

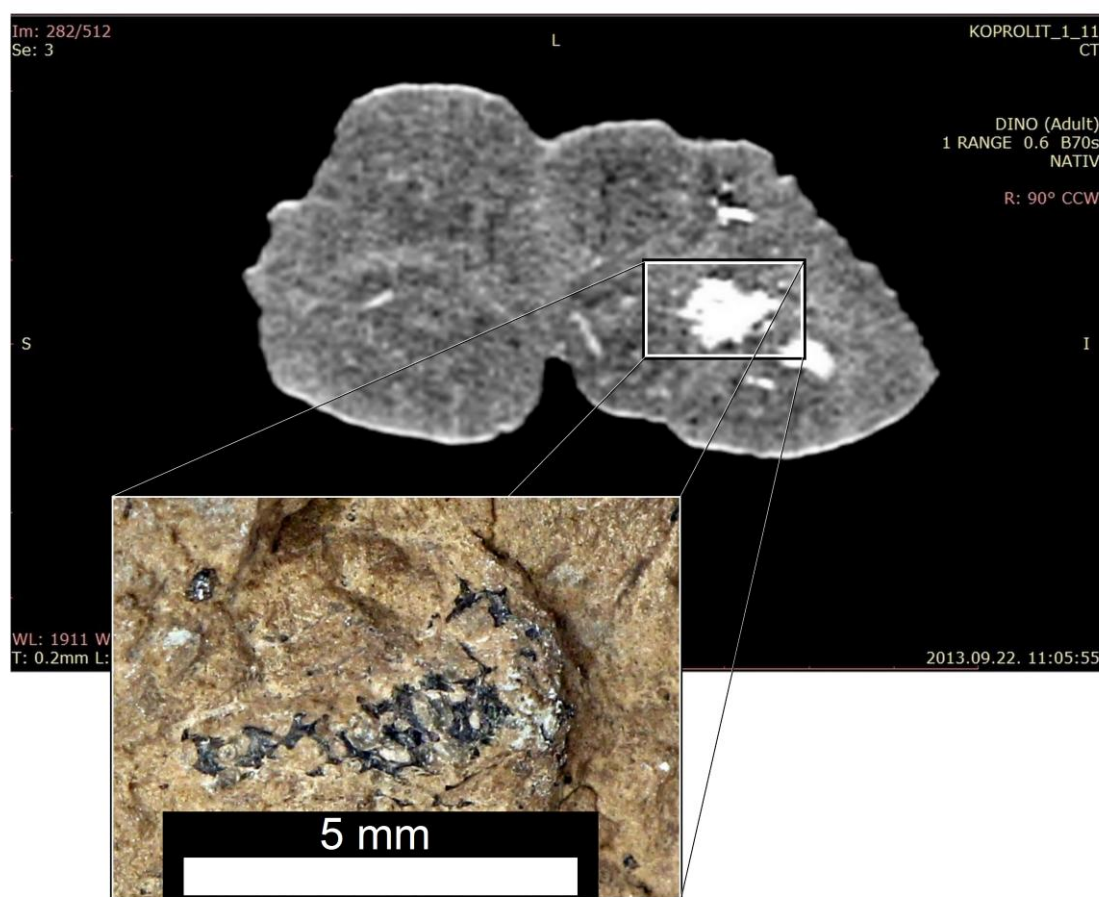
# AZ IHARKÚTI KÉSŐ-KRÉTA (SANTONI) GERINCES KOPROLITOK VIZSGÁLATÁNAK ELSŐ EREDMÉNYEI

Segesdi Martin

III. éves Földtudomány BSc. geológus hallgató

Témavezetők: Dr. Ősi Attila, Buczkó Krisztina

Konzulens: Bodor Emese



Tudományos Diákköri Dolgozat  
Eötvös Loránd Tudományegyetem  
Budapest  
2014

|                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b><u>TARTALOMJEGYZÉK</u></b> .....                                      | 2.  |
| <b><u>ÖSSZEFOGLALÁS</u></b> .....                                        | 3.  |
| <b><u>BEVEZETÉS</u></b> .....                                            | 5.  |
| <b><u>A KOPROLITOK KUTATÁSÁNAK TÖRTÉNETE</u></b> .....                   | 6.  |
| <b><u>LELŐHELY ÉS FÖLDTANI HÁTTÉR</u></b> .....                          | 8.  |
| <b><u>ANYAG ÉS MÓDSZEREK</u></b> .....                                   | 9.  |
| Vizsgált anyag.....                                                      | 9.  |
| Előkészítés és munkamódszer .....                                        | 9.  |
| Morfológiai elkülönítés .....                                            | 10. |
| Tafonómiai megfigyelések .....                                           | 10. |
| CT-felvételek készítése .....                                            | 10. |
| Kémiai összetétel vizsgálata .....                                       | 10. |
| Pollenfeltárás .....                                                     | 11. |
| H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> -os feltárás .....                         | 12. |
| Vékonycsiszolatok készítése .....                                        | 12. |
| Vizsgálat scanning elektronmikroszkóppal .....                           | 13. |
| <b><u>EREDMÉNYEK</u></b> .....                                           | 13. |
| Morfológiai elkülönítés .....                                            | 13. |
| Tafonómiai megfigyelések .....                                           | 15. |
| CT-felvételek elemzése.....                                              | 17. |
| Kémiai összetétel .....                                                  | 17. |
| A pollenfeltárás eredménye.....                                          | 20. |
| A H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> -os feltárás eredménye.....              | 21. |
| Makroszkopikus táplálékmaradványok elemzése.....                         | 22. |
| - Növényi maradványok .....                                              | 22. |
| - Állati maradványok .....                                               | 26. |
| <b><u>DISZKUSSZIÓ</u></b> .....                                          | 29. |
| A koprolitok morfológiája.....                                           | 29. |
| Tafonómia .....                                                          | 32. |
| Kémiai összetétel .....                                                  | 32. |
| A H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> – os és a pollenfeltárás eredménye ..... | 34. |
| Következtetések a táplálékmaradványokból .....                           | 34. |
| <b><u>KONKLÚZIÓK</u></b> .....                                           | 37. |
| <b><u>KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS</u></b> .....                                  | 38. |
| <b><u>IRODALOMJEGYZÉK</u></b> .....                                      | 39. |
| <b><u>FÜGGELÉKEK</u></b> .....                                           | 44. |

## ÖSSZEFOGLALÁS

A felső-kréta Csehbányai Formáció Iharkúton feltárt ősmaradványokban gazdag rétegeből számos koprolit (megkövesedett ürülék) került elő, melyek összetételét, zárványait és ökológiai jelentőségét tanulmányoztam.

Preparálás után morfológiai csoportokat lehetett elkülöníteni. 60 példány részletes vizsgálatára került sor, amit fényképes dokumentáció, mérések, felszíni nyomok leírása, és színadatok rögzítése előzött meg. 10 példányról CT-felvételek készültek. Ezek után a koprolitokban található zárványok kipreparálására került sor, valamint vékonycsiszolatok készültek. A zárványokat fény- és pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok alapján lehetett meghatározni. Az ásványos felépítésről röntgenpordiffrakciós vizsgálat, míg a kvantitatív összetételről röntgen fluoreszcencia analízis szolgáltatott információt. A példányokból vett mintákból pollen és H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-os feltárás készült.

Hét morfológiai csoportot lehetett elkülöníteni. Többségük felszínén nem ismerhetőek fel szállítódásra utaló nyomok, száradási repedések. A finom szemcsés alapállományban üregek, emésztett növényi és állati maradványok fordulnak elő, kavicsok vagy üledékszemcsék nem. A CT-felvételeken növényi és állati részek mellett pirit kristályhalmazok voltak kimutathatóak. Előkerültek szénült magok (Magnoliaceae és cf. Rosaceae) és kutikula maradványok. Az állati eredetű maradványok közül gyakoriak voltak a csontszilánkok, Lepisosteiformes (ganoid) halpikkelyek, molluszka héjtöredékek és előkerült egy Pycnodontiformes halfog is. A koprolitok egy részében számos pollent és diatómát is találtunk. Mind a növény, mind a csonttartalmú minták esetében magas a foszfáttartalom, apatit a mátrix fő alkotója.

Az ürülék valószínűleg vízbe került ürítés után, ahol gyorsan betemetődött. A spirális koprolitok bélesatornájukban spirális redővel rendelkező halaktól származhatnak. Az állati eredetű zárványok predációra utalnak. A magas foszfáttartalom és apatitos mátrix fő forrása az állati táplálék lehet. A növénymaradványok a foszfátos koprolitban vegyes táplálkozás vagy véletlen lenyelés eredményei.

## **ABSTRACT**

A large amount of coprolites (fossilized faeces) produced by vertebrates have been found in Iharkút (Late Cretaceous, Csehbánya Formation). During recent study the chemical compositions, embedded dietary residues and the ecological significance of the coprolites was examined.

After preparation morphological groups were separated and then 60 coprolites were selected for systematic studies. First photo documentation, measurements, surface marks and colour data recording was done. 10 coprolites were examined with computed tomography. After CT the coprolites were opened up and thin sections were made. The embedded dietary residues were studied with optical microscope and scanning electron microscope for identification. Mineralogical composition was studied with x-ray diffraction; chemical analysis of elements in the coprolites was conducted by x-ray fluorescence spectroscopy. Samples from the coprolites were analysed with palynological and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> processing.

The coprolite assemblage contains seven different morphological groups. The surface of the coprolites is mostly smooth without signs of transportation or desiccation cracks. The fine-grained matrix contains small holes, digested plant and animal residues but no sediments. On the CT-scans embedded dietary residues and pyrite crystals were visible. The coprolites contained cuticle remains and coalified seeds (cf. Rosaceae and Magnoliaceae). Among the animal residues bone fragments, Lepisosteiformes (ganoid) fish scales, mollusc shell fragments were frequent and I found a tooth of a Pycnodontiformes fish also. Some coprolites contained pollen grains and diatoms. Not only the bone- but also the plant-bearing coprolites were phosphatic with mineral apatite in their matrix however the host rock has significantly different chemical composition.

In taphonomical point of view in most cases underwater faeces production presumable and were buried rapidly after defecation. The spirally coiled coprolites may were produced by fish with spiral valve intestine. The animal residues are evidence of predation. The high phosphatic content and the apatite are derived from the animal nutriment. The plant remains in the phosphatic coprolites may imply an omnivore producer or were caused by accidental swallowing.

## **BEVEZETÉS**

A gerinces őslénytani kutatások egyik fontos iránya az egykor élt állatok táplálkozásának megismerése, mely magába foglalja azok étrendjét és ezen keresztül a táplálékláncban elfoglalt helyét.

A táplálkozás megértésével megvalósulhat a morfológiai, ősszállatföldrajzi és paleoökológiai megállapítások szintézise, természetesen csak bizonyos határokon belül, hiszen több millió év távlatából lehetetlen pontosan megállapítani azokat a viselkedési formákat, jelenségeket, melyeket a mai állatvilág kutatói sem ismernek még pontosan (Platt et al., 2013).

Kiindulhatunk a csontváz, legfőképp a fogak morfológiájából (Sander et al., 2010), utóbbiak kopási mintázatából és fontos viszonyítási alapot jelent az egykori fauna és flóra összetétele is (Nambudiri & Binda, 1989). Elengedhetetlen a recens megfigyelések, adatok ésszerű felhasználása az aktualizmus elve alapján, még akkor is, ha bizonyos témák (pl.: állati emésztés) további átfogó vizsgálatokat is igényelnek (Fisher, 1981).

Az egykori élőlények étrendjét legbiztosabban a kivételesen megőrződött megkövesedett gyomor- és béltartalmak (kololitok) vizsgálatával ismerhetjük meg (Molnar & Clifford, 2000; Sander et al., 2010), ám ez esetben sem feledkezhethetünk meg arról, hogy az egykori emésztőrendszer helyén megőrződött maradványok az állat étrendjének csupán egy szeletét, a közvetlenül halála előtt elfogyasztott táplálékot képviselik.

Sajnos kevés kololitot ismerünk, azonban egyes nyomfossziliák segítségével is kaphatunk információkat az azokat létrehozó élőlények aktuális táplálékáról. Koprolit, azaz megkövesedett ürülék alatt azt az egykori béltartalmat értjük, mely az emésztés után távozott a testből, a salakanyagban megőrizve azokat a maradványokat melyek átvészelték a táplálék feldolgozását (Thulborn, 1991) és a későbbi diagenetikus folyamatokat. Segítségükkel ragadozó-préda kapcsolatokat és olyan összefüggéseket érthetünk meg, amiket a csontokból nem tudnánk kikövetkeztetni, még akkor is, ha nem egyértelmű, hogy melyik állattól származnak (Chin, 2002; Hunt & Lucas, 2010). Emellett a koprolitok jelentősek megőrző közegként is (Prasad et al., 2005), tehát jó eséllyel bukkanhatunk olyan csoportok maradványaira bennük, melyek az adott üledékképződési viszonyok között nem őrződtek meg más módon. Fontos különbség a koprolitok és a borostyánok megőrző szerepe között, hogy a koprolitok esetében valamely állat életműködése (táplálkozás, ivás) következtében gyűltek össze a későbbi zárványok, tehát a koprolitok étrend és környezet szempontjából is informatívak lehetnek.

Munkám során a felső-kréta Csehbányai Formációból származó gerinces koprolitokat vizsgáltam annak érdekében, hogy új ismeretekre tegyünk szert az egykori állatok táplálkozási szokásairól, az ökológiai kapcsolatokról és az élőhelyről.

Kutatásomnak két fő iránya volt, az egyik, hogy megpróbáljak a morfológia, maradványtartalom és kémiai összetétel alapján következtetéseket levonni az egykori ökológiai kapcsolatokról, a másik, hogy megtudjam milyen, nem az étrendbe tartozó maradványok őrződtek meg az ürülékben.

## **A KOPROLITOK KUTATÁSÁNAK TÖRTÉNETE**

A koprolitokat már a 19. századtól kezdve vizsgálják (Buckland, 1829), a szót maga William Buckland alkotta meg (McAllister, 1985). Azt hogy melyik fosszilis ürülék tartozik gerincesekhez, forma mellett méret alapján különítik el (Thulborn, 1991). A szerzők a 4-5 mm-nél nagyobbakat tekintik (véltetően) gerincesektől származónak. A gerinctelen koprolitok főleg biosztratigráfiai, illetve környezetjelző szempontból jelentősek (Herbig, 1993; Bujtor, 2012).

Napjainkra a gerinces koprolitok kutatásának három fő iránya különült el (Hunt et al., 2012): (1) az emberi ürülékek vizsgálata az étrend megismerése céljából, illetve parazitológiai szempontból (Reinhard & Vaughn, 1992; Johnson et al., 2008); (2) a kvarter barlangi üledékekben megőrződött, diagenézisen át nem esett koprolitok tanulmányozása (James & Burney, 1997); valamint (3) a pleisztocénnél idősebb, diagenézisen keresztülment gerinces ürülékek vizsgálata (Bajdeka et al., 2014).

Az évek során számos publikáció született a témakörben és ma már nem csupán érdekességként tekintenek rájuk, hanem mint fontos adalékra az egykori ökoszisztéma megértéséhez (Chin et al., 1998). A leíró munkák mellett (Johnson, 1934; Northwood, 2005) több fontos paleobiológiai tanulmány (Fisher, 1981; McAllister, 1985) is készült.

A koprolitok kutatásának esetleges jövőbeli fő kérdése a más nyomfossziliákhoz hasonló parataxonómia kidolgozása lesz, mely jelenleg még vita tárgyát képezi. Egyes szakértők a morfológia alapján történő elkülönítést (Hunt et al., 2012) szorgalmazzák, míg mások úgy gondolják, hogy a morfológia nem határozó értékű és több tulajdonság (pl.: szövet) összehasonlítását javasolják (Chin, 2007).

Magyarországon a Magyar Természettudományi Múzeum mellett a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet gyűjteményében is őriznek koprolitokat, melyek a Csehbányai

Formációt feltáró iharkúti lelőhely felfedezése előtt már napvilágot láttak. Ezen példányok dokumentációja többnyire hiányos, de akad köztük Solymárról (eocén), valamint a Villányból és a vértesszőlősi előembertelepről származó (pleisztocén) koprolit is.



**1. ábra:** Az egyik, Majer István által 1921-ben Kosdról koprolitként leírt maradvány, mely valószínűleg egy konkrécio

Az első magyarországi gerinces koprolitokkal foglalkozó publikáció Majer István munkája (Majer, 1921), mely Kosdon felfedezett, dinoszaurusz koprolitnak vélt maradványok leírását tartalmazza. Az egyik lelet (**1. ábra**) ma is megtalálható a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet gyűjteményében (MFGI V.11518). A Majer által leírt maradványok robbantás során kerültek elő a szénbányászat során, így bizonytalan, hogy pontosan melyik rétegből is származnak. Majer növénymaradványokat vélt felfedezni bennük, ám saját megfigyeléseimmel ezt nem tudtam megerősíteni. Karbonátos összetételük (Majer, 1921) alapján akár növényevőktől származó koprolitok is lehetnének (Chin, 2007), de táplálékmaradványok hiányában ez nem támasztható alá. Valószínű, hogy inkább konkrécióról van szó.

## **LELŐHELY ÉS FÖLDTANI HÁTTÉR**

A vizsgált maradványok, az Észak-Bakonyban található, egykori Iharkút település közelében, a mai Németbánya és Bakonyjákó települések közelében művelt bauxit-külfejtések területéről származnak.

A terület legidősebb kőzete a felső-triász dolomit (Fődolomit Formáció), mely az itt bányászott bauxit feküjét képezi. A bauxit a Fődolomit karsztos mélyedéseiben halmozódott fel, erre eróziós felszínnel települ az ártéri, folyóvízi környezetben lerakódott, kavics, homok, homokkő, aleurolit, tarkaagyag, agyagmárga rétegek váltakozásából felépülő santoni korú (Bodor & Baranyi, 2012) Csehbányai Formáció. Ennek vastagsága maximálisan 200-250 m, ami a lelőhelyen 50-60 m vastagon tárul fel az egykori Németbánya II. és III. bauxitlencsék területén.

A csontokat és koprolitokat tartalmazó rétegek ebben a formációban találhatóak. A rétegsor paleotalaj-szinteket tartalmazó ártéri képződmények ciklusaiból épül fel. A legtöbb ősmaradvány a ciklotéma bázis rétegeiből kerül elő. A potenciális rétegek egymásra települnek, legalul egy változó vastagságú, agyagklasztos „bonebed” bázis-breccsa (Tuba et al., 2006) található, mely homokszemcséket, dolomitkavicsokat, agyagklasztokat, paleotalaj-darabokat illetve foltokban, lencsékben csontokat és koprolitokat tartalmaz. A bázis-breccsa felett maximum 1 m-es vastagságban cementált homokkőpadokat tartalmazó, barnásszürke finomhomok következik. A homokos összlet folyamatos átmenettel megy át finomhomokos aleurolitos rétegekbe (Botfalvai et al., in press).

A Csehbányai Formációt középső-eocén nummuliteszes mészkő fedi, erre következik az Iharkúti Konglomerátum Formáció, majd az oligo-miocén Csatkai Formáció (Botfalvai et al., in press).

A lelőhelyről előkerültek magok, levéllenyomatok, puhatestűek (csigák, kagylók) maradványai, illetve több ezer izolált fog- és csontmaradvány. Emellett ismerjük páncélos dinoszauruszok részleges csontvázait is. Eddig mintegy 35 gerinces faj felfedezésére került sor, melyek között halak, kételtűek, teknősök, gyíkok, krokodilok, repülő hüllők és dinoszauruszok is találhatóak (Ősi et al., 2012). Az állatok között vízi, szemiaquatikus és szárazföldi formák is ismertek (Botfalvai et al., in press).

## **ANYAG ÉS MÓDSZEREK**

### **Vizsgált anyag**

Munkám során a Magyar Dinoszaurusz-kutató Expedíció iharkúti ásatásain 2000 és 2012 között begyűjtött koprolitokat vizsgáltam (2598 db). A terepmunka során a potenciálisan ősmaradvány-tartalmú réteg fejtése méteres blokkokban történt, majd pedig a belőlük leválasztott kisebb tömböket egyesével morzsoltuk szét, így kinyerve a legapróbb szabad szemmel látható fossziliákat is. Begyűjtés után a maradványok a Magyar Természettudományi Múzeum gyűjteményébe kerültek. A felhasznált példányokat saját kódrendszer segítségével rendszereztem (pl.: KM.P, ami a Koprolit – Maradvány – Pycnodontiformes fog szavakból tevődik össze, tehát egy Pycnodontiformes hal fogát tartalmazó koprolit. A K1.1. a Koprolit – Morfológia 1 – Első példány jelentést hordozza). A kódrendszer és a rögzített adatok a 2. Függelékben megtekinthetők.

### **Előkészítés és munkamódszer**

Amennyiben a terepen nem történt meg (és ez nem veszélyeztette a koprolit épségét), preparáló tűk segítségével eltávolítottam róluk a közetet, óvatosan, nedves fogkefével megtisztítottam felszínüket.

Bár egyes kutatók vitatják, hogy az eltérő morfológiájú koprolitok különböző csoportoktól származnak (Chin, 2007), a forma alapú rendszerezés mégis szolgálhat némi támpontként (Thulborn, 1991; Coy, 1995). Preparálás és tisztítás után az épen begyűjtött példányok alapján morfológiai csoportokat különítettem el.

Mikroszkóppal aprólékosan átnéztem mind a 2598 koprolit felszínét és törési felületét. A zárványokat tartalmazóak és a különböző morfológiájúak közül kiválasztottam 45 példányt további szisztematikus vizsgálatokhoz (kémiai összetétel, CT, vékonycsiszolat), ezekről függetlenül 14 példányból H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-os feltárás készült mikroszkopikus zárványok kinyerése céljából, további egy példányon pedig fontos tafonómiai jellegek voltak megfigyelhetőek. Dolgozatom ennek a 60 példánynak a feldolgozásán alapul. Mivel a koprolitok felnyitása, a vizsgálatok és mintavételek roncsolással járnak (Chin, 2002), azok megkezdése előtt lefotóztam és lemértem a példányokat, színadataikat rögzítettem (Munsell Geological Rock-Color Chart használatával). A kiválasztott 45 koprolit feldolgozása során ügyeltem arra, hogy minden példány fele megmaradjon későbbi vizsgálatokhoz. A megtalált zárványokat preparáló tűk segítségével bontottam ki, így előkészítve a határozáshoz.

## **Morfológiai elkülönítés**

A koprolitok alakja eredetüknél fogva szabálytalan, de megfigyelhető, hogy míg egyes példányok inkább gömbölydedek, mások valamely irányba megnyúltak. A megnyúlt alakok esetében lehetnek egyenesek vagy hajlítottak, esetleg felcsavartak. A külső forma mellett a törési felületeken és csiszolatokon érdemes megfigyelni keresztmetszetük mintázatát is (McAllister, 1985; Coy, 1995). A morfológiai csoportokat azért hoztam létre, hogy kiderítsem, el lehet-e különíteni forma alapján a különböző állatoktól származó ürülékeket.

## **Tafonómiai megfigyelések**

A megfigyelések során azokat a jelenségeket rögzítettem, melyek a koprolit és egykori környezetének kapcsolatára utalnak (Northwood, 2005). Vizsgáltam szerkezetüket, kapcsolatukat az üledékkel és felszínüket is (repedések, benyomódások, bekérgezések).

## **CT-felvételek készítése**

A komputertomográf (CT) felvételek a Kaposvári Egyetem Egészségügyi Centrumában, Földes Tamás és Tokai Richárd segítségével készültek 10 példányról (különböző morfológiákból, főleg nagyméretűeket vizsgáltam, melyekben elképzelhetőek voltak a nagyobb zárványok), egy Siemens Stomatom Definition Flash készülékkel, elemzésükhöz az ingyenesen letölthető RadiAnt DICOM viewer programot használtam fel. A felvételek elemzésével az volt a célom, hogy be tudjam határolni a zárványokat a koprolitokon belül.

## **Kémiai összetétel vizsgálata**

Az összetétel vizsgálatának fő kérdése az volt, hogy foszfátos-e a koprolit alapanyaga, vagy egyéb módon cementált. Ezáltal ugyanis elkülöníthetőek a húsevőktől és növényevőktől származó ürülékek (Hattin, 1996; Chin, 2002). A röntgenpordiffrakciós felvételek és a röntgen fluoreszcencia analízis az ELTE-TTK Ásványtani Tanszékén készültek.

Röntgenpordiffrakciós felvételek Siemens D5000 típusú diffraktométeren készültek (Bragg-Bretano geometria, theta-theta sugármenet,  $\text{CuK}\alpha$   $\lambda=0,154178$  nm). Tisztítás után a vizsgált koprolitok (11 db) alapanyagából átlagminta készült úgy, hogy ebbe ne kerüljön bele zárvány pl.: csontszilánk. A minták porítása achát mozsárban történt. Minta készült négy különböző morfológiai csoportba tartozó koprolitból (csavarodott - K9.2.1; hengeres - K4.5.4; spirális keresztmetszetű - KM.6; nem besorolható - K11.1), valamint növényi (KN.3; KB.2;

KB.4; KB.5) és állati eredetű (KM.1; KM.8; KM.P) maradványokat tartalmazóakból. A felvételek elemzése PowderX és EVA programok használatával történt.

Röntgen fluoreszcencia analízissel egy magot (KN.3) és egy csontmaradványokat tartalmazó (K.130) koprolitból, a koprolitokkal egy rétegből származó teknőspáncél töredékből, illetve a koprolitokat magába foglaló agyagklasztos bázis-breccsából készített átlagminták vizsgálata történt meg. A porítás achát mozsárban, majd a szitálás 63 µm-es lyukátmérőjű szitán történt. Porítás után vizsgált anyagokként 4 g-ból homogenizálás (bórsav és aceton segítségével) után pasztillák készültek. A homogenizálást és a mérést Luczek Livia és Haibach Kata technikusok végezték. A mérések kalibrált Siemens SRS3300-as műszerrel, vákuum alatt Rh katóddal szerelt röntgensővel, SpectraPlus vezérlőprogrammal készültek. Az áramerősség 4 mA, a gyorsító feszültség 60 keV volt.

### **Pollenfeltárás**

A feltárás a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet késő-krétára kidolgozott standard eljárása alapján történt hat példányból. Feltárás készült makroszkopikus növényi (KN.3; KB.2; KB.5) és csontmaradványokat (KM.1) tartalmazó példányokból, hengeres (K4.5.4) és gömbölyded (K1.2) morfológiájúakból. A preparátumokat Bátori Miklósné készítette az Intézetben, melyeket Nikon Eclipse LV100Pol polarizációs mikroszkóppal elemeztem, a dokumentáció QImaging Micropublisher 5.0 RTV digitális kamerával készült.

A mészanyag eltávolítása 36%-os sósavval (HCl) történt, amit neutrálisra mosás, majd 5-7 perc centrifugálás követett. Ezután a szerves anyag 2,2 g/cm<sup>3</sup> fajsúlyú cink-klorid (ZnCl<sub>2</sub>) oldatos leválasztása történt meg. Újabb 5-7 perc centrifugálás után az agyagásvány szemcséket tömény hidrogén-fluorid (HF) oldotta fel, ami hozzávetőleg egy napot vett igénybe. Neutrálisra mosás majd centrifugálás után a visszamaradt anyag fiolákba került, a gombafertőzések elkerülése végett formaldehid 1:1 arányú vizes hígításával készített formalint kellett hozzájuk adni. A fiolákból tárgylemezre csöppentett mintára felmelegített glicerines zselatin, erre pedig fedőlemez került. A pollenfeltárás során használt folyosav (HF) miatt az esetleges szilikátvázú élőlények maradványai is feloldódnak, így ezeknek a vizsgálatához hidrogén-peroxidos feltárás szükséges.

## **H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-os feltárás**

A feltárás 14 db gömbölyded morfológiájú koprolitból készült a Magyar Természettudományi Múzeum Növénytárában. A példányok között egy darab, két cm átmérőjű, négy darab, egy cm átmérőjű és kilenc darab, egy cm-nél kisebb átmérőjű volt. Megtisztításuk után fotódokumentáció következett, majd a porított koprolitokat nyolc órán át 30%-os H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-ban főztük. A főzés után visszamaradt anyagot háromszor ioncserélt vízzel mostuk át, végül egy kis részét a fedőlemezre cseppentettük és annak beszáradása után Pleurax műgyantába ágyasztuk. Az így készült, tartós preparátumok elemzése LEICA DM LB2 mikroszkóppal, 100X HCX PLAN APO beépített objektívvel és VSI-3.0M(H) digitális kamerával történt.

## **Vékonycsiszolatok készítése**

Hét olyan koprolitból, melyek makroszkopikus növényi (KN.5; KB.5) és állati maradványokat (K3.3; K3.4; KM.5; KM.7; KM.P) tartalmaztak Kalmár Réka technikus segítségével vékonycsiszolatot készítettem. A koprolitokat egy öntőforma aljába előre elkészített műgyantaágyra ragasztottam, majd az öntőformán jelöltem a minta kódszámát. Az öntőformát műgyantával töltöttem fel: IPOX MR 3012 és IPOX MR 3122 komponensek, keverési arányuk 10: 4 (MR 3012: MR 3122). Öntés után a műgyanta két napig száradt. Az elkészült műgyantakockákra ismét felkerült a minta kódszáma, majd a koprolitokat több sík mentén precíziós vágógéppel (Buehler IsoMet 1000 Precision Saw) elvágtam. A vágott felületet műgyantával impregnáltam, így eltüntetve róla a felszíni egyenetlenségeket. Az impregnált felületet két napos száradása után SiC csiszolóporon (szemcseméret: 220, 400, 600, 800) finomítottam. Ezután 600-as szemcseméretű csiszolóporon lecsiszolt üveglemezre, melyek felületét izopropil-alkohollal zsírtalanítottam és égetéssel megtisztítottam, ragasztottam buborékmentesen az elvágott gyantakockákat. Két napos száradási idő után vágógéppel levágtam az üvegre ragasztott felületet, amit SiC csiszolóporon megcsiszoltam, durvábbtól a finomabb szemcseméret felé haladva. Az elkészült 14 vékonycsiszolatot műgyantával vékonyan befedtem.

A csiszolatokat Nikon Eclipse LV100Pol polarizációs mikroszkóppal vizsgáltam, a dokumentáció QImaging Micropublisher 5.0 RTV digitális kamerával készült.

## **Vizsgálat scanning elektronmikroszkóppal**

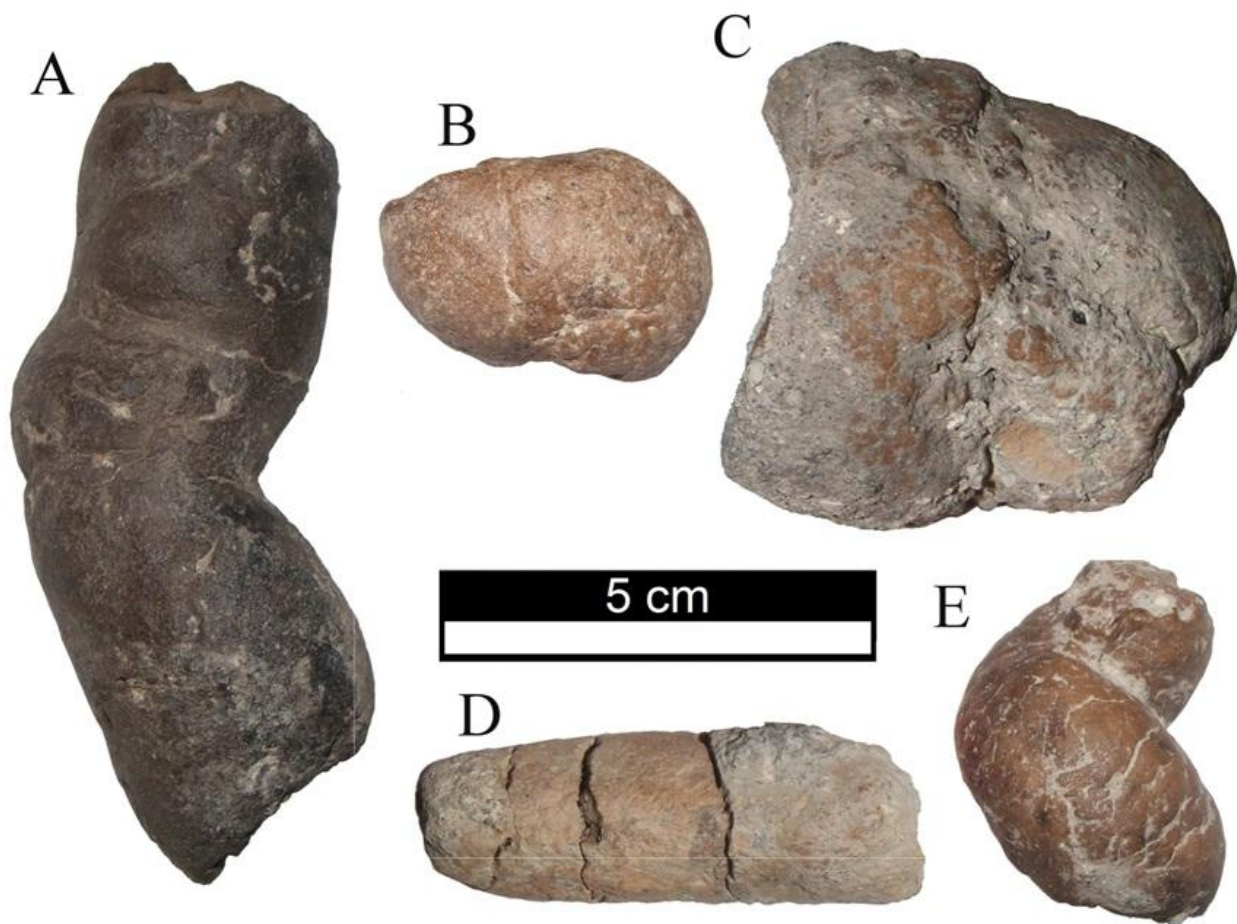
Némely maradvány meghatározásához (magok, kutikulák), elengedhetetlen volt scanning elektronmikroszkópos felvételek készítése. A nagyfelbontású, háromdimenziós felvételeken a fénymikroszkópban nem vizsgálható részletek is jól felismerhetővé válnak. Azokat a mintákat választottuk ki SEM analízisre, amelyeknél a törésfelületen jól látható struktúrákat lehetett felismerni. A minták az előkészítés során arany-palládium réteget kaptak XC7620 Mini Sputter segítségével. A felvételek Hitachi S-2600N scanning elektronmikroszkópon készültek a Magyar Természettudományi Múzeum Növénytárában. A scanning fotók segítségével lehetett biztosan eldönteni, vannak-e gázcserenyílások a vizsgált kutikulán, illetve megőrződtek-e a sejtek a belső maghéjon.

Egy esetben a mikroszkopikus maradvány meghatározásához meg kellett ismernem annak összetételét. Ez a mérés az ELTE-TTK Közettan- Geokémiai Tanszékén az energiadiszperzív spektrométerrel (EDS detektorral) felszerelt AMRAY 1830 scanning elektronmikroszkópon történt, a mérést Bendő Zsolt végezte. Ez a műszer a vezetővé tett mintán Na-tól méri az elemeket. A vizsgált minták felületének vezetővé tételéhez szenes gőzölést alkalmaztunk.

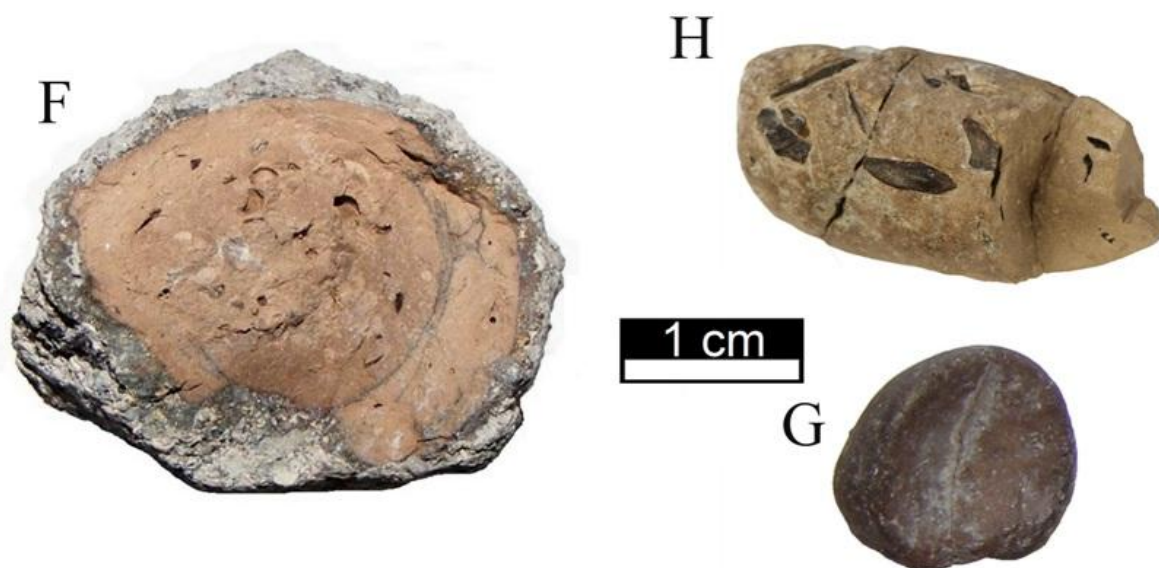
## **EREDMÉNYEK**

### **Morfológiai elkülönítés**

Hét csoportot lehetett elkülöníteni forma alapján (**2. ábra**): gömbölyded (pl.: K1.2); gömbölyded, egyik oldalán homorulattal (pl.: K6.2); egyenes henger, elkeskenyedő végekkel (pl.: K3.2); hajlított henger (pl.: K4.5.4); csavarodott (pl.: K9.2.3); spirális keresztmetszetű (pl.: KS.1); és végül az egyik csoportba sem tartozóak vagy amorfak (pl.: K11.3). Azok, melyek gömbölydedek, egyik oldalukon homorulattal, jellemzően kisméretűek, átmérőjük 12,8-16,9 mm-ig változik. A homorulat nélküli gömbölydedek nagyobbak, 3,3-4,5 cm átmérőjűek. A csavarodott morfológiájúak legnagyobb hosszúsága 3,6-4,8 cm között mozog. Az egyenes hengerek 4,5-5,6 cm hosszúak, míg a hajlított hengerek nagyméretűek, 6-8,6 cm hosszúak. A spirális keresztmetszetűek hosszúsága 1,7-5 cm közötti.

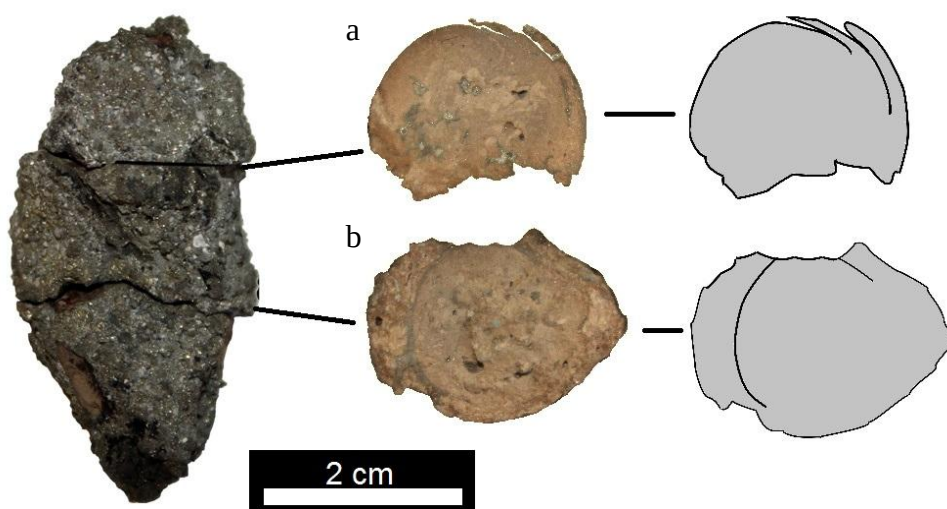


**2. ábra:** Késő-kréta (santoni) iharkúti koprolit morfológiák: A, Hajlított henger (K4.5.4); B, Gömbölyded (K1.2); C, Amorfa (K11.3); D, Egyenes henger, elkeskenyedő végekkel (K3.2); E, Csavarodott (K9.2.3); F, Spirális keresztmetszetű (KS.1); G, Gömbölyded, egyik oldalán homorulattal (K6.2); H, Egyenes henger alakú koprolit halpikkelyekkel (KM.1)



A csavarodott morfológiájúak (**2. ábra, E**) alakja arra emlékeztet, mintha egy tengely mentén lennének felcsavarva, ezeken a példányokon hossz tengelyükre merőleges redők is megfigyelhetőek voltak.

A spirális keresztmetszetűek (**2. ábra, F; 3. ábra**) hosszúkasak, belsejük spirális mintázata törési felszínen vagy csiszolatban látszik (**3. ábra**), hasonlóan a más lelőhelyekről említett spirális koprolitok esetében, ám nem annyira kivehetően (Coy, 1995). Egyes ebbe a csoportba sorolt példányoknál csak a keresztmetszet körvonala sugallta az ide tartozást.

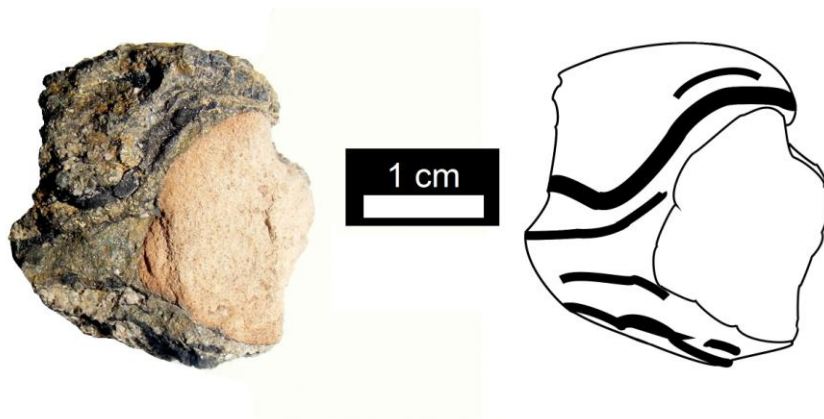


**3. ábra:** Késő-kréta (santoni) iharkúti spirális keresztmetszetű koprolit (KS.1) mintázata különböző pontokon: a, vágási sík ; b, törési felület

### Tafonómiai megfigyelések

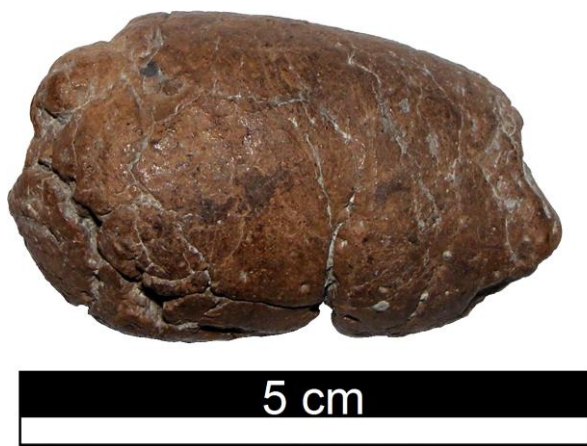
Az iharkúti koprolitok felépítése minden esetben megegyezett: homogén finomszemcsés alapanyag, melyben gyakran növényi és állati maradványok (**2. ábra, H**) találhatóak, esetenként kisebb üregek, de kavicsok, üledékszemcsék nem. Színük főleg szürkésbarna, fakó barna, sárgásbarna árnyalatú, a legtöbb koprolit alapanyaga egyszínű (kivétel: K4.5.5; K11.1; KN.5; KB.4). A növényi zárványok szénültek, az üledékből ismert növényi maradványokhoz hasonlóan (Bodor & Baranyi, 2012).

A kőzetben egyes esetekben megfigyelhető volt, ahogy az üledék körbeveszi a koprolitokat (**4. ábra**), elkülöníthető volt egy felszín, amire az ürülék-test leülepedett és látható volt a később ráakodott üledék ("bird's eye pattern" – Thulborn, 1991 p.343 fig.2).

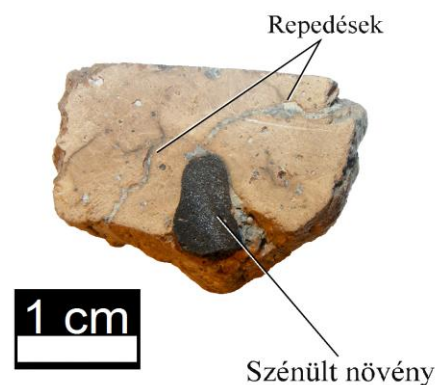


**4. ábra:** Az üledék körbeveszi a késő-kréta (santoni) iharkúti koprolitot

A koprolitok felszíne a legtöbb esetben sima, kevés benyomódással (**2. ábra, A**). Több esetben (pl.: KS.1; K1.1) külsejük nem volt teljesen megfigyelhető az azt borító kemény pirites kéreg következtében (**3. ábra**). Az egyik példány (KN.3) esetében a felszínen található repedések (**5. ábra**) a koprolit belsejében is folytatódnak, ezeket üledék és kalcit tölti ki. A repedések a felszínen szélesek, majd befelé haladva elkeskenyednek (**6. ábra**).



**5. ábra:** Repedéshálózat egy késő-kréta (santoni) iharkúti koprolit (KN.3) felszínén

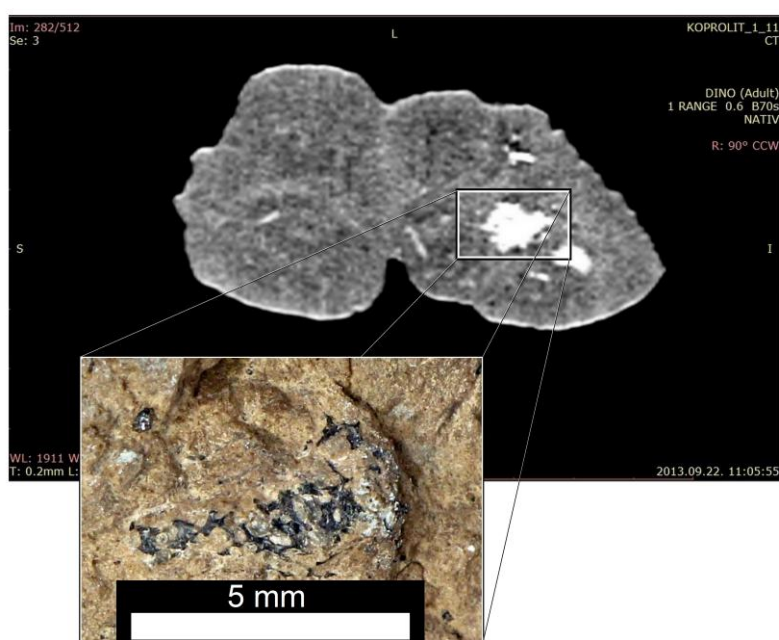


**6. ábra:** A repedések a koprolit (KN.3) belsejében is folytatódnak

Nehéz megállapítani az ürülékek esetében, hogy a lekerekített forma a kiindulási morfológiájuk, vagy pedig szállítódás következtében váltak ilyenné, azonban a gömbölydedebb alakok mellett akadnak olyanok is, melyek sérülékenyebbek lehettek lágy állapotukban (**2. ábra, A**).

## CT-felvételek elemzése

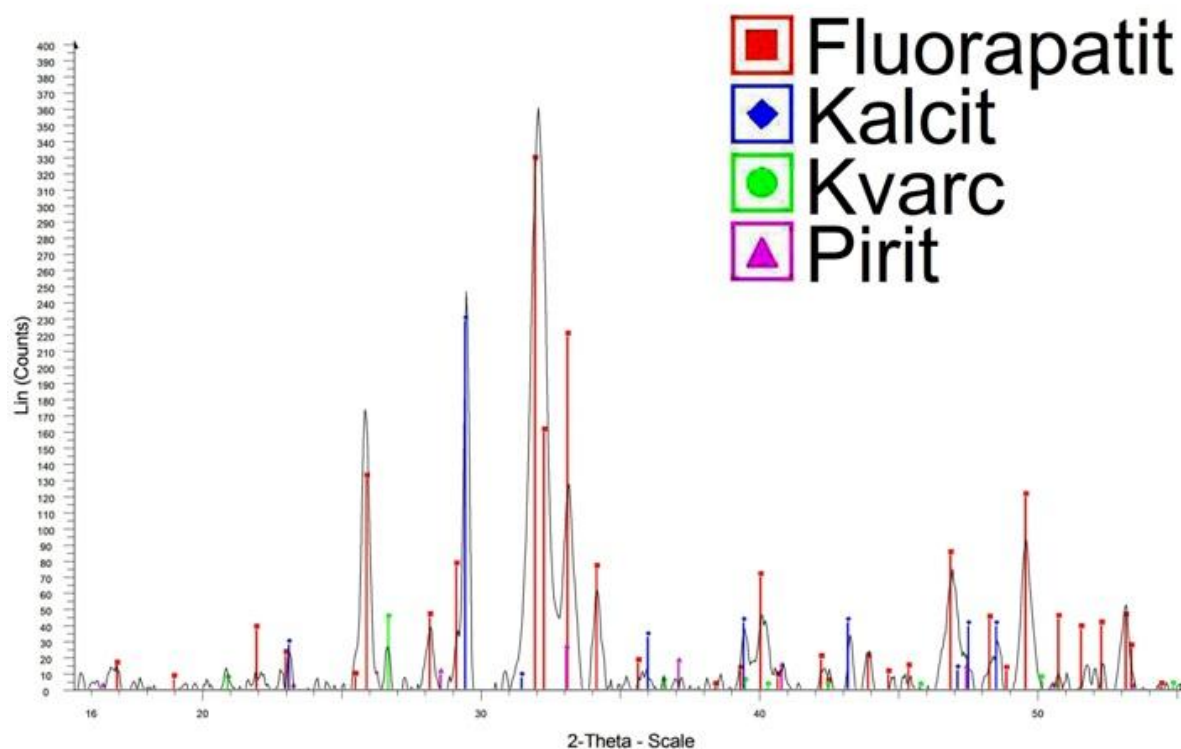
A felvételeken jól kivehetőek voltak az alapanyagba ágyazott szénült növényi részek, csonttöredékek és pirit kristályhalmazok. A zárványok eltérő sűrűségük miatt (Milán et al., 2012) élesen elkülönültek: ha az elemző program beállításai alapján az alapanyag sötét tónusú volt, a zárványok világosak voltak, más beállításnál is hasonló kontrasztos képet kaptam (**7. ábra**). A felvételek elemzése támpontul szolgált a koprolitban található maradványok kereséséhez, kipreparálásához, emellett elkészítésükkel digitálisan rögzítésre került az egyedi maradványok formája is.



**7. ábra:** Szivacsos szerkezetű csont egy késő-kréta (santoni) iharkúti koprolit CT-felvételén (K4.5.1)

## Kémiai összetétel

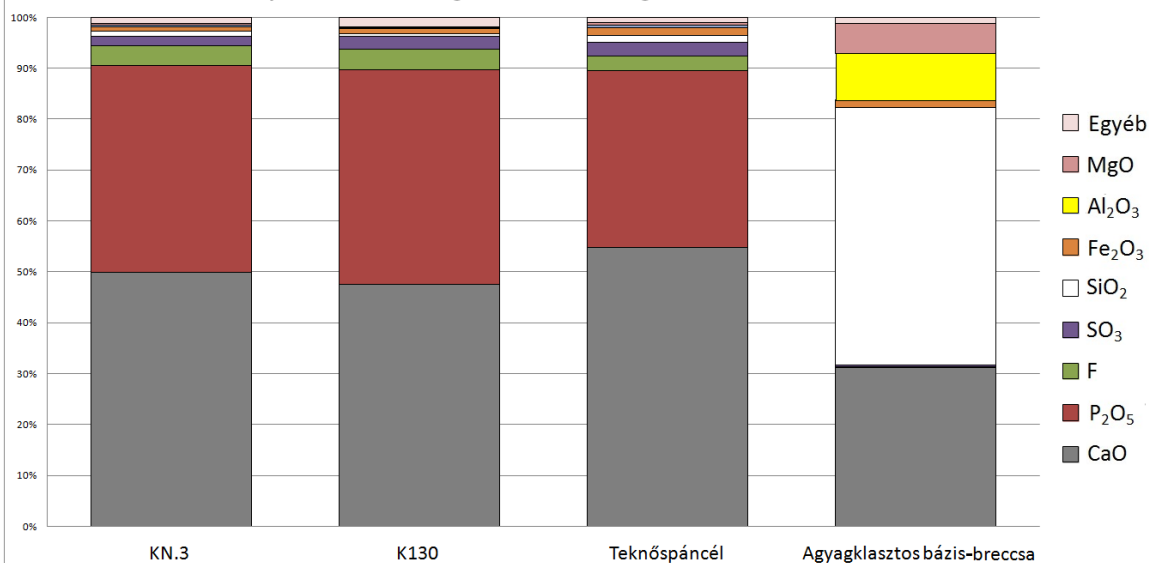
A röntgenpordiffrakciós vizsgálat eredményéből kiderült, hogy morfológiától függetlenül a növényi (magok, szénült növényi részek, kutikula) és az állati maradványokat (csontszilánkok, fogak, pikkelyek) tartalmazó koprolitok alapanyagában is főleg apatit található (**8. ábra**). Egyes mintáknál pirit, kvarc és kalcit is kimutatható volt, de elképzelhető, hogy ezekben az esetekben az átlagminta készítése előtt nem tisztítottam meg eléggé a koprolitok felszínét.



**8. ábra:** Egy növényi maradványokat tartalmazó késő-kréta (santoni) iharkúti koprolit (KN.3) diffraktogramja

A röntgen fluoreszcencia analízis eredményei alapján elmondható, hogy a növényi és állati zárványokat tartalmazó koprolitok kémiai összetétele nem tér el markánsan egymástól, mátrixuk nagy mennyiségű foszfort, kalciumot, fluort, ként és vasat tartalmaz (**9. ábra; 10. ábra**). A kontrollmérésekből látszik, hogy bár a befoglaló közet (agyagklasztos bázis-breccsából [Botfalvai et al., in press] készült átlagminta) is gazdag kalciumban, foszfortartalma csekély, fluort nem tartalmaz, míg a fosszilis teknőspáncél összetételében megjelenik a magas foszfor és fluortartalom is.

9. ábra: Növényi (KN.3) és állati (K130) maradványokat tartalmazó koprolitok, egy fosszilis teknőspáncél és a befoglaló kőzet tömegszázalékos oxidos összetétele



10. ábra: Növényi (KN.3) és állati (K130) maradványokat tartalmazó koprolitok, egy fosszilis teknőspáncél és a befoglaló kőzet tömegszázalékos oxidos összetétele

| KN.3                           |        | K130                            |        | Teknőspáncél                   |        | Agyagklasztos bázis-breccsa    |        |
|--------------------------------|--------|---------------------------------|--------|--------------------------------|--------|--------------------------------|--------|
|                                | Tömeg% |                                 | Tömeg% |                                | Tömeg% |                                | Tömeg% |
| CaO                            | 49,83  | CaO                             | 47,49  | CaO                            | 54,770 | SiO <sub>2</sub>               | 50,61  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 40,70  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>   | 42,02  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 34,720 | CaO                            | 31,15  |
| F                              | 3,76   | F                               | 4,14   | F                              | 2,860  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 9,14   |
| SO <sub>3</sub>                | 1,87   | SO <sub>3</sub>                 | 2,49   | SO <sub>3</sub>                | 2,631  | MgO                            | 5,85   |
| SiO <sub>2</sub>               | 1,03   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 1,05   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,616  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,41   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,88   | CeO <sub>2</sub>                | 0,48   | SiO <sub>2</sub>               | 1,350  | K <sub>2</sub> O               | 0,71   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,38   | SiO <sub>2</sub>                | 0,47   | MgO                            | 0,487  | TiO <sub>2</sub>               | 0,41   |
| CeO <sub>2</sub>               | 0,30   | Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 0,32   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,390  | SO <sub>3</sub>                | 0,40   |
| MgO                            | 0,28   | MgO                             | 0,18   | Na <sub>2</sub> O              | 0,309  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,12   |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,23   | La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 0,24   | CeO <sub>2</sub>               | 0,209  | MnO                            | 0,07   |
| Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,21   | Na <sub>2</sub> O               | 0,22   | Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,171  | Cl                             | 0,02   |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,19   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 0,18   | La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,118  | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,02   |
| Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,07   | Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 0,11   | BaO                            | 0,059  | Au                             | 0,09   |
| K <sub>2</sub> O               | 0,06   | Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 0,09   | MnO                            | 0,051  |                                |        |
| BaO                            | 0,06   | BaO                             | 0,06   | Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,049  |                                |        |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 0,04   | Pr <sub>6</sub> O <sub>11</sub> | 0,06   | K <sub>2</sub> O               | 0,040  |                                |        |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,03   | Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | 0,05   | TiO <sub>2</sub>               | 0,034  |                                |        |
| MnO                            | 0,03   | Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 0,05   | Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 0,031  |                                |        |
| SrO                            | 0,01   | MnO                             | 0,03   | NiO                            | 0,015  |                                |        |
| Au                             | 0,08   | Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 0,03   | SrO                            | 0,008  |                                |        |
|                                |        | NiO                             | 0,03   | Au                             | 0,079  |                                |        |
|                                |        | K <sub>2</sub> O                | 0,02   |                                |        |                                |        |
|                                |        | CoO                             | 0,01   |                                |        |                                |        |
|                                |        | SrO                             | 0,01   |                                |        |                                |        |
|                                |        | Au                              | 0,08   |                                |        |                                |        |

\* Az Au értékek a mintatartó miatt jelentek meg.

## A pollenfeltárás eredménye

A preparátumok sok szerves anyagot tartalmaztak, a hat mintából ötben lehetett felismerni meghatározhatatlan növényi részeket, kettőben a három csírányílásukról jellegzetes Normapolles-féléket (**11. ábra**) (Bodor & Baranyi, 2012). Kettőben növényi kutikula-maradványok voltak megtalálhatóak. Ezek két különböző típusba tartoztak, az egyik típus sejtjei közel hatszögesek (kb. 50  $\mu\text{m}$  szélesek) (**12. ábra**), míg a másik típus sejtjei sokkal szabálytalanabbak (**13. ábra**) voltak, sztómákat (gázcsere nyílásokat) nem ismertem fel egyikén sem. Ezeket a kutikulákat recens növények (pl.: lótosz) kutikulájával hasonlítottam össze (**14. ábra**).



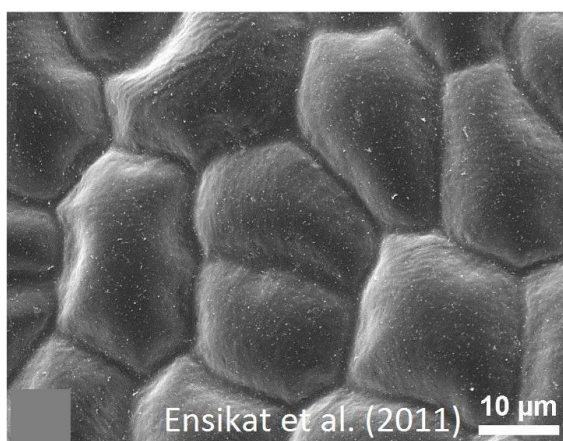
**11. ábra:** Normapolles-szemcse (bekarikázva) a sok szerves törmelék között egy késő-kréta (santoni) iharkúti koprolitból (KB.5)



**12. ábra:** Kutikula-maradvány koprolitból (KB.5), szabályos sejtekkel



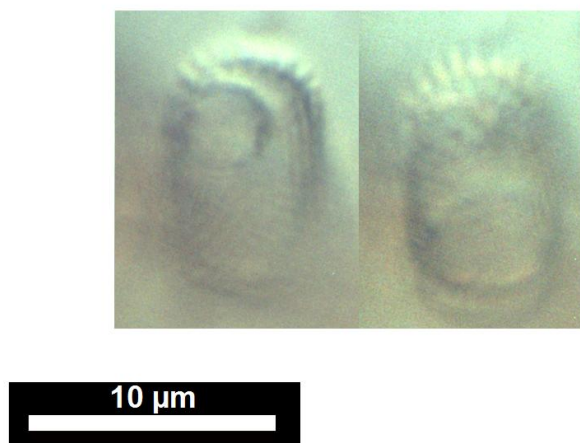
**13. ábra:** Kutikula-maradvány koprolitból (KN.3), szabálytalan sejtekkel



**14. ábra:** A mai lótoszlevél alsó oldalának sejtjei, sztóma nélkül, Ensikat et al. (2011) nyomán

### A H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> –os feltárás eredménye

A feltárás során a törmelékes szerves anyag mellett 14 kovaalga-váz került elő, közülük rossz megtartásuk miatt csak kettőt lehetett meghatározni. Ezek valószínűleg a hengeres vázú *Aulacoseira* nemzetségbe tartoznak (**15. ábra**), melyek előfordulása kréta lelőhelyeken várható (Ambwani et al., 2003).



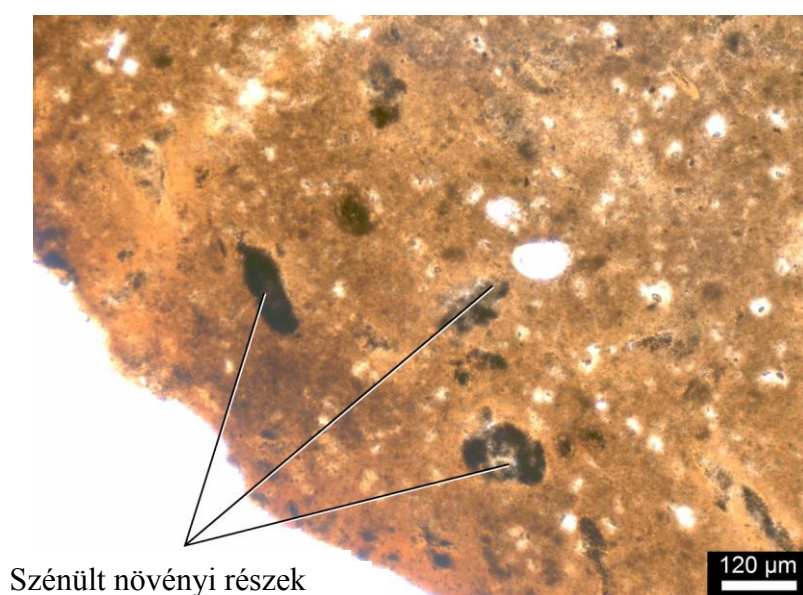
**15. ábra:** Valószínűleg az *Aulacoseira* nemzetségbe tartozó diatóma váza késő-kréta (santoni) íharkúti koprolitból, különböző mélységelességben fotózva

## Makroszkopikus táplálékmaradványok elemzése

Itt azokat a maradványokat írom le, melyeket szabad szemmel, vagy fénymikroszkóp segítségével tudtam megvizsgálni.

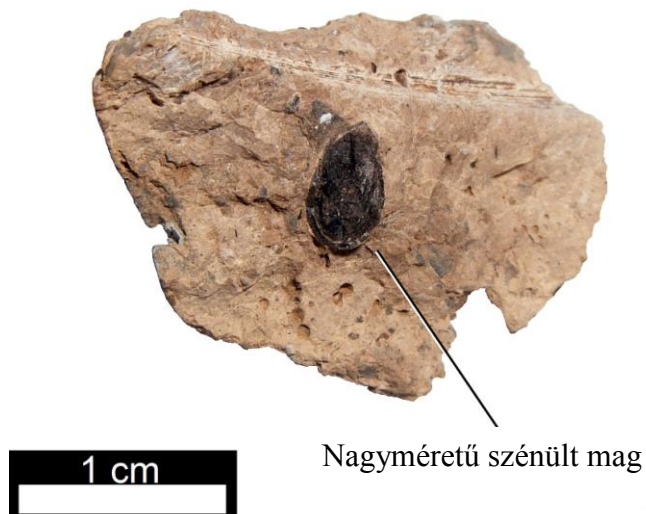
### - Növényi maradványok

Növényi eredetű makroszkopikus maradványok 12 koprolitban voltak megtalálhatóak. Előkerültek a hengeres, a gömbölyded, a spirális keresztmetszetű és a nem besorolható csoportokból is. Ezek között voltak meghatározhatatlan, szénült növényi részek (**16. ábra**) és jó állapotban megőrződött maradványok is.

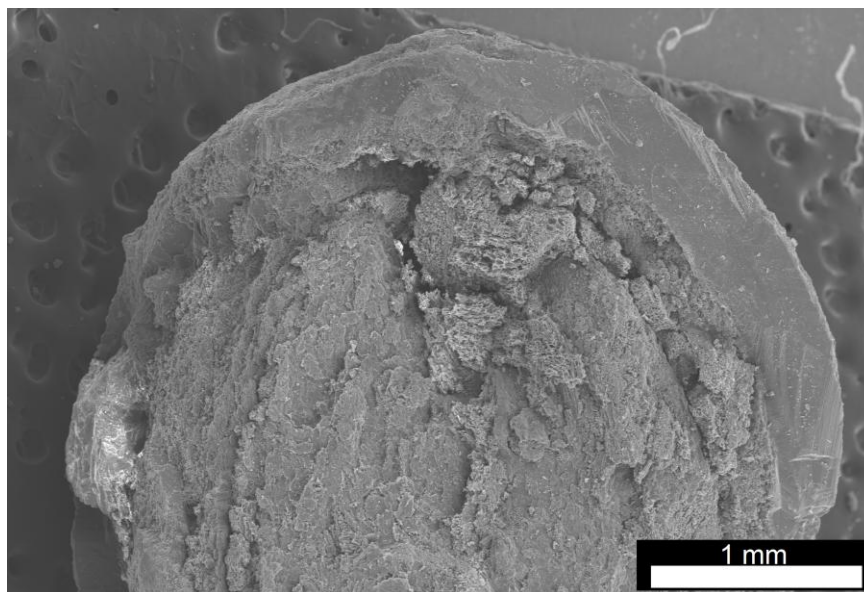


**16. ábra:** Szénült növényi részek az iharkúti késő-kréta (santoni) koprolit (K3.3) vékonycsiszolatában

Két olyan mag került elő, melyek a határozáshoz szükséges bélyegeket hordoztak. Az egyik egy nagyméretű (6 mm-es), jó állapotban őrződött meg (**17. ábra**). A mag falszerkezete csonthéjas termésre utal (**18. ábra**). Legnagyobb alaktani hasonlóságot a Rosales renddel, azon belül is a rózsafélék családjával mutatja, ám krétából bizonyítottan Rosaceae maradványok nem ismertek (Friis et al., 2011). A csonthéjon belül az eredeti mag sejtjei különleges, áttört sejtfalúak (**18. ábra**). Ezek további vizsgálatokat igényelnek a pontosabb rendszertani megállapításhoz.

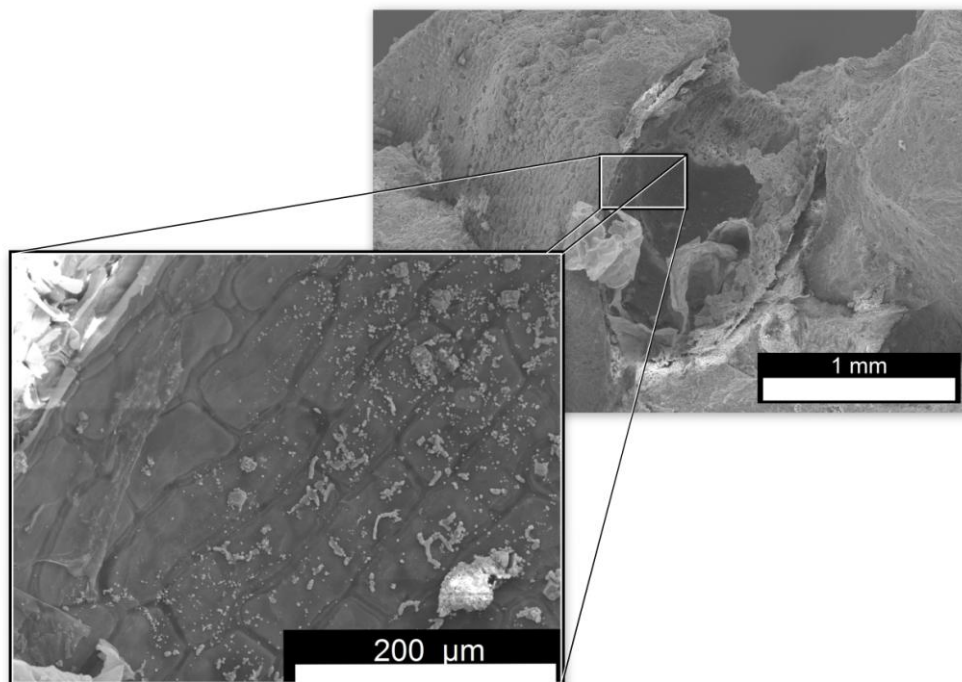


**17. ábra:** Valószínűleg a rózsafélék családjába tartozó, nagyméretű szénült mag iharkúti késő-kréta (santoni) koprolitban (KN.3)



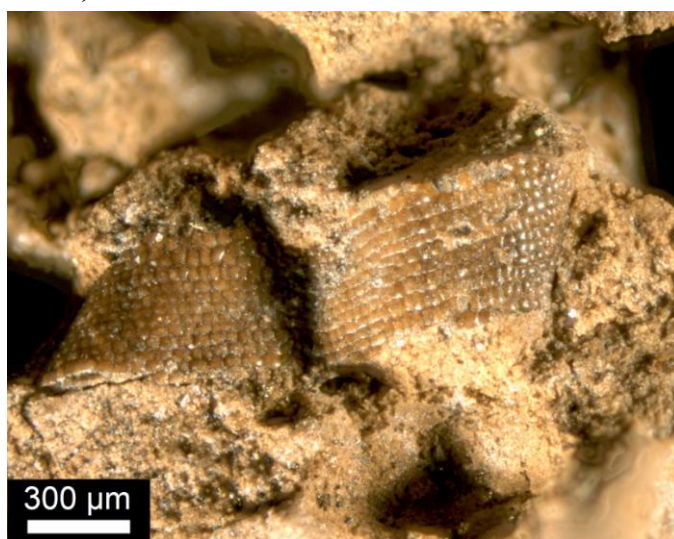
**18. ábra:** Valószínűleg a rózsafélék családjába tartozó, nagyméretű szénült mag koprolitból (KN.3). A csonthéjon belül megőrződtek a mag eredeti sejtjei

A másik egy 1,55 mm-es, emésztett mag. A scanning fotók alapján belső maghéjának tegmentuma egyrétegű, belső felületén a sejtek téglalap alakúak, 20-40  $\mu\text{m}$  hosszúak. Megjelennek szálak, merevítésre szolgáló lignin kötegek (**19. ábra**), a falszerkezete prizmás. Mindezek a tulajdonságok a Magnoliaceae-félék rokonságára utalnak (Frumin & Friis 1999, Friis et al., 2011).

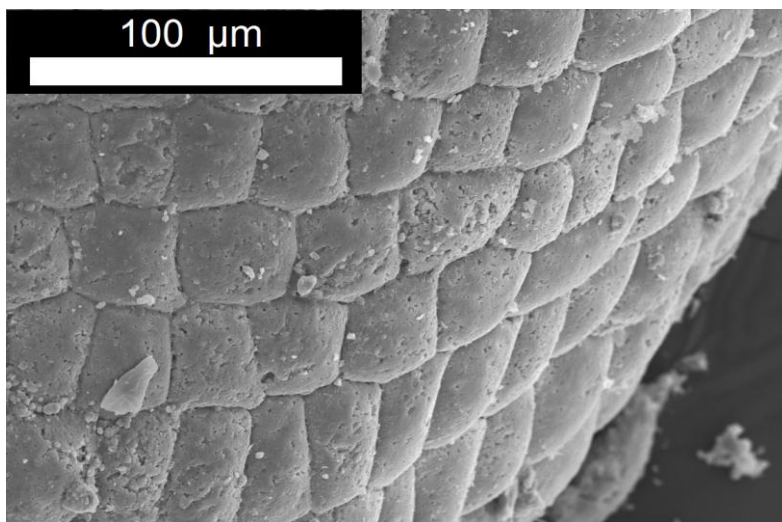


**19. ábra:** Magnóliaféle mag és megőrződött belső szerkezete késő-kréta (santoni) iharkúti koprolitban

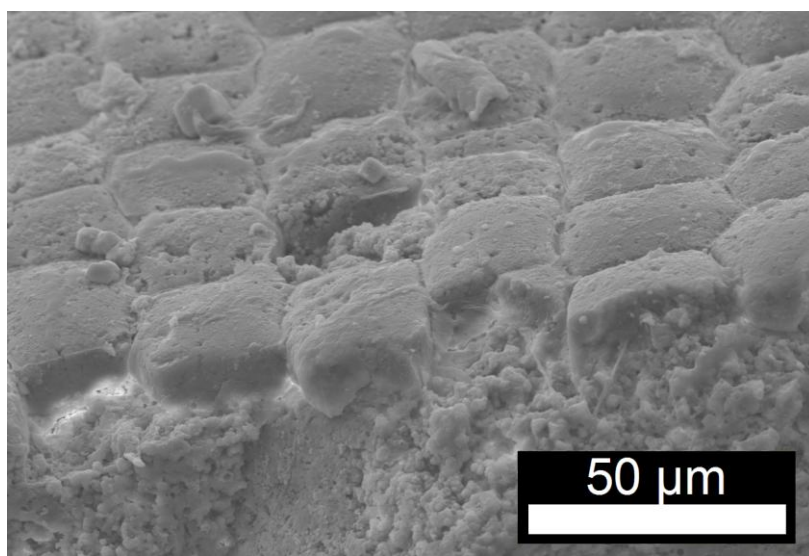
Hat koprolitból kutikula-maradványok kerültek elő (**20. ábra**) melyek a pollenfeltárásból megismert közel hatszöges sejtekhez (**12. ábra**) hasonló egységekből épültek fel (**21. ábra**). Ezek a maradványok változó szélességű, de mindig 1 mm-nél vékonyabb sávokat alkottak a koprolitok törési felületein (**20. ábra**). Nem voltak szénültek, de jól elhatárolódtak a koprolit alapanyagától. Átlagosan 10  $\mu\text{m}$  vastagok, a sejtek szélessége 30-50  $\mu\text{m}$  között változott (**22. ábra**). Sztómákat (gázcsere nyílásokat) nem lehetett felismerni egyiken sem. A maradványok energiadiszperzív spektrométerrel (EDS) történt vizsgálata során kiderült, hogy a koprolitok alapanyagához hasonlóan kalcium, foszfor, kén és vas található bennük (**23. ábra**).



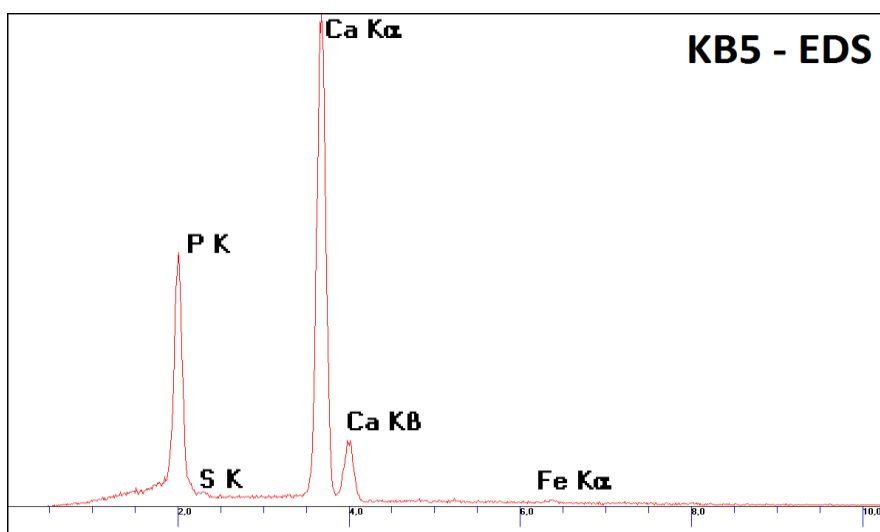
**20. ábra:** Kutikula-maradvány iharkúti koprolit (KB.4) törési felületén



**21. ábra:** A pollenfeltárásból megismert kutikula (12. ábra) sejtjeihez hasonló mintázat egy késő-kréta (santoni) iharkúti koprolitban



**22. ábra:** A kutikula-maradványok egyrétegűek, átlagosan 10 μm vastagok



**23. ábra:** EDS-spektrum egy késő-kréta (santoni) iharkúti koprolit törési felületén talált kutikula-maradványról: a koprolit alapanyagához hasonló foszfor, kén, kalcium és vas csúcsokkal

### - Állati maradványok

Állati eredetű maradványok előfordultak mind az 1-2 cm-es (pl.: KM.P), mind a több mint 5 cm-es példányokban (K4.5.1). Előkerültek a csavarodott morfológiájúakból, az egyenes és hajlított hengerekből és a spirális keresztmetszetűekből is.

Előkerültek molluszka-héjtöredékek (**24. ábra**) (5 koprolitból) illetve valószínűleg egy csigától származó lenyomat, mely egy 5,9 mm átmérőjű spirális mintázat (**25. ábra**), ami hasonló egyes az iszapolási maradékból előkerült eddig közelebbről nem meghatározott csiga operculumokhoz (Szabó Márton szóbeli közlése, 2014). Ez utóbbi lehetséges, hogy nem a táplálék részét képezte, hanem hozzányomódva az ürülék felszínéhez nyomot hagyott azon.

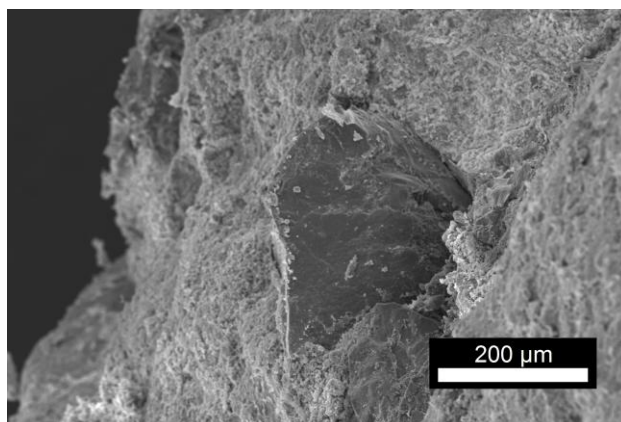


**24. ábra:** Molluszka-héjtöredékek iharkúti késő-kréta (santoni) koprolitban (KM.2)



**25. ábra:** Valószínűleg egy csiga operculumától származó lenyomat koprolit (KM.5) felszínén

Előkerült 17 db közelebbről nem meghatározható csonttöredék, melyek közül a legkisebb 0,35 mm (**26. ábra**), a legnagyobb 5 mm hosszúságú volt. A töredékek egy része a jellegzetes szivacsos csontszerkezetet mutatta (**7. ábra**), üregeikben gyakran pirit kristályokkal.



**26. ábra:** Csontszilánk egy késő-kréta (santoni) iharkúti koprolit (KM.P) mátrixában

Két fog került elő, egy 3 mm-es nem meghatározható töredék (**27. ábra**) és egy 7 mm-es (teljes) Pycnodontiformes halfog (**29. ábra**). A Pycnodontiformes halakra jellemzőek a lekerekített, olykor bab alakú fogak, melyek az állkapocs hátsó részében foglalnak helyet és valószínűleg kagylók, csigák héjának feltörésére használták őket (Gulyás, 2009). Az Iharkútról ismert Pycnodontiformes maradványok az eddigi vizsgálatok alapján a *Coelodus* genusba tartoznak (Ősi et al., 2012). A fogak felülete emésztési nyomokat tartalmazott, de mindkét esetben megfigyelhetők voltak a zománc maradványai (**28. ábra; 30. ábra**).



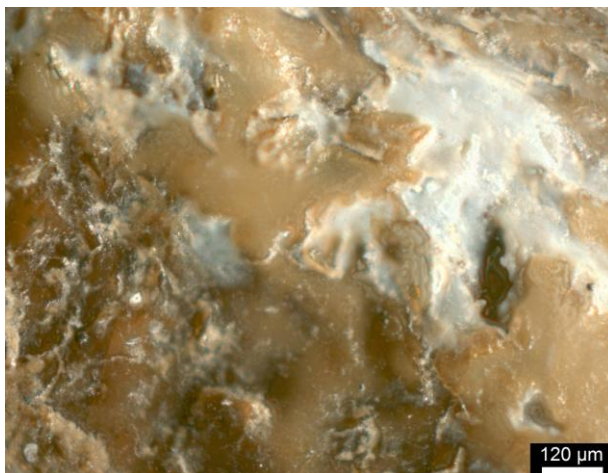
**27. ábra:** Közelebbről nem meghatározható fogtöredék késő-kréta (santoni) iharkúti koprolitból (KS.2)



**28. ábra:** A zománc részlegesen leoldódott a nem meghatározható fog felszínéről



**29. ábra:** Pycnodontiformes halfog késő-kréta (santoni) iharkúti koprolitból (KM.P)



**30. ábra:** A zománc részlegesen leoldódott a Pycnodontiformes fog felületéről

Ganoid halpikkelyek (**31. ábra**) közül 15 db került elő. Ezek jellegzetes rombusz alakú pikkelyek, melyek felületét a zománchoz hasonló hipermineralizált szövet, a ganoin borítja be (Sire et al., 2009). Méretük a 2 mm-es töredéktől a 6,1 mm-es közel teljes pikkelyig terjed. Felületükön emésztési nyomok figyelhetők meg, néhol előbukkan a pikkely réteges belső szerkezete (**32. ábra; 34. ábra**), mert felszínükről a ganoin részlegesen leoldódott. Ezek a pikkelyek valószínűleg az Iharkútról állkapocs-töredékek, csigolyák, fogak és pikkelyek alapján ismert (Gulyás, 2009) Lepisosteiformes ragadozó halakhoz (kajmánhalfélék) (Etnier & Starnes, 1993) tartoznak (**33. ábra**).



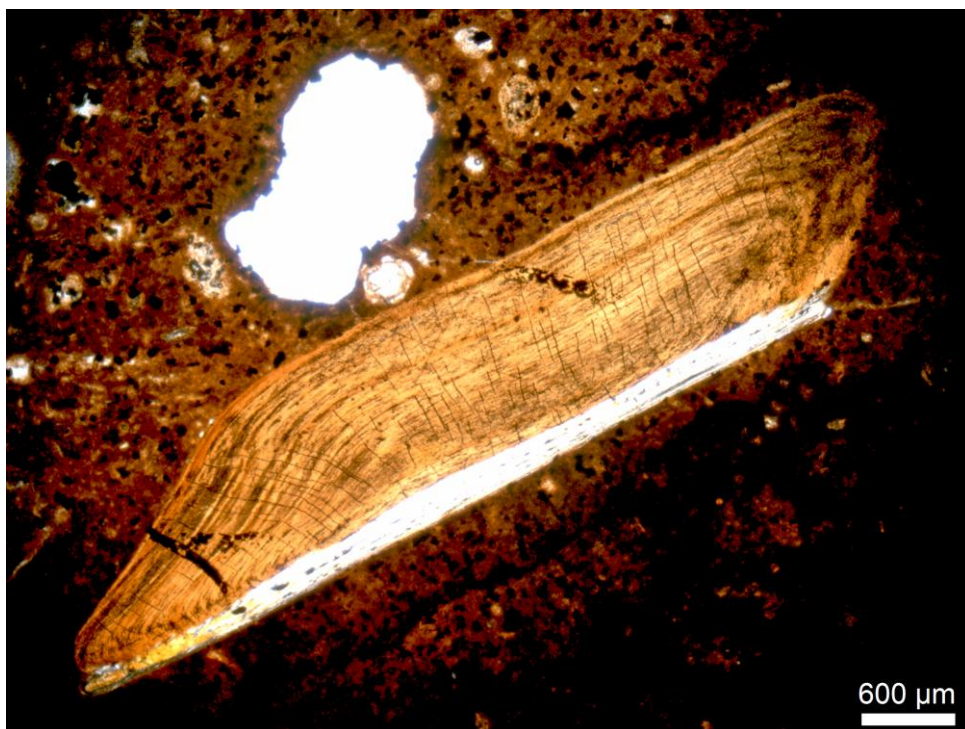
**31. ábra:** Ganoid halpikkely késő-kréta (santoni) iharkúti koprolitból (K3.4)



**32. ábra:** A részlegesen oldott ganoin alatt látható a pikkely belső szerkezete



**33. ábra:** Recens kajmánhal (*Lepisosteus oculatus*) pikkelyei az ELTE-TTK Természettudományi Múzeumában



**34. ábra:** Ganoid halpikkely metszete a késő-kréta (santoni) iharkúti koprolit (K3.4) vékonycsiszolatában, jól láthatóak a belső rétegek

## DISZKUSSZIÓ

### **A koprolitok morfológiája**

A felismert hét morfológia alapján nem lehet teljesen biztosan elkülöníteni azt, hogy melyik koprolit milyen állattól származik, mivel sokszor az egy csoportba tartozó állatok ürülékei sem egyformák és ezt az elfogyasztott táplálék is befolyásolhatja (Thulborn, 1991). Szűkíteni a kört csak a csavarodott és a spirális keresztmetszetű példányok esetében lehet.

Bár vannak formák, melyek jellegzetesen kisméretűek, mégsem lehet méret alapján messze menő következtetéseket levonni, nagyméretű állat is produkálhat kevés ürüléket (Thulborn, 1991).

A csavarodott (**2. ábra, E**) és a spirális keresztmetszetű (**2. ábra, F**) koprolitok formája arra utal, hogy olyan halaktól származnak, melyek bélcsatornájában spirális redő volt megtalálható (**35. ábra**) (McAllister, 1985; Thulborn, 1991). Recens megfigyelésekből tudjuk, hogy a spirális redő arra szolgál, hogy növelje a tápanyagfelszívó felületet anélkül, hogy a belek hosszát megnövelné (Mojetta, 2006). Több különböző változata ismert, mint például a gyűrűs és a csigavonalban felcsavart (McAllister, 1985).

Megkülönböztetnek heteropoláris és amphipoláris spirális koprolitot (Jain, 1983; Thulborn, 1991). Heteropoláris, amikor a szorosan felcsavarodott tekercsek az ürülék egyik végére összpontosulnak, amphipoláris pedig amikor a lazábban felcsavart tekercsek egyenletesen beborítják az ürülék felszínét. Jelenleg még vita tárgyát képezi, hogy ez az elkülönítés hordoz-e taxonómiai információt (Chin, 2002). Úgy gondolom, hogy a csavarodott **(2. ábra, E)** iharkúti koprolitok (pl.: K9.2.3) az amphipoláris kategóriába tartoznak, míg a spirális keresztmetszetűek **(2. ábra, F)** szorosabban felcsavartak (pl.: KS.1), ezért inkább a heteropolárisra emlékeztetnek, ezt a legjobban megőrződött példányok felszíni mintázata alapján nem lehet megerősíteni, mert azt kemény pirites kéreg borítja **(3. ábra)**.

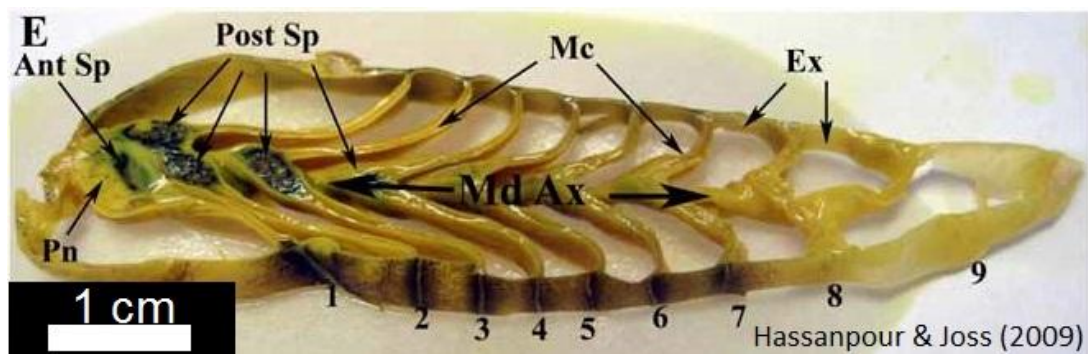
A fent említett morfológiájú koprolitokban csontszilánkok és pikkelyek is előfordultak. Az apatit jelenléte mátrixukban is arra utal, hogy létrehozóik állati táplálékot fogyaszthattak (Hollocher et al., 2005).

Mai ismereteink szerint a spirális redő megtalálható a cápáknál és rájáknál, a csontos halak közül a tüdőshalaknál **(36. ábra)** és egyes sugarasúszójú halaknál elcsökevényesedve (Hassanpour & Joss, 2009; Stringer & King, 2012). A más lelőhelyekről leírt kivételes megtartású Pycnodontiformes maradványok megkövesedett béltartalmából (Kriwet, 2001) tudjuk, hogy ezek a halak nem rendelkeztek spirális redővel. A kajmánhalfélék bélcsatornájában megtalálható a szerv kevésbé fejlett változata (Suttkus, 1963), de ez valószínűleg nem okozna ilyen formát (Waldman, 1970). A kutatás kiegészítéseként alkalmam nyílt felboncolni egy bambuszcápa spirális bélszakaszát az ELTE-TTK Biológiai Intézetében, hogy közvetlenül tanulmányozhassam a szervek anatómiáját **(37. ábra)**.

Iharkútról eddig nem kerültek elő tüdőshalakra, cápákra vagy rájákra utaló maradványok. Pontosan nem lehet megállapítani, miktől származnak ezek a spirális koprolitok, de jelenlétük utalhat arra, hogy a lelőhely egykori halfaunája gazdagabb lehetett annál, mint amit ma ismerünk.



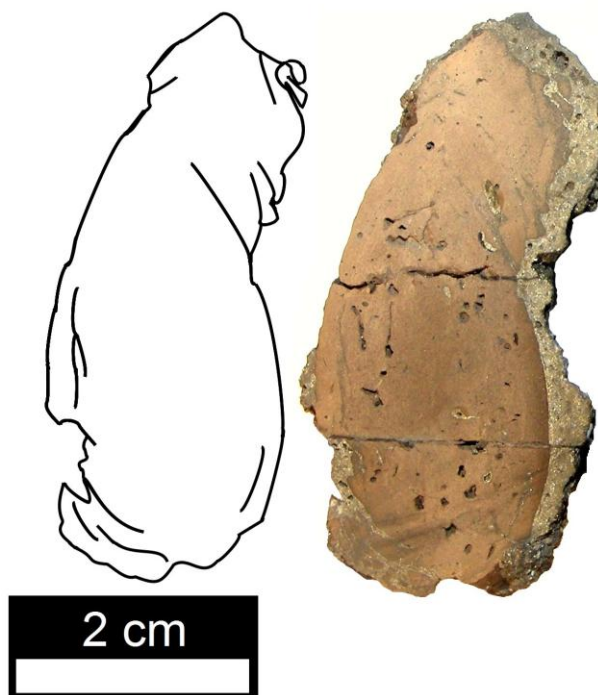
**35. ábra:** Egy iharkúti spirális keresztmetszetű koprolit (KS.1) (balra) és a mai tüdőshal (*Neoceratodus forsteri*) spirális bélszakaszának keresztmetszete, Hassanpour & Joss, (2009) nyomán



36. ábra: A mai tüdőshal (*Neoceratodus forsteri*) spirális bélszakaszának hosszmetsete, Hassanpour & Joss, (2009) nyomán



37. ábra: Egy bambuszcápa (*Chiloscyllium punctatum*) spirális bélszakaszának hosszmetsete



38. ábra: Iharkúti késő-kréta (santoni) spirális koprolit (KS.1) hosszmetsete

## Tafonómia

A KN.3-as példányon lévő repedések valószínűleg az ürülék zsugorodása következtében jöttek létre. Mivel kívülről befelé haladnak és befelé elkeskenyednek, kinyílásuk a felszínen kezdődhetett meg. A repedéseket üledék tölti ki, ezért valószínű, hogy a szárazföldön kiszáradt ürülék belekerült a folyómederbe, ahol eltemetődött. Ez tehát bizonyíték lehet arra, hogy szárazföldi, vagy szemiaquatikus állatok koprolitjai is megőrződtek.

A többi koprolit esetében, melyek felszíne sima, repedések nélküli, valószínű, hogy vízi állatoktól származnak, vagy olyan gyorsan belekerültek a vízbe és eltemetődtek, hogy nem volt idő száradásukra, zsugorodásukra (Northwood, 2005).

A vizsgált maradványok valóban koprolitok, nem konkréciók, mert a kőzetben látszik, hogy egy felületre leülepedett testről van szó, amit aztán további üledék temetett be. Ha utólagosan, az üledékben bomló maradványok köré a megváltozott kémiai viszonyok miatt kialakult konkrécióról lenne szó, akkor ez megtörné ezt a mintázatot ("bird's eye pattern" – Thulborn, 1991 p.343 fig.2).

Egyes nagyobb méretű példányok (pl.: K4.5.4) **(2.ábra, A)** azt sugallják, hogy szállítódás nélkül, gyorsan lesüllyedtek az aljzatra és betemetődtek. Elképzelhető, hogy a lelőhelyről ismert csontokhoz hasonlóan egyes koprolitok is hosszabb ideig szállítódtak, míg mások szinte azonnal betemetődhettek (Botfalvai et al., in press). Betemetődés után, az üledékben felhalmozódott nagy mennyiségű szerves anyag miatt reduktív, oxigénhiányos környezet jött létre (Tuba et al., 2006), ami lassíthatta a bomlást és kedvezhetett a koprolitok megőrződésének.

## Kémiai összetétel

Az eddig megvizsgált koprolitok közül, mind a növény-, mind a csonttartalmú minták esetében apatit (kalcium-foszfát) a mátrix fő alkotója, magas a foszfortartalom. **(8. ábra; 9. ábra)**. A lelőhelyről származó teknőspáncél összetétele hasonlított a koprolitokéhoz, a maradványokat magába foglaló agyagklasztos bázis-breccsa viszont jelentősen eltért abban, hogy nagyságrendekkel kevesebb foszfort tartalmazott, fluort pedig nem **(10. ábra)**.

Étrendből származó foszfátot a mai húsevő és rovarévő (Thulborn, 1991) állatok ürülékében találunk (Hollocher et al., 2005), mely származhat a csontokat alkotó karbonát-hidroxilapatitból (bioapatit,  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ), de foszfort nem csak a csontok tartalmazzak. Egy átlagos 70 kg-os ember kb. 700 g foszfort tartalmaz, melynek 85%-a a fogakban és a csontokban található, 14% a lágy szövetekben, 1% pedig extracellulárisan a vérben. A

sejtekben lévő foszfor nukleinsavakban, fehérjékben, szerves molekulákban van jelen (Uribarri, 2007). Növényi táplálék is lehet foszforban gazdag, összehasonlításképp: amíg 140 g csirkehús átlagosan 259 mg foszfort tartalmaz, addig egy tál (250 ml) lencse pedig 356 mg-ot (Uribarri, 2007). A fontos különbség az, hogy ezeknél a foszforban gazdag növényeknél (pl.: gabonafélék, rizs, lencse) ez a szemekben dúsul, míg az állati szövetekben mindenhol jelentős mennyiségben jelen van. Ezek a növénycsoportok azonban modernnek tekinthetők a zárvatermőkön belül. A perjevirágúak rendjében előfordulóhoz hasonló pollenszemcsék legrégebbi előfordulása maastrichti (Friis et al., 2011). A hüvelyeseknek nem ismert maradványa a krétából (Friis et al., 2011), az egyszikűek pollenjei nagyon ritkák a lelőhelyen (Bodor & Baranyi, 2012) és a teljes térségben a késő-krétában (Siegl-Farkas, 1993). A flóra összetételével kapcsolatos meglévő ismeretek alapján (Bodor & Baranyi, 2012) a foszfor forrásaként a növényi táplálék nem valószínű.

Az, hogy egy állat fel tudja dolgozni a csontokat, a fogazat mellett függ az emésztési rendszer tulajdonságaitól is. Minél savasabb egy közeg, annál jobban oldódik a kalcium-foszfát (Bergeim, 1926) és így több is felszívható belőle. A recens krokodilféléknél megfigyelték, hogy gyomorsavuk olyan erős (pH: 1,2), hogy a csontok szerves részeit teljesen lebontják, még az olyan ellenálló struktúrákat is, mint a fogzománc vagy a ganoin (Fisher, 1981). A táplálékkal elfogyasztott foszfor azonban nem tud teljesen felszívódni a belekben, mivel a gyomor savas közege után a táplálék a neutrális vagy enyhén lúgos belekbe kerül, ahol a felszívódással egy időben megkezdődik az oldott anyagok kiválása. Emberek esetében az elfogyasztott foszfornak például csak a 60%-a tud felszívódni (Uribarri, 2007). Ürítés után az újból kivált foszfát képezi majd az ürülék alapanyagát (mátrixát), és ez különbözteti meg más táplálékmaradványoktól, pl.: a köpetektől (Hattin, 1996).

A mintákból kimutatott fluor szintén származhat a csontokból, melyeknek van egy természetes fluortartalma (Bocherens, 1997), illetve a diagenézis során a bioapatit karbonát-fluorapatittá való alakulásából, bár ez utóbbi folyamat az iharkúti lelőhelyen nem ment végbe (Tuba et al., 2006). A vas és kén a külső eredetű pirit jelenlétére utal, mely ásvány megtalálható a rétegből előkerült csontokban is (Tuba et al., 2006). A befoglaló kőzet (koprolitokénál nagyságrendekkel kevesebb) foszfortartalmának jelenléte azzal magyarázható, hogy a kréta bauxitokat fedő üledékekben a detritális eredetű apatit nehézasványként előfordulhat (Woletz, 1963).

Bár a növényevők a legtöbb szárazföldi ökoszisztémában felülmúlják a ragadozók számát, a tőlük származó koprolitok nagyon ritkák, mivel egy növényevő állat ürüléke még sok olyan tápanyagot tartalmazhat, ami miatt a lebontó szervezetek, ízeltlábúak, puhatestűek

széttúrják, elfogyasztják (Chin, 2007). Emellett nem is találhatók bennük olyan ásványi anyagok, mint a húsevő állatok ürülékében a kalcium-foszfát, mely a diagnózis során apatitként kiválhatna (Zatoń & Rakociński, 2014). Ezek többnyire koncentrált növényi maradványokat tartalmazó karbonátos/szilikátos blokkok, melyeket valamilyen külső forrásból származó anyag cementált (Chin & Kirkland, 1998; Chin, 2007).

Összefoglalva tehát az iharkúti koprolitok kémiai összetételéből az következik, hogy olyan állatoktól származnak, melyek húst vagy csontokat fogyasztottak. Érdekes azonban, hogy több foszfátos koprolitban találtam magokat és más növényi maradványokat. Ezt a kérdést a „Következtetések a táplálékmaradványokból” fejezetben tárgyalom.

### **A H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – os és a pollenfeltárás eredménye**

A H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>- os és a pollenfeltárásból előkerült diatómák (**15. ábra**) és pollenszemcsék (**11. ábra**) olyan maradványok, melyek valószínűleg nem a táplálék részét képezték, hanem táplálkozás vagy ivás közben véletlenül nyelte le az állat, esetleg ráragadhattak a táplálékra. Pollen szempontjából nem ez a közeg a legproduktívabb (Bodor & Baranyi, 2012), a diatómák terén viszont ez a kevés maradvány is jelentős lehet, mert nem sok lelőhelyről ismerünk jól vizsgálható kréta diatómákat (Ambwani et al. 2003; Witkowski et al. 2011; Buczkó Krisztina szóbeli közlése, 2014). A fénymikroszkópos vizsgálat során előkerült diatómák rossz megtartásúak, töredékesek, érdemi eredményekhez még több mintára és scanning felvételekre van szükség.

### **Következtetések a táplálékmaradványokból**

A törési felületeken vizsgált kutikula-maradványok (**20. ábra**) valószínűleg lenyomatok és megegyeznek a pollenfeltárásból előkerült, közel hatszöges szabályos sejtekkel rendelkező (**12. ábra**) formával. Ezek eredetileg olyan nagyobb területű kutikulák részei lehettek, amik emészthetetlennek bizonyultak (Bajdeka et al., 2014) és belekerültek az állatok ürülékébe, ami még lágy állapotában felvette alakjukat. A szerves kutikulák később eltűntek, valószínűleg lebomlottak, alattuk viszont ott maradt mintázatuk a koprolit finomszemcsés anyagában. Ezért mutatott az ezeken a leleteken végzett EDS mérés a koprolit alapanyagához hasonló összetételt (**23. ábra**), hiszen valójában tényleg a koprolit (növényi sejtek alakját felvett) alapanyaga volt a mérés tárgya. A másik, szabálytalanabb sejtekkel rendelkező kutikula (**13. ábra**) sejtjei hasonlóak a lótoszfélék (**14. ábra**) levelének vízzel érintkező alsó felületéhez (Ensikat et al., 2011). A lótoszfélék olyan vízi növények, melyek levelének vízzel

érintkező alsó epidermisze nem, vagy csak nagyon kevés gázcserenyírást tartalmaz, ezek a felső epidermiszre összpontosulnak. A vízzel érintkező levélfelület viszont egy viaszos bevonatú (Ensikat et al., 2011). Elképzelhető, hogy a koprolitokban fennmaradt kutikula-mintázatok és foszlányok is egy a lótoszfélékhez hasonló vízi növény kutikulájának, a viaszos réteg miatt emészthetetlen maradványai.

A koprolitok kémiai összetétele azt sugallja, hogy húsevő állatoktól származnak, mégis több, a pollennél és diatómáknál nagyobb növényi maradvány került elő belőlük (magok, kutikula). Ennek az egyik magyarázata az lehet, hogy véletlenül nyelték őket le, nem részei a tápláléknak. A koprolitokban előforduló magok, növényi részek jelenlétére az is magyarázat lehet, hogy részei voltak a tápláléknak és szándékosan ették meg ezeket. Iharkútról ismerjük a heterodont fogazatú *Iharkutosuchus makadii* (Ősi et al., 2007), mely összetett rágási mechanizmusával hatékonyan tudta feldolgozni sokrétű táplálékát (Ősi & Weishampel, 2009). Esetleg ehhez az állathoz is tartozhattak a növényi részeket tartalmazó foszfátos koprolitok. Elképzelhető azonban az is, hogy a fogazat nem tükrözi, ha az alapvetően húsevő állat időközönként növényi táplálékot is fogyaszt. Recens vadon élő krokodilfélék gyomortartalmában gyakran találnak magokat és más növényi részeket (Platt et al., 2013), fogságban tartott kajmánoknál pedig megfigyelték, hogy olykor gyümölcsöket esznek (Brito et al., 2002).

A puhatestűeket legvalószínűbb, hogy a kemény héjú táplálékok elfogyasztására specializálódott Pycnodontiformes halak (Gulyás, 2009), vagy a változatos táplálékot fogyasztó *Iharkutosuchus* ette meg.

A koprolitokból előkerült fogak felszíne mutatott oldási nyomokat, de a zománc maradványai mindkettőnél megfigyelhetőek voltak. A mai krokodilfélék esetében jól dokumentálták, hogy gyomorsavuk erőssége miatt teljesen feloldják a mineralizált szöveteket és a fogakból csak a több szerves anyagot tartalmazó dentin maradványa marad vissza (Fisher, 1981). Ha elfogadjuk, hogy ez a megállapítás a már kihalt húsevő krokodilfélékre is igaz (Hunt et al., 2010) akkor a Pycnodontiformes halat nem egy húsevő krokodil fogyasztotta el, hasonlóan azokhoz a ganoid pikkelyekhez, melyek felszínén még megtalálható volt a ganoin maradványa. Theropoda dinoszauruszok és moszaszauruszok esetében olyan gyomortartalmak (Hone & Rauhut, 2010; Lindgren et al., 2010) és koprolitok (Chin et al., 1998) kerültek elő, melyek arra utalnak, hogy ezeknek az állatoknak vagy nem volt olyan erős a gyomorsavuk, vagy sokkal gyorsabb volt az emésztésük és a táplálék kevesebb időt töltött a savas közegben, így nem oldódtak fel a csontok, a zománc és ganoin (Lindgren et al., 2010). Az Iharkútról ismert 6 méteres testhosszt is elérő *Pannoniasaurus inexpectatus* (Makádi et al.,

2012) valószínűleg elfogyaszthatta ezeket a halakat (Botfalvai et al., 2014). A Pycnodontiformes hal maradványát tartalmazó koprolitban csontszilánkok is előfordultak, és bár a *Pannoniasaurus* fogazata nem a kemény csontok feldolgozására való (Massare, 1987), elképzelhető, hogy a halak elfogyasztása közben letörhettek kisebb csontszilánkokat.

A Lepisosteiformes halak szintén ragadozó életmódot folytattak és akár a Pycnodontiformes halat is elfogyaszthatták, bár kérdéses hogy letörhettek volna szilánkokat a csontokról. Iharkúton megtalált fogaik alapján akár több méteresre is megnőhettek, elképzelhető, hogy a recens példányokhoz hasonlóan (Mendoza et al. 2002) a kréta kajmánhalak is hajlamosak voltak a kannibalizmusra, a nagyobb példányok megehették kisebb fajtársaikat.

Annak a lehetősége, hogy a halmaradványokat tartalmazó koprolitokat ragadozó dinoszauruszok hagyták hátra kisebb, teljesen mégsem lehet kizárni, mivel egyes lelőhelyekről ismerünk halakkal táplálkozó ragadozó dinoszauruszokat (Hone & Rauhut, 2010). Elképzelhető, hogy a nagyobb csonttöredékeket tartalmazó koprolitokat egy a vízparton járó Theropoda hagyta hátra, de mivel a dinoszauruszok emésztésével kapcsolatban nincs elég ismeretünk, ezért ez egyelőre nyitott kérdés marad.

Azon koprolitok, melyek nem tartalmaztak felismerhető maradványokat lehetséges, hogy olyan állatoktól származnak, melyek nem tudták a keményebb részeket elfogyasztani, vagy olyanoktól, melyek gyomorsava elég erős volt ahhoz, hogy teljesen feloldja a csontokat (pl.: húsevő krokodilok) (Fisher, 1981).

## KONKLÚZIÓK

Az eddigi eredmények alapján növényevő állatok koprolitjait nem lehetett azonosítani. A koprolitok viszonylag nagy száma abból adódik, hogy olyan állatoktól származnak, melyek húst, csontokat tehát állati eredetű táplálékot fogyasztottak, mivel ebben a táplálékban találhatóak meg azok az ásványi anyagok, melyek az ürülékbe kerülve elősegítik annak megőrződését (kalcium; foszfor, apatitként).

A csavarodott és a spirális keresztmetszetű koprolitok arra utalnak, hogy az egykori faunában előfordulhattak olyan halak, melyek bélcsatornájában spirális redő volt. Valószínűleg olyan csoportokra utaló nyomok tehát ezek, melyek jelenléte a lelőhelyen vázmaradványaik hiányában eddig fel sem merült.

A legtöbb koprolit valószínűleg vízi állatoktól származik, ezek hamar betemetődhetnek ürítés után. Egy példányon található száradási repedések utalnak arra, hogy szárazföldi állat ürüléke is fennmaradt (KN.3).

Ebből következően a legtöbb új információ a vízi életközösségekkel kapcsolatos. Az előkerült, csak részlegesen oldott fogak és pikkelyek nagy száma bizonyítja, hogy a korábban már megismert *Lepisosteiformes* és *Pycnodontiformes* halak zsákmányként is részesei voltak a táplálékláncnak, a maradványok részleges oldásából sejteni lehet, hogy nem húsevő krokodilok fogyasztották el őket. Lehetséges ragadozók a *Pannoniasaurus*, vagy a kifejlett *Lepisosteiformes* halak lehettek. Ez persze nem zárja ki annak a lehetőségét, hogy krokodilok vagy más húsevők is fogyasztottak volna halakat, talán a későbbiekben erre vonatkozóan is kerül elő a bizonyíték.

A *Pycnodontiformes* halak nem csak zsákmányállatok voltak, ezek az egykori folyó medrében élő puhatestűekkel táplálkoztak. Valószínűleg ennek bizonyítékai a koprolitokból előkerült héjtöredékek.

A magokat és más növényi részeket tartalmazó koprolitok talán az *Iharkutosuchus* krokodilhoz tartoznak, ám az is lehetséges, hogy véletlen lenyelés eredményei, esetleg a növényevő zsákmányállat tápcsatornájából jutottak a ragadozóba.

A koprolitok megőrzése révén előkerültek olyan növényi lágyszövetek maradványai, diatómák melyek nem fosszilizálódtak másképp a lelőhelyen, és rengeteg új információt adhatnak pl. a kréta diatóma kutatást illetően.

## **KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS**

Köszönettel tartozom a sok segítségért, tanácsért és türelemért témavezetőimnek, Ősi Attilának, Buczkó Krisztinának, és konzulensemnek, Bodor Emesének.

Ugyancsak hálás vagyok a sok tanácsért és segítségért, amit Makádi Lászlótól, Prondvai Edinától, Szabó Mártontól, Gulyás Pétertől, Hajdu Zsófitól, Pecsics Tibortól, Botfalvai Gábortól, Sente Istvántól, Sztanó Orsolyától, Kalapos Tibortól, Farkas Jánostól, Dódony Istvántól, Mindszenty Andreától, Bóka Károlytól, Kovács Györgytől, Virág Attilától, Palotás Klárától, Bosnakoff Marianntól, Ébner Iréntől, Borsányi Zoltántól kaptam.

Köszönöm a vizsgálatok során nyújtott segítségét Kalmár Rékának, Cora Ildikónak, Dallos Zsoltnak, Lovász Anikónak, Bátori Miklósnénak, Bendő Zsoltnak, Földes Tamásnak, Tokai Richárdnak, Haibach Katának és Luczek Liviának, valamint hálával tartozom az iharkúti ásatások résztvevőinek, akik hozzájárultak a leletanyag begyűjtéséhez.

Köszönöm Családomnak és Barátaimnak felbecsülhetetlen támogatásukat!

### **A következő intézmények és cégek támogatták az iharkúti gerinces lelőhellyel kapcsolatos kutatásokat:**

Magyar Tudományos Akadémia, Magyar Természettudományi Múzeum, Országos Tudományos Kutatási Alap (T-38045, PD 73021, NF 84193), MTA-ELTE Lendület Program (Grant no. 95102), Pro Renovanda Cultura Hungariae Alapítvány, National Geographic Society (Grant no. 7228-02,7508-03), Eötvös Loránd Tudományegyetem Őslénytani Tanszék, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, NKTH-TÉT (ARG-8/2005, FR-22/2008), MFGI 2014/11.1-es projekt, DinoPark Kft., Jurassic Foundation, Hantken Miksa Alapítvány, Ajka, Pápa, Németbánya és Bakonyjákó Önkormányzatai, Europharma Kft., Ferrokémia Rt., Loctite Rt., Pet- Pack Ipari és Kereskedelmi Kft. (Balfi üzem), Univer Kft., Bakonyi Bauxitbánya Kft, Geovolán Kft., Mol Nyrt., Piszke Papír Rt., Pápai Hús Rt., Light Tech Kft., Printer-fair Kft.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- Ambwani, K., A. Sahni, K. R. Kar, D. Dutta, (2003):** Oldest known non-marine diatoms (Aulacoseira) from the uppermost Cretaceous Deccan Intertrappean beds and Lameta Formation of India. *Revue de Micropaleontologie*, 46(2), 67-71.
- Bajdeka, P., K. Owockib, G. Niedźwiedzic, (2014):** Putative dicynodont coprolites from the Upper Triassic of Poland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 411, 1–17.
- Bergeim, O., (1926):** Intestinal Chemistry: V. Carbohydrates and calcium and phosphorus absorption. *J. Biol. Chem*, 70, 35-45.
- Bocherens, H., (1997):** Chemical Composition of Dinosaur Fossils. In: P.J. Currie, and K. Padian, [eds.], *Encyclopedia of Dinosaurs*. Academic Press. San Diego. 111-117.
- Bodor, E. R. & V. Baranyi, (2012):** Palynomorphs of the Normapolles group and related plant mesofossils from the Iharkút vertebrate site, Bakony Mountains (Hungary). *Central European Geology*, 55, 259-292.
- Botfalvai, G., E. Prondvai, A. Ősi, (2014):** Inferred bite marks on a Late Cretaceous (Santonian) bothremydid turtle and a hylaeochampsid crocodilean from Hungary. *Cretaceous Research*, 50, 204-317.
- Botfalvai, G., A. Ősi, A. Mindszenty, (in press):** Taphonomic and paleoecologic investigations of the Late Cretaceous (Santonian) Iharkút vertebrate assemblage (Bakony Mts, Northwestern Hungary). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*,
- Buckland, W., (1829):** On the discovery of coprolites, or fossil faeces, in the Lias at Lyme Regis, and in other formations. *Transactions of the Geological Society, London*, 3, 223-236.
- Bujtor, L., (2012):** The palaeontological character of the Lower Cretaceous (Valanginian) hydrothermal vent site of the Mecsek Mts., Hungary. *Földtani Közlöny*, 142/2, 137-148.
- Brito, P. S., D. V. Andrade, A. S. Abe, (2002):** Do caimans eat fruit? *Herpetological Natural History*, 9(1), 95–96.
- Chin, K., T. T. Tokaryk, G. M. Erickson, L. C. Calk, (1998):** A king-sized theropod coprolite. *Nature*, 393, 680-682.
- Chin, K. & J. I. Kirkland, (1998):** Probable herbivore coprolites from the Upper Jurassic Mygatt-Moore Quarry, Western Colorado. *Modern Geology*, 23, 249-275.
- Chin, K., (2002):** Analyses of coprolites produced by carnivorous vertebrates. In: Kowalewski, M. and P.H. Kelley, [eds.], *Predation in the Fossil Record*. Paleontological Society Special Paper, 8, 43-49.
- Chin, K., (2007):** The paleobiological implications of herbivorous dinosaur coprolites from the Upper Cretaceous Two Medicine Formation of Montana: why eat wood? *Palaaios*, 22, 554-566.

**Coy, E. C., (1995):** The first record of spiral coprolites from the Dinosaur Park Formation (Judith River Group, Upper Cretaceous) southern Alberta. Canada Journal of Paleontology, 69, 1191-1194.

**Ensikat, H. J., P. Ditsche-Kuru, C. Neinhuis, W. Barthlott, (2011):** Superhydrophobicity in perfection: the outstanding properties of the lotus leaf. Beilstein J. Nanotechnol 2, 152–161.

**Etnier, D. A. & W. C. Starnes, (1993):** Order Lepisosteidae – Gars. In: The fishes of Tennessee. University of Tennessee Press. Knoxville. 107-113.

**Fisher C. D., (1981):** Crocodilian Scatology, Microvertebrate Concentrations, and Enamel-Less Teeth. Paleobiology, 7, 262-275.

**Friis, E. M., Crane, P. R., Pedersen, K. R., (2011):** Early flowers and angiosperm evolution. Cambridge University Press, 585 pp.

**Frumin S. & E. M. Friis, (1999):** Magnoliid reproductive organs from the Cenomanian-Turonian of north-western Kazakhstan: Magnoliaceae and Illiciaceae. Syst. Evol., 216, 265-288.

**Gulyás, P., (2009):** The fish fauna of the late cretaceous (santonian) continental vertebrate locality of Iharkut (Bakony mountains, Hungary). Journal of Vertebrate Paleontology, 29 (3, supplement), 109A.

**Hassanpour, M. & J. Joss, (2009):** Anatomy and Histology of the Spiral Valve Intestine in Juvenile Australian Lungfish, *Neoceratodus forsteri*. The Open Zoology Journal, 2, 62-85.

**Hattin, E. D., (1996):** Fossilized regurgitate from Smoky Hill Member of Niobrara Chalk (Upper Cretaceous) of Kansas, USA. Cretaceous Research, 17, 443–450.

**Herbig, H.-G., (1993):** First Upper Devonian crustacean coprolites; *Favreina prima* n. sp. from northern Morocco. Journal of Paleontology, January, 67, 98-103.

**Hollocher, T. K., O. A. Alcober, C. E. Colombi, T. C. Hollocher (2005):** Carnivore Coprolites from the Upper Triassic Ischigualasto Formation, Argentina: Chemistry, Mineralogy, and Evidence for Rapid Initial Mineralization. Palaios, 20, 51-63.

**Hone, W. E. D. & O. W. M. Rauhut, (2010):** Feeding behaviour and bone utilization by theropod dinosaurs. Lethaia, 43, 232–244.

**Hunt, A. P. & S. G. Lucas, (2010):** Crocodylian coprolites and the identification of the producers of coprolites. Bulletin - New Mexico Museum of Natural History and Science 51, 219-226.

**Hunt, A. P., S. G. Lucas, J. Milàn, J. A. Spielmann, (2012):** Vertebrate coprolite studies: summary and prospectus. New Mexico Museum of Natural History and Science bulletin, 57, 5-24.

**Jain, S., (1983):** Spirally coiled 'coprolites' from the Upper Triassic Maleri Formation, India. *Palaeontology*, 26, 813-829.

**James F. H. & D. A. Burney, (1997):** The diet and ecology of Hawaii's extinct flightless waterfowl: evidence from coprolites. *Biological Journal of the Linnean Society*, 62, 279–297.

**Johnson, H. J., (1934):** A Coprolite Horizon in the Pennsylvanian of Chaffee and Park Counties. *Colorado Journal of Paleontology*, 8, 477-479.

**Johnson, L. K., K. J. Reinhard, L. Sianto, A. Araújo, S. L. Gardner, J. Janovy Jr., (2008):** A Tick From a Prehistoric Arizona Coprolite. *Journal of Parasitology*, 94, 296-298.

**Kriwet, J., (2001):** Feeding mechanisms and ecology of pycnodont fishes (Neopterygii,  $\hat{A}$ †Pycnodontiformes). *Mitteilungen aus dem Museum für Naturkunde zu Berlin, Geowissenschaftliche*, 4, 139-165.

**Lindgren, J., M. W. Caldwell, T. Konishi, M. L. Chiappe, (2010):** Convergent Evolution in Aquatic Tetrapods: Insights from an Exceptional Fossil Mosasaur. *PLoS ONE*, 5(8): e11998. doi:10.1371/journal.pone.0011998

**Majer, I., (1921):** Felső-kréta Dinosaurius nyomok a Kosdi eocén szénteleg fekűjében *Földtani Közlöny*, 1921/22, 4-12.

**Makádi, L., M. W. Caldwell, A. Ősi, (2012):** The First Freshwater Mosasauroid (Upper Cretaceous, Hungary) and a New Clade of Basal Mosasauroids. *PLoS ONE*, DOI: 10.1371/journal.pone.0051781

**Massare, J. A., (1987):** Tooth Morphology and Prey Preference of Mesozoic Marine Reptiles. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 7, 121-137.

**McAllister, J. A., (1985):** Reevaluation of the formation of spiral coprolites: The University of Kansas Paleontological Contributions, 114, 1-12.

**Mendoza, R., C. Aguilera, G. Rodríguez, M. González, R. Castro, (2002):** Morphophysiological studies on alligator gar (*Atractosteus spatula*) larval development as a basis for their culture and repopulation of their natural habitats. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 12, 133-142.

**Milán, J., B. W. Rasmussen, N. Lynnerup, (2012):** A coprolite in the MDCT-scanner – internal architecture and bone contents revealed. *New Mexico Museum of Natural History and Science bulletin* 57, 99-103.

**Mojetta, A., (2006):** Cápák - víz alatti világ, Alexandra Könyvkiadó 168pp.

**Molnar, E. R. & T. H. Clifford, (2000):** Gut Contents of a Small Ankylosaur. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 20, 194-196.

**Nambudiri, V. M. E., P. L. Binda, (1989):** Dicotyledonous fruits associated with coprolites from the Upper Cretaceous (Maastrichtian) Whitmud Formation, southern Saskatchewan. *Canada Review of Palaeobotany and Palynology*, 59, 57–66.

**Northwood, C., (2005):** Early Triassic coprolites from Australia and their palaeobiological significance. *The paleontological association*, 48, 49–68.

**Ósi, A. & D. B. Weishampel, (2009):** Jaw mechanism and dental function in the Late Cretaceous basal eusuchian *Iharkutosuchus*. *Journal of Morphology*, 270(8), 903–920.

**Ósi, A., J. M. Clark, D. B. Weishampel, (2007):** First report on a new basal eusuchian crocodyliform with multi-cusped teeth from the Upper Cretaceous (Santonian) of Hungary. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paleontologie*, 243(2), 169–177.

**Ósi, A., L. Makádi, M. Rabi, Z. Szentesi, G. Botfalvai, P. Gulyás, (2012):** The Late Cretaceous continental vertebrate fauna from Iharkút, western Hungary: a review. *Bernissart Dinosaurs and Early Cretaceous Terrestrial Ecosystems* (ed. P. Godefroit), Indiana University Press, 533–568.

**Platt, S. G., R. M. Elsey, H. Liu, T. R. Rainwater, J. Nifong, A. E. Rosenblatt, M. R. Heithaus, F. J. Mazzotti, (2013):** Frugivory and seed dispersal by crocodilians: an overlooked form of saurochory? *Journal of Zoology* DOI: 10.1111/jzo.12052

**Prasad, V., A. C. Strömberg, H. Alimohammadian, A. Sahni, (2005):** Dinosaur coprolites and the early evolution of grasses and grazers. *Science*, 310, 1177–1180.

**Reinhard J. K. & Jr. B. M. Vaughn, (1992):** Coprolite Analysis: A Biological Perspective on Archaeology. *Archaeological Method and Theory*, 4, 245–288.

**Sander, P., M. Gee, C. T. Hummel, J. M. Clauss., (2010):** Mesozoic plants and dinosaur herbivory. In Gee, C. T (ed). *Plants In Mesozoic Time: Morphological Innovation, Phylogeny, Ecosystems*. Indiana University Press, Bloomington, 331–359.

**Siegl-Farkas, A., (1993):** Palynostratigraphy of the Upper Cretaceous in Hungary. *Cretaceous Research*, 14, 663–668.

**Sire, J.-Y., P. C. J. Donoghue, M. Vickaryous, (2009):** Origin and evolution of the integumentary skeleton in non-tetrapod vertebrates. *Journal of Anatomy*, 214, 409–440.

**Suttkus, R. D., (1963):** Order Lepisosteii. In: *Fishes of the Western North Atlantic*. Memoir Sears Foundation for Marine Research, 1(3), 61–88.

**Stringer, G. L., & L. King, (2012):** Late eocene shark coprolites from the Yazoo Clay in northeastern Louisiana. *New Mexico Museum of Natural History and Science, Bulletin*, 57, 275–310.

**Thulborn, R. A., (1991):** Morphology, preservation and palaeobiological significance of dinosaur coprolites. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 83, 341–366.

**Tuba, Gy., P. Kiss, M. Pósfai, A. Mindszenty, (2006):** Diagenesis history studies on the bone material of the Upper Cretaceous dinosaur locality in the Bakony Mts. *Földtani Közlöny*, 136/1, 1–24.

**Uribarri J., (2007):** Phosphorus metabolism and management in chronic kidney disease: Phosphorus Homeostasis in Normal Health and in Chronic Kidney Disease Patients with Special Emphasis on Dietary Phosphorus Intake Seminars. *Dialysis*, 20(4), 295-301.

**Waldman, M., (1970):** Comments on a Cretaceous coprolite from Alberta, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 7(3), 1008-1012.

**Witkowski, J., D. M. Harwood, K. Chin, (2011):** Taxonomic composition, paleoecology and biostratigraphy of Late Cretaceous diatoms from Devon Island. Nunavut, Canadian High Arctic. *Cretaceous Research*, 32, 277–300.

**Woletz, G., (1963):** Charakteristische Abfolgen der Schwermineralgehalt ein Kreide- und Alttertiär- Schichten der nördlichen Ostalpen. *Jb. geol.B.-A.*, 106, 89—119, Wien

**Zatoń, M., & M. Rakociński, (2014):** Coprolite evidence for carnivorous predation in a Late Devonian pelagic environment of southern Laurussia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 394, 1–11.

## **1. FÜGGELÉK**

2013 óta foglalkozok az iharkúti koprolit leletanyag rendszerezésével, feldolgozásával. Feladatom az volt, hogy a maradványok vizsgálatával új ismeretekre tegyek szert az egykori állatok táplálkozási szokásairól, az ökológiai kapcsolatokról és az élőhelyről.

Munkám során rendszereztem az Iharkútról 2000 óta begyűjtésre került, a Magyar Természettudományi Múzeum gyűjteményében található megkövesedett ürülékeket. A példányokat megtisztítottam, kipreparáltam a kőzetből. A koprolitok közül morfológiai csoportokat különítettem el. A szisztematikus vizsgálatok előtt lefotóztam és lemértem a maradványokat, dokumentáltam felszíni nyomaikat és alapanyaguk színét. Példányokat választottam ki komputertomográfus vizsgálatához, majd elemeztem az elkészült felvételeket. Dokumentálás után a koprolitokat nagyobb darabokra bontottam és vékonycsiszolatokat készítettem. A bennük talált zárványokat kipreparáltam, fénymikroszkóppal vizsgáltam, róluk elektronmikroszkópos felvételeket készítettem. A koprolitokból mintát vettem pollenfeltárás céljából, melynek kielemeztem eredményét. A koprolitokból mintát vettem,  $H_2O_2$ -os feltárást készítettem, kielemeztem a feltárás eredményét. A röntgenpordiffrakciós vizsgálatokhoz mintát vettem a koprolitokból, ezt a méréshez előkészítettem, az elkészült eredményeket kiértékeltem. A röntgen fluoreszcens vizsgálatokhoz mintát vettem a koprolitokból, egy csontmaradványból és a befoglaló kőzetből. A mintákat előkészítettem a vizsgálatához, majd kiértékeltem az elkészült eredményeket.

Az iharkúti leletek mellett összehasonlító anyagot vizsgáltam a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet gyűjteményében. Recens összehasonlításként felboncoltam egy bambuszcápa spirális bélszakaszát az Eötvös Loránd Tudományegyetem Biológiai Intézetében.

## 2. FÜGGELÉK

A szisztematikus vizsgálatokhoz felhasznált példányok adatai:

| Kód    | Fotódokumentáció | Állapot begyűjtéskor | Csoportosítási alap                           |
|--------|------------------|----------------------|-----------------------------------------------|
| K9.2.1 | Van              | Teljes               | Csavarodott morfológia                        |
| K9.2.2 | Van              | Teljes               | Csavarodott morfológia                        |
| K9.2.3 | Van              | Teljes               | Csavarodott morfológia                        |
| K9.2.4 | Van              | Teljes               | Csavarodott morfológia                        |
| K9.2.5 | Van              | Teljes               | Csavarodott morfológia                        |
| K6.1   | Van              | Teljes               | Gömbölyded, homorulattal morfológia           |
| K6.2   | Van              | Teljes               | Gömbölyded, homorulattal morfológia           |
| K6.3   | Van              | Teljes               | Gömbölyded, homorulattal morfológia           |
| K3.1   | Van              | Teljes               | Hengeres, elkeskenyedő végekkel morfológia    |
| K3.2   | Van              | Teljes               | Hengeres, elkeskenyedő végekkel morfológia    |
| K3.3   | Van              | Teljes               | Hengeres, elkeskenyedő végekkel morfológia    |
| K3.4   | Van              | Teljes               | Hengeres, elkeskenyedő végekkel morfológia    |
| K3.5   | Van              | Teljes               | Hengeres, elkeskenyedő végekkel morfológia    |
| K4.5.1 | Van              | Teljes               | Hajlított, hengeres morfológia                |
| K4.5.2 | Van              | Teljes               | Hajlított, hengeres morfológia                |
| K4.5.3 | Van              | Teljes               | Hajlított, hengeres morfológia                |
| K4.5.4 | Van              | Teljes               | Hajlított, hengeres morfológia                |
| K4.5.5 | Van              | Teljes               | Hajlított, hengeres morfológia                |
| K1.1   | Van              | Teljes               | Gömbölyded morfológia                         |
| K1.2   | Van              | Teljes               | Gömbölyded morfológia                         |
| K11.1  | Van              | Teljes               | Morfológiába nem besorolható v. amorf         |
| K11.2  | Van              | Teljes               | Morfológiába nem besorolható v. amorf         |
| K11.3  | Van              | Teljes               | Morfológiába nem besorolható v. amorf         |
| KS.1   | Van              | Teljes               | Hosszúak, spirális keresztmetszetű morfológia |
| KS.2   | Van              | Törött               | Hosszúak, spirális keresztmetszetű morfológia |
| KS.3   | Van              | Törött               | Hosszúak, spirális keresztmetszetű morfológia |
| KS.4   | Van              | Törött               | Hosszúak, spirális keresztmetszetű morfológia |
| KS.5   | Van              | Törött               | Hosszúak, spirális keresztmetszetű morfológia |
| KM.6   | Van              | Törött               | Hosszúak, spirális keresztmetszetű morfológia |
| KN.3   | Van              | Teljes               | Szénült növényi részek a mátrixban            |
| KN.5   | Van              | Törött               | Szénült növényi részek a mátrixban            |
| KB.1   | Van              | Teljes               | Kutikula maradványokat tartalmazóak           |
| KB.2   | Van              | Törött               | Kutikula maradványokat tartalmazóak           |
| KB.3   | Van              | Törött               | Kutikula maradványokat tartalmazóak           |
| KB.4   | Van              | Törött               | Kutikula maradványokat tartalmazóak           |
| KB.5   | Van              | Törött               | Kutikula maradványokat tartalmazóak           |
| KM.1   | Van              | Teljes               | Egyébb, maradványokat tartalmazóak            |
| KM.2   | Van              | Törött               | Egyébb, maradványokat tartalmazóak            |
| KM.5   | Van              | Törött               | Egyébb, maradványokat tartalmazóak            |
| KM.7   | Van              | Törött               | Egyébb, maradványokat tartalmazóak            |
| KM.8   | Van              | Törött               | Egyébb, maradványokat tartalmazóak            |
| KM.9   | Van              | Teljes               | Egyébb, maradványokat tartalmazóak            |
| KM.10  | Van              | Törött               | Egyébb, maradványokat tartalmazóak            |
| KM.P   | Van              | Törött               | Egyébb, maradványokat tartalmazóak            |
| K130   | Van              | Teljes               | Egyébb, maradványokat tartalmazóak            |

| Kód    | Belső mátrixának színkódja (Geological Rock-Color Chart )                 | Tömeg (g) | Legnagyobb hosszúság (mm) | Legnagyobb átmérő (mm) |
|--------|---------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------|------------------------|
| K9.2.1 | Grayish orange 10YR 7/4                                                   | 10,15     | 36                        | 18                     |
| K9.2.2 | Dark yellowish brown 10YR 4/2                                             | 54,05     | 48                        | 34                     |
| K9.2.3 | Grayish orange 10YR 7/4                                                   | 20,87     | 40,5                      | 24                     |
| K9.2.4 | Pale yellowish brown 10YR 6/2                                             | 15,76     | 36                        | 19                     |
| K9.2.5 | Pale yellowish brown 10YR 6/3                                             | 8,98      | 36,5                      | 24,5                   |
| K6.1   | Grayish orange 10YR 7/4                                                   | 1,03      | 8,5                       | 16,9                   |
| K6.2   | Pale brown 5YR 5/2                                                        | 1,53      | 9,5                       | 15,5                   |
| K6.3   | Pale brown 5YR 5/2                                                        | 0,9       | 8                         | 12,8                   |
| K3.1   | Grayish orange 10YR 7/4                                                   | 19,68     | 47                        | 19,05                  |
| K3.2   | Grayish orange 10YR 7/4                                                   | 20,56     | 55,4                      | 20                     |
| K3.3   | Pale yellowish brown 10YR 6/2                                             | 22,18     | 50,5                      | 21,5                   |
| K3.4   | Dark yellowish brown 10YR 4/2                                             | 8,69      | 45                        | 18                     |
| K3.5   | Pale yellowish brown 10YR 6/2                                             | 40,07     | 56                        | 23                     |
| K4.5.1 | Dark yellowish brown 10YR 4/2                                             | 110,39    | 84,2                      | 43,8                   |
| K4.5.2 | Dark yellowish brown 10YR 4/3                                             | 133,28    | 83                        | 39                     |
| K4.5.3 | Grayish orange 10YR 7/4                                                   | 39,85     | 62                        | 26,5                   |
| K4.5.4 | Dark yellowish brown 10YR 4/3                                             | 83,18     | 86                        | 31                     |
| K4.5.5 | Kívül: Pale yellowish brown 10YR 6/2 Belül: Pale brown 5YR 5/2            | 73,32     | 60                        | 33,5                   |
| K1.1   | Pale yellowish brown 10YR 6/2                                             | 93,98     | 62                        | 45                     |
| K1.2   | Grayish orange 10YR 7/4                                                   | 32,79     | 41,9                      | 33                     |
| K11.1  | Kívül: Pale yellowish brown 10YR 6/2 Belül: Pale brown 5YR 5/2            | 80,29     | 60,55                     | 43                     |
| K11.2  | Dark yellowish brown 10YR 4/3                                             | 117,95    | 41                        | 95                     |
| K11.3  | Grayish orange 10YR 7/4                                                   | 101,22    | 52,25                     | 51,5                   |
| KS.1   | Grayish orange 10YR 7/4                                                   | 35,96     | 50                        | 22,5                   |
| KS.2   | Grayish orange 10YR 7/5                                                   | 11,89     | 30,5                      | 26                     |
| KS.3   | Pale yellowish brown 10YR 6/2                                             | 13,66     | 32                        | 20,5                   |
| KS.4   | Pale yellowish brown 10YR 6/3                                             | 36,93     | 35,25                     | 22                     |
| KS.5   | Pale yellowish brown 10YR 6/2                                             | 7,23      | 17                        | 17,25                  |
| KM.6   | Pale yellowish brown 10YR 6/2                                             | 5,13      | 22,5                      | 17,5                   |
| KN.3   | Grayish orange 10YR 7/4                                                   | 33,37     | 48,9                      | 32,8                   |
| KN.5   | Kívül: Pale yellowish brown 10YR 6/2 Belül: Dark yellowish brown 10YR 4/3 | 8,12      | 27                        | 20                     |
| KB.1   | Grayish orange 10YR 7/4                                                   | 76,33     | 43,25                     | 43,25                  |
| KB.2   | Pale yellowish brown 10YR 6/2                                             | 54,15     | 43                        | 36,5                   |
| KB.3   | Pale yellowish brown 10YR 6/2                                             | 48,31     | 49,5                      | 35                     |
| KB.4   | Kívül: Moderate yellowish brown 10YR 5/4 Belül: Grayish orange 10YR 7/4   | 8,86      | 20,7                      | 31                     |
| KB.5   | Grayish orange 10YR 7/4                                                   | 13,31     | 30,7                      | 30,7                   |
| KM.1   | Grayish orange 10YR 7/4                                                   | 5,72      | 26,75                     | 13,5                   |
| KM.2   | Grayish orange 10YR 7/4                                                   | 9,31      | 31                        | 23,5                   |
| KM.5   | Pale yellowish brown 10YR 6/2                                             | 3,22      | 21,25                     | 20,5                   |
| KM.7   | Pale brown 5YR 5/2                                                        | 1,76      | 7,25                      | 14,25                  |
| KM.8   | Pale brown 5YR 5/2                                                        | 6,33      | 22,5                      | 17                     |
| KM.9   | Pale yellowish brown 10YR 6/2                                             | 2,31      | 19,25                     | 10,75                  |
| KM.10  | Pale yellowish brown 10YR 6/2                                             | 0,83      | 7                         | 12,5                   |
| KM.P   | Pale yellowish brown 10YR 6/3                                             | 2,44      | 19,4                      | 9,6                    |
| K130   | Grayish orange 10YR 7/4                                                   | 14,6      | 4,62                      | 24                     |

| Kód    | Felszín                           | XRD                  | Maradvány a CT-felvételen      | Maradvány pollenfeltárából       |
|--------|-----------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| K9.2.1 | sima, kevés benyomódás és repedés | apatit               |                                |                                  |
| K9.2.2 | sima, kevés benyomódás és repedés |                      |                                |                                  |
| K9.2.3 | sima, kevés benyomódás és repedés |                      |                                |                                  |
| K9.2.4 | sima                              |                      |                                |                                  |
| K9.2.5 | sima, kevés benyomódás és repedés |                      |                                |                                  |
| K6.1   | sima                              |                      |                                |                                  |
| K6.2   | sima                              |                      |                                |                                  |
| K6.3   | sima                              |                      |                                |                                  |
| K3.1   | sima                              |                      |                                |                                  |
| K3.2   | sima                              |                      | pirit kristályok               |                                  |
| K3.3   | sima, kevés benyomódás és repedés |                      |                                |                                  |
| K3.4   | sima                              |                      |                                |                                  |
| K3.5   | pirites bekéregzés                |                      |                                |                                  |
| K4.5.1 | sima, kevés benyomódás és repedés |                      | csontszilánk                   |                                  |
| K4.5.2 | sima, kevés benyomódás és repedés |                      | nincs                          |                                  |
| K4.5.3 | sima, kevés benyomódás és repedés |                      |                                |                                  |
| K4.5.4 | sima, kevés benyomódás és repedés | apatit               | pirit kristályok, csontszilánk | nincs                            |
| K4.5.5 | sima                              |                      | nincs                          |                                  |
| K1.1   | pirites bekéregzés                |                      |                                |                                  |
| K1.2   | sima, kevés benyomódás és repedés |                      | nincs                          | növényi részek                   |
| K11.1  | sima, kevés benyomódás és repedés | apatit               | pirit kristályok               |                                  |
| K11.2  | sima                              |                      |                                |                                  |
| K11.3  | sima, kevés benyomódás és repedés |                      | nincs                          |                                  |
| KS.1   | sima, pirites bekéregzés          |                      |                                |                                  |
| KS.2   | pirites bekéregzés                |                      |                                |                                  |
| KS.3   | pirites bekéregzés                |                      |                                |                                  |
| KS.4   | pirites bekéregzés                |                      |                                |                                  |
| KS.5   | pirites bekéregzés                |                      |                                |                                  |
| KM.6   | sima                              | apatit               |                                |                                  |
| KN.3   | sima, nagy repedések              | apatit, kalcit       |                                | kutikula, növényi részek         |
| KN.5   | pirites bekéregzés                |                      |                                |                                  |
| KB.1   | pirites bekéregzés                |                      |                                |                                  |
| KB.2   | sima, pirites bekéregzés          | apatit               |                                | növényi részek                   |
| KB.3   | sima, kevés benyomódás és repedés |                      |                                |                                  |
| KB.4   | göröngyös, pirites bekéregzés     | apatit               |                                |                                  |
| KB.5   | göröngyös                         | apatit               |                                | pollen, kutikula, növényi részek |
| KM.1   | sima                              | apatit               |                                | pollen, növényi részek           |
| KM.2   | sima                              |                      |                                |                                  |
| KM.5   | sima                              |                      |                                |                                  |
| KM.7   | göröngyös                         |                      |                                |                                  |
| KM.8   | sima                              | apatit               |                                |                                  |
| KM.9   | sima, kevés benyomódás és repedés |                      |                                |                                  |
| KM.10  | sima                              |                      |                                |                                  |
| KM.P   | sima, pirites bekéregzés          | apatit, pirit, kvarc |                                |                                  |
| K130   | sima, pirites bekéregzés          |                      |                                |                                  |

| Kód    | Maradvány törési felszínén                         | Maradvány vékonycsiszolatban |
|--------|----------------------------------------------------|------------------------------|
| K9.2.1 | nincs                                              |                              |
| K9.2.2 | nincs                                              |                              |
| K9.2.3 | nincs                                              |                              |
| K9.2.4 | csontszilánk                                       |                              |
| K9.2.5 | csontszilánk                                       |                              |
| K6.1   | nincs                                              |                              |
| K6.2   | nincs                                              |                              |
| K6.3   | nincs                                              |                              |
| K3.1   | héjtöredékek                                       |                              |
| K3.2   | csontszilánk                                       |                              |
| K3.3   | csontszilánk                                       | szénült növényi részek       |
| K3.4   | csontszilánk, ganoid halpikkely                    | 2 ganoid halpikkely          |
| K3.5   | nincs                                              |                              |
| K4.5.1 | nincs                                              |                              |
| K4.5.2 | nincs                                              |                              |
| K4.5.3 | nincs                                              |                              |
| K4.5.4 | szénült növényi részek, csontszilánk               |                              |
| K4.5.5 | nincs                                              |                              |
| K1.1   | nincs                                              |                              |
| K1.2   | nincs                                              |                              |
| K11.1  | kutikula                                           |                              |
| K11.2  | nincs                                              |                              |
| K11.3  | nincs                                              |                              |
| KS.1   | nincs                                              |                              |
| KS.2   | ganoid halpikkely + fog töredék                    |                              |
| KS.3   | szénült növényi részek                             |                              |
| KS.4   | csontszilánkok                                     |                              |
| KS.5   | csontszilánkok                                     |                              |
| KM.6   | ganoid halpikkely                                  |                              |
| KN.3   | Rosaceae mag, szénült növényi részek               |                              |
| KN.5   | mag töredék                                        | nincs                        |
| KB.1   | kutikula                                           |                              |
| KB.2   | kutikula, csontszilánk                             |                              |
| KB.3   | kutikula                                           |                              |
| KB.4   | kutikula                                           |                              |
| KB.5   | Magnoliaceae mag, kutikula, szénült növényi részek | nincs                        |
| KM.1   | 10 ganoid halpikkely                               |                              |
| KM.2   | héjtöredék                                         |                              |
| KM.5   | puhatestű (operculum?) maradvány                   | nincs                        |
| KM.7   | héjtöredék                                         | szénült növényi részek       |
| KM.8   | csontszilánkok                                     |                              |
| KM.9   | csontszilánk, héjtöredék                           |                              |
| KM.10  | csontszilánk, héjtöredék                           |                              |
| KM.P   | Pycnodontiformes halfog, csontszilánk              | csont                        |
| K130   | csontszilánk                                       |                              |