

## Paleokarsztos sasbérccek felszínfejlődése a Bakony Hajag—Papod hegycsoportjában

VERESS MÁRTON

### Részben fedett paleokarsztos térszíneken képződő közethatárok

A közethatárnak a karsztosodásban betöltött jelentőségére a legmarkánsabb módon JAKUCS L. (1956, 1971) mutatott rá. Ennek figyelembevételével egyúttal kidolgozta a karsztok osztályozását (allogén és autogén karszt). A közethatár változásának hatásaival - többek között - DÉNES G. Y. (1971) és HEVESI A. (1978, 1980) foglalkozott az Aggteleki-karszton és a Bükkben.

A Bakony általunk kutatott részén (1. ábra), a Hajag—Papod hegycsoportban az egyenetlen felszínű középsőkréta és júra mészkövekből épült paleokarsztos térszínek - ahol a magaslatokat mészkőkúpok és -hátak képviselik - jelentős részben fedettek. A fedőüledékek oligo-miocén kavicstakarók maradványai, azok áthalmazott összetelei, agyagosodott lösz és agyag.

Az elkülönülő, tektonikus mozgásokat elszenvedő sasbérccek említett fedőüledékei (akár többször is) áthalmazódhattak és jelenleg is áthalmazódhatnak. A kitarodó mészkőfelszínnek és fedőüledékek érintkező peremén változatos hosszúságú és lefutású önálló *közethatárok* képződnek.

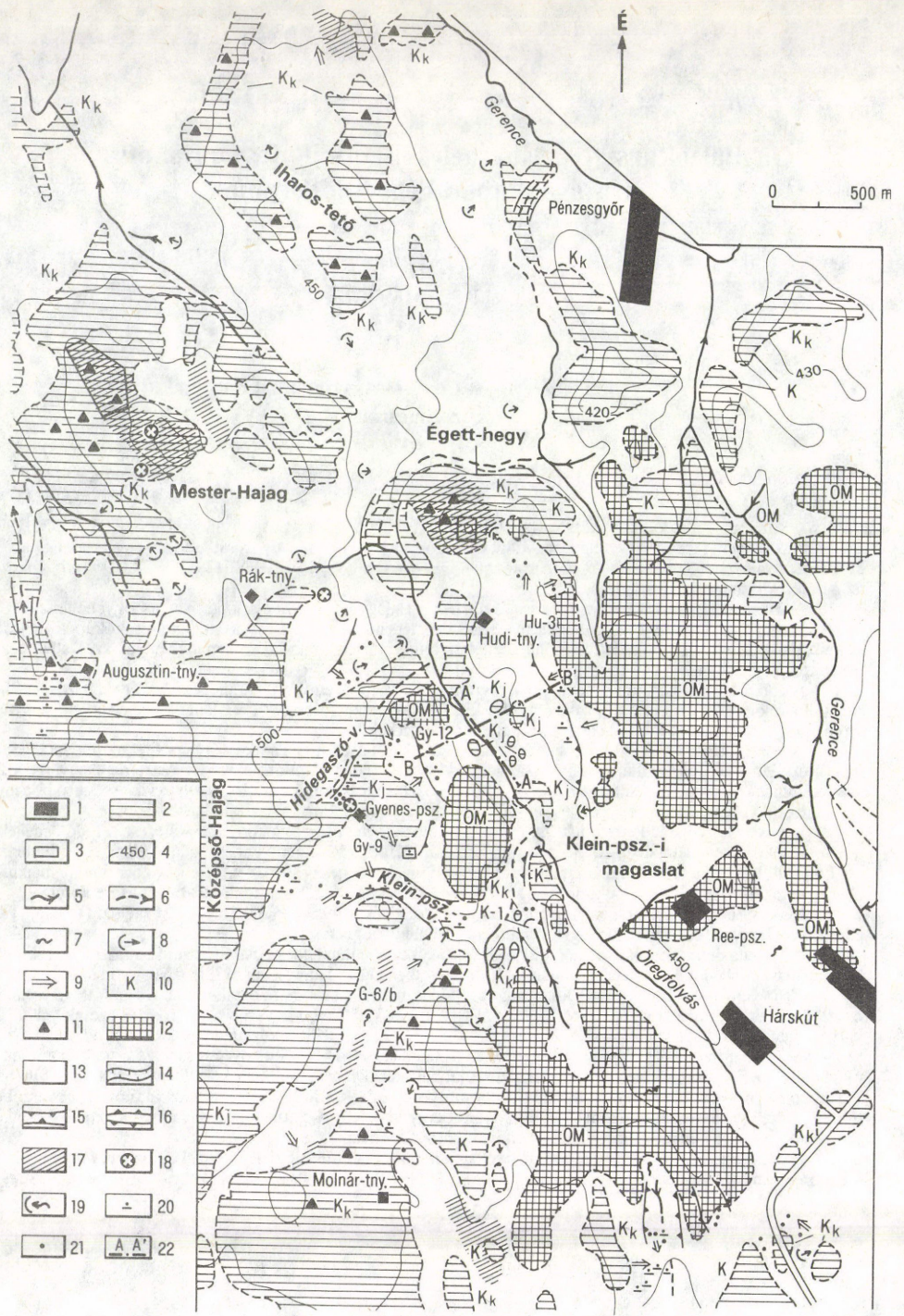
A közethatár lehet aktív (a karszt a felszínről vízutánpótlást kap) és inaktív (a karszt felszíni vízutánpótlást nem kap). Ha az aktív közethatár kialakításában vízáteresztő finom közettörmelék vesz részt, az elszivárgó vizek széles sávban érhetik el a karsztot. Az ilyen kifejlődő közethatárok mentén az üledék növekvő agyagosodása miatt a karsztosodó sáv egyre keskenyebb lesz és karsztos formái egyre jobban aktivizálódnak.

Az aktív közethatár lehet rejtett. Ilyenkor a csapadékvizek csak a vékony és vízáteresztő fedőüledékeken áthatolva okozhatnak karsztosodást. A rejtett közethatár mentén végbemenő karsztosodás különösen ott intenzív, ahol a fedőüledékebe települt vízzáró réteg a beszivárgó vizeket a mészkőfékü felé tereli. A közethatár átalakulhat akkor, ha pl. a fedőüledék alatt vízzáró réteg helyezkedik el és az a fedő lepusztulásával a felszínre kerül.

Inaktív közethatárok ott tapasztalhatók, ahol a fedőüledékek felszíne nem a mészköves térszín felé lejt, vagy a mészkőfelszín a fedett térszínnel egyező irányban, de nagy szögben lejt.

A karsztos formák a közethatár vándorlása következtében átalakulhatnak. Dinamikus közethatárok gyors kitarodásakor, ill. feltöltődéskor alakulnak ki. Előbbi esetben a közethatárok kúpok oldalában gyorsan vándorolnak lefelé (a kúpok meredek lejtői miatt a közethatár eltolódásának nem csak horizontális, hanem számottevő vertikális összetevője is lesz). Ekkor víznyelő barlangok vagy ezek csonkjai (többé-kevésbé kitöltve környezetük fedőüledékeivel) jelzik a korábbi karsztosodási helyeket. *Ha a lepusztulás során a közethatár átalakul, a víznyelő többrök víznyelőkké alakulnak.* A közethatár felfelé vándorlásakor a karsztos képződmények fosszilizálódnak (kitöltődnek, majd később el is temetődhetnek), ugyanakkor újabbak keletkeznek. Statikus közethatár kialakulásakor (ha a közethatár nem, vagy nagyon lassan vándorol), a mélyedések lassan feltöltődnek, kisebb aktivitási szakaszokkal megszakítva (belsejükben időnként vízelvezető járatok nyílnak fel). A statikus közethatár a lepusztulás következtében megszűnik, a karsztos mélyedések dagonyákká töltődnek fel.

A fosszilizálódott karsztos képződményekre jellemző a laminit megjelenése (feküjében növényhulladékos összetellel), amely teljes elzáródásukra utal (VERESS M. 1987).



## Néhány kitakaródási típus

A karsztosodott mészkőfelszín eltemetett tetőszintje vízszintes vagy kibillent sík mentén helyezkedhet el.

### 1. Vízszintes helyzetű sasbérc felszínének kitakaródása

Az ilyen helyzetű, de kis területű sasbérceket, ha számottevően környezetük fölé emelkednek, minden irányból gyorsan visszavágódó árkok darabolják fel. Ha a kis területű sasbérc kevésbé emelkedik környezeté fölé, a felszín lepusztulása igen kis mértékű. Amikor a mészkőkúpok, -hátak felett a fedőüledékek kivékonyodnak, egyrészt lefékeződik a felszíni lepusztulás, másrészt sávokban, foltokban (esetleg tektonikai irányok mentén) karsztos mélyedések csoportja (rejtett kőzethatáron) fejlődik ki. Ezek víznyelős töbrök, amelyek rendszerint kisméretűek, az elvezető járatok gyengén fejlettek és így rövid idő alatt eltömődnek.

Az ilyen térszínek lepusztulása - a hátravágódó árkok mellett - a felületi lepusztulás (újabb és újabb kúpok takaródnak ki) és a karsztosodás egyidejű, egymást elősegítő folyamatai esetén tartós.

A nagyobb területű sasbérceken már felszíni víz-hálózat képződhet, amely völgyek kialakulásával jár. Völgyek, völgyszakaszok a hátak tengelyével párhuzamosan, vagy azokra merőlegesen keletkeznek. Előbbi esetben fedőüledékekben is kialakulhatnak. A hátak, kúpok közti kitöltésbe bevágódó vízfolyás völgye feltárja azok oldalát (2., 3. ábra).

Ha a mészkő a völgyoldal teljes hosszában a felszínre kerül, a völgyoldalban a völgygel megegyező irányú víznyelősor alakul ki. A völgyoldalak felső részein még megmaradt kavicstakaró peremének állandó pusztulása, a kőzethatár hátrálása miatt újabb és újabb víznyelősorok képződnek, az idősebbek inaktívizálódnak. Ha a kavicstakaró foltokra különül, a karsztos mélyedések fentebb vázolt szabályszerű elrendeződése megszűnik.

Ha a kúpok, hátak oldalát a részben lepusztult kavicstakaró maradványára települt löszös üledék borítja, kezdetben utánngyógásos töbrök, majd rejtett kőzethatáron képződött víznyelők és töbrök fejlődnek ki. Az agyagosodó finom üledéktakaró hátráló peremén szintén a völgygel egyező irányú víznyelősor többsor alakulhat ki, amely újra és újra képződve elérheti az eltemetett kőzethatárt, ahol a karsztosodás számottevően átalakulhat (2—4. ábra).

A rejtett kőzethatáron képződött víznyelősor töbrök viszonylag gyorsan feltöltődnek.

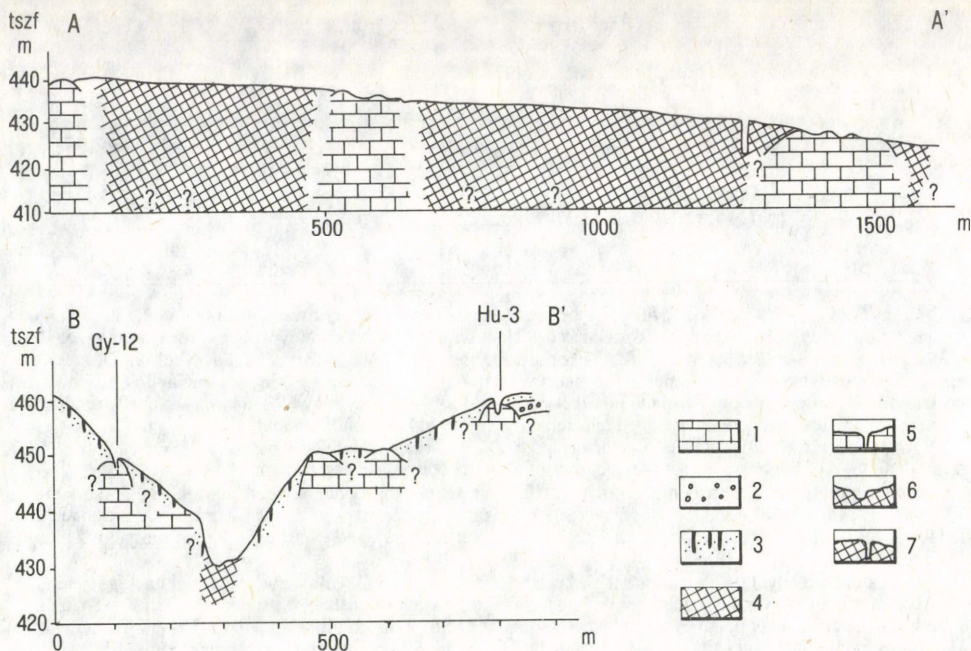
Ha a fedőüledék lepusztulása a völgyoldalban nem alulról felfelé hátrálással megy végbe, akkor foltokban visszamarad és ez azt eredményezi, hogy a karsztos mélyedések nem sorokban fejlődnek ki. A karsztos mélyedések tápláló területe ekkor a hátak laza üledékekkel elfedett lejtője lesz (1., 4. ábra).

A kúpotat, hátakat fedő laza anyagba bevágódó vízfolyás völgye átöröklődik a mészkőre (5. ábra). A bevágódás előrehaladásával nem csak a völgy mélyül, hanem a laza anyagban folytatódó völgyoldal gyorsan pusztulhat. Víznyelősor vagy sorok képződhetnek a völgygel párhuzamosan, esetleg a bevágó vízfolyás mindkét oldalán. Ezekből a víznyelősorokból csak nagyon kevés maradhat meg, mivel a völgyfejlődés során a kúpok kőzetanyagának egyre nagyobb hányada pusztul le a benne kialakult járatokkal együtt. Azok az egykori víznyelősor barlangok, amelyek nem pusztulnak el, nagyon gyakran nem töltődnek ki teljesen üledékkel. Ugyanis a fedőüledékek lehordódása - a kúpok közti laza üledékekben kialakuló újabb völgy jelenléte miatt - nem a víznyelősor, vagy

1. ábra. A vizsgált terület karsztosodó foltjai (a földtani adatok NOSZKY J. et al. 1957 nyomán). - 1 = település; 2 = út; 3 = részletesebben ábrázolt terület; 4 = szintvonal; 5 = állandó vízfolyás; 6 = időszakos vízfolyás; 7 = kavicsból fakadó forrás; 8 = karsztforrás; 9 = vízáramlás a felszínen; 10 = mészkő általában (K<sub>J</sub> = júra mészkő, K<sub>K</sub> = kréta, főleg középsőkréta mészkő); 11 = kréta mészkő kúpok, közöttük laza anyaggal fedett térszínekkel; 12 = oligomiocén kavics; 13 = lösz; 14 = szurdokvölgy-részlet; 15 = karsztosodó völgyoldal; 16 = karsztosodó völgyközi hát, exhumálódó mészkőkúp; 17 = karsztosodó sáv; 18 = inaktív víznyelősorbarlang; 19 = víznyelősor; 20 = víznyelősor töbrök; 21 = töbrök; 22 = földtani szelvény (ld. az 5. ábrát)

Karstifying surfaces in the area under study (geological data after NOSZKY, J. et al. 1957). - 1 = built-up area; 2 = road; 3 = enlarged area; 4 = contour line; 5 = permanent water-course; 6 = intermittent water-course; 7 = spring in gravel aquifer; 8 = karst spring; 9 = direction of surface runoff; 10 = limestone undifferentiated (K<sub>J</sub> = Jurassic, K<sub>K</sub> = (middle) Cretaceous; 11 = Cretaceous limestone cones encircled by terrains with loose cover; 12 = Oligo-Miocene gravel; 13 = loess; 14 = gorge section; 15 = karstic valley wall; 16 = karstic interfluvial ridge and exhuming limestone cone; 17 = zone of karstification; 18 = inactive swallow cave; 19 = ponor; 20 = swallow hole; 21 = doline; 22 = geological profile (see Fig. 5)





2. ábra. Az Öregfolyás völgye júra mészkő mélyedéseit kitöltő üledékekben. - 1 = mészkő; 2 = kavics; 3 = patak-hordalék; 4 = agyagos üledék; 5 = víznyelő töbör elvezető járata; 6 = meder; 7 = az 1950-es években a völgytalpon ásott kút (a mészkövet nem érte el)

The Öregfolyás valley cutting across secondary fills of depressions in Jurassic limestone. - 1 = limestone; 2 = gravel; 3 = stream deposit; 4 = clayey sediment; 5 = underground channel of swallow hole; 6 = stream channel; 7 = well dug in the 1950s (it have not reached the limestone)

víznyelősorok irányába megy végbe. Ezért az ilyen kúp tetőszintjében elhelyezkedő víznyelő barlang vízgyűjtő területét, medrét és mélyedését ugyan elveszíti, elvezető járata azonban részben kitöltött barlangként megmarad. Ilyen hajdani víznyelő barlang maradványa a Gyenespusztai-barlang (1., 5. ábra).

Ha az eltemetett kúpok, hátaik közel merőlegesek a vízfolyás irányára, a mészkőfeké a völgytalpakon bukkan a felszínre. A kiegyenlítettebb esés görbéjű vízfolyások nem rendelkeznek a szükséges munkavégző képességgel kúpok, hátaik eróziós átvágásához. Ezért a völgytalpakon, ahol a mészkőfeké a felszín közelébe kerül, megindulhat a karsztosodás (6. ábra).

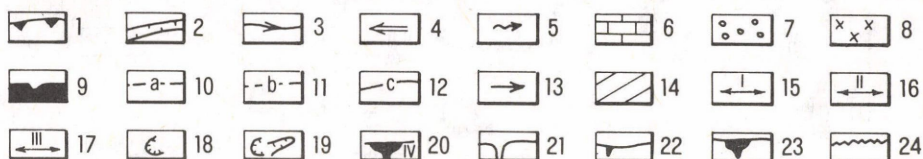
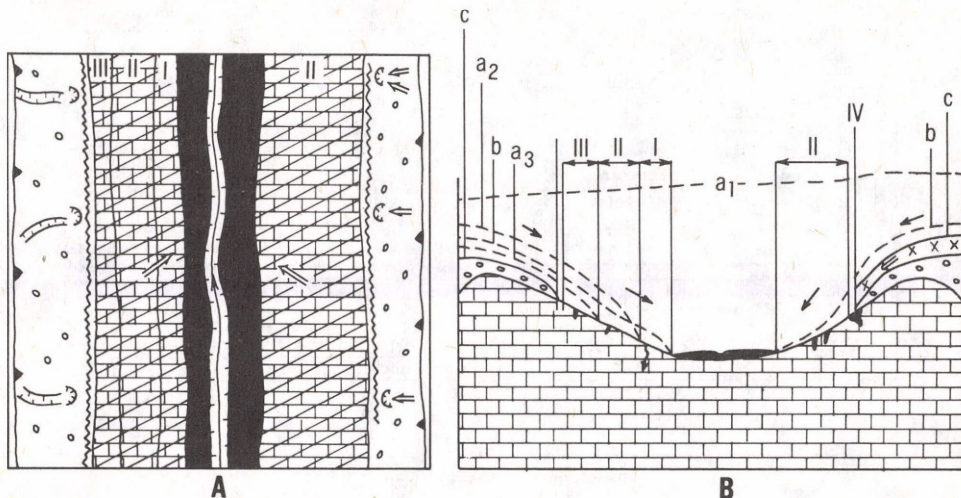
Ha a völgy kavics takaróba mélyült, a sasbércek karsztos felszínén víznyelők képződhetnek. A völgyfők felé egyre újabb és újabb karsztos felszínnek takaródhatnak ki és ezeken is megkezdődhet a víznyelőképződés.

Az eltemetett mészkőkúpok, vagy -hátaik kitarodva nem feltétlenül alkotnak a jelenlegi térszínben is kiemelkedést, mert tetőszintjük karsztosodással már lealacsonyodott (pl. a K-1 jelű víznyelő).

Az exhumálódó kúpok miatt a völgytalp - ahol nem karsztos és kisebb karsztos térszínnek váltakoznak - egymástól függetlenül fejlődő részekre különül. A kúpok közötti nem karsztos kőzetekből felépült völgytalpak adják a kúpok oldalában a közzethatároknál kialakult víznyelő vízgyűjtő területeit, amelyek a fedőüledékek lepusztulása miatt egyre zsugorodnak.

Az így kitarodó kúpon karsztosodás csak a közzethatár zónájában jelentkezik. A mindenkor közzethatár fölött inaktív, felső részüktől megfosztott, zömmel kitöltött egykori víznyelő járataira lehet számítani.

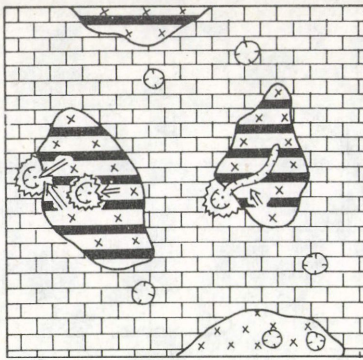




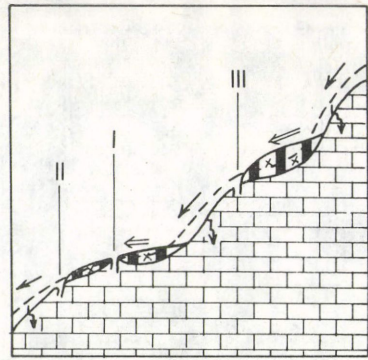
3. ábra. Karstosodás a völgytengellyel megegyező irányú mészkúpokon (az Öregfolyás-völgy példáján). - 1 = völgyoldal; 2 = meder; 3 = vízfolyás; 4 = vízáramlás a felszínen és a vízzáró felett; 5 = vízelszivárgás; 6 = mészkő; 7 = kavics; 8 = agyagos üledék; 9 = patakchordalék, mederrel; 10 = hajdani kavicselborítás szintjei (a<sub>1</sub>; a<sub>2</sub>; a<sub>3</sub>); 11 = hajdani löszelborítás szintjei; 12 = jelenlegi felszín; 13 = fedőüledékek áthalmazódása; 14 = karstosodott zóna felülnézetben; 15 = utánrogyásos töbrök zónája; 16 = inaktív víznyelők (esetleg két generációja), inaktív víznyelő s töbrök (utánrogyásos töbrök) zónája; 17 = inaktív víznyelők zónája; 18 = víznyelő s töbrök felülnézetben; 19 = víznyelő s töbrök oldalnézetben; 20 = újra működő fosszilis víznyelő s töbrök oldalnézetben; 21 = aktív víznyelő oldalnézetben; 22 = eltömődött vízvezető járat oldalnézetben; 23 = fosszilis feltöltődött karstos mélyedés oldalnézetben; 24 = jelenlegi kőzethatár, A = felülnézet, B = oldalnézet

Karstification on limestone cones aligned parallel with the valley axis (example of the Öregfolyás valley). - 1 = valley wall; 2 = channel; 3 = water-course; 4 = direction of runoff on surface or over impermeable layer; 5 = water percolation; 6 = limestone; 7 = gravel; 8 = clayey sediment; 9 = stream deposit and channel; 10 = former gravel mantles (a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> and a<sub>3</sub>); 11 = former fine mantles; 12 = present-day surface; 13 = reworking of sedimentary cover; 14 = zone of karstification, top view; 15 = zone of collapse dolines; 16 = zone of inactive ponors (probably two generations) and inactive swallow holes (collapse dolines); 17 = zone of inactive swallow holes; 18 = swallow hole, top view; 19 = ponors, top view; 20 = reactivated fossil swallow hole, side view; 21 = active ponor, side view; 22 = blocked underground channel, side view; 23 = fossil infilled karst depression, side view; 24 = present-day rock boundary; A = top view; B = side view

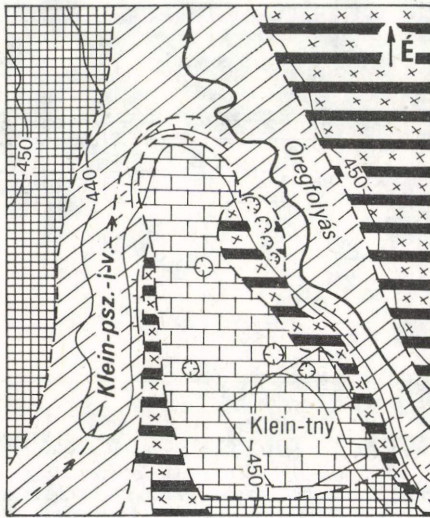




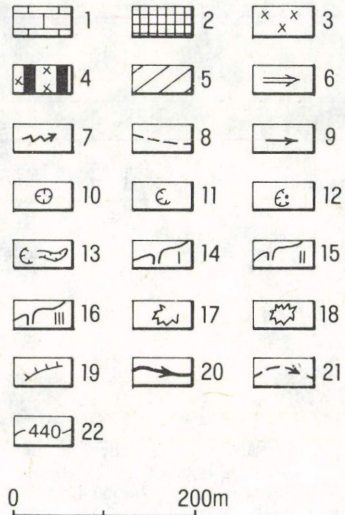
A



B



C



4. ábra. Finom üledékkel fedett, eltérő lejtésű mészkő kúpok oldalának karsztosodása (a Klein-pusztai magaslát példáján). - 1 = mészkő; 2 = kavics; 3 = finom üledék; 4 = agyagos üledék (a sávozás sűrűsége az agyagosodás mértékével arányos); 5 = patakhordalék; 6 = lefolyás iránya a felszínen; 7 = vízszivárgás; 8 = hajdani üledéktakaró; 9 = fedőüledékek áthalmazódása; 10 = utánrogyásos töbör felülnézetben; 11 = víznyelő töbör kőzetháron felülnézetben; 12 = víznyelő töbör rejtett kőzetháron felülnézetben; 13 = víznyelő felülnézetben; 14 = rejtett kőzetháron kialakult víznyelő töbör oldalnézetben; 15 = víznyelő töbör oldalnézetben; 16 = víznyelő oldalnézetben; 17 = kőzethatár; 18 = rejtett kőzethatár; 19 = félig exhumált kúp; 20 = állandó vízfolyás; 21 = időszakos vízfolyás; 22 = szintvonal, A = felülnézet, B = oldalnézet, C = félig exhumált kiemelkedés karsztosodása (Klein-pusztai-magaslát)



Ha a kúp tetőszintje nagyobb kiterjedésű, oldásos töbrök, utánrogyásos töbrök is kialakulhatnak. A Kleinpusztánál lévő magaslaton pl. oldásos töbrök képződtek tetőszintben, miután innen az üledéktakaró lepusztult. Alsó részén (ahová az anyag áthalmazódott) már víznyelő töbrök csoportjai is kialakultak (1., 4. ábra).

A részleges kitakaródást a völgy teljes területén megszakíthatja a lösz felhalmozódása. A kis lejtésű völgytalpakon az üledéktakaró ilyenkor nem pusztul le. Ilyenkor nem csak az exhumálódott kiemelkedéseken alakulhatnak ki víznyelő töbrök, hanem a kőzetliszettel fedett völgytalp és a kúp határán is. Ahol az üledéktakaró agyagos, ott az újabb és újabb kőzethatáron kialakuló karsztos mélyedések egyre inkább víznyelő jellegűek lesznek. A felszín alatt a betelepült vízzáró összletek hatására rejtett víznyelőképződés folyik.

## 2. Kitakaródás kibillent sasbércen

Az Égett-hegy megbillent tömegén - ahol a billenés miatt a térszín lejtésiránya megegyezik a kúpsorok irányával - a kúpok közötti térszín lepusztulása és így a kúpok kitakaródása akadálytalan, bár kevésbé intenzív, mivel még időszakos vízfolyások sem alakulhatnak ki. A kúpok közötti sávokban lejtőleöblítés folyik. A karsztosodás a kúpok oldalában kőzethatáron, ill. a lejtős fedett térszíneken rejtett kőzethatáron megy végbe.

A Mester-Hajagon (7. ábra) a kitakaródó kúpsorok között ÉÉNY—DDK-i irányú, DNY felé egyre alacsonyabb helyzetű, kis lejtésű (esetleg zárt) laza üledékekkel elfedett térszín képződnek.

Az itt lemélyített, fedőüledékeket átharántoló fúrások (FUTÓ J. 1983, VERESS M.—FUTÓ J.—HÁMOS G. 1987) adataiból az alábbiak állapíthatók meg (8.—10. ábra).

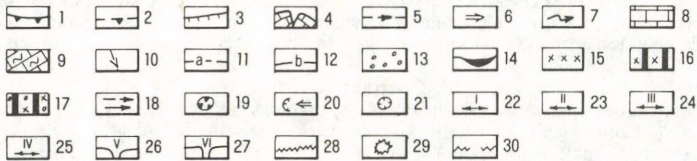
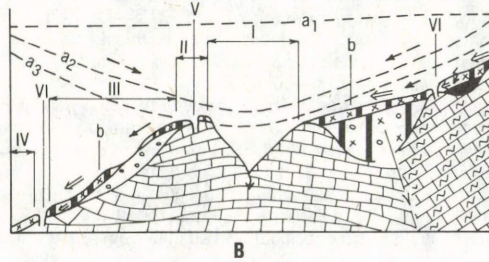
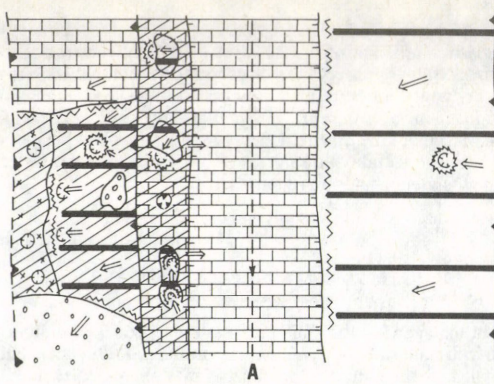
Egyetlen, őskarsztos térszínre (melyet az eltérő magasságokban elhelyezkedő vörösbarna-agyagroncsok bizonyítanak) már a finom kőzettörmelék képződése előtt D, DK-i irányból kavics rakódott le. A feltöltődés miatt a kőzethatár és az azt kísérő karsztosodás is (víznyelő töbrök) az eltemetődő kúpok oldalában felfelé vándorolt. Eközben az alacsonyabb helyzetű, idősebb víznyelő töbrök eltemetődtek.

A sasbérc kibillenése után a fedőüledékek napjainkig tartó lepusztulásával újabb és újabb, egyre alacsonyabb kúpok tetőszintjében alakulhattak ki rejtett kőzethatárok. A már kitakaródott kúpok tetőszintjében kialakult víznyelő töbrök működése megszűnt, lecsonkolódtak, miközben oldalukban újabb, egyre alacsonyabb helyzetű kőzethatárok képződtek.

A Mester-Hajagon (7. ábra) jelenleg különböző magasságú fedett térszíneken folyik a karsztosodás: kőzethatárokon, a fedett térszín elvégződésénél és rejtett kőzethatáron, a vékony üledéktakarójú fedett térszín belsejében, a még eltemetett kúpok tetőszintjén. A karsztos formák mindkét esetben sorokat alkotnak, miután a kúpok is hasonló elrendeződésűek. Fejltségüket nagymértékben megszabja annak a fedett térszín részletnek a nagysága, lejtése, valamint a felépítő fedőüledék vastagsága és minősége, amelyen kialakultak, mivel ezek alapvetően befolyásolják a mélyedésekbe kerülő csapadékvíz mennyiségét.

Aktív kőzethatárok - tehát ahol a karsztosodás bekövetkezhet - ott alakulhatnak ki, ahol a fedett térszín a kúpok felé lejtenek. Ezért mind eltemetődéskor, mind kitakaródáskor a kúpoknak az üledékek szállításának irányával szembe forduló lejtője karsztosodik (9., 10. ábra). Az üledékszállítás iránya mindvégig változatlan volt, ha a kúpoknak csak az egyik oldala karsztosodott, ellentétesen változott, ha az átellenes oldalak egyformán karsztosodtak.

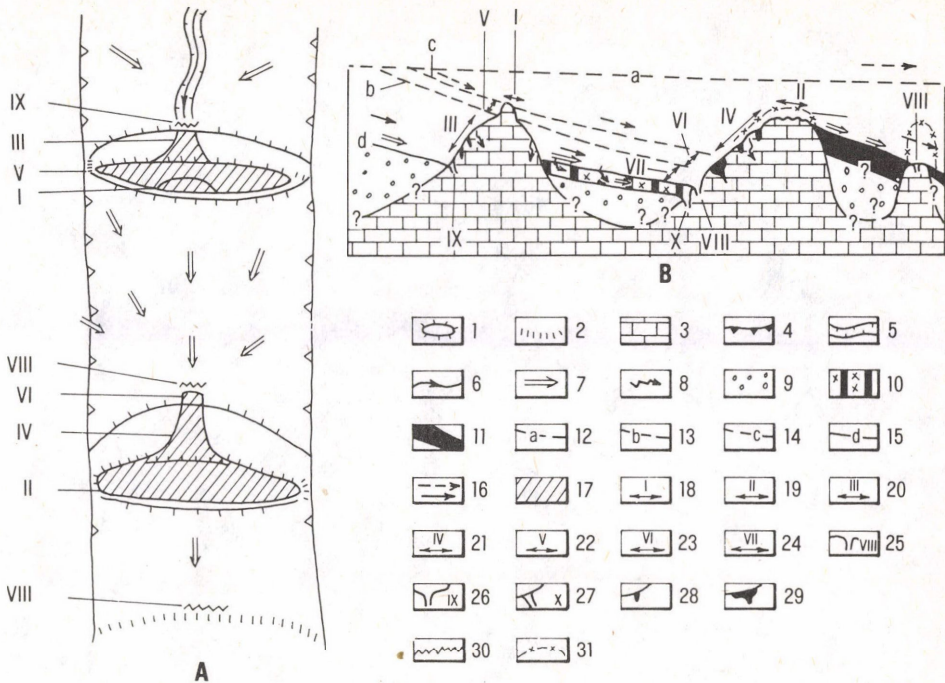
Karstification of sides of limestone cones of various slope angle and with fine sedimentary cover (example of Kleinpuszta heights). - 1 = limestone; 2 = gravel; 3 = fine sediments; 4 = clayey sediments (hatching proportional to clay content); 5 = stream deposit; 6 = direction of surface runoff; 7 = water percolation; 8 = former sedimentary mantle; 9 = reworking of sedimentary cover; 10 = collapse doline, top view; 11 = swallow hole on rock boundary, top view; 12 = swallow hole on hidden rock boundary, top view; 13 = ponor, top view; 14 = swallow hole on hidden rock boundary, side view; 15 = swallow hole, side view; 16 = ponor, side view; 17 = rock boundary; 18 = hidden rock boundary; 19 = semiexhumed cone; 20 = permanent water-course; 21 = intermittent water-course; 22 = contour line; A = top view; B = side view; C = karstification of semiexhumed cone (Kleinpuszta heights)



5. ábra. Karsztosodás, a völgtengellyel megegyező irányú és a völgy alá eső eltemetett kúpokon (a Hidegaszó-völgy példáján). - 1 = laza üledékben képződött völgyoldal; 2 = laza üledékben képződött hajdani völgyoldal; 3 = mészkőben képződött völgyoldal; 4 = antiklinális völgy oldalnézetben; 5 = időszakos vízfolyás; 6 = vízáramlás a felszínen és vízzáró felett; 7 = vízelszívárgás; 8 = felsőjúra mészkő; 9 = középsőkréta mészkő; 10 = feltételezett vető; 11 = kavicsstakaró hajdani szintjei (a<sub>1</sub>; a<sub>2</sub>; a<sub>3</sub>); 12 = jelenlegi felszín; 13 = kavics; 14 = agyag; 15 = löszös üledék; 16 = agyagos üledék; 17 = áthalmazott kevert kavics, agyag, iszap; 18 = fedőüledékek hajdani és jelenlegi áthalmazódása; 19 = inaktív víznyelőbarlang felülnézetben; 20 = víznyelő töbrök felülnézetben; 21 = utánrogyásos töbrök; 22 = teljesen elpusztult víznyelők zónája; 23 = inaktív víznyelők, víznyelő töbrök zónája; 24 = víznyelő töbrök zónája; 25 = utánrogyásos töbrök zónája; 26 = inaktív víznyelőbarlang oldalnézetben; 27 = aktív víznyelő töbrök oldalnézetben; 28 = kőzethatár; 29 = rejtett kőzethatár; 30 = nem aktív kőzethatár; A = felülnézet, B = oldalnézet

Karstification on cones aligned parallel with valley axis or buried under valley floor (example of the Hidegaszó valley). - 1 = valley wall in loose sediments; 2 = former valley wall in loose sediments; 3 = limestone valley wall; 4 = anticlinical valley, side view; 5 = intermittent watercourse; 6 = direction of water flow on surface and over impermeable layer; 7 = water percolation; 8 = Upper Jurassic limestone; 9 = middle Cretaceous limestone; 10 = hypothetical fault; 11 = former gravel mantles (a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> and a<sub>3</sub>); 12 = present-day surface; 13 = gravel; 14 = clay; 15 = silt; 16 = clayey sediment; 17 = reworked, mixed gravel, clay and silt; 18 = earlier and present reworking of sedimentary cover; 19 = inactive swallow cave, top view; 20 = swallow hole, top view; 21 = collapse doline; 22 = zone of entirely destroyed ponors; 23 = zone of inactive ponors and swallow holes; 24 = zone of swallow holes; 25 = zone of collapse dolines; 26 = inactive swallow cave, side view; 27 = active swallow hole, side view; 28 = rock boundary; 29 = hidden lithological boundary; 30 = inactive lithological boundary; A = top view; B = side view

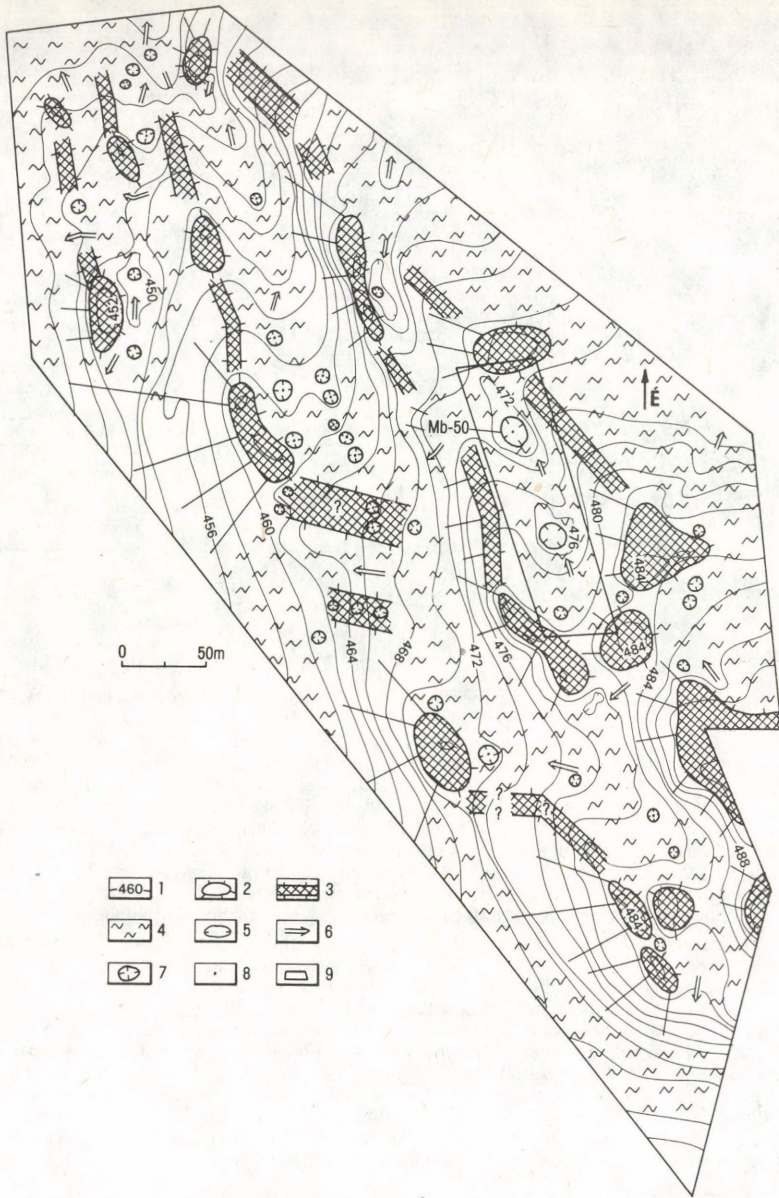




6. ábra. Karsztosodás a völgytengelyre merőlegesen elhelyezkedő, exhumálódó mészkőhátakon (a K-1 jelű víznyelő völgyének, valamint a Klein-pusztai-völgy példáján). - 1 = mészkőhát; 2 = mészkőhát tetőszintjének határa; 3 = mészkő; 4 = völgyoldal; 5 = víznyelő medre; 6 = vízfolyás; 7 = vízáramlás a felszínen és vízzáró felett; 8 = vízszivárgás; 9 = kavics; 10 = agyagos üledék; 11 = agyagos mállástermék; 12 = hajdani kavicsstakaró; 13 = a lösz felhalmozódása előtti völgytalp; 14 = hajdani löszelborítás; 15 = a jelenlegi felszín; 16 = fedőüledék hajdani és jelenlegi áthalmozódása; 17 = karsztosodott zóna felülnézetben; 18 = oldásos töbrök zónája; 19 = utánrogyásos töbrök zónája; 20 = inaktív víznyelők sávja; 21 = inaktív víznyelők és utánrogyásos töbrök sávja; 22 = inaktív víznyelő töbrök és utánrogyásos töbrök zónája; 23 = inaktív víznyelő töbrök (hajdani víznyelők) sávja; 24 = inaktív víznyelő töbrök sávja; 25 = aktív víznyelő töbrök; 26 = aktív víznyelő; 27 = rejtett víznyelőképződés; 28 = eltömődött vízlevezető járat oldalnézetben; 29 = fosszilis (feltöltődött) karsztos mélyedés oldalnézetben; 30 = jelenlegi kőzethatár; 31 = a karsztos mészkő hajdani felszíne; A = felülnézet, B = oldalnézet

Karstification on limestone ridges perpendicular to valley axis (examples of valley of ponor K-1 and Klein-pusztai valley). - 1 = limestone ridge; 2 = boundary of summit level of limestone ridge; 3 = limestone; 4 = valley wall; 5 = ponor channel; 6 = water-course; 7 = direction of water flow on surface and over impermeable layer; 8 = water percolation; 9 = gravel; 10 = clayey sediments; 11 = clayey weathering products; 12 = former gravel mantle; 13 = valley floor prior to accumulation of weathering products; 14 = former weathering product mantle; 15 = present-day surface; 16 = earlier and present reworking of sedimentary cover; 17 = zone of karstification, top view; 18 = zone of solution dolines; 19 = zone of collapse dolines; 20 = zone of inactive ponors; 21 = zone of inactive ponors and collapse dolines; 22 = zone of inactive swallow holes and collapse dolines; 23 = zone of inactive swallow holes (fossil ponors); 24 = zone of inactive swallow holes; 25 = inactive swallow hole; 26 = active ponor; 27 = hidden ponor formation; 28 = blocked underground channel, side view; 29 = fossil (infilled) karst depression, side view; 30 = present-day lithological boundary; 31 = former surface of karstified limestone; A = top view, B = side view

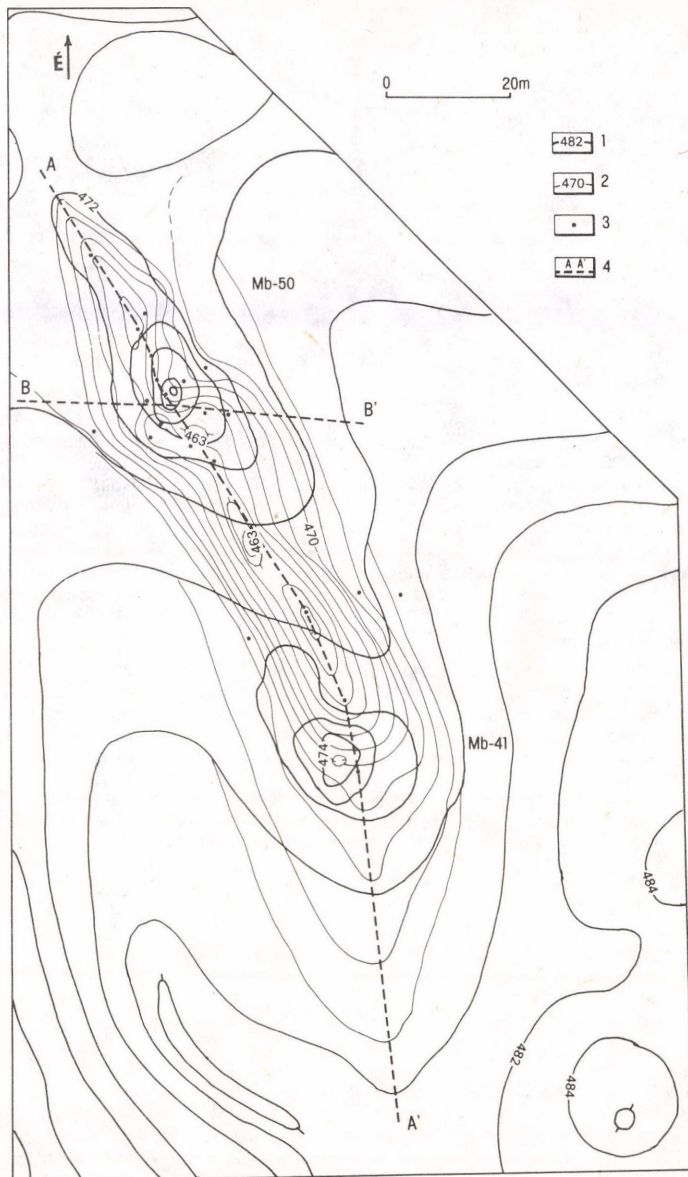




7. ábra. Mészőkúpok exhumálódása és karsztosodása a Mester-Hajag északi részén. - 1 = szintvonal; 2 = exhumálódó kúp; 3 = félig exhumált kúp; 4 = kúpok közti laza üledékekkel fedett térszín; 5 = kúpok közti laza üledékekkel fedett lefolyástalan térszín; 6 = anyagáthalmazódás; 7 = karsztos mélyedés; 8 = vízvezető járat karsztos mélyedésben; 9 = részletesebben ábrázolt terület

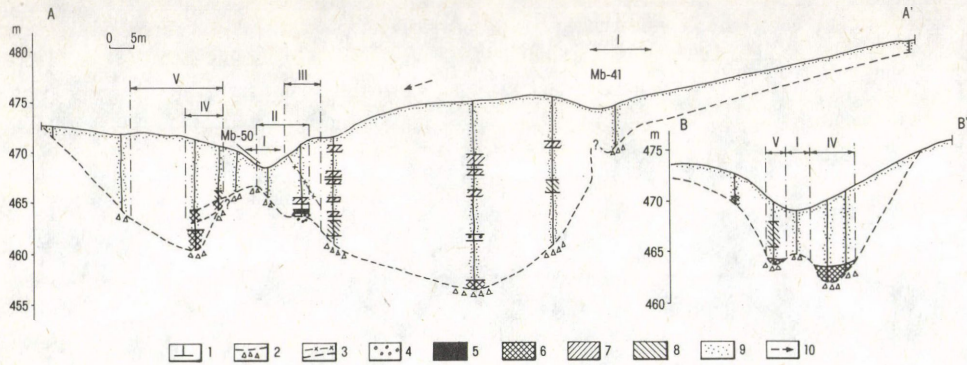
Exhumation and karstification of a limestone cone, northern part of Mester-Hajag. - 1 = contour line; 2 = exhuming cone; 3 = semiexhumed cone; 4 = terrain between cones covered by loose sediments with no drainage; 5 = material reworking; 6 = material reworking; 7 = karst depression; 8 = channel in karst depression; 9 = enlarged area





8. ábra. A Mester-Hajagon az Mb-50 jelű karsztos mélyedés környékének fektü- és felszíni domborzati térképe (VERESS M.—FUTÓ J.—HÁMOS G. 1986). - 1 = szintvonal; 2 = mészkőfekü szintvonal; 3 = fúrás hely; 4 = szelvény (ld. a 9. ábrát)

Footwall and surface relief map of the karst depression Mb-50, Mester-Hajag, and environs (VERESS, M.—FUTÓ, J.—HÁMOS, G. 1986). - 1 = contour line; 2 = contour line of limestone footwall; 3 = borehole; 4 = profile (see Fig. 9)



9. ábra. A Mester-Hajagon az Mb-50 jelű karsztos mélyedés környékének üledékföldtani szelvényei (VERESS M.—FUTÓ J.—HÁMOS G. 1986, módosítva). - 1 = fúrás helye; 2 = fúrással elért mészkőfelek; 3 = feltételezett hajdani és jelenlegi mészkőfelek; 4 = kavics; 5 = barna agyag; 6 = vörösbarna agyag; 7 = laminit; 8 = eltemetett talaj; 9 = lösz, agyagos lösz; 10 = hajdani anyagszállítás, I. rejtett kőzethatáron kialakult recens mélyedések (Mb-50; karsztosodással széttronsolt kiemelkedés tetején, Mb-41: kiemelkedés oldalában), II. karsztosodással lepusztult kiemelkedés (a vörösbarna agyag hiánya jelzi, hogy környezete fölé magasodó lepusztulási térszín volt), III. a kúp hajdani karsztosodó oldala (a felületét metsző laminitösszletek tavak szintjeit, tehát a kőzethatár eltolódását jelzik), IV. a kúp lejtőjén és mélyedéseibe áthalmozódva megnövekedett vastagságú vörösbarna agyag, V. feltehetően fosszilis mélyedés (kialakulását követően vörösbarna agyag, lösz, majd nagy vastagságban talaj töltötte ki)

Sedimentological profiles of the karst depression Mb-50, Mester-Hajag, and environs (VERESS, M.—FUTÓ, J.—HÁMOS, G. 1986). - 1 = borehole; 2 = underlying limestone reached by borehole; 3 = hypothetical former and present-day limestone footwall; 4 = gravel; 5 = brown clay; 6 = reddish-brown clay; 7 = laminite; 8 = buried soil; 9 = silt, clayey sediments; 10 = former transport; I = recent depressions on hidden rock boundary (Mb-50: on summit destroyed by karstification and Mb-41: in side of elevation); II. elevation destroyed by karstification (lack of reddish-brown clay indicates that it once rose above its environs); III = formerly karstifying side of cone (the laminite series indicate pond levels and the shift of rock boundary); IV = increased thickness of reddish-brown clay redeposited on slopes and depressions of the cone; V = presumably fossil depression (with subsequent fill of reddish-brown clay, silt and deep soil)

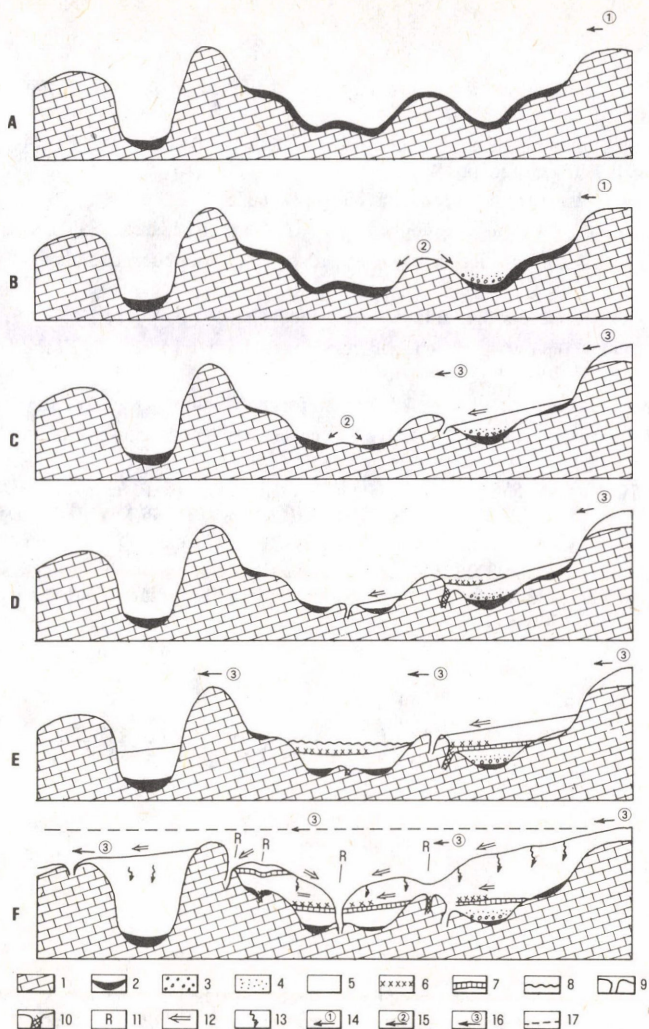
### Következtetések

1. A Hajag-Papod hegycsoportban az őskarsztos térszín kúpjai, hátjai karsztosodnak. A kőzethatár menti karsztosodást a kúpok közötti nem karsztos kőzetekből felépült térszínekről lefolyó vizek okozzák.

2. A sasbérc megbillent felszínén a laza anyagok áthalmozódtak. Ezzel párhuzamosan a kőzethatárok a kúpokon felfelé ill. lefelé is áthelyeződtek, ami a karsztosodási zónák eltolódását vonta maga után. A kőzethatárok eltolódása a karsztos formák átalakulását, fejlődésük szüneteltetését, ill. továbbképződésüket eredményezte.

3. A karsztformák elterjedése alapján következtetni lehet az egykor aktív kőzethatár helyére, továbbá különböző korú karsztformák kimutatásával annak térbeli változásaira. Ezért az inaktivizálódott és a jelenlegi karsztos formák elrendeződése alapján rekonstruálható a felszínfejlődés jellege.





10. ábra. A Mester-Hajag Mb-50 jelű mélyedés környékén végbement karstosodás fejlődéstörténete (VERESS M.—FUTÓ J.—HÁMOS G. 1987). - A = vörösbarna agyag kialakulása előtti karstos térszín; B, C, D, E = eltemetődést kísérő karstosodás; F = recens exhumulációt kísérő karstosodás; 1 = mészkő; 2 = vörösbarna agyag; 3 = kavics; 4 = homok; 5 = lösz; 6 = laminit; 7 = agyagos lösz; 8 = tó; 9 = aktív karstos járat; 10 = kitöltött karstos járat; 11 = recens karstos mélyedés; 12 = vízáramlás a felszínen és a vízzáró felett; 13 = vízbeszivárgás; 14 = kavics és homok áthalmazódása; 15 = vörösbarna agyag áthalmazódása; 16 = lösz áthalmazódása; 17 = a legnagyobb eltemetődés feltételezett szintje

Geomorphic evolution of karst in the environs of depression Mb-50 of Mester-Hajag (VERESS, M.—FUTÓ, J.—HÁMOS, G. 1987). - A = karst surface prior to reddish-brown clay deposition; B, C, D and E = karstification accompanying burial; F = karstification accompanying recent exhumation; 1 = limestone; 2 = reddish-brown clay; 3 = gravel; 4 = sand; 5 = silt; 6 = laminite; 7 = clayey sediment; 8 = pond; 9 = active karst passage; 10 = in filled karst passage; 11 = recent karst depression; 12 = direction of water flow on surface and over impermeable layer; 13 = infiltration; 14 = reworked gravel and sand; 15 = reworking of reddish-brown clay; 16 = reworking of fine material; 17 = presumable level of deepest burial

## IRODALOM

- DÉNES GY. 1971. A fokozatosan lepusztuló vízzáró takaró szerepe az exhumálódó karszt morfológiai fejlődésében. - *Karszt és Barlang*, pp. 5-8.
- FUTÓ J. 1985. Fúrásos kutatás a Mester-Hajagon. - CHOLNOKY J. BKCS., 1985. Évi. Jel. (szerk.: VERESS M.) MKBT. Dok. Szakoszt., pp. 12-29.
- HEVESI A. 1978. A Bükk szerkezet- és felszínfejlődésének vázlata. - *Földr. Ért.* 27. pp. 169-203.
- HEVESI A. 1980. Adatok a Bükk-hegység negyedidőszaki ősföldrajzi képéhez. - *Földr. Közl.* 28. pp. 540-550.
- JAKUCS L. 1956. Adatok az Aggteleki-hegység és barlangjainak morfogenetikájához. - *Földr. Közl.* 5. pp. 25-38.
- JAKUCS L. 1971. A karsztok morfogenetikája. - Akadémiai Kiadó, Bp., 310 p.
- NOSZKY J. et al. 1957. A Bakony-hegység északi részének földtani térképei. - MÁFI Évkönyv XLVI. köt., 3. zárófüzet
- VERESS M. 1982. Adatok a Hárskúti-fennsík karsztmorfogenetikájához. - *Karszt és Barlang*, pp. 71-82.
- VERESS M. 1987. Fedett karsztok karsztos mélyedéseinek természetes és antropogén működési sajátosságai. - *Földr. Ért.* 36. pp. 91-114.
- VERESS M.—FUTÓ J.—HÁMOS GY. 1986. Üledékföldtani kutatások a Mester-Hajag A. j. terület északi részén. - CHOLNOKY J. BKCS., 1986. Évi Jel. (szerk.: VERESS M.) MKBT Dok. Szakoszt., pp. 32-63.
- VERESS M.—FUTÓ J.—HÁMOS G. 1987. Fosztilis karsztosodás nyomai a Mester-Hajagon. - Oktatási Intézmények Karszt- és Barlangkutató Tevékenységének II. Országos Tudományos Konferenciája, Szombathely, pp. 25-29.

### GEOMORPHIC EVOLUTION OF PALEOKARSTIC HORSTS IN THE HAJAG-PAPOD MOUNTAIN GROUP, BAKONY MOUNTAINS

by *M. Veress*

#### S u m m a r y

In area under study karstification of the exhuming or burying limestone cones is observed in places where rainwater runoff from surfaces with sedimentary cover reach rock boundaries. Erosion or accumulation resulting from the tectonic movements of horsts involves the shift of lithological boundaries and the relocation or rejuvenation of the assemblage of karstic features in the sides of the cones. The following types of exhumation can be identified (the individual types are accompanied by particular karstic features):

- Areal denudation characterizes horsts of limited extension. The summit level could be entirely exposed (or quasi-exposed).

- A drainage may develop over horsts or large surfaces. Valleys may be aligned parallel with the longitudinal axes of buried ridges (among cones and ridges or above them), or perpendicular to them (Figs 3,5 and 6). In the first case karst features are arranged parallel with the valley, while in the other case karstification on the valley floor occurs where the water-course in the valley reaches the summit level of the buried cone.

Translated by D. LÓCZY