

Dr. Balázs Dénes

INDONÉZIA KARSZTBARLANGJAIRÓL

Az Indonéz-szigetvilágban sokféle és helyenként tekintélyes kiterjedésű karsztos területeket találunk. A csapadékos trópusi éghajlat hatására a mészkőfelszínek pusztulása az általában kevesebb csapadékú mérsékeltövi karszterületekhez képest viszonylag gyorsabb, de az adott területen az egyéb kőzetfelelésekhez hasonlítva lassúbb folyamat. Mindezek eredményeképpen a szigetvilág karszterületei a környezetből kiemelkedő, sajátos trópusi formakincs-csel (un. kúp- és toronyhegyekkel) rendelkező tájegységek.

Indonéziai tanulmányutam során — munkatársammal, Horváth Mihállyal — több tucat barlangot sikerült személyesen is felkeresnem, és több mint száz azoknak az üregeknek a száma, amelyekről irodalmi adatokat szerezhettem. A jelen tanulmányban elsősorban a saját tapasztalataim, valamint irodalmi adatok alapján ismertetem a szigetvilág karsztbarlangjainak legfontosabb jellemzőit.

1. Genetikai jellemzők

A geológiai adottságok folytán a szigetvilágban a barlangokat bezáró kőzetek keletkezési ideje igen különböző: Közép-Szumátrán főleg permokarbon mészkövekben fejlődtek ki a legnagyobb üregrendszerek, Jáva-szigeten miocénkorú mészköves felszínek, Dél-Sulawesin eocén, Irian Barat-ban és a környező szigeteken pedig másod- és harmadkorú mészkövek karsztosodnak. A fiatal kéregmozgások a Maluku-szigetvilágban néhol már tekintélyes magasságba emeltek negyedkori korallképződményeket is, ezeken megindult a karsztosodás, azonban ezek a kőzetek porózus, laza szerkezetük miatt nagyobb üregképződésre alkalmatlanok. A szigetvilág legnagyobb barlangrendszerei harmadkori mészkövekben alakultak ki. A mészköves felszíneket uraló mai kúpos-tornyos formakincs és egyben a karsztmasszívumok belsejében létrejött barlangok kialakulási időszaka a harmadkor vége (főleg pliocén) és a negyedkor.

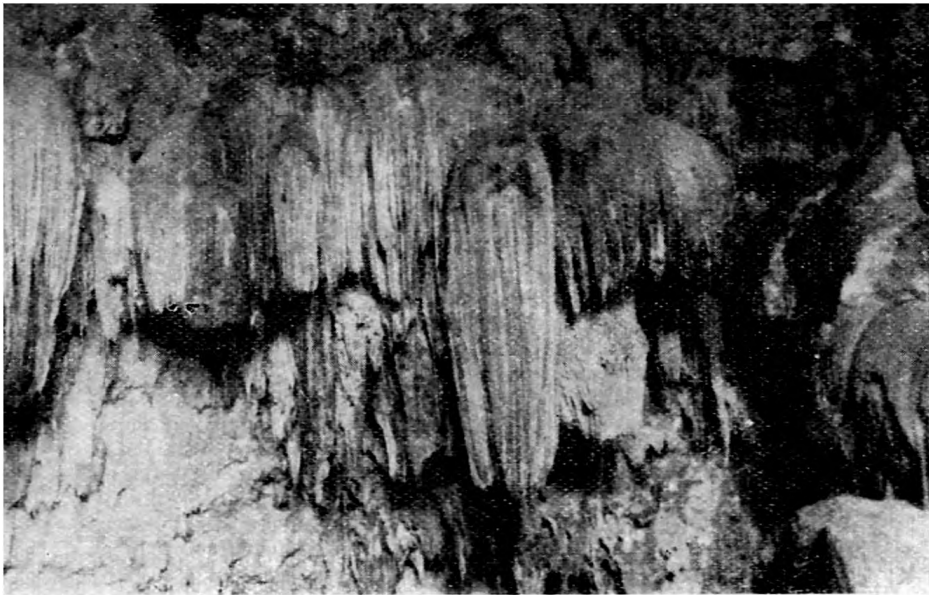
Ha azt vizsgáljuk, hogy a nagyobb méretű üregrendszerek kialakulásában milyen hatóerők játszották a legnagyobb szerepet, akkor a legtöbb esetben elsőként a nem karsztos területek, un. exogén vizeit kell kiemelnünk. A lazább kőzetek (agyag, márga, homokkő, vulkáni breccsa stb.) denudációja, felszíni letarolódása gyorsabb folyamat, mint a mészköves terület pusztulása, így a mészköves területek közelében impermeábilis kőzetekből álló depressziók alakulhatnak ki, ahonnan a lefolyó csapadékvizek — koncentrált formában — a karsztos terület üregein keresztül tudnak eltávozni. Kétségtelen, hogy ezeknek az üregeknek kialakulásában is elsődleges tényező a tektonika volt, azonban a primér hasadékok bővítésében a főszerepet a víznyelőkön át beáramló külszíni vizek korróziós-eróziós hatóereje vette át. Ez a genetikai sorrend

nem tér el a más klímaviszonyok alatti barlangfejlődéstől, azonban itt ismét azt kell hozzátennünk, hogy a bőséges és főként igen intenzív (zivataros jellegű) csapadékviznyelések miatt a barlangok kifejlődése mechanikus úton sokkal gyorsabb folyamat, mint pl. mérsékelt égövben.

De nemcsak a barlangképződés folyamata nagyon erőteljes, hanem a barlangok pusztulása is. A barlangjáratokba behatoló áradmányvizek sok hordalékot szállítanak magukkal, amelyekkel az üregeket eltömik. A víz azonban utat keres és talál is magának a karszt litoklázisaiban: a barlangok képződése és pusztulása egymást váltó, egymás melletti permanens folyamat. A vertikális kéregmozgások, a helyi erózióbázis mélyülése stb. miatt itt is jellegzetesek a többszintű barlangok, ill. az egymástól izolált, különböző szinteken kialakult üregek. A felszín pusztulása folytán sok, hajdani összefüggő vízjárat felnyílik, felaprózódik. A fennsíkokon található barlangok 90—95%-a ilyen felszakadt, szenilis-maturus üreg.

A Kali Sutji-büvőfolyó 50 m magas víznyelő barlangszája a Gunung Sewu-karsztvidék (Közép-Jáva) északi peremén.





A trópusi szigetvilág karsztharangjainak falait a pusztuló, málló cseppkőképződmények tömege borítja.

2. Hidrológiai adatok

A különböző karszterületeken levő barlangok *jelenlegi* hidrográfiai viszonyait ezen üregeknek a helyi erőzóbázishoz viszonyított helyzete határozza meg. Az indonéziai trópusi karsztokon — éppúgy, mint más égövi karszterületeken — megtaláljuk a magasabb szintek *száraz* barlangüregeit (hajdani aktív barlangrendszerek tanüregeit), az *időszakosan aktív* és állandóan aktív, *patakos* barlangokat.

A karszt belsejében található vizek mozgási törvényei a trópusokon sem különböznek a mérsékelt égövön hatóktól, a karsztvizek fizikai-kémiai tulajdonságai azonban a klímaviszonyok következtében már eltérő adatokkal jellemezhetők.

A barlangokba jutó, ott stagnáló vagy mozgó karsztvizek főbb mutatóit vizsgálataink alapján a következő összeállításba foglaltuk (szélsőséges adatok mellőzésével):

A karsztvíztípus leírása	Hőmérséklet C°	pH	Kémiai vizsgálatok			
			Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	CaCO ₃	
					mg/l	nk°
Viznyelőkön át koncentrált állapotban az üreghálózatra lépő vizek (buvópatakok, ill. buvófolyók impermeabilis felszínen összegyűjtött vizei, β típus)	24—30	6,7—6,8	15—25	6—8	60—100	3,5—5,5
A karsztos közeletrétegen át szivárgással a barlangba jutó vizek (sztalaktitokról és a mennyezet hasadékaiból lecsöpögő vizek, α típus)	23—27	6,8—7,3	40—100	7—12	150—280	8,5—16,0
Barlangi patakok, tavak (α és β típusú vizekből származó felszín alatti karsztvíztömegek)	24—27	6,9—7,2	40—100	6—15	150—220	8,5—13,0

Az összeállításban szereplő keménységi adatok kb. 30—50%-kal alacsonyabbak, mint a magyarországi karszterületekről származó többszáz barlangi vízminta átlagértékei, de valamivel alacsonyabbak Közép-Európa más középhegységi karszterületeiről származó adatoknál is, viszont kissé magasabbak, mint amiket külföldi szerzők (*Corbel, Gerstenhauer, Lehmann, Sweeting*) más trópusi karszterületeken mértek.

Mivel a csapadék nagyobb hányada heves záporok, zivatarok formájában jelentkezik, az aktív vagy időszakosan aktív barlangokon időnként pusztító áradások zúdulnak keresztül. Ezek az áradmányvizek a nyílt viznyelőkön át nagymennyiségű felszíni málladékot, kőzetanyagot szállítanak szilárd halmazállapotban, de a barlangok belsejében is jelentős fizikai pusztítást visznek végbe. A barlangi áradmányvizekben m⁻³-enként olykor 10—20 kg talaj- és kőzetreszecsét is található.

3. A barlangok formakincse

A barlangok profiljait mindenekelőtt a kőzetben létrejött üregformák (*negatív formák*) határozzák meg. E tekintetben a trópusi barlangok nem sokban különböznek a mérsékelt égövi üregektől. Szerkezeti okok folytán vannak jellegzetes hasadékbarlangok, máshol a csőszerű folyosók dominálnak. A tektonikailag összetörtebb anyagokban gyakoriak az üregek mechanikus felharapódzásai, nagyobb barlangtermek alakulnak ki, melyek néha a felszíni szakadnak fel.

Sokkal jellegzetesebb az indonéziai (s általában a trópusi) barlangok belső *pozitív formakincse*. Ezek döntően kétfélek lehetnek: *kémiai úton létrejött képződmények, vagy fluviatilis eredetű akkumulációs formák (kitöltések)*.

A barlangokban *kémiai úton* kialakult formák a különböző cseppkő- és mésztufaképződmények. A trópusi barlangokra a cseppkővek sokasága, tömege jellemző. Már a barlangbejáratok felső pereimeiről is hatalmas sztalagmitok lógnak le, amelyek azonban külszíni képződésűek. A trópusi viszonyok között a cseppkőképződés nem korlátozódik a felszín alatti üregekre, hanem a tútelített oldatból már a felszínen is megindul a mész kiválása, ha a víz esésre kényszerül (pl. aláhajló sziklafalon), s így a széndioxid elpárolgása hirtelen felgyorsul.

A trópusi barlangok cseppkőképződményei (sztalagmitok, sztalaktitok, cseppkőoszlopok, drapériák stb.) megjelenésükben és szerkezetükben jelentősen eltérnek a mérsékelt égövi képződményektől. Az az első benyomásunk, hogy ezek a cseppkővek igen idős, pusztuló, halódó képződmények. Gyakran kézzel széttörhetőek, szétmorzsolhatóak. Kristályos szerkezetük laza, sok benne az idegen anyag (agyag). Csillogó külső felületű, fehér színű sztalaktitokat alig lehet találni, legfeljebb egész kis mértékben, pedig a többi képződmény is viszonylag fiatal. A maturus küllem s belső szerkezet okát a klímavizonyokban kell keresnünk. A magas hőmérsékleten gyorsabb a CO₂ párolgása, gyorsabb a kalcium-karbonát kiválási folyamata, ami lazább szövetet eredményez, ugyanakkor erőteljesebb a nedves meleg levegő bomlasztó hatása is.

A trópusi barlangokra nemcsak a cseppkővek és mésztufa-lerakódások nagy mennyisége a jellemző, hanem a *vízhorlta üledékek* felhalmozódása is. Főként talajanyagok, agyag, terra rossa, laterit, kőzetdarabok stb. szállítódnak le a mélybe, de sok szerves anyag is (fatörzsek, ágak stb.). A maturus üregekben tekintélyes mértékben felhalmozódhat a guanó, illetve átalakult foszfátos kőzetanyag.

4. A barlangi mikroklíma

Az egyenlítő közelében található indonéz karsztbarlangok mikroklímája is magán viseli a trópusi jelleget.

A nagyobb barlangok belső részeinek hőmérséklete — nagy általánosságban — a felszíni éves közép-hőmérséklettől lényegesen nem tér el. Ez a megállapítás érvényes az archipelágusban is, ahol az éves középhőmérséklet 26 °C. A felszín emelkedésével 100 m-enként általában 0,5—0,6 °C-kal csökken a hőmérséklet, ennek megfelelően a nagyobb földalatti üregrendszerekben pl. 300—400 m tengerszint feletti magasságban kb. 24 °C a barlangok hőmérséklete. A hőmérséklet éves ingadozása igen kicsi (külszínen a leghidegebb és a legmelegebb hónap átlaghőmérséklete között 1,–, maximum 2,– °C az eltérés), így a barlangok hőmérséklete csaknem állandó. Nem vonatkozik ez a kisebb barlangokra, ahol a külső levegőnek a jóval nagyobb napszakonkénti hőmérsékletváltozása is lényeges hatással van az üreg léghőmérsékletére.

Amíg a külső levegő relatív páratartalma éves viszonylatban 80% körül mozog, addig a barlangi levegő páratartalmát 90—100% közöttinek találtuk. A magas hőmérséklet és páratartalom komolyabb erő kifejtés mellett kellemetlen hatással van a barlangjáró emberre (nagyfokú izzadás).

5. Barlangi fauna és flóra

Az indonéziai barlangok mikroklímája a mérsékelt övinél kedvezőbb létfeltételeket jelent a barlangi élővilág számára.

A barlangok troglobiont faunája még jóformán ismeretlen. Elsődleges megállapítások szerint a fauna fajtaszámban szegényesebb, azonban egyes jellegzetes fajták nagy egyedszámmal fordulnak elő. A közép-szumátrai G. Saribu barlangjaiban a rákok, a göték és a halak különösen elszaporodtak. Jellemző, hogy az egyedek méretei lényegesen nagyobbak a mérsékeltövi fajtáknál (pl. a sisawahi Lintabung-barlangból származó, még feldolgozás alatt álló niphargusok 4—5 cm hosszúak). Egyes helyeken a barlangi troglobiont fauna (a barlangi hal és rák) a lakosság kiegészítő táplálékát képezi, mivel a barlangokban azokat rendszeresen halásszák.

A trópusi barlangok a denevérek nagy csoportjainak tanyái. De nemcsak denevérek tanyáznak a sötét üregekben, hanem különböző madarak (pl. fecskék) is ott építik fészkeiket, olykor 50—100 m-re a bejáratától a teljesen sötét járatokban (pl. a lajang-lajang nevű barlangi madár Közép-Szumátrán).

Abraziós barlangnyílás a Gunung Sewu-karsztvidék Indiai-óceáni partvidékén. (Balázs D. felvételei)



A barlangi flórát elsősorban a nedves bejáratok közelében található mohatömeg képezi, a belsőbb részek flóraelemei még szintén ismeretlenek.

6. A barlangok gazdasági jelentősége

A szenilis-maturus barlangokban felhalmozódott guanót már régóta rendszeresen termeli ki a lakosság trágyázási célból. A század elején megindult a foszfát kitermelése is. A barlangi foszfátvagyron felmérése még folyamatban van, pár százezer tonnáról lehet szó, azonban ma már a készlet zöme utaktól távolos barlangokban található, ahonnan a kiaknázás — szállítási nehézségek miatt — igen költséges.

Idegenforgalmi célra kiépített barlangok nincsenek, néhány barlangot azonban lezártak, de a helyi hatóságok alkalomadtán az érdeklődőknek megmutatják. A barlangok — megrongált, de egyébként is erősen pusztuló jelleget mutató képződményeik miatt — nem jelentenek olyan káprázató természeti különlegességeket, mint a mérsékeltövi szinpompás cseppköbarlangok.

IRODALOM

- BALÁZS D.: Karst Regions in Indonesia. — *Karszt- és Barlangkutató*. 1968. V. köt. p. 3—61.
- : Über die Untersuchung tropischer Karstwasser in der Indonesischen Inselwelt. 1968. Bucuresti.
- BEMMELLEN, R. W. van: The Geology of Indonesia. The Hague, 1949.
- BERLAGE, H. P.: Regenval in Indonesie. Verhandlungen No. 37. Kon. Magn. en Meteorolog. Observatorium. Batavia, 1949.
- DANES, J. V.: Die Karstphänomene im Goenoeng Sewoe auf Java. T. Kon. Nederl. aardrijkskd. Genoot. deel XXVII. p. 247—260. Leiden, 1910.
- : Das Karstgebiet des Goenoeng Sewoe in Java. Sitz. Ber. Kgl. Böhm. Ges. Wiss. Prag. 1915.
- ESCHER, B. G.: De Goenoeng Sewoe en het probleem van de Karst in de Tropen. — *Handl. XXIII. Nederl. Natuur en Geneesk. Congr. Haarlem*, 1931.
- FLATHE, H. und PFEIFFER, D.: Grundzüge der Morphologie, Geologie und Hydrogeologie im Karstgebiet Gunung Sewu/Java (Indonesien). — *Geol. Jb.* 83. p. 533—562. Hannover, 1965.
- JOHNSON, R. F. — SUKAMTO, R.: Cave deposits of phosphate rock in Central-Djawa, Indonesia Depart. Perindustri. Dasar/Pert. Djaw. Geol. Bandung. 1960.
- KHAN, M. H.: Gunung Kidul. Indonesian Journal of Geogr. Jogjakarta. 1961—1963. No. 4—6. p. 47—60.
- : Water in Gunung Kidul. Indonesian Journal of Geogr. Jogjakarta. 1964. June. Vol. 4. No. 7. p. 50—60.
- LAUFER, F. KRAEFF, A.: The Geology and Hydrology of West- and Central-Sumba and their relationship to the watersupply and the rural economy. — *Publikasi keilmuan* No. 33. — Seri geol., Bandung, 1957.
- LEHMANN, H.: Morphologische Studien auf Java. — *Geogr. Abhandl.* 9. Stuttgart, 1936.
- PANNEKOEK, A. J.: Een karstterrein bij Buitenzorg. *Trop. Natuur*. 1941.
- : Enige karstterreinen in Ned. Indie. — *Tijdschr. Kon. Nederl. Aardrijkskd. Genoot.* 1948.
- : Outline of the geomorphology of Java. *Tijdschr. Kon. Nederl. Aardrijkskundig Genoot.* LXVI. 3. 1949.
- SARTONO, S.: The stratigraphy and sedimentation of the easternmost part of Gunung Sewu (East-Djawa). — *Dept. Perindustri. Dasar/Pert. Direktorat Geologi. Publ. Teknik. Seri geologi* No. 1/1964. Bandung.
- SIGIT, SOETARJO: A brief outline of the geology of the Indonesian Archipelago. *Dep. Perind. Dasar/Pertamb. Dj. Geologi.* Bandung. 1. 1962.
- SUNARTADIRDJA, M. A.: Beiträge zur Geomorphologie von Südwest-Sulawesi. — *Diss. Frankfurt a. M.* 1959.
- und LEHMANN, H.: Der tropische Karst von Maros und Nord-Bone in SW-Celebes (Sulawesi). — *Z. Geomorph. Suppl.* 2. *Internat. Beiträge zur Karstmorphologie*, Berlin, 1960.
- VERSTAPPEN, H. Th.: Some observations on karst development in the Malay Archipelago. *Journal of Trop. Geogr.* 1963.
- : Geomorphology of the Star Mountains. *Nova Guinea.* *Geol.* 5. June 1. 1964. Leiden.

Die Karsthöhlen Indonesiens

Während seiner Indonesienreise in den Jahren 1964/65 besuchte der Verfasser zahlreiche Karsthöhlen. Die Artikel bespricht seine Beobachtungen bezüglich der genetischen Charakteristik der Karsthöhlen. Besondere Aufmerksamkeit wird den sogenannten exogenen Gewässern der Nichtkarstgebiete gewidmet, die ja eine bedeutende Rolle bei der Höhlenerweiterung spielen. Es wird eine Zusammenfassung der wichtigsten physikalischen und chemischen Durchschnittsangaben von Höhlengewässern (stehenden, fließenden und tropfenden Gewässern) gegeben. Bei der morphologischen Charakterisierung der Höhlen wird betont, dass die Tropfsteinbildungen überwiegend lose, poröse Struktur haben, zufolge den tropischen klimatischen Bedingungen. Es wird über Mikroklimavermessungen in den Höhlen, über Fauna und Flora der Höhlen, sowie über die wirtschaftliche und touristische Nutzung der Höhlen berichtet.

О карстовых пещерах Индонезии

Автор совершил в 1964—65 гг. путешествие в Индонезию и посетил многочисленные карстовые пещеры. В настоящей статье излагает, в основных чертах, свои наблюдения относительно генезиса карстовых пещер выдвигая важную роль в расширении каверн т.н. экзогенных вод с некарстовых территорий. Дается суммирование наиболее важных средних физических и химических данных по водами, найденным в пещере (текущие, капаящие и стоящие воды). При морфологической характеристике пещер подчеркивает, что сталагмита в основном рыхлой, пористой структуры, что вызвано условиям тропического климата. Далее говорит об измерениях микроклимата в пещере, в общих чертах о флоре и фауне в пещере, и в завершении об экономическом и туристическом использовании пещер.

Pri la karstaj grotoj de Indonezio

La aŭtoro vizitis multe da grotoj en la karstregioj de Indonezio en la jaroj 1964—65. En la artikolo li informas generalige siajn observojn pri la genetikaj proprecoj de la karstaj grotoj. Li akcentas la gravan rolon de la akvo ekzogenaj (devenanta el regiono nekarsta) en la plilarĝigo de la kavernoj. Li resumas la mezvalorojn de la plej gravaj fizikaj kaj kemiaj indikoj de la akvoj (haltanta, fluanta kaj gutanta) trovitaj en grotoj. Li karakterizas morfologie la grotojn kaj akcentas, ke la plej multaj stalaktitaj formacioj estas malkompaktaj kaj porozaj, kaj tion kaŭzas la tropika klimato. Li raportas pri la mikroklimataj mezuradoj; li skemas la grotan faŭnon kaj flaŭron, kaj fine la ekonomian kaj fremdultrafikan utiligojn de la grotoj.