

Kígyócsigolya-kronométer

Új abszolút korhatározási módszer

A történeti tudományokkal foglalkozó szakemberek, sőt a laikusok is legtöbbször arra kíváncsiak, hogy az egykori esemény, tárgy, élőlény hány évvel ezelőtt történt, keletkezett vagy élt. Napjainkban már számtalan olyan ún. abszolút korhatározási módszert ismerünk, amelyekkel években ki lehet fejezni az idő múlását. Kezdetben a különböző radioaktív sorok bomlási sebessége volt a kiindulás alapja, majd egymást követték azok az új, rafinált és bonyolult egyéb fizikai-kémiai módszerek, amelyek szintén számszerű koradatot szolgáltatottak. A széles skála ellenére valamennyi módszer csak szűk időintervallumon belül és sajátos körülmények között használható. Ma már közismert, hogy az „abszolút” évek egyáltalában nem felelnek meg a kalendáriumi éveknél, csak bonyolult korrekciós számításokkal lehet a „radiometrikus éveket” a naptárral összevetni.

A sok abszolút korhatározási módszer között számos olyan akad, amelyek az eltemetett élőlény ősmaradvánnyá válásának strukturális, fizikai és kémiai változásait mérik.

A régészeti kutatásokban már régóta mérik az emberi csontmaradványok korhatározására a csontkollagén szövetlen alkotóinak eltávolíthatósági idejét, szövettani festhetőségét, UV-fényben való viselkedését csak úgy, mint a maradék aminosavak összetételét.

Már korábban felmerült annak lehetősége, hogy az ásatag csontok idővel egyre csökkenő szervesanyag-mennyiségét derivatográfával (termoanalizátorral) megmérve, a lelet elhullásának idejére következtessenek. Míg a vizsgálatok nagyon széles skálájú leletanyagon, különböző beágyazódási módok között készültek, s a termobomlás részfolyamatai sem voltak kellően tisztázva, az eredmény természetesen nagyon változó volt.

A szerzők az elmúlt években új alapokon, pontosan meghatározott mintanyagon, az adatok megbízhatósági körének behatárolásával, modern összehasonlító derivatográfiai technikával (termoanalízissel), számítógépes feldolgozással kidolgozták a holocén és a pleisztocén időszakára alkalmazható új korhatározási módszert. Erről számolnak be.

Először megfelelő csontmaradványt kellett keresnünk a vizsgálathoz. Korábban a régészeti és paleoantropológiai kutatásokhoz csigolyatestből kivágott csontszövetet elemeztek. Számunkra ez az út nem volt járható, mivel a jégkori ember csontja nem olyan gyakori, hogy elégezzük. Hosszas szövettani, fizikai és kémiai csontvizsgálatok után kiderült, hogy a tömött állományú csontok a legalkalmasabbak. Az összehasonlító vizsgálatok kiderítették, hogy a legkülönbözőbb gerincesek kompakt csontjaiban a szerves-szerveetlen anyagok aránya között csak minimális a különbség. Ezért olyan állapot tömött csontját kerestük, amely minden gerinceslel helyen gyakori, közönséges, s néhány grammjának megsemmisülése nem okoz leletvesztést. Így esett a választás a kígyócsigolyákra, amelyekről rendszerint nem lehet megmondani, hogy melyik fajhoz tartoznak. A lelőhelyeken tömegesen előfordulnak, tehát ideális kísérleti anyagok.

A továbbiakban azt kellett tisztáznunk, hogy a kígyócsigolyák ősmaradvánnyá válásakor milyen környezeti hatások voltak, s azok mennyire befolyásolták a kor meghatározást.

Első lépésként a kígyócsigolyák közül néhány mintából harántcsiszolatot készítettünk. Ezek mikroszkopikus vizsgálattal a csontszövet szerkezete alapján jól szét lehetett választani a különböző fosszilizáltságú csigolyákat. Amennyiben a csontszövet a friss (napjainkban élt) állathoz hasonlíthatóan kompakt, üregmentes, a minta fiatal (holocén) korú,

s az elemzésre kitűnően alkalmas. Ha már tapasztalható az eredeti struktúra felbomlása, felazulása, akkor a csigolya már fosszilizálódott, s néhány tízezer éves. Amikor az eredeti szövettanilag már nem lehet felismerni, s erős a meszesedés mértéke, akkor erős fosszilizálódás állapítható meg, amely néhány százezer vagy akár millió éves korra utal.

Megvolt tehát a csontszövet mikroszkopos értékelésével nyert első, durva kronológiai elkülönítés lehetősége. Ez a gyors módszer azt is lehetővé tette, hogy kiszűrjük a minták közül a vizsgálatra alkalmatlanokat. Ilyenek lehetnek pl. az erősen ásványosodott, mállott, égett csontok.

A kígyócsigolyák ősmaradvánnyá válása erősen függ a bezáró üledékek milyenségétől is. Ezért a mintákat már eleve úgy válogatták össze, hogy azok karsztos üregek, hasadékok kitöltéséből származzanak. Az azonos karbonátos kőzet háttér biztosította az azonos geokémiai hatásokat. Pillanatnyilag a vizsgálatokat nem lehet kiterjeszteni a löszökből, homokból, lápokból vagy talajokból előkevert csontmaradványokra, mert ott a bezáró kőzet kémiai és szerkezeti felépítése miatt az ősmaradvánnyá válás folyamatának sebessége különböző. Az azonos karsztos kémiai folyamatok ugyan az összes barlangi kitöltésre hatással vannak, de a kígyócsigolyák lebomlása hosszú ideig viszonylag függetleníti magát azoktól. Ezt a sajátos „autonómiát” számos kémiai vizsgálattal sikerült igazolnunk. Sok-sok kísérletsorozat után tehát ke-

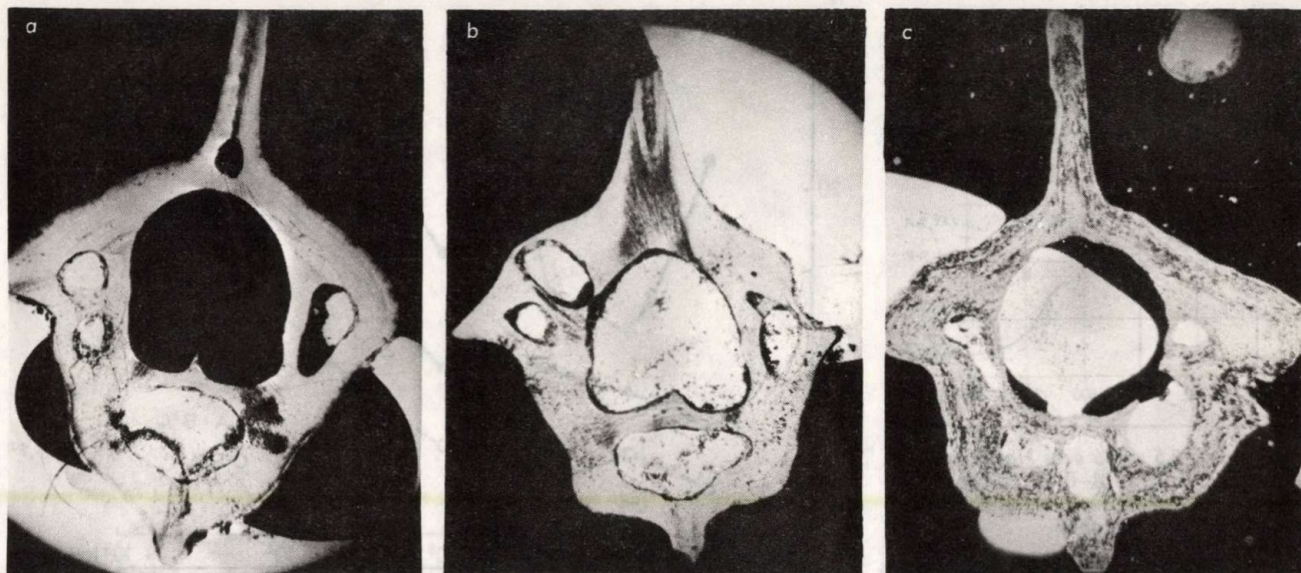
zünkben volt a sokoldalúan ellenőrzött kígyócsigolya, mint az abszolút korhatározás vizsgálati tárgya.

Termobomlás és kronológiai standard

A gondosan tisztított és előzőleg ellenőrzött csigolyákat derivatográfus elemzésnek vetettük alá. A 10 °C/perc fűtési sebességgel 1000 °C-ra hevítettük; miközben belőlük előbb a szerves és ásványos rendszerekhez gyenge erővel kötődő víztartalom távozott („A” paraméter). Később exoterm folyamatként kiégett a szerves anyag („B” paraméter), majd a fosszilizáció során beépült karbonátok (kalcit, dolomit és karbonátapatit) hődisszociációjára, a széndioxid eltávozására került sor. A hevítés során eltávozott összes anyagleadás tehát az A+B+C értékéből tevődik össze. Mindezek alapján fel lehet állítani egy ún. fosszilizációs egyenletet (Fk):

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

A fosszilizációs egyenlet rendkívül jó jelzőszámra bizonyult, amikor értékét összevetettük a többszörösen meghatározott, nemzetközi standardként szereplő minták abszolút koradatával. Mivel a fosszilizáció folyamata nem egyenletes, különböző korok eltérő egyenletértékeinek megfelelő illeszkedést biztosító matematikai képleteket kellett keresnünk, hogy a standard minták közötti időintervallumra alkalmazható legyen az új mód-



1. ábra. Különböző korú kigyócsigolyák metszetének mikroszkópi képe. A csontszövet állománya alapján eldönthető, hogy a maradvány alkalmas-e abszolút korhatározásra. a = tömött csontszövetű, ép kigyócsigolya napjainkból; b = fellazuló csontszövetű maradvány, 50 000 éves; c = erősen átalakult szövetű csigolya, kora 4,5 millió év; d = abszolút kronológiai vizsgálatra alkalmatlan, extrém hatásra átalakult csontszövet

Az első derivatográfiai abszolút koradatok

Lelőhely	kor (év)	földtörténeti szakasz
Csontos-barlang	15	holocén (napjaink)
Békásmegyér	3 897 (± 250)	fiatalabb holocén
Baradla-barlang	6 516 (± 250)	idősebb holocén
Zöld-barlang	7 314 (± 250)	idősebb holocén
Balla-barlang	20 041 (± 500)	felső pleisztocén
Por-lyuk	36 786 (± 500)	felső pleisztocén
Osztamos-4.	259 981 (± 5 000)	középső pleisztocén
Osztamos-5.	347 200 (± 5 000)	középső pleisztocén
Osztamos-14.	695 109 (± 10 000)	alsó pleisztocén
Osztamos-12.	979 800 (± 10 000)	alsó pleisztocén
Osztamos-13.	3 077 942 (± 100 000)	pliocén

szer. Ennek megfelelően a holocénre három, a felső, középső és alsó pleisztocénre, valamint a pliocénre egy-egy új képzet alapján lehet koradatot számolni, amit mi R-30-as típusú számítógéppel végeztünk el.

Derivatográfiai évek

Az aránylag egyszerű mérés és értékelés után megszülettek az első derivatográfiai abszolút koradatok (táblázat).

Ez a 11 minta volt az első konkrét eredményt adó vizsgálat, amely igazolta a módszer használhatóságát. Mindegyik koradat ott „ül”, ahová az előzetes őslénytani vizsgálatok relatív korhatározással besorolták. Nincs tehát „bulfenc”, vagyis olyan eset, amikor a két módszer más kronológiai sorrendet jelölne ki. Néhány esetben más abszolút kronológiai vizsgálat eredményével való összehasonlításra is sor kerülhetett. Így a Baradla-barlangi kigyócsigolyák a neolitikumi bükki kultúrájú rétegekből származnak,

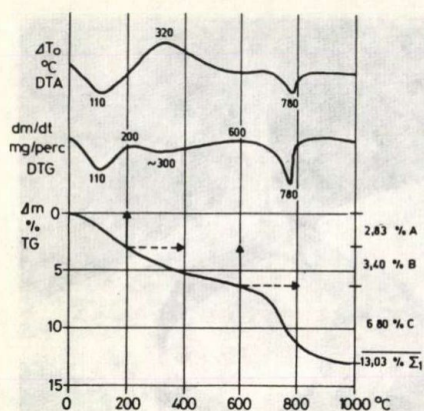
amelyből egy korábbi domica C-14 vizsgálat 6080 ± 75 év B.P. értéket adott. Az azonos ikultúrájú bükki Hillebrand Jenő-barlang C-14 kora pedig 5985 ± 60 B.P.-nek adódott. Tehát a radiokarbon évektől mindössze fél évezredes eltérést mutat; ez pedig nagyon csekély, ha megfontoljuk, hogy újabban az ilyen korú C-14 adatok között több mint ezeréves eltérést is feltételeznek. Hasonló, kitűnő egyezést mutat a Balla-barlang 20 041 éves derivatográfiai értéke a C-14 vizsgálatok 20 000 évével.

A továbblépés lehetőségei

A csontmaradványok korának meghatározási körét ma még igen szűkre lehet meghúzni, mivel csak a karsztos barlangok kitöltéséből származó kigyócsigolyákra érvényes. Most majd más állatok csontjaira terjesztjük ki a módszert, amely valószínűleg nem okoz nehézséget, mivel az előzetes vizsgálatok szerint a kompakt csontok lebomlási ütemében nincs lényeg-

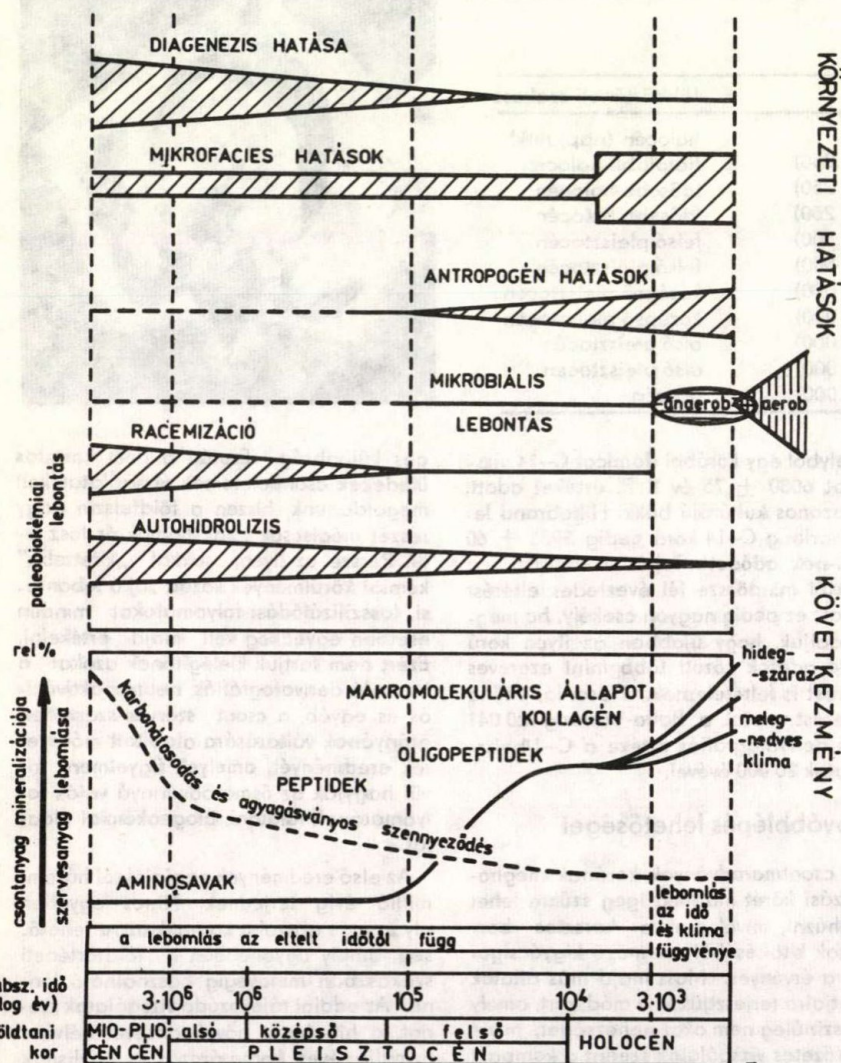
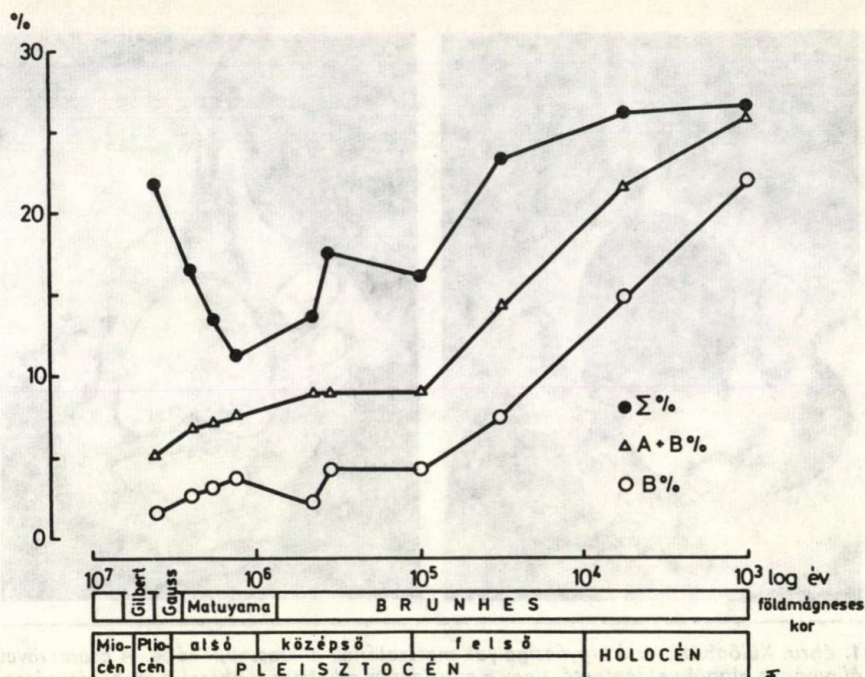
ges különbség. Ezután a nem karsztos üledékek csontleleteinek vizsgálatát kell megoldanunk, hiszen a földfelszín nagy részét mégiscsak talaj, homok és lösz fedi. Persze az ilyen, sokkal „kítettőbb” kémiai körülmények között zajló lebontási, fosszilizálódási folyamatokat minden esetben egyedileg kell majd értékelni. Ezért nem tartjuk kielégítőnek azokat a hasonló derivatográfiai, neutronaktivációs és egyéb, a csont szerves-szervetlen arányának változására alapított módszerek eredményét, amelyek figyelmen kívül hagyják az ősmaradvánnyá válás folyamatának földtani, biogeokémiai oldalát.

Az első eredmények napjainktól hárommillió évig terjednek. Nincs egyetlen olyan más abszolút korhatározási lehetőség, amely ugyanebben a földtörténeti szakaszban mindvégig használható lenne. Az eddigi tájékozódó vizsgálatok szerint, a hibahatár növekedésével néhány tízmillió éves korhatározás is reálisnak látszik.



2. ábra. Egy 2,5 millió éves kígyócsigolya derivatogramja, az A-B-C csúcsok és értékek feltüntetésével; részletezés a szövegben

3. ábra. A kígyócsigolyák derivatográfiai módszerrel mért paramétereinek összehasonlítása a földtörténeti korbeosztással az abszolút konológiával (Lásd még dr. Barta György: A földmágnesség és az élővilág c. cikkét a Természet Világa 1969. évi 10. számában)



4. ábra. A karsztos üregek kitöltéseiben található csontmaradványok ősmaradvánnyá válásának idealizált folyamata

Felmerült annak a lehetősége is, hogy következtessünk az egykori klímára, elsősorban a hőmérsékleti viszonyokra. Ennek elvi alapja az a feltételezés, hogy melegebb klímaperiódusokban az üledékbe került csont proteinje a felerősödő mikrobiológiai aktivitás hatására gyorsabban bomlik el, ellenben hideg periódusokban ez a folyamat pedig lelassul, esetleg „befagy”. Tehát a csont szerves anyagának az időben lejátszódó általános csökkenő trendjétől tapasztalt eltérések figyelemre méltók. Így pl. a kisebb értékek felmelegedési, a nagyobbak lehűlési szakaszokat jelölhetnek. Mint az ez irányú összehasonlító vizsgálatok kimutatták, ennek lehetősége napjainktól háromezer évig van meg, amikor a csont szervesanyag-tartalma még nagy, s a klimatikus meghatározott bomlásfolyamatok erőssége felülmúlja az egyéb, véletlen hatásokat.

Az új alapokra fektetett derivatográfiai korhatározás első kísérletei biztató eredménnyel zárultak. Természetesen ma egyetlen abszolút koradat sem méréadó, ha egyedül áll. Napjaink követelménye, hogy több módszer egymással kiegészített értékeit együttesen értékeljük, s csak a kellően alátámasztott „korokat” tekintsük támaszpontul a további kutatásokhoz.