

Móga János

KARSZTOS TORONYHEGYEK NYUGAT-MALAYSIÁBAN

ÖSSZEFOGLALÁS

Karsztos toronyhegyek csak meghatározott klimatikus adottságok mellett jöhetnek létre, ha a közettani sajátságok is kedvezőek. A toronykarsztok kialakulásában a karsztos korrózióknak elsőrendű szerepe van. Két különböző intenzitású korrózió folyik a trópusi mészkőhegyeken: egy gyengébb hatásfokú a tetőfelszíneken és egy sokkal intenzívebb a hasadékok mentén és a hegyek lábánál. Ugyancsak a hegyek lábát támadják a kanyargó folyók és mocsarak, ezért kialakulásuk után is megmaradnak a függőleges falakkal határolt mészkő-tornyok.

Kevés honfitársunk járt Malaysiában, és még kevesebb azoknak a száma, akik eljutottak az ország különböző részeibe is. A nehézségek ellenére úitársammal, Kubassek Jánossal bejártuk Malaysia két jellegzetes toronykarsztvidékét, Kuala Lumpur közelében a Gunong Batut (Batu-hegyet) és Kedah államban a Koding környéki mészkővidékét (1. ábra).

Malaysia legtöbb mészkőhegye meredek, függőleges vagy áthajló falakkal emelkedik ki a környező síkságból, gyakran mocsárból vagy rizsföldekből. A hegyeket alkotó mészkő Gunong Batunál szilur korú (ún. Kuala Lumpur-mészkő), az ÉNY-i területeken az ordoviciumtól (Setul-formáció) a permig (Chuping-formáció) különböző időszakokban keletkezett, Kodingnál még a triászban is tartott a diagenézis. A karsztok fejlődése hosszú múltra tekint vissza, a nem karsztosodó üledékes takaró már a jura időszak végére eltűnt, s azóta szakadatlanul tart a karsztos denudáció.

A mészkőhegyek az É-i szélesség 3–7°-a között emelkednek, trópusi monszunterületen. A klíma optimális feltételeket biztosít a karsztos formák kialakulásához. A hőmérséklet egész évben magas. Csapadékot hoz a DNY-i és az ÉK-i monszun is. Előbbi az Indiai-óceán felől szállít nedves légtömegeket, utóbbi pedig Szibériából érkező a Dél-kínai tenger felett telítődik párával. Kuala Lumpur vidékén sok a csapadék és egyenletesen oszlik meg az év során, ezzel szemben az ÉNY-i terület kevesebb esőt kap, és az is évszakos megoszlású.

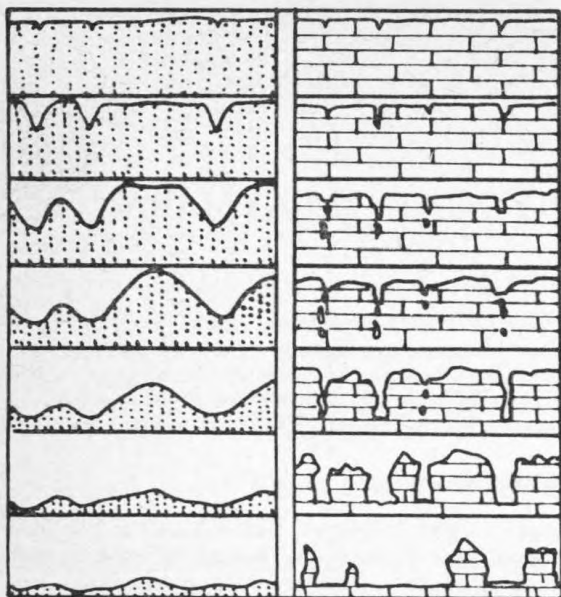
A különös formájú „szigethegyek” már évtizedekkel ezelőtt felkeltették a Malaysiában dolgozó kutatók érdeklődését, és sokféle elmélet született a kialakulásukról. A toronyhegyek tengerparti alluviális síkságból emelkednek ki, és élesen elkülönülnek a szomszédos nem karsztos területektől. Lábuknál gyakran abrúziós szinlőre emlékeztető hornyok húzódnak. Az alluviumból előkerülő tengeri kagylók és az abrúziós formák arról győzték meg sok kutatót, hogy ezek a mészkőhegyek a tenger hullámmarásának, az abrúzióknak eredményeként jöttek létre, a mainál magasabb tengervíz-

állásnál. A mészkőhegyek lába ugyanis sok helyen a pleisztocén és holocén tengerszintingadozások határán belül helyezkedik el. Nem magyarázza meg azonban ez az elmélet, hogy hogyan keletkeztek azok a tornyok, amelyek magasabb szinten találhatóak. További komoly kifogások merültek fel ezzel az elmélettel szemben, mivel ilyen toronyhegy a trópusokon ma csak mészkőben figyelhető meg, és nem láthatók abrúziós barlangok, ill. szinlők sem más kőzetben, pedig a tenger hullámai nem válogatósak, egyformán pusztítják a karsztosodó és nem karsztosodó kőzeteket is.

Lényeges különbséget találunk a kétféle kőzet lepusztulása közt (2. ábra). A szilikátos kőzetek erős mállása során sok oldhatatlan maradék keletkezik, ami málladéktakaró és talaj formájában borítja

1. ábra. A tanulmányozott karsztos hegyek földrajzi elhelyezkedése





2. ábra. Szilikátos és karbonátos kőzetek fejlődés-
menete (Panton után)

a felszínt. Ezért a nem karsztos kőzetekből álló hegyeken szelíd, lankás lejtőket találunk, hiányoznak a csupasz kőzetfelszínek, a meredek letörések és sziklafalak, ellenben dús növényzet borítja a hegyoldalt. Ezzel szemben a mészkővidéken jellegzetes toronyok, meredek sziklafalak keletkeznek, és sok a csupasz felszín (Paton, 1964). Ennek oka az, hogy a mészkő oldott állapotban távozik és alig keletkezik oldhatatlan maradék. A mészkőhegyeket csak helyenként borítja Al és Si tartalmú málladék-takaró, gyér a növényzet és a talaj is csak a hasadékok mélyére vagy a berogyások alá korlátozódik.

Fentiekből következik, hogy nem az abrúzió, hanem a mállás, ill. a korrózió az a folyamat, ami a különböző kőzetekben eltérő formákat hoz létre, és az utóbbi felelős a toronykarsztok kialakulásáért. A toronyhegyek tetején a talajtakaró hiánya (vagy vékonysága) következtében a növényzet gyér, a karsztos korrózió kis intenzitású. Az esővíz átlagos pH-ja 6,6, a humusszal érintkező és a talajon átszivárgó vizeké 6,6–5,7 között változik, s ez csak kismértékű oldást tesz lehetővé (Crowther, 1979). A meleg kőzetfelszínnel érintkező vízből a CO_2 gyorsan eltávozik és CaCO_3 válik ki, vékony réteget

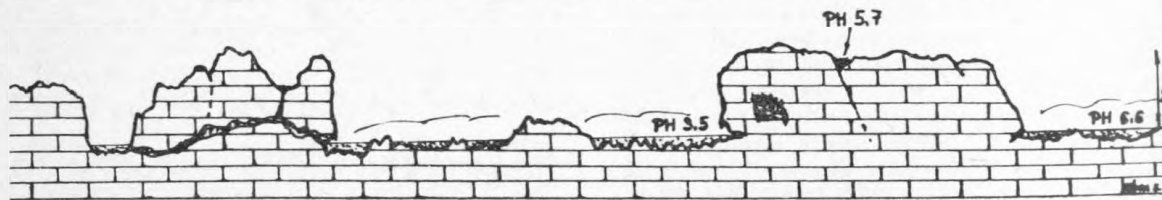
hozva létre a sziklafalakon. Nagyobb intenzitású, lefelé irányuló korrózió folyik a hasadékok mélyén, ahova összemósódott a magasabb térszínekről a talaj és sok növényi maradvány.

A toronyhegyek lábánál — mint azt már bemutattuk — gyakran mocsarak, napjainkban vízzel elöntött rizsföldek húzódnak. A kémiai vizsgálatok kimutatták, hogy ezek a pangó vizek jóval agresszívebbek a mészkővel szemben, mint a tető sziklafelszínein lecsorgó oldatok (pH 3,5), nagyobb felülettel érintkeznek a kőzettel és folyamatos a víz-utánpótlás (3. ábra). Mindegyik tényező hozzájárul a korrózió növekedéséhez, ezért itt a toronyok lábánál folyik a legnagyobb mészkőoldás (Paton, 1964). Szinte minden mészkőhegy lábánál megfigyelhetők azok az oldási vajatok, amelyek az előbbi hatásra vezethetők vissza. A karsztos toronyhegyeken tehát két különböző mértékű korrózió folyik: gyengébb hatásfokú a tetőfelszíneken, és jóval nagyobb a hasadékok és mélyedések alján, valamint a sziklafalak tövében, ahol a mészkő az alluviummal érintkezik. Ez a különböző nagyságrendű korrózió fontos szerepet játszik a karsztos toronyhegyek kialakulásában és a formák fennmaradásában.

A hasadékok gyorsan mélyülnek, majd járhatatlan szakadékokká tágulnak, a barlangüregek beszakadoznak, az egykor összefüggő mészkőtömegekből toronyszerű maradványok keletkeznek, amelyek lábát megtámadhatja a mocsarak korróziója, a kanyargó folyók laterális eróziója, esetleg az abrúzió. Mivel a hegyek lábánál mindig erősebb a lepusztulás, mint a magasabb szinten, a kőzet meredek vagy áthajló falakban áll meg, és nem lankásodhat el a hegyoldalak később sem. A sziklafalak közepe táját éri a legkisebb korróziós hatás, ráadásul itt mésztufalakerakódás is van, ezért a hegyek kihalásodnak.

Fentieket összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a toronyhegyek igen bonyolult korróziós folyamatok eredményeként, meghatározott klimatikus feltételek mellett jönnek létre, ha a litológiai adottságok is kedvezőek. A mészkő toronyszerű megjelenési formáit nem valamilyen különleges eróziós hatásban kell keresnünk, hanem a kőzet sajátosságaiban. Ezt bizonyítékokkal támasztja alá az a körülmény, hogy ahol a mészkő nem tiszta, a keletkező felszínformák közelíthetnek a nem karbonátos kőzetek lekerekítettebb formáihoz. Malaysiai példánál maradván — ezt a különbséget láthatjuk a tiszta, kristályos mészkő megjelenési formái, valamint a Setul-formáció szennyezett mészkőve között,

3. ábra. Toronyhegyek Kodiang környékén és a vizsgált karsztvizek pH értékei



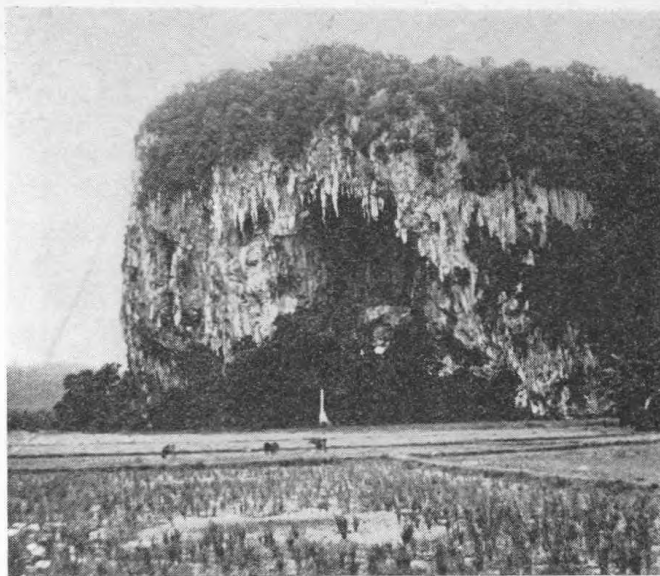
ugyanis az előző mészkő jellegzetes karsztos toronyhegyekben bukkan felszínre a Gunong Batunál, ill. Kodiagnál, míg az utóbbiban nem jött létre toronyhegy, hanem összefüggő fennsíkot képez Thaiföld és Malaysia határán.

A mészkőhegyeket teljesen sík területek, a hegyközi síkságok választják el egymástól. Ezek a síkságok alig emelkednek ki a tenger szintjéből, gyakran rossz lefolyású területek, ahol az összegyülemelő vizek elmocsarasítják a felszínt. A hegyközi síkságok alatt legtöbbször a karsztos toronyhegyeket alkotó mészkő folytatódik, vastagon elfedve alluviummal. Az üledékes réteg vastagsága elérheti a 10–20 m-t is. Feltárásokban jól megfigyelhető az eltemetett mészkő korrodált felszíne, a korábban egységes kőzet néhány méter magas kúpokra és tornyokra szakadozott az alluvium alatt. Az alacsony térszíneken kanyargó folyók és az agresszív vizek szüntelenül támadják a mészkőhegyeket is, ezért a hegyközi síkságok területe állandóan nő a hegyek rovására.

A mészkőhegyek felszíne erősen tagolt, mély szakadékok és hasadékok járják át, amelyeket késpengéhez hasonló éles tarajok választanak el egymástól. Előfordulnak amfiteátrumszerű mélyedések, szakadékok, zombolyok és poljeszerű zárt mélyedések, amit Malaysiában wangoknak neveznek. A felszín tagoltsága nagy, erősen megnehezíti, szélsőséges esetben lehetetlenné teszi a mozgást. A mikroformák, karrok és esőcsatornák olyan változatoságával találkozhatunk, amire a mérsékelt éghajlati öv karsztjaiban aligha van példa.

A malaysiai karsztos toronyhegyek kis alapterületük miatt önálló vízrendszerrel nem rendelkeznek, de exogén eredetű vízfolyások átmenőbarlangokban keresztezhetik a hegyeket. A tornyok lábánál gyakran láthatunk karsztos üregeket, ezek az ún. lábbarlangok, amelyek mindig kapcsolatban vannak a mészkőhegy belsejében húzódó üregrendszerrel, és a mindenkor erózióbázis szintjéhez igazodnak.

A toronyhegyek belsejében magasabb szinten hatalmas méretű üregek is találhatóak. Ezek idősebbek, mint maga a toronyhegy, kialakulásuk arra az időre tehető, amikor még összefüggő mészkőfennsík húzódott a toronykarsztvidék helyén. Ezek a magasra kiemelt barlangok ma szárazak és a feltöltődés különböző állapotában vannak. Az egykor összefüggő hatalmas barlangrendszerek maradványainak tekinthetők, ma már a másodlagos karbonátos feltöltődések elzárják a folyosók folytatását, és csak keskeny járatokon keresztül kapcsolódnak egymáshoz vagy a toronyhegy felszínéhez. Az üregek mennyezetén és oldalfalain megfigyelhető oldási üstök és hullámkagylók a karsztvízszint közelében jöhettek létre korróziós úton. A korróziós formák legszebb példáit a Kuala Lumpur melletti Batu-hegy barlangjaiban, a Templom- és a Sötétbarlangban lehet látni. Ilyen jellegű oldás és üregtágulás ma is folyik a karsztvízszint alatt, ezért fordulnak elő beomlások az alluviummal fedett hegyközi síkságokon. A barlangjáratok alsó része a vízfolyások eróziós munkájának a nyomát viselik, gyakran megjelennek színlők is (Crowther, 1978).

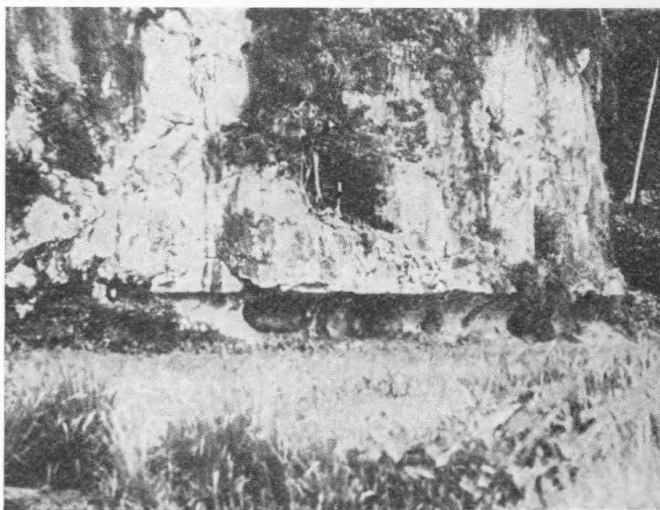


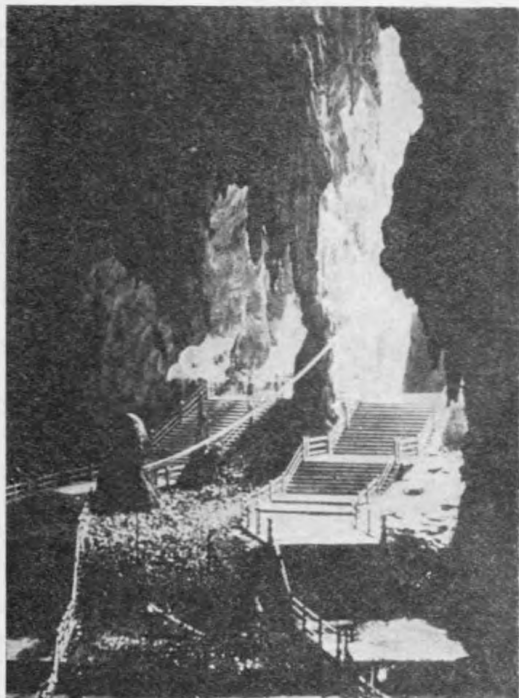
A Kodiang melletti Bukit Kepala

Az üregekben hatalmas méretű cseppkőképződmények találhatóak, ezek is a nagyarányú karsztos korrózió és akkumuláció bizonyítékai. A szivárgó vizek hamar telítődnek hidrokarbonáttal, az üregek falát elérve bekérgezéseket és sztalaktitikákat hoznak létre. A sztalaktitikák nemcsak barlangokban jönnek létre, hanem a mészkőhegy áthajló falain is. Hatalmas méretű mésztufafüggönyök láthatók pl. a Bukit Kopalán, Kodiang mellett.

A malaysiai barlangok kitöltésanyagában nagy mennyiségű foszfát és ónérc halmozódott fel. A foszfát guanó-eredetű és változatos megjelenésű, a felszínen laza, porszerű, mélyebben karbonát cementezi össze. A guanó karsztokorróziós jelentősé-

Jól kifejlett színlő egy toronyhegy lábánál





A Templom-barlang bejárata (Gunong Batu)

gét Crowther (1981) ismerte fel a malaysiai barlangoknál, ugyanis a rajta átszivárgó vizek ismét agresszív válnak a mészkővel szemben és hozzájárulnak az üregtáguláshoz. Az akkumuláció mellett ez az egyetlen korróziós hatás ezekben a magasra kiemelt barlangokban. Az ónérc a közeli gránit-hegyek málladékából származik, és a folyók alluviumával szállítódik a barlangokba, ahol nagy vastagságban halmozódik fel. A malaysiai barlangok kutatását nagymértékben elősegítette ez az adottság, kitermelhető készleteket keresve alaposan átvizsgálták a karsztos üregeket.

Móga János
Budapest
Törvény u. 16.
1188

IRODALOM

- BALÁZS D. (1960): Beiträge zur Speläologie des Südchinesischen Karstgebietes — *Karszt- és Barlangkutatás, II. évf.*, p. 3–82.
- CROWTHER, J. (1978): Karst Regions and Caves of the Malay Peninsula, West of the Main Range — *Transaction British Cave Ass.*, Vol. 5, No. 4, p. 199–214.
- CROWTHER, J. (1979): Limestone Solution on exposed rock outcrops in West Malaysia — *Geographical Approches to fluvial processe*, published by Geo Books Ltd., Norwich, U. K., p. 31–50.
- CROWTHER, J. (1981): Small — Scale Spatial Variations in the Chemistry of Diffuse — flow Seepages in Gua Anak Takun, West Malaysia — *Transactions British Cave Research Ass.*, Vol. 8, No. 3, p. 168–177.
- GOBETT, D. J. (1965): The formation of Limestone Caves in Malaya — *Malay Nat. J.* 7, 19, p. 4–12.
- JAKUCS L. (1980): A karszt biológiai produktum! — *Földrajzi Közl.*, 1980, 4., p. 331–343.
- JONES, C. R. (1965): The Limestone Caves and Cave Deposits of Perlis and North Kedah — *Malay Nat. J.*, Vol. 19, p. 21–30.

- LEHMANN, H. (1954): Das Karstphänomen in den verschiedenen Klimazonen — *Erdkunde*, VIII. 2.
- MÓGA J. (1982): A trópusi karsztok felszínfejlődése Dél- és Délkelet-Azsiai példák alapján — *Tudományos Diákköri Dolgozat*, Budapest, ELTE Természettudományi Tanszék (kézirat).
- PATON, J. R. (1964): The Origin of the Limestone Hills of Malaya — *J. Trop. Geogr.* 18., p. 134–139.
- TJIA, H. D. (1969): Slope Development in Tropical Karst — *Zeitschrift für Geomorphologie* 13, p. 260–266.
- WISSMANN, H. (1954): Der Karst der humiden-heissen und sommerheissen Gebiete Ostasiens — *Erdkunde*, 1954.
- WYCHERLEY, P. R. (1967): The Batu Caves (Malaysia) Protection Association — *Studies in Speleology, Vol. 1. Part 5*, p. 254–261.

TOWER KARST IN WEST-MALAYSIA

The author gives an explanation of the formation and course of development of the tower-hills on examples from Malaysia. Tower karst may be formed only under certain climatic conditions, if lithological conditions are favourable too. In the development of tower-mountains karstic corrosion plays an important role. On limestone mountains two corrosion-types of different order-of-magnitude are acting: one with a weaker effect on the roof-regions and one in the depths of joints and at the feet of mountains. The bending river-courses and swamps are also attacking the feet of mountains, thus the limestone towers flanked by vertical walls will be preserved after having been formed. The surfaces of the mountains are highly dissected; crevasses, natural vertical shafts and polje-like depressions — “wangs” — are formed and the single towers are separated from each-other by intermontane flat areas.

The area of the latter is just increasing against that of the limestone mountains. Inside the towers huge caverns are to be found at several levels, which are remnants of the former large cave-systems.

БАШЕННЫЙ КАРСТ В ЗАПАДНОЙ МАЛАЙЗИИ

В своей работе автор излагает ход образования и развития башенного карста на примерах территории Малайзии. Башенный карст образуется только при определенных климатических условиях, если и литологические особенности являются благоприятными. В образовании башен большую роль играет коррозия карста. В известняковых горах коррозия проходит двумя разными скоростями, медленно на поверхностных участках и более быстро в глубине ущельев и подножий гор. Извилистые реки и болота также нападают на подножия гор, поэтому после их образования и дальше остаются башни с вертикальными стенами. Поверхность гор сильно рассеченная, поэтому образуются ущелья, шахты, полеобразные углубления, т.н. ванги, а отдельные башни разделяются межгорными равнинами. Территория последних все больше возрастает за счет эрозии гор. Внутри башен имеются огромные полости в несколько этажей, которые являются остатками бывших огромных пещерных систем.