

FÖLDTANI ÖRÖKSÉGÜNK DIÁKPÁLYÁZAT

A Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium pályázata

A barlangok földtani vizsgálata

KARDOS BOGLÁRKA

Ráday Pál Gimnázium, Pécel

A barlangok mindig izgalmasak, sejtlemesek voltak számomra, ezért az egyik kedvenc időtöltésem a barlangok bejárása. Képződményeik mindig megmozgatták fantáziámat. Vajon a barlangokban található anyagok hogyan juthattak oda, és a különböző képződmények hogyan alakultak ki? A kérdések látszólag bonyolultnak tűntek, de ahogy elmélyedtem az egyes témakörökben, lassan választ kaptam a kérdéseimre.

A világ nagy és szép barlangjai mellett hazai barlangi ásványkiválásaink talán eltorpülnek, de számomra mégis a magyarországi és általam felfedezett barlangi képződmények a legszebbek.

A barlangban sötét van, mennyezete, főtéje köztes közeget képez, és gátat szab a napfény tova terjedésének. A barlangok bejáratú szakaszaiba ugyan be tud világítani a nap, de néhány kanyar, szűkület után teljes sötétség lesz. Ha mélyebbre akarunk menni, magunknak kell gondoskodni világításról.

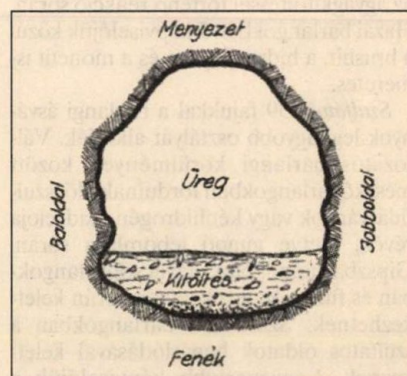
A barlangok hőmérséklete függ a zónális és magassági hovatartozásuktól, tudományos vizsgálatuk pedig a kinti hőmérséklet átlagát mutatja. A barlangok hőmérsékletét befolyásolják a bennük kialakuló barlangi szelek és a befolyó vizek. A belső meleg nagymértékben temperálja a barlangokat. Ezen adottságokat használta ki már az ősember is, aki lakhelyül választotta a barlangokat.

A barlangi szelek kialakulásánál elsőként a kéményhatást kell megemlíteni: a melegebb levegő ritkább, a hidegebb sűrűbb, a légáramlást a kétféle levegő súlykülönbsége okozza. A régebbi népi barlangnevek között a szelek elnevezést

találjuk, mint pl. Szelek-barlangja, Szélyuk stb. A barlangi légmozgásokra hatással lehet a felszíni szél, és kismértékben a légnyomásváltozás. A barlangi szelek végeznek munkát, többek között ennek köszönhető a tiszta levegő, mert szinte mindig szellőztetve van a barlang.

A víz három, jól elkülöníthető helyen lép be az üregbe: fentről, oldalról és lentől. A víz másodlagos üregtágító közeg, mivel ahhoz, hogy a barlangba bejusson, szintén repedés, törés kell. A barlangot befogadó hegy felszínére hulló csapadék, ha beszivárgáskor a barlang tetejéhez ér, a repedéseken, töréseken keresztül lecspegeve tovább folytatja útját, pára alakjában, vagy tovább szivároghat a talajba, nagy vízmennyiség esetén pedig továbbbolyva, csatlakozva a barlangi folyó vizekhez. A kőzetben átszivárgó csapadékvíz különböző anyagokat old ki, például növényi gyökerekből szénsavat, ami – ha mészkövön szivárog át – meszet old fel.

A barlang egyszerűsített fő részei (dr. Kadič O. (1938) szerint. Rajz dr. Mottl M.)



A csapadék a legrövidebb úton folyik le a hegyről, általában a vizet át nem eresztő kőzetben, amíg a vízáteresztő kőzethez nem ér. Ott víznyelők vezetik a felszín alá. A föld alatti hasadékokban, üregekben, barlangokban folytatják útjukat. A barlangi vizek két lehetséges helyre érkeznek: a barlangi kőzetektől, azok töredezettségétől, vízáteresztő képességétől függően a hegylábi forrásokig, onnan pedig a felszíni a folyókba, tengerekbe. A másik lehetőség a mély karsztba való lefolyás, ahol felmelegsznek és hévízként újra a felszínre törnek. A barlangi folyók – hasonlóan a felszíniekhez – rombolnak, fizikailag tágítják a barlangot, ha sodrásuk sebes, szállíthatnak kőtörmeléket, ami koptatja a barlangok falait, így nagy barlangi terek alakulhatnak ki. Vegyileg akkor rombol, ha a vízének összetétele telítetlen, így még képes több szilárd anyagot feloldani. Akkor épít, ha a víz folyása lelassul, ekkor a szállított anyagok lerakódnak; ez lehet barlangi kavics, konglomerátum, agyag stb. A vegyileg oldott szállítmányát akkor rakja le, ha telítetté válik, nem tud kioldani több meszet, folyása lelassul, tágasabb terekben levegővel érintkezik, kiválik a benne lévő mésztartalom. A barlangokon átfolyó vizek a forrásoknál jelentkeznek mint megtisztult, ásványi anyagokban gazdag friss ivóvíz.

A barlangi folyó vizek föld alatti tavakat is táplálhatnak, illetve hozhatnak létre. Ezek vagy továbbfolynak barlangi folyóként, vagy pedig lefolyástalan tóként a karsztvízszint ingadozását jelzik. A barlangi tavakban leülepedhet agyag, sár és a patak által hozott anyagok, kővek, esetleg régészeti leletek.

A barlangi kitöltődések lehetnek gáz-neműek, cseppfolyósak és szilárd hal-

A pályázatra beérkezett írásokat rövidített, szerkesztett változatban közöljük.

mazállapotúak. A barlangi levegőről azt hinné az ember, hogy összetétele megegyezik a felszínnel; ez részben igaz is. Amiben mégis különbözik, az a CO_2 -tartalom, ami a felszínnek a tízszerese is lehet. Ha a barlangok szellőzése nem megfelelő, akkor a szén-dioxid feldúsulhat, ez pedig veszélyessé válhat! A magasból lecspeppenő és a talajon szétfröccsenő víz apró cseppekre bomlik, ami lebegve marad a barlangi légtérben (aeroszol). Ezen aprózódás a barlangi levegő vízgőztartalmának a telítettségi értéke közelébe is juthat, amelynek tartalma csak valami szilárd testhez kötözve válik ki. A barlangi térben rendkívül apró vízcseppek néha láthatóvá is válnak; nagyobb létszámú túrázó csapat után előfordul, hogy köd keletkezik a kicsapódó párából. A barlangi szilárd kitöltődések lehetnek helyben keletkezettek és a behordottak. A helyben keletkezettek közé azon szilárd anyagok tartoznak, amelyek kizárólag a barlangban jöttek létre, ilyenek az omladékok, oldási maradékok, állatoktól és növényektől származó kitöltődések. A helyben keletkezett állati kitöltődést a denevérek és egyéb madarak ürüléke, a guanó képezi, ami néhány barlangban bányászati mennyiségben fordul elő. Állati kitöltődést képeznek a betévedt és ott elpusztult állatok tetemei is. Az olyan barlangok, amelyek kútszerűen, zsombolyként nyílnak, természetes dögkútként is működhetnek. A növényi kitöltődésnek is több fajtája van. A barlangbejáratoknál a hűvösebb éghajlatot kedvelő növények élnek. A másik növényi előfordulást az idegenforgalmi barlangokban találták, mégpedig a világítás mellett az úgynevezett lámpaflórát (alga, moha, páfrány). A helyben keletkezett kitöltődések közé tartozik a jég, a zúzmar, különböző kiválások és a biogén eredetű anyagok. A jég főleg télen keletkezik a barlangok bejárat szakaszánál, de az északra néző, nagy nyílású hűvös éghajlatú barlangok némelyikében nyáron sem olvad el a jég, ilyen például a Dobsinai-jégbarlang.

A barlangok következő földtani tényezője az anyag. Felmérésük során a befogadó kőzet anyagát, annak változásait dokumentáljuk, majd az abban található anyagokat. A nagyobb kővek, törmelékek nagy valószínűséggel megegyeznek az alapkőzetével. A barlangon áthaladó vizek is alakítják a kitöltődést. A cseppkővek minőségét a fedőrétegek szabják meg. A patakok osztályozzák a szállított anyagot, és a mélységi hévizek is létrehozhatnak más anyagú képződményeket.

Barlangi ásványoknak csak azokat tekintjük, amelyek ténylegesen a barlangban, az ottani környezet által befolyásolt kémiai, fizikai folyamatok termékeként (vagy kitöltésben lévő ásványokból másodlagosan) jöttek létre. A barlangi ásvá-

nyokat kis számban az 1700-as évektől már ismerték és kutatták. Napjainkban ugrásszerűen megnőtt a kutatott barlangok ásványvizsgálata, ez a fejlett analitikai módszereknek köszönhető. Tekintsük át a rendszertani szempontokat az alábbiak szerint.

Terméselemek: Elemi állapotban a természetben megtalálható, nem gázalmazállapotú anyagok többségét a fémeselemek (pl. Au, Ag, Cu) alkotják. Barlangi ásványként csak egy nemfémeselemet, a termésként ismerjük. Előfordulásai többnyire kénbaktériumok működésére vagy kén-hidrogén-gáz (H_2S) oxidációjára vezethetők vissza. Hazánkban eddig csak barlangméret alatti üregből ismert.

Szulfidok: Fémionoknak kénnel alkotott vegyületei. Szulfidásványok csoportjából csupán 11 képződik ritkaságként, különleges körülmények között (például anaerob baktériumok közreműködésével, vagy hidrotermális behatásra) barlangi környezetben. Hazai barlangokban nyomokban két képviselőjük fordul elő.

Oxidok: A barlangokból ismert 33 képviselőjük zömét szulfidásványok mállásából, illetve felszíni szerves anyag bomlásából származó s többnyire kevésbé látványos barnás-feketes bevonatok, kérgek és földes tömegek formájában megjelenő vas- és mangánvegyületek alkotják, amelyek barlangi kiválását a pH-viszonyok változása, illetve mikroorganizmusok segítik elő. Ezek közül csupán egy, a goethit gyakori. Ebbe az osztályba tartozó másik gyakori és változatos formákat alkotó barlangi ásványt a magas hőmérsékletű oldatokból kiváló opál képviseli.

Szilikátok: A szilárd földkéreg mintegy 75 százalékát a szilikátásványok alkotják. „Igazi” barlangi ásványként ritkák. Ezek többnyire az alapkőzetben és az üledékes kitöltődésben található más szilikátásványok mállásával, átalakulásával keletkeznek.

Foszfátok: Guanótelepekhez kapcsolódva, kevésbé látványos, porszerű kiválások, bevonatok és kérgek formájában találhatók. A guanó lebomlása során képződnek, részben az alapkőzettel, vagy az agyagkitöltéssel történő reakció során. Hazai barlangokban 5 képviselőjük közül a brushit, a hidroxilapatit és a monetit ismeretes.

Szulfátok: 59 fajukkal a barlangi ásványok legnagyobb osztályát alkotják. Változatos barlangi körülmények között mészkőbarlangokban fordulnak elő, szulfidásványok vagy kénhidrogén oxidációja révén, illetve guanó lebomlása során. Gipszbarlangokban, lávacsőbarlangokban és fumarólatevékenység során keletkezhetnek. Szárazabb barlangokban a szulfátos oldatok bepárlódásával keletkeznek. Legismertebb képviselőjük a

gipsz. Hazai előfordulásai közül a budai barlangok gipszkiválásai a fedő márga pirittartalmának bomlására utalnak. A Dorog környéki gipszek esetleg kén-hidrogén jelenlétére vezethetők vissza. Hazai barlangokban a többnyire hidrotermális eredetű baritot és a ritka melanteritet mutatták ki.

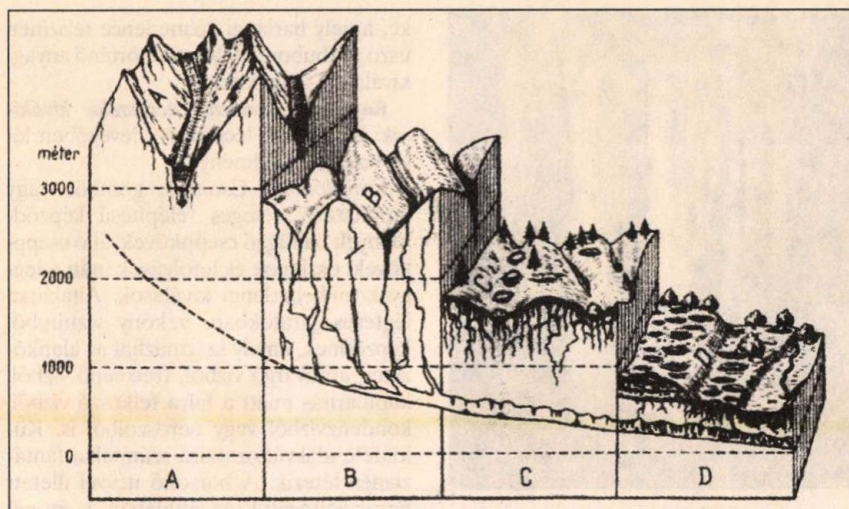
Karbonátok: A barlangi ásványok legfontosabb csoportja. A két legközönségebb barlangi ásvány, a kalcit és az aragonit a barlangi kiválások összességének több mint 95 százalékát alkotják. Gyakoriságuk a barlangok mészkő- és dolomit-alapkőzetére vezethető vissza. A barlangba jutó oldatok karbonáttartalma az alapkőzet oldódásából származik. A karbonátok a hazai barlangi ásványok legnépesebb csoportját alkotják. A kalcit, az aragonit és a hidromagnezit mellett négy ritka képviselőjük is ismert.

Barlangi kőzetek kiválásai: a barlangokat befoglaló kőzetekből másodlagosan új képződmények is létrejöhetnek az alábbiak szerint.

A kőzettel egy időben létrejövő barlangok képződményei: Ezekben a barlangokban is létrejöhetnek képződmények, kitöltések. A magmatikus kőzetek létrejöttével egy időben és a felszínre lépésük után hígfolys állapotokban is keletkezhetnek benne barlangok, azokban pedig kitöltődések és képződmények. Minél közelebb ér a felszínhez a magma, annál könnyebben szabadulnak fel belőle a gázok. Később a felszínre érve, vagy még a felszín alatt kihűl, magába zárva azon gázokat, amelyek már nem tudtak eltávozni. Ezek kisebb-nagyobb, bejárat nélküli üregeket, barlangtermeket alkotnak. Felfedezésük általában bányászat közben történik.

Az üledékes kőzetképződéssel egy időben is létrejöhetnek üregek, barlangok és képződmények. A tengeri koralltelepek állatkái is építenek ilyeneket, ágas-bogas mészpalotákat, amelyek gyakran üregeket zárhatnak magukba. Az édesvízi forrásmészkő-barlangok kialakulási előfeltétele az, hogy a mészkőrétegeken átfolyt, mésszel telített hideg vízü karszpatakok a forrást elhagyva vízeséseket képez. A lezúduló és szétszóródó vízből távolabb lassanként mésztufadombok, gátak épülnek, ezek később felnőhetnek, beboltozódhatnak. A primer mésztufabarlangok nem alkotnak nagy egybefüggő barlangrendszert. Ezeket az üregsorokat a vízfolyás leálltával, elterelődésével az ember mesterségesen kötötte össze. A világon először hazánkban ismerhették meg a lillafüredi Anna-barlangot, amely kb. 400 m hosszú.

Gömbölyded, összecementálódott kőzetben képződött üregeket, barlangokat is ismerünk. Hazai viszonylatban a leghosszabb az Angyal-forrási-barlang (Ge-



A magassági karsztosodás és képződményei [Jakucs L. (1971) szerint]

recse). Világviszonylatban a leghosszabb az ukrainai Oresnaja-barlang. Cseppkőképződés csak akkor lehet, ha az alkotó kőzet mészkő. Homokkőben is keletkezhetnek barlangok. Hazánkban a leghosszabb a Papp Ferenc-barlang (Pilis), világviszonylatban a leghosszabb a Serrat del Vent-barlang Spanyolországban, 4273 m hosszú. Barlangok kialakulnak még anhidritben és kősóban is. A dolomit oldódása a magnéziumtartalom miatt rosszabb, mint a mészkőé, ezért jóval kisebb barlangok képződtek benne. Magyarországon a Bükkben található a Fekete-, illetve a Balekina-barlang. Képződmények cseppkövek lehetnek, de jóval kisebbek, mint a mészkő-barlangoké.

A karsztosodott mészkő a legizgalmasabb a barlangkutatók számára. Az üregképződés szempontjából a legjobban alakítható, könnyen törik, kopik, oldódik, tehát karsztosodik, mégis állékony. A világon nagy kiterjedésben alakultak ki. Hatalmas, egybefüggő részeit még ma is térképezik a geológusok. Több helyen fedett, így be sem tudjuk határolni, hogy valójában mennyi van belőlük világszerte. Ez az a kőzet, ahol továbbra is a legnagyobb barlangok várhatók. Hazai viszonylatban a Baradla-Domica-barlangrendszer hossza: 24,736 km és vetekszik a budai Pál-völgyi-Mátyás-hegyi-barlangrendszerrel, amelynek jelenlegi ismert hossza 18,7 km. Képződményei hatalmas cseppkövek lehetnek.

Ami a legjobban lenyűgözi a barlangok után érdeklődőket és kutatóit, az a barlangok formakincse és képződményei. Különböző égvövi területen más és más a karsztosodás, a lepusztulás mértéke, így a barlangképződés folyamata az éghajlattól függ. Trópusi csapadékos területen felgyorsulnak az események, előbb képző-

dik és előbb is pusztul el egy barlang, mint hideg környezetben. Ez a formakincsre is rányomja a bélyegét. A hideg égvö és a magashegységek a barlangképződés szempontjából a kezdeti szakaszt jelentik. Ezeken a vidékeken nagy barlangokat nem ismernek. A hidegben, ha van is csapadék, megfagy, vagy a fagyott területeken gyorsan levonul, esetleg jég-barlangot hagyva maga után. A mészkőben maximum tektonikus hasadékokat, statikus jégaknákat találhatunk, sima törött felületekkel.

Mérsékelt övi mediterrán barlangi képződmények a barlangképződés szempontjából a haladó szakaszt jelentik. A terület karsztosodására, a barlangok kialakulására a periodikusság jellemző. A felszín alatt 8–25 m között a hőmérséklet kiegyenlítődik, ehhez közepes mennyiségű csapadék járul, ami aktív barlangképződéssel jár, olyannyira, hogy e zónában találhatók a világ legmélyebb és leghosszabb barlangjai. A meleg égvöi barlangok a barlangképződés öreg szakaszát jelentik. A trópusi, szubtrópusi vidékeken a legintenzívebb a karszt lepusztulása. Ezen a területen van a legtöbb csapadék, ami a barlangokat pusztíthatja. Tágas, felszakadozott, cseppkövekben dús, lepusztult barlangokat találunk itt. De ki gondolná, hogy a sivatagban is vannak barlangok? Igaz, nem nagy barlangrendszerek, hanem inkább egy-egy pillanatnyi üregképző folyamat eredményei, tektonikus hasadékok, duzzadásos üreg stb. Elvértve akad nagyobb cseppkőes barlang is, de az régebbi, csapadékosabb időkben jöhetett létre.

A magassági tényező is rányomja a bélyegét a karsztosodó mészkőekre és az azokban kialakuló barlangok méretére. Ez logikus, mivel a hegyen összegyűlő, levonuló víz minél lejjebb ér, annál na-

gyobb mennyiséggel tudja oldani és koptatni az útjába eső barlangok kőzetét.

Térbeli formák és képződmények: A barlangi képződmények terjedelme a befogadó kőzet nagyságától és szerkezetétől is függ, például ha a kőzetrétegek erősen dőlnek, akkor nagy valószínűséggel a benne kialakuló barlangjárt és a képződmények is dőltek, ferdék lesznek. Ha a befogadó kőzet függőleges, akkor a barlang és járatai is függőleges formát öltenek.

Barlangi képződmények

Kétségtelen, hogy a barlangok képződményei az ember számára nagyon szépek és lenyűgözőek. Formakincsük páratlan, a kialakulásuk pedig nem egyértelmű, olyannyira, hogy még a mai napig is vita tárgyát képezik. A nemzetközi osztályozás 38 kategóriát tart számon. Ez a szám nem végleges, mivel vannak átfedések és a kialakulásuk sem minden esetben egyértelmű. A 38-ból 30 hazánkban is ismert, közülük azonban csak 14-nek van saját elnevezése.

Szalmacseppkő: A barlangi kiválások legelterjedtebb formája. Kialakulása a barlang mennyezetén beszívargó, vagy kondenzálódó vízcseppekből kiváló, jellemzően függőlegesen lefelé irányuló, kúpos alakzat, amelynek tengelyében egy központi csatorna található. A kezdeti kis változata a vékony falú, csőszerű szalmacseppkő, melynél anyagkiválás csak gyűrűszerűen, a vízcsepp felülete mentén történik.

Függőcseppkő (sztalaktit): A képződmény felületén leszivargó vízből történő egyidejű anyagkiválás esetén kúpos forma jön létre; ennek alakját több tényező befolyásolhatja (pl. a több vízhozamúak gyorsan növekednek, általában karcsúbbak, a lassan növekvő vastosabbak; az aszimmetrikus felületi lefolyás az ovális keresztmetszetet, az állandó légáramlás a hossz-tengely menti görbülést eredményezheti. Ásványtanilag a második legváltozatosabb kiválástípus: a kalciton kívül további 68 ásvány sztalaktit formájában való megjelenéséről van tudomásunk. A kémiai összetételhez kapcsolódó változatokként említhetők a József-hegyi-barlangban gipsztörőnek nevezett, elágazó nagy kristályokban végződő gipsz-„csilárok”, valamint a hullámos felületű, csavarodó aragonit-szalmacseppkövek.

Cseppkőfüggöny: Alakja jellegzetesen zászló alakú. A mennyezet repedéseiből szivargó, áthajló felületen végigfolyó vízből kiváló, függőlyszerűen leülő vékony képződmény. Szakaszos vízmozgás esetén élei fűrészfogasok. Alakját az alapközet egyenetlensége befolyásolja.

Cseppkőzászló: Cseppkőzászlónak akkor nevezik a cseppkőfüggönyt, ha az elszíne-

zódik a köztes anyagok szakaszos kioldódásának köszönhetően. Képződhetnek szulfát-, szilikát- és oxid-ásványokból is.

Lentről felfelé növekvő képződmények: értelemszerűen a barlang talaján kialakuló képződményeket sorolhatjuk ide.

Állócseppkő: Tudományos nevén sztalagmit. A lehulló vízcseppekből a talajra érve kiválik a maradék hozott anyagtartalom, amely felfelé növekvő állócseppkővet épít. A növekedés mértékét a vízhozam és a benne lévő oldott anyag tartalma szabja meg. Így kisebb függőcseppkővek alatt is jelentős méretű állócseppkővek nőhetnek. A nagy magasságból lecsapódó vízcseppek már esés közben is porlódhatnak, így e vízcseppekből egymásra rakódott tányérokra emlékeztető tányéros cseppkővek alakulnak ki. A függő- és zászlócseppkővek oldalán lefolyó vízcsepp alatt változatos formákban állócseppkővek is nőhetnek. Ilyen formák ismeretesek a Baradla-barlangból. Az állócseppkővek anyagának nagy részét kalcit alkotja.

Cseppkőoszlop: Tudományos nevén sztalagnit. A cseppkőoszlop akkor alakul ki, amikor a függő- és állócseppkő összeér.

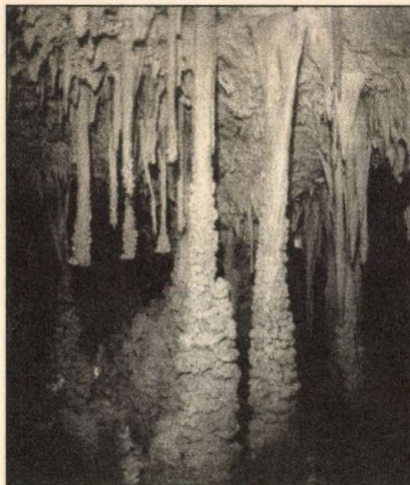
Pecsénnyomó: Ha a cseppkőoszlop laza talajra nőtt, amelynek aljátat kimossa a vízfolyás, és a súlyát megtartja, tehát újra függőcseppkővé válik, akkor alakul ki a pecsénnyomó, az alja vaskos, és alakja pecsénnyomóra hasonlít.

Mozdony: Ha az állócseppkő szintén laza talajra nő és megvastagodik, majd aljátat kimossa a vízfolyás, elveszti egyensúlyát és eldőlt. A csepegő vizek további munkája során az eldőlt oszlopra újabb cseppkőoszlopok nőhetnek, ezek jellegzetes formát, mozdonyt alakítanak ki, ilyen képződmény található a Baradla-barlangban is.

Folyó vizek kiválásai:

Ha a csepegő víz az oldalfalon vagy a kitöltődéseken lefolyik, és azon rakja le a hozott mésztartalmat, akkor képződik a **cseppkőkéreg**. Ha a lejtős oldalfalakon megszilárdult cseppkőkéreg megvastagodik, akkor **cseppkőlefojáról** beszélhetünk. Ha a cseppkőkéreg és -lefolyások függőleges helyzetbe kerülnek és megvastagodnak, akkor jönnek létre a megfagyott vízre emlékeztető **cseppkőzuhatok**. A **mészufagát** a folyó vízből, a vízfolyás irányára merőlegesen kiváló és azt visszaduzzasztó, szintes felső peremmel határolt, általában félköríves falszerű képződmény. A **zuhanyrózsza** nevét a barlangok mennyezetéből vizeszerűen kiömlő víz körül kiváló, a zuhanyrózsza tányéjára emlékeztető púposan szétterülő alakzatról kapta.

Állóvizek kiválásai: A barlangokban keletkezett tavakról van szó. A **cseppkőszín**-a a barlangi vízmedence felszínén kiváló



Pecsénnyomó, függő és cseppkőoszlopok társaságában (Sonora-barlang, Texas, fotó: Brown D., 1962)

anyagból, a medence széle mentén, vagy az abba merülő cseppkővek körül képződő, vízszintes, párkánszerű alakzat. Cseppkővekhez különböző magasságokban kapcsolódó változatainak hazánkban is számos fantázianeve ismert (galléros cseppkő, bocskoros cseppkő, nyakkendős cseppkő, tavirózsza stb.). Általában kalcitból áll, de képződhet például gipszből és kősóból is. A **kalcitlemez** úgy keletkezik, hogy nyugodt vízű tavak és vízmedencék felszínén kiváló s a felületi feszültség révén tutajként úszó lemezek lesüllyedését a medencébe hulló csepegés, a víz visszahúzódása, vagy a további anyagkiválással növekedő önsúlya idézi elő. Hazánkban elsősorban meleg vizes barlangokból ismert, ahol víz alá süllyedve, a megvastagodott és összecementálódott kalcitanyagú lemezek tömege helyenként kiterjedt lerakódásokat alkot, de képződhet más ásványból is (gipszből, kősóból, sőt terméskénből is). Az **apadási szín**lő egymástól közel azonos távolságokra húzódó, többé-kevésbé vízszintes összefonódó bordából álló kiválás az áthajló oldalfalon vagy mennyezeten, amely lassan csökkenő szintű álló vízfelszínnek peremén képződik. Leglátványosabb hazai előfordulásai a Pál-völgyi-barlangban találhatók. Anyagát általában kalcit alkotja, de az izraeli sókarszton kősóból is képződik. A **barlangi gyöngy** túltelített vízü, sekély medencékben a medencébe csepegő (vagy befolyó) víz által mozgatott törmelék, vagy egyéb szemcsék körül kiváló, koncentrikusan rétegelt felépítésű gömbölyded kiválás. Többnyire csoportosan, gyöngyfészkeket alkotva jelennek meg. Az egyes gyöngyök mérete a homokszemnyitől akár 20 cm-ig is terjedhetnek. Anyagát főleg kalcit vagy aragonit alkotja. A **buborék** apró, üreges mészgömböcs-

ke, amely barlangi vízmedence felszínén úszó gázbuborék felületén történő anyagkiválással képződik.

Kapilláris, kondenz, aeroszolos kiválások: felhúzó, lecsapódó, levegőben lévő vizek képződményei.

Koralloidok: Csomós, gömbös vagy korallszerű, réteges felépítésű képződmények. A függő cseppkővek, álló cseppkővek, oszlopok és lefolyások után a leggyakoribb barlangi kiválások. Általában légtérrel járatokban, vékony vízfilmről képződnek, amely származhat az alapkőzetén átszivárgó vízből, freccsenő vízből, kapillaritás miatt a falra felkúszó vízből, kondenzvízből vagy aeroszorból is. Különböző alakváltozataira számtalan fantázianév létezik. A borsókö névvel illetett hazai változatok az általában 1 cm-nél kisebb gömböcskék csoportjaiból álló klasszikus borsókövek, a korallszerűen megnyúlt ágacskákkal rendelkező korallborsókövek (például: Rákóczi-barlang), és a laposan szétterülő gombaborsókö (például: Rejtekszomboly). Valószínűleg mind légtérrel kialakulásúak.

Kristálybokok: Sugarasan elhelyezkedő, finom kristálytükből álló, kaktuszra vagy tűpárnára emlékeztető képződmény, egyike a leglátványosabb és legtöbbször barlangi kiválásoknak. Többnyire borsókövekkel együtt, a borsók tetőjén ülve jelenik meg. Kiválása csepegő vízből, vagy aeroszorból származó kapilláris vízfilmről történik, párolgást lehetővé tevő környezetben. Jellemzően aragonit alkotja, de előfordul más karbonát-, szulfát-, sőt foszfátásványokból is jégből is. Legszebb hazai képviselői a József-hegyi-barlangban és a Beremendi-kristálybarlangban találhatók.

Heliktitiek: A gravitációval dacolni látszó bizarr, kukac- vagy horogszerű képződmény, amely gyakran nem az alapkőzetben, hanem más kiváláson, például bevonaton, szalmacseppkövön jelenik meg. Hossztengelyébe keskeny, maximum 0,5 mm átmérőjű kapilláris csatorna húzódik. Fejlődése ezen keresztül, hidrosztatikus nyomás alatt álló kapilláris vízből történik. Bizarr formájának kialakulásában a párolgás, légáramlás, vagy az oldatban lévő szennyezőanyagok is közrejátszhatnak.

Cseppkődob: Ovális vagy kör alakú, lapos, korongszerű mészkiválás. A barlang falán, mennyezetén vagy aljátán irányítottága az alapkőzet egy repedésének felel meg. Valójában két párhuzamos helyzetű tányérból áll, melyek a közöttük húzódó, gyakorlatilag kapilláris méretű résben hidrosztatikus nyomás alatt szivárgó vízből a peremen történő anyagkiválással koncentrikusan növekednek. Átmérőjük a 3 mm-t is elérheti, az alsó tányért gyakran egyéb cseppkőalakzatok díszítik. Legszebb hazai képviselői a Baradla-barlang

Retek-ágában találhatók. *Virág*: Közös középpontból sugárirányban kifelé hajló szirmok formájában jelenik meg. Az egyes szirmokat párhuzamos, a szírom görbülete mentén csavarodó ásványrostok építik fel. Görbülésüket az oldatutánpótlás változó mennyiségére és töménységére vezetik vissza. A leggyakoribb gipszvirágok hazánkban is ismertek (például: József-hegyi-barlang, Felsőpetény).

Hegyi tej (montmilch): Az alapközetten vagy más képződményeken térszerű

rétegben vagy apró gömböcskékként megjelenő, uralkodóan fehér vagy krémszerű mikrokristályos kiválás. Nedvesen lágy és képlékeny. Kiszáradva porlódó. Víz tartalma a 40 százalékot is elérheti. A középkorban gyógyszerként használták, egyike a legrégebben tanulmányozott kiválásoknak. *Rekeszek (box-work)*: A barlang falából vagy mennyezetéből kazettaszerűen kiemelkedő, vékony ásványpengék hálózatából álló alakzat. *Perem*: A barlang falán vagy al-

zatán lévő nyílások torkolata körül képződő, gallérszerű kiválás. Sima belső és tagolt, gyakran borsóköves külső felülettel. Keletkezését a szűk szelvényben fel szálló páradús levegő kondenzációja miatti oldódással és a tágasabb szelvény torkolatában történő újrakiválással magyarázzák. Két ismert hazai előfordulása közül a Nagyharsányi-kristálybarlangban kalcit-, aragonit-, Felsőpetényben pedig a ritkább gipszanyagú peremek találhatók.

A Keszthelyi-hegység karsztjai

PINTÉR ZOLTÁN

Vajda János Gimnázium, Keszthely

A Keszthelyi-hegység, a Dunántúli-középhegység legnyugatabbi tagja többféle kőzetből épül fel. Északi részét bazalt, a délkeletit mészkő, nyugati harmadát pedig dolomit alkotja. Dolgozatomban most csak az utóbbi kettővel foglalkozom.

Mészkőterületek

A Keszthelyi-hegység déli tömbjének Ny-i részét a dachsteini mészkőre nagyon hasonló edercisi mészkő alkotja. Ilyen terület a Láz-tető, a Büdöskúti-erdő, a Cseres-erdő, a Sárkány-erdő, a Szabad-hegy és az Ederics-hegy. Edericsi mészkőből áll a Keszthelyi-hegység három legmagasabb csúcsa, a Köves-tető (444 m), a Márványkőfejtő-hegy (439 m) és a Görbe-tető (437 m) is.

A mészkő legfontosabb fizikai tulajdonsága, hogy szilárd, rosszul aprózódik. Magas hőmérsékleten és nagy nyomáson könnyen gyűrődik, vetődik. Ennek tulajdonítható, hogy az egybefüggő mészkőterületek kevésbé tagoltak. Ez a megállapítás azonban csak a viszonylag nagyobb kiterjedésű mészkőterületekre vonatkozik, a Balaton-felvidék kis mészkő-hegységeire, vagy például a Kárpátok mészkőszirtjeire kevésbé. Az említett mészkőterületek tagolatlanságában további fontos ok, hogy a homogén kalcitot a lefolyó víz nehezen kezdi ki. Aprózódás hiányában ugyanis a víz pusztító munkája csak az oldásra korlátozódik. Ebben az esetben viszont nem alakulhatnak ki hosszú, karsztos völgyek, mert a víz vagy már a víznyelőkben elszívárog, mielőtt lefolyna, vagy – ha mégis elkezd kialakulni egy völgy – a patak hamarosan lefejeződik és búvópatakként folytatja az útját. Összegzésként tehát azt vonhatjuk le, hogy mészkőterületen a lefolyó víz nagymértékű eróziós munkára képtelen,

jelentős szurdokvölgyek képződése csak tektonikus árkokban és a hegyek oldalán indulhat meg.

A karsztos területek felszínét a Keszthelyi-hegységben és a Balaton-felvidéken a szénsavas víz oldó hatása alakítja ki. Bár a desztillált víz is oldja a mészkövet (igaz, nagyon gyengén), ez az oldó hatás elhanyagolható. A lehulló csapadék víz a CO_2 túlnyomó részét a talajon átszivárogva veszi fel. A talajlevegő magas CO_2 -tartalmát elsősorban a növényi szerves anyag bomlása, kisebb mértékben a növények légzése okozza. Mivel minden olyan területen, ahol a karsztosodó kőzet vízzel kerülhet kapcsolatba, elkezdődik a kőzet oldódása, a karsztos területek formakincsét a különböző területek különböző sebességű oldódása határozza meg.

A karsztosodás gyorsasága több tényezőtől függ:

1. *Hőmérséklet*: A magas hőmérsékletű víz kevesebb CO_2 -t képes feloldani. Ezt ellensúlyozza a magasabb hőmérsékletre gyakran jellemző dúsabb vegetáció és az, hogy a szerves anyagok gyorsabban bomlanak, következként több széndioxiddal látják el a talajlevegőt. A magasabb hőmérséklet ezért a sziklafelszín oldódását lassítja, de a talajjal fedett területek oldódását nagyon meggyorsíthatja.

2. *Csapadék*: A csapadékosabb területeken (kivéve azokat, ahol a csapadék nagyrészt hó formájában hullik) gyorsabb a karsztosodás, mint a szárazabbakon. Több víz erősebb oldó hatást képes kifejteni, ráadásul a csapadék évi mennyisége és eloszlása a vegetáció mértékét és a bomlás sebességét is meghatározza.

3. *Szél*: Az első két szempontonál lényegesen kisebb jelentőségű, de említést ér-

demlő tényező. A talaj fölött gyorsan áramló levegő ugyanis gyorsítja a légcsért a talaj és a légkör között, következként csökkenti a talajlevegő CO_2 -tartalmát.

4. *A felszín lejtése*: A lejtős felszínekről gyorsan lefolyik a víz, ráadásul az erózió következtében általában vékonyabb talajtakaróval rendelkeznek. Ennek következtében a felszín meredeksége hatással van a karsztosodás sebességére, így a karsztos felszínformákra.

Ezekből következnek a karsztosodás sebességét meghatározó további tényezők, mint pl. a vegetáció mértéke, vagy a talaj vastagsága. A felszín formakincsének tárgyalásához főként azt a tényt kell figyelembe vennünk, hogy a mélyebben fekvő területeken egyrészt vastagabb a talajtakaró, mint a felszínből kiemelkedő helyeken, másrészt a magasabb helyekről a víz gyorsan lefolyik az alacsonyabb területekre, növelve a felszín magasságkülönbségeit. Ez a folyamat természetesen magas hőmérsékleten és sok csapadék mellett dús vegetációval a leggyorsabb. A Keszthelyi-hegységben feltehetőleg egy időben gyorsabb volt ez a folyamat, egyrészt mert ez a terület délről vándorolt észak felé, másrészt pedig a Tethys, később pedig a Pannontenger szigeteként a mainál több csapadékban is részesülhetett.

A Keszthelyi-hegységben és (saját megfigyeléseim szerint) a Balaton-felvidéken is a legszebb, legfejlettebb karrmezőt az Ederics-hegy keleti oldalán találhatjuk. Egyébként itt és a Szent Miklós-völgyben vannak a hegység legidősebb, a felső-triászban kialakult kőzetei. Az itteni karrmező kialakulásában közrejátszhatott, hogy az idős kőzet viszonylag hosszabb idő állt rendelkezésre a karrmező kialakulásához, valamint a