten belül. Az üreg paraméterek drasztikusan megnövekszenek – többszörös folyamatos növekedés – az alatta levő horizonthoz képest. Az alakértékek alapján a kerekded, ovális üregek jellemzőek, a repedések, nyúlt szerű üregek száma elenyésző. Az alakfaktor értékek 0,6-0,8 között mozognak a szint mentén, tehát a szerkezet tömött, repedezett. A szenült famaradványokat tartalmazó szintben (Sümegi, 2005) az alakfaktor értékek nem változnak, de az üregek száma, összmenyisége megnövekszik. Az egyes paraméterek alapján egy újabb szintet lehet feltételezni. A nagyobb mennyiségű üregszám valószínűsíthetően az égett famaradványok kiesésével, kipergésével hozható összefüggésbe. Az átmeneti horizontban az adatok hasonlóan alacsony értéket vesznek fel, mint a talajosodott szintbe ékelődött horizont esetében, majd a legfelső, nagyobb szemcseméretű, löszös horizontban az üregek száma, területe állandósul, és a kerekded, ovális alakú üregek mennyisége megnövekszik.



### 6.3.2. Madaras-Téglavető

#### MAD-1,2,3 (420-480 cm)

A három monolitból készült vékonycsiszolat üreg paramétereinek meghatározásával több következtetés is levonható a 60 cm-es horizont mentén. A csiszolatok területén elhelyezkedő üregek száma változó (52. ábra), több esetben kiugró értékeket figyelhetünk meg a profil mentén. Az üregek és repedések száma 0-4 % között mozog. A kiugró értékek, melyek eltérhetnek az átlagtól, több tényező eredményei lehetnek. A szelvény alsó részén az üregértékek nem kiugróak, a változások, melyeket kisebb kiemelkedésként lehet leírni, egy-két erősen nyúlt vagy nyúlt üreg jelenlétének tudhatóak be. Az általam analizált profil mentén – 445 cm – egy nagyobb kiugró értéket (2%) lehet észrevenni. A szint, melyben ez a nagyobb változás található, illetve melyet a monolit metszett (MAD-2), átmenetet képez a löszös és talajosodott horizont között. Ez az első nagyobb üregérték növekedés egy nagyobb repedés jelenlétének tudható be. Az átmeneti szint felett elhelyezkedő löszös horizontban látható nagyobb változások egyike egy nagyobb csigahéj jelenlétével magyarázható, míg a másik kiugró érték egy laminált, repedezett szerkezet eredményeként jött létre.



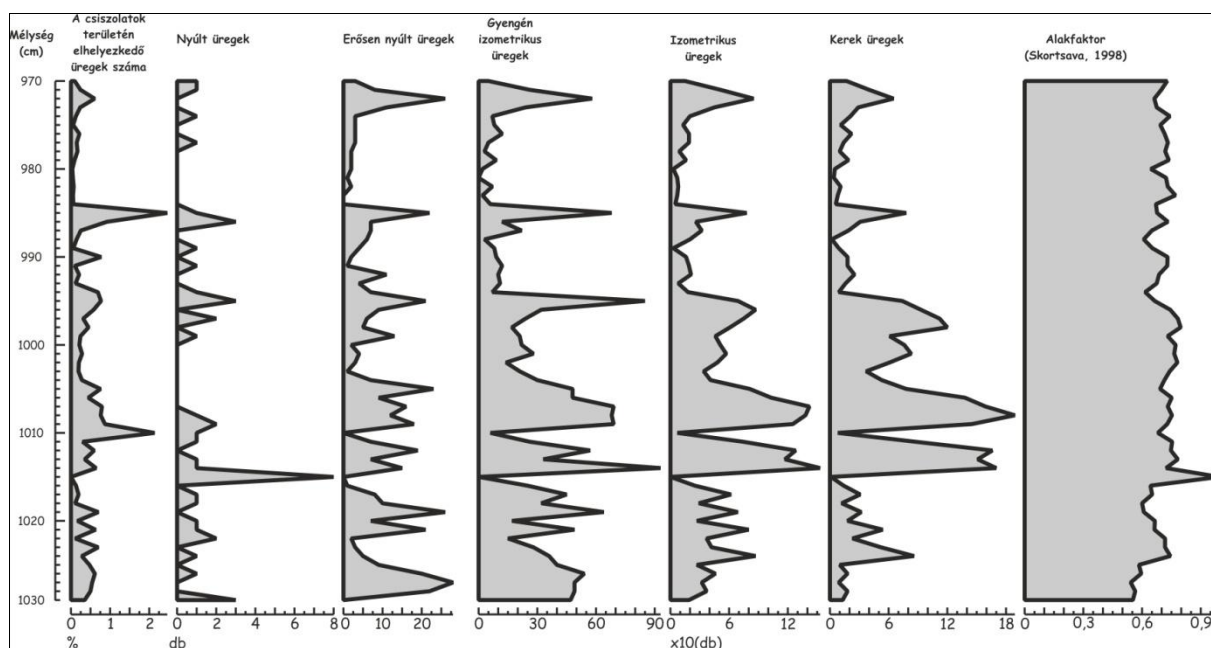
52. ábra: A vékonycsiszolatok területén található üregek paraméterei

Közvetlenül a talajosodott szint felett elhelyezkedő zónában az üregszám az átlaghoz képest megnövekszik, a turbált nyomok számával egyetemben. Az üregek területe néhány száz pixel egyenként, de az üregek területe a csiszolatok méretéhez képest csupán néhány százalék, mely egy tömöttebb szerkezetre utal. A talajosodott és az átmeneti horizontban a

csiszolat területéhez viszonyított üreg százalék körülbelül 1-2 % között mozog, amely egy nagyobb érték, ami szintén a turbációs tevékenységek következményeként növekedhet meg. Az egyes üregeket paramétereik alapján több csoportba lehet sorolni, mely csoportok más-más folyamatot hivatottak alátámasztani (Skvortsava, 2010). A kerekded és izometrikus pórusok bizonyos biológiai aktivitásra engednek következtetni, míg nyúltabb üregekből az aggregátumok mennyiségére és az ezekkel kapcsolatba hozható folyamatokra. Ebben az esetben a profil mentén a csiszolatok területén elhelyezkedő üregek számának növekedésével, kiugró számával, minden egyes üregérték megnövekszik, de ez nem minden esetben van így. Észre lehet venni, hogy a profil mentén vannak még kiugró értékek az erősen nyúlt csoportban is, melyek a repedezettebb szerkezetre utalnak. Ezen üregek száma nagyságrendileg kisebb, mint az izometrikusabb üregeké, tehát a repedések alárendeltek az összes üregszámhoz képest, de megtalálhatóak a metszetek mentén. A nyúltabb üregek száma még kevesebb a szelvény minden részén, egy esetet kivéve amikor is drasztikusan megnövekszik, hasonlóan mint az erősen nyúlt üregeké. Az ovális, izometrikus, kerekded üregek dominálnak a szelvény mentén, több ezer is megfigyelhető volt. Számuk az egyes szintekben eltérő, és több esetben is megemelkedik. A kiugró értékváltozás valamilyen extrém üreg megjelenés eredménye (csigahéj) a löszös horizontban. A kiugró értékektől eltekintve a kerekded, izometrikus üregek száma a talajosodott szintben a legnagyobb, míg a löszös szintben – a kiugró értékeket leszámítva – kevesebb. A löszös szintben a kiugró értékek valamilyen átlagos átmozgatás eredményeként jöhettek létre az üledékben, az is elképzelhető, hogy a metszetek valamilyen különleges szerves vagy szervetlen vázrészt vágtak ketté. Az üregek paramétereiből számolt alakfaktor értékek is árulkodnak az egyes metszetek mikroszerkezetét illetően (Skvortsava, 1998). A számított alakfaktor értékek a szelvény mentén 0,4-0,7 között mozognak. A löszös horizontban az értékek minden esetben 0,6 vagy afelett mozognak, tehát a szerkezet tömött, repedezett. Az átmeneti szintben az értékek elkezdenek csökkenésnek indulnak, 0,5-0,6 közöttiek, tehát itt már inkább a rögzös mikroszerkezet jellemző a vékonycsiszolatokra. A profil alsó részén a talajosodott szintben az értékek – egy-két kiugró esetet leszámítva – 0,5 körül mozognak, tehát egyértelműen a rögzös mikroszerkezet jellemző a mintákra. A rögzös mikroszerkezet több folyamat együttes eredményeként jöhet létre. Nedvesedés, száradás ritmikus változásaként alakulhatnak ki. Az aggregátumok között pórusok találhatóak, melyek kapcsolatban állnak egymással. A bioturbációs folyamatok eredményeként létrejövő kerekded, faunális járatok is (FitzPatrick, 1993) megtalálhatóak.

**MAD-4,5,6 (970-1030 cm)**

A madarasi löszszelvény alsó részén található talajosodott (Molnár-Krolopp, 1978), illetve a közvetlenül felette elhelyezkedő átmeneti és löszös szintek üregeinek jellemzését is elvégeztem (53. ábra). A monolitokból készült vékonycsiszolatok területén elhelyezkedő üregek száma 0-3 % között mozog. Az üregek száma nem kiemelkedő, két esetben vehetünk észre kiugró értékeket. Az átlagos üregértékek 0-0,5 % között vannak. A löszös horizontban látható kiugró érték egy nagyobb repedés megjelenéséhez és egy nagyobb területű ovális üreghez köthető. A talajosodott szintben észrevehető nagyobb százaléérték egy nagy kiterjedésű nyúltabb üreg megjelenésének köszönhető, ami valószínűsíthetően egy nagyobb bioturbációs nyomot prezentál, melyben néhol vázszemcsék jelennek meg. Az üregek átlagos száma a csiszolatokban a talajosodott szintben a legtöbb, tehát ez a szint egy jobban átmozgatott, turbált horizont. A nyúlt és erősen nyúlt üregek száma ezekben a horizontokban is nagyságrendileg kevesebb. A nyúlt üregek száma a metszetekben egy-két darab, melyek egy-két repedést mutatnak be.



**53. ábra: A vékonycsiszolatok területén található üregek paraméterei**

A kerekded, izometrikus üregek száma jelentősen meghaladja a nyúltabb üregekét, ami több külső tényező együttes hatásának köszönhető. A löszös szintben a kerekded üregek száma kevesebb, mint az alatta található horizontokban. Tehát a löszös szintben a turbációs aktivitás kisebb mértékű volt (Skvortsava, 2010). Kivételt képez két eset, amikor az értékek hirtelen, drasztikusan megnövekszenek. A két változás a vékonycsiszolatokban található nagyobb területű ovális üregekhez köthető. Az átmeneti és a talajosodott szintekben egyaránt kimagasló a kerekded üregek száma. Az átmeneti szintben valamivel kevesebb, de a löszös

szint értékeitől nagyobb. Ezek a változások végig követhetők a szint alsó részéig, ahol az értékek ugyan kisebbek, de itt is meghaladják a löszös szint értékeit. Az üregek paramétereiből számolt alakfaktor értékek kiszámítását is végrehajtottam. Az értékek 0,5-1 között mozognak a profil mentén. Az alakfaktor értékek alapján a 60 cm-es horizont mentén 3 szint különíthető el. A horizont felső részén található értékek 0,6-0,7 között mozognak, tehát egy tömött, szerkezet nélküli szintet jelölnek. Ez a szint a nagyobb szemcseméretű löszös és az átmeneti szintet mutatja be, tehát a szerkezet az átmeneti szint felső részére is igaz. A szelvény középső részén található szintben az értékek 0,7 körüliek, tehát egy tömöttebb részt lehet feltételezni. Ez a tömörödés a biológiai aktivitás következtében is létrejöhetett, mivel ebben a szintben a csiszolatok területén található átlagos ürekszám is magasabb. A legalsó szint a csernozjomszerű talajt metszi, melyben az alakfaktor értékek 0,5-1 között vannak. A mintázott rész mentén itt található a legmagasabb és legalacsonyabb érték egyaránt. A legmagasabb érték egy nagyobb méretű bioturbációs nyom vetülete miatt jöhetett létre, melynek eredményeként egy összetett, szerkezet nélküli kisebb horizont alakulhatott ki a profil mentén. A szelvény alsó részén az értékek folyamatosan csökkennek. Ennek eredményeként a szerkezet a repedezettből rögössé válik. A rögös szerkezet kialakulásának több oka is lehet (nedvesedés, száradás, bioturbációs tevékenység).

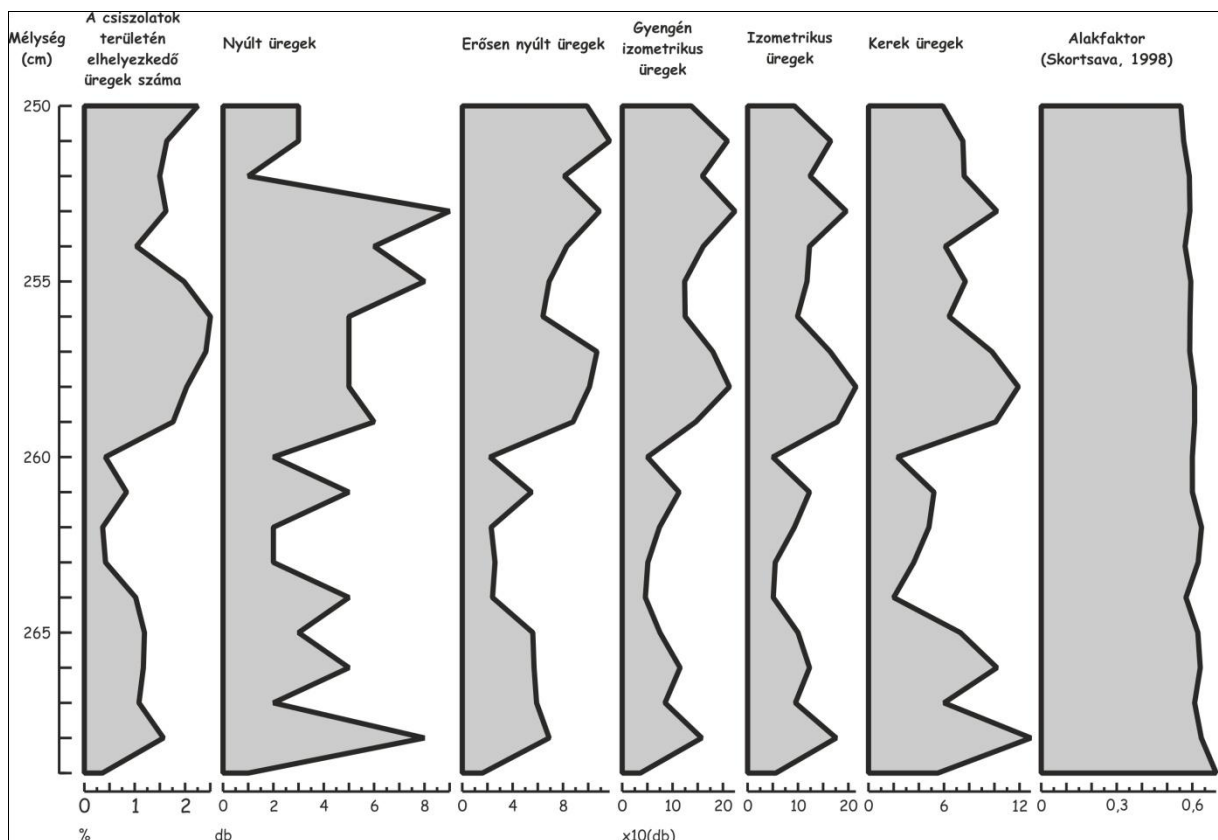
### **6.3.3. Kunmadaras-Ecse-halom**

#### **KF-1,2,3,4**

A kurgán test áthalmozott (Sümei Pál szóbeli közlése alapján) részéből kiemelt mintákon is elvégeztem az üregek kvantitatív jellemzését (54. ábra). Az áthalmozott jelleg a vékonycsiszolatok üregi paraméterein is látszik. A négy metszet mentén az üregek száma a vékonycsiszolatok teljes területéhez viszonyítva 0,5-3 % közötti. A profil felső részéből kiemelt metszeteken a legtöbb az üregek száma, míg a profil alsó részéből készült csiszolatokon az üregek száma igen alacsony 0,5-1,5 % között van. A vékonycsiszolatok területén található nagyobb mennyiségű ürekszám a profil felső részén nagyobb biológiai tevékenységre utalhat, míg az alsó részén a biológiai aktivitás nem lehetett kiemelkedő. Ezt a megállapítást támasztja alá a kerekded üregek nagy mennyisége is. Mint a legtöbb általam analizált vékonycsiszolat esetében, ezeken a metszeteken is a nyúlt üregek, repedések száma nagyságrendileg kisebb, mint az izometrikus, kerek üregé. A négy metszet esetében a számuk nem haladja meg a 100-at. A nyúltabb üregek száma a profil felső részéből készült metszeteken magasabb, mint az alsó részeken. Ezek az adatok is a biológiai aktivitással, tevékenységgel hozhatóak összefüggésbe. A kerekded üregek mennyisége a profil alsó részén kevesebb, mint a felső részből készített metszeteken. Az áthalmozott jelleg miatt a kerekded



üregek száma a profil alsó részén nagyobb, egy esetben ez valószínűsíthetően turbációs tevékenység következtében alakulhatott ki. Az alakfaktor értékek 0,55-0,72 között mozognak az analizált szelvény mentén. Ezek az értékek is bizonyos mozgató tevékenységre utalhatnak. A szelvény felső részén az értékek a rögös mikroszerkezetet (Skvortsava, 1998) mutató tartományban vannak. A vékonycsiszolatok területén ezekben a szintekben a kerekded üregek száma is jelentős, tehát a mikroszerkezet valószínűsíthetően jelentős biológiai tevékenység hatására, komplexen alakulhatott ki a metszetek mentén, mely struktúrát nagyban befolyásolta a nedvesedés, száradás ritmikus váltakozása is. A rögös szerkezetre utaló értékek a profil alsóbb részein folyamatosan növekednek és utalnak egy tömöttebb szerkezetre, melynek kialakulása szintén több folyamat együttes eredménye, de itt sem szabad figyelmen kívül hagyni az átmozgatott jelleget, mely ezt a szintet nagyban meghatározza.

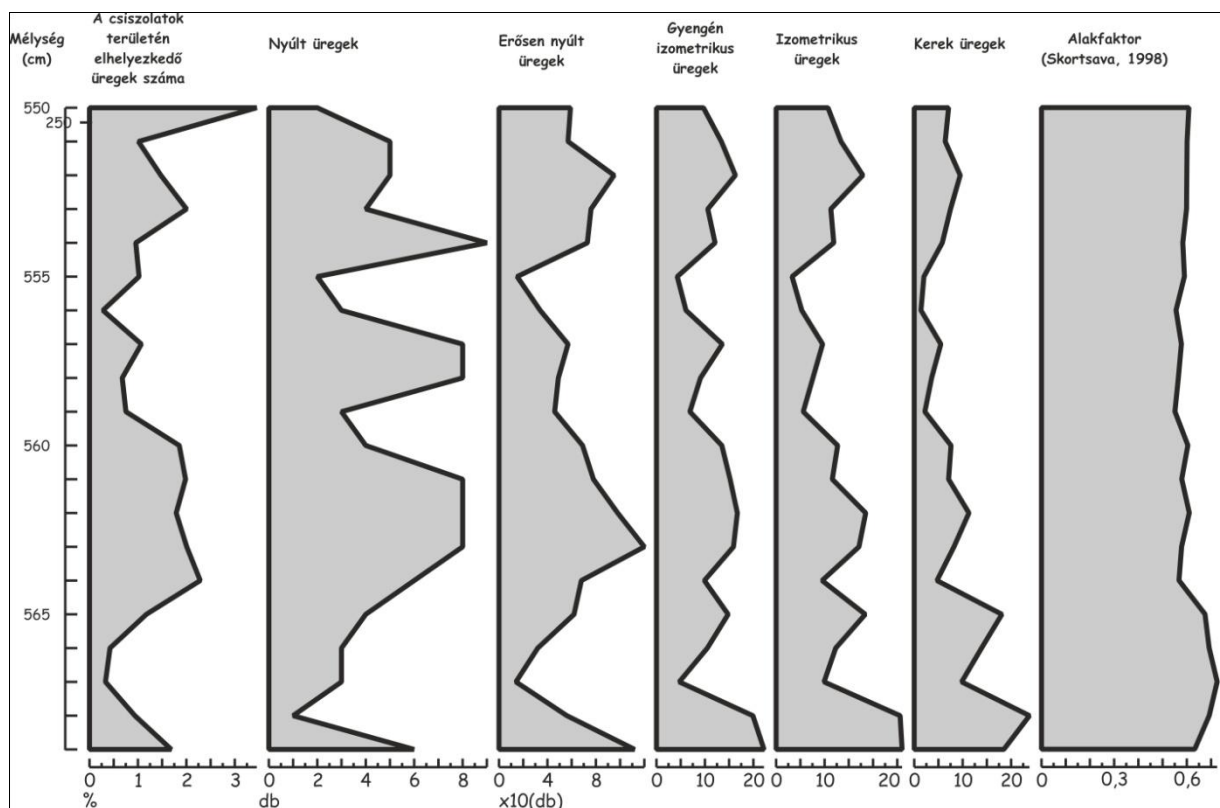


54. ábra: A vékonycsiszolatok területén található üregek paraméterei

#### KF-5,6,7,8

A terepi és laboratóriumi makroszkópos vizsgálatok során a négy vékonycsiszolat által metszett részt, melyekből az üregek kvantifikálása történt, eltemetett, idősebb paleotalaj szintnek lehet nevezni (Sümei Pál szóbeli közlése alapján)(55. ábra). Az üregek száma a vékonycsiszolatok egész területét nézve magasabb, mint a halom test áthalmozott részéből készített metszeteken. Az üregek száma 0,5-4 % között van. A felső részben az üregek száma

kevesebb, azt leszámítva, hogy a legnagyobb üregérték itt található, ami a nagyobb aggregátumok között lévő látható üregekre, pórusokra utal. A profil alsó részén az üregek nagyobb részben vannak jelen. A repedések, nyúltabb üregek száma ebben az esetben is nagyságrendileg kisebb, mint a kerekdedebb üregeké. A számuk a profil felső részéből kiemelt áthalmozott részekből készült vékonycsiszolatok értékeihez képest is igen alacsonyak, ezzel szemben a kerekded, ovális alakú üregek száma nem elhanyagolható. A kerekded, ovális alakú üregek számának változása a profil mentén eltér az áthalmozott részben tapasztaltaktól. Ebben az esetben a profil mentén aránylag állandó a megjelenésük és mennyiségük. Ez több folyamat eredménye lehet. A bioturbációs tevékenységekre utaló kerekded üregek előfordulása valószínűsíthetően azért nagyobb ebben a szintben, mert a vékonycsiszolatok az eltemetett talaj felső szintjét metszhetnék. A mikroszkopikus vizsgálatok azt támasztják alá, hogy a metszetek a paleotalaj „A” szintjéből készülhettek. Az alakfaktor értékek 0,55-0,72 között mozognak. Az elemzett szint felső részén az értékek alacsonyabbak, tehát ezekből rögzös mikroszerkezetre lehet következtetni, míg a szint alsóbb részein az értékek a folyamatos növekedés következtében elérik a 0,6-os választó értéket, mely ponttól kezdve a mikroszerkezetre a tömörség lesz a jellemző.



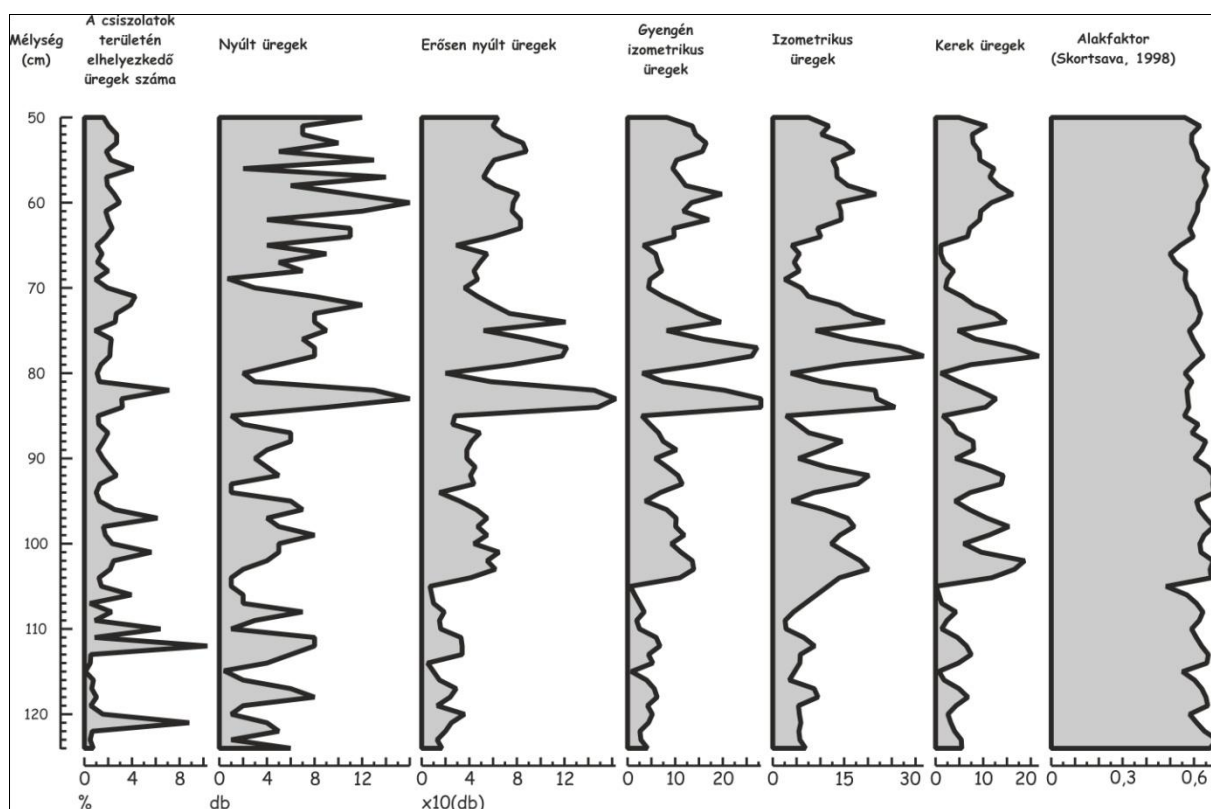
55. ábra: A vékonycsiszolatok területén található üregek paraméterei

### 6.3.4. Zanati lelőhely

#### Zan-1,2,3,4

A szelvény mentén a négy impregnált monolitból készült 15 vékonycsiszolaton az üregek paramétereinek feldolgozásával sikerült a profilról kialakult ismereteinket bővíteni (56. ábra). A csiszolatok területén az átlagos üregszám megközelítőleg 2 %, de több esetben ez az igen alacsony érték kiugróan megnövekszik, ami több folyamat eredménye lehet. Az általam analizált profil felső részén az eltemetett hidromorf talajban (Sümei et al. 2011) az átlagos üregszám nem mutat eltérést a szelvény egészét tekintve, de egy kiugró értéket észre lehet venni. Ez az átlagosnál nagyobb érték a csiszolat területén található nagyobb mennyiségű kerekded üregek számának eredményeként jöhetett létre. Az üregértékek alapján a talajosodott szint a szedimentológiai adatokkal összeegyeztethető. Tehát az ártéri üledéknek leírt (Sümei et al. 2011) szintben az átlagos üreg terület valamivel az egész szelvény átlag értékei alatt van, de ezekben a szintekben is észrevehetünk drasztikusan megnövekvő értékeket. Több kiugró értéket lehet leírni, mivel a szintek összvastagsága is nagyobb. A kimagasló értékek viszont nem haladják meg a profil teljes egészén leírható legmagasabb értéket. A drasztikusan megnövekvő értékek a vékonycsiszolat (Zan-2-1) csatornás szerkezetére vezethetők vissza. A szint mentén kialakult legmagasabb érték (Zan-2-3) szintén egy speciális esetet tükröz, de ebben az esetben a nyúltabb üregek, repedések miatt látható ez az érték. A szelvény alsó részein az átlag értékek a profil egészét tekintve nem mutatnak lényegi változást, de több esetben megnövekszenek. A szintben található a legnagyobb átlagos üregterület egy vékonycsiszolat mentén. Ez a változás a császárkori talajosodott szinttel (Sümei et al. 2011) párhuzamosítható. A metszet harántolt egy nagyobb kerekded, ovális repedést, melynek területe a legnagyobb a profil mentén. A szelvény mentén a nyúlt alakú üregek, repedések száma nagyságrendileg kisebb, mint a kerekded, izometrikus üregeké. A kerekded üregek mennyisége a profil mentén kiemelkedő azok mellett a szintek mentén, melyek biológiailag aktívabb szintek lehettek. Ezek alapján a szelvény felső részén a legfelső monolitból készült csiszolatok - melyek az eltemetett talajt és az ártéri üledéket, illetve ezek határát metszették - a nagyfokú biológiai aktivitásra engednek következtetni. A szelvény középső részén szintén magasabb az izometrikus üregek száma, ami ismételt csatornás mikroszerkezet következtében lehetséges. A folyamatosan változó nedvesedés-száradás okozta aggregátum elkülönülés hatására létrejövő hosszanti, nyúlt üregek mennyisége növekszik a profil alsó részén, a talajosodott szintben. A fentebb bemutatott üregek paramétereiből számolt alakfaktor értékek is több szerkezetbeli változásra utalnak az analizált profil mentén. Az értékek 0,4-0,8 között mozognak. A talajosodott szintben a

szelvény felső részén ezen adatok alapján rögzös mikroszerkezetre lehet következtetni, ami a mélység növekedésével – az ártéri üledékben - átalakul tömött, repedezett struktúrává. Ennek ellenére az ártéri üledékekből készített csiszolatok alakfaktor értékei is lehetnek rögzös szerkezetűek. A császárkori eltemetett hidromorf talajban a legkisebbek az alakfaktor értékek. A fekü felé haladva a profil alsóbb részein az értékek folyamatosan növekednek és a tömött szerkezetet reprezentálják, sőt a szerkezet nélküli struktúrát mutatják be.



56. ábra: A vékonycsiszolatok területén található üregek paraméterei

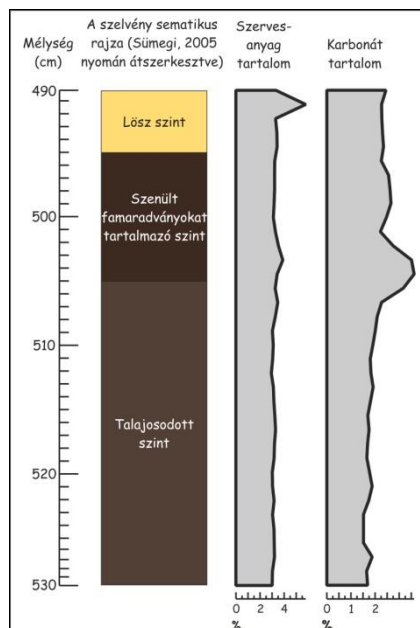
#### 6.4. Szervesanyag-, és karbonáttartalom változások a vizsgált szelvények mentén

##### 6.4.1. Tokaj-Csorgókút-II. (490-530 cm)

A szervesanyag- és a karbonáttartalom meghatározását izzításos tömegvesztés mérés segítségével végeztem a kiválasztott profil mentén (57. ábra). A szervesanyag változások a profil alsó horizontjában - a talajosodott szintben – nem kiemelkedőek, az értékeket tekintve 2-3 %. A szenült famaradványban gazdag horizontban a szervesanyag értékek minimálisan megnövekednek. A középső horizontban elkezdődő értéknövekedés tovább folytatódik, és a legfelső, löszös szintben veszi fel a szelvény mentén a maximális értéket. Ez a löszös horizontokra nem jellemző érték valószínűleg valamiféle turbációs



folyamat eredménye lehet. A karbonáttartalom értékek a három szint mentén nagyságrendileg hasonlóak, ennek ellenére változások figyelhetők meg.

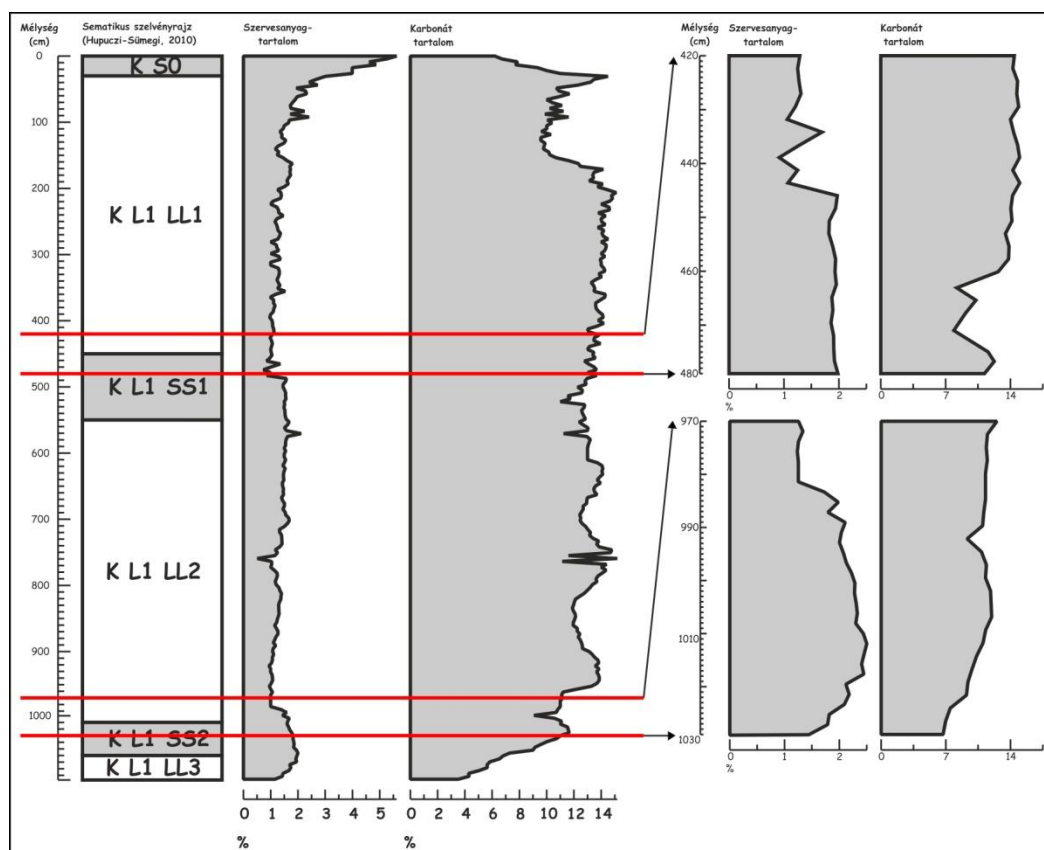


**57. ábra: Tokaj-Csorgókút-II (490-530 cm) mentén mért szervesanyag- és karbonáttartalom változások**

A talajosodott szintben a karbonáttartalom alig 1-2 %, azonban már itt kezdenek lineárisan elkezdenek növekedni ezek az értékek. A szenült famaradványokat tartalmazó szint és a talajosodott szint átmeneti részén a karbonáttartalom ugrásszerűen megnövekszik, és 3 % körüli értéket vesz fel. Az átmeneti szint kimagasló értéke azonban nem állandó változás, és ezt követően újból 1-2 %-os lesz. A folyamatos, lineáris értéknövekedés következtében a löszös szint és a középső szint között az értékek 2 % felé konvergálnak, sőt a löszös szintben már inkább 2-3 % a karbonáttartalom. A folyamatos növekedés nem meglepő a talajosodott szintet elhagyva, mivel a löszhorizontokban ez az érték sokkal magasabb (Sümei, 2005).

#### 6.4.2. Madaras

Az egész profil (58. ábra) mentén a szervesanyag-tartalom több esetben is kiemelkedő vagy átlag feletti értékeket vesz fel. A szelvény felső részén a recens talajsztben a szervesanyag-tartalom 5-6 %, ezek az értékek relevánsak az AGROTOPO adatbázis paramétereivel (hivatkozás). A szelvény felső részén látható kiemelkedő értékek lineárisan csökkennek a profil középső talajosodott részéig, ahol egy újbóli értéknövekedés, állandósulás írható le. Az értékek 2 %-nál stabilizálódnak. A profil alsó részéig a 2 %-os érték folyamatosan csökken, illetve egy-két esetben ingadozik pozitív vagy negatív irányba. A szervesanyag-tartalom a löszszelvény legalsó részén – talajosodott szint (Molnár-Krolopp, 1978) - újból 2 % körüli.



58. ábra: A madarasi löszszelvény mentén mért szervesanyag-, és karbonáttartalom változások

A karbonáttartalom értékek is több helyen változnak a profil mentén. A recens talajszintben 4-12 % körüli, ami folyamatosan növekszik, míg a löszszintben eléri az átlagosnak mondható 14 %-os értéket. Az analizált szelvény középső részén a karbonáttartalom értékek ingadoznak. Egészen az alsó, talajosodott részig 10-14 % körüliek, ám a legalsó, magasabb szervesanyag-tartalmú analizált szintekben az érték csupán 4-6 %.

Madaras felső talajosodott (Hupuczi-Sümei, 2010) szintje és a közvetlenül felette elhelyezkedő szintek (420-480 cm). (58. ábra)

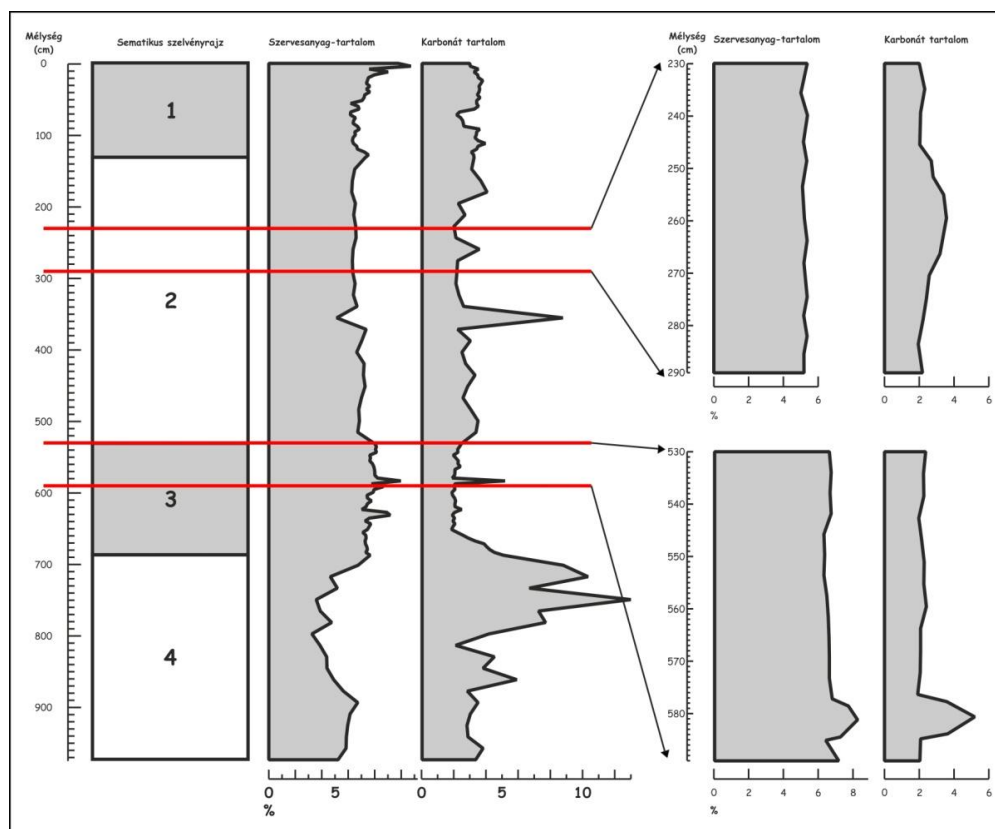
A szervesanyag-tartalom a több mint 10 méteres löszszelvény mentén 0-6 % között mozog. A 4-5 méter között található talajosodott horizontban az átlagérték a duplájára nő (2-3%) (58. ábra), amely értékek igen magasnak számítanak a löszös üledékeket tekintve. A szelvény karbonáttartalma a méréseink alapján 4-16 % körüli értéket vesz fel. A profil felső részén a recens talajszintnél a karbonáttartalom alacsonyabb, 4-8 %, míg a szelvény többi részén 12-14 %. A szelvény középső horizontjában a szervesanyag-tartalom megkétszereződik, míg a karbonáttartalom csökken 7%-ra, amely a löszös üledékekre nem jellemző érték.

Madaras alsó talajosodott (Molnár-Krolopp, 1978) szintje és a közvetlenül felette elhelyezkedő szintek (970-1030 cm)(58. ábra)

A szervesanyag-tartalom a profil alsó részén látványosan megnövekszik – 1 %-ról 2 %-ra –, és értéke állandósul. A növekedés nem folyamatos, hanem ugrásszerű. A karbonáttartalom a szervesanyag-tartalommal fordítottan arányosan változik a szelvény legalsó talajosodott és a közvetlenül felette elhelyezkedő részénél. Ezt követően az értékek csökkennek, így a legalsó szakaszon már a 7 %-ot sem éri el.

#### 6.4.3. Kunmadaras-Ecse-halom

Az antropogén képződményen is elvégeztem a szervesanyag- és karbonáttartalom meghatározását (59. ábra), ezen adatok tükrében jellemzem a kurgán testet. A közel 10 méteres profil mentén a változások egyértelműen észrevehetőek (59. ábra). A szelvény felső részén a karbonáttartalom 5 % alatti, és a szervesanyag-tartalom 5 % felett van, ezek az adatok a terepi megfigyeléseket támasztják alá. A felső rész a recens talajhorizont része. A test belső részén - a terepi megfigyelések alapján egy áthalmozott térszín – a karbonáttartalom szinte teljesen egyenletes, kivéve egy-két esetben, amikor egy drasztikus változást lehet észrevenni. Azért lehet a profilba, mert egy áthalmozott horizontról van szó, tehát az építés során a fekükozetből – infúziós lösz – kerülhettek bele eltérő karbonáttartalmú üledékek. Ezt a megállapítást hivatott alátámasztani a szervesanyag-tartalom visszaesése abban a szintben, ahol a karbonáttartalom megduplázódik.

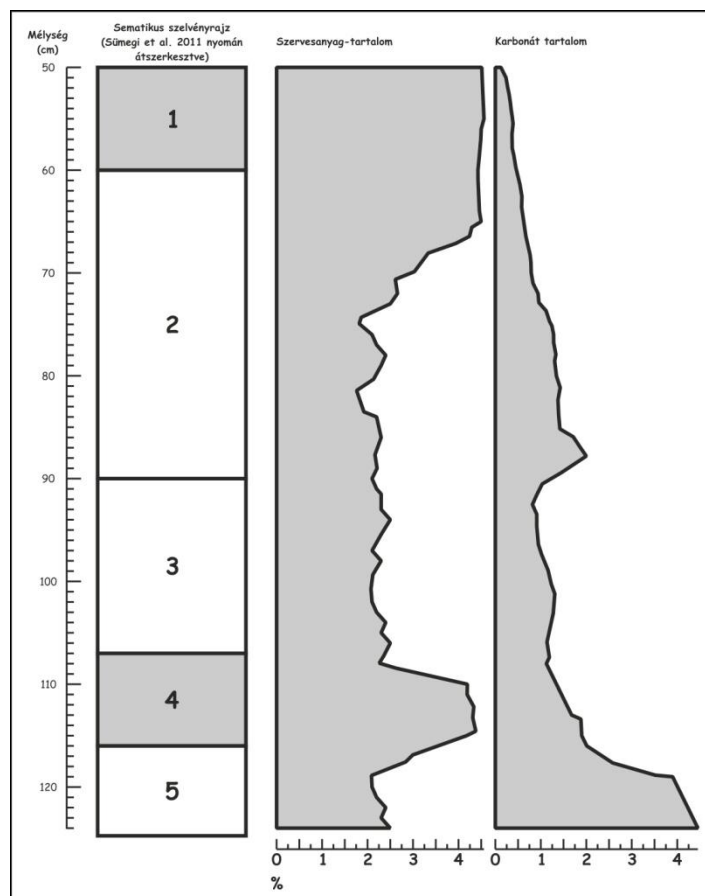


59. ábra: Kunmadaras-Ecse-halom mentén mért szervesanyag- és karbonáttartalom változások

A fekü és az áthalmozott rész között található egy eltemetett talajszint. Ebben a szintben a karbonáttartalom a legkisebb a szelvény mentén. A szervesanyag-tartalom ezzel szemben nagyobb értékeket vesz fel, több mint 5 %. Ez az értékváltozás a teljes szint mentén megfigyelhető. A terepi megfigyeléseinknek megfelelően az eltemetett talajszint alatt a karbonáttartalom drasztikusan megemelkedik, és a profil mentén a maximális értéket veszi fel, ami annak köszönhető, hogy a mintavétel ezen része már a feküt metszette. A karbonáttartalom növekedéssel ellentétben a szervesanyag-tartalom folyamatosan csökken, ami nem meglepő az infúziós lösz tartalmát illetően.

#### 6.4.4. Zanati lelőhely

A szelvény mentén – az ártéri üledékgyűjtő rendszerben elfoglalt speciális helyzetének köszönhetően – a szervesanyag-, és karbonáttartalom változatosan alakul (60. ábra).



**60. ábra: A zanati lelőhelynél mért szervesanyag- és karbonáttartalom változások (Sümei et al. 2011c alapján átszerkesztve)**

A profil felső részén a középkori ártéri üledéken képződött talajszintben a szervesanyag-tartalom 6%, egyben ez a legnagyobb érték a szelvény mentén. Ez a szint jelenleg agrártechnikailag kevert, mozgatott (Sümei et al. 2011c). 40-60 cm között egy jelentős szervesanyag-tartalmú hidromorf talaj alakult ki, mely valószínűleg a középkorban egy szántással még nem bolygatott réti talaj lehetett (Sümei et al. 2011c). 60-90 cm között

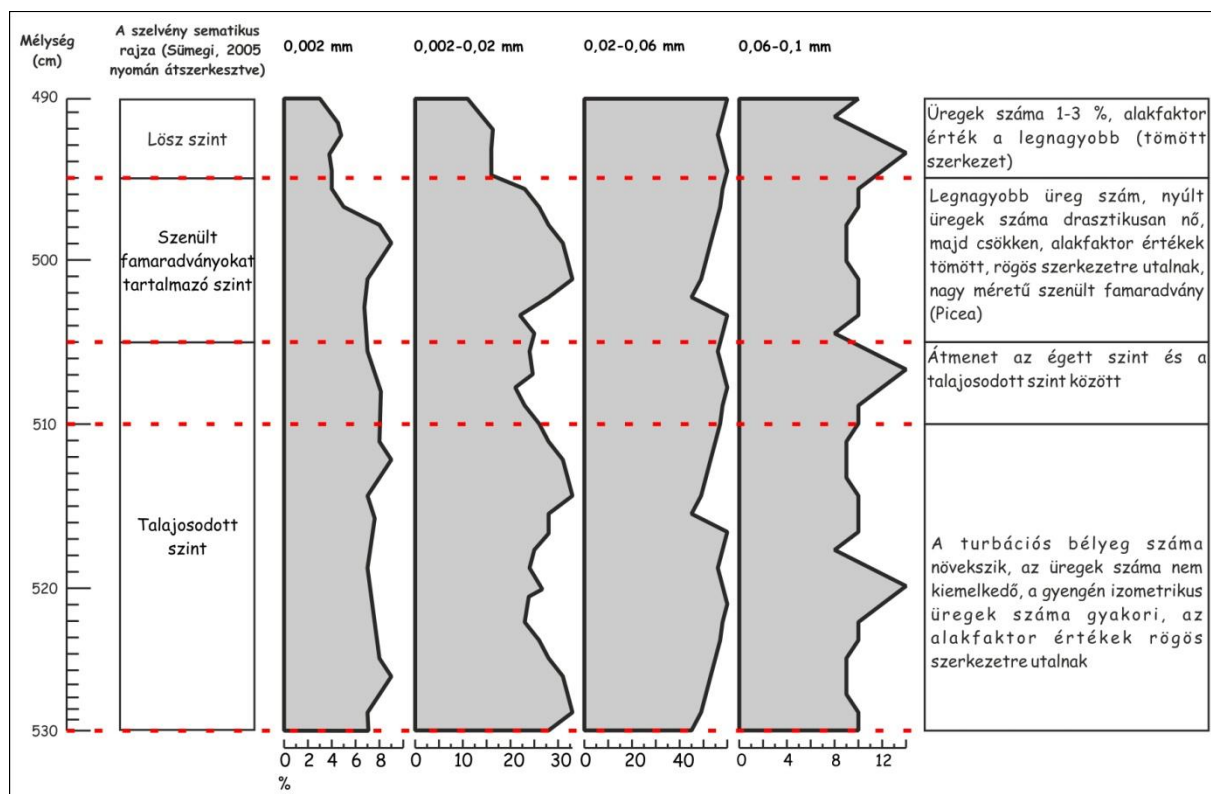


alacsonyabb szervesanyag-tartalmú, helyenként lösszel kevert üledék halmozódott fel. A 90 cm alatt elhelyezkedő 50 cm-es horizontban a szervesanyag-tartalom igen csekély. Ez a szakasz fluviális folyamatok eredményeként kavics anyaggal kevert. A karbonáttartalom a profil mentén átlagosnak mondható, de két esetben kimagasló értékeket vesz fel. A szelvény 0-70 cm között részén alig 2%, de a nagyobb kavicsokat tartalmazó ártéri üledékre települt kevert rétegben ugrásszerűen megnövekszik, valószínűleg a löszös üledékekkel történő keveredés következtében (Sümei et al. 2011c). Az analizált szelvény alsó részén gyorsan emelkedik, ami szintén a magasabb térszínek felől az ártéri területre mosódó lejtőüledékekkel történt keveredésnek köszönhető.

## 6.5. A szemcseösszetételi adatok és mikromorfológiai jegyek által kialakított szintek leírása

### 6.5.1. Tokaj-Csorgókút-II

A tokaji Nagy-hegyen a csorgókúti völgyben szedimentológiai vizsgálatok (Sümei, 2005) is folytak az általam analizált szelvényrészén. A mikromorfológiai és a szedimentológiai adatok is hasonló karakterű képet mutatnak a profil mentén (61. ábra).



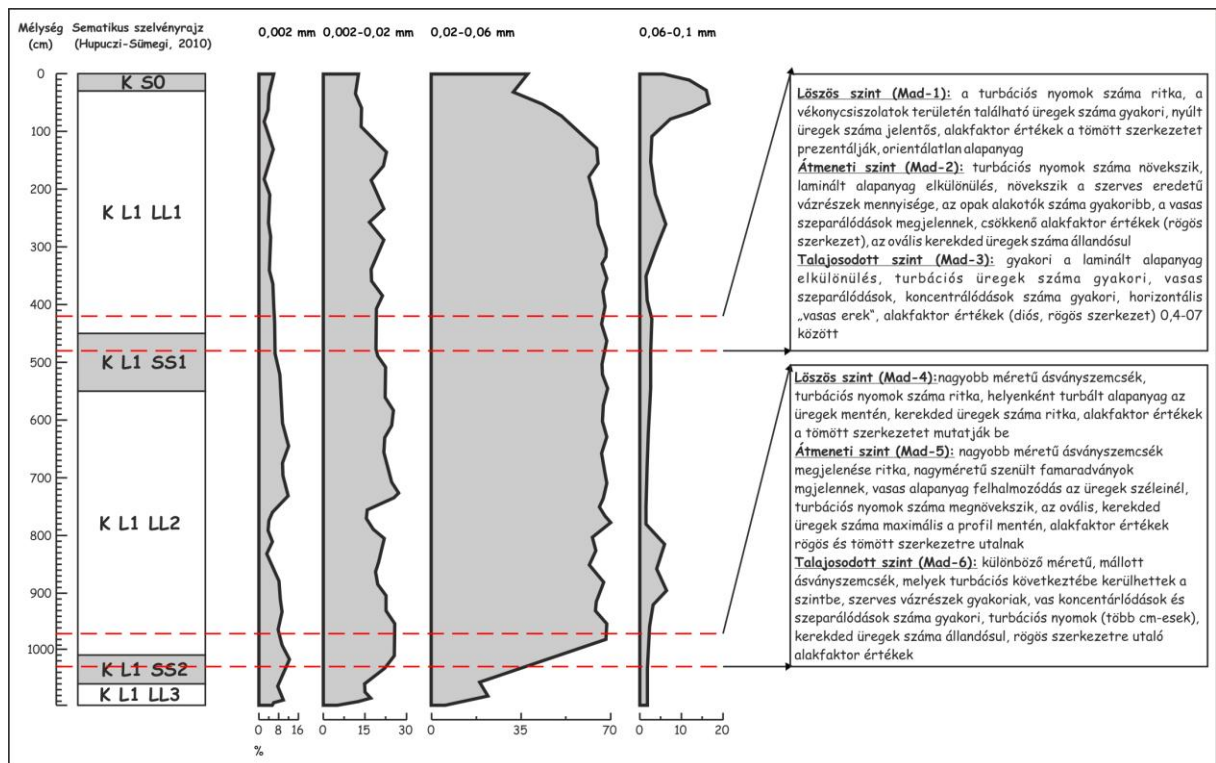
61. ábra: A szemcseösszetételi adatok (Sümei, 2005) és mikromorfológiai jegyek által kialakított szintek leírása Tokaj-Csorgókút-II (490-530 cm) esetében

Mind a terepi, mind a szedimentológiai és mikromorfológiai megfigyelések során több különböző réteget sikerült elkülöníteni. A terepi megfigyelések során 3 különböző színű és

megjelenésű réteget lehetett megkülönböztetni, ezeket a megfigyeléseket a szedimentológiai adatokkal is alá lehetett támasztani (Sümegei, 2005). A vékonycsiszolatok elemzésének segítségével 4 különböző szintet sikerült bemutatni a profil mentén, tehát sikerült olyan kismértékű változásokat kimutatni, melyekkel a talajosodott szintet még két részre lehet osztani. A talajosodott szintet az égett famaradványokat tartalmazó szinttől egy átmeneti horizont választja el, melyet a metszetek kvantitatív és mikroszkopikus elemzésével sikerült kimutatni. A legalsó legkisebb frakciójú szint egy teljesen egységes képet mutat, melyben a durva kőzetliszt frakció nagyon kis százalékban van jelen. A metszetek elemzésének segítségével ezen szintet két rétegre tudtuk osztani. Az alakfaktor értékek változóak, és az üregek száma, mennyisége is eltérő. A profil mentén a legfelső két szint – szenült famaradványokat tartalmazó és löszös – a szedimentológiai és mikromorfológiai adatokat összevetve teljesen egyező képet mutatnak.

#### **6.5.2. Madaras-Téglavető**

A szelvényen ez idáig egy esetben történt szemcseösszetétel meghatározás (Molnár-Krolopp, 1978). Az általuk analizált szelvény több mint 12 méter volt, melyen szedimentológiai vizsgálatokat végeztek el. Ezek alapján leírtak egy recens talajszintet, egy vastagabb löszös horizontot, mely egy csernozjomszerű talajra települ, és a fekűt, mely egy futóhomok réteg. Ezek a vizsgálatok a szelvény középső részén még nem mutatták ki a későbbi vizsgálatok – malakológiai (Hupuczi-Sümegei, 2010), terepi megfigyelések (Slobodan Markovic szóbeli közlése) – által leírt talajosodott szintet (62. ábra).

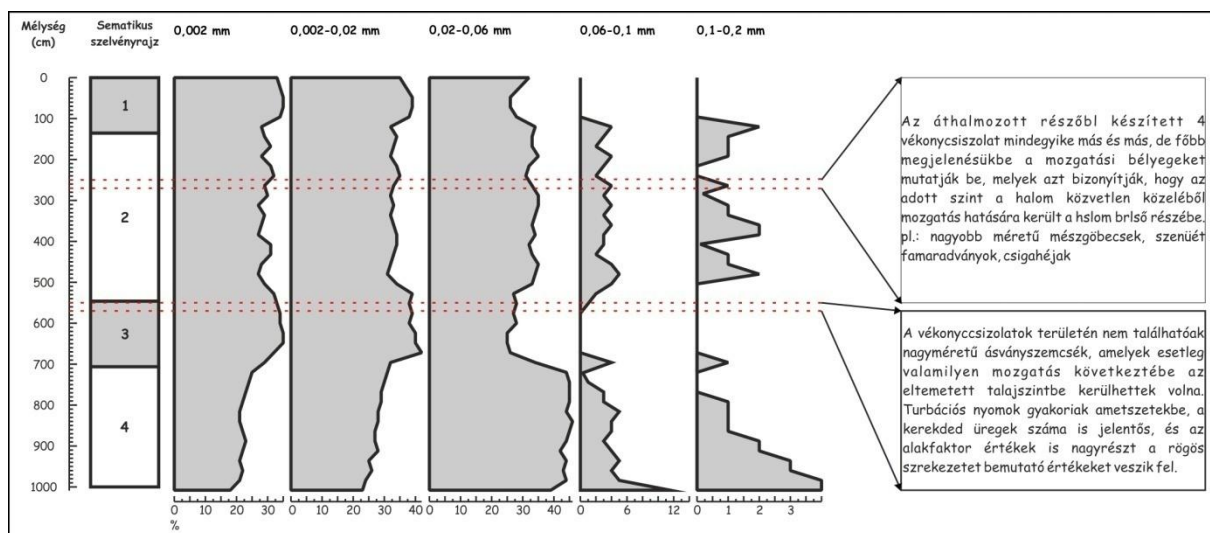


62. ábra: A szemcseösszetételi adatok (Molnár-Krolopp, 1978) és mikromorfológiai jegyek által kialakított szintek leírása a madarasi löszszelvény esetében (1: recens talajszint, 2: lösszös szint, 3: csernozjomszerű talajszint, 4: homokos lösz)

A terepi mintavételezés során már a két talajosodott szintet metszettük. Ezek alapján az eddig homogén lösszös szintnek (Molnár-Krolopp, 1978) feltételezett összletet 3 horizontra tudtam osztani. Egy lösszös horizontra, melyben a vasas felhalmozódások előfordulása ritka, egy átmeneti szintre, melyben a talajosodásra utaló nyomok kezdenek megjeleni és egy talajosodott szintre (Hupuczi-Sümegei, 2010), melyben már a turbációs nyomok száma is gyakoribb. A profil alsó részén a döntően homok frakciójú üledék felett megjelenő csernozjomszerű talajnak (Molnár-Krolopp, 1978) leírt szintet is analizáltam. Ezek alapján egy lösszös szintet lehetett leírni, mely egy átmeneti szinten található. Az általunk kiemelt MAD-6 elnevezésű monolit metszete a talajosodott szint legfelső, kisebb szemcseméretű részét, melyben a bioturbációs tevékenységek jellemzőek, és a szénült famaradványok száma gyakori.

### 6.5.3. Kunmadaras-Ecse-halom

Az antropogén képződmény esetében a szemcseösszetétel meghatározása hidrometrálással történt (Sümegei, 2012). A szedimentológiai adatok terepi megfigyeléseinket támasztották alá. A profil mentén 6 szemcsetartomány meghatározására került sor. A felső részen a recens talaj szintjeiben a finomabb frakció a domináns szemcsefajta. A terepi megfigyelések során főként áthalmozott szintnek jellemzett szelvényrészben az összes szemcsetartomány képviselteti magát (63. ábra).



**63. ábra: A szemcseösszetételi adatok (Sümei, 2012) és mikromorfológiai jegyek által kialakított szintek leírása a Kunmadaras-Ecse-halom esetében (1: recens talajszint, 2: löszszerű üledék, 3: eltemetett talajszint, 4: infúziós lösz)**

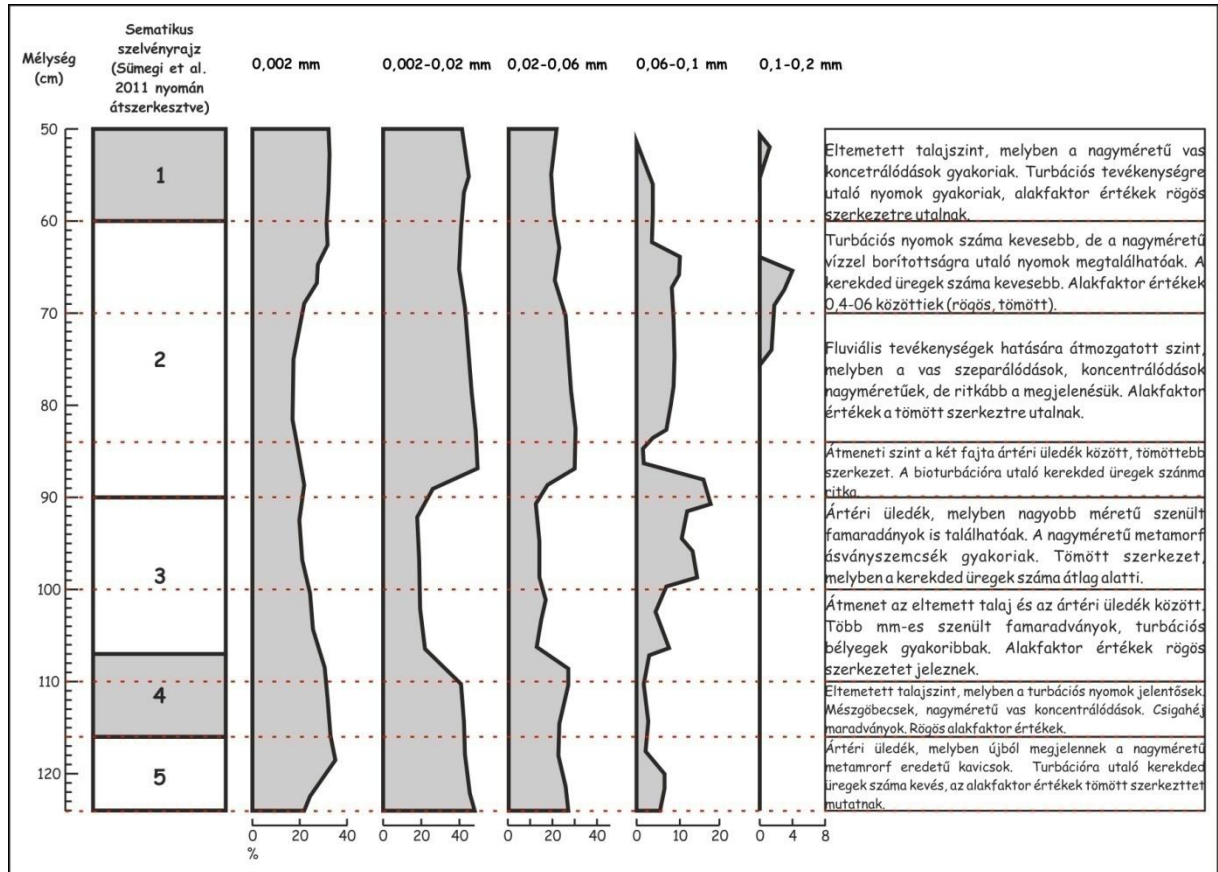
Ez a változás, amely a diagramok mentén látható, egyértelműen az átmozgatást hivatott alátámasztani. A homokfrakció megjelenése is a fentebb említett folyamatok eredményeként kerülhetett a kunhalom központi részébe. A vékonycsiszolatok is ezt az átmozgatott szintet metszették, amikben szintén olyan nyomokat lehetett leírni, melyek az egyes talajok C szintjére jellemzőek. Az előzetes laboratóriumi és terepi vizsgálatokat támasztják alá a profil középső részén megjelenő kisebb méretű szemcsék növekedése is, ahol az agyagfrakció hasonló értékeket vesz fel, mint a recens talaj szintjeiben. Ezzel a változással egyidejűleg a finomközetliszt mennyisége is megnövekszik és a nagyobb frakció értéke csökken, illetve a különböző méretű homokok eltűnnek. A vékonycsiszolatokban ebben a szintben jelentősen megnövekszik a vasas szeparálódások száma és a különböző bioturbációs tevékenységeket tükröző elváltozások is. A szemcsék ezen állapota egészen a talajosodott szint alsó részéig nyomon követhető, ahol azonban a nagyobb méretű szemcsék mennyisége megnövekszik és a legkisebb frakciók értéke drasztikusan csökken. A profil mentén a legalsó szintben a fluvialis tevékenységeket tükröző szemcsék kerülnek előtérbe.

#### 6.5.4. Zanati lelőhely

A Surányi-pataknál kialakított közel 1,5 m-es talajszelvényből kinyert mintákon végeztek szedimentológiai vizsgálatot (Sümei et al. 2011) egy megelőző régészeti feltárás keretein belül. A vizsgálatok során 6 különböző megjelenésű, szemcseösszetételű szintet lehetett elkülöníteni, melyek vastagsága eltérő volt. A szedimentológiai adatok is alátámasztották két eltemetett talajszint megjelenését a profil mentén (Sümei et al. 2011). A recens talajszint alatt található hidromorf hatású talaj kifejlődése a szemcseösszetételi adatok tükrében is nagyobb, mint a fekühez közelebb található császárkori talajszint (Sümei et al.



2011). A mikromorfológiai mintavételezés is a terepi megfigyeléseknek megfelelően zajlott, ezért metszettük a három monolittal a két talajosodott szintet, illetve az ártéri üledékeket egyaránt. A mikromorfológiai analízisekkel sikerült pontosítani a szemcseösszetételi paraméterek tükrében meghatározott szinteket (64. ábra).



**64. ábra: A szemcseösszetételi adatok (Sümei et al. 2011c) és mikromorfológiai jegyek által kialakított szintek leírása a zanati lelőhely esetében (1: recens talajszint, 2: ártéri üledék, 3: agyagos ártéri üledék, 4: eltemetett császárkori réti talajszint, 5: világos színű ártéri üledék)**

Ennek megfelelően a vékonycsiszolatok segítségével több szintet – ártéri üledék, átmeneti és talajosodott szintek – lehetett elkülöníteni, melyek szinkronban voltak a szedimentológiai adatokkal.

## 7. A MIKROMORFOLÓGIAI JEGYEK ÉS AZ EGYES LELŐHELYEKRŐL SZÁRMAZÓ ADATOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

### 7.1. Tokaj-Csorgókút-II.

A csorgókúti völgyben a II. lelőhelyen (Sümegi, 2005) kiemelt monolitokból, illetve az ezekből készített vékonycsiszolatok elemzéséből egyértelműen elkülöníthető egy magasabb szervesanyag-tartalmú réteg (4. melléklet), melyben megfigyelhetők a podzolosodási folyamatokat erőteljesen befolyásoló fenyőfélék maradványai (De Connick, 1980). Ezek a megállapítások összhangban vannak az eddigi kémiai vizsgálatok eredményeivel (Sümegi, 1996; 2005), a jelentős Ba, Sr tartalom növekedéssel, a talaj pH értékét savas irányba elmozdító Fe, Mn, Al mobilitást elindító folyamattal (Willis et al. 1997). A szelvény makroszkópos vizsgálatokor egyértelműen, akár szín alapján is el lehetett különíteni a löszös, a szenült famaradványokat tartalmazó, illetve a talajosodott szinteket. A szedimentológiai vizsgálatok szerint (Sümegi, 2005) az agyag és a finomkőzetliszt frakciók ezekben a szintekben maximum értékeket érnek el, melyek alapján az egykori talajképződés során bekövetkező szingenetikus változásokra, intenzívebb mállásra (Alvarez-Lavado, 1998) és az agyagszemcsék utólagos, posztgenetikus mozgására, belső kollúviációra lehet következtetni (Kemp, 1985). A vékonycsiszolatokban leírható vaskoncentrációk a szenült famaradványokat tartalmazó szint felett ritkák, illetve az égett szintben sem gyakoriak. Ezen kerekded, ovális alakú felhalmozódások száma a talajosodott szintben megnövekszik, és éles határvonalú vasborsók is feltűnnek. Az elmosódó határvonalú koncentrációk is megjelennek a profil alsó részén. Meszes szeparálódásokat, koncentrációkat vagy vázrészeket a vékonycsiszolatok területén csak néhány esetben lehetett észrevenni. Az egyes vékonycsiszolatok mikroszerkezete a vizsgálatok alapján tömött, repedezett, illetve néhol szerkezet nélküli, és csak elvétve találni rögzös szerkezetet. Az egyes üregeket, turbációs nyomokat összehasonlítva a szervesanyag- és a karbonáttartalommal, több szintet is el lehet különíteni. Az analizált szelvény alsó részén a szervesanyag-tartalom alacsony értékeket vesz fel, de egyes szinteket itt is észre lehet venni. A humusztartalom két helyen is magasabb értékű a profil mentén, és ezekkel a módosulásokkal szinkronban vannak az egyes alaki változások is egyaránt (Páll et al. 2012). A profil mentén a szervesanyag-tartalom változással az egyes üregek száma fordítottan változik, ahol a szervesanyag-tartalom megnövekszik, ott az üregek száma csökken, illetve a talajosodott szintben a bioturbációs tevékenységeket tükröző össz kerekded, izometrikus és ovális üreg értékek a legnagyobbak. A szenült

famaradványokat tartalmazó szintben a humusztartalom mennyisége megnövekszik, ezzel párhuzamosan a nyílt, síkszerű üregek száma is többszöröződik, de az üregek össz mennyisége a vékonycsiszolatokban csökken. A korábbi anhrakológiai és malakológiai vizsgálatok során a szenült famaradványok és a malakológiai anyag alapján az általunk vizsgált réteg kialakulásakor a szárazföldi hatás fokozódásával, a nyári és a téli félév közötti hőmérséklet különbség erőteljesebbé válásával számolhatunk. Több kutató véleménye alapján 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 vékonycsiszolatok területén malakológiai anyag nem tárol fel, de a tömeges mintákban előkerült malakológiai anyag, a szenült famaradványokat tartalmazó szintből az erdei környezetet jelző orsócsiga (*Clausilia sp.*) héjtöredékek, míg a fedő löszrétegben *Trichia hispida* maradványok kerültek elő. A fajösszetétel váltása alapján a löszképződés kezdetén egy jellegzetes hőmérséklet csökkenés alakulhatott ki, és a mérsékelt erdei – erdőssztyepp jellegű növényzetet egy nyíltabb, hideg sztyepp – erdőssztyepp jellegű vegetáció válthatta fel (Sümei, 2005). A vékonycsiszolatok elemzésével párhuzamosan fitolit vizsgálatok is történtek a kiemelt monolitok anyagából. A fitolit elemzés alapján kirajzolt szintek szinkronban vannak a metszetek leírása után kialakított mikromorfológiai szintekkel (Páll et al. 2012). A növényi opalitok vizsgálatával egyértelműen kirajzolódott egy erdei fenyő (*Pinus*) dominanciájú, keverten lucfenyőket (*Picea*-kat) tartalmazó erdő, melynek alján mohák is jelen voltak. A pázsitfűfélék jelenléte folyamatos, ám igen kis mennyiségben voltak jelen. A löszös szintben fitolit tartalom változások mutatkoztak, amit a paleotalaj képződés leállásával, az erdő eltűnésével és ezzel együtt pázsitfűfélék előretörésével magyarázhatunk. A talajosodott szintből előkerültek olyan fitolitok, melyek az erdőssztyepp indikátor trichóma fitolitjai, éppen abból a szintből származnak, ahol a *Pinus* visszaszorul és a *Picea* jelenléte erősödik (Persaits in Páll et al. 2012). Ebben a szintben a legnagyobb a pázsitfűfélék (*Poaceae*) fitolitjainak az aránya a paleotalajon belül. Ez a szint a fenyőerdő felnyílását jelzi, és jó párhuzamot mutat a malakológiai anyag változásával. Tokaj-Csorgókút-II. esetében az eolikus lösz nem tartalmaz szivacsstűt, így más lepusztulási területet nem kell feltételezni.

A mikromorfológiai és a korábbi adatok tükrében egyértelműen helytállóak a korábbi elképzelések, melyek a természetes erdőtüzek kialakulását a talajképződés végéhez, a löszképződés kezdetéhez – folytatásához -, éghajlati változáshoz kapcsolták (Sümei, 2005; Sümei et al. 1996b).

## 7.2. Madaras-Téglavető

Az egyedülálló – réteghiány nélkül települnek egymásra az üledékek (Jakab et al. 2004) - madarasi löszszelvényen végzett szervesanyag-, karbonáttartalom meghatározás, valamint a mikromorfológiai vizsgálatok is egyértelműen alátámasztják, hogy a területen a környezeti tényezők változásával egyidejűleg más típusú üledékek keletkeztek, tehát megváltoztak a felhalmozódási környezet paraméterei (5. melléklet). A téglavető üledékeit több fajta természettudományos – szedimentológiai (Molnár-Krolopp, 1978) malakológiai (Hupuczi-Sümei, 2010), anthrakológiai (Stieber, 1967) - és régészeti vizsgálattal kutatták. A szelvény makroszkópos vizsgálatakor a löszös horizontok és a magasabb agyagtartalmú, esetleg talajosodott horizontok elkülönítése egyértelmű, a szelvény homogén volta miatt. A terepi megfigyelések során a vaskiválások mennyisége, koncentrálódása sem különíthető el egyértelműen. A szervesanyag- és karbonáttartalom, valamint a malakológiai vizsgálatok eredményei prezentálják a szelvény középső részén elhelyezkedő talajosodott (Hupuczi-Sümei, 2010) szintet, mely változás az üledékben a mikromorfológiai vizsgálatokkal is alátámasztható volt. A szervesanyag-tartalom megkétszereződik ott, ahol a karbonáttartalom csökken, valamint a bioturbációs tevékenység nyomai is megemelkednek ezekben a szintekben. Az alapanyag orientálatlan, de az üregek, repedések széleinél orientálódik. A mikromorfológiai paraméterek alapján a löszös horizontok szerkezete inkább tömöttebb, szerkezet nélküli struktúrát mutat, melyekben az alapanyag orientálatlan, az üregek mentén történő orientálódások száma is kisebb, mint az átmeneti vagy talajosodott horizontokban. A löszös horizontokban a turbációs nyomok is ritkábbak, illetve néhány minta esetében nem is felismerhetőek. Ugyanezekben a szintekben a Fe, Mn felhalmozódás nyomai (kiválások, szeparálódások) és számai is kisebbek, és az üregek mentén vasas alapanyag felhalmozódás észlelhető. A talajosodott szintben megjelennek a nagyobb méretű, éles határvonalú vasborsók is, melyek a nedvesedés növekvő hatását hivatottak alátámasztani. A szedimentológiai adatok (Molnár-Krolopp, 1978) ezekben a szintekben kisebb változást mutatnak, és elkezd növekedni a legfinomabb frakció százalékos értéke, de nem egyértelmű az adatok alapján a talajosodott szint jelenléte. A szelvény ezen részein a malakológiai adatok is változást hivatottak alátámasztani, ugyanis előtérbe kerülnek a tágabb tűrésű fajok (pl. *Punctum pygmaeum*), és a tipikus löszfauna (pl. *Trichia hispida*) háttértérbe kerül. Az üregek átlagos mennyisége a metszetekben a talajosodott szintben nagyobb, mint a fentebb elhelyezkedő löszös rétegben. Ezekben a szintekben az alakfaktor értékek (Skvortsava, 1998) a tömött értékekből rögzös vagy diós szerkezetű értéket vesznek fel. Az alapanyag szintén ezekben a szintekben kezd el négyzetes formában felhalmozódni, valószínűleg a nedvesedés



és száradás eredményeként (Szendrei, 2000). A négyzetes alapanyag felhalmozódások mentén ebben a szintben is jellemző már a vasas – néhány mikron vastagságú – felhalmozódások.

A szelvény alsó részén elhelyezkedő csernozjom jellegű (Molnár-Krolopp, 1978) talajszintben hasonló változások tapasztalhatóak, mint a szelvény középső részén található kisebb szemcseméretű szintekben. A szervesanyag mennyisége a löszös rétegekben alacsonyabb, ugyanakkor a talajosodott szintben megkétszereződik, mely változás egészen a szint alsó részéig nyomon követhető, ahol újból csökkenni kezd. A karbonáttartalom ezeknek megfelelően elkezd csökkenni, és alacsonyabb értékeket vesz fel. A szedimentológiai adatok ebben a szintben egyértelműen kisebb frakciót mutattak ki, melyek mennyisége itt a legmagasabb. A talajosodott szint alsó részein megjelennek a fluviális tevékenységet prezentáló szemcsék, melyek a löszfelhalmozódás előzményeként rakódtak le a területen. A profil alsó részén, a talajosodott szint felett a löszben tipikus tágtűrűsű fajok dominanciája a jellemző (Krolopp, 1989; Hupuczi-Sümegi, 2010), melyek megjelenése a talajosodott szintben visszaszorul. A talajosodott réteg egy faunában gazdagabb szint, ahol a melegigényes fajok előre törnek. Ezek alapján enyhébb klímára lehet következtetni (Krolopp, 1989), mely a területen állandósult, így az adott környezeti paramétereknek megfelelően talajosodás indulhatott meg. A korábbi vizsgálatok eredményeivel a mikromorfológiai eredmények is egyeztek az adott szintek mentén. Ezeknek megfelelően az alaktani paraméterek az alapvetően löszös jellemzőkből talajos jellemzőkké alakulnak át. A szerves és a szervesetlen vázrészek egyaránt megtalálhatóak a szintekben. Az alapanyag jellemzően irányítatlan, mely a talajosodott szintben az üregek és vázrészek körül orientálódik. Itt a bioturbációra utaló nyomok megnövekednek. Az üregek, melyek a biológiai aktivitás következtében jöhettek létre, nagyobb méretű ásvány szemcsékkel vannak kitöltve. Az üregek mérete itt a legnagyobb, akár nagyságrendileg eltérhetnek a löszös szintben található üregektől. A nagyobb szemcsék az üregek belső részébe szintén valamilyen turbációs tevékenység hatására kerülhettek, melyek a fluviális környezetben lerakódott nagyobb szemcséjű üledéket szemléltetik. Az üregek számának növekedésével az alakfaktor értékek is változnak, így az ezekből az adatokból meghatározott mikroszerkezetek is. A löszös szintben a szerkezet tömöttebb, míg a talajosodott szint felé haladva rögös lesz. A talajosodott szintben egy nagyobb alakfaktor értéket figyelhetünk meg, mely a turbációs tevékenység hatására összetömörített kisebb üledékrészt mutatja be. A bioturbációs hatás folyamatosan növekszik és ezzel párhuzamosan a nedvesedés-száradás váltakozásának hatására kialakuló jegyek száma is. A vasszeperálódások, koncentrációk gyakoribbak, melyek mérete akár több mm-es is lehet. A profil alsó részén állandósult környezetet jelző talajosodott szintben a szenült

famaradványok mennyisége is gyakoribb, melyek valószínűsíthetően fenyőfélék lehetnek (Náfrádi Katalin szóbeli közlése alapján).

### **7.3. Kunmadaras-Ecse-halom**

Az Alföldön elhelyezkedő kunhalmok, kurgánok és lakódombok száma több ezerre tehető (Tóth, 2004), melyek részletes természettudományos és régészeti vizsgálata csak néhány esetben történt meg (pl.: Polgár-Csőszhalom, Hajdúnánás-Tedej-Lyukashalom) (Raczky et al. 2002; Sümegi et al. 2005; Pető-Barczi, 2011). A kunhalmok, kurgánok és lakódombok kiemelkedő jelentőségűek a holocén lokális környezet kutatásában, mivel a letakart felszín alatti talajhorizont fixálódott (Sümegi, 2003), és ennek nyomán a neolit, rézkori, bronzkori talajhorizontok vizsgálhatóvá váltak. A kunmadarasi Ecse-halom is azok közé a képződmények közé tartozott egészen 2012-ig, amelyet munkánkig természettudományos vizsgálat nem tárt fel. Ebben az évben kerültek feldolgozásra a halom szedimentológiai (Sümegi, 2012), valamint a jelen dolgozatban leírt szervesanyag- és karbonáttartalmi, illetve mikromorfológiai viszonyai (6. melléklet). A halmok az Alföld területén az egyenletes relief viszonyok miatt több esetben markánsan kiemelkednek környezetükből. Ez a markáns kiemelkedés nem természetes folyamat eredménye, hanem emberi beavatkozás hatása. A halmokra kiterjedő kutatások a beavatkozások következtében egymásra települő rétegek, szintek fizikai, kémiai tulajdonságait vizsgálják. Az Ecse-halom szervesanyag- és karbonáttartalom váltakozásai és a terepi megfigyelések is több, egymásra került különböző réteget különítenek el egymástól, mely változások szinkronban vannak a halmon elvégzett szemcseösszetételi és mikromorfológiai eredményekkel. A halomtestben három nagyobb szint különíthető el, melyek egy magasabb karbonáttartalmú rétegre települtek. Az alacsonyabb szervesanyag-tartalmú fekü rész egy nagyobb szemcséket tartalmazó üledékhorizont, melyre az egész képződményt „építették”. A rétegek, melyek a kunhalmot felépítik a test közvetlen környezetéből származnak, de települési viszonyaikból kifolyólag eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek, mint a kunhalom jelenlegi környezetének taljai. Az egyes szintek tehát az egykori környezetet hivatottak bemutatni. A halom legfelső részén a recens talajszintek találhatóak, melyek a lokális terület jelenlegi viszonyait tükrözik. Ezzel szemben a középső szint, mely emberi hatások következtében került mostani pozíciójába, áthalmozott helyenként, löszszerű tulajdonságokat is mutat. A kunhalom közvetlen környezetéből származó üledékben ezért növekszik meg néhol a karbonáttartalom, és helyenként ezért lehet a metszetekben is analizálni a meszes vázrészeket. A profil középső részein található csigahéj maradványok is egy, a jelenlegi helyzetétől eltérő képződési

környezetet prezentálnak. Az alacsonyabb szervesanyag-tartalmú fekü felett – a kurgán belső részén – található egy alacsonyabb karbonát tartalmú szint, melynek szemcseösszetétele eltér mind a fixáló, mind az alsóbb szinttől. Ez a szint a kurgán építésének idejével azonos korú réteg, melyre az áthalmozott, löszszerű üledék került. Az egykori talajszintben található mikromorfológiai jegyek, vázrészecskék a hajdani környezetre és külső beavatkozásokra engednek következtetni. A metszetek területén a szenült famaradványok mennyisége kiemelkedő, melyek a kurgán építését megelőző temetkezési tevékenységek eredményeként kerültek jelenlegi pozíciójukba. A szint azonban a jelenkori hatásoktól mentes. Ezt bizonyítják a vékonycsiszolatok területén található üregkitöltések, melyek anyaga meszes, és kisebb méretű biológiai (Becze-Deák et al. 1997) tevékenység után töltődtek ki. A mészgöbcecsek jelenlegi helyzete és az üregkitöltések jellege alapján az antropogén hatások miatt eltemetett talaj egy réti csernozjom lehet. Az inaktív hatásokat tükröző vasas elkülönülések száma is gyakoribb, mely a terület régebbi környezetét mutatja be, és a vízzel borítottság időtartamát jelzi.

#### **7.4. Zanati lelőhely**

A dolgozatban a legfiatalabb szelvény vizsgálatára egy régészeti ásatás keretein belül került sor az SZTE TTIK Földtani és Őslénytani Tanszékén. A profilon több vizsgálatot – geokémiai, malakológiai, pollen, makrobotanikai, anthrakológiai – hajtottunk végre (7. melléklet). A mikromorfológiai vizsgálatok ez idáig nem kerültek publikálásra. A letisztított szelvényből 15 metszetet készítettünk, melyek a speciálisan egymásra került rétegeket harántolták (Sümei et al. 2011). A különböző kifejlődésű szintek mikromorfológiai sajátosságai egyértelműen megfigyelhetők a metszetekben. A recens talajszint alatt és egy nagyobb szemcsét tartalmazó ártéri, áthalmozott üledék között egy eltemetett talaj része található. Az eltemetett talaj - mikromorfológiai vizsgálatok alapján is – (Sümei et al. 2011) vízhatású, hidromorf vagy réti talaj lehet. A réti talajok szerkezetét, szintjeit – kiterjedését - befolyásolja a kisebb-nagyobb vízzel borítottság. A vízborítás az esetek többségében időszakos (Stefanovits et al. 1999). A zanati szelvényből készített metszetek területén a vízzel borítottságra utaló nyomok szintén megjelennek. Az alapanyag színe a redoxi viszonyok miatt sötétebb (Szendrei, 2000). A különböző vasas bevonatok, -kitöltések, -borsók alakja és színe is ezeket a folyamatokat támasztja alá. A vasborsók inaktív tulajdonságokkal rendelkeznek, melyek a szint reliktum mivoltáról tanúskodnak. Az éles határvonalú vasborsók mennyisége gyakori és ezek mellett az alapanyagban előfordulnak kifakult területek is. A metszetekben megfigyelhető tulajdonságokat támasztják alá a profil mentén végzett malakológiai

eredmények is, melyek a vízparti fajok dominanciájával szintén az időszakos vízzel borítottságot jelzik (Sümei et al. 2011). Az eltemetett talajszint vékonycsiszolatain elvégzett üregek paraméter vizsgálatai is egy biológiailag aktív szintet mutatnak be, melyben a kerekded, ovális üregek száma kimagasló. A szint alakfaktor értékei, melyek az adott minták szerkezetét hivatottak bemutatni, a réteg rögzös mivoltára engednek következtetni. Az ártéri üledéknek leírt szintben a mikromorfológiai bélyegek hasonlóak, tehát a vízzel borítottság itt is észrevehető, de ezek mellett a metszetekben az alsóbb részeken megtalálhatóak az egyértelműen ártéri tulajdonságokat tükröző paraméterek is. Az alapanyagban csatornaszerű járatok írhatóak le, és nagyméretű aggregátumok különülnek el. A vas szeparálódások mérete több mm-es is lehet. A vékonycsiszolatokban megtalálhatóak a lekerekített alakú ásványszemcsék, illetve kavics szemcsék, melyek eredetüket tekintve az alpokaljai lepusztulási területről származhatnak. Tehát az eltemetett talajszint egy mozgatott, fluviális hatásoknak kitett nagyobb szemcseméretű üledékre települt, melynek vastagsága nagyobb, mint a talajosodott részé, és a lerakódás után az üledék több ideig volt víz alatt, tehát az időszakos parti tulajdonság megszűnt. A területen bekövetkezett lokális változásokat pollenanalitikai, malakológiai viszonyok is alátámasztják, melyek alapján a vízparti csigafajok háttérbe szorultak és a vízi fajok váltak dominánssá (Sümei et al. 2011). A fluviális hatások az üledékek kiterjedését, színét nagyban befolyásolták, és a mozgatás hatására többféle szerves és szervetlen vázrész került a császárkori réti talajszintet fedő agyagos ártéri üledékre. A szemcseösszetételi adatok alapján a kisebb szemcseméret mennyisége előtérbe kerül, de a nagyobb frakció (durva homok, kavics) még mindig megtalálható a metszetekben, és egy átmeneti szintet lehet felismerni a két agyagosabb horizont között. A vékonycsiszolatokban a szerves vázrészek közül a szenült famaradványok mennyisége kimagasló, ezen maradványok jelenléte az ártéri üledékben szintén a fluviális tevékenységekhez köthető. A kisebb-nagyobb darabkák az üledékbe vízmozgatás hatására kerülhettek be, amit a szervetlen vázrészek, metamorf kavicsok jelenléte is alátámaszthat, illetve a meszes szervetlen alkotók megjelenése is. A vízzel borítottság ezek alapján már ebben az átmeneti horizontban csökken, és nem állandó a vízfelület, mely az üledéket takarja. A kiemelt monolitokból szintén előkerültek csigahéj maradványok. A szárazföldi, vízparti fajok száma megnövekszik, a vízi fajok mennyisége csökken a malakológiai eredmények alapján (Sümei et al. 2011). A császárkori eltemetett talajszint megjelenése különbözik az ártéri üledéktől. A hidromorf hatás itt is észrevehető, de nem annyira markáns, mint a profil középső részén található, középkori kerámiákat is tartalmazó talajosodott szintben. Az alapanyag színe világosabb és a kifakult foltok területe kevesebb. A vízzel borítottság főbb



jele a nagyobb vasborsók, koncentrációk gyakori száma, de ez nem olyan kiemelkedő, mint a középkori szintben, tehát ebben az esetben a hidromorf hatás nem volt annyira erőteljes, így a redoxi folyamatok nem befolyásolták annyira az alapanyag szerkezetét és a mátrixtól elkülönülő szeparálódások alakját, méretét. A szintben szintén megtalálhatóak a szenült famaradványok, melyek mennyisége és mérete alapján az emberi hatásokra lehet következtetni (Fehér, 2007). Ezek mellett a szintben a csigahéj maradványok is megjelennek, melyek a malakológiai adatok alapján valamilyen szárazföldi fajok lehetnek (Sümegei et al 2011). A császárkori talajszinten elvégzett képanalízis segítségével alátámaszthatóak a folyamatok, melyek alapján a szint diós, rögös kifejlődésű, tehát a nedvesedés, száradás ritmikus váltakozása erősen befolyásolta a talaj mikroszerkezetét, és a kialakulás során az antropogén hatásokat sem szabad figyelmen kívül hagyni. Tehát a mikromorfológiai adatok is alátámasztják az eddigi tudományos eredmények alapján megrajzolt környezeti képet, mely szerint a szelvény egy speciális helyzetben levő profil. Ennek kialakulását az emberi folyamatok nagymértékben befolyásolták, illetve amikor az antropogén hatások háttérbe szorultak, akkor a folyóvízi folyamatok határozták meg a szelvény kifejlődését.

## **8. MIKROMORFOLÓGIAI ÉS AZ IRODALMI ADATOK TÜKRÉBEN MEGRAJZOLT KÖRNYEZETTÖRTÉNETI KÉP, LÖSZÖN KÉPZŐDÖTT, ELTÉRŐ KÖRNYEZETBE KERÜLT TALAJOK ALAPJÁN**

A Kárpát-medencében, illetve szűkebb értelemben Magyarországon a löszös területek száma jelentős, és azon helyek kiterjedése is nagy, ahol a talajképző kőzet lösz. A dolgozatban ismertetett négy lelőhely mindegyike valamilyen formában kötődik a negyedidőszaki löszfelhalmozódáshoz. A lelőhelyek kora különböző, és területileg is egymástól távol helyezkednek el. Az egyes időhorizontok, melyeket a profilok által megismerhetünk más és más, de a finom és durva aleurit felhalmozódás mind a négy szelvény kifejlődését valamilyen formában befolyásolta. A lokális és regionális változások az adott területeken hatással voltak a talajképződés körülményeire és az adott talajok kifejlődésére.

Tokaj-Csorgókút-II.

A Kárpát-medencei löszös képződmények ÉK-i peremén, a tokaji Kopasz-hegyen, a Csorgókúti-völgyben több szelvényt analizáltak az évek során. Az általam vizsgált 15 méteres szelvény a völgy elején található, három löszrétegből és két fosszilis talajszintből áll. A profil egyedülálló térbeli kiterjedése mellett korát tekintve is különleges, hiszen az alsó würmtől egészen a felső würmig, tehát az alsó pleniglaciális kortól a késő pleniglaciális korig tartott a képződése (70-16 ezer cal BP). Vizsgálatom során a MIS4 – MIS2 szintet átfogó löszrétegsorban található, a magyarországi löszök korolásánál használatos klasszikus beosztás szerinti Mende Felső 1 talajszinttel (Pécsi, 1993) azonosított réteget sikerült feltárni. A mikromorfológiai, üledékföldtani, geokémiai és őslénytani adatok tükrében a Mende Felső fosszilis talajszint (MF1) kifejlődésének a végén és a fedő löszréteg felhalmozódásának kezdetén, 32 és 25 ezer cal BP évek között éghajlati változás történt. A fokozatos lehűlés hatására előbb egy enyhébb klímát kedvelő, erdeifenyő dominanciájú túlevelű erdő, ezt követően pedig döntően lucfenyőket tartalmazó erdőssztyepp alakult ki. A lucfenyőket tartalmazó erdőssztyepp egy hideg, kontinentális klímájú erdőssztyeppé alakult át. Ezekkel a folyamatokkal szinkronban a talajképződés üteme és jellege is átalakult, az erdeifenyő maradványos eltemetett, fosszilis talaj egy lucfenyő szenült famaradványaiban gazdag, savanyú, podzolos jellegű talajszintté alakult át, és később, a folyamatos löszfelhalmozódás következtében ez a réteg fixálódott. A mikromorfológiai eredmények nyomán is kijelenthető, hogy a Mende Felső Talajkomplexum felső részének (MF1) szintjében nem kizárólag csernozjom jellegű talajok fejlődtek ki (több fő feltárás alapján), mint ezt a klasszikus

publikációk (Pécsi, 1967, 1975, 1977, 1987, 1993; Pécsi-Pevzner, 1974; Pécsi et al. 1979, Frechen et al. 1997) vagy a legújabb löszrétegtannal foglalkozó cikkek írják, hanem más eltérő talajok is kimutathatóak ebben a ciklusban. A mikromorfológiai és a korábbi adatok tükrében megerősítést nyernek a korábbi elképzelések (Kretzoi, 1977, Sümegi, 1995, 2005, Sümegi et al. 1996b), melyek a Kárpát-medence jégkori környezetének sokszínűségét, a lokális kisebb hatások és a regionális nagyobb befolyások erőteljes szerepét hangsúlyozták a terület környezeti fejlődésében.

#### Madaras-Téglavető

A lösszel fedett területeken az elmúlt évszázadok során több téglavetőt, illetve bányát üzemeltettek, így a Bácskai löszös síkon elhelyezkedő Madaras község határában is működött téglavető, mely a löszös horizontokat feltárja. Ezeket a löszös, illetve talajosodott szinteket analizáltam mikromorfológiai, illetve szervesanyag- és karbonáttartalom meghatározásának céljából, valamint ezeket a jelenségeket vettem össze korábbi, a területről szóló publikációk eredményeivel. A világos színű, magas karbonáttartalmú lösz rétegsor felhalmozódása a Würm<sub>2-3</sub> során (Sümegi-Krolopp, 1995) kezdődött, a képződés alatt a környezeti feltételek folyamatosan változtak, így több esetben nem csak löszös üledékek keletkeztek (Hupuczi-Sümegi, 2010). Vizsgálataim és az irodalmi adatok tükrében a lösz felhalmozódását két talajképződési folyamat szakította meg. Első esetben a lösz akkumulációt egy magasabb szervesanyag-tartalmú, csernozjomszerű talajképződés váltotta fel (Molnár-Krolopp, 1978). A malakológiai adatok (Hupuczi-Sümegi, 2010) a területen egy, a maihoz hasonló klímát támasztanak alá, mely megfelelő ideig állandó volt, hogy a talajosodási folyamatok elkezdődhessenek és egy biológiailag is aktív szint képződhessen. A madarasi szelvény malakológiai adataiból készített paleoklimatológiai rekonstrukció (Hupuczi-Sümegi, 2010; Sümegi, 1989) egy állandó hőmérsékletű klímát mutat, ahol megnövekszenek azok a mikromorfológiai változások (turbációs nyomok gyakorisága, vasas alapanyag feldúsulás az üregek, pórusok mentén), melyek szintén erre a folyamatra engednek következtetni. A vaskiválások száma megnövekszik a zónában, illetve olyan szerves vázrészecskék – szenült fa-maradványok, fenyőfélék (Náfrádi Katalin szóbeli közlése alapján) – halmozódnak fel, melyek a löszös üledékekre nem jellemzőek. Az üledékek szerkezete rögös, de ez a szerkezet a szelvény felsőbb horizontjaiban nem figyelhető meg, hanem az akkumulálódott üledék struktúrája tömött, szerkezet nélküli lesz. Ennek nyomán a talajosodási folyamat megszakadt és egy szárazabb, hidegebb klíma állt be a területen, ahol a vegetáció is visszaszorult, és tipikus löszfauna kezd előtérbe kerülni (Sümegi, 1989). Ezek a környezeti paraméterek,

melyek megfelelőek voltak a lösz felhalmozódásához, egészen a Würm<sub>3</sub> végéig fennálltak. Ekkor a tipikus löszfauna (többek között *Trichia hispida*) (Sümei, 1989) újból háttérbe kerül, és azok a fajok domináltak, melyek tágabb tűrésűek (például *Punctum pygmaeum*) (Hupuczi-Sümei, 2010; Sümei, 1989). A szelvény középső részén újból azok a mikromorfológiai jegyek (vasas kiválások felhalmozódása, turbációs nyomok gyakorisága, üregek alakja) kezdenek gyakorivá válni, melyek a löszfelhalmozódás szünetelésére, illetve egy stabilabb környezeti háttérre engednek következtetni. A madarasi löszszelvény mikromorfológiai vizsgálatai is alátámasztják a korábbi (Sümei, 1995; Sümei et al. 1996b; Sümei, 2005) eredményeket, mely szerint a Kárpát-medencei löszakkumuláció a jégkorban egy komplex egészet alkotva lokális szinten is folyamatosan változó rendszer, mely rendszerre a regionális változások, befolyásoló tényezők erőteljesen hatottak.

#### Kunmadaras-Ecse-halom

A dolgozatban jellemzett lelőhelyek közül ez az antropogén eredetű, pozitív építmény az Alföld szívében, a Hortobágyi Nemzeti Park területén található. A kunhalmok tanulmányozása a tudományos vizsgálatok fejlődésével napjainkban nemcsak a régészet feladata, hanem a különböző természettudományoké is. Több elemzés együttes eredményeként lehet pontosítani ismereteinket az adott halomtestről. A dolgozatban általam elemzett vékonycsiszolatok is egy nagyobb együttműködés részeként jöhettek létre. A halmon ez idáig egyedül szedimentológiai (Sümei, 2012), mikromorfológiai, szervesanyag- és karbonáttartalom meghatározás történt. A dolgozat keretein belül elvégzett analízisek a halom megismerését és a lokális környezetről alkotott képet hivatottak bővíteni. Az antropogén forma, melynek kora - a geológiai időléptéket nézve – fiatal, ennek ellenére több hasznos információt hordoz a területről. A terepi és a laboratóriumi vizsgálatok egyértelműen alátámasztják, hogy a halomtest négy különálló részre különíthető el, melyek eltérnek egymástól. A kunhalmokat a rézkorban temetkezés (Tóth, 2004) céljából emelték. Az infúziós löszre épített forma alsó részén lehet az egykori környezetben még aktív, de mára már inaktív eltemetett talajról információkat kapni, melybe temetkeztek. A vékonycsiszolatok egy része is ezt az eltemetett szintet metszette, melyek eltérést mutatnak a jelenkori talajviszonyoktól. Az emberi beavatkozás következtében tehát egy olyan szintet lehet megismerni, mely ma már nincs aktív kapcsolatban a jelenkori viszonyokkal (pl.: folyóvízi hatások), és az egykori környezetről árulkodhat. A kunhalom két különböző részéből kiemelt minták elemzése utána egyértelműen kirajzolódik az a kép, hogy a két, eltérő pozícióban levő üledék különbözik egymástól. A temetkezés alapjául szolgáló szintben nagyméretű szenült famaradványok



találhatóak, ugyanakkor ezek a vázrészek a halom középső részéből kiemelt mintákban ritkák. Észrevehetőek ezen kívül az eltemetett talajban különböző, mára inaktívvá vált bioturbációs jelenségek. Vizsgálataim és a szedimentológiai (Sümei, 2012) adatok tükrében az eltemetett szintről kijelenthető, hogy a halom közvetlen környezetéből származó talajoktól különbözik, a jellegzetesen réti csernozjomra utaló bélyegek alapján. A kunhalom történetét és a közvetlen környezet fejlődésének ismeretanyagát a szedimentológiai (Sümei, 2012) és mikromorfológiai adatok hivatottak elindítani. Az adatok tükrében a főbb ismérvekre lehetett rámutatni, melyek nyomán a halom és lokális környezete tovább kutatható.

#### Zanati lelőhely

A jelen dolgozatban vizsgált legfiatalabb szelvénynek titulált lelőhely fejlődését szintén több folyamat együttes hatása befolyásolta. Az általam készített vékonycsiszolatok segítségével a területre ható folyamatokat lehetett pontosítani, melyek párhuzamba állíthatók az eddigi malakológiai, anthrakológiai, pollenanalitikai, üledékföldtani és geokémiai adatokkal. A profil mentén több, különböző genetikájú réteget lehetett elkülöníteni a terepi és a laboratóriumi analízisekkel (Sümei et al. 2011) egyaránt. Az egyes horizontok kifejlődését a természetes folyamatok mellett az antropogén hatások is kellően befolyásolták ahhoz, hogy az adott szintek vizsgálata során emberi hatásokat (Sümei et al. 2011) lehessen kimutatni több rétegben is. Ebben az esetben is a Kárpát-medence ezen részén, a jégkor végén a porakkumuláció volt a meghatározó folyamat, mely a területet lokálisan és regionálisan befolyásolta, de ebben az esetben a geomorfológiai helyzet és terület kitettsége még inkább hatott a környezetre (Sümei et al. 2011). Az emberi beavatkozások nyomai a profilból készült csiszolatokon is észrevehetőek. A morfológiai helyzet miatt a szelvényben analizált rétegek a fluvialis hatások miatt keveredtek, így több kisebb szintet lehet még a mikromorfológiai vizsgálatokkal kimutatni. A császárkori talajszint (Sümei et al. 2011) egyértelműen egy emberi hatásoknak kitett szint volt, mely a folyóvízi folyamatok következtében szakaszosan vízzel borított volt. Ezeknek a vízi hatásoknak a következtében került több, nagyméretű szenült famaradvány az ártéri üledéknek definiált horizontba is. A szenült famaradványok mennyisége nemcsak a metszetekben növekszik meg az adott szint mentén, hanem az anthrakológiai vizsgálatok is ezt bizonyították be (Náfrádi, 2011). A fluvialis hatások nyomai a profil mentén mindenhol észrevehetőek a vékonycsiszolatokban, melyek az időszakos vízzel borítottságot bizonyítják. Mind a császárkori, mind a középkori talajszint (Sümei et al. 2011) esetében is egy igen nagymértékben turbált, mozgatott, emberi hatásoknak kitett eltemetett szintet lehetett azonosítani. A morfológiai viszonyok

következtében – fluviális folyamatok alakították ki a terület jelenlegi arculatát – egy egyedülálló rétegsor alakult ki a Kárpát-medence ezen nyugati részén, melyen az emberi megtelepedés nem lehetett folyamatos, mert a folyóvízi hatások a kultúrák kifejlődését állandóan befolyásolták.

## 9. ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkra a globális környezeti változások kérdése kardinális probléma lett az emberiség számára. Ennek egyik fontos része, hogy a megváltozott környezetet milyen mértékben módosítja az ember. Ezeknek a problémáknak a megoldásában segítséget nyújt több tudományág. A szakterületek összefogása nélkülözhetetlen az emberi hatás múltjának felderítésében. A Kárpát-medence környezetét és a térségben lerakódott üledékeket, a bennük található anyagokat több megközelítésből analizálhatjuk abból a célból, hogy megértsük, milyen volt hazánk területe az emberi megtelepedés előtt és közben, valamint a megismert terület fejlődését mennyire befolyásolták az adott kultúrák. Az emberi jelenlét fejlődése és növekedése egyre nagyobb változásokat okozott szűkebb-tágabb környezetében. A környezet módosulása történhet rövid vagy hosszú távú emberi tevékenység – mint például mezőgazdasági tevékenység - vagy természetes folyamatok – mint például mállás, erózió – következtében is. A Kárpát-medence területén a klimatikus viszonyok folyamatosan változtak, ennek következtében a laza üledék felhalmozódás környezeti paraméterei megváltoztak. A Kárpát-medence továbbá hazánk területén több egyedülálló löszszelvény és rétegsor található, melyek vizsgálatával a lokális és regionális környezeti változásokra lehet következtetni. Jelenleg hazánk területén a recens geomorfológiai és talajtani viszonyokat jelentősen befolyásolja a löszös alapkőzet, ezenkívül a lösszel fedett területek elterjedése is tekintélyes. A porhullás következtében a szelvényekben több olyan információ halmozódott fel, melyek vizsgálatával az egykori vegetáció, klíma és akár a geomorfológiai viszonyok is meghatározhatóak, ezért az adatok tükrében környezettörténeti képet lehet megrajzolni (Sümegei, 2003).

PhD értekezésemben a kiválasztott szelvények és minták valamilyen módon a lösz felhalmozódáshoz köthetőek, löszös alapkőzeten képződtek – Kunmadaras, Zanat – vagy a felszínből kipreparálódva – antropogén vagy természetes folyamatok következtében – löszszelvény – Tokaj, Madaras – formájában maradtak meg. Vizsgálataim és a meglevő kutatások segítségével a szelvények fejlődését és a környezeti viszonyokat pontosítottam az adott területekről. Az általam vizsgálat alá vont szelvények kora különböző. A csorgókúti völgy alsó részén kialakított szelvény akkumulálódása az alsó-würmben kezdődött és egészen a felső-würmig tartott, és erre a lerakódási folyamatra volt hatással több tényező (Sümegei, 2005). A változások következtében talajosodási folyamatok indultak el. A mikromorfológiai adatok nyomán is egyértelműen kijelenthető, hogy a Mende Felső Talajkomplexum felső részének (MF1) szintjében nem kizárólag csernozjom jellegű talajok fejlődtek ki (több fő feltárás alapján), hanem más eltérő talajok is kimutathatóak ebben a ciklusban. Vizsgálataim

alapján podzolos jellegű talajszint alakult ki. A metszetek mikromorfológiai adatait az eddigi irodalmi adatokkal összehasonlítva a Mende Felső fosszilis talajszint (MF1) kifejlődésének a végén és a fedő löszréteg felhalmozódásának kezdetén, 32 és 25 ezer cal BP évek között éghajlati változás történt. Porhullás a Kárpát-medence többi részén is zajlott, de a morfológiai és fluvialis viszonyok miatt helyenként később kezdődött el a lerakódás. A dolgozatban szereplő második legidősebb szelvény – Madaras-téglavető – esetében is a környezeti tényezők miatt egy vastagabb rétegsor rakódott le egy nagyobb szemcseméretű üledékre (Hupuczi-Sümei, 2010). A madarasi szelvényen eddig végrehajtott vizsgálatok tükrében történt szintén a mikromorfológiai mintavételezés. A téglavető területéről kiemelt laza üledékmintákból készített vékonycsiszolatok mikromorfológiai elemzése is alátámasztják, hogy a Kárpát-medence területén a jégkorban a löszfelhalmozódás környezeti paraméterei megváltoztak, így a lerakódott por a környezeti hatások következtében talajosodásnak indult. A löszfelhalmozódás következtében a szelvények több tíz méterese, melyek egy régebbi időhorizontban akkumulálódtak, ezzel szemben a dolgozatban szereplő másik két profil kiterjedése nagyságrendileg kisebb. A dolgozatban szereplő két fiatalabb korú szelvény – Kunmadaras, Zanat – nem klasszikus értelemben vett lösz-paleotalaj szekvencia. A löszfelhalmozódás a területeken a morfológiai és környezeti viszonyok miatt nem folytatódott, más jellegű üledékek rakódtak le. Az antropogén képződményen, az Ecsehalmon elvégzett mikromorfológiai vizsgálatok nyomán kijelenthető, hogy a halom test középső részén található átmozgatott üledék keletkezési helye nem a jelenlegi pozíciója volt. A terepi és szedimentológiai megfigyelések alapján történt mikromorfológiai analízis során az is bizonyítható, hogy az eltemetett talaj, mely a halom alapját szolgálja eltérő környezeti paramétereknek volt kitéve képződése során. Az emberi hatásra eltemetett talaj, infúziós löszön képződött réti csernozjom lehetett, melyre az egykori ember temetkezett és ennek következtében inaktív bélyegek (Szendrei, 2000) figyelhetők meg benne. A legfiatalabb szelvény, melyet a munkám során vizsgáltam Zanat és Nemesböd határában helyezkedett el. Geomorfológiai és fluvialis viszonyok következtében speciális helyzetbe került a terület (Sümei et al. 2011). A lelőhelyről származó minták mikromorfológiai vizsgálatai alapján az eddig megismert rétegek több vékonyabb szintre bonthatóak. A lerakódott rétegsor felhalmozódása nem volt folyamatos, mert különböző fluvialis és antropogén folyamatok befolyásolták időről-időre. A stabil környezeti feltételek mellett talajosodási folyamatok indultak el. A mikromorfológiai adatok alapján a két talajszint hasonló kifejlődésű réti talaj lehetett, melyre az áthalmozott fluvialis üledékek rakódtak le.



A Kárpát-medence területén azonos időben több fajta üledék képződött és rakódott le a negyedidőszak végén, mely képződmények kifejlődését lokális és regionális hatások egyaránt befolyásolták. Annak megfelelően, hogy a környezeti tényezők az adott helyen – egymástól függetlenül -, hogy változtak, talajosodási folyamatok indultak el. Ezeknek a helyi és regionális változásoknak köszönhetően alakulhattak ki más és más üledékek. Jövőbeli célom további lelőhelyek feldolgozása, az eddigi ismeretek pontosítása.

## 10. SUMMARY

Nowadays, global environmental change became a cardinal problem for humanity. An important question in that change is how humankind modifies the environment. Several disciplines can help to solve these problems, but the intertwining of disciplines is essential. The environment of the Carpathian basin and the sediments deposited can be analyzed from different approaches in order to understand what environment existed before and after human occupation and the degree of the anthropogenic impact. The increase of human impact caused changes in these areas. The environment can change due to short and long term human activity - agricultural activity - or natural processes - erosion, weathering. In the Carpathian basin the climatic conditions varied continuously so the environmental parameters and as a consequence of this the deposition of loose sediment changed as well. In the Carpathian basin and in Hungary there are more unique loess profiles and sequences; by the analyses of these natural deposits we can detect local and/or regional environmental changes. The recent geomorphological and pedological conditions are significantly affected by the loess bedrock that can be found in large areas; in addition the area of loess covered surfaces is considerable as well. The former vegetation, climate and geomorphologic conditions may be defined by the analysis of the sections so we can reconstruct the environment history of the study areas (Sümeg, 2003).

In my dissertation the selected samples and profiles can be linked to the accumulation of loess; they were formed on loess bedrock - Kunmadaras, Zanat - or they are loess sections - Tokaj, Madaras - that preparation due to anthropogenic or natural processes. During my research I tried to clarify the development of the sections and the former environmental conditions of the study areas. The age of the sections I analysed is different. The accumulation of the section in the Csorgókút valley began during the Early Weichselian and ended in the Upper Weichselian and was influenced by several factors (Sümegi, 2005). Due to the modification of environmental factors soil formation processes started. On the basis of micromorphological data we can clearly state that on the upper part of Mende Upper Pedocomplex (MF1) not only chernozem soils developed (based on more excavations) but other type of soils also developed in this cycle. The micromorphological data and the data of previous studies indicate that in the end of the development of Mende Upper Pedocomplex (MF1) and the beginning of the loess accumulation, a climatic change can be detected between 32 and 25 thousand years cal BP. Dustfall took place in different areas of the Carpathian basin as well but there are areas where the deposition of loess began later as a result of the different morphological and fluvial conditions. In the case of the second oldest

section in the dissertation - Madaras-Brickyard - a thinner stratigraphical deposited on sediment with large grain size (Hupuczi-Sümege, 2010). Micromorphological sampling was performed on the section of Madaras. Micromorphological analyses of samples of loose sediments from Madaras-Brickyard confirm that in the Carpathian basin the environmental parameters of loess accumulation changed and soil formation started during the Pleistocene. As a consequence of loess accumulation the sections are several ten metres long whereas the other two profiles presented in this paper are smaller. The two younger age profile - Kunmadaras, Zanat - non-classical sense of loess-palaeosol sequences in this paper. The loess accumulation didn't continue, because the area of morphology and environmental conditions were different, therefore different sediments deposited. The micromorphological investigations carried out resulting state that the pile of sediment moved in the middle part of the body is produced in the current position was not on the anthropogenic formations, Ecsehalom. The observations of field and sedimentology was the basis of the micromorphological analysis, therefore also demonstrated, the buried soil – serves the base of the pile - was exposed to different environmental conditions during their formation. The buried soil – human effect – was formed on infusion loess and it is a meadow chernozem, the human use a cemetery, therefore there are inactive stamps (Szendrei, 2000). The youngest profile what I examined, was located Zanat and Nemesböd. Fluvial and geomorphology relationships the profile was a special position (Sümege et al. 2011). The micromorphological studies of samples from the site in the known number of thinner layers can be divided into levels. The deposition was not continuous accumulation of sediments, because of different fluvial processes and anthropogenic influence from time to time. Same time and formed several types of sediment deposited at the end of the quarter, which formations development of local and regional effects are influenced on the Carpathian Basin. In accordance to the environmental factors in the location - independently - that changed soil formation processes started. These local and regional changes, developed in different sediments. My goal for future further sites for examine, accurate knowledge of the past.

## 11. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném hálámat és köszönetemet kifejezni mindazoknak, akik tanulmányaim és munkám során mindig mellettem álltak és előre mutató tanácsaikkal, ötleteikkel és gondolataikkal tápláltak.

Először is, akik a lehetőséget megteremtették, hogy ezt elérjem, Édesapámnak és Édesanyámnak szeretném megköszönni, hogy végig mellettem álltak és mindig, minden esetben kitartottak mellettem és ösztönöztek. Családom többi tagjának is hálával tartozom, hogy a mindig vitatott „pozíciómban” - vajon dolgozok vagy tanulok? – Velem voltak. Kiemelném testvéreimet, Andit, Pistát, akik annak ellenére, hogy csak „felek” vagyunk mégis testvérként álltak mellettem. Természetesen köszönöm Mamának, Ági néninek, Fritznek és Kamilláéknak is, akik Szegeden végig velem voltak.

Köszönöm a szegedi Földtani és Őslénytani Tanszék vezetőjének, Sümegi Pálnak, aki ebbe a csodálatos világba bevezetett és próbált tanítani, útbaigazítani, ezenkívül a dolgozat során nyújtott segítségét is szeretném megköszönni. Köszönöm neki az elmúlt 6 évet, mely alatt rengeteg terepi napot töltöttünk el, és kiérdemeltük a „paligyerekek” – Majkut Péter, Veres Zsolt, Páll Dávid Gergely – titulust. A Tanszék többi dolgozójának is köszönettel tartozom. Köszönöm Hupuczi Júliának a nyelvtani lektorálást, a sok türelmet, hogy magyartalanságomat átnézte és megértéssel kijavította, ezen kívül köszönöm neki a munkaidőn túlnyúló hasznos szakmai és baráti tanácsokat. Köszönöm Katicának, hogy mindig eszmét cserélhettünk és közösen csodálkozhattunk rá az emberi furcsaságokra. Szeretném megköszönni Katikának, aki mindig útmutatást adott az egyetemi bürokrácia útvesztőiben és nyelvtanilag ellenőrizte munkámat. Köszönöm külföldre szakadt hazánkfiainak – Majkut Péter, Persaits Gergő – a hasznos tanácsokat. Köszönöm Gulyás Sanyinak az angol fordításban történt segítséget. Természetesen a Tanszék összes dolgozójának köszönöm a támogatást, megértést.

Hálával tartozom a Fiúknak. Marcinak, hogy régészként is mellettem állt mindig, és fergeteges szakmai beszélgetéseket folytathattunk és remélem a jövőben is folytatjuk. Frencinek, aki mindig egy kis plusszal látott el és mindig mellettem volt. Bandinak, Árpnak, akikkel az egyetemi éveket kezdtük, éltük át és mindig számíthattunk egymásra.

Külön köszönet illeti Veres Zsoltot (Olaj), akivel az egyetemet elkezdtük, formáltuk egymást, együtt lettünk Földtanosok. Köszönöm neki, hogy a Tanszéken eltöltött közös évek

során, olyan megfizethetetlen dolgokat hoztunk létre, melyekért a szegedi Földtudósok hálásak lesznek életük végéig.

Köszönöm Molnár Lászinak, hogy a nehéz időkben mindig számíthattunk egymásra tavaly is, most is.

Köszönöm Bencsik Attilának a vékonycsiszolatok elkészítése során nyújtott nélkülözhetetlen segítségét.

Természetesen köszönöm Szeged városának a légkört és geográfus csoporttársaimnak, különösen Janónak, Csincsinek, hogy átértük, amit átértünk. Köszönöm Gomeznek a formázásban nyújtott segítséget és a baráti tanácsokat.

És végül, de nem utolsó sorban köszönöm Vinikének, hogy mindig mellettem állt, minden helyzetben támogatott és a szerelmével erőt adva segített rajtam, tanácsokkal látott el és mosolyogva fogadott engem éveken át.



## 12. FELHASZNÁLT IRODALOM

- Alvarez, L. - Lavado, R.S. 1998. Climate, organic matter and clay content relationships in the Pampa and Chao soils, Argentina. *Geoderma*, 83, pp. 127-141.
- Balogh, K., Bérczi, I., Haas, J., Jámor, Á. 1991. *Szedimentológia*. Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 545.
- Becze-Deák, J., Langohr, R., Verrecchia, E.P. 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, pp. 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, pp. 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, pp. 1089-1095.
- Brewer, R. 1964. *Fabric and mineral analysis of soils*. Wiley and Sons, New York, p. 470.
- Bronger, A. 1970. Zur Mikromorphogenese und zum Tonmineralbestand von Böden ungarischer Lössprofile. *Eisenzeitalter und Gegenwart*, 21, pp. 122-144.
- Bronger, A. 1972. Zur Mikromorphologie und Genese von Paläoböden aus Löss im Karpaten Becken. In: Kowalinsky, St. (eds.), *Soil Micromorphology*, Panst. Wydaw. Nauk. Warszawa, pp. 607-615.
- Bullock, P. - Fedoroff, N. - Jongerius, A. - Tursina, T. - Stoops, G. 1985. *Handbook for soil thin section description*. Waine Research Publications, England, p.152.
- Canti, M.G. 1998. The micromorphological identification of faecal spherulites from archaeological and modern materials. *Journal of Archaeological Science*, 25, pp. 435-444.
- Cornwall, I. 1958. *Soils for the Archeologist*. Phoenix House, London.
- Courty, M. A., Goldberg, P., Macphail, R. I. 1989. *Soils and micromorphology in archeology*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 447.
- De Coninck, F. 1980. Major mechanisms in formation of spodic horizons. *Geoderma*, 24, pp. 101-128.
- 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, pp. 242-248.

- Dezső, J. 2011. A dél-dunántúli karsztos területek morfológiai, üledékföldtani vizsgálata és összehasonlító értékelésük analóg képződményekkel. PTE, PhD dolgozat, p. 183.
- Dövényi, Z. (eds.) 2010. Magyarország kistájainak katasztere. Magyar Tudományos Akadémia Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest. p. 876.
- Duchaufour, P. 1982. Pedology: pedogenesis and classification. Translated by T.R. Paton. London. George Allen & Unwin.
- Fehér, O. 2007. A talajviszonyokra ható természeti és emberi tényezők vizsgálata a Kárpát-medence néhány jellegzetes táján. SZIE, PhD dolgozat, p. 134.
- Fehér, O., Langohr, R., Fülek, 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, pp. 405-418.
- FitzPatrick, E. A. 1993. Soil microscopy and micromorphology. John Wiley & Sons, Chichester, p. 304.
- Frechen, M., Horváth, E., Gábris, Gy. 1997. Geochronology of Middle and Upper Pleistocene Loess Sections in Hungary. *Quaternary Research*, 48, pp. 291-312.
- French, C. A. I. 2003. Geoarchaeology in Action: Studies in Soil Micromorphology and Landscape Evolution. Routledge, London, p. 281.
- Fülek, Gy. 1999. The role of soil science in the study of prehistory. In: E. Jerem and I. Poroszlai (eds.), *Archaeology of the Late Bronze and Iron Age: Environmental Archaeology, Experimental Archaeology, Archaeological Parks. Proceedings of the International Archaeological Conference, Százhalombatta, 3-7 October 1996*. Budapest: Archaeolingua, pp. 291-296.
- Fülek, Gy. 2003. Soils and environment of the Bronze Age tell in Százhalombatta. In: Gy. Fülek (eds.), *Soils and Archaeology*. Oxford: Archaeopress, BAR International Series, 1163. pp. 79-93.
- Fülek, Gy., Márity, E. 1997. Environmental Changes in Budaújlak (Pannonia Province, Hungary) in the Roman Period. In: J. Chapman and P. Dolukhanov (eds.), *Landscapes in Flux Central and Eastern Europe in Antiquity*. Oxford, Oxbow Books, pp. 231-239.
- Fülek, Gy., Vicze, M., Kovács, G. 2002. A százhalombattai bronzkori tell település és környezetének változásai. A táj változásai a Kárpát-medencében. Az épített környezet változása [Changes in the settlement and environment of the Bronze Age tell at Százhalombatta. Changes of the landscape in the Carpathian Basin. Changes in the created environment]. Gödöllő: Környezetkímélő Agrokémiáért Alapítvány, SZIE, pp. 9-12.

- Gerei, L. - Szendrei, G. 1974. Micromorphological investigation of some representative meadow and solonetz soils of the alluvial plain of the Zagyva river in Hungary. In: Transactions of the 10th International Congress of Soil Science, Nauka, Moscow, 7, pp. 264–270.
- Goldberg, P. 1992. Micromorphology, soils and archeological sites. In: Holliday, V. T. (eds.), Soils in archeology. Smithsonian Institution Press, Washington and London, pp. 145-167.
- Gyarmati, P. 1974. Tarcál-Tokaj. Magyarázó a Tokaji-hegység földtani térképéhez. 25.000 sorozat. MÁFI Kiadvány, Budapest, p. 67.
- Horváth, Z. 2007. Negyedidőszaki környezetváltozások nyomai poszt-pannóniai üledékeken és paleotalajokon (Mátraalja, Visonta). ELTE, PhD dolgozat.
- Horváth, Z. 2009. Geo-archeopedológus munkája a Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálatban - a földtani talajtani protokoll (GPP) alkalmazása és esettanulmányok. Archeometria Műhely, 2. pp. 1-13.
- Horváth, Z. 2011. Üledékföldtani és talajtani vizsgálatok az Esterházy Kastély Barokk Kamarakertjeiben. Gesta IX, Archeometria és Régészet, pp. 200-210.
- Horváth, Z. 2011. Üledékföldtani, talajtani és mikromorfológiai vizsgálatok alkalmazása a régészeti kutatásban. Gesta IX, Archeometria és Régészet, pp. 10-24.
- 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, Tectocnophysics, pp. 81-95.
- Hupuczi, J. – Sümegi, P. 2010. The Late Pleistocene paleoenvironment and paleoclimate of the Madaras section (South Hungary), based on preliminary records from mollusks. Central European Journal of Geosciences, 2, pp. 64-70.
- Hupuczi, J. – Sümegi, P. 2011. A madarasi téglagyári löszszelvény legújabb malakológiai vizsgálatának eredményei. Archeometriai Műhely, 2, pp. 157-162.
- Jakab, G., Sümegi P., Magyar E. 2004. A new quantitative method for the paleobotanical description of late Quaternary organic sediments. Antaeus, 27, pp. 181–211.
- Jongerius, A. – Rutherford, G. K. (eds.)1979. Glossary of Soil Micromorphology. – Centre of Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, p.138.
- Jongmans, A.G. 1994. Aspects of mineral transformation during weathering of volcanic materials. The microscopic and submicroscopic level. Ph.D. Thesis, Wageningen.

- Kemp, R. A. 1985. Soil Micromorphology and the Quaternary. Quaternary Research Association Technical Guide No 2: Cambridge, p. 80.
- Kemp, R. A. 1998. Role of micromorphology in paleopedological research. Quaternary International, 51/52, pp. 133-141.
- Kovács, G. 2006. A talajban előforduló régészeti anyagok mikromorfológiai vizsgálata. Agrokémia és Talajtan, 55, 2, pp. 499-514.
- Kovács, G. 2009. A talajmikromorfológia környezettörténeti és régészeti alkalmazása. In: Kázmér, M (eds.) Környezettörténet, Az utóbbi 500 év környezeti eseményei történeti és természettudományos források tükrében, Hantken Kiadó, Budapest, pp. 381-397.
- Kovács, G., 2011. Régészeti talaj-mikromorfológia. Antropogén rétegek talaj-mikromorfológiai vizsgálata, Matrica Füzetek III, „Matrica” Múzeum, Százhalombatta, p. 56.
- Kretzoi, M. 1977. Ecological conditions of the "loess period" in Hungary as revealed by vertebrate fauna. Földrajzi Közlemények, 25, pp. 75-89.
- Krolopp, E. 1989. A madarasi téglagyári löszfeltárás malakológiai vizsgálata. Cumania, 11, pp. 13-27.
- Kubiena, W. L. 1938. Micropedology. Colligate Press Inc., Ames, Iowa, p. 243.
- Kubovics, I. 1990. Kőzetmikroszkópia: kőzetalkotó ásványok mikroszkópi vizsgálata. Tankönyvkiadó. Budapest, p. 367.
- Limbrey, S. 1975. Soil Science and Archaeology. London, New York.
- Macphail, R.I. 2007. Soil micromorphology (Chapter 11). In: A. Whittle and G. Kovács (Editors), The Early Neolithic on the Great Hungarian Plain: investigations of the Körös culture site of Ecsefalva 23, Co. Békés. Institute of Archaeology, Budapest, pp. 189-226.
- Macphail, R.I., Goldberg, P. 1995. Recent advances in micromorphological interpretations of soils and sediments from archaeological sites. In: Barham, A.J., Macphail, R.I., (eds.) Archaeological sediments and soils: analysis, interpretation and management. Institute of Archaeology, University College, London, pp. 1-24.
- Molnár, B., Krolopp E. 1978. Latest Pleistocene geohistory of the Bácska loess area. Acta Mineralogica – Petrographica, 23, 2, pp. 245-265.
- Morozova O. 1988. A karbonát akkumulációk formái a különböző típusú talajokban. MAE Talajtani Társaság Vándorgyűlése. Szarvas. 1988. szeptember 1-2. Szekciósülés programja és összefoglalója. DATE Mezőgazdasági Főiskolai Kar, Soksorozósító Üzem, Szarvas, pp. 132-133.

- Morozova, O. 1987. Morphological features of paleosols from Paks with regard to their paleoecological interpretation. In: Pécsi, M. & Velichko, A. A. (eds): Paleography and Loess, Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 119-133.
- Morozova, O., FitzPatrick, E. A., Shoba, S. A. 1988. Pedogenic forms of carbonates in Hungarian soils of different types. Abstracts, 8th International Working Meeting in Soil Micromorphology. Agricultural Communications Texas A & M University, College Station, Texas. p. 20.
- Munsell Colour Company, 1954. Soil Color Charts.
- Murphy, C.P. 1985. Thin Section Preparation of Soils and Sediments. A B Academic Publishers, Berkhamsted, p. 149.
- Náfrádi, K. 2011. Régészeti lelőhelyek szenült faanyagának határozása és értékelése a geoarcheológiai kutatásokban. SZTE, PhD értekezés, p. 138.
- Nebojszki, L. 2005. A Telecskai-dombok lábánál. Természet Világa, 136, 9, pp. 405-408.
- Páll, D. G., Persaits, G., Náfrádi, K., Sümegi, P. 2012. Egy középső würm végi fosszilis talaj- és löszréteg átmeneti szintjének komplex paleoökológiai vizsgálata a tokaji Kopasz-hegyen. Földtani Közöny, inpress.
- Pécsi, M. - Morozova, O. 1987. Micromorphological investigation of paleosol enclosures in the loess profile at Paks, Hungary. Soil Micromorphology, AFES, Paris, pp. 619–624.
- Pécsi, M. - Pevzner, M.A. 1974. Paleomágneses vizsgálatok a paksi és a dunaföldvári löszösszletekben. Földrajzi Közlemények, 22, pp. 215-224.
- Pécsi, M. 1967. A löszfeltárások üledékeinek genetikai osztályozása a Kárpát-medencében. Földrajzi Értesítő, 16, pp. 1-19.
- Pécsi, M. 1975. Lithostratigraphical subdivision of the loess sequences in Hungary. Földrajzi Közlemények, 23, pp. 228-239.
- Pécsi, M. 1977. A hazai és az európai löszképződmények paleogeográfiai kutatása és összehasonlítása. Geonómia és Bányászat. MTA X. Osztályának Tudományos Közleményei 10, pp. 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. pp. 35-53.
- Pécsi, M. 1993. Negyedkor és löszkutatás. Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 375.
- Pécsi, M., Szebenyi, E., Pevzner, M.A. 1979. Upper Pleistocene Litho- and Chronostratigraphical type profile from the exposure at Mende. Acta Geologica Hungarica, 22, pp. 371-389.



- Pető, Á. - Barczy, A. (eds.) 2011. Kurgan Studies An environmental and archaeological multiproxy study of burial mounds in the Eurasian steppe zone. BAR S 2238, Archeopress, Oxford, p. 350.
- Pinczés, Z., 1954. A tokaji Kopasz-hegy lösztakarója. Földrajzi Értesítő, 3, pp. 575-584.
- Raczky, P. et al. (16 authors) 2002. Polgár-Csőszhalom (1989–2000): summary of the Hungarian-German excavations on a Neolithic settlement in Eastern Hungary. In R. Aslan et al. (eds) Mauerschau: Festschrift für Manfred Korfmann, Remshalden-Grunbach: Greine, pp. 833-860.
- Rakonczai, J. 2008. A globális változások néhány mérhető következménye és tájaink átalakulása. In: Orosz et al (szerk.): IV. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia. II. pp. 284-289.
- Retallack, G. J. 2001. Soil in the past. An introduction to paleopedology. 2nd edition Blackwell Science, Oxford, p.404.
- Rózsavölgyi, J.- Stefanovits, P. 1960. Barna erditalajok vékonycsiszolatainak vizsgálata. Agrokémia és Talajtan, 9, pp. 365-380.
- Rudner, Z. E. - Sümegi, P. 2001. Recurring taiga forest-steppe habitats in the Carpathian Basin. Quaternary International, 76/77, pp. 177-189.
- 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, pp. 52-61.
- Shackley, M. 1975. Archeological sediments. A survey of analitical methods. Butter Worthy, London.
- Skvortsova, Y. 1998. Micromorphometric types of pore space arrangement in loamy soils of Russain plain. In ISSS Congress. II. 30. Symp. pp. 565.
- Skvortsava, Y. – Utkaeva, V. F. 2007. Soil Pore Space Arrangement as a Geometric Indicator of Soil Structure. Eurasian Soil Science, 41, 11, pp. 1198-1204.
- Skvortsova, E.B. – Sanzharova, S.I. 2007. Micromorphometric features of pore space in the plow horizons of loamy soils. Eurasian Soil Science, 40(4), pp. 445-455.
- Skvortsova, Y. – Rozhkov, V. A. 2010. The Anisotropy of the Structure and the Microspatial Pattern of the Pores at the Aggregate Level of Texturally Differentiated Soils. Eurasian Soil Science, 44, 7, pp. 722-730.
- Stefanovits, P. – Rózsavölgyi, J. 1962. Újabb paleopedológiai adatok a paksi szelvényről. Agrokémia és Talajtan, 11, 2, pp. 143–160.

- Stefanovits, P. – Rózsavölgyi, J. 1965. Beschreibung des Lössprofils bei der Ziegelei Paks. *Földrajzi Közlemények*, 13, 9, pp. 357–360.
- Stefanovits, P., Filep, GY., Fülek, GY. 1999. *Talajtan*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, p. 470.
- Stieber, J. A. 1967. A magyarországi felső-pleisztocén vegetációtörténete az anthrakotómiai eredmények (1957-ig) tükrében. *Földtani Közlöny*, 97, pp. 308-316.
- Stoops, G. 1986b. (eds.) The future of micropedology. *Pedologie*, 36, pp. 225-233.
- Stoops, G., Marcelino, V., Mees, F. 2010. *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*. Elsevier, Amsterdam, pp.720.
- Sümei, 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, pp. 244-258.
- Sümei, P. 1996. Az ÉK-magyarországi löszterületek összehasonlító öskörnyezeti és sztratigráfiai értékelése. Kandidátusi értekezés, Debrecen, kézirat.
- Sümei, P. 2003. *A régészeti geológia és a történeti ökológia alapjai*. JATEPress, Szeged.
- Sümei, P. 2005. Loess and Upper Paleolithic environment in Hungary. *Aurea Kiadó*, p. 312.
- Sümei, P. 2012. Jelentés Hortobágy - Ecse-halom üledékföldtani vizsgálatának eredményeiről. Hortobágyi Nemzeti Park Adattára, Debrecen.
- Sümei, P. – Kertész, R. 1998. A Kárpát-medence öskörnyezeti sajátosságai - egy ökológiai csapda az újkőkorban? *Jászkunság*, 44, 3-4. pp. 144-157.
- Sümei, P. – Krolópp, E. 1995. A magyarországi würm korú löszök képződésének paleoökológiai rekonstrukciója Mollusca-fauna alapján. *Földtani Közlöny*, 1995, 125, pp. 125-148.
- Sümei, 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, pp. 165-176.
- Sümei, P., Csökmei, B., Persaits, G. 2005. The evolution of Polgár island, a loess-covered lag surface and its influences on the subsistence of settling human groups. In L. Hum, S. Gulyás & P. Sümei (eds), *Environmental historical studies from the Late Tertiary and Quaternary of Hungary*, Szeged, pp. 141-164.
- Sümei, P. - Náfrádi, K. - Töröcsik, T. 2011. The environmental. In: Kva historical development of the study area. In: Kvassay, J. (Eds.), *The late Urnfield period*

- cemetery from Szombathely-Zanat supplemented by an assessment features and interdisciplinary analyses. VIA-Monographia Minor in Cultural Heritage 2. Hungarian National Museum-Natural Cultural Heritage Protection Centre, Budapest. pp. 285-298.
- Sümegi, P., Persaits, G. Páll, D. G., Törőcsik, T. 2011c. Results of analyses carried out on the alluvium of Borzó Creek and at Zanat archaeological site. In: Kvassay, J. (Eds.), The late Urnfield period cemetery from Szombathely-Zanat supplemented by an assessment features and interdisciplinary analyses. VIA-Monographia Minor in Cultural Heritage 2. Hungarian National Museum-Natural Cultural Heritage Protection Centre, Budapest, pp. 224-243.
- Sümegi, P., Rudner, E., Heretelendi, E., Borsos, S., Deli, T., Kozák, J., Szöör, GY. 1996b. Paleoecological research of the loess on the Kopasz mount (Tokaj, North Hungary). Abstract of "Geomorphology and the Changing Environment in Europe Congress", Budapest, pp. 112.
- Szendrei, G. – Mindszenty, A. – Darab, K. – Rózsavölgyi, J. – Szabolcs, I. 1992. Multilingual translation of the terminology used in the „Handbook for Soil Thin Section Description” Hungarian translation. Budapest, Kézirat, pp. 8.
- Szendrei, G. 1970. Kiskunsági szikes talajok mikromorfológiai vizsgálata. Agrokémia és Talajtan, 19, pp. 231–242.
- Szendrei, G. 1972. Két jellegzetes szikes terület, szikes talajainak mikroszerkezet vizsgálata, különös tekintettel a természetföldrajzi viszonyokra. Doktori értekezés, p. 109.
- Szendrei, G. 1978a. Micromorphology of some salt-affected soils from two soil regions in Hungary. In: Delgado, M. (ed.): Proceedings of Fifth International Working Meeting on Soil Micromorphology, Granada, 2, pp. 1115–1132.
- Szendrei, G. 1980. Szologys réti szolonyec talajok mikromorfológiai vizsgálata. Agrokémia és Talajtan, 29, pp. 183–198.
- Szendrei, G. 1982b. Gyakori alföldi talajfőtypusok, elsősorban szikes talajok mikromorfológiája és annak anyagforgalmi és talajgenetikai vonatkozásai. Kandidátusi értekezés, p. 193.
- Szendrei, G. 1989. A csernozjom talajok mikromorfológiája. Agrokémia és Talajtan, 38, pp. 473–485.
- Szendrei, G. 1996. Hazai talajtypusok mikromorfológiája. Agrokémia és Talajtan, 45, pp. 260–266.

- Szendrei, G. 1999b. Hazai szikes talajok mikromorfológiája. *Agrokémia és Talajtan*, 48, pp. 481–490.
- Szendrei, G. 2000. Talaj-mikromorfológia. ELTE-Eötvös Kiadó, p. 220.
- Szendrei, G. 2001. A hazai talajtípusok mikromorfológiája. Magánkiadás, pp. 163. SZIE, pp. 9–12.
- Tóth, Cs. 2004. A kunhalmok geomorfológiai és teleptani viszonyainak vizsgálata a Hortobágy, a Hajdúság és a Nagykunság térségében. In: Tóth A (szerk.): A kunhalmokról más-szemmel. Kisújszállás-Debrecen, pp. 129-166.
- Visy, Zs., Nagy, M., B. Kiss, Zs. (eds.) 2003. Magyar régészet az ezredfordulón. Nemzeti Kulturális Örökség Minisztériuma Műemléki Főosztálya, Teleki László Alapítvány, Budapest, p. 480.
- 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, pp. 740-750.
- Yaalon, D. H. & Ganor, E. 1973. The influence of dust on soils during the Quaternary. *Soil Science*, 116, pp. 146-155.

## 13. ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: A Szervetlen vázrészek; B: Szerves vázrész (saját felvételek) .....	11
2. ábra: Szervetlen vázrészeket beágyazó finomanyag (saját felvétel) .....	12
1. táblázat: Szedimentológiai értelemben vett póruscsoportosítás (Balogh, 1991).....	12
3. ábra: Kerekded üreg az alapanyagban (saját felvétel).....	13
2. táblázat: Koncentrációk és szeparálódások csoportosítása (Szendrei, 2000) .....	14
4. ábra: Horizontális vasas felhalmozódás (saját felvétel) .....	14
5. ábra: A leggyakoribb természetes és antropogén mikroszerkezetek csoportosítása .....	15
6. ábra: Rögszerű mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva).....	16
7. ábra: Diós mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva) .....	16
8. ábra: Szubkuboidális mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva) .....	17
9. ábra: Bevonat és híd mikroszerkezet (saját felvétel).....	17
10. ábra: Csatorna mikroszerkezet (saját felvétel) .....	18
11. ábra: Morzsás mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva) .....	18
12. ábra: Féregszerű mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva) .....	19
13. ábra: Labirintus mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva) .....	19
14. ábra: Vázszemcsehalmozás mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva).....	20
15. ábra: Szemcsés mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva) .....	20
16. ábra: Ék mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva) .....	21
17. ábra: Szerkezet nélküli mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva) .....	22
18. ábra: Lencsés mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva) .....	22
19. ábra: Lemezes mikroszerkezet (FitzPatrick, 1993 nyomán módosítva).....	23
20. ábra: Zavartalan, bolygatatlan minta .....	24
21. ábra: A mintavételezési pontok idealizált helye egy sematikus profil mentén (FitzPatrick, 1993) .....	25
22. ábra: Kubiena mintavételezési doboz.....	26
23. ábra: A dolgozatban szereplő lelőhelyek elhelyezkedése hazánk területén .....	31
24. ábra: 1.: Tokaj-Csorgókút-II. elhelyezkedése Magyarország területén 2.:A lelőhely elhelyezkedése a területéről készített digitális domborzat modellen (Sümei, 2005 nyomán módosítva) 3.: A lelőhely elhelyezkedése a területéről készített GoogleEarth felvételen 4.: A lelőhelyről készített fotó 2010-ből (a szerző saját felvétele) .....	32
25. ábra: 1.: Madaras-Téglavető elhelyezkedése Magyarország területén 2.:A lelőhely elhelyezkedése a területéről készített digitális domborzat modellen (Hupuczi, 2012 nyomán módosítva) 3.: A lelőhely elhelyezkedése a területéről készített GoogleEarth felvételen 4.: A lelőhelyről készített fotó 2011-ből (a szerző saját felvétele) .....	33
26. ábra: 1.: Kunmadas-Ecse-halom elhelyezkedése Magyarország területén 2.:A lelőhely elhelyezkedése a területéről készített digitális domborzat modellen 3.: A lelőhely elhelyezkedése a területéről készített GoogleEarth felvételen 4.: A lelőhelyről készített fotó 2010-ből (a szerző saját felvétele).....	34
27. ábra: 1.: A Zánai lelőhely elhelyezkedése Magyarország területén 2.:A lelőhely elhelyezkedése a területéről készített digitális domborzat modellen (Sümei et al. 2011 nyomán módosítva) 3.: A lelőhely elhelyezkedése a területéről készített GoogleEarth felvételen 4.: A lelőhelyről készített fotó 2010-ből (a szerző saját felvétele) .....	35
28. ábra: Az analízis szelvények időbeli besorolása az irodalmi adatok tükrében .....	37
29. ábra: a: A két monolit elhelyezkedése a szelvény mentén (1. : szelvényt tartalmazó horizontot metsző monolit; 2. : „felső-paleotálaj” horizontot metsző monolit”); b: Tokaj-Csorgókút II. geológiai szelvénye (1. Löss, 2. Alsó-würm paleotálaj, 3. Középső-würm paleotálaj, 4. Szelvényt tartalmazó gazdag réteg, Sümei 2005 nyomán átszerkesztve) ....	39



30. ábra: A szelvény mentén az egyes szintek idealizált, sematikus rajza és az elemzett csiszolatok elnevezése ..... 40
31. ábra: A löszös szintből készült vékonycsiszolatok felvételei 1: általános felvétel a metszetekről; 2a-2d: vasas szeparálódások a metszetekben; 3: szerves vázrész; 4: a szintből előkerült szenült famaradványról készült felvétel (Náfrádi Katalin felvétele)..... 41
32. ábra: 1a-1d: a metszetek területén található üregek; 2: alapanyag elkülönülés; 3:vasas elkülönülések a metszetekben ..... 42
33. ábra: 1a-1e: a metszetekben található különböző méretű izometrikus üregek; 2: vaskoncentráció az alapanyagban; 3a-3b: növényi eredetű vázrészek..... 43
34. ábra: a: a monolitok elhelyezkedése a madarasi löszszelvény felső részében; b: KS0 (recens talaj), KL1LL1 (lösz), KL1SS1 (talajosodott szint), KL1LL2 (lösz), KL1SS2 (talajosodott szint), KL1LL3 (lösz) (Hupuczi-Sümei, 2010); c: a monolitok elhelyezkedése a madarasi löszszelvény alsó részében; d: KS0 (recens talaj), KL1LL1 (lösz), KL1SS1 (talajosodott szint), KL1LL2 (lösz), KL1SS2 (talajosodott szint), KL1LL3 (lösz) (Hupuczi-Sümei, 2010) ..... 44
35. ábra: a: a szelvény mentén a vékonycsiszolatok elhelyezkedése; b: a szelvény sematikus, idealizált szelvényrajza (Hupuczi-Sümei, 2010); c: a szelvény mentén a vékonycsiszolatok elhelyezkedése; d: a szelvény sematikus, idealizált szelvényrajza (Hupuczi-Sümei, 2010)..... 45
36. ábra: 1a,b: nagyméretű alapanyag elkülönülés; 1c: nagyméretű alapanyag elkülönülés, vasas alapanyag felhalmozódással a szélén; 2: alapanyag differencia; 3a,b,c,d: különböző méretű, alakú és kitöltöttségű üregek; 4a,b,c: szerves eredetű vázrészek az alapanyagban (biomorpha, csigahéj, növényi maradvány)..... 46
37. ábra: 1a,b,c,d,e: különböző méretű, alakú, elhelyezkedésű és kitöltöttségű üregek; 2a,c,d,e: különböző méretű horizontális alapanyag felhalmozódások; 2b: lamináris alapanyag felhalmozódás; 3a,b,c: különböző méretű, határu vaskiválások; 4a,b: vázrészek (növényi maradvány, csigahéj)..... 47
38. ábra: 1a-1h: különböző alakú, kiterjedésű, irányultságú vasas felhalmozódások; 2a-2i: különböző alakú, töltöttségű üregek; 3a-3d: alapanyag koncentrációk, iszapoldás nyomok; 4: nagyméretű eltérő alapanyagú repedés kitöltés; 5: lamináris alapanyag orientáció tetején vasas alapanyag felhalmozódással ..... 48
39. ábra: 1a-1i: üregek és vasas alapanyag felhalmozódások a horizont mentén; 2a-2g: különböző méretű, alakú, mállottságú ásványszemcsék; 3a-3c: szerves és szervetlen vázrészek ..... 49
40. ábra: 1a-1e: ovális és nyúlt üregek, széleiken vasas alapanyag felhalmozódás a horizont mentén; 2a-2e: ásványszemcsék; 3a-3f: üregkitöltések, vasas kiválások, felhalmozódások a szint mentén; 4a-4c: különböző állagú, méretű szenült famaradványok 5: nagyméretű üreg homogén üregkitöltés; 6: nagyméretű heterogén repedéskitöltés ..... 50
41. ábra: A terepi mintavételezés és a mikromorfológiai vizsgálatok során is analizálható bioturbációs nyom..... 51
42. ábra: 1a-1e: eltérő üregkitöltések; 2a-2f: vasas felhalmozódások a szint mentén; 3a-3f: ásványszemcsék; 4a-4h: különböző szenült famaradványok a horizont mentén ..... 52
43. ábra: a: csiszolatok egymáshoz viszonyított elhelyezkedése, elnevezése a szelvény mentén a Kunmadaras-Ecse-halom szelvényben; b: a szelvény sematikus rajza (1: recens talaj, 2: áthalmozott szint, 3: eltemetett talaj szint, 4: infúziós lösz)..... 53
44. ábra: 1a-1b: a metszetekben látható vasszeparálódások; 2: mészgöbcs; 3a-3g: vázrészek a metszetekben (csigahéjak, szenült famaradványok) ..... 54
45. ábra: 1a-1b: vasas szeparálódások a metszetekben; 2: üreg; 3a-3e: különböző méretű és megjelenésű meszes göbcsék és vázrészek; 4a-4g: különböző méretű és alakú vázrészek a vékonycsiszolatokban (ürülék, gyökér maradvány, csigahéjak, szenült famaradványok) ..... 55
46. ábra: a: a kiemelt monolitok elhelyezkedése a szelvény mentén (saját felvétel); b: 1: recens talaj, 2: középkori kerámiákat tartalmazó hirdomorf talaj, 3: ártéri üledék, 4: agyagos ártéri üledék, 5:

császárkori réti talaj, 6: világos színű ártéri üledék (Sümei et al. 2011 alapján); c: a 15 vékonycsiszolat elhelyezkedése a profil mentén.....	57
47. ábra: 1a-1i: a vékonycsiszolatokban található vaskoncentrációk; 2: nagyméretű ásványszemcse; 3a-3c: vázrészek a metszetekben.....	58
48. ábra: 1a-1f: vaskonkréciók és elmosódó határvonalú vasborsók a metszetekben; 2: agyaghártya; 3a-3b: szerves eredetű vázrészek a vékonycsiszolatokban; 4: pórusok közötti csatorna; 5: vas kiválás .....	59
49. ábra: 1a-1g: különböző alakú, méretű vaskonkréciók, vasborsók; 2: növényi maradvány; 3a-3b: üregeket összekötő csatornák; 4a-4e: szerves és szervetlen eredetű vázrészek; 5a: szénsavas mészgöbcs; 5b: csiga maradvány .....	61
50. ábra: 1a-1e: nagy méretű vaskonkréciók és vasborsók a vékonycsiszolatokban; 2: alapanyag elkülönülés; 3: 3a-3c: vázrészek; 4a-4b: meszes alapanyag elkülönülés .....	62
51. ábra: A vékonycsiszolatok területén található üregek paraméterei .....	63
52. ábra: A vékonycsiszolatok területén található üregek paraméterei .....	65
53. ábra: A vékonycsiszolatok területén található üregek paraméterei .....	67
54. ábra: A vékonycsiszolatok területén található üregek paraméterei .....	69
55. ábra: A vékonycsiszolatok területén található üregek paraméterei .....	70
56. ábra: A vékonycsiszolatok területén található üregek paraméterei .....	72
57. ábra: Tokaj-Csorgókút-II (490-530 cm) mentén mért szervesanyag-, és karbonáttartalom változások.....	73
58. ábra: A madarasi löszszelvény mentén mért szervesanyag-, és karbonáttartalom változások .....	74
59. ábra: Kunmadaras-Ecse-halom mentén mért szervesanyag- és karbonáttartalom változások .....	75
60. ábra: A zanati lelőhelynél mért szervesanyag- és karbonáttartalom változások (Sümei et al. 2011c alapján átszerkesztve).....	76
61. ábra: A szemcseösszetételi adatok (Sümei, 2005) és mikromorfológiai jegyek által kialakított szintek leírása Tokaj-Csorgókút-II (490-530 cm) esetében .....	77
62. ábra: A szemcseösszetételi adatok (Molnár-Krolopp, 1978) és mikromorfológiai jegyek által kialakított szintek leírása a madarasi löszszelvény esetében (1: recens talajszint, 2: löszös szint, 3: csernozjomszerű talajszint, 4: homokos lösz) .....	79
63. ábra: A szemcseösszetételi adatok (Sümei, 2012) és mikromorfológiai jegyek által kialakított szintek leírása a Kunmadaras-Ecse-halom esetében (1: recens talajszint, 2: löszszerű üledék, 3: eltemetett talajszint, 4: infúziós lösz).....	80
64. ábra: A szemcseösszetételi adatok (Sümei et al. 2011c) és mikromorfológiai jegyek által kialakított szintek leírása a zanati lelőhely esetében (1: recens talajszint, 2: ártéri üledék, 3: agyagos ártéri üledék, 4: eltemetett császárkori réti talajszint, 5: világos színű ártéri üledék).....	81

## 14. MELLÉKLETEK JEGYZÉKE

1. Melléklet: A vékonycsiszolatok elnevezése lelőhelyek szerint és a kiemelt minták színe (Munsell, 1954) .....	115
2. Melléklet: Az elemzett vékonycsiszola vékonycsiszolatok mikromorfológiai jellemzői ..	117
3. Melléklet: Az analizált vékonycsiszolatokban található üregek paraméterei.....	123
4. Melléklet: Tokaj-Csorgókút-II. mikromorfológiai jegyei és a lelőhelyekről származó adatok összehasonlítása .....	135
5. Melléklet: Madaras-Téglavető mikromorfológiai jegyei és a lelőhelyekről származó adatok összehasonlítása .....	136
6. Melléklet: Kunmadas-Ecse-halom mikromorfológiai jegyei és a lelőhelyekről származó adatok összehasonlítása.....	137
7. Melléklet: A zánati lelőhely mikromorfológiai jegyei és az eddigi irodalmi adatok összehasonlítása .....	138

## 15. MELLÉKLETEK

### 1. Melléklet: A vékonycsiszolatok elnevezése lelőhelyek szerint és a kiemelt minták színe (Munsell, 1954)

Csiszolat szám	PhD szám	Csiszolat megnevezés	Lelőhely	Szín (Munsell)
1.	MM-70	TCSK-II-I-VII-1	Tokaj-Csorgókút-II.	10YR/7/6
2.	MM-71	TCSK-II-I-VII-2	Tokaj-Csorgókút-II.	10YR/7/6
3.	MM-72	TCSK-II-I-VII-3	Tokaj-Csorgókút-II.	10YR/5/6
4.	MM-73	TCSK-II-I-VII-4	Tokaj-Csorgókút-II.	10YR/5/6
5.	MM-74	TCSK-II-I-VII-5	Tokaj-Csorgókút-II.	10YR/5/6
6.	MM-75	TCSK-II-I-VII-6	Tokaj-Csorgókút-II.	10YR/5/6
7.	MM-76	TCSK-II-I-VII-7	Tokaj-Csorgókút-II.	10YR/5/6
8.	MM-77	TCSK-II-I-VII-8	Tokaj-Csorgókút-II.	10YR/5/6
9.	MM-87	TCSK-II-II-1	Tokaj-Csorgókút-II.	10YR/4/3
10.	MM-88	TCSK-II-II-3	Tokaj-Csorgókút-II.	10YR/4/3
11.	MM-89	TCSK-II-II-4	Tokaj-Csorgókút-II.	10YR/4/3
12.	MM-90	TCSK-II-II-5	Tokaj-Csorgókút-II.	10YR/4/3
13.	MM-91	TCSK-II-II-6	Tokaj-Csorgókút-II.	10YR/4/3
14.	MM-92	TCSK-II-II-7	Tokaj-Csorgókút-II.	10YR/4/3
15.	MM-93	TCSK-II-II-8	Tokaj-Csorgókút-II.	10YR/4/3
16.	MM-94	Mad-1-1	Madaras-Téglavető	10YR/7/6
17.	MM-95	Mad-1-2	Madaras-Téglavető	10YR/7/6
18.	MM-96	Mad-1-3	Madaras-Téglavető	10YR/7/6
19.	MM-97	Mad-1-4	Madaras-Téglavető	10YR/7/6
20.	MM-98	Mad-2-1	Madaras-Téglavető	10YR/7/6
21.	MM-99	Mad-2-2	Madaras-Téglavető	10YR/7/6
22.	MM-100	Mad-2-3	Madaras-Téglavető	10YR/7/6
23.	MM-101	Mad-2-4	Madaras-Téglavető	10YR/7/6
24.	MM-102	Mad-3-1	Madaras-Téglavető	10YR/7/6
25.	MM-103	Mad-3-2	Madaras-Téglavető	10YR/7/6
26.	MM-104	Mad-3-3	Madaras-Téglavető	10YR/7/6
27.	MM-105	Mad-3-4	Madaras-Téglavető	10YR/7/6
28.	MM-106	Mad-4-1	Madaras-Téglavető	10YR/4/4
29.	MM-107	Mad-4-2	Madaras-Téglavető	10YR/4/4
30.	MM-108	Mad-4-3	Madaras-Téglavető	10YR/4/4
31.	MM-109	Mad-4-4	Madaras-Téglavető	10YR/4/4
32.	MM-110	Mad-5-1	Madaras-Téglavető	10YR/4/4
33.	MM-111	Mad-5-2	Madaras-Téglavető	10YR/4/4
34.	MM-112	Mad-5-3	Madaras-Téglavető	10YR/4/4
35.	MM-113	Mad-5-3	Madaras-Téglavető	10YR/4/4
36.	MM-114	Mad-5-4	Madaras-Téglavető	10YR/4/4
37.	MM-115	Mad-6-1	Madaras-Téglavető	10YR/4/4
38.	MM-116	Mad-6-2	Madaras-Téglavető	10YR/4/4

39.	MM-117	Mad-6-3	Madaras-Téglavető	10YR/4/4
40.	MM-118	Mad-6-4	Madaras-Téglavető	10YR/4/4
41.	MM-119	Zan-1-1	Zanati lelőhely	10YR/3/2
42.	MM-120	Zan-1-2	Zanati lelőhely	10YR/3/2
43.	MM-121	Zan-1-3	Zanati lelőhely	10YR/3/2
44.	MM-122	Zan-1-4	Zanati lelőhely	10YR/3/2
45.	MM-123	Zan-2-1	Zanati lelőhely	10YR/2/1
46.	MM-124	Zan-2-2	Zanati lelőhely	10YR/2/1
47.	MM-125	Zan-2-3	Zanati lelőhely	10YR/2/1
48.	MM-126	Zan-3-1	Zanati lelőhely	10YR/2/1
49.	MM-127	Zan-3-2	Zanati lelőhely	10YR/2/1
50.	MM-128	Zan-3-3	Zanati lelőhely	10YR/2/1
51.	MM-129	Zan-3-4	Zanati lelőhely	10YR/2/1
52.	MM-130	Zan-4-1	Zanati lelőhely	10YR/2/1
53.	MM-131	Zan-4-2	Zanati lelőhely	10YR/2/1
54.	MM-132	Zan-4-3	Zanati lelőhely	10YR/2/1
55.	MM-133	Zan-4-4	Zanati lelőhely	10YR/2/1
56.	MM-134	KF-1	Kunmadaras-Ecse-halom	7.5YR/3/1
57.	MM-135	KF-2	Kunmadaras-Ecse-halom	7.5YR/3/1
58.	MM-136	KF-3	Kunmadaras-Ecse-halom	7.5YR/3/1
59.	MM-137	KF-4	Kunmadaras-Ecse-halom	7.5YR/3/1
60.	MM-138	KF-5	Kunmadaras-Ecse-halom	7.5YR/3/1
61.	MM-139	KF-6	Kunmadaras-Ecse-halom	7.5YR/3/1
62.	MM-140	KF-7	Kunmadaras-Ecse-halom	7.5YR/3/1
63.	MM-141	KF-8	Kunmadaras-Ecse-halom	7.5YR/3/1



## 2. Melléklet: Az elemzett vékonycsiszola vékonycsiszolatok mikromorfológiai jellemzői

Mikromorfológiai jellemzők																																							
Megnevezés		Vázrészek				Alap- anyag		Alapanyag orientációja							Szövet			Koncentrációk																					
																		agyag/vasas agyag			vas				mangán			szénsavas més											
Mintaszám	Megnevezés, mikroszerkezet	szerves marad.	ásv.szemes.	közetlör.	pedorel.	visz. Hom.	visz. Het.	orientálisan	foltokban	zónákban	kerezestető zónákban	halózatos	vázrészek körüli	pórusok körüli	mikrokristályos	szemcséhalmoz	bevonat szemcse halmaz körül	porfitos	gyakoriság	homogén	heterogén	bevonat	kitöltés	szegély	bevonat	éles határvonalú vasborsó	elmosódó határvonalú vasborsó	konkrécia	bevonat	szegély	kitöltés	éles határvonalú borsó	pátios göbcs	mikritos göbcs	bevonat	szegély	kitöltés		
1.	TCSK-II-I-VII-1 (löss,tömött, összetett szerkezet)	x	x			x	x									x		1																					
2.	TCSK-II-I-VII-2 (löss,tömött, összetett szerkezet)	x	x			x		x				x				x		1		2																			
3.	TCSK-II-I-VII-3 (löss,tömött, repedezett szerkezet; nagymeretű szennült famaradványok)	x	x			x										x		1		2																			
4.	TCSK-II-I-VII-4 (égett szint,rögös, összetett szerkezet)	x	x			x							x			x				3																			
5.	TCSK-II-I-VII-5 (égett szint,rögös, összetett szerkezet)	x	x			x	x	x				x	x			x				3																			
6.	TCSK-II-I-VII-6 (talajosodott szint,rögös, összetett szerkezet)	x	x			x		x								x				3																			
7.	TCSK-II-I-VII-7 (talajosodott szint,rögös, összetett szerkezet)	x	x			x										x				4							x	x											
8.	TCSK-II-I-VII-8 (talajosodott szint,rögös, összetett szerkezet)	x	x			x										x				6							x	x											
9.	TCSK-II-II-1 (talajosodott szint,rögös, összetett szerkezet)	x	x			x							x			x				7							x	x											

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]



[illegible]

## 3. Melléklet: Az analizált vékonycsiszolatokban található üregek paraméterei

Megnevezés	Mélység (cm)		Üregszám	Üregterület (pixel)	A csiszolatok területén elhelyezkedő üregek (%)	Üregek					Alakfaktor
						Nyúlt, síkszerű	Erősen nyúlt	Gyengén izometrikus	Izometrikus	Kerek	
TCSK-II-I-VII-1	490	- 491	100	9454	0,481713829	0	3	15	20	62	0,6358
	491	- 492	127	30522	1,55520092	2	3	15	22	123	0,6862
	492	- 493	92	15052	0,766951191	2	5	9	19	57	0,6424
TCSK-II-I-VII-2	493	- 494	194	16814	0,999022605	2	4	16	37	68	0,7771
	494	- 495	213	19952	1,185470383	1	5	24	34	114	0,802
	495	- 496	68	5060	0,300645556	1	2	17	26	89	0,8173
TCSK-II-I-VII-3	496	- 497	216	26865	1,159542519	5	8	19	24	36	0,6739
	497	- 498	176	17375	0,749936768	11	13	35	24	28	0,5826
	498	- 499	484	46593	2,011039069	4	7	18	9	3	0,5047
TCSK-II-I-VII-4	499	- 501	247	20420	0,83363135	1	13	56	56	70	0,6863
	501	- 502	224	17777	0,725732836	0	9	38	74	92	0,7375
	502	- 503	248	13977	0,570600655		5	15	19	29	0,7177
TCSK-II-I-VII-5	503	- 504	219	16285	0,796080264	0	10	41	51	114	0,7506
	504	- 505	331	20956	1,024418668	0	13	24	44	95	0,7585
	505	- 506	271	16079	0,786010105	3	32	114	150	185	0,7059
TCSK-II-I-VII-6	506	- 507	81	2906	0,001678032	0	13	53	64	117	0,7372
	507	- 508	155	9262	0,534822043	1	9	46	58	111	0,7471
	508	- 509	138	2862	0,165262436	0	11	55	78	104	0,735

TCSK-II-I-VII-7	509	-	510	123	6516	0,266013472	1	17	43	58	100	0,7251
	510	-	511	130	7039	0,287364768	1	17	65	105	143	0,7365
	511	-	512	57	1579	0,064462135	0	20	54	80	117	0,7217
TCSK-II-I-VII-8	512	-	513	84	2545	0,10908748	0	2	24	24	31	0,7269
	513	-	514	89	3121	0,133776827	1	14	42	32	66	0,7078
	514	-	515	105	3745	0,16052362		7	39	42	50	0,7012
TCSK-II-II-1	515	-	516	42	1934	0,050835607		18	30	29	46	0,6792
	516	-	517	66	2071	0,054436682	1	18	34	27	50	0,6803
TCSK-II-II-3	517	-	518	15	456	0,011132228	1	15	17	9	15	0,5832
	518	-	519	141	6636	0,162003215	0	11	26	13	34	0,6916
TCSK-II-II-4	519	-	520	137	9029	0,227439553	0	1	10	23	55	0,8247
	520	-	522	121	5795	0,145975436	2	5	28	37	33	0,6994
TCSK-II-II-5	522	-	523	137	10372	0,259561118	1	14	15	9	3	0,4988
	523	-	524	159	12679	0,317294198	1	14	21	15	15	0,5933
TCSK-II-II-6	524	-	525	159	8330	0,208152793	0	1	2	6	6	0,7463
	525	-	526	120	7865	0,196533219	1	35	56	25	24	0,5554
TCSK-II-II-7	526	-	527	179	13033	0,333189828	2	29	56	28	22	0,5567
	527	-	528	233	12304	0,314552877	2	24	49	21	25	0,5793
TCSK-II-II-8	528	-	529	84	3775	0,000936329		14	35	38	50	0,6794
	529	-	530	102	6310	0,156509544	11	36	39	73	73	0,7243
	530	-	531	147	7631	0,189274855	1	16	51	48	43	0,642
Mad-1-1	420	-	421	67	6032	0,14063763	0	8	15	28	16	0,6552
	421	-	422	146	24169	0,563506447	7	17	38	56	28	0,6109
	422	-	423	185	20256	0,472273846	4	23	68	54	36	0,6083
	423	-	424	295	28399	0,662129984	7	48	86	93	61	0,6092
Mad-1-2	424	-	425	452	67173	1,566155759	4	51	139	162	96	0,6403
	425	-	426	104	12437	0,287055476	0	18	31	41	14	0,6064

Mad-1-2	426	-	427	128	34946	0,806580418	2	10	39	51	26	0,6499
	427	-	428	250	36329	0,838501117	4	25	67	91	63	0,65
	428	-	429	279	33822	0,780637638	18	34	58	93	76	0,6296
	429	-	430	338	48917	1,129041788	18	50	81	123	66	0,6046
Mad-1-3	430	-	431	244	41068	0,992188221	3	28	76	101	36	0,6349
	431	-	432	243	53344	1,288771999	4	34	67	91	47	0,6324
	432	-	433	580	57596	1,391498801	4	65	166	218	127	0,6203
	433	-	434	736	122336	2,955594093	2	71	224	292	147	0,6125
Mad-1-4	434	-	435	556	97568	2,357208054	6	71	171	213	95	0,6081
	435	-	436	169	37018	0,872328673	0	22	59	69	19	0,5948
	436	-	437	244	58836	1,38646955	2	39	69	87	47	0,6127
	437	-	438	332	49889	1,175633615	6	66	88	111	61	0,5941
Mad-2-1	438	-	439	452	140277	3,305625622	34	87	138	121	72	0,5532
	439	-	440	294	32664	0,769726722	11	49	83	100	51	0,5894
	440	-	441	76	10355	0,493189179	2	13	21	37	3	0,566
	441	-	442	148	12780	0,608687369	2	32	49	42	23	0,5731
Mad-2-2	442	-	443	196	10276	0,489426557	4	26	75	62	29	0,5861
	443	-	444	198	23290	1,109258906	1	37	59	70	31	0,5907
	444	-	445	270	20855	0,993284435	3	36	105	84	42	0,5971
	445	-	446	145	44657	2,112373922	8	30	49	45	13	0,5399
Mad-2-3	446	-	447	242	38475	1,81995178	2	48	96	72	24	0,5566
	447	-	448	125	7925	0,37486986	3	21	34	43	24	0,5888
	448	-	449	65	6654	0,314748776	3	9	21	22	10	0,576
	449	-	450	91	9000	0,425719715	4	22	35	26	4	0,5127
Mad-2-3	450	-	451	151	89654	2,159730543	14	39	35	55	8	0,511
	451	-	452	243	188837	4,549011049	5	60	73	81	24	0,5503
	452	-	453	262	196193	4,726214273	13	46	107	68	28	0,5458

Mad-2-3	453	-	454	192	160716	3,871586923	5	27	64	67	29	0,596
	454	-	455	169	112498	2,710033759	4	27	53	64	21	0,5854
	455	-	456	92	10263	0,232978633	2	6	26	38	20	0,6488
Mad-2-4	456	-	457	99	6329	0,143673562	8	26	24	24	17	0,5238
	457	-	458	45	6925	0,157203258	0	11	16	13	5	0,5702
	458	-	459	73	7523	0,170778355	2	11	24	25	11	0,5837
Mad-3-1	459	-	460	163	14780	0,335518288	9	23	52	57	22	0,5758
	460	-	461	83	7947	0,373899051	1	18	28	24	12	0,5774
	461	-	462	95	9688	0,455811503	1	15	30	34	15	0,593
Mad-3-2	462	-	463	85	4416	0,207768744	1	11	35	28	9	0,577
	463	-	464	83	6845	0,322050964	1	18	24	28	12	0,574
	464	-	465	125	19225	0,904518594	12	39	37	21	16	0,4914
Mad-3-3	465	-	466	32	3909	0,171223801	1	2	10	13	6	0,6403
	466	-	467	52	5636	0,246870643	1	9	13	15	14	0,6186
	467	-	468	28	1075	0,04708764	1	2	11	8	6	0,622
Mad-3-4	468	-	469	46	4881	0,213799789	0	2	18	19	7	0,6333
	469	-	470	71	7424	0,325189435	1	5	21	27	17	0,6495
	470	-	471	155	20512	1,024660386	2	33	64	41	15	0,544
Mad-3-5	471	-	472	112	7356	0,367463036	0	14	32	41	24	0,638
	472	-	473	81	5894	0,294430008	1	5	20	36	19	0,6707
	473	-	474	109	8171	0,408175703	1	14	37	36	20	0,6146
Mad-3-6	474	-	475	132	20647	1,031404202	12	29	37	41	14	0,5185
	475	-	476	108	20121	1,004249381	3	15	33	44	13	0,599
	476	-	477	70	5073	0,25319602	1	4	20	30	15	0,6654
	477	-	478	50	4357	0,217460094	0	4	12	24	10	0,6636



Mad-3-4	478	-	479	70	6244	0,311641227	4	13	17	25	11	0,5762
	479	-	480	95	19726	0,984534729	8	28	25	26	8	0,4962
	975	-	976	40	2258	0,097396435	1	3	5	15	17	0,7284
	976	-	977	125	5671	0,244612571	0	8	26	51	40	0,6985
Mad-4-1	977	-	978	235	14050	0,60603185	0	26	58	85	65	0,6627
	978	-	979	109	5492	0,236891596	1	11	24	45	29	0,6748
	979	-	980	51	2912	0,125606032	0	3	7	20	21	0,742
	980	-	981	35	1428	0,057315423	0	3	8	13	11	0,6932
Mad-4-2	981	-	982	57	5373	0,215655298	1	3	12	19	22	0,7154
	982	-	983	41	3689	0,148064842	0	3	5	19	14	0,732
	983	-	984	24	4192	0,168253678	0	2	3	9	10	0,7182
	984	-	985	46	2302	0,09239503	0	2	9	16	19	0,7368
	985	-	986	12	641	0,035712157	0	2	2	3	5	0,6444
Mad-4-3	986	-	987	13	900	0,050141874	0	1	0	7	4	0,7223
	987	-	988	28	1257	0,070031484	0	2	7	8	11	0,7313
	988	-	989	17	961	0,053540378	0	0	2	7	8	0,7703
	989	-	990	18	1091	0,060783093	1	0	6	5	6	0,6708
	990	-	991	249	53422	2,461623247	3	22	68	78	78	0,6768
Mad-4-4	991	-	992	76	19934	0,918535394	0	7	12	26	31	0,7322
	992	-	993	80	5455	0,251360017	0	7	22	32	19	0,6504
	993	-	994	32	3137	0,144549289	1	6	3	20	2	0,6084
	994	-	995	24	1322	0,060916213	0	4	8	3	9	0,6525
	995	-	996	46	18757	0,772764352	1	2	9	16	18	0,7301
Mad-5-1	996	-	997	50	2445	0,100730865	0	1	12	19	18	0,729

Mad-5-1	997	-	998	67	5084	0,209454282	0	11	10	21	25	0,6867
	998	-	999	40	2874	0,118405115	1	4	11	8	16	0,6751
	999	-	1000	44	16734	0,689419345	3	7	7	18	9	0,6158
	1000	-	1001	249	19309	0,768529036	0	21	85	69	74	0,6647
	1001	-	1002	223	14576	0,580148078	2	9	32	87	93	0,7439
	1002	-	1003	217	7859	0,312800751	0	6	24	75	112	0,7825
	1003	-	1004	204	11281	0,449001816	1	5	17	61	120	0,7971
	1004	-	1005	142	6116	0,243426567	0	13	21	46	61	0,7307
	1005	-	1006	151	4940	0,215287692	0	2	22	51	76	0,7715
	1006	-	1007	173	6532	0,284667856	0	4	28	57	83	0,7642
	1007	-	1008	126	4654	0,202823668	0	3	14	48	61	0,7805
	1008	-	1009	93	4431	0,193105216	0	1	21	34	37	0,7412
	1009	-	1010	130	6476	0,282227347	0	7	30	41	53	0,7142
	1010	-	1011	230	16670	0,756350028	0	23	48	81	78	0,6919
	1011	-	1012	298	9776	0,443555961	0	9	48	103	138	0,7515
	1012	-	1013	388	17474	0,792829058	1	16	69	142	159	0,7311
	1013	-	1014	409	16776	0,761159452	2	12	68	138	189	0,7529
	1014	-	1015	358	19184	0,870415053	1	18	69	125	145	0,7286
	1015	-	1016	22	57032	2,139514085	1	0	6	7	8	0,6807
	1016	-	1017	194	7893	0,296100166	0	7	26	74	87	0,7538
	1017	-	1018	371	15826	0,593700903	1	19	57	128	166	0,7473
	1018	-	1019	309	9360	0,351133606	1	7	33	117	151	0,7828
	1019	-	1020	440	17147	0,643257259	8	15	93	153	170	0,7227
Mad-6-2	1020	-	1021	1	16	0,000600425	0	0	0	0	1	0,9945

Mad-6-2	1021	-	1022	66	3480	0,130592345	1	1	25	25	14	0,6428
	1022	-	1023	147	5209	0,195475726	1	8	45	62	31	0,6515
	1023	-	1024	83	2924	0,109727591	0	10	32	29	12	0,6001
	1024	-	1025	192	18733	0,702984598	1	26	64	69	32	0,6091
Mad-6-3	1025	-	1026	70	3741	0,165206044	1	7	17	27	18	0,6653
	1026	-	1027	206	14274	0,630353133	2	21	49	80	54	0,6635
	1027	-	1028	78	2461	0,108680052	0	2	15	37	23	0,7173
	1028	-	1029	126	15844	0,699685795	1	3	28	42	52	0,7173
Mad-6-4	1029	-	1030	214	6308	0,278567154	0	5	36	87	86	0,7446
	1030	-	1031	87	11568	0,472990709	1	9	40	27	10	0,5841
	1031	-	1032	138	15003	0,613440492	0	20	54	46	18	0,5958
	1032	-	1033	118	13275	0,542786278	0	28	49	32	9	0,542
Zan-1-1	1033	-	1034	129	12178	0,497932301	3	22	49	37	18	0,565
	1034	-	1035	92	8595	0,351431116	2	11	47	19	13	0,553
	50	-	51	283	36442	1,614764268	12	64	83	75	49	0,5616
	51	-	52	428	46129	2,044000354	7	60	136	118	107	0,6249
Zan-1-2	52	-	53	397	61380	2,71978022	7	68	143	102	77	0,591
	53	-	54	489	61166	2,710297767	10	85	165	150	79	0,5899
	54	-	55	513	41455	1,836892946	5	88	157	170	92	0,6075
	55	-	56	396	50069	2,234232771	13	61	103	126	93	0,6174
	56	-	57	410	92215	4,114916914	2	56	95	134	123	0,6584
	57	-	58	424	41661	1,859041951	14	52	109	135	114	0,641
	58	-	59	480	43496	1,940925295	6	62	122	158	132	0,6518
	59	-	60	669	56270	2,510940463	11	81	198	217	162	0,6373

Zan-1-3	60	-	61	481	62759	2,964726935	16	77	134	137	117	0,6167
	61	-	62	443	37982	1,794264702	12	76	117	143	95	0,6147
	62	-	63	495	42763	2,020118515	4	83	171	144	93	0,5981
	63	-	64	357	49469	2,336909076	11	83	97	94	72	0,5817
Zan-1-4	64	-	65	337	38388	1,813444089	11	60	98	101	67	0,5971
	65	-	66	117	24106	1,044056897	4	29	33	40	11	0,5424
	66	-	67	190	34380	1,489034934	9	55	59	56	11	0,4991
	67	-	68	181	25289	1,095293905	5	49	64	45	18	0,5215
Zan-2-1	68	-	69	217	46164	1,999412702	7	44	72	56	38	0,5658
	69	-	70	161	21503	0,931318155	0	47	47	25	25	0,5622
	70	-	71	164	64320	1,946310634	3	36	44	60	21	0,5721
	71	-	72	542	141114	4,270082071	8	47	74	75	56	0,602
Zan-2-2	72	-	73	316	128158	3,878036042	12	60	113	140	81	0,6144
	73	-	74	169	88693	2,683832852	8	74	148	171	124	0,6275
	74	-	75	121	85661	2,592085124	8	121	196	235	148	0,6148
	75	-	76	280	32378	0,892908358	9	52	82	90	47	0,5801
Zan-2-3	76	-	77	503	82262	2,268590629	7	91	159	162	84	0,5961
	77	-	78	836	79188	2,183817008	8	122	272	267	167	0,6175
	78	-	79	921	77802	2,145594419	8	118	261	317	217	0,6386
	79	-	80	460	50372	1,389140152	5	76	157	148	74	0,5965
Zan-2-3	80	-	81	102	37943	1,072398107	2	20	31	38	11	0,5622
	81	-	82	286	44972	1,271061531	3	58	75	102	48	0,5915
	82	-	83	667	252255	7,12958344	13	145	203	215	91	0,5702
	83	-	84	805	110756	3,130340899	16	163	280	219	127	0,5737



Zan-2-3	84	-	85	799	113110	3,196872938	9	148	280	257	105	0,5781
Zan-3-1	85	-	86	102	38114	1,161589702	1	28	30	28	15	0,5597
	86	-	87	162	39685	1,209468629	2	26	47	52	35	0,6179
	87	-	88	241	65082	1,983485885	6	49	65	76	45	0,5912
	88	-	89	348	52003	1,584880865	6	42	75	146	79	0,6496
Zan-3-2	89	-	90	328	37254	1,135379723	4	38	103	103	80	0,6321
	90	-	91	195	48992	1,553715811	3	38	58	54	42	0,6032
	91	-	92	344	66750	2,11688705	4	45	83	113	99	0,6577
	92	-	93	496	85299	2,705143798	5	41	106	202	142	0,6824
Zan-3-3	93	-	94	476	41323	1,310503724	1	44	115	178	138	0,6794
	94	-	95	245	31475	0,998187564	1	15	69	87	73	0,6851
	95	-	96	156	39743	1,268068371	6	32	37	40	41	0,6107
	96	-	97	314	79811	2,546506423	7	46	82	108	71	0,6213
Zan-3-4	97	-	98	426	192691	6,148135835	4	55	102	157	108	0,6507
	98	-	99	478	49781	1,588347925	5	47	101	171	154	0,6828
	99	-	100	435	55418	1,768206048	8	55	119	141	112	0,6428
	100	-	101	323	83976	2,34849487	5	44	92	123	59	0,6245
Zan-4-1	101	-	102	431	201333	5,630531552	5	65	112	153	96	0,6293
	102	-	103	566	87971	2,460220089	4	55	136	184	187	0,6806
	103	-	104	570	77529	2,168196375	2	62	139	201	166	0,6678
	104	-	105	410	43708	1,222349407	1	41	110	140	118	0,672
Zan-4-1	105	-	106	19	42675	1,434055138	1	7	6	4	1	0,4827
	106	-	107	48	117690	3,954867	2	8	15	16	7	0,57
	107	-	108	65	13851	0,465450445	2	10	15	25	13	0,6106

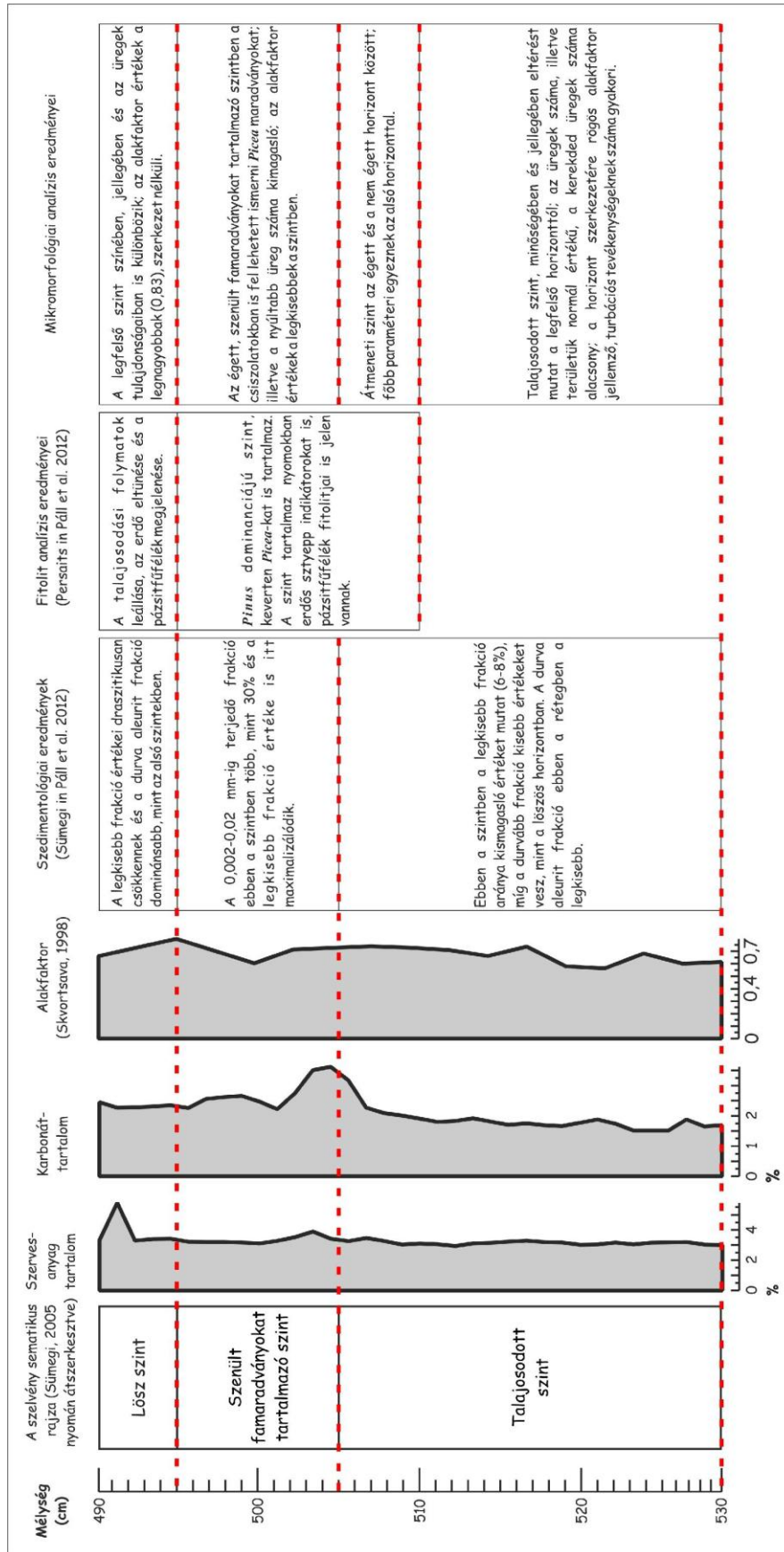


Zan-4-1	108	-	109	148	68181	2,291161415	7	19	35	44	43	0,6373
	109	-	110	87	26368	0,886073014	3	15	19	26	24	0,622
	110	-	111	83	221346	6,397767692	1	16	25	28	13	0,5897
	111	-	112	212	29959	0,865932623	8	33	60	65	46	0,6096
Zan-4-2	112	-	113	263	357746	10,34026276	8	34	68	88	65	0,632
	113	-	114	217	18856	0,545012368	6	34	44	58	75	0,6604
	114	-	115	177	17252	0,498650476	4	5	53	57	48	0,6538
	115	-	116	13	2680	0,081534479	0	1	8	4	0	0,5513
Zan-4-3	116	-	117	110	25192	0,766424102	2	15	40	35	18	0,6027
	117	-	118	227	20400	0,620635586	6	29	56	87	49	0,6323
	118	-	119	257	33599	1,022192894	8	24	62	95	68	0,65
	119	-	120	154	17682	0,537945021	2	13	42	54	43	0,6577
	120	-	121	171	49893	1,554476305	1	36	52	56	26	0,5815
Zan-4-4	121	-	122	164	282981	8,816612735	4	25	44	59	32	0,6116
	122	-	123	146	21393	0,666524594	5	20	26	55	40	0,6442
	123	-	124	153	15775	0,491489061	1	13	28	57	54	0,6988
	124	-	125	189	23973	0,746907591	6	17	42	69	55	0,6663
	250	-	251	391	74050	2,254415595	3	99	137	93	59	0,5547
KF-1	251	-	252	568	53819	1,638492814	3	117	209	165	75	0,5658
	252	-	253	441	49164	1,496773644	1	81	159	124	76	0,5883
	253	-	254	640	53272	1,62183967	9	109	224	196	102	0,5906
	254	-	255	434	33994	1,034930503	6	83	161	123	61	0,5713
	255	-	256	396	64255	1,978725049	8	69	124	118	77	0,5941
KF-2	256	-	257	357	81284	2,503131069	5	64	125	99	64	0,5909

KF-2	257	-	258	554	78343	2,412563326	5	107	180	164	98	0,59
	258	-	259	653	66037	2,033601526	5	101	213	215	119	0,6089
	259	-	260	519	57209	1,761744321	6	88	146	178	101	0,6092
	260	-	261	147	15273	0,417648828	2	22	50	50	23	0,6002
	261	-	262	348	30673	0,838770543	5	55	113	123	52	0,6003
KF-3	262	-	263	240	13306	0,3638601	2	23	74	93	48	0,6365
	263	-	264	170	15405	0,421258443	2	26	51	55	36	0,6232
	264	-	265	146	37296	1,019880226	5	24	46	51	20	0,5746
	265	-	266	307	40667	1,194190877	3	56	75	100	73	0,622
KF-4	266	-	267	402	39937	1,172754347	5	57	115	123	102	0,6316
	267	-	268	301	36941	1,084776482	2	59	85	95	60	0,6093
	268	-	269	540	53515	1,571473794	8	69	158	176	129	0,6357
	269	-	270	164	12171	0,357402738	1	16	36	56	55	0,6947
	550	-	551	336	126192	3,45242681	2	59	97	107	71	0,6085
KF-5	551	-	552	394	36952	1,010952164	5	57	134	134	64	0,6011
	552	-	553	537	53848	1,473201779	5	95	163	179	95	0,5998
	553	-	554	374	73252	2,004066571	4	76	106	113	75	0,5988
	554	-	555	380	34942	0,955961532	9	73	121	119	58	0,5834
	555	-	556	113	36299	1,023037293	2	15	43	33	20	0,5902
KF-6	556	-	557	165	9892	0,278792388	3	34	61	53	14	0,5556
	557	-	558	352	37996	1,070864899	8	57	136	96	55	0,5777
	558	-	559	260	23995	0,676266008	8	49	91	76	36	0,5651
	559	-	560	196	26691	0,752249053	3	46	69	56	22	0,551
KF-7	560	-	561	411	67992	1,853431897	4	69	135	127	76	0,6042

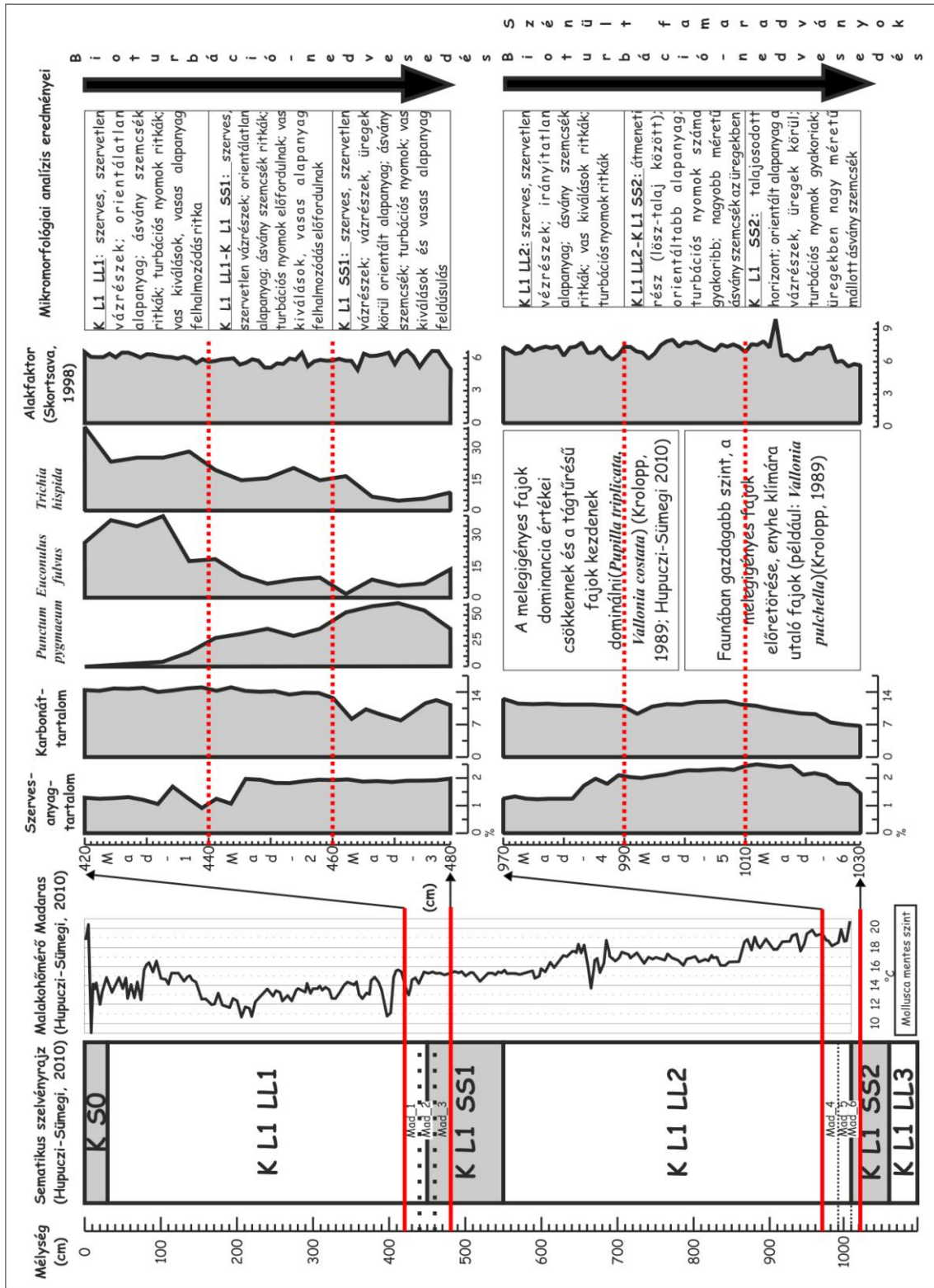
KF-7	561	-	562	425	72775	1,983814365	8	78	152	116	71	0,579
	562	-	563	571	65683	1,790489576	8	98	167	185	113	0,6102
	563	-	564	540	73651	2,007693738	8	120	159	171	82	0,5785
	564	-	565	315	83872	2,286313684	6	68	99	95	47	0,5677
KF-8	565	-	566	579	41673	1,174751014	4	62	148	184	181	0,6751
	566	-	567	402	15071	0,424847564	3	32	105	123	139	0,6921
	567	-	568	261	11744	0,331060301	3	14	47	99	98	0,7254
	568	-	569	750	33237	0,936942372	1	56	199	256	238	0,6925
	569	-	570	785	59934	1,689523847	6	112	222	260	185	0,6325

#### 4. Melléklet: Tokaj-Csorgókút-II. mikromorfológiai jegyei és a lelőhelyekről származó adatok összehasonlítása



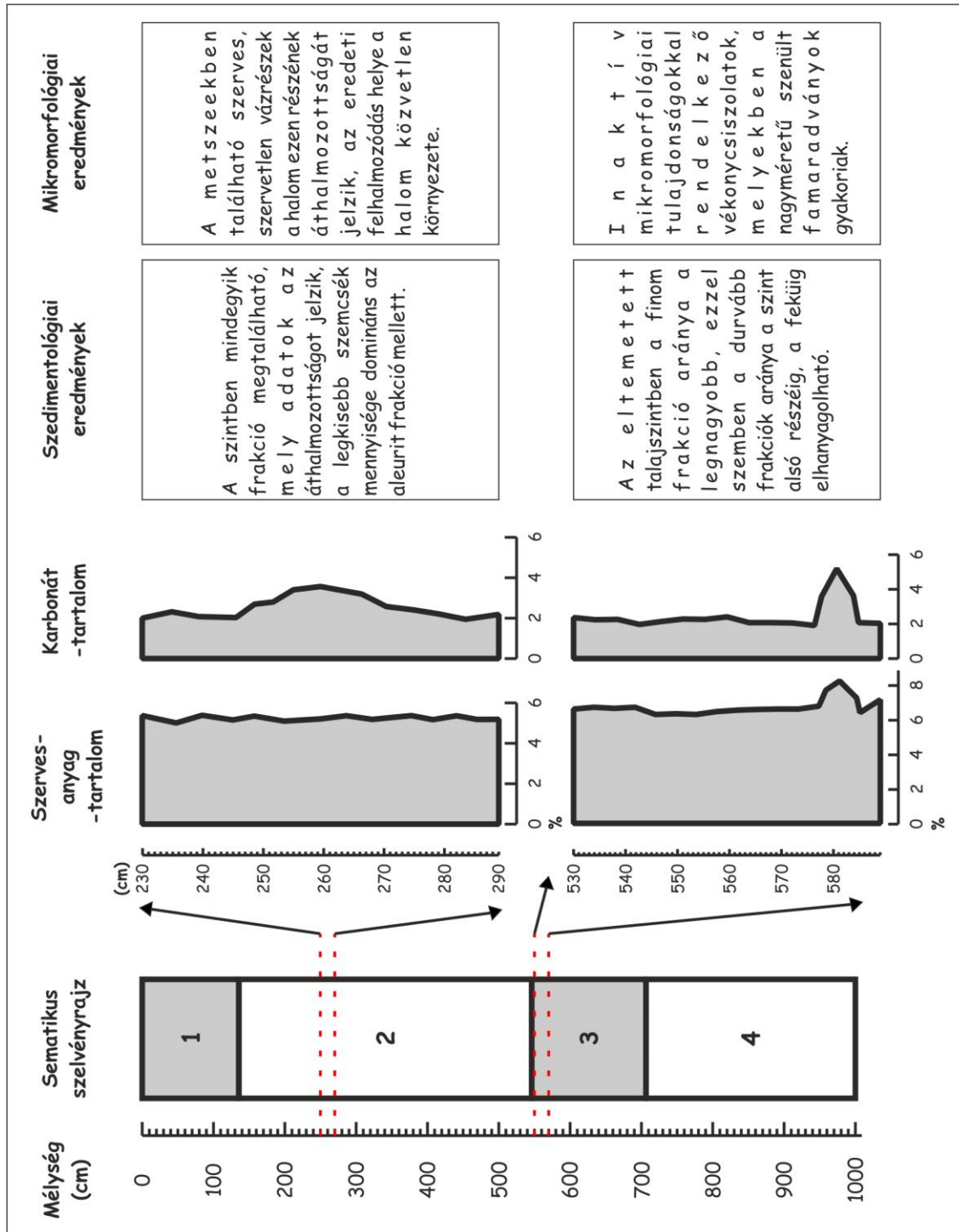


## 5. Melléklet: Madaras-Téglavető mikromorfológiai jegyei és a lelőhelyekről származó adatok összehasonlítása





**6. Melléklet: Kunmadaras-Ecse-halom mikromorfológiai jegyei és a lelőhelyekről származó adatok összehasonlítása**



## 7. Melléklet: A zanati lelőhely mikromorfológiai jegyei és az eddigi irodalmi adatok összehasonlítása

