

MAGYARORSZÁGI KARSZTFORMÁK KLIMATÖRTÉNETI VONATKOZÁSAI

SZABÓ PÁL ZOLTÁN

A geográfusok világszerte nagy érdeklődéssel fordulnak a geomorfológia éghajlati és éghajlattörténeti kérdései felé. Magyarországon az ilyen irányú kutatás Bulla Béla : „A klimatikus morfológia területi rendszere” c. dolgozatával [1] kezdődött, majd az 1955. évi magyar földrajzi kongresszus természeti földrajzi előadásainak legfontosabb elve lett. A kongresszuson röviden összefoglaltam a hazai karsztformák klimatörténeti fejlődés-folyamatát [2], majd ezt követően megkezdtem és végzem a múlt és a mostani formaelemek, részletes elemzését. Ezúttal az eddigi fontosabb éghajlattörténeti eredményeimet foglalom össze.

Magyarország földjének felszínét geomorfológiai értelemben jellemzi :

1. A trópusi és a szubtrópusi éghajlatok túlnyomóan humidus jellegű időszakában kialakult kréta és paleogénkori tönkösödés. A neogénben ezek az éghajlati feltételek fokozatosan megszűnnek.

2. Ennek a tönkös felszínnek erőteljes megújódása az újharmadkor végén és a negyedkorban.

A karsztos formaképződés ősföldrajzi vizsgálata arról győz meg bennünket, hogy a legrégebb, méreteiben jelentős és formakincsében gazdag karsztosodás emlékét a krétaidőszaki fedett formák őrzik. Ez különleges őséghajlaton alakult térszín tartozéka. Másik jelentős karsztosodási folyamat a harmadkor végén megújódott és a negyedkorban is gazdagodó formakincset alakította ki. Erre a folyamatra a különleges pleisztocén interglaciális és posztglaciális éghajlat nyomta rá alaktani bélyegét. A megmaradt formák jelentőségének mérlegelésével a karsztosodásnak ezt a két főidőszakát rögzíthetjük. Ezekhez képest a harmadkorból megmaradt és eddig ismert formaelemek mind a méretek, mind pedig a formák változatossága tekintetében jelentéktelenebbek.

I. A krétakori karsztosodás ősföldrajzi viszonyai

A földtani kutatások megállapítása szerint [3] a karsztos formák kialakulása tartozhat : a) alsókrétakori barrémi, b) a felsőkrétakori cenománturoni emelethez, c) a kréta és paleogén idején belül, közelebből eddig meg nem határozott emelet időszakához. A fedő-képződmény elsődleges anyaga főképp bauxit. A hazai bauxitterületek „karsztbauxit-területek”. A „karszt” szó alkalmazása nem jelenti a málladéknak, a bauxit alapanyagának kizárólag mészkőből vagy dolomitből való származását, hanem jelenti az ősföldrajzi környezeti körülményeket [4]. Időrendben először a karsztosodott térszín alakult ki, majd az így kialakult térszín mélyedéseibe, medencéibe, nagyobb-

részt a karsztos területen kívülről származó szárazföldi üledék, a bauxit, áthalmazott mangán, mangános vagy kaolinites agyag telepedett.

Az őshajlat a krétában általában véve meleg és részben nedves is volt. Az óharmadkorban a szárazmeleg éghajlat is igen számottevő [5]. A hazai ősnövénytani vizsgálatok szerint a kréta általában véve trópusi, illetve szubtrópusi jellegű lehetett. „Hazánk egészen az alsó-oligocénig a trópusok határain belül feküdt, ...” (6., 75. old.).

A trópusi és a szubtrópusi éghajlat a karbonátos kőzetek sajátos pusztulásiformáit hozza létre [7]. Ezeket a morfológiai sajátosságokat nagy általánosságban a külföldi geomorfológiai irodalom már tisztázta. A megállapított jellegzetességek egyeznek a hazai krétakori fedett karsztformák jellegzetességeivel.

A fedetten megvédett formajelleg részletes elemző leírása folyamatban van. A leglényegesebb sajátosságokat, eltekintve a keletkezés időrendjétől és a fedőképződmények minőségétől, a következőkben foglalhatjuk össze:

a) Tönkös jelleggel letarolt egyenetlen felszín, helyenként tányérszerű horpadásokkal (Dudar, Halimba).

b) Dolinaszerű, meredekfalú mélységek, helyenként viszonylag sűrűn sorakoznak fel egymás közelében (Nyírad, Alsópere, úrkúti Csárdahegy, Csersegtomaj).

c) Az egyenletes tönkös felszínből szórványosan kiálló kúpos, helyenként tornyos dolomit vagy mészkőrögök, kúpsorozatok (Gánt, Iszkaszentgyörgy).

d) Valószínűleg az „őspoljékat” szegélyező kúpos alakzatok (Szóc, Fehérvárcsurgó).

A felszínalakító ősföldrajzi viszonyokat a következőkben kísérelem meg ugyancsak összefoglalóan jellemezni:

A meleg és legalább egy évszazon át bő csapadékkal öntözött területen igen gyors a karbonátos kőzetek mállása. A heves klimatikus letarolás hozza létre a különleges karsztformákat. A melegégyői letarolás végső terméke a tönkfelszín. Amíg azonban a felszín fejlődése idáig eljut, sajátosan tükröződik a formákban az alakító erők ellentéte. A formák kifejezésre juttatják az alakulás folyamatát:

a) Alig tagolt, majdnem sík tönkfelszín. *Ez a fejlődő, terjeszkedő forma, mely megfelel az éghajlat jellegének.*

b) Ennek szegélyén *meredekfalú kúpos alakzatok* sorakoznak, vagy a tönkfelszín síkján maradványformaként szórványosan emelkednek ki.

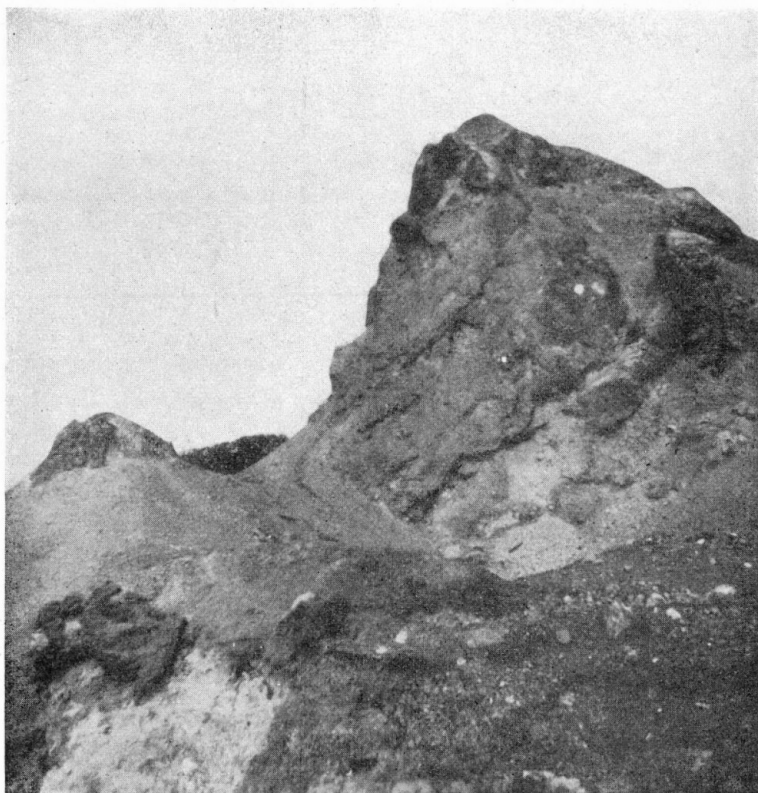
c) A kúpok, helyenként tornyos alakzatok megközelítően egyenlő magasak. Előző korú tönkösödött felszín széttagoltan elpusztuló tetőtér-színére emlékeztet ez az egyező magasság. A kúpos alakzatok közt ennél a tetőtér-színnél alacsonyabbakat találhatunk ott, ahol a pusztulás nagyobb hatású volt, de ebből a tetőtér-színből kúpok ki nem emelkednek.

d) A fejlődő tönkfelszín peremén túl, a magasabban álló térszínen *a kúpok közti tér dolinás*. A meredekfalú dolinaszerű mélységeknek helyenként egész sorát találjuk itt. Ahol a „dolinák” mélysége eléri a tönkfelszín szintjét, a közvetlen bázist, a vertikális fejlődést felváltja a horizontális terjeszkedés, a szélesülés. Tehát a tönkfelszín fejlődése foltokban itt is megindul. Eszerint *ezen a szinten a hajdani karsztvíztükör magasságában lehetünk.*

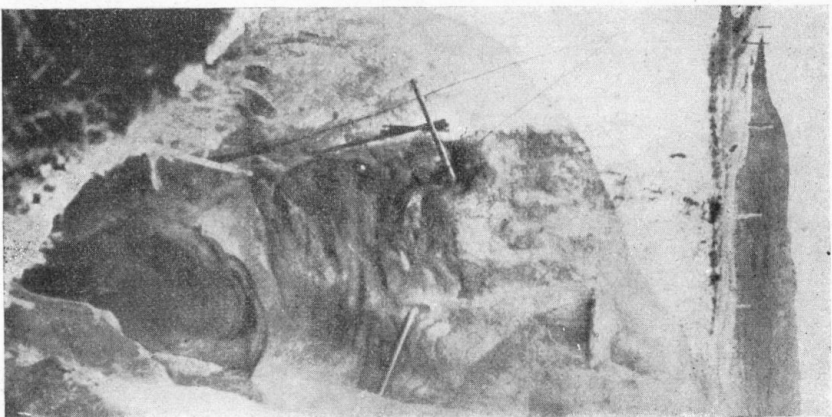
A térszínfejlődés szempontjából tehát döntő fontosságúnak tekinthetjük éppen ezt a szintet, ahol a meredeken kimagasló képződmények aljával a lapos tönkfelszín a hajdani karsztvízszint közelében érintkezett.



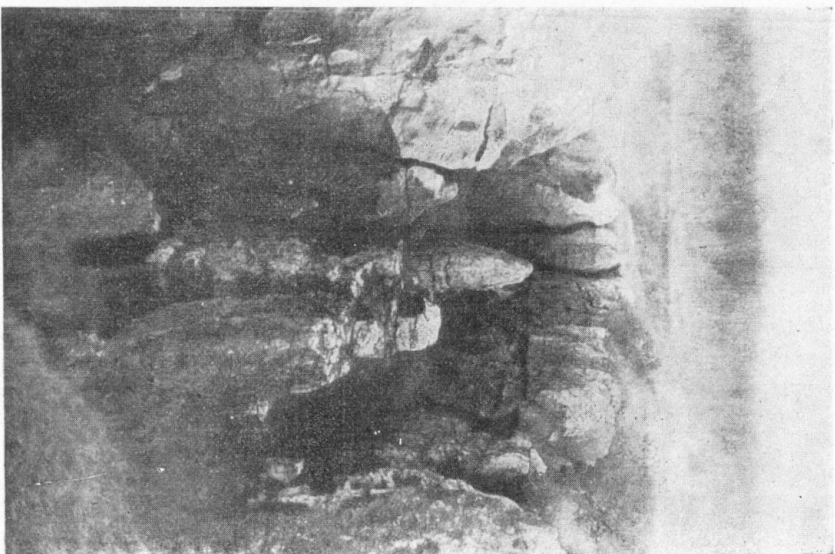
1. Bauxittal takart, karsztosodott dolomitfelszín. Gánt, Hosszúharasztos.
(Tildy Zoltán felvétele.)
Surface karstifiée de dolomie, couverte de bauxite. Gánt, Hosszúharasztos.



2. Vaskérges dolomit-kúp. Gánt, Hosszúharasztos. (Tildy Zoltán felvétele.)
Cône de dolomie à croûte ferrugineuse. Gánt, Hosszúharasztos,



3. Az „okkerföld” bányászatával feltárt „ösdolina”.
(Szabó Pál Zoltán felvétele.)
«Doline ancienne» mise à jour par l'exploitation de la terre à ocre. *Csereszgótoma*).



4. A mangánérc bányászatával feltárt „ösdolina”.
Úrkút, Ösirdahegy.
(Szabó Pál Zoltán felvétele.)
«Doline ancienne» mise à jour par l'exploitation de manganèse. *Úrkút, Ösirdahegy.*

Ez a karsztos peremsíkság a legtevékenyebb jászító munka színhelye. A letarolás a kúpok és tornyok lábánál igen nagy erővel terjeszkedve rombolja a sziklaperemeket. A karsztvíztükör közelében ugyanis a sekély fölmelegedő tócsák vize alkáliás karbonátoldatokban, szerves eredetű savakban, a szikla-fal közlekedő résein pedig széndioxidban itt a legtelítettebbek. A magasabb szintekről is ide irányulnak a romboló anyagú oldatok. A karsztos peremsíkság ilyen természetű fontosságára a külföldi szakirodalom a mai formák vonatkozásában hívja fel a figyelmet: „W. Panzer wies mit Recht darauf hin, dass es in den südostasiatischen Monsungebieten auch in anderen Gesteinen zur Ausbildung von Felsflächen im Niveau des Vorfluters bzw. des Meeres und zur Isolierung einzelner meist recht steiler Felskuppen kommt (Canton-Delta!). Auch diese Vorgänge beruhen darauf, dass die Randzone der Verebnungen die Stelle besonderer morphologischer Aktivität ist, und hier die Zerstörung des anstehenden Gesteins am raschesten erfolgt”. (Erdkunde, Band VIII, H. 2. 1954. S. 118.)

A trópusi peremi letarolás tehát kifejezésre jut egyfelől a lenyesett szikla-felszín tönkös jellegének térfoglalásában, másfelől a szegélyen még álló, de éppen az alján megtámadott s ezért meredekfalú tornyos-kúpos alakzatokban. A trópusi letarolásnak ez a módja a földkéreg átmeneti nyugalmi időszakát kívánja; nem érvényesülhet akkor, ha a málladék felhalmozódása — akár éghajlati okból, akár a süllyedés következtében — lényegesen meggyorsul. *A nagymennyiségű málladék ilyen esetben a kúpokot, tornyos alakzatokat hamarabb temetheti el, sem mint azok megsemmisülhetnének.*

A karsztosodott környezet a melegéögvi éghajlattal együttműködve elősegíthette a bauxitosodás folyamatát. *A szárazmeleg évszakban ugyanis az alumíniumhidroxidok kiváltak és felhalmozódtak az üledéken belül, a bő csapadékos évszakban az emelkedő karsztvíztükör és az áramló víztömeg a kovasavas oldatokat a bauxit összetételéből kilúgozta és eltávolította.* Ennek részletes vizsgálatával a földtan és a geokémia foglalkozik [3, 4].

A karbonátos kőzetek a fedett térszín alatt is, a nedvesség oldó hatására, tovább bomlanak (3., 119. old.). A vasas bekérgeződés alatt, sőt ebbe betokosodva is találunk porlott dolomitmálladékot. Ez a málladék több-helyütt igen tekintélyes vastagságú. A kéregmozgás hatására könnyebben deformálódik. Az így előálló geomorfológiai eltorzulást azonban minden esetben jól meg lehet különböztetni a térszín egészére jellemző klimatikus karszt-formáktól.

II. Az elhaló és keletkező formaelemek viszonya. A harmadkorvégi és negyedkori karsztosodás néhány jellegzetessége

A karsztosodás nem egyszerű oldásfolyamat. Az oldásnak sajátos geomorfológiai termékei, tehát a minőség meghatározói az éghajlati övezetekkel együtt változnak. A kőzet sajátosságain és szerkezeti megjelenésén kívül a formajelleget adó összetevők tehát döntően éghajlatiak. Az egyes éghajlati összetevőknek mennyisége és jellegzetes évi megoszlása adja meg a formák megjelenésének zonális különbségeit, tehát a minőségi különbséget. A legfőbb formaalkotó éghajlati tényezők: a hőmérséklet, a nedvesség, a csapadék és a növénytakaró, nemcsak helyről-helyre, hanem időről-időre, a földtörténeti

folyamatban is éppen mennyiségi értelemben, állandóan változnak. Minden éghajlati övben van tehát valami elhaló és valami más, ami keletkezik [1, 8]. A formákra is ez a jellemző. Az *elhaló és keletkező közt az alaktani fejlődés törvénye szerint feloldhatatlan ellentét van.* Az éghajlati indítékaitól megfosztott felszíni forma, karsztforma, okvetlenül elhal, előbb-utóbb eltűnik. E törvény figyelembevétele az éghajlati formakincs eredményes vizsgálatának az alapfeltétele.

a) Ha a karsztosodás fokát a megmaradt formakincs mennyiségével mérjük, úgy *a krétakort kell megjelölnünk, mint a formaelemek keletkezésének egyik legfőbb idejét. A másik időszaka pedig a negyedkor. Míg azonban a krétakori formakincs minőségi tekintetben melegégövi, addig a negyedkori túlnyomóan boreális óceáni jellegű.* Az előző fedett, elhalt, az utóbbi nagyobb részében ma is fejlődő, eleven.

b) A krétakori és a negyedkori karsztosodás közti időszakban, a harmadkorban sem szünetelt a karsztosodás. Kisebb fedett részleteket, elhalt formaelemeket az orogén fázisok szakaszaiból ugyancsak ismerünk. *A harmadkorban azonban döntően minden felszíni forma sorsát megpecsételte a melegégövi jellegzetes letarolás, a tönkösödés. Egyhangú tönkfelszínek és laposan elterülő feltöltött mélyületek adták meg a táj uralkodó vonását, tehát a legfőbb jellegzetesség a kiegyenlített felszín volt [8. 9].*

c) A karsztos formák elhalása és újraélése kérdésében az az álláspont alakult ki bennem, hogy az elhalt régi forma sohasem újulhat fel úgy, hogy régi funkcióját folytatja. Ebben az értelemben nem nevezhetjük a régi karsztosodási folyamat felújulásának azt, ahol a fedőközet lepusztulásával a takart lágyabb (bauxit), és keményebb, oldható (mészkő, dolomit), vagy kevésbé oldható kőzet részletek jutnak ismét felszínre és ezek kőzettani sajátosságuk szerint a lepusztulásban eltérően, egyenlőtlenül vesznek részt. Az ilyen „álformák” helyenként a régi forma keretét (medence, polje) itt-ott követik *anélkül, hogy ma karsztos medencék vagy poljék lennének.* Ilyen a Mecsekben Orfű völgye, Fehérvárcsurgón a Gaja völgye az Óhegy északi szomszédságában, a Gánti medence, ugyanitt a Bagolyhegytől K-re eső részlet. Szócotól DNY-ra levő medencerészlet is ilyen. Itt a krétakori kúpokat és tornyos alakzatokat nem a denudáció, hanem a bányaművelés tárta fel. *A krétakori karsztosodásból semmiféle forma nem újult fel.* Igen jellemző, hogy Cserszegtomajon az ősdolinák kaolinites agyagásvánnyal betemetve sűrűn egymás mellett helyezkednek el, mégis helyzetüket semmiféle formaelem, hanem kizárólag az üregeket kitöltő agyagásvány okkersárga, illetve a dolomitmálladék szürkésfehér *talajfoltja* árulja el az egészen fiatal domborzat hátán. Mivel az oldás a földtörténeti időtől függetlenül, bár különböző mértékben, de általában minden éghajlati övezetben jellemző a karbonátos kőzetek pusztulásifolyamatára, ezért maga az üregképződés, bár különböző mértékben, de a földtörténeti idő folyamán bármikor, bármilyen éghajlati övezetben feltalálható és így az elhalt, eltemetett üreg, amennyiben az egyéb szükséges feltételek megvannak, megújulhat. Ez azonban már nem a hajdani térszínfejlődés, nem a hajdani éghajlati formakincs felélése, hanem más éghajlat szolgáltatában más térszín fejlődésében az új követelmények szerint átalakuló forma. Kétségtelen, hogy a szerkezeti viszonyok elősegíthetik, vagy hátráltathatják valamely eltemetett forma „exhumálását”, a közbeni átalakulási időszak pusztító tevékenységétől függően, csonkán, vagy bizonyos épségben. Ezek az „exhumált” formák azonban menthetetlenül elvesz-

tik hajdani jellegüket és a mai térszíninformáló éghajlat, szerkezet követelményeképp átalakulnak, illetve elpusztulnak.

d) A pleisztocén tartamát általában egymillió évben fogadhatjuk el [10]. Ebben az időszakban erőteljes karsztosodási folyamat indult meg. Minden vonatkozásban a felszín formaelemeinek döntő meggazdagodása következett be. A tönkfelszínnek pusztulásának egyik főoka a földkéregnek — a mai felfogásunknál sokkalta nagyobb mérvű — vertikális szétföredezése, felfelé és lefelé való szétválása volt [11]. Az egykori felszín pusztulásának másik okát az éghajlat megváltozásában találjuk meg. A harmadkor második felében fokozatosan csökken, majd megszűnik az a melegévi állapot, mely még hatékony volt ahhoz, hogy a vegyi mállás fokozott képességével többé-kevésbé le tudja tarolni az orogén ellentétes irányú munkáját. A harmadkorban lépésről-lépésre közeledünk a mai éghajlathoz, míg végül a pliocénben a klimatikus övezetek nagyjában ott vannak, ahol ma is [5]. Hogy a tönkös felszín döntő alaktani változása csak a pliocén végén következett be, azt *nem az éghajlatnak, hanem a kiemelkedés elégtelenségének tulajdonít-hatjuk* [12].

Mivel hazánk területén a karsztosodás elhalt krétakori és keletkező negyedkori formakincse két merően ellentétes éghajlati övezet hatására jött létre, felmerül a formák viszonya, az optimális karsztosodás lehetőségének kérdése. A trópusi humidus éghajlat övezete felé ugyanis az oldó tevékenység növekszik, ezzel együtt nő a termelt málladék mennyisége is. Az egész évben nedvesmeleg, csapadékos övezetben a mállási termékek oly nagymérvű felhalmozódása következhet be, amely már gátolja a folyamat fejlődését ott, ahol a lehordás, a málladék továbbítása gyengül. Hasonló felszíni viszonyok esetében a szubtrópus csak évszakosan humidus övezetében ez a gátló megnyilatkozás kisebb. Ennek megfelel, hogy globális viszonylatban ez az övezet és a vele szomszédos mediterrán jellegű övezet szegélyterülete, hasonló függőleges tagoltság esetében formagazdagabb, mint a trópusi. Így az itteni éghajlat karsztosodás szempontjából inkább „formaképző”, mint „formapusztító” [13]. Úgy látszik ezt a szubtrópusi-mediterrán övezetet kell általában véve optimálisnak tartanunk. Rangban utána nem a szomszédos övezet, hanem a hűvös, csapadékos óceáni, illetve az ilyen éghajlati jelleggel bíró közép- és magashegyi térszín következhet. Itt ugyanis a csapadékvíz nagyobb széndioxid felvétele viszi előre a folyamatot.

A harmadkoron át a negyedkor felé közeledve tehát az optimális hatóképesség megszűnik. A karsztosodás folyamatának útja ketté válik, a trópusi és a szubtrópusi humidus jelleg fokozatosan délre tolódik. Északon, magasabb szélességi fokon övezetesen kifejlődik a boreális óceáni (humidus) jellegű karsztos formafelvétel. A trópusi övezet geomorfológiai értelemben a tornyos és kúpos formaképződés bélyegét viselte, az utóbbi, a boreális óceáni alakító képességét viszont főképp a barlangosodásra irányuló tevékenységében fejthette ki. Az előző, a *trópus meleg éghajlatának támogatásával*, az önmagában véve is jelentékeny oldóképességű és roppant mennyiségű *esővíz* útján, a mikrobáktól termelt szerves savakban gazdag talaj közreműködésével *döntően a felszínt formálta* (viszonylag kevesebb barlang). Az utóbbi a hideg és nedves éghajlatú és a kevés napfény alatt *hűvösen tartott térszínen* az egész éven át eloszlott és beszivárgásra alkalmas mennyiségű csapadéknak a *nagy CO₂* felvételével főképp a *felszín alatt*, a résekben állandó vertikális leszállásban, fejtette ki hatását (erőteljes barlangosodás).

A harmadkor végéről és a negyedkor kezdeti melegebb szakából nem származnak kúpos formák. Ekkor és ezután is főképp barlangok és dolinák keletkeznek. A pleisztocén humidus szakaszainak elmúltával a karsztosodásnak ez a módja és mértéke a Kárpátok hegyvidékére szorult vissza. Nálunk, az Északi Felvidéken módja még megmaradt, mértéke csökkent, míg ettől távolabb a Mecsekben még inkább gyengült, illetve más tényezők együtthatása következtében a barlangosodás ki sem fejlődhetett. Innen ered a döntő különbség a barlangosodást illetően a két hegyvidék között. A pleisztocén és az óholocén (bükk I. és II.) elmúltával ugyanis hazánk száraz medenceklíma jellege nagyobb ütemben már nem vihette előre a karsztosodást. Éghajlatunknak ehhez, az oldási folyamat téli és nyári csökkenése, illetve helyi „szünetelése” miatt is, hosszabb időre van szüksége.

IRODALOM

1. *Bulla Béla*: A klimatikus morfológia területi rendszere. M. Tud. Akadémia Társadalmi-Történeti Tud. Oszt. Közl. 1954. 1—4. sz. 535—570. old. Budapest.
2. *Szabó Pál Zoltán*: A karszt, mint klimatikus morfológiai probléma. (Sajtóban.)
3. *Vadász Elemér*: Bauxitföldtan. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1951.
4. *Barnabás Kálmán*: A magyarországi bauxitbányászat földtani feltételei. Bányászati Lapok, X. évf. (LXXXVIII), 9. sz. 1955. szept. 15.
5. *Schwarzbach Martin*: Das Klima der Vorzeit. 1950. F. Enke Verlag, Stuttgart.
6. *Andreánszky Gábor*: Ősnövénytan. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1954.
7. *Lehman H.*: Das Karstphänomen in den verschiedenen Klimazonen. 1. Bericht von der Arbeitstagung der internationalen Karstkommission in Frankfurt a. Main vom 27. bis 30. Dez. 1953. Erdkunde, B. VIII. H. 2. 1954. F. Dümmlers Verl. Bonn.
8. *Bulla Béla*: A Magyar Föld domborzata fejlődésének ritmusai az újharmadkor óta (sajtóban).
9. *Láng Sándor*: Hozzászólás Bulla Bélának a Magy. Földr. Kongresszuson (1955) tartott előadásához (sajtóban).
10. *Bacsák György*: A pliocén és a pleisztocén az égi mechanika megvilágításában. Különlenyomat, Földtani Közlöny, 1955.
11. *Vadász Elemér*: Magyarország földtana. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1953.
12. *Vadász Elemér*: Magyarország földtani nagyszerkezete vázlata. Magy. Tud. Akadémia Műszaki Tud. Oszt. Közl. XIV. k. 1—3. sz. Budapest, 1954.
13. *Kosack Hans—Peter, Remagen*: Die Verbreitung der Karst- und Pseudokarsterscheinungen über die Erde. Petermanns Geogr. Mitteil. 96. Jg. 1952. 1. Heft, Justus Perthes, Gotha.

LES RELATIONS HISTORICO-CLIMATIQUES DES FORMES KARTIQUES DE HONGRIE

P. Z. Szabó

Résumé

Du point de vue géomorphologique la superficie de la terre de Hongrie est caractérisée par les traits suivants : 1. La pénéplanation crétacique et paléogène, produit du climat tropical et subtropical d'un caractère surtout humide. Pendant le néogène ces conditions climatiques disparaissent graduellement. 2. Le renouvellement intense de la pénéplaine à la fin de l'époque néotertiaire et au quaternaire.

Si, en se basant sur des formes subsistantes et, considérant leurs dimensions et configurations variées, nous examinons la façon de karstification, on peut constater que les plus anciens restes importants dérivant du crétacé se sont conservés couverts de bauxite, de manganèse labouré par l'érosion et d'argile mêlée de kaolinite. La seconde

période de l'évolution des formes commence à la fin de l'époque tertiaire et conduit à travers le quaternaire jusqu'aux formes contemporaines. La première a conservé des formes développées sous l'influence d'un climat humide tropical et subtropical, tandis que, au cours de la seconde, l'évolution des formes s'est adaptée aux sections climatiques boréales océaniques du pleistocène. Les autres formes subsistantes du tertiaire sont moins importantes.

I. Les conditions paléogéographiques de la karstification pendant le crétacé

Selon les résultats des recherches géologiques, la constitution des formes karstiques peut appartenir a) à l'étage barrémien du crétacé inférieur, b) à l'étage cenoman-turonien du crétacé supérieur, c) à l'époque d'un étage indéterminé dans le crétacé et le paléogène. Pendant le crétacé le territoire de la Hongrie appartenait à la zone du climat tropical d'une humidité au moins saisonnière. On procède à la description des formes qui subsistent en état couvert, formes dont les caractéristiques les plus essentiels sont les suivants :

a) Superficie inégale, dénudée de caractère pénéplainisé, par endroits avec des dépressions en forme d'assiette (Dudar, Halimba).

b) Des dépressions escarpées en forme de dolines se succèdent, par endroits assez fréquentes (Nyirád, Alsópere, Csárdahegy auprès d'Úrkút, Csersegtomaj).

c) Séries de tours et de cônes en dolomite ou en calcaire saillissant sporadiquement d'une pénéplaine aplatie (Gánt, Iszkaszentgyörgy).

d) Mêmes formes coniques qui devaient border les «poliés primitifs» (Szóc, Fehérvársurgó).

Les conditions paléogéographiques façonnant la surface peuvent être caractérisées de la manière suivante :

La dénudation tropical aboutit finalement à la pénéplaine. Au moment où l'évolution de la surface atteint cette phase, elles se voit enregistrée spécifiquement dans les formes ensevelies :

a) Pénéplaine plate à relief à peine modelé. *C'est là la forme qui se développe, qui se répand.*

b) *Au bord de cette pénéplaine se rangent des formations coniques aux murs escarpés. Elles jaillissent çà et là sur la pénéplaine même, comme des formes résiduelles.*

c) *Là où la formation supérieure recouvre les cônes entièrement, on peut bien voir que le niveau de la hauteur partout égale des cônes était probablement celui de la surface d'autrefois. On y trouve des cônes moins hauts, mais il n'y en a aucune qui s'élève au-dessus du niveau de la surface générale. L'égalité de la hauteur des cônes fait penser à une pénéplaine ancienne et disparue.*

d) *Au-delà du bord la surface élevée est parsemée de «dolines». Les «dolines» ont des murs escarpés, presque verticaux. Aux endroits où la profondeur des «dolines» atteint le niveau de la pénéplaine comme base, la dénudation prend une direction horizontale et contribue, de cette façon, au développement de la pénéplaine qui s'élargit aussi aux endroits que l'on peut appeler des «taches».*

Du point de vue du développement de la surface il faut attacher une importance particulière aux endroits du bord, où le côté vertical des cônes et des tours coupe le plan horizontal de l'évolution de la pénéplaine. *Cette plaine de bordure est le théâtre de la dénudation la plus active. L'ancien niveau de l'eau karstique devait être environ au niveau de cette plaine.* Au niveau de l'eau karstique, la destruction avait affecté le pied des cônes et des tours. Voilà pourquoi les murs des cônes et des tours sont restés escarpés, cédant à l'expansion de la plaine. Ainsi s'élargissait la surface de la pénéplaine. Au moment où, soit pour des raisons tectoniques, par suite d'une immersion, soit pour des raisons climatiques, par suite de l'accroissement de l'érosion à tel point que l'accumulation des produits de la destruction rendait impossible leur transport, les formes se voyaient ensevelies et conservées.

Ce n'est pas la dénudation ultérieure mais l'exploitation minière qui nous révéla ces formes karstiques anciennes.

II. La relation des éléments périssants et des éléments naissants. Quelques caractéristiques de la karstification à la fin de l'époque tertiaire et au cours de l'époque quaternaire.

Dans chaque zone climatique on retrouve des formes héréditaires, quelque chose de périssant et quelque chose de naissant. *D'après la loi de l'évolution morphologique entre ce qui périt et ce qui naît, il y a une contradiction irréconciliable.* La forme de la surface, dépourvue des conditions climatiques qui lui avaient donné naissance, ainsi la forme karstique, périt irrévocablement et tôt ou tard disparaît. Ces considérations font surgir les questions suivantes :

a) Les formations karstiques du crétacé ont un caractère tropique. Par contre, celles du quaternaire sont pour la plupart boréales océaniques. Celles-là ont péri, celles-ci ont produit des formes vivantes même de nos jours.

b) Le procès de la karstification n'était pas suspendu dans le tertiaire, mais à cette époque-là le développement de toutes les formes de la surface était supplanté par la dénudation caractéristique du climat tropical, la pénéplanation. La caractéristique principale était la forme nivelée.

c) *Les anciennes formes qui ont péri ne peuvent jamais se renouveler pour reprendre leur ancienne fonction.* Dans ce sens on ne peut guère parler du renouvellement de l'ancien élément là où des roches qui se trouvant de nouveau à la surface et subissant l'influence d'une nouvelle dénudation, prennent part inégalement à la formation de la surface conformément à leur caractère minéralogique. Ces «pseudo-formes» suivent, par endroits, les bords de l'ancienne forme (bassin, polié) sans être, toute-fois, des bassins où des poliés karstiques. *Aucune des formes de la karstification de l'âge crétacique ne s'est renouvelée.*

Une caverne, il est vrai, peut se renouveler, mais ce renouvellement n'est pas une évolution morphologique caractéristique de la zone climatique, c'est-à-dire, le renouvellement de l'ancienne fonction, car la cavernosité n'est pas un phénomène zonale, mais un trait général de la karstification.

d) A la fin du tertiaire et au quaternaire une des causes principales de la destruction de la surface des pénéplaines était un morcellement vertical, plus intense que nous ne le supposons aujourd'hui, de la croûte terrestre, une autre cause en était les changements du climat. Pendant le tertiaire l'état du climat s'approche graduellement de l'état climatique actuel pour former des zones climatiques qui, pendant le pliocène, étaient situées environ comme aujourd'hui. Le fait que le changement décisif du terrain se produisit seulement à la fin du pliocène, doit être attribué non pas au climat mais à l'insuffisance des mouvements ascendants de la croûte.

Pendant le tertiaire les zones géomorphologiques de karstification changent de configuration. En Hongrie les formes qui s'adaptent à la zone humide tropical ou subtropical se déplacent vers le sud. Au nord, aux hauts degrés de latitude se développe la zone des formations boréales océaniques. L'ensemble des formes morphologiques du climat tropical témoigne d'une destruction extérieure, de superficie (tours, cônes), tandis que les formations boréales océaniques ont favorisé le développement des cavernes et des dolines. Là c'est l'abondance des pluies tropicales (ablution de la surface) et la capacité dissolutive de si grande portée des acides organiques ici le contenu CO_2 accru allant de pair avec le climat frais, ce sont là les facteurs grâce auxquels l'humidité s'infiltrant lentement mais sans cesse dans les fentes accomplit son travail.

Au début du quaternaire où régnait un climat plus chaud, nous ne trouvons non plus de formations coniques. Au cours du pléistocène, pendant les périodes interglaciaires et postglaciaires, la dissolution produisait les cavernes et des dolines. Après le pléistocène cette façon et ces dimensions de karstification étaient repoussées sur le territoire des montagnes bordant le Bassin des Carpathes. En Hongrie septentrionale la façon de la karstification s'est conservée, mais ses dimensions se sont diminuées, et plus loin, en Hongrie méridionale, dans les montagnes du Mecsek, ses dimensions se sont diminuées davantage jusqu'à empêcher, ensemble avec d'autres facteurs, la formation de grottes. C'est une des causes de l'origine de la grande différence qui sépare les deux montagnes. Les périodes de climat frais et humide du pléistocène et de l'ancien holocène passées (Bükk I et II), le climat, au fond sec, de la Hongrie, climat de bassin, ne pouvait contribuer à la karstification que dans un rythme ralenti. Vu que pendant l'hiver et l'été le processus de dissolution allait en se diminuant et même, par endroits était absent, le climat aurait eu besoin d'une durée plus prolongée pour continuer la karstification. Cependant ce facteur de temps lui manquait.