

A BARLANGI LÉGÁRAMLÁS SZEREPE A KARSZTBARLANGOK KÉPZŐDÉSÉNÉL

A karszthidrológusok és geológusok túlnyomó többségének véleménye szerint a karsztbarlangok genetikájában kezdetben a szénsavtartalmú víz oldó, tehát korróziós hatása a döntő tényező. Az erózió csak másodlagos, kiegészítő szerepet tulajdonítanak, mely hozzájárul a tágas barlangjáratok kialakulásához, de egymagában nem barlangképző folyamat. Ugyanakkor azonban a jelenségek gondosabb megfigyelése és értékelése az utóbbi időkben egy lényeges ellentmondásra hívta fel a figyelmet. Nevezetesen arról van szó, hogy a karsztbarlangokba bejutó csepegő, szivárgó víz, az ún. — karsztvíz, kalciumhidrogénkarbonáttal a helyi körülmények között túltelített, tehát nem hogy oldóhatást tudna kifejteni, hanem ellenkezőleg, kalciumkarbonátot rak le és ezzel csökkenti a barlangüregek térfogatát. Legfeltűnőbb megnyilvánulása ennek a cseppkőképződés és a tufagátak kialakulása, de ezen szembeszökő jelenségeken túlmenően, az α -karsztvíz (a kőzetten átszivárgó víz) elemzése is elárulja, hogy ez a víz nem barlangképző, hanem barlangkitöltő szerepet játszik. Az ilyen irányú hazai mérések közül Jakucs részletes tanulmányára [1], továbbá Czajlik és Fejérdy vizsgálataira [2] hivatkozom.

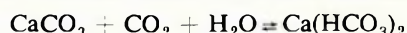
Az alapvető probléma tehát a következő: mivel magyarázhatjuk azt, hogy az általunk jelenleg túltelítettnek észlelt α -karsztvíz barlangképző, mészdoldó tulajdonságokkal rendelkezett akkor, amikor létrehozta hatalmas karsztbarlangjaink embrionális üregrendszerét?

Ezen ellentmondás feloldását tudomásom szerint eddig két egymástól eltérő úton kísérelték meg. Elsőnek emlitem itt Jakucs eróziós elméletét. Jakucs megfigyeléseit és mérési eredményeit, különösen a Békebarlangban fellépő árvizekre vonatkozó adatait [1] úgy értelmezte, hogy a Békebarlangot kizárólag az árvizek alkalmával bejutó, ún. β -karsztvíz által bevitt hordalék eróziós hatása hozta létre és növeli jelenleg is, míg az α -karsztvíznek mindig csak mészlerakó, barlangkitöltő szerepe volt és van jelenleg is. Ezt a magyarázatot azonban nem fogathatjuk el, mivel a barlangképződés szükségszerűen korróziós jelenséggé indul: az erózió már csak viszonylag nagy keresztmetszetű járatokat tud tovább növelni, mert szűk repedésekben a víz áramlási sebessége kicsi, a hordalék lerakódik és nem koptat. Mielőtt tehát a Békebarlang kialakításában az erózió átvehette volna a mérési eredmények tanúsága szerint *jelenleg* játszott döntő szerepét, előzőleg a korrózióknak kellett kialakítania a barlang ösét — és ezt a korróziót csak ugyanaz az α -karsztvíz végezhette, melyet jelenleg már csak mint mészlerakó, túltelített oldatot ismerünk. Jakucs elmélete tehát az alapvető ellentmondást nem oldja fel, mert nem magyarázza meg a kezdetben korróziós barlangképződésnek a jelenleg észlelt tisztán eróziós folyamattá való átalakulását.

Egészen más oldalról kísérelte meg a megoldást Gánti [3], amikor bevezette a másodlagos oldóhatás fogalmát. Ez a jelenség azonban — legalább is az eredeti fogalmazás szerint — nem növeli a víz oldóhatását, csupán a magnézium feldúsulására ad magyarázatot. A másodlagos oldás problémájával már foglalkoztam, [4], e helyen nem térek ki a részletkérdésekre.

A bevezetésben felvetett probléma tehát változatlanul fennáll. Mielőtt azonban megkísérelnénk legalább is részben választ adni a kérdésre, foglalkoznunk kell azzal, hogy mi határozza meg a karsztvíz kalciumkarbonát oldó képességét. Egyszerűség kedvéért most csak a tiszta mészkő, tehát a kalciumkarbonát oldódásával foglalkozom, a magnéziumkarbonátot is tartalmazó rendszerek viszonyait [4] most nem érintem.

A széndioxid és víz jelenlétében lejátszódó kalciumkarbonát oldódás reakcióegyenlete közismert:

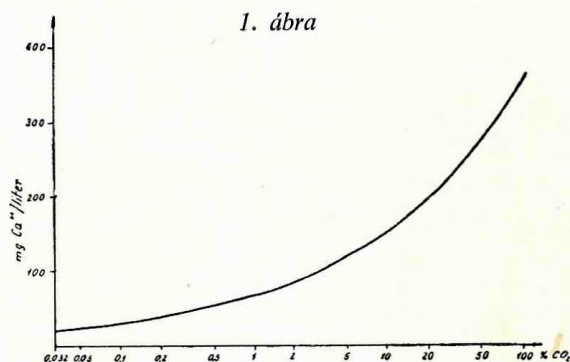


Levezethető [5], hogy állandó hőmérsékleten az oldott kalcium ion mennyisége a CO_2 parciális nyomás köbgyökével arányos:

$$[\text{Ca}^{++}] = K \sqrt[3]{P_{\text{CO}_2}}$$

Az összefüggés helyességét Kline mérési adatai is alátámasztják [6]. Az 1. ábrán leolvasható, hogy a „normális” levegő átlag 0,03% CO_2 tartalma kb. 20 mg Ca^{++}/l töménységű kalciumhidrogénkarbonát oldattal van egyensúlyban. Ennél töményebb oldatból a szabadban CaCO_3 fog kiválni, hígabb oldat viszont ún. „agresszív” szénsavat tartalmaz, tehát mészdoldó hatású.

Érdekes eredményekre jutunk akkor, ha az 1. ábrából kikeressük néhány α -karsztvíz mért kalciumtartalmához tartozó egyensúlyi széndioxid parciális nyomásokat. Ha a vízzel érintkező levegő nyomása 1 atm., akkor az aggteleki és a mecseki karsztforrás-



saink általában 60–110 mg Ca⁺⁺/l töménységével [3] 0,7–4%, a Békebarlang patakjának 130 mg Ca⁺⁺/l töménységével [1] 7%, a Vass Imre barlangba csepegő vizek 150–160 mg Ca⁺⁺/l töménységével [2] 10–11% CO₂ tartalmú levegő van egyensúlyban. Sőt, ha figyelembe vesszük az utóbbi esetben még jelenlévő 15 mg/l magnéziumot is és alkalmazzuk a Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺ tartalmú oldatokra levezetett összefüggést [4], az egyensúlyi CO₂ koncentráció eléri a 14%-ot!

Mindenekelőtt arra kell választ keresnünk, hogy hol és honnan tudja felvenni a karsztvíz ezt a sok széndioxidot. Ahhoz ugyanis, hogy az *a*-karsztvíz ezt a meglepő töménységet elérje, legalább egyszer át kellett haladnia egy olyan zónán, ahol a CO₂ parciális nyomás az előbb említett értékeknek felel meg.

Általánosan elfogadott ma már, hogy a karsztba leszivárgó víz a széndioxidot a humuszos talajban lévő levegőből veszi fel [pl. 5]. Ezt a felfogást még azzal egészíteném ki, hogy ezen felül a humuszon átszivárgott vízben feloldódott szerves anyagok oxidációja és dekarboxileződése (széndioxid lehasadásal járó bomlása) is lassan még tovább növeli a karsztba már lejutott víz CO₂ tartalmát, és e három folyamat (oldódás, oxidáció és dekarboxileződés) együtt hozza létre az *a*-karsztvíz nagy szénsav koncentrációját. Az oxidáció az ugyancsak a vízben oldott oxigén rovására megy végbe, amiből az következik, hogy a karszt apró repedéseiben a közeg oxigénben szegény lesz, esetleg teljesen oxigénmentessé, redukálódva válik. Ez jól egyezik Pályi másirányú vizsgálatainak ide vonatkozó eredményeivel [7].

Az eddig tárgyalt adatok birtokában magától értetődő folyamattá válik a cseppkő- és mésztufagát (travertino)-képződés folyamata. Nyilvánvaló, hogy a barlangba beszivárgó, a barlangi levegő kis CO₂ tartalmához képest túltelített kalciumhidrogénkarbonát oldatból sok kalciumkarbonát válik ki részben már a mennyezeten, részben lecseppenése után a barlang talpán. Nincs szükség sem párolgásra, sem pedig a felületi feszültség, „húzóerő”, stb. feltételezésére – egyszerűen arról van szó, hogy az *a*-karsztvíz kalcium tartalma nincs egyensúlyban a barlangi levegő CO₂ tartalmával és emiatt a mészkiválás szükségszerű.

Ezen az alapon kiindulva a mésztufagátok képződésének is egyszerűbb magyarázatát adhatjuk, mint a Cholnoky-féle „húzási” elmélet [8]. A túltelített *a*-karsztvízből ugyanis mindig ott fog a mész elsősorban kiválni, ahol túltelítettsége a legnagyobb, a kalciumkarbonát kristályok már jelen vannak és a keveredés a legjobb. Könnyen belátható, hogy valamely tetszőleges felületen végigfolyó *a*-karsztvíz esetén ezek a feltételek a felületből kiemelkedő egyenetlenségeknél teljesülnek leginkább. Itt van az oldat legjobban kiszellőztetett, tehát legtúltelítettebb része a legközelebb a kristályosodást lehetővé tevő felülethez és egyben itt a leggyorsabb a víz áramlása, vagyis itt a legjobb a keveredés is. A kiálló egyenetlenségekre rakódik le tehát a legtöbb kalciumkarbonát és ez vezet azután önmagát fokozva idővel a mésztufagátok kialakulására.

Érthető az is, hogy a Békebarlang patakjának Ca⁺⁺ tartalma a folyás irányában csökken [1]. Nem is lehet másként, mert a Békebarlangban a levegő CO₂ tartalma 0,06% körül van, tehát a kinti atmoszféra 0,03%-os értékéhez áll közel.

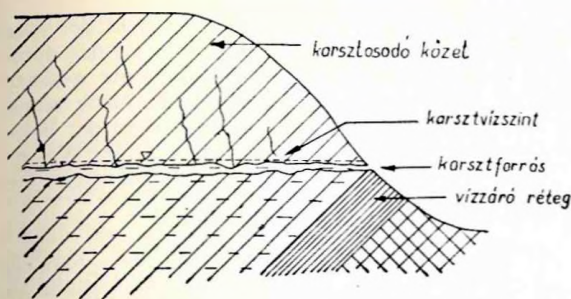
Ezek után visszatérek az eredetileg felvetett problémához. Miután bebizonyosodott az, hogy az *a*-karsztvíz a jelenleg járható barlangok levegőjével érintkezve túltelített oldat, arra kell választ keresnünk, hogy eredetileg mégis miért tudta kioldani a patakbarlang üregeit. Lényegében egyetlen lehetőség kínálkozik: *fell kell tételeznünk azt, hogy az a-karsztvíz a korróziós barlangképződés időszakában az általunk ma járható barlangként ismert és feltárt üregekben, vagy azok elődjeiben sem jutott érintkezésbe kis széndioxid tartalmú levegővel és ezért nem mint túltelített oldat viselkedett.*

Járható barlangjaink nagy többségében a levegő összetétele azért különbözik alig a kinti levegő összetételétől, mert a barlangi légáramlás, a „huzat” [9] gondoskodik a hatásos szellőzéstől és ezzel az *a*-karsztvízből felszabaduló CO₂ eltávolításáról. Tulajdonképpen tehát *közvetve a barlangi légáramlás az oka annak, hogy a barlangokba bejutó szivárgó, csepegő a-karsztvíz a helyi körülmények között kalciumhidrogénkarbonáttal túltelített oldat.* Ebből viszont szükségszerűen az következik, hogy az *a*-karsztvíz a barlangképződés kezdeti, korróziós szakaszában csak abban az esetben nem juthatott érintkezésbe kis széndioxid tartalmú levegővel, vagyis csak abban az esetben viselkedhetett túltelített oldatként, ha a barlangi légáramlás ebben az időszakban még sokkal kisebb volt a jelenleginél.

Mi akadályozhatta meg abban az időszakban a légáramlás kialakulását? Legegyszerűbb magyarázatként az kínálkozik, hogy ekkor a barlangrendszer még lényegében mindenhol víz árasztotta el, mert ameddig a járatokat teljesen, vagy közel teljesen víz tölti ki, számottevő légjárás nem alakulhat ki. Ebben az esetben a szellőzés hiánya miatt az *a*-karsztvíz a beszivárgás pontjától egészen a forrásig sehol sem lesz túltelített, tehát egész útja alatt old, illetve a telítettség elérése után közömbösen viselkedik. *Vízzel telt járatokban nem volt és jelenleg sincs cseppkő- és tufagátképződés, csak a telítettség mértékétől függően több-kevesebb oldás.*

A kérdést ilyen megvilágításban alaposabban megvizsgálva kiderül, hogy a korróziós barlangképződés során ez a feltétel, tehát a járatoknak vízzel való teljes kitöltése a víz áramlásának vízszintes szakaszán szükségszerűen teljesül is. Nyilvánvaló ugyanis, hogy a vízszintes barlangrendszerek embrionálisan a mindenkori átlagos karsztvízszinten alakulnak ki, mert a víz csak olyan üregeket tud kioldani, melyek csaknem állandóan vízzel vannak kitöltve. Mindaddig tehát, amíg a karsztvízszint nem süllyed, a járatok a 2. ábrán vázlatosan feltüntetett helyen alakulnak ki.

Itt ismét felmerül egy régi probléma, mégpedig az, hogy míg az *a*-karsztvíz a legnagyobb oldódhatást útjának elején, tehát függőleges beszivárgás szakaszán



2. ábra

fejt ki, mivel itt a legkevésbé telített, addig a karsztbarlangok többsége vízszintes kiterjedésű, vagyis az α -karsztvíz útjának vízszintes szakaszán alakult ki, ahol már alig rendelkezik oldódhatással. Nem szabad azonban figyelmen kívül hagynunk azt, hogy ha csak kis oldóképessége marad is a víznek addigra, mire leszivárog a karsztvízszintig és megkezdí vízszintes útját, ezt messzemenően ellensúlyozza az ezen a szakaszon fokozatosan egyesülő és ennek folytán hatalmasan megnövekedett víz mennyisége. Igaz ugyan, hogy a víz függőleges útja alatt sokkal több mészkövet tud feloldani, de ezt számtalan helyen elszórva, repedések ezreibe teszi és emiatt a hatás nem összegeződhet: egy nagy üreg helyett összesen ugyan jóval nagyobb térfogatú, de külön-külön jelentélen rések tömege képződik.

Az, hogy valamely ismert barlangunk járható szakaszához mennyivel nagyobb résrendszer tartozik, szépen bizonyítható a Békebarlang példáján. A Komlós forrás évente kb. 250 000 m³ α -karsztvizet hoz napvilágra, melynek átlagos Ca⁺⁺ tartalma literenként 120 mg körül van [1]. Ez évente 75 tonna oldott kalciumkarbonátot jelent, vagyis a Komlós forrás évente 28 m³-el növeli a Békebarlanghoz tartozó teljes üregrendszert. A Békebarlang járható szakaszainak térfogatát 280 000 m³-nél többre nem becsülhetjük, ami viszont azt jelenti, hogy a Komlós forrás a jelenlegi csapadékviszonyok mellett legfeljebb 10 000 év alatt old ki akkora üregrendszert, mint a teljes járható Békebarlang. Miután nyilvánvaló, hogy a Békebarlang legalább tízszer ilyen idős, következik, hogy a járható barlang a teljes üregrendszernek legfeljebb 10%-át teszi ki, de valószínűleg ennél is jóval kevesebbet.

Ez a példa bizonyítja, hogy ha az oldóképességnek csak néhány százaléka marad is meg az α -karsztvíz áramlásának vízszintes szakaszára, ez elegendő a járható barlangjáratok kioldásához. Ha pedig a légáramlás CO₂ csökkentő hatása nem, vagy csak elenyésző mértékben jelentkezik, ez a néhány százalék oldóképesség bizonyára megmarad még akkor is, ha a beszivárgás lassú. Nem csak az oldódás kis sebessége ad erre lehetőséget, hanem valószínűleg az is, hogy az „agresszív” CO₂-ot termelő oxidációs és dekarboxileződési folyamatok sem pillanatszerűek, tehát a víz CO₂ tartalma is egyre nő az áramlás irá-

nyában annak megfelelően, ahogy a humusból kioldott szerves anyag egyre nagyobb része oxidálódik és bomlik el.

A karsztbarlangképződés kezdeti szakasza, mikor még minden járatot főleg víz tölt ki, a korrózióval tehát ellentmondás nélkül magyarázható. Ez a kezdeti szakasz azonban nem jelent mindenhol szűk, jelentéktelen repedéshálózatot, mert nem a járat abszolút keresztmetszete a döntő, hanem az, hogy nagyrészt víz töltse meg. Függőleges járatoknál ez valóban csak egészen szűk repedések esetén lehetséges. Ha a függőleges repedés tágul, a víz már csak az oldalán folyik le és emiatt az elmondottak értelmében az oldódhatás erősen csökken, a járat keresztmetszete ritkán érheti el a járható nagyságot. A vízszintes szakaszokon azonban tágas, vízzel telt folyómedrek is kialakulhatnak közvetlenül a karsztvízszint alatt. Ez a különbség a függőleges és vízszintes járatok között is hozzájárul ahhoz, hogy a karsztbarlangok főleg vízszintes és nem függőleges kiterjedésűek.

A barlangképződés kezdeti, korróziós szakasza mindaddig tart, amíg valamilyen oknál fogva az áramló víz feletti üres járatok szelvénye növekedni nem kezd és lassan ki nem alakul az összefüggő, levegő-járta üreghálózat, melyben egyre erőteljesebben megindul a légáramlás, csökken a CO₂ tartalom. Ily módon a víz a környezeti CO₂ tartalmához képest fokozatosan túltelítetté válik, megszűnik az oldás, majd megindul a cseppkő képződés és a mésztufa lerakódás.

Mi hozhatja létre ezt a jelentős változást? Két magyarázat kínálkozik:

1. A viszonylag tágas járatokban egyre nagyobb szerephez jutó erózió lassan átveszi a barlangot kialakító tényező szerepét és addig növeli a járatokat a csak korrózióval elérhető méreteken túl is, amíg a fokozódó légáramlás létrehozta azt a Békebarlangnál jelenleg uralkodó állapotot, hogy az α -karsztvíz már csak elcseppkövesíteni igyekszik a barlangot, barlangképző szerepe pedig már kizárólag az erodáló β -karsztvíznek van. Ez lehet a jelenlegi formájukban „eróziós típusú” nevezett karsztbarlangok képződésének útja.

2. A karsztvízszint — akár csak néhány méteres — süllyedése. Ez szükségszerűen a vízszintes szakasz jelentős felszabadulásához vezet és „korróziós típusú” barlangjainknál (Vass Imre barlang, Kossuth barlang) valószínűleg így vált hozzáférhetővé az eredetileg javarészt vízzel kitöltött üreghálózat.

Összefoglalás.

Az α -karsztvíz olyan tömény kalciumhidrogénkarbonát oldat, mely csak több százalék széndioxidot tartalmazó levegővel lehet egyensúlyban. Ebből következik, hogy egyrészt a karsztvízjáratok nem szellőző részeiben nagy széndioxid tartalmú, valószínűleg redukáló atmoszféra uralkodik, másrészt a jól szellőző barlangokban és a felszínen az α -karsztvíz eredetű vizek túltelítettek, melyekből szükségszerűen mindig kalciumkarbonát válik ki. Ezzel a cseppkövek és mésztufagátak képződése egyszerűen magyarázható.

Az α -karsztvíz a mészkövet csak akkor tudja oldani, amikor az oldat széndioxid tartalmát a barlangi légáramlás nem csökkenti. A korróziós barlangképződés ezért csak addig haladhat előre, amíg a járatokat túlnyomórészt víz tölti ki. Az erózió fellépése, vagy a karsztvízszint süllyedése által létrehozott üres üregrendszerben a légáramlás a levegő széndioxid tartalmának csökkentésével megállítja az oldódást, majd meg is fordítja a folyamatot. Ilyenkor a korrózió az üregeket tovább tágítani már nem tudja, tehát vagy megindul a barlang fokozatos elcseppkővesedése, vagy pedig az erózió veszi át a barlangképző folyamat szerepét.

A karsztbarlangok életében ennek alapján a légáramlás erősségétől függően két szakaszt különböztethetünk meg. A járható karsztbarlangok a fejlődés második szakaszában vannak, amikor a beszivárgó α -karsztvíz a barlangi mikroklíma mellett már túltelített oldat és az üregek tágítását — amennyiben ez még folyamatban van — már csak az erózió végzi. A fejlődés első, korróziós szakaszában vannak azok a karsztbarlangok, melyeket nagyrészt víz tölt ki és ennek folytán járhatatlanok.

A barlangok eróziós vagy korróziós jellegét az határozza meg, hogy a második szakasz mióta tart és ezen idő alatt a β -karsztvíz milyen mértékű eróziót tudott kifejteni.

Az elmondottak alapján magától értetődővé válik az, hogy a karsztbarlangok a karsztvízszinten, túlnyomórészt vízszintesen alakulnak ki.

IRODALOM

1. **JAKUCS L.**: Az Aggteleki barlangok genetikája a komplex forrásvizsgálatok tükrében. Karszt- és Barlangkutatás I. Budapest, 1960, p. 37—65.
2. **CZAJLIK I. — FEJÉRDY I.**: Cseppkövekről csepegő vizek vizsgálata a Vass Imre-barlangban. Karszt és Barlangkutatás I Budapest, 1960. p. 97—102.
3. **GÁNTI T.**: A barlangok keletkezésének kémiai vonatkozásai. Hidrológiai Közöny 37. Budapest, 1957, p. 285.
4. **MARKÓ L.**: Kalciumkarbonát és magnéziumkarbonát elegyek oldhatósága vízben széndioxid jelenlétében. Karszt és Barlangkutató, Budapest, 1961. I. félév, p. 25—28.
5. **ERNST L.**: A karsztvizek telítettségéről. Karszt és Barlangkutató, Budapest, 1961. I. félév. p. 21—23.
6. **A. SEIDELL**: Solubilities of Inorganic and Metal Organic Compounds, New-York, 1940. p. 267.
7. **PÁLYI GY.**: A cseppkőszíneződések kémiai vizsgálata. Előadás, Budapest, 1960. XII. 9.
8. **CHOLNOKY J.**: A barlangokról. Budapest, 1944. 9. 38; Cholnoky J., M. Tud. Akad. Math. Term. Értesítő 59. Budapest, 1940. p. 1022.
9. **MARKÓ L., JAKUCS L.**: Hidrológiai Közöny 36, Budapest, 1956. p. 314.

Luftströmung und Höhlenbildung Von Dr. Markó László

Nach der allgemeinen Meinung kommt in der Anfangsphase der Ausbildung der Karsthöhlen die Lösungswirkung des Wassers zur Geltung und die mechanische Wirkung der Erosion auf die Weitung der Höhlenräume äussert sich erst später. L. Jakucs hat nachgewiesen, dass z. B. in der Béke-Höhle nur der Letztere zur Geltung kommt, und er hat daraus

den Schluss gezogen, dass die Lösung in der Ausbildung der Höhle keine Rolle spielt, da das durch das Deckgebirge versickernde sogenannte α -Karstwasser nicht mehr lösungsfähig ist. Nach seiner Meinung ist das riesige Hohlräumssystem der Béke-Höhle von der Erosion des durch die offene Wasserschlinger einbrechenden sogenannten β -Karstwassers ausgehöhlt worden.

Als eine Widerlegung der Theorie von Jakucs geht der Verfasser von der Tatsache aus, dass das α -Karstwasser solch eine konzentrierte Lösung ist, die nur mit einer mehrere Prozente Kohlendioxid enthaltenden Luft in Gleichgewicht sein kann. Da die Höhlenluft kaum 0,03 bis 0,06% CO_2 enthält, und somit äusserst reduzierend auswirkt, führt dieser Umstand zur Tropfstein- und Travertinbildung. Letzterer Vorgang erfolgt je schneller, desto besser die Höhle belüftet wird. In der Anfangsphase der Höhlenbildung kommt aber diese Belüftung noch nicht zur Geltung, da die enge Klüfte, manchmal aber auch die grössere Hohlräume, vom Wasser gefüllt sind, und so findet in diesen Räumen keine Kalkausscheidung statt, ja sogar, das Wasser ist oft noch lösungsfähig.

Роль воздушных потоков в образовании карстовых пещер Д-р Марко Ласло

Согласно общепринятому положению, в начальной фазе образования карстовых пещер проявляется растворяющее действие воды и механическое влияние эрозии на расширение пещерных пустот. Роль воздуха только позже. Л. Якуч указал на то, что например в пещере Беке проявляется только последнее и сделал вывод, что растворение не играет никакой роли в формировании данной пещеры, так как так называемая карстовая вода α , просачивающаяся через покрывающие горные породы, уже неспособна растворять окружающую ее среду. Он считает, что огромную систему полостей пещеры Беке создало размывающее действие так называемой карстовой воды β , проникающей через открытые водопоглотители.

Для опровержения теории Якуча автор исходит из факта, что карстовая вода α является таким насыщенным раствором, который может находиться в равновесии лишь с воздухом, содержащим несколько % углекислого газа. Поскольку пещерный воздух еле содержит 0,03—0,06% CO_2 , оказывая таким образом весьма сильное восстанавливающее влияние, это обстоятельство приводит к формированию капельников и пресноводных излестняков. Последний процесс происходит тем быстрее, чем лучше проветривается пещера. Однако, в начальной фазе пещерообразования это проветривание еще не проявляется, так как узкие трещины, но иногда даже более крупные полости заполнены водой, и в этих пространствах выделение извести не имеет места, более того, вода является порой даже способной к растворению окружающей среды.