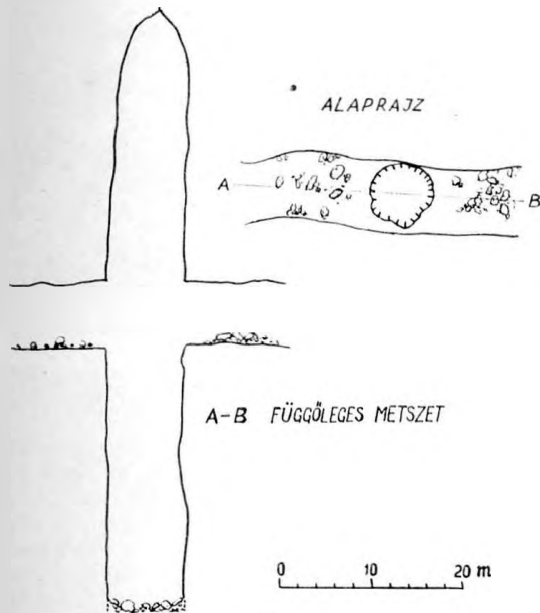


## ZSOMBOLYOK A CENTRAL KENTUCKY KARSTON

A kentucky-i *Mammoth-barlang* és a közeli *Flint Ridge* bonyolult föld alatti labirintusait járva, nálunk ismeretlen üregformák vonták magukra figyelmemet.

A nyolc-tíz méter átmérőjű, csőszerű, száraz, vízszintes barlangfolyosót hirtelen mély aknanyílás szakítja meg, amelyet csak keskeny párkányon lehet kikerülni. A köralapú, korrodált falú akna átmérője csaknem ugyanannyi, mint a horizontális járat szelvénye. Felfelé tekintve, a henger formájú kürtő, ugyanolyan átmérővel, mint a mélybe vezető része, 40–50 méter magasságig követhető és ott dómszerű boltozattal végződik. (1. ábra)



1. ábra

### A véletlenek összejártsága

Az első pillanatban felvetődik a kérdés mindenkiben: hogyan alakultak ki ezek a különleges formájú vízszintes és függőleges hengerfolyosók?

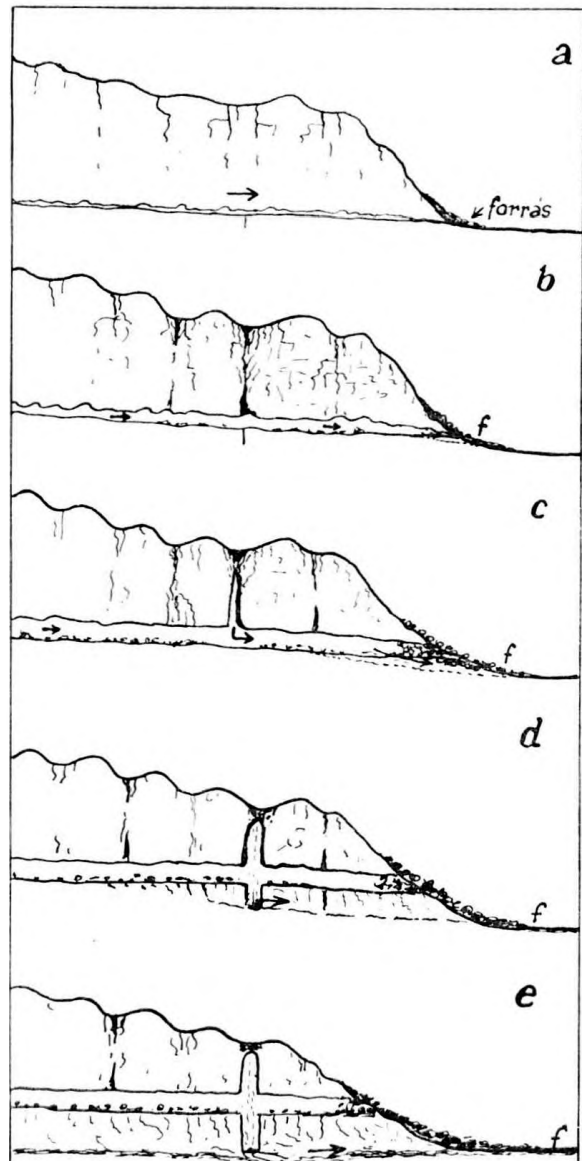
Ha az 1. ábrát tüzetesebben szemléljük, könnyen rájöhetünk, hogy a vízszintes folyosókat kiformaló hajdani föld alatti patak vize nem alakíthatta ki a függőleges aknát, hiszen ez a folyosó ugyanolyan szélességben folytatódik az aknán túl is hosszú szakaszokon át. De az is nyilvánvaló, hogy a kürtőből permetező vagy a falakon lefolyó víz sem lehet „felelős” — a horizontális folyosók kialakításáért. Logikus tehát a következtetés: két egymástól

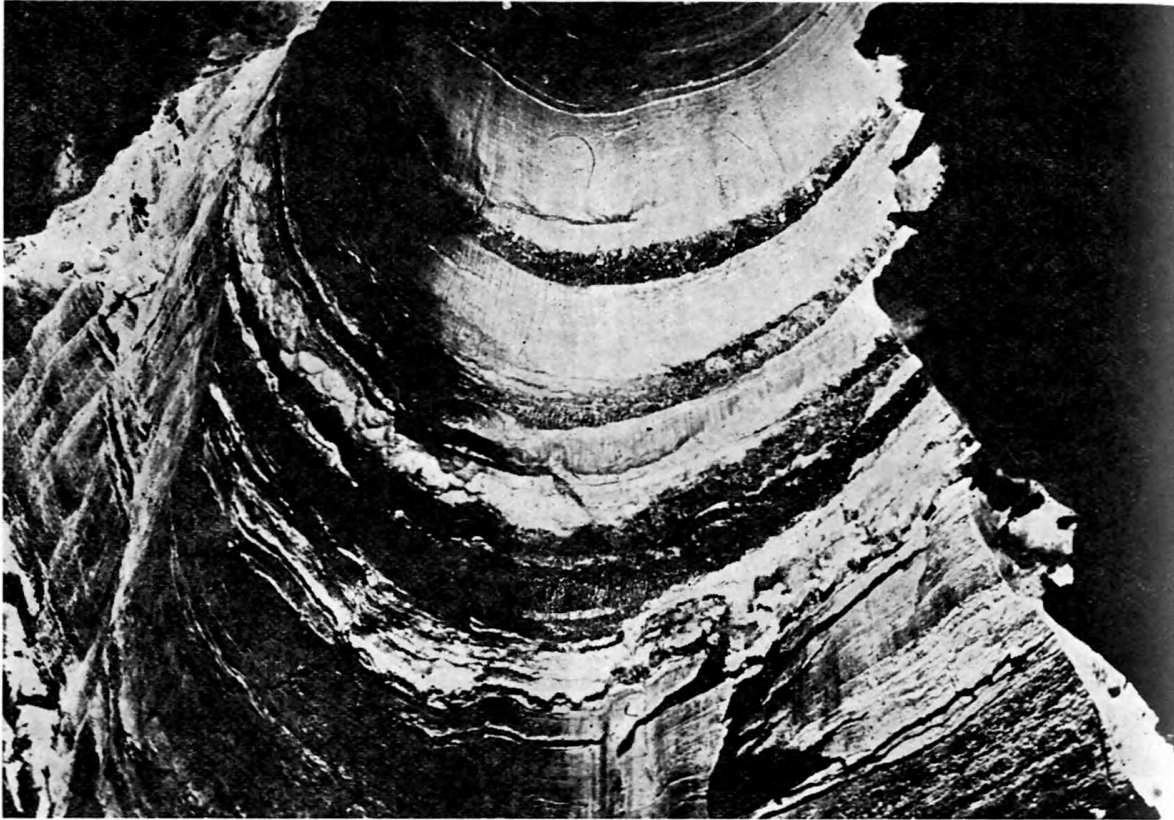
idegen barlangtípus, egy horizontális patakos barlang és egy zsomboly különös egybeépülésével állunk szemben.

A következő idekívánczó kérdés: melyik üregforma az idősebb, a zsomboly vagy a horizontális barlang?

Nem nehéz kikövetkeztetni, hogy előbb a horizontális járatrendszer alakulhatott ki, majd „ráfejlődött” a zsombolykürtő és végül — a karsztvízszint süllyedésével — annak folytatásaként az inaktív lett barlangfolyosót átszelve egyre mélyült a függőleges akna. A vízszintes járatok kialakításában a barlangi patak eróziós munkája játszhatott döntő szerepet, míg a függőleges akna kioldásából főleg a korrózió és a lezúduló víz mechanikai munkája vette ki részét. A kifejlődés menetét a 2. ábrán szemléltetem.

2. ábra





*A Silo Pit nevű zombolyakna a Mammoth-barlangban, amely horizontális barlangfolyosót keresztel (A park-szolgálattól kapott fénykép)*

#### *Zombolykeletkezési elméletek*

A Központi Kentucky-karszt zombolyait érdemes tüzetesebben szemrevételezni, mivel azok más hidrogeológiai feltételek mellett alakultak ki, mint pl. hazánkban az Alsó-hegy zombolyai. Az előbb ismertetett eset a Kentucky-karszton sem általános, még csak tipikusnak sem mondható, hiszen részben a véletlenek összejárása szükséges ahhoz, hogy egy fejlődő korróziós kürtő pontosan „telibe találjon” egy már inaktív, hasonló méretű horizontális barlangfolyosót. Több példa van arra, hogy a zomboly szabálytalanul metszi, éppencsak érinti a vízszintes barlang egyik falát, számos esetben pedig csak szűk vízjáratokon átréselődve lehet a patakos barlang felől megközelíteni. A zombolyok egy részét a felszínről is megközelíthetjük a felnyílt, beomlott boltozaton át, de nyilván sokkal nagyobb az ember számára még hozzáférhetetlen függőleges üregek száma.

A Kentucky-karszt zombolyainak keletkezéséről az elmúlt évtizedekben sok elmélet született. *J. M. Weller* szerint (8.) ezek az aknabarlangok a karsztos tömb kiemelkedése során a föld alatti folyók kaputurája (lefejeződése, a vízfolyás alacsonyabb szintre

történő áttevődése) útján jöttek létre. Ilyen genetikájú függőleges aknák valóban léteznek, az égerszögi Szabadság-barlang Pokol nevű szakaszában is találunk rá példákat, de ez a magyarázat nem állja meg a helyét a Kentucky-karszt henger alakú nagy zombolyainál. *Wellerrel* csaknem azonos elvet vall *A. C. Swinnerton* is. *W. M. Davis* (2.) szerint az aknákat a karsztvízszint alatt a mélységbeli áramló víztömegek oldották ki. *F. C. Greene* (4) úgy vélekedik, hogy a föld alá tartó örvénylő víz abrázioja és korróziója vájta ki a kerekfalú aknákat. Többben (*Greene, Farrington, Lobeck* és mások) kihangsúlyozzák, hogy a kentucky-i zombolyok kialakulásában a függőleges kereszttrészeknek nagy szerepük lehetett. *J. H. Gardner* (3.) kiemeli a záporokból származó, koncentrált felszíni vizek szerepét, amelyek a víznyelőlyukakat aknákká bővíthetik. Csaknem valamennyi elméletnek van elfogadható magva és mindezek a hatások — megfelelő körülmények fennforgása esetén — létrehozhatnak zombolyszerű függőleges üregeket.

A Kentucky-karszt geológiai felépítése alapvetően eltér a hazai karszterületeink adottságaitól, és ez a zombolyok kialakulását is sajátosan befolyásolta. A Kentucky-karsztvidéken csaknem horizontális

fekvésű, gyűretlen, karbonkorú (*Girkin Formation* és *Ste. Genevieve*) mészkőösszlet karsztosodik, amelyre 20–40 m vastagságú, ugyancsak karbon időszi homokkő (*Big Clifty sandstone*) települt. Ennek további fedői még vékonyabb karbon mészkő- és homokkőrétegek, valamint kevés alluviális üledék (agyag, homok stb.). A nagy barlangrendszerek az átlagosan 90–130 m vastagságú *Girkin* és *Ste. Genevieve* fáciesekben képződtek. A karsztos összletet fedő homokkőtakarót a felszíni denudáció alaposan összeszabdalta, és csak foltokban van már meg.

#### A legutóbbi kutatások

A német származású *E. R. Pohl* geológus, a Mammoth Onyx-barlang tulajdonosa, felmérte több tucat zsomboly elhelyezkedését, és az adatokat rávezette a karsztvidék topográfiai térképére. *Pohl* ennek kapcsán megállapította, hogy a zsombolyok többsége az lapos völgyfők (ma már általában száraz, aszóvölgyek) oldalában nyílnak. Véleménye szerint a denudáció következtében hátráló vakvölgyek oldalában, a vízzáró homokkőrétegek lepusztulása után szabaddá váló mészkőlejtők víznyelő hasadékaiból kezdtek kifejlődni az említett karsztaknak. Szerinte nincs genetikai összefüggés a zsombolyok kialakulása és az átmenő patakos barlangfolyosók között, bár nem vonható kétségbe, hogy a zsombolyokat kialakító vízfolyások valahol becsatlakoznak a közel horizontális hidrográfiai hálózatba.

A *Pohl* által közölt és topográfiai térképre berajzolt 21 zsomboly helyét én is bejelöltem a rendelkezésemre álló 1:24.000 léptékű, 20 lábankénti szintvonalakkal megrajzolt geológiai térképre. Megállapíthattam, hogy ezek a zsombolyok a homokkő fedő denudációs vonalán, általában már az előbukkanó *Girkin* formációba tartozó mészköves felszínen nyílnak. Néhány zsombolyszáj még homokkő felszíni helyre esik, azonban feltételezhető, hogy ott az elvékonyodó homokkőréteget vizet átteresztő hasadékok szabdalják fel. Genetikai szempontból nem elhanyagolandó tény — amiről *Pohl* nem szól — hogy három kivétellel, valamennyi zsomboly kisebb depresszió (dolina) közelségében helyezkedik el.

A Mammoth Cave National Parkban az utépitések során végrehajtott átvágások szelvényei azt mutatják, hogy a dolinák képződése már az elvékonyodó homokkőtakaró alatt megindul. Az 5–10 m vastag homokkőpadok repedésein alászivárgó, a mészkőre agresszív hatású csapadékvíz erőteljes oldást végez a homokkőrétegek alatt (un. *interstratal karstification* vagy *unterirdische Verkarstung*). Ennek eredményeképpen a merev homokkőpadok alatt kiterjedt, lapos üregek keletkezhetnek. Amikor a lepusztulás előrehaladásával a homokkőtető beszakad, 5–20 m átmérőjű mélyedések alakulnak ki, amelynek alján most már erőteljesebben összpontosul a lefolyó csapadékvíz. Ezzel adva van a zsombolyképződés hatóereje. Mivel ezeknek a sajátos kifejlődésű dolinának a felszínét még a

*A homokkő fedőréteg alatti mészkőben a beszivárgó csapadékvíz hatására üregesedési folyamat indul meg, amely dolina- és zsombolyképződéshez vezet (Balázs D. felv.)*



homokkötőmaradványai fedik, a csapadékvíz a felszínen haladva nem érintkezik mészkővel, így oldóképessége teljes egészében a mélyben használódik fel. Ez azt jelenti, hogy ilyen homokkővel bélelt dolinákban a zombolyképződés intenzitásának a mértéke kétszerese is lehet annak, ami az Alsó-hegyen napjainkban is folyik. Az említett „homokkő bélést” dolinák természetesen rövid életű karsztjelenségek, a mélyülő töbrökben az elmálló homokkőtömbök alól előbukkan a mészkőfekü.

#### IRODALOM

1. **BÖGLI, ALFRED:** Shafts. — Actes du 3e Congrès Suisse de Spéléologie. Interlaken. 1967. — La Chauv-de-Fonds. 1969.
2. **DAVIS, W. M.:** Origin of limestone caverns. — Geol. Soc. America Bull., Vol. 41. No. 3. pp. 475—628. 1930.
3. **GARDNER, J. H.:** Origin and development of limestone caverns. — Geol. Soc. America. Bull., Vol. 46. 1935. pp. 1255—1274.
4. **GREENE, F. C.:** Caves and cave formations of the Mitchell limestone. — Ind. Acad. Sci., Proc. 1908. pp. 175—184. 1909.
5. **POHL, E. R.:** Vertical shafts in Limestone Caves. — Occasional Papers. Nat. Spel. Soc., Number 2. April. 1955. Trenton.
6. **QUINLAN, J. F. and POHL, E. R.:** Vertical shafts in the Central Kentucky Karst. — American Assoc. for the Advancement of Sci. 1966.
7. **SÁREÁRY ISTVÁN:** A zombolygenetika kérdéseiről. — Karszt és Barlang. 1970. I.
8. **WELLER, J. M.:** Geology of Edmonton Country. — Ky. Geol. Survey, Ser. 6. Vol. 28. 1927. 246 pp.

#### VERTIKALE INNENSCHÄCHTE IM CENTRAL KENTUCKY KARST

Der Verfasser studierte die in den Mammoth und Flint Ridge Höhlen von Kentucky befindlichen senkrechten Schächte. Die in der Abbildung 1 dargestellte interessante komplexe Form bildete sich bei dem Zusammentreffen zweier unterirdischer Wasserläufe, eines annähernd waagerechten Höhlenbaches und einer senkrechten Wasserbewegung, wie es in Abb. 2 dargestellt wird. Die Oberfläche des Kentucky-Karstes ist diskontinuierlich durch Sandsteinschichten bedeckt und die Mehrheit der senkrechten Schächte hat sich an den Rand-

partien des denudierten Sandstein-Hangenden ausgestaltet. Bereits unter den sich verdünnenden, zerstückelten Sandsteinschichten ist die sog. Zwischenschicht-Verkarstung (interstratal karstification) zu beobachten; an diesen Stellen können die abfließenden oberirdischen Gewässer die Ausbildung der Schächte in dem aus Kalksteinschichten bestehendem Liegenden einsetzen.

#### ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ПЕЩЕРНЫЕ ШАХТЫ НА „ЦЕНТРАЛЬ КЕНТУКИ КАРСТ”

Автор изучил на Кентуки вертикальных шахты Маммот и Флинт Ридж пещер. Интересная сложная форма на первой фигуре — два подземного потока, которые сформировались у стечения одного почти горизонтального пещерного ручья и одного вертикального движения воды, как это видно на фигуре 1. Истрепанные слои песчаника покрывают поверхность Кентуки Карста (фигура 2.). большинство вертикальных шахт возникло на окраинных частях денудационного кровельного песчаника. Уже под утончающимися изломанными слоями песчаника тоже можно, наблюдать карстообразование между слоями, поверхностные воды, сточные на этих местах, в образующих подошву слоя известняка могут пускать в ход развитие шахт.

#### VERTIKALAJ ŠAKTOJ EN LA CENTRAL KENTUCKY KARST

La aŭtoro studis la vertikalajn ŝaktojn troviĝantajn en la kavoj Mammoth kaj Flint Ridge Caves en Kentucky. La interesa formo, kiun la fig. 1. montras, elformiĝis ĉe la kunfluo de du subteraj akvoŝtupoj, de la preskaŭ horizontala grota rivereto kaj de vertikala akvomovo, laŭ la fig. 2. La surfaco de Kentucky Karst kovras intermite sabloŝtonotavoloj (fig. 3.), la plimulto de la vertikalaj ŝaktoj elformiĝis ĉe al rando de la detruita sabloŝtonokovraĵo. Jam sub la maldikiĝinta, rompita sabloŝtonotavoloj estas observebla la intertavola karstiĝo, la tie tie defluanta surtera akvo povas iniciati la disvolvigon de la ŝaktoj en la kalkŝtona bazo.

## PÁROLGÁSMÉRÉS BARLANGBAN

Az égerszögi Szabadság-barlangban 1968—70. években kísérleteket végeztünk annak megállapítására, hogy a barlangi mikroklíma feltételei mellett milyen nagyságú a párolgás (evaporáció). A bejárat-tól 300, és 750 méterre. kb. 3 méter magasan a patakszint felett, a barlang belső légmozgásának kitett párkányokon edényekben 217—217 milliliter vizet helyeztünk el. Az edények felett kb. 35 cm magasságban kis műanyagtető védte azok tartalmát az esetleges mennyezeti csepegések ellen. A barlang levegőjének hőfoka 9,0—9,5 °C, a viszonylagos légnedvesség 95—98%.

A vizsgálatok első, 26 hónapos szakaszában az edényekben tárolt víz felületéről éves átlagban 0,8 mm vastagságú réteg gőzölgött el. Ez az érték alig 2 ezreléke a felszíni párolgásnak. (Budapesten az elpárolgás 16 évi átlaga — az 1929—44. évek alapján — 409 mm). Kísérleteim szerint a Tibeszi-hegységben levő *Burdai-oázis*ban a déli órákban 30 perc alatt több vízmennyiség párolog el, mint a Szabadság-barlangban azonos nagyságú felületről — egy év alatt.

Dr. Balázs Dénes