

Baradla-barlangi cseppkőkoradatok a késő- negyedidőszaki klímaingadozások tükrében

*Age data of speleothems in the Baradla Cave, with reference to climatic
oscillations in the Quaternary period*

ZÁMBÓ László¹ – FORD, Derek² – TELBISZ Tamás¹

(6 ábra)

*Tárgyszavak: cseppkő-kormeghatározás, paleoklíma
Keywords: speleothem dating, palaeoclimate*

Abstract

An important goal of current research into the Quaternary period is the reconstruction of the palaeoclimate. Since the karst processes are influenced by many climatic factors (mainly temperature and precipitation), the intensity of karstification changes according to climatic oscillations. The speleothems enclose much information about the palaeoenvironment. First of all, their occurrence suggests a relatively humid and warm climate, since both arid and cold conditions are limiting factors in speleothem formation. In this paper, a speleothem growth intensity diagram is presented from U-series age data of speleothems from Baradla Cave (NE Hungary). The diagram is compared with the results of other investigations (malacological, palinological, loess-chronological, stable isotope and NW European speleothem records) and a detailed analysis of Late Pleistocene climate is given.

Összefoglalás

A sok szálon futó negyedidőszaki kutatás egyik fő célkitűzése az őségajlat rekonstrukciója. Mivel a karsztos folyamatokra számos éghajlati tényező (elsősorban a hőmérséklet és a nedvesség) jelentős befolyást gyakorol, ezért a karsztosodás erőssége az éghajlat-ingadozásoknak megfelelően változik. A cseppkővekből sokféle információ olvasható ki az őskörnyezetre vonatkozóan. Már önmagában az előfordulásuknak is jelzésértéke van: viszonylag nedves és meleg éghajlatra utalnak, hiszen mind a szárazság, mind pedig a hideg korlátozó tényezőt jelent a cseppkőképződés szempontjából. Jelen cikkben a Baradla-barlangban végzett U-sorozatos mérésekből kapott koradatokra épülő cseppkőnövekedési intenzitást bemutató grafikont vetjük egybe más vizsgálatok eredményeivel (malakológiai, palinológiai, löszkronológiai, stabil izotópos és ÉNy-Európára vonatkozó cseppkő-adatsorokkal). Ezek alapján a késő-pleisztocén éghajlat-ingadozások részletes elemzésére kerül sor.

Bevezetés

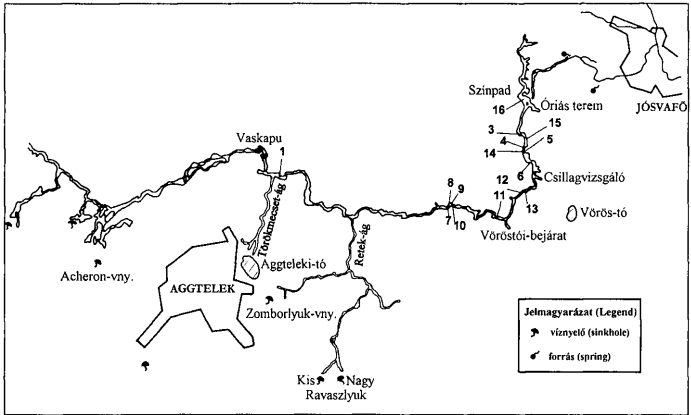
A karsztjelenségekre nagy hatással vannak az őskörnyezetben bekövetkezett változások. Mivel az éghajlat rendkívül meghatározó, ám – hosszabb időléptékben – változó tényezője a karsztosodásnak, ezért a klímaingadozások hatása jól tükröződik a karsztfolyamatok intenzitásának változásában (WHITE 1988). Ennélfogva a cseppkővek különösen fontos szerepet játszhatnak az őségajlat jellemzésében. A karsztosodás a talajjal borított mészkőterületeken a legerőteljesebb, mivel a mészkő oldásában a talajban termelődő CO₂ a legfontosabb tényező. A mai Magyarország területén a talajképződés csak a

¹ ELTE TTK Természetföldrajzi Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány P. sétány, 1/c.

² MacMasterUniversity, Hamilton, Canada

pleisztocén melegebb interglaciális és interstadiális szakaszaiban mehetett végbe. A talaj mellett a csapadék hiánya is korlátozó tényező a karsztos oldódásban, ezért a cseppkövekből származtatott éghajlati következtetéseket kétféleképpen lehet értelmezni: az intenzív cseppkőképződés meleg-nedves feltételekre utal, míg a csökkent mértékű cseppkőképződés egyaránt lehet a hideg vagy a száraz időszakok eredménye.

A késő-pleisztocén során Közép-Európában lejátszódott éghajlatváltozások megismerése és a Baradla-barlang fejlődésmenetének jobb megértése érdekében, U-sorozatos kormeghatározásokat végeztünk cseppköveken (1. ábra). A 24 km hosszú Baradla-barlang kitűnő példája a FORD & WILLIAMS (1989) osztályozása szerinti „ideális karsztvízszint barlangnak”. Allogén folyóvizes barlang, amit a szomszédos nemkarsztos területekről a mészkőhegyekbe folyó patakok alakítottak ki. A főágban ma már főleg csak árvizek alkalmával folyik jelentősebb mennyiségű víz, egyébként – „normális” hidrológiai körülmények között – a cseppkőképződés az uralkodó folyamat.



1. ábra. Mintavételi helyek a Baradla-barlangban

Fig. 1 Sampling sites in the Baradla Cave

A korábbi kutatások több eróziós illetve üledékképződési időszakot mutattak ki a negyedidőszak során (PIROS & GYURICZA 1986; SZENTES 1965). Az alsó, ma is aktív vizes járatok kialakulása óta számottevő szélesedéssel nem számolhatunk a főágban. Az alkalmászerűen előforduló nagyobb áradások azonban hozzájárultak a főág üledékeinek, cseppkőkiválásainak rombolásához (JAKUCS 1956). Továbbá az üledékképződés üteme is eltérő lehetett a késő-pleisztocén különböző éghajlatú korszakaiban. A korábbi vizsgálatokból kevés kormeghatározás áll rendelkezésünkre a Baradla-barlang fejlődésének megítéléséhez: LAURITZEN & LEÉL-ÖSSY (1994) végezte el néhány cseppkő gyűrűinek U-sorozatos kormeghatározását, de az ő adataikhoz nincs megadva szórás, így az alábbi analízisben

(grafikon szerkesztésben, 2. ábra) emiatt nem lehetett felhasználni az ő eredményeiket (3. ábra).

Saját vizsgálataink elsősorban a főág idősebb (feltehetően legidősebb) cseppköveinek kormeghatározását célozták. 16 helyről (1. ábra) gyűjtöttünk mintát, melyek első nagyobb csoportja kidőlt sztalagmitok alapi részéből illetve a rajtuk kialakult újabb cseppkövekből származott (1: „Kardbojt”, 7, 10, 13, 15: „Fatörzs”, 16). A minták másik csoportját a barlangi teraszokon illetve üledékeken kivált mészlerekódásokból (flowstone) választottuk. (2, 3, 8, 12), némelyik alól a későbbi erózió az üledéket mostanra kimosta. A harmadik csoportba a jelenlegi meder fölött 20–80 cm-re elhelyezkedő kisebb, erodált sztalagmitok (4, 5, 6, 14) tartoztak. A jelenlegi izotóparányok megismeréséhez néhány szalmacseppkővet is megmintáztunk (9, 11).

A korokat alfa-spektrometriás U-sorozatos módszerrel határoztuk meg. A Baradla-barlangi cseppkőmintákat alacsony U-tartalom és kis $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ arány jellemezte (feltehetően az áradások által behordott viszonylag jelentős mennyiségű törmelék hozzákeveredése miatt). Ezek a körülmények a mérések pontosságát csökkentik, mindazonáltal az adatok jól felhasználhatónak bizonyultak egy széleskörű összehasonlító elemzésben, melynek során az itt nyert adatokat összevetettük más vizsgálati módszerekkel elért eredményekkel [malakológiai (KROLOPP 1978; SÜMEGI & KROLOPP 1995, 4. ábra) és löszkronológiai adatokkal (PÉCSI 1975, PÉCSI et al. 1979) Magyarországról, északnyugat-európai cseppkőkoradatokkal (BAKER et al. 1993, 5. ábra), stabil izotópos (^{18}O) vizsgálatokkal (MARTINSON et al. 1987, 6. ábra), és pollen elemzésekkel (GUIOT et al. 1989)]. Ezek alapján megállapítható, hogy a Baradla-barlangi eredmények meglepően jó egyezést mutatnak más idősorokkal, ami a késő-pleisztocén őskörnyezeti változások cseppkőkoradatok alapján történő vizsgálatát alátámasztja.

Eredmények

Következtetések a Baradla-barlang fejlődésére nézve

1. A lerakódások (a legnagyobb kidőlt sztalagmitok legöregebb részeit is beleértve) egyike sem valószínű, hogy idősebb lenne 200 000 évesnél. A barlang keletkezése ugyan feltehetőleg a késő-pleisztocénnél korábbi (JAKÁL 1975; MÓGA 1998), de az utolsó nagy eróziós időszakban az idősebb lerakódások maradványai mind lerombolódtak és kipucolódtak a barlangból.

2. A főág valószínűleg minimum 150 000 éves.

3. A főági meder méretei az utolsó interglaciális óta nem sokat változtak a meder közelében található cseppkő illetve mészkéreg kormeghatározások alapján (az azóta bekövetkezett erózió főleg a patak által behordott üledékeket érintette és nem a sziklaágyazatot).

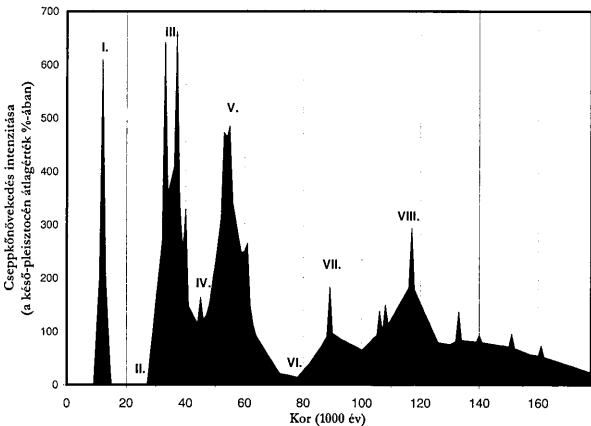
4. A teraszlerakódások koradatai azt sugallják, hogy a würm időszakban a barlang valószínűleg jobban ki volt töltve, mint manapság. Azok az árvizek amelyek a jelenlegi meder fölött 4,5 m-rel található kavics és agyaglerakódásokat létrehozták, minden bizonnyal a legnagyobb cseppkőoszlopok kidöntésében is főszerepet játszottak.

Ökörnyezeti változások a késő-pleisztocén során

A cseppkőkoradatokból a növekedés intenzitására utaló gyakorisági görbe szerkeszthető. Ez a következő két lépésen keresztül valósítható meg:

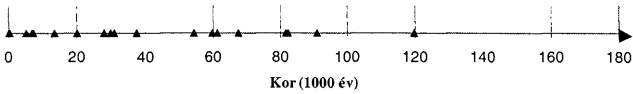
a, A cseppkőkoradatokból készül egyszerű hisztogram helyett egy olyan ábrázolást választottunk, ahol a „pontoszerű” koradatokat egy egyszerű valószínűségi eloszlással helyettesítjük, amelyet a kor és a szórás értékéből számítottunk. Ezeket az eloszlásokat összegeztük a 2. ábrán, amely így könnyebben értelmezhető, mint egy hisztogram.

b, Mivel a gyakorisági értékek az a lépésben módosulnak, ezért minden értéket el kell osztani az időszak átlagértékével, így az Y-tengelyen végeredményben egy %-ban kifejezett skálát kapunk.



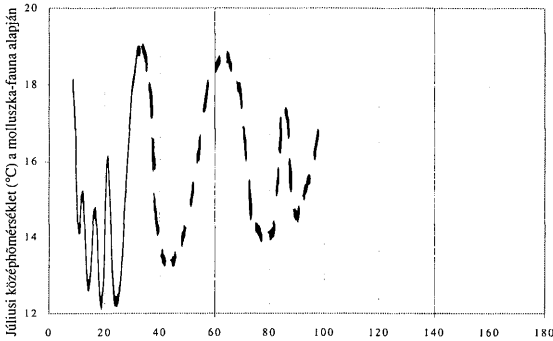
2. ábra. Cseppkőképződés intenzitásának változásai a Baradla-barlangban cseppkőkoradatok alapján
Fig. 2 Speleothem growth intensity based on speleothem age data from Baradla Cave

Az eredményeket a 3–6. ábrán látható idősorokkal hasonlítottuk össze. Méréseink időhatára a 180 000 éves kortól 10 000 évesig terjed. A mához közelebbi időhatár a mérések célkitűzéséből származik (hiszen a mintázás elsősorban a főág idősebb cseppkőképződményeinek mintázására irányult), és természetesen nem azt jelenti, hogy a holocén során hiányzott volna a cseppkőképződés a Baradla barlangból. A mérési eredmények a riss glaciális, a riss-würm interglaciális és a würm glaciális idejére esnek. A diagramon megfigyelhető csúcsokat és völgyeket római számokkal jelöltük. Az éghajlati periódusokat e szerint a grafikon szerint vesszük sorra a legrégebb koradatoktól kezdve.



3. ábra. Cseppkőkoradatok a Baradla-barlangból szármegyenesen ábrázolva (LAURITZEN & LEÉL-ÖSSY, 1994 adatai alapján)

Fig. 3 Speleothem age data from Baradla Cave (edited from data in LAURITZEN & LEÉL-ÖSSY 1994)

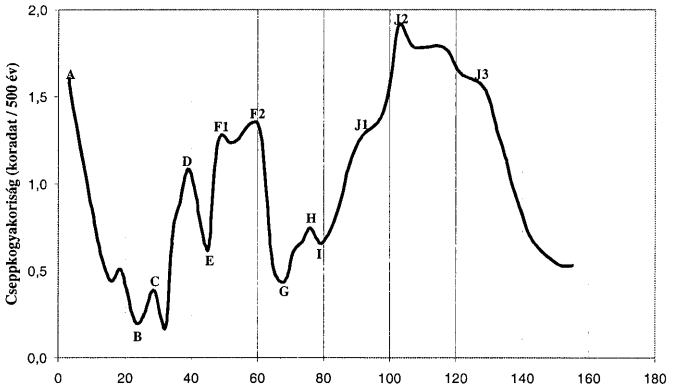


4. ábra. Molluszka-vizsgálatokra alapozott éghajlatingadozások (SÜMEGI & KROLOPP 1995)

Fig. 4 Climate oscillations based on Molluscs (SÜMEGI & KROLOPP 1995)

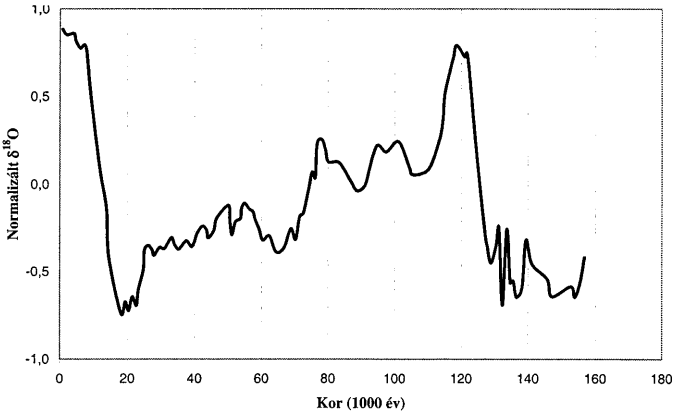
1. A riss glaciális végén korlátozott mértékű cseppkőnövekedés és hideg éghajlat volt jellemző (5. ábra) ÉNy-Európában és Magyarországon (kb. 125 000 évvel ezelőttig).

2. A riss-würm interglaciális kisebb éghajlati ciklusokra tagolható: 3 interstadiális (eemian: 125 000 év–115 000 év; brürup: 105 000 év–95 000 év; odderade: 85 000 év–75 000 év) különböztethető meg az ^{18}O -izotópos adatok alapján. Az eemian (a legmelegebb?) mind a magyarországi, mind pedig az Ény-európai cseppkőnövekedési diagramon felismerhető (VIII., J3), bár a későbbi interstadiálisok időben elcsúszni látszódnak a karsztadatokon (VII., J1: 90 000 év) és az odderade interstadiálisban a cseppkőképződés intenzitása nagyon alacsony (VI.; I,H,G). A kronológiai tévedések kizárásával BAKER et al. (1993) arra a következtetésre jutott, hogy ez a helyzet a viszonylag meleg interstadiális száraz jellegével magyarázható. Az interstadiális végén kezdődött a Fennoskandiai jégpajzs előrenyomulása, amely magas nyomású rendszert és szárazodást hozott. Más bizonyítékok is ennek a korszaknak a száraz jellege mellett szólnak (pl. szél által szállított homok brit barlangokban, löszlerakódások Angliában). Ugyanakkor a Franciaországból származó pollenadatok szerint (GUIOT et al. 1989) az odderade interstadiális csak csekély mértékben lehetett szárazabb, jóllehet közvetlenül előtte és utána száraz időszakok vették körül.



5. ábra. Cseppkőképződés intenzitásának változásai nyugat-európai cseppkőkoradatok alapján (BAKER et al. 1993)

Fig. 5 Speleothem growth intensity based on speleothem age data from NW Europe (BAKER et al. 1993)



6. ábra. Oxigénizotópos adatsor (MARTINSON et al. 1987)

Fig. 6 Oxygen isotope record (MARTINSON et al. 1987)

3. A kora-würmben (VI.; G) az éghajlat erőteljes zordabbra fordulása játszódott le, amelyet Magyarországon löszképződés, Dánia és Lengyelország területén pedig glaciális üledékek jellemeztek (TL korok: 60 000–80 000 év; KRONBERG & MEJDAHL 1990). A würm1–2 interstadiálisban a klíma melegebb, de viszonylag