

Holocén gerinces anyag paleobiogeokémiai módszerrel történő abszolút kronológiai és paleoklimatológiai értékelése

Szőőr Gyula és Kordos László*

(8 ábrával, 6 táblázzal)

Összefoglalás: A szerzők négy, biokronológiai szempontból pontosan értékelt, holocén karsztüledékből származó *Ophidia* indet. mintasorozat termoanalitikai vizsgálatát végezték el, és új kormeghatározási módszert dolgoztak ki.

Megállapították, hogy a fosszilis csontok összes kötött szervesanyag-tartalma és az ún. fosszilizációs koeficiens értéke szoros kapcsolatban áll az elteit földtani idővel. Az eredményeket számítógépes módszerrel dolgozták fel, és az összefüggéseket három regressziós trend egyenlettel fogalmazták meg.

Az összefüggések alapján több, ismeretlen korú, a karsztterület más pontjáról származó fosszilis leletanyag korát határozták meg.

Bizonyították, hogy a derivatográfiai mérési eredmények és a beágyazó üledékek geokémiai jellemzőinek korrelatív értékelésével következtetni lehet a holocén fiatal szakaszában lejátszódott klímaváltozásra.

Feltárták a holocénban lejátszódó fosszilizáció törvényszerűségeit a folyamatot irányító környezeti hatások elemzésével.

A probléma felvetése

Az elmúlt években végzett két alapkutatásunk kapcsolata nyomán született az itt ismertetésre kerülő dolgozat.

Egyrésztől kialakítottuk a magyarországi holocén képződmények biosztratigráfiai és paleoklimatológiai vázlatát (KORDOS, 1978a). Másrésztől, recens és fosszilis csontanyag derivatográfiai mérésével (SZŐÖR, 1971a, 1975 in MÁNDI et al., 1975) számos módszertani kérdést tisztázva bizonyítottuk, hogy a csontkollagén-tartalom összehasonlításával hasznos, a kormeghatározás számára felhasználható adatokat nyerhetünk.

A fenti eredmények alapján elemzésünkhöz a hazai karsztbarlangokból és hasadékokból gyűjtött *Ophidia* indet. leletanyagot választottuk. Új kronológiai módszerünk kidolgozása szempontjából ez a mintaanyag ideális modellnek tekinthető. Egyrészt elegendő tesz a korábbiakban megfogalmazott alapelvnek, miszerint derivatográfiai összehasonlításra csak egy adott taxonómiai egység azonos szöveti fragmentuma, struktúrája használható, és ez a mintaanyag hasonló paleoökológiai környezetből származzon (SZŐÖR 1969, 1971a, b, 1975, 1979).

Másrészt mintaanyagunk kormeghatározása KRETZOI (1965, 1969), majd KORDOS (1976a, 1977) kismélységű szukcesszió változására épített relatív kronológiára alapul, amely kiegészíthető az ugyanazon rétegekből előkerülő régészeti, malakológiai adatokkal és szórványos radiokarbon abszolút évekkel. Az így kialakított biosztratigráfiai kormeghatározás a holocénban 10 000–3000

* Előadták az MFT Őslénytan-Rétegtani Szakosztály 1979. nov. 14-i szakülésén.

B. P. ± 500 év, 3000–0 B. P. közt ± 250 év pontossággal használható (Kordos 1978b).

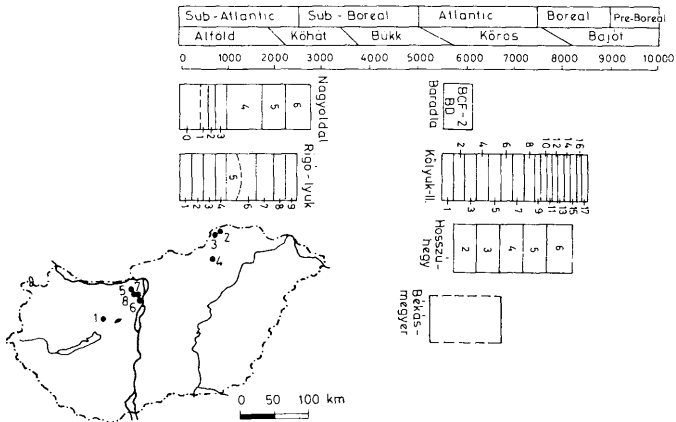
A mintaanyag elemzése nyilvánvaló, hogy a szpeleokronológiához is kapcsolódik (1976b), ill. „hasznosítja” a klasszikus paleontológiai feldolgozás szempontjából kevésbé értékes *Ophidia* indet. csigolyaszegmentumokat.

A kronológiai célkitűzés mellett szeretnénk tisztázni, hogy a leletanyag szervesanyag-tartalmával utalhatunk-e holocén klímaváltozásaira. Ez utóbbi célkitűzésünkhöz, KRETZOI (1957) felismerése és KORDOS (1977, 1978b) által részleteiben kidolgozott „pocokhőmérő” alapján meghatározott holocén klímaváltozás ismerete biztosította a kutatási hátteret. A kérdés felvetése már azért is indokolt, mert TONG-YUN HO (1966) malakológiai anyag héjprotein-nitrogén mikro-Kjeldahl mérésével, BADA (1974) csontleletek racem aszparaginsav-tartalmával, BUCZKÓ et VAS (1977) anthropológiai leletek össznitrogén-tartalmának neutronaktivációs analízisével a klímaváltozások rekonstruálhatóságát hangsúlyozza.

A lelőhelyek vázlatos ismertetése

A vizsgálatok céljára gyűjtött *Ophidia* indet. csigolyaszegmentumok az alábbi hazai karsztüregekből származtak (I. ábra).

A Nagyoldali-zsornoly a Jósfaó melletti Nagyoldal 604 m tszf. magassági pontjától K–Ék-re nyílik. A tágas bejáratától kezdődő függőleges akna eredeti mélysége 21 m volt.



I. ábra. A holocén *Ophidia* indet. mintaanyag lelőhelyi és biostratigráfiai vázlata. Jelmagyarázat: 1. Rigólyuk, 2. Nagyoldal, 3. Baradla, 4. Kőlyuk-II., 5. Hosszú-hegy, 6. Békásmegyér, 7. Zöld-barlang, 8. Csontos-barlang
 Fig. 1. Location and biostratigraphic sketch of the Holocene *Ophidia* indet. bone material. Explanations: 1. Rigólyuk, 2. Nagyoldal, 3. Baradla cave, 4. Kőlyuk-II., 5. Hosszú-hegy, 6. Békásmegyér, 7. Zöld (Green) cave, 8. Csontos (Bony) cave

A talpponton lerakódott, a felszínről behullott nagymennyiségű törmelék a VITUKI barlangkutatói 10 m mélységben szondázták meg (1970–73 év). A feltárásból 1–6. jelzéssel előkerült őslénytani anyagot KORDOS (1977, 1978c) az Alföldi szakaszba sorolta.

A Rigó-lyuk a bodajki (Bakony hg.) Gaja-patak szurdokának jobb oldalán, a völgy bejáratánál levő Csárdától 714 m-re, a patak szintje felett 8–10 m-re nyílik. A barlangot csaknem kitöltő, behúzódtott törmelék 1976-ban ásatással bontották meg. A feltárt 1–5. réteg mintanyaga az Alföldi-szakaszba, az alatta levő 6–9. rétegé a Kőhát-szakaszba sorolható (KORDOS, 1978 a).

A Kőlyuk-III. sz. barlang (más néven HILLEBRAND Jenő-barlang) a Bükk-hegység Kisfennsíkján, a Kőlyuk Gallya oldalába nyílik. A neolitikumi bükki-kultúra emberének ismert gazdag lelőhelye.

1975-ben, a bejáratí teremben 2 m mély próbagödör falából vett 17. réteg mintanyagát KORDOS (1977, 1978a) a Körösi-szakaszba helyezi. A csigolyák a felső 1–9. rétegből kerültek elő.

A Hosszú-hegyi-zsomboly, a Pilis hegységben fekvő Hosszú-hegy csúcsától D-re, a gerinc közelében nyílik. Barlangkutatók segítségével az akna 15,7 m-es szintjétől 1–6. rétegben, 2,8 m összvastagságban feltárt üledékből KORDOS (1977, 1978a) Körösi-szakaszba tartozó faunaszukcessziót határozott meg.

A Barada-Domica-barlangrendszerből, az ún. Denevér-ágból (jelölése BD) és Csontház-felső részéből (jelölése BCF-2) gyűjtött mintanyagot KORDOS (1977, 1978a. c) a Körösi-szakaszba helyezi.

A Pilis hegységben feltárt békásmegyeri Felső-hegy pleisztocén édesvízi mészkő-takarójának hasadékitöltő üledékében levő gerinces leletanyag biokronológiai helyzetéről csak annyit lehet megállapítani, hogy az holocén, ugyanígy a helységben levő Csontos-és Zöld-barlangok (Kevély-csoport) fosszilia anyagáról (KORDOS, 1970, 1972, 1976c). A Bakony hegységi Sümeg, Mogyorós-dombi őskori kovabánya, a Sümeg-IV. lelőhely feltárási történetét és faunáját BÁCSKAY (1976) ismerteti. Kora bizonytalan, VÉRTES (1964) szerint a fiatal neolitikumba kell sorolni.

A módszer ismertetése, a termoanalitikai paraméterek jellemzése

A csigolyák laboratóriumi vizsgálatát gondos preparatív munkával kezdtük. A fosszilia felületéről, üregeiből, repedéseiből a beágyazó üledéket mechanikai úton, majd desztillált vizes mosással tökéletesen eltávolítottuk. A folyamatot mikroszkóppal ellenőriztük. A preparálást 60 °C/24^h levegőn, majd 1 hetes exsikkátorban történő szárítást, a szárítást 0,06 mm Ø alatti szemcsetartományra való őrlés követte. Minden rétegből 6–12 db csigolyaszegmentumot használtunk fel.

Számos mérési lehetőséget kipróbálva alakítottuk ki az itt használatos derivatográfias programot: 10 °C/perc fűtési sebesség, DTA, DTG = 1/5, mintatartó: platina tányérka, levegő atmoszférában, elszívás nélkül. A bemérések és TG-érzékenységek a rendelkezésre álló anyagmennyiségtől függenek, és térfogatukban megegyeznek az Al₂O₃ inerttel. A méréseket ICTA szabvány szerint kalibráltuk.

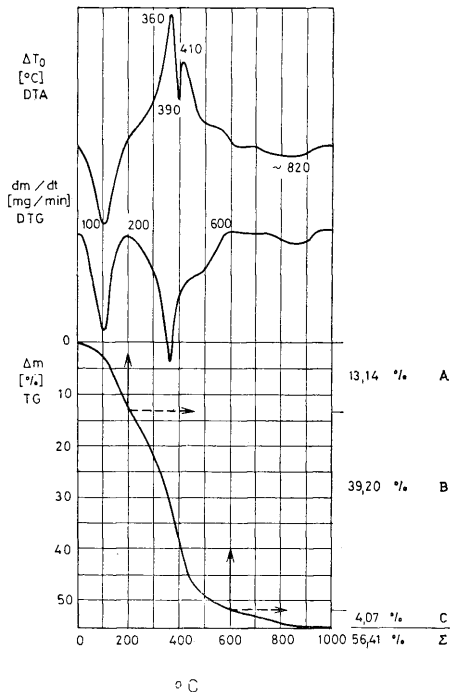
A termobomlás során lejátszódó folyamatokat a 2. ábra, mint típuspélda szemlélteti. A 20 °–1000 °C intervallumban a következő, ún. termoanalitikai paramétereket lehet megkülönböztetni:

A = a szerves és részben ásványos struktúra felületén kollodialis és gyenge erőkkel kötött víztartalom eltávózása, endoterm folyamat.

B = heteropolikondenzátumok keletkezése, a platina mintatartó katalizálta szerves anyag kiegész, exoterm folyamat.

C = a karbonáthidroxipatit és a fosszilizáció során beépült karbonátok hő-disszociációja, széndioxid eltávózása, endoterm folyamat.

$\Sigma_1 = A + B + C$, tehát a hevítés során eltávózott összes anyagmennyiség.



2. ábra. Típuspélda a csigolyaszegmentumok derivatográfiai elemzéséről. *Ophidia* indet., recens múzeumi példány (az ábra értelmezését lásd a szövegben)

Fig. 2. Typical example of the derivatographic analysis of vertebra segments. Museum sample of a recent *Ophidia* indet (for interpretation of the sample, see the text)

A négy lelőhely TG-görbe súly %-os értékeit az I. és II. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatokban az előzőekben ismertetett mérőszámokon kívül két, számított értéket is feltüntettünk. Az egyik az általunk megfogalmazott ún. fosszilizációs koeficiens (Fk) értéke:

$$Fk = \frac{A+B}{C}$$

A másik, a Σ_2 , az izzítási maradék (Ca_3PO_4 , CaO , MgO és egyéb oxidok).

Szükségesnek tartottuk, hogy a derivatográfia mérhető, a kollagén tartalomra leginkább utaló B-érték egzaktágát más módszerrel is kontrolláljuk.

A holocén *Ophidia* indet. csigolyák derivatográfias elemzése. (A termogravimétriás paraméterek értelmezését lásd a szövegben)

Derivatographic analysis of Holocene *Ophidia* indet. vertebrae. (For interpretation of thermogravimetric parameters, see the text)

I. táblázat — Table I.

Lelőhely	Réteg jele	A %	B %	C ₁ %	C ₂ %	F _k	Σ ₁ %	s Σ ₂ %	Minta-szám
Nagyoldal	Na-0	9,72	24,30	—	4,17	8,158	38,19	61,81	2
	Na-1	10,08	21,70	—	2,33	13,639	34,11	65,89	1
	Na-2	6,64	18,58	—	1,32	19,106	26,54	73,46	2
	Na-3	8,96	17,92	—	3,22	8,348	30,10	69,90	27
	Ma-6	7,16	17,64	—	3,69	6,721	28,49	71,51	30
	Σ 1—5	8,51	20,03	—	2,95	11,194	31,49	68,51	52
Rigó-lyuk	Ri-1	9,69	17,50	—	4,38	6,208	31,57	68,43	33
	Ri-2	10,23	18,18	—	4,32	6,576	32,73	67,27	38
	Ri-3	10,24	16,90	—	4,29	6,326	31,43	68,57	41
	Ri-4	9,61	16,59	—	4,37	5,995	30,57	69,43	51
	Ri-5	10,59	17,66	—	5,01	5,639	33,26	66,74	38
	Ri-6	9,78	17,66	—	5,25	5,477	32,69	67,31	44
	Ri-7	9,31	16,90	1,72	3,45	5,070	31,38	68,92	27
	Ri-8	9,00	16,60	1,60	3,60	4,923	30,80	69,20	36
	Ri-9	9,29	15,00	1,61	3,57	4,689	29,47	70,53	37
	Σ 1—9	9,75	17,00	0,55	4,25	5,656	31,55	68,45	345

A KLTE Kísérleti Fizikai Tanszéke neutronaktivációs analízissel megvizsgálta a Rigó-lyuk 1—9. réteg csontmintáit. A 3. ábrán a derivatográfál meghatározott B-érték és a neutronaktivációs analízissel kimutatott összes nitrogén tartalom összehasonlítását látjuk. Az időskálán feltüntetett értékek trendje megegyezik, bizonyítva, hogy a derivatográfál mérhető B-érték egzakt mérőszám, ami alkalmas a szervesanyag-tartalom nyomonkövetésére.

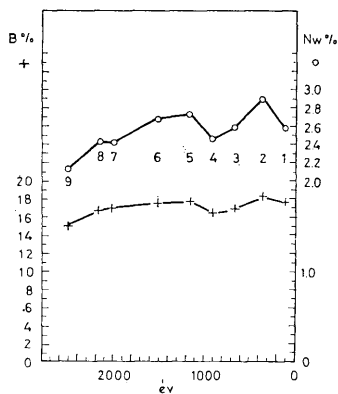
A derivatográfias paraméterek időfüggvényében ábrázolta azt tapasztaltuk, hogy a B-érték trendje minden esetben azonos az (A + B)-érték változásával

A holocén *Ophidia* indet. csigolyák derivatográfias elemzése.
(A termogravimétriás paraméterek értelmezését lásd a szövegben.)

Derivatographic analysis of Holocene *Ophidia* indet. vertebrae.
(For interpretation of thermogravimetric parameters, see the text.)

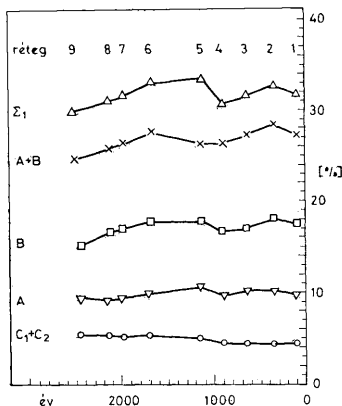
II. táblázat — Table II.

Lelőhely	Réteg jele	A %	B %	C %	F _k	Σ ₁ %	Σ ₂ %	Minta száma
Hosszú-hegy	Ho-2	8,37	13,39	2,93	7,427	24,69	75,31	67
	Ho-3	8,18	14,54	2,50	9,088	25,22	74,78	23
	Ho-4	8,70	15,65	2,61	9,329	26,96	73,04	12
	Ho-5	7,20	12,66	2,62	7,580	22,48	77,52	20
	Ho-6	6,67	11,90	3,34	5,560	21,91	78,09	9
	Σ 2—6	7,82	13,63	2,80	7,797	24,25	75,75	131
Kőlyuk-II	Kő-II/1	8,60	15,07	3,19	7,445	26,94	73,06	6
	Kő-II/2	8,70	14,13	3,26	7,003	26,09	73,91	13
	Kő-II/3	7,69	15,38	3,30	6,991	26,37	73,63	4
	Kő-II/4	9,27	17,04	3,76	6,997	30,07	69,93	3
	Kő-II/5	7,62	12,86	2,86	7,161	23,34	76,66	4
	Kő-II/6	7,86	15,00	3,34	6,844	26,20	73,80	4
	Kő-II/7	7,79	18,18	3,90	6,659	29,87	70,13	1
	Kő-II/8	9,03	11,70	3,68	5,633	24,41	75,59	3
	Kő-II/9	7,74	17,34	3,71	6,760	28,79	71,21	1
	Kő-II/10	5,48	16,44	4,11	5,333	26,03	73,97	8
	Σ Kő-II/1—10	7,99	15,31	3,51	6,683	26,81	73,18	42



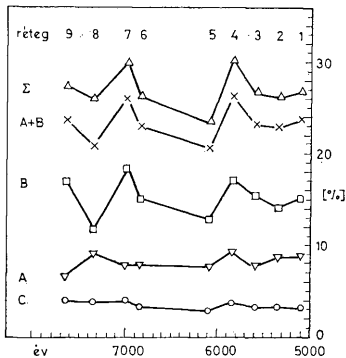
3. ábra. A Rigó-lyuk 1—9. rétegből gyűjtött *Ophidia* indet. csigolyák derivatográfál mért B-értékeinek és a neutron-aktivációs analízissel megállapított N-tartalmának összehasonlítása

Fig. 3. Comparison of the derivatographically measured B values of *Ophidia* indet. vertebrae sampled from Beds 1—9 of Rigó-lyuk site and their N content determined by neutron activation-analysis



4. ábra. A Rigó-lyuk lelőhely *Ophidia* indet. leletanyag derivatográfiai paramétereinek változása az idő függvényében

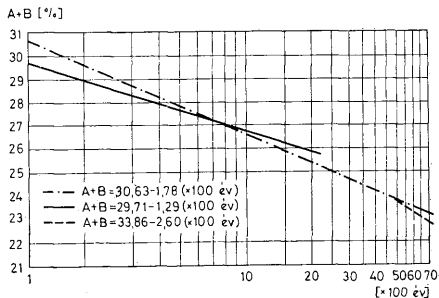
Fig. 4. Variation with time of the derivatographic parameters of *Ophidia* indet. finds from Rigó-lyuk site



5. ábra. A Kőlyuk-II. lelőhely *Ophidia* indet. leletanyag derivatográfiai paramétereinek változása az idő függvényében
 Fig. 5. Variation with time of the derivatographic parameters of *Ophidia* indet finds from Kőlyuk-II site

(4. és 5. ábrák). Ezért az időfüggvényű összehasonlítást az (A+B)-paraméter segítségével végeztük el.

A Rigó-lyuk, Nagyoldal, Kőlyuk-II. és Hosszú-hegy lelőhelyekről gyűjtött *Ophidia* indet. csigolyaszegmentumok nagyszámú derivatográfiai adatsorából, az (A+B)-paraméter és idő korrelációs összefüggéseit számítógépes módszerrel dolgoztuk fel (Szőőr, 1979). A programozást Tar Károly (KLTE) végezte. A logaritmus függvény alakú regressziós trend tulajdonságait a 6. ábra szemlélteti.



6. ábra. A holocén korra megállapított korrelációs egyenesek. A logaritmus függvényalakú regressziós trendek ábrázolása
 Fig. 6. Correlation lines obtained for the Holocene. Representation of regression trends in forms of logarithmic functions

Az abszolút kormeghatározás új lehetősége a holocénban

A számítógépes feldolgozás lehetővé teszi, hogy egy leletanyag derivatográfiával történő ún. $(A+B)$ -paraméter meghatározása után, ha a minta Fk-értéke $\geq 4,00$ három időintervallumban kiszámítsuk a fosszilis beágyazási korát ($T_{\text{abs}} = \text{B. P. év-ben}$).

0–2 200 B. P. év intervallumban, amikor $(A+B) > 28,1\%$

$$T_{\text{abs}} = 10^2 \cdot e^{-\frac{(A+B) - 29,71}{1,29}} \quad (\pm 250 \text{ év})$$

2 200–5 100 B. P. év intervallumban, amikor $23,6\% < (A+B) < 28,1\%$

$$T_{\text{abs}} = 10^2 \cdot e^{-\frac{(A+B) - 30,63}{1,78}} \quad (\pm 250 \text{ év})$$

5 100–10 000 B. P. év intervallumban, amikor $(A+B) < 23,6\%$

$$T_{\text{abs}} = 10^2 \cdot e^{-\frac{(A+B) - 33,86}{2,60}} \quad (\pm 500 \text{ év})$$

A fenti összefüggések alapján határoztuk meg a következő ismeretlen vagy vitás korú karsztkaverna üledékéből mintázott fosszilia együttes korát:

Lelőhely:	$(A+B)\%$	Fk	T_{abs} [B. P. év]
Csontos-barlang	32,20	12,78	14 (± 250)
Békásmegyér	24,20	5,65	2897 (± 250)
Baradla-barlang (BCF-2, BD)	23,00	12,82	6516 (± 500)
Zöld-barlang	22,70	5,97	7313 (± 500)
Sümege-IV.	18,40	3,44?	38228 (± 500)

A Baradla-barlang (BCF-2 és BD) leletanyaga a fenti koradat alapján a Körösi-faunaszakaszba sorolható. Ezt bizonyítja a faunaszukcesszió (KORDOS, 1978a) és VOGEL et WATERBOLK (1964) ^{14}C abszolút koradata, 6080 ± 75 B. P. (Gr. 2435, 1964).

A Csontos-barlang leletanyagát a kormeghatározás alapján az Alföldi-szakasz legfiatalabb szakaszába, a Békásmegyérét a Bükki-szakasz kezdetére, a Zöld-barlangét a Körösi-szakasz végére datáljuk. Ezek a megállapítások újak, a hiányos leletanyag alapján nem lehetett megállapítani a biokronológiai sorrendet. A Sümege-IV. elemzési adata kérdéses. További vizsgálatokkal kell eldönteni, hogy a lelet valóban a pleisztocénba sorolható, vagy extrém fosszilizációs hatások miatt bomlott le a csigolyák szervesanyag-tartalma ilyen kis értékre.

A régészeti kutatásban közismert az antropológiai leletek derivatográfai történő kormeghatározása (KISZELY, 1969a, b), az $y = 2,84 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{T_{\text{abs}}} + 13,4\%$ tapasztalati képlet alapján. Az y -érték elvben azonos az $(A+B)$ -paraméterünkkel. Összehasonlítva az y -értékeket (KISZELY, 1976) az általunk mért paraméterekkel, szembevetendő, hogy azok lényegesen kisebb értékeket mutattak. Ez azzal magyarázható, hogy a talajokból és laza üledékekből mintázott sírok leletanyagában a kollagén lényegesen gyorsabban bomlik el, mint a karszterület üledékeiben.

A holocén klímaváltozások nyomkövetésének lehetősége a csontszervesanyag-tartalom mérés alapján

A bevezetés során említettük, hogy a fosszilis kollagén vizsgálatával utalni lehet a paleoklimatikus változásokra. A következtetés azon alapul, hogy melegbb klímaperiódusban a fosszilia szervesanyag-tartalma gyorsabban bomlik el a felerősödő mikrobiológiai aktivitás hatására, hidegebb szakaszokban a folyamat lelassul, esetleg „befagy” ez időtartamra. Így a kollagén-lebomlás folyamatos trendjét maximum és minimum értékek bontják meg. Esetenként mi is tapasztaltuk a szórásértékeket. Megvizsgáltuk, hogy ezek összekapcsolhatók-e KORDOS (1978b) által kidolgozott ún. „pocok hőmérő” és „Arvicola humiditas” klímagörbéivel. Ezt azért is fontosnak tartottuk, mert a korábbi paleobiogeokémiai összehasonlítások során a kutatók a klímából önkényesen a hőmérséklet változását ragadták ki és figyelmen kívül hagyják az ariditás-humiditás változását.

A szervesanyag-tartalom lebomlásának szórásértékeit összehasonlítva az említett klímagörbékkel, csak a holocén legfiatalabb szakaszában tapasztalható, hogy az erőteljes júliusi középhőmérséklet emelkedésével (900 B. P. év) egybeesik a szervesanyag-tartalom minimum-értéke (Rigó-lyuk, Nagyoldal). Ezt a megállapítást a következő fejezetben ismertetjük részletesebben.

A holocén idősebb mintáit elemezve a szervesanyag-tartalom minimum-maximum szórásértékeit sem a klíma, sem a humiditás változásával nem kapcsolhatjuk össze. Egyetlen esetben tapasztaltunk kapcsolatot, ez a 7000 B. P. év humid és erőteljes lehűlési szakasszal esik egybe (Kőlyuk-II. lelőhely).

BUCZKÓ ET VAS (1977) a Nagyalföld területéről feltárt, humán leletanyag össznitrogén-tartalmának mérése alapján megállapított hőmérsékletgörbéje több sarkalatos ponton ellentétes tendenciát mutat KORDOS (1978b) „pocok hőmérő” adatsorával. Görbéjük eltér a 0–100 B. P. év legfiatalabb és 3000–1000 B. P. év legidősebb szakaszokban. Véleményünk szerint a 0–3000 B. P. év intervallumban tapasztalható különbség következhet a mintaanyag különbségből, a modellként vizsgált síkvidék és a középhegységi karszterület eltérő klimatikus viszonyaiból, valamint az eltérő fosszilizálódási körülményekből. A holocén idősebb szakaszaira utaló paleoklimatikus értékelés lehetőségét nem tartjuk valószínűnek. A fosszilizáció ezen szakaszában, a kollagén autohidrolízis termékeinek összehasonlításával, a racem-aminosavak kvantitatív mérésével (ORTNER ET AL. 1972, BADA 1972, 1974, BADA ET AL. 1973, 1974, 1975 közleményei alapján) oldható meg a paleoklimatológiai rekonstrukció.

A fosszilizációt irányító tényezők elemzése a korhatározás és a klímakonstrukció szempontjából

A fossziliákat beágyazó üledékek képződésük szerint a következők:

Felszínről behúzódtott és bemosott törmelék felhalmozódása kőfülkék és barlangbejáratok közelében (Rigó-lyuk, Kőlyuk, BCF-2, Csontos- és Zöld-barlang).

Barlangi ártéri üledék (BD).

Zyombolyok alján a behullott, bemosott törmelékből felhalmozott kitöltés (Nagyoldali-, Hosszú-hegyi-zsomboly).

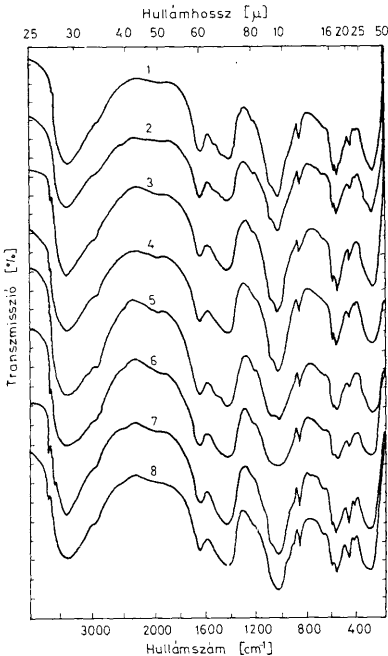
Édesvízi mészkő hasadékkitöltése (Békásmegyér).

A négy eltérő üledékképződési típus részletes petrográfiai és geokémiai értékelésének ismertetésétől eltekintünk (lásd Szöör, 1979), a következő sorokban csak a legfontosabb megállapításainkat ismertetjük.

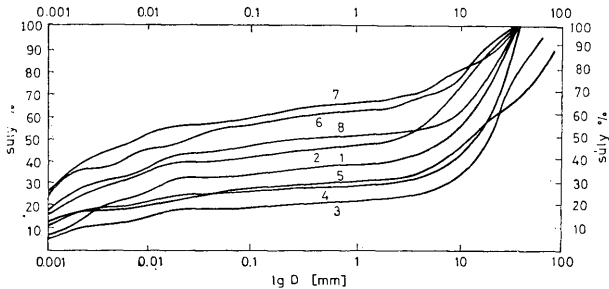
I. A karbonátos kőzetháttér (mint makrofácies) elsődlegesen meghatározza a csontanyag fosszilizációs állapotát, bár ezt a holocén fiatalabb szakaszában klímaváltozás befolyásolta.

A karsztkavernákban látszólag homogén rétegsorok rakódnak le, ám részletező elemzéssel következtetni lehet a múlt eseményeire. Jól szemlélteti ezt a Rigó-lyuk rétegenként gyűjtött üledékeinek infravörös spektruma (7. ábra), szemcseösszetételi görbéi (8. ábra), a lelőhely kőzeteinek kémiai elemzése (III. táblázat) és a derivatográfiás módszerrel meghatározott termogravimetriás adatsorok (IV. táblázat).

Az elemzési adatokat figyelmesen tanulmányozva azt tapasztalhatjuk, hogy a felső rétegek szerves anyagban dúsabbak, jobban hidratáltak, az alsók mine-



7. ábra. A Rigó-lyuk 1–8. réteg üledékeinek infravörös spektrumai
Fig. 7. Infrared spectra of Beds 1–8 at Rigó-lyuk site



8. ábra. A Rigó-lyuk 1-8. réteg üledékeinek szemcseösszetéti görbéi
Fig. 8. Grain-size distribution curves from Beds 1-8 at Rigó-lyuk site

A Rigó-lyuk 1.-8. réteg üledékeinek kémiai elemzése. A vizsgálatokat SOHA ISTVÁNNE (MÁFI) végezte

Chemical analyses of Beds 1-8 at Rigólyuk site. Analyst: I. SOHA (MÁFI)

III. táblázat - Table III.

Alkotórész (%)	Rigó-lyuk, réteg							
	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	32,70	35,94	33,36	33,71	34,72	34,58	35,00	35,77
TiO ₂	0,86	0,78	0,81	0,75	0,80	0,87	0,77	0,75
Al ₂ O ₃	15,20	15,18	15,95	14,63	14,53	17,01	16,18	15,07
Fe ₂ O ₃	5,30	5,24	4,98	4,91	5,14	5,50	5,48	5,42
MgO	4,48	4,62	2,19	3,72	4,36	3,85	3,97	4,11
CaO	10,18	9,46	11,41	9,81	9,09	10,88	12,31	12,31
Na ₂ O	0,20	0,20	0,20	0,20	0,18	0,12	0,14	0,15
K ₂ O	1,08	1,09	1,08	1,01	1,03	1,16	1,10	1,14
-H ₂ O	3,46	3,46	3,38	4,05	3,78	2,98	2,83	2,71
CO ₂	9,86	9,16	10,59	9,04	8,91	10,50	11,30	11,02
P ₂ O ₅	0,86	0,77	0,74	0,72	0,71	0,68	0,55	0,53
C szerves	3,48	2,25	2,45	3,61	3,09	1,14	1,35	1,20
CaCO ₃	16,37	13,67	18,42	16,57	14,88	16,14	18,96	18,09

ralizáltabbak, karbonát-, alumíniumoxid-, szilíciumdioxid-tartalmuk nagyobb. Az 5. és 6. réteg között mégsem állapítható meg üledékképződés folytonossági hiány, mert a faunaösszetételük azonos.

Az előzőekben már ismertettük a beágyazott csontanyag összetéti változását. Az 5. és 6. rétegből gyűjtött csontanyag szervesanyag tartalma közel azonos, ez is alátámasztja a folyamatos üledékképződést. A két rétegcsoport különbségét klimatikus okokra vezethetjük vissza. A felső rétegek egy meleg-humid periódusban rakódtak le. Az éghajlati változás az 1. és 4. rétegeknekél következhetett be, itt tapasztalható a csont szervesanyag tartalma két minimum értéke. A váltásra a csontok karbonáttartalmával is utalhatunk. Az 1-5. rétegekből nyert minták ~1%-al kevesebb karbonátot tartalmaznak, mint a 6-9. rétegekből mintázott csigolyák.

A Rigó-lyuk 1.-8. réteg üledékeinek derivatográfiai elemzése. Termogravimetriás paramétere:
 H_2O_I = agyagásványok gyengén kötött víztartalma

$H_2O_{Org}^{Fe}$ = szerves anyag + goethit víztartalma

H_2O_{II} = agyagásványok strukturális víztartalma

CO_2 = karbonátok széndioxid-tartalma

Σ = izzítási veszteség 1000 °C-ig

Derivatographic analysis of Beds 1-8 at Rigó-lyuk site. Thermogravimetric parameters: H_2O_I = weakly bonded water content of clay minerals

$H_2O_{Org}^{Fe}$ = water content of organic matter + goethite

H_2O_{II} = structural water content of clay minerals

CO_2 = carbon dioxide content of carbonates

Σ = loss on ignition up to 1000 °C

IV. táblázat - Table IV.

Leőhely	Réteg	H_2O_I %	$H_2O_{Org}^{Fe}$ %	H_2O_{II} %	CO_2 %	Σ %
Rigó-lyuk	1	5,00	4,37	8,25	9,00	26,52
	2	5,25	4,00	8,55	8,20	26,00
	3	5,00	3,90	8,60	9,50	27,00
	4	5,50	4,60	9,15	8,25	27,50
	5	5,50	4,50	8,75	7,75	26,50
	6	4,75	3,00	8,50	8,25	24,50
	7	4,75	2,25	8,75	8,75	24,50
	8	5,00	2,50	9,25	7,75	24,50
	Σ 1-8	5,09	3,62	8,72	8,44	25,87

A Rigó-lyuk beagyazó üledékének és csontanyagának kapcsolatát számítógépes módszerrel már korábban elemeztük (Szöőr, 1979), itt csak a legfontosabb eredményeket ismertetjük.

A fossziliák kolloidális és gyenge erőkkel kötött víztartalma (A-érték) és a fosszilizációs koefficiens (Fk-érték) pozitív kapcsolatban áll az üledék humin-komplexeihez és a vashidroxidhoz rendelt víztartalommal ($H_2O_{Org}^{Fe}$ -érték). Tehát szerves anyagban dúsabb, hidratáltabb üledékekben történő beagyazás intenzívebben befolyásolja a kollagén lebomlási folyamatát.

Említésre méltó, hogy a fossziliák karbonáttartalma (C-érték) negatív kapcsolatban áll az üledék szilikátásvány-tartalmával (a SiO_2 -tartalom alapján).

Szintén negatív kapcsolat tapasztalható a fosszilia kötött szervesanyag-tartalma (B-érték) és a beagyazó közeg karbonáttartalma (CO_2 -érték) között. A fosszilizációs koefficiens (Fk-érték) pozitív kapcsolatban áll az üledék P_2O_5 -tartalmával. Tehát, a szilikátásványban dúsabb rétegekben lassúbb, karbonátos beagyazás esetében gyorsabb lesz a fosszilizáció. A folyamat lényege: a kollagén hidrolízise és szabad aminosavak eltávozása, a csontanyag karbonátosodása, az apatit lassú oldódása és üledékekben történő másodlagos kicsapódása.

2. Az üledék és a fosszilia kapcsolatát elemezve jogosan vetődik fel a kérdés, hogy a kőzetátalakulási folyamatok során fennmarad-e a csontok eredeti kémiai felépítése. A szervesanyag-tartalom mérésén alapuló kronológiai módszerünk használhatóságának elsődleges kritériuma, hogy a fosszilia mint specifikus szerves-szerveetlen objektum, mint quazi zárt rendszer létezzen az üledékben. Ennek eldöntése céljából vizsgáljuk meg a holocén idősebb rétegeit reprezentáló Kőlyuk-II. leőhelyt.

A rendelkezésünkre álló csigolyaszegmentumok mennyiségétől függően, néhány esetben elvégezhetjük a nyomelemek meghatározását (V. táblázat). Hasonlítsuk össze a leőhely csontanyagának nyomelem-spektrumait a be-

Négy holocén lelőhely *Ophidia* indet. esigolyáinak nyomelemspektruma. Koncentráció ppm-ban. Az elemzést DR. BARTA István (KLTE) végezte
Trace element spectrum of *Ophidia* indet. vertebrae from four Holocene sites. Concentration in ppm. Analyst: DR. I. BARTA (KLTE)

V. táblázat — Table V.

Lelőhely	Réteg	Ag	Cu	Zn	Pb	Cr	V	Mo	Co	Ni	B	Ga	Ba	Sr	Mn
Rigó-lyuk	1	—	72	220	—	11	60	64	3	11	105	2	70	160	210
	2	—	54	180	—	16	40	180	—	11	130	—	70	150	150
	3	—	40	240	—	6	10	116	3	10	75	—	60	140	90
	4	—	37	160	—	6	20	102	—	10	85	—	60	160	100
	5	—	26	160	—	4	8	76	—	7	70	—	60	140	35
	6	—	36	140	2	8	20	140	3	13	100	—	70	150	80
	7	—	17	130	3	6	30	—	3	10	20	—	70	140	80
Hosszú-hegy	2	—	84	750	—	12	40	30	3	16	40	—	50	50	120
	3	—	74	1000	3	12	80	66	3	16	123	—	50	60	120
	4	—	86	960	—	22	70	41	4	17	40	—	50	65	300
	6	—	92	780	—	16	70	68	3	20	40	—	50	60	300
Kőlyuk	II/1	—	11	190	1	8	20	—	—	4	50	—	100	110	110
	II/2	0,2	17	260	—	12	40	—	—	4	45	—	90	110	120
	II/4	0,1	11	250	—	8	50	11	—	5	75	—	80	120	420
	II/5	0,2	17	370	3	12	100	—	3	8	110	—	120	140	900
	II/6	0,1	40	400	3	11	70	—	3	8	70	—	110	130	1100
	II/7	0,2	14	360	2	16	110	—	3	18	70	—	130	150	2000
	Nagyoldal	3	0,2	16	400	3	8	—	—	—	5	50	—	120	100
6		0,2	17	230	3	16	50	—	3	11	50	—	100	100	1200

ágyazó üledék nyomelem összetételével (VI. táblázat). A fosszilia mint „önálló rendszer” állapotát bizonyítja a nyomelemek különbsége. A kőzet indikátor elemei (Ti, Co, Ni, Ga, Ba, Mn) jóval sebb értékkel szerepelnek, vagy ki sem mutathatók a csontanyagban.

3. A korábbi értékelés (Szóör, 1979) részletesen elemzi azt a problémát, hogy az eltérő üledékfelhalmozódási módok következtében azonos vagy különböző a fosszilizáció a zombolyokban, kőfülkékben, barlangokban?

Arra a következtetésre jutottunk, hogy a kronológiai lehetőséget nem befolyásolja a mikrofácies hatás. Jól szemlélteti ezt a négy „standard” lelőhely

A Kőlyuk-II. holocén lelőhely üledékeinek nyomelemspektruma. Koncentráció ppm-ban. Az elemzést a MÁFI spektrográfiai laboratóriuma végezte

Trace element spectrum of Holocene sediments from Kőlyuk-II site. Concentration in ppm. The analysis was carried out by the staff of the Spectrographic Laboratory of MÁFI

VI. táblázat — Table VI.

Lelőhely	Réteg	Ag	Cu	Zn	Pb	Cr	V	Ti	Co	Ni	B	Ga	Ba	Sr	Mn	Li
Kőlyuk-II.	1	0,25	60	180	10	60	160	10 000	16	60	25	40	1600	160	2500	400
	2	0,25	40	250	10	60	100	2 500	<10	40	40	16	400	40	1600	60
	3	0,25	40	100	16	60	60	6 000	<10	25	25	40	1000	100	1600	160
	4	0,25	60	100	16	100	160	10 000	25	60	25	40	1600	250	2500	400
	5a	0,4	60	160	16	100	160	10 000	25	60	40	60	2500	400	4000	400
	5b	0,25	60	160	6	60	60	2 500	<10	16	40	16	800	160	2500	160
	6	0,25	40	100	10	40	60	6 000	<10	25	16	40	600	100	1600	250
	7	0,25	25	160	10	60	60	2 500	<10	25	25	16	400	60	1000	60
	9	0,25	40	100	16	40	100	4 000	16	40	25	40	400	100	1600	160
	10	0,25	25	160	10	40	40	1 800	<10	25	25	6	100	<16	400	40
	11	0,25	25	100	16	60	100	6 000	<10	40	16	40	400	<160	1600	160
	12	0,25	25	100	16	60	60	4 000	16	40	16	40	400	100	1600	160
	13	0,25	16	100	6	40	25	600	<10	16	16	4	60	<16	250	<10
	14	0,25	60	100	6	40	100	6 000	<10	40	16	25	600	100	1000	160
	16	0,25	60	160	10	60	160	10 000	25	60	16	40	1600	160	4000	400
	15	0,25	25	160	6	40	100	4 000	<10	60	25	16	600	100	600	100
	17	0,25	40	100	6	40	160	10 000	16	60	16	40	1000	100	1600	250

csontanyagának nyomelemösszetétele (V. táblázat). A holocén isochron-heterotip (és heterotop) fáciesek csontanyagának nyomelem-spektruma hasonló, és nem az isotip-heterochron lelőhelypároké. A Rigó-lyuk és a Hosszú-hegyi-zomboly leletanyagából hiányzik az Ag, következésképpen van Mo, kimutatható a Ga, általánosan kevesebb a Ba és a Mn, összehasonlítva a Kőlyuk-II. és a Nagyoldal-i zomboly mintaanyagával.

4. A karszterületen az adott fosszilizációs törvényszerűségektől eltérő, extrém esetek is előfordulnak. Például a Kőlyuk-II. lelőhely csontszervesanyag-tartalom minimum szórásértékeit (5. ábra, 5. és 8. réteg) az adott helyen feltárt két fosszilis tűzhely okozta, mint antropogén-hatás. A Baradla-barlang Csontház-felső lelőhely (BCF-2) fosszilizációja erősen fáciesdeterminált. A barlangi pleisztocén vörösagyagra települt vékony neolitikumi kultúrréteget a beszivárgó víz vastag (10–15 cm) cseppkőréteggel borította.

A lelőhely mintaanyaga erősen karbonátosodott, szervesanyag-tartalma kioldódott, ellentétben a barlang azonos korú denevérági (BD) mintáival.

Következtetés

Az itt ismertetett paleobiogeokémiai szemléletű elemzés továbbfejleszti a karszterületek üledékes rétegsorainak kutatását. Eredményeink jól kiegészítik a gerinces szukcesszió változását értékelő biosztratigráfiai kutatómunkát, a biokronológiai taglalást abszolút mérőszámokkal támasztják alá. A fosszilizáció és a diagenézis korrelatív elemzése a holocén fiatalabb szakaszában lejátszódott klímaváltozás kimutatását teszi lehetővé.

Az eljárás fontossága megnő azokban az esetekben, amikor az üledékből csak indeterminált vagy szórványlet kerül elő.

Irodalom — References

- BADA, J. L., KVENVOLDEN, K. A. and PETERSON, E. (1973): Racemization of amino acids in bones. *Nature*. 245. pp. 308–310.
- BADA, J. L., SCHROEDER, R. A., PROTSCH, R. and BERGER, R. (1974): Concordance of collagen-based radiocarbon and aspartic-acid racemization ages. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.* 71. pp. 914–917.
- BADA, J. L. and DEEMS, L. (1975): Accuracy of dates beyond the ^{14}C dating limit using the aspartic acid racemisation. *Nature*. 255. pp. 218–219.
- BÁCSKAI E. (1976): A Sümeg-Mogyorós-dombi őskori kovabányában végzett ásatások. *M. Áll. Földt. Int. Évi Jelentése az 1976 évről*. pp. 389–393.
- BUCZKO, M. Cs. and VÁS, L. (1977): Effect of climate on chemical composition of fossil bones. *Nature*. 269. pp. 792–793.
- KISZELY, I. (1969 a): Derivatographic research of subfossil bones. *A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve*. 1969. 2. pp. 217–224.
- KISZELY, I. (1969 b): Derivatographische Untersuchungen an subfossilem Knochenmaterial. *Wiss. Zeitschr. der Humboldt Univ. zu Berlin, Math. Nat. R. 18*. pp. 981–987.
- KISZELY I. (1976): Sírok, csontok, emberek. Gondolat Kiadó. Bp.
- KORDOS L. (1970): Az Ezdéshegy, Ezüstnyereg, Nagykevély, Kevélynyereg, Kiskevély, Csúcshegy, Oszoly vonulat barlangjainak kutatása (Kevély csoport). Kézirat.
- KORDOS L. (1973): Barlangtani vizsgálatok a Kevély csoport barlangjaiban. *Acta Venenum Debrecenensis de Ludovico Kossuth Nominata*, pp. 95–108.
- KORDOS, L. (1976 a): in JÁNOSSY, D. and KORDOS, L. (1976): Pleistocene-Holocene Mollusc and Vertebrate Fauna of Two Caves in Hungary. *Ann. Hist.-nat. Mus. Nat. Hung.* 68. pp. 5–29.
- KORDOS L. (1976 b): A szpeleokronológia elméleti és gyakorlati kérdései. *Karszt és Barlang. I–II*. pp. 15–20.
- KORDOS L. (1976 c): A Csúcs-hegy és az Oszoly barlangjai. Beszámoló a MKBT 1975. második félévi tevékenységéről. Bp. pp. 185–205.
- KORDOS, L. (1977): Holocene Vertebrate Studies in Hungarian caves. *Proceedings of the 7th Intern. Speleological Congress Sheffield, England*. pp. 272–275.
- KORDOS, L. (1978 a): A sketch of the Vertebrate biostratigraphy of the Hungarian Holocene. *Földrajzi Közlemények*, 1–3. pp. 144–160.
- KORDOS, L. (1978 b): Changes in the Holocene climate of Hungary reflected by the „vole-thermometer” method. *Földrajzi Közlemények*. 1–3. pp. 222–229.
- KORDOS L. (1978 c): Historico-zoogeographical and ecological investigation of the subfossil Vertebrate fauna of the Aggtelek Karst. *Vertebr. Hung. XVIII*. pp. 85–101.
- KREJZOT, M. (1957): Wirbeltierfaunistische Angaben zur Quartärchronologie der Jankovich-Höhle. *Folia Archeol.* 9. pp. 16–21.

- KRETZOI, M. (1965): in KRETZOI M. and VÉRTES L.: The role of Vertebrate faunae and Paleolithic industries of Hungary in Quaternary stratigraphy and chronology. Acta Geol. Hungar. 1965. 9. pp. 125–143.
- KRETZOI M. (1969): A magyarországi quarter és pliocén szárazföld biosztratigráfiájának vázlata. Földr. Közl. 3. pp. 179–204.
- MÁNDI, B., PETKÓ, M., SZŐÖR GY. and GLANT, T. (1975): Connective tissue alterations following neonatal thymectomy. Acta Morphologica Acad. Sci. Hung. 23 (1). pp. 59–69.
- ORTNER, D. J., VON ENDT, D. W. and ROBINSON, M. S. (1972): The effect of temperature on protein decay in bone: its significance in nitrogen dating of archaeological specimens. American Antiquity. 37. pp. 514–520.
- SZŐÖR GY. (1969): Molluszkum héjak aminosav, nyomelem, derivatográfiai elemzése. Doktori értekezés. Debrecen, KLTE.
- SZŐÖR, GY. (1971 a): The instrumental analysis of modern vertebrate tooth as fossil model material. Acta Mineralogica-Petrographica, Szeged, Hungaria, XX. pp. 149–167.
- SZŐÖR, GY. (1971 b): Possibilities of facies indication through physical and chemical analyses of molluscan shells. Acta Geogr. Debrecina XV–XVI. pp. 73–83.
- SZŐÖR, GY. (1975): Sedimental correlations. A possibility for the determination of relative chronology on the basis of thermoanalytic (derivatographic) investigation of the organic material content of fossils. Acta Mineralogica-Petrographica, Szeged, XXIII/1. pp. 61–71.
- SZŐÖR GY. (1979): Quarter és neogén fosszília anyag paleobiogeokémiai elemzése kronológiai, taxonális és fáciesi kiértékeléssel. Kandidátusi értekezés. MTA Könyvtára. Bp.
- TONG-YUN HO (1966): Stratigraphic and paleoecologic applications of water insoluble fractions of residual shell-proteins in fossil shells. Geol. Soc. Am. Bull. 77. pp. 375–392.
- VÉRTES, L. (1964): Eine prähistorische Silexgrube am Mogyorósdomb bei Sümeg. Act. Arch. 16. pp. 188–215.
- VOGEL, J. C. and WATERBOLK, H. T. (1964): Groningen Radiocarbon Dates. V. 6. pp. 349–368.

Absolute chronological and palaeoclimatological evaluation of Holocene vertebrate remnants by palaeobiogeochemical method

Gy. Szőör and L. Kordos

Four sample series of *Ophidia* indet. from Holocene karstic sediments were, after exact biochronological evaluation, tested thermoanalytically and a new method of absolute dating was worked out.

The total content of bounded organic matter in the fossil bones and the so-called fossilization coefficient were found to be closely related with the geological time that had elapsed. The results were processed by computer techniques and the relationship were formulated in terms of three regression trend equations.

On the basis of these correlations the age of several fossil finds of unknown age derived from different points of the karst area could be determined.

The authors proved that the correlative evaluation of the geochemical characteristics of the enclosing sediments and the derivatographic measurements enabled to draw conclusions as to the climatic change that had taken place in a later part of the Holocene.

By analyzing the environmental effects controlling the process, they disclosed the regularities of fossilization in Holocene time.