

Alfred Bögli

ADATOK A KARSZTBARLANGOK KELETKEZÉSÉHEZ

A karsztkémiával és barlanggenetikával foglalkozó kutatók körében az utóbbi években az az általános nézet alakult ki, hogy a karsztkorrózió kémiai vonatkozásaiban valami rendkívüli „felfedezésre” már nem lehet számítani. Annál nagyobb feltűnést keltett azonban a svájci A. Bögli professzornak a stuttgarti Karszmorfológiai Szimpóziumon elhangzott előadása, amelyben részletesen ismertette az ún. keveredési korrózióval kapcsolatos vizsgálatainak meglepő eredményeit. A keveredési korrózió a karsztos lepusztulás fontos tényezője és különösen nem elhanyagolandó a karsztbarlangok (hévvízes és hidegvízes) genetikájának tanulmányozása során.

Bögli úttörő munkáját nem kisebbíti az a tény, hogy a mérnök-geológiában régóta ismert a keveredő vizek mészre, betonra gyakorolt fokozottabb agresszivitása. F. F. Laptjev szovjet karsztkutató pedig már 1939-ben felvetette annak a lehetőségét, hogy az egyébként nem agresszív karsztvizek keveredés után újra oldóképesek lehetnek, de felvetései feledésbe merültek. Bögli érdeme, hogy világosan feltárta a keveredési korrózió gyakorlati szerepét a karsztosodásban, közelebbről a vizalatti barlangüregek kialakulásában.

(Szerk.)

A karsztbarlangok kialakítását elsődlegesen a korrózió végzi, majd a barlangok bővítésénél az erózió lép előtérbe. A korrózió a következő ismert séma szerint jelentkezik:



A mészkő oldásához a CO_2 okvetlenül szükséges, mint ahogy fordítva, a mész kiválása CO_2 leadással jár. Ha CO_2 nem áll rendelkezésre, akkor a CaCO_3 oldódása nem következik be.

A CO_2 három esetben állhat rendelkezésünkre:

1. Le nem kötött CO_2 van a vízben oldva. A normális 0,03%-os CO_2 tartalmú levegő esetén egy liter 0 C°-os víz 1 mg, 25 C°-nál 0,25 mg CO_2 -t tartalmaz. A 2,5%-os CO_2 tartalmú talajlevegővel kapcsolatban levő 0 C°-ú talajvízben 8,4 mg, 25 C°-nál 3,73 mg CO_2 van oldott állapotban. Az első esetben 2,27, ill. 0,57 mg/l, a második esetben 19,1, ill. 8,47 mg/l mész oldódik fel. Nyilvánvaló, hogy ez a korróziós lehetőség szűk hasadékokban és csekély

vízmenyiség mellett csak a legfelső néhány centi méterig vagy méterig áll fenn. Nagyobb víztömegek mint pl. barlangi patakok már nagyobb mennyiségű oldott CO_2 -t szállítanak a mélyebb régiókba. Ez azonban akkor áll fenn, ha a hasadékok már elég szélesek (kifejlődött víznyelők vannak).

2. Organikus anyagok, mindenképp humuszanyagok, részben oldott, részben kolloid, részben szilárd állapotban kerülnek be a mélybe és ott az organizmusok hatására bomlásnak indulnak. Ehhez természetesen oxigén szükséges, amely vagy a barlangi levegőből, vagy a barlangi patakból származhat. Egy liter 0 C°-os víz atmoszféra nyomáson 14 mg oxigént tartalmaz, 10 C°-nál 11,4 mg-ot. Ebből maximum 19,2, ill. 15,7 mg CO_2 képződhet. A kőzet belsejében alacsony hőmérséklet mellett az oxidáció lassan megy végbe. Ezért tulajdonitunk ennek a folyamatnak a mi klíma viszonyaink alatt nagyobb hatást a mélyben.

A barlangi agyagban bizonyos mennyiségű humusz mindig található. A Hänggi idős barlangi agyagban minimum 0,24% humusz-anyagot mutatott ki, friss agyagban maximum 0,88%-ot (Bögli: Der Höhlenlehm, Rassegna Speleologica Italiana, Como 1961.).

3. A barlangi levegő CO_2 -t ad le az ottlevő víznek. A barlangi levegő több CO_2 -t tartalmaz, mint a szabad földfelszín levegője, aminek a barlangi állóvizekben, pocsolyákban magasabb mésztartalom felel meg (a szerző szerint az általa meglátogatott barlangokban minimum 95 mg/l.).

Ezek a korróziós lehetőségek egyszerű magyarázatot adnak a földalatti vizek oldóképességére, ill. a rendelkezésre álló CO_2 forrásokra. Nem magyarázzák meg azonban az ősi kezdeti barlangüregek (kapilláris és szubkapilláris hasadékok és rétegfugák) fejlődését. Ezek rendszerint tartósan vízzel voltak telve. Ilyen vízzel telt nyílásokban a víz primér CO_2 tartalma alapján a vízjáratok korróziós úton történő bővítésével csak kis mértékben számolhatunk.

A karsztvízszint alatti nagy barlangjáratok, melyek kétségkívül nagy számban léteznek, a felsorolt okokkal nem magyarázhatók. Sok helyen megállapították, hogy a karsztvízszint valamikor mélyebben volt. A legkedvezőbb esetekben is azonban annyi megmagyarázatlan probléma merül fel, hogy feltétlenül valamilyen más korróziós eshetőségre kell gondolnunk. Erre már nyomatékosan utaltam Bécsben a III. Nemzetközi Barlangkutató Kongresszuson. A megoldást a kongresszus utolsó napjaiban találtam meg, de más irányú munkáim miatt csak most tudom azt nyilvánosságra hozni.

A keveredési korrózió

Minden meszes oldatban meghatározott mennyiségű járulékos széndioxidnak kell lennie, különben a hidro-karbonát nem maradna oldatban. Ez a járulékos széndioxid az oldott mészt változtatásával nem lineárisan, hanem progresszíven változik. Keverjünk össze két különböző koncentrációjú meszes oldatot és számítsuk ki a benne levő mészt és CO₂ tartalmat. Arra az eredményre jutunk, hogy a járulékos széndioxid progresszív felvétele miatt az új CO₂ mennyiség nagyobb lesz, mint az oldott mészmennyiség oldatban tartásához szükséges járulékos széndioxid. Létrejött tehát egy CO₂ felesleg, amely további oldásra képes (beleértve az újonnan keletkező hidro-karbonát oldatban tartásához szükséges járulékos széndioxidot is).

A következő táblázaton bemutatom a pótlólag oldódó mészmennyiséget. A keveredést nyolc különböző oldat esetében vizsgáltam, éspedig az első oldat literenként csak 11,5 mg meszet tartalmazott (tehát CO₂ nélküli oldat volt), míg a nyolcadik 357,96 mg meszet tartalmazott literenként (ez utóbbi oldat humusztakaróval fedett, mészköves moréna alól származott). A vizsgálat során tehát szélső lehetőségeket is figyelembe vettem. A W₁ jelzésű, meghatározott koncentrációjú oldatot egy másik, W₂ jelzésű, más koncentrációjú oldattal kevertem össze. A keverés arányát a W₂-nek az összmennyiséghez viszonyított %-ában adtam meg. Kiválasztottam azokat a keverékeket, amelyeknél a maximális pótlólagos mészmennyiség (M. mg/liter) oldódott.

W ₁ oldatok mg/l Ca ⁺⁺		W ₂ oldatok mg/l Ca ⁺⁺							
		73,86	125,—	170,54	221,59	272,73	301,33	329,55	357,96
11,5	%	40,—	56,—	57,—	55,—	49,—	47,—	43,—	
	M	0,45	1,8	5,8	16,2	31,5	40,5	52,—	
73,86	%	—	52,—	54,—	53,—	46,—	—	40,—	
	M	—	0,5	3,3	10,6	21,9	—	35,5	
125,—	%	—	—	56,—	48,—	44,—	42,—	—	38,—
	M	—	—	1,—	5,6	13,5	18,6	—	28,8
170,45	%	—	—	—	49,—	4,—	40,—	—	37,—
	M	—	—	—	1,65	6,7	10,—	—	17,5
272,7	%	—	—	—	—	—	—	—	kb.45,—
	M	—	—	—	—	—	—	—	kb. 2,7

A táblázatból látható, hogy még olyan magas koncentrációjú oldatok esetén, mint a két utolsó, még mindig volt lehetőség 2,7 mg/l mészmennyiség pótlólagos oldására. Minél nagyobb a különbség az oldatok koncentrációja közt, annál nagyobb a pótlólag feloldódó mészt mennyisége (M).

A karszthidrográfiában ismert tény az, hogy egymás mellett áramló karsztvizek különböző koncentrációjúak lehetnek. Vegyünk pl. két hasadékot, amelyek ugyanazon helyről kapják a vizet. A befolyó víz pl. 272,73 mg/l, tehát igen kemény. Az egyik hasadékban a víz az üreget teljesen kitöltve mintegy nyomócsőben halad lefelé, nem tud CO₂-t sem felvenni, sem leadni, tehát nem változik meg. A másik hasadékba kerülő víz egy tágabb barlangi üregbe jut, CO₂-t ad le és cseppkő válik ki. Hosszabb szabad folyás esetén a víz mésztartalma 125 mg/l-re

csökkenhet. Tétélezzük fel, hogy ez a víz is nyomócső szerű rendszerbe kerül. Ha most az a két különböző koncentrációjú víz találkozik — ez bekövetkezhet bármely mélységben, mind a karsztvízszint felett, mind az alatt —, annak minden litere 13,5 mg mészt pótlólagos feloldására képes. Ezáltal jelentős barlangi üregek képződhetnek, amelyeknél nem tudunk kimutatni hasonló nagyméretű összeköttetést más barlangrészekkel. Ezzel az elmélettel egyszerűen, világosan megmagyarázható a hirtelen előbukkanó, nagyméretű korróziós eredetű barlangtermek eredete.

Egy további példa: száraz időszakban a talajból magasabb mésztartalmú víz szivárog be a hasadékba. A bekövetkező esőzés alkalmával a nagyobb hasadékok, vízvezető járatokon keresztül csak kis koncentrációjú vizek jutnak be viszonylag gyorsan a

mélyebb régiókba, mialatt a szűk hasadékokból még a nagykoncentrációjú víz szivárog be. Itt is felép a keveredési korrózió.

A koncentráció-különbségek a karszthidrológiában nagy szerepet játszanak. Ezért a keveredési korrózió valamely karszterület korróziós karsztfejlődésének igen fontos tényezője.

A keveredési korrózió vezérformái.

A vezérformák azok a formák, amelyek kialakítását egyetlen formálóerő idézte elő. A korróziós fülke* egy ilyen tipikus keveredési korróziós vezérforma. Ahol a vízvezető szűk hasadék egy barlangi folyosót keresztez, a barlang teljes vízkitöltöttsége esetén fellép a keveredési korrózió. Ahol a víz a hasadékból becsurog, harangszerű kiöblösödés oldódik ki. Ha a barlangban a víz gyorsan folyik, a forma kialakulását a turbulens hatások befolyásolják. A keresztmetszetek méreteinek változása vagy a koncentrációk változásával, vagy a vízsebesség változásával van kapcsolatban. Ezek a tényezők hatásaik szerint összeadódnak, vagy kivonódnak, ennek megfelelően az üst szélesedik vagy szűkül. Ha a képződés teljes vízkitöltöttség mellett folyik, akkor is az üst időlegesen kiemelkedhet a vízszint fölé. Ez azt jelenti, hogy a korróziós üstök megjelenhetnek mind freátikus (azaz karsztvízszintalatti) helyzetben, mind karsztvízszint felett. Ebben az utóbbi esetben az üstök keletkezése lehetséges az árvizi zónában, szifonokban és nyomóvezeték-rendszer hatása alatt (tartós vagy időszakos vízvezetés mellett). Ha a hasadékvíz nagy mésztartalmú, akkor csak a járatok teljes vízkitöltöttsége esetén old, míg a járatok szárazzá válása esetén cseppkövesedési folyamat indul meg. Ez megmagyarázza azt az eddig igen talányos esetet, hogy hogyan jönnek létre korróziós üstökben — a korrodált cseppkőképződmények, cseppkőkéregződések, amelyek magasan az árvizi szint felett találhatóak és amelyek csak hosszantartó agresszív árvizek hatására alakulhattak volna ki.

A keveredési korrózió egyik nagyobb vezérformája a „zsákjárat” (vakjárat). Az ilyen járatok általában réteglapok vagy egy hasadék mentén alakultak ki és zsákszerűen kerek apszisz-formában végződnek. Nyilvánvaló, hogy a víz az absziszzból tör elő. A Hölloch-barlangban, az Isis-tárna egyik oldaljáratában, a zsákjárat végében három kis vízvezető nyílás látható, ezek átmérője 10 — 20 cm

* „Korrosionskolke”, — a barlangok mennyezetén vagy oldalában található üstszerű bemélyedés, formailag hasonló a hévizes barlangokból ismert gömbfülkékhez.

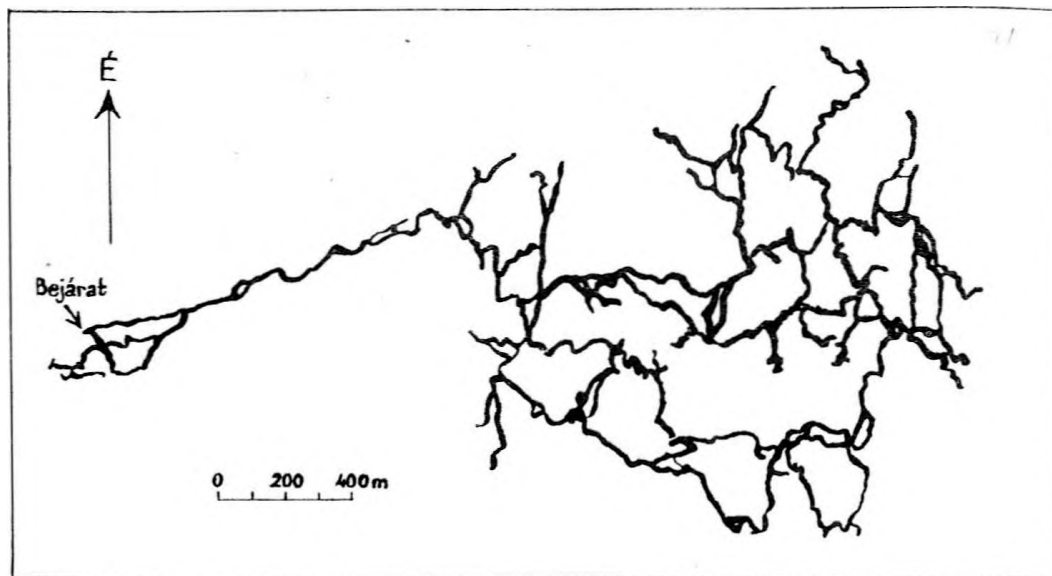


*Korróziós fülkék a Hölloch Titánok-járatában.
(Alfred Bögli felvétele.)*

közt mozog. Ma már valamennyi száraz, a járatképződés régen megszűnt, mivel a folyosó ma már 300 m-rel magasabban fekszik, mint a karsztvízszint.

Az árvizi szinthez tartozó Hölloch-járatban (Hölloch), nem messze az Aszubis-tótól egy rövid zsákjárat található. A járat végén a réteglap közül, mely egyben tektonikus mozgásfelület is, kis patak tör elő. Mivel ez a járat minden évben heteken át víz alatt áll, itt a keveredési korrózió hatása ma is érvényesül. A zsákjárat jelenleg is fejlődik.

De van még sok más forma is, amelyet a keveredési korrózióval meg lehet magyarázni. Mindaddig azonban, amíg ezek kialakulásának körülményei nincsenek pontosan tisztázva, nem számíthatjuk őket a vezérformák közé. Hogy ezek a vizsgálatok milyen kényesek, azt éppen a korróziós üstök esete példázza a legjobban. Hosszú időn keresztül úgy magyaráztam a keletkezését, hogy azt a kilépő hasadékvíz segítségével a barlang légterében lejátszódó korrózió eredményezi. Csak az volt a zavaró, hogy hiányoztak a korróziós-vályuk, bemélyedések, amelyet szükségből a kapilláris hatásokkal tudtam megmagyarázni. Csak a keveredési korrózió felfedezése után tudtam az egész formakört egyértelműen megmagyarázni.



A labirintus-barlangok („hálóbarlangok”) jellegzetes példája a világ legnagyobb barlangja: a Höllloch. A szivacszerű barlang alaprajzán látható járatok összhossza 76 km!

A „hálóbarlangok” (labirintus-barlangok, „Netz-höhlen”) különleges esetet képeznek. Ezek keletkezése tipikusan a mély freátikus zónára jellemző. Közlebről az USA-ban tanulmányozták. Európában — tudomásom szerint — csak Angliában fordul elő szórványosan. W. G. Moore szerint itt a szulfid ásványok oxidációja biztosítja a korróziós hatóanyagot. W. B. White ezt a folyamatot a freátikus zónában képzeli el, a karsztvízszint alatt mintegy 20 m mélységig terjedően. Az én véleményem szerint a mélyfreátikus barlangképződés a keveredési korrózió, esetleg kisebb mértékben más, még ismeretlen faktor következménye. Ezen bizonytalanság miatt a „hálóbarlangokat” ideiglenesen még nem számítom a keveredési korrózió vezérformái sorába.

Összefoglalás

Az eddig ismert mészkőoldási folyamatok (korrózió a levegő széndioxidjának vagy biogén — organikus anyag bomlásából származó — széndioxid segítségével) kizárólag a karsztvízszint felett vagy a freátikus zóna legfelső (a karsztvízszinthez közel eső) részében játszódtak le. A vízzel teljesen kitöltött szinteken e korróziós hatások korlátozottan érvényesülnek. Ennek ellenére ezeken a mélyebb szinteken is alakultak ki nagy korróziós barlangi üregek, melyek keletkezését a keveredési korrózió felfedezése oldotta meg. A keveredési korrózió lényege az, hogy két különböző koncentrációjú mésztartalmú víz találkozásakor szabad szén-sav keletkezik, amely újabb mészkőoldásra képes. Eddig a keveredési korrózió két vezérformáját határoztam meg.

A MAGYAR KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÓ BIZOTTSÁG VEZETŐSÉGE

A MTESZ Elnöksége a Magyar Karszt- és Barlangkutató Bizottság 1963. évi vezetőségét és tagságát a következőképpen fogadta el:

Vezetőség:

Elnök: *Dr. Dudich Endre*

Ügyvezető: *Dr. Kessler Hubert*

Titkár: *Balázs Dénes*

Pénztáros: *Szilvássy Gyula*

Tagok:

Dr. Bogsch László

Dr. Bertalan Károly

Dr. Dénes György

Dr. Jakucs László

Dr. Jánosi Dénes

Dr. Láng Sándor

Mándy Tamás

Dr. Vértes László

A Magyar Karszt- és Barlangkutató Bizottság legfontosabb feladata a Karszt- és Barlangkutató c. évkönyvek, valamint félévenként a Karszt- és Barlang c. kiadványok megjelentetése. A Bizottság különféle karszt- és barlangkutató témák megvitatására tudományos üléseket tart.

A Bizottság munkáját a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulattal szorosan együttműködve, egymást kölcsönösen támogatva végzi.