

A B-2 MÉLYEDÉSRENDSZER (BALFI-TÖNK) MORFOLÓGIAI TÉRKÉPEZÉSÉNEK TAPASZTALATAI

PRODÁN TÍMEA

MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, Sopron, Csatkai u. 4.
prodantimea@ggki.hu

Abstract: We examined the depression-system marked B-2 (Balfi-tönk). We constructed the relief map and the morphology map of the depression-system. We examined cavernous of the rock on the area and the surroundings of the depression-system. We establish that the western and the middle part of depression-system have natural origin. There parts developed by breakdown of cavities. The eastern of the depression-system is man-made.

1. Bevezetés

E tanulmány célja, hogy a Balfi-tönk B-2 jelű mélyedésrendszerét morfológiai térképének felhasználásával bemutassa, kialakulásához adatokat, további kutatásához szempontokat szolgáltatson.

A Fertőmelléki-dombság a Fertő-tó és a Soproni-medence közötti gyengén tagolt, kis magasságú (200-300 méter) deráziós-eróziós dombság (ÁDÁM 1990). A Soproni hegység folytatását képező metamorf kőzetek csak néhány helyen bukkannak elő (Rétibérc, Kőhegy). A metamorf kőzeteket harmadidőszaki (lajtamészke, szarmata mészkő, konglomerát, homok, homokkő) kőzetek fedik (VENDEL 1972, KÁRPÁT-ÁDÁM 1975). A dombság lajtamészkeből felépített része a Balfi-dombság, vagy Balfi-tönk, amely különösen a Fertő-tó, illetve a Kőhidai-medence felé végződik el határozott peremmel. A Fertő-medencétől határát és K-i peremét egy É-D-i irányú vetődés (vetőrendszer) mentén kialakult töréslépcső képezi. Ny-i határát egy a Nagy- és Kis-Tómalmokat magába foglaló regressziós völgy, peremét a völgy lejtője jelöli ki. Ez a völgy dél felé a Pinty-tető magasságában már olyan mértékben kiékelődik, hogy az Arany-hegy környékén a tönk nem különül el a Soproni-medencétől. Északi peremét a Rákosi (Liget)-patak epigenetikus völgye – amely a lajtamészke vonulatot ketté vágja - alkotja.

A lajtamészke összlet általában durva, ritkán keményebb, tömött mészkőből, vagy laza mészhomokból álló képződmény, amelybe helyenként agyagos-márgás vagy homokkőves padok is települnek. A megfigyelhető üledékek sekély tengerben keletkezett, partszegélyi képződmények, olyannyira, hogy a tengerfenék még általában a hullámverés övébe esett. Ennek következtében a mészkő anyagát elsősorban, kőzetalkotó jelleggel, a

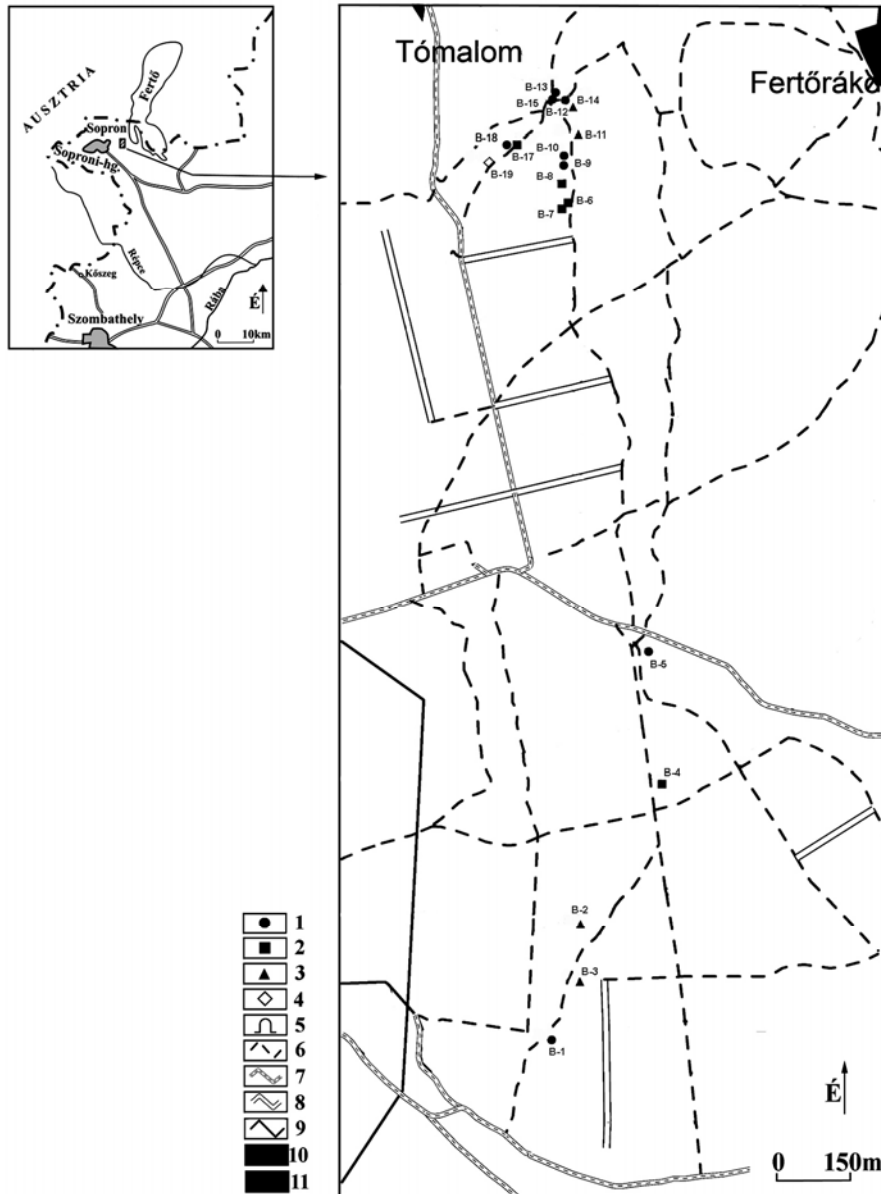
Lithothamnium ramosissimum Reuss mészalga szolgáltatta. A mészalga fenéki gyepszőnyegei a hullámverés áldozatául estek, összetöredeztek, és ez a törmelékanyag a mészkő felépítésében főszerephez jutott. A mészkőben és a mészhomokban gyakori az osztrigapadokat alkotó *Ostrea digitalina* Dubois. Nem ritkák egyéb kagylók sem, főleg különböző *Pectenek* (VENDEL 1972). A lajtamészkő keskeny É-D-i csapású sávban húzódik. Vastagsága mintegy 150-200 m, gyengén rétegzett, a rétegek dőlésiránya É-on 215°, délen 22°. Az általunk mért dőlésszögek nem jelentősek (20°-os értékek).

A Balfi-tönk K-nek dőlő hegyláb lépcső. Felszíne két szintre különíthető. Egy a Ny-i részén sorban elrendeződő három magaslatra (Kecskehegy, Pinty-tető és egy névtelen magaslat), amelyek környezetük fölé legfeljebb néhányszor 10 m-rel emelkednek. E magaslatokat fogja közre egy 200 m-nél alacsonyabb sík térszín. Ez utóbbit a tönk K-i és É-i részén tagolja néhány rövid, sekély és széles, száraz völgy. Előzőek K-Ny-i csapásúak és regressziósak (esetleg regressziós-epigenetikus), utóbbiak csapása É-D irányúak és epigenetikus, vagy deráziós eredetűek lehetnek.

A tönk területéről a Tóalmi-dombról és a Pinty-tető környékéről írnak le karsztosodást (KOTSIS 1940, BULLA 1964, KÁRPÁT-ÁDÁM 1975). KOTSIS (1940) szerint a karsztformák felszakadt barlangok és dolinák.

2. Kutatási módszerek

- Terepbejárások során beazonosítottuk a felszíni, lefolyástalan (és így karsztszerűnek tekintett) formákat, amelyeket 1:5000 méretarányú, áttekinthető térképen ábrázoltunk és mutatunk be (1. ábra).
- A B-2 mélyedésrendszerről felméréssel 1:500 méretarányú domborzatrajzi térképet készítettünk.
- A mélyedésrendszer és képződményeinek bemutatása, valamint kialakulásának értelmezése céljából e mélyedésrendszer morfológiai felmérését is elvégeztük. A felmérés adatainak felhasználásával a domborzatrajzi térképet morfológiai térképpé fejlesztettük (2. ábra). Ez utóbbi térképhez speciális jelkulsrendszert fejlesztettünk ki. Ezt a mélyedésrendszer és képződményeinek viszonylag kis mérete, sajátos morfológiája és genetikája tette szükségessé.
- A kőzet üregesedtségét a mélyedésrendszer területén, ill. peremén VESZ szondázással vizsgáltuk. Az üregesedtség vizsgálatára a mélyedésrendszer kialakulásának értelmezése miatt volt szükség.

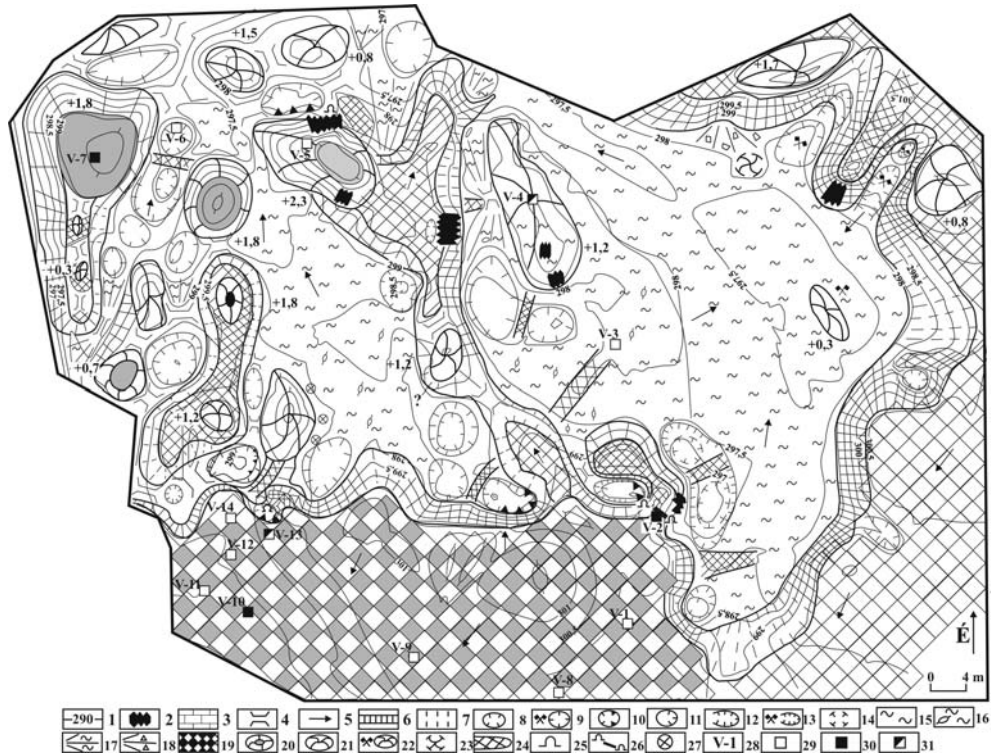


1. ábra: Karsztszerű formák a Balfi-tönkön

Jelmagyarázat: 1. kisméretű egyszerű mélyedés, 2. kisméretű összetett mélyedés, 3. nagyméretű összetett mélyedés, 4. kisméretű összetett mélyedés csoportosan, 5. barlang, 6. földút, 7. műút, 8. nyiladék, 9. villanyvezeték, 10. vízfelület, 11. település

Fig. 1: Karst-like forms on the Balfi-tönk

Legend: 1. small-sized simple depression, 2. small-sized complex depression, 3. great sized complex depression, 4. group of small-sized complex depression, 5. cave, 6. dirt road, 7. high road, 8. path, 9. electric cable, 10. lake, 11. village



2. ábra: A Balfi-tönk B-2 jelű mélyedésrendszerének morfológiai térképe

Jelmagyarázat: 1. szintvonal, 2. kőzetkibúvás, 3. köfal, 4. nyereg, 5. felszín dőlése, 6. meredek lejtő, 7. lankás lejtő, 8. zárt, lankás oldalú, természetes eredetű mélyedés, 9. zárt, szimmetrikus, lankás oldalú, átalakított mélyedés, 10. zárt, aszimmetrikus, meredek oldalú, természetes eredetű mélyedés (aszimmetrikus szakadéktöbör), 11. zárt, aszimmetrikus, lankás oldalú természetes eredetű mélyedés, 12. majdnem zárt, lankás oldalú, természetes eredetű mélyedés, 13. majdnem zárt, lankás oldalú, átalakított mélyedés, 14. belső, zárt, lankás oldalú, természetes mélyedés, 15. kis lejtésű sík felszín, 16. kisebb halmokkal tagolt, kis lejtésű sík felszín, 17. magaslatok közti legfeljebb 10°-os dőlésű felszín, 18. törmelékkúp, 19. határoló sík térszín, 20. sík tetejű, körkörös kiemelkedés, magaslat (magassága méterben), 21. körkörös, nem síktetejű kiemelkedés, magaslat (magassága méterben), 22. mesterséges eredetű magaslat (magassága méterben), 23. kisebb méretű, nem térképezett kiemelkedés, 24. kúszób, 25. barlang, 26. átjáró barlang, 27. járat, 28. VESZ mérés azonosító jele, 29. a VESZ mérési helynél üreg nem valószínűsíthető, 30. a VESZ mérési helynél üreg valószínűsíthető, 31. a VESZ mérés nem egyértelműen értelmezhető

Fig. 2: Morphology map of B-2 marked depression system of the Balfi-tönk

Legend: 1. contour line, 2. rock on the surface, 3. stone-wall, 4. saddle, 5. dip of the surface, 6. steep slope, 7. gentle slope, 8. close, naturally originated depression with gently slope, 9. close, man-made depression with gently slope, 10. close, asymmetrical naturally originated depression with steep slope (asymmetrical collapse doline), 11. close asymmetrical naturally originated depression with gently slope, 12. almost close, naturally originated depression with gently slope, 13. almost close, man-made depression with gentle slope, 14. internal, close, naturally originated depression with gentle slope, 15. planar surface, with small dip, 16. planar surface with small dip which is dissected with small mounds, 17. surface between mounds and its dip is 10° at most, 18. alluvial fan, 19. planar surface which borders the depression system, 20. circular mound whose roof is planar (its altitude is in metres), 21. circular mound whose roof is not planar (its altitude is in metres), 22. natural mound (its altitude is metres), 23. small-sized mound, which was not mapped, 24. ridge, 25. cave, 26. passable cave, 27. pit, 28. the mark of the VESZ measuring, 29. cave is unlikely at the place of the VESZ measuring, 30. cave is likely at the place of the VESZ measuring, 31. the VESZ measuring cannot be interpreted undoubtedly

3. A B-2 mélyedésrendszer és morfológiája

A tönkön 19 db lefolyástalan formát különítettünk el, amelyek két helyen csoportosulnak (Tóalmi-domb környékén és a Pinty-tetőtől délre). Ezeknek három változata különböztethető meg: kis méretű egyszerű mélyedés, kis méretű összetett mélyedés (az ilyen mélyedések több részmélyedésre különülnek) és a nagyobb összetett mélyedések. Ez utóbbiak több száz méter átmérőjük is lehetnek, morfológiájuk változatos (pl. belsejüket kiemelkedések és mélyedések tagolják). A B-2 mélyedésrendszer ez utóbbi változatba tartozik. Jellemzését a morfológiai térkép (2. ábra) felhasználásával végezzük el.

A B-2 mélyedésrendszer a K vonal turistaúttól Ny-ra elhelyezkedő, kissé K-Ny-i irányban megnyúlt rendszer, amelynek képződményei É-D-i irányultságot mutatnak. É-i irányból kapcsolódik hozzá a Szárhalmi-kőfejtő. Formaelemei közt említhetők a lejtők, a magaslatok, a különböző mélyedések, a sík térszín, valamint a barlangok és a járatok.

Összefüggő lejtő a mélyedésrendszert félkörben övezi K-ról, D-ről és Ny-ról, míg É-i részén hiányzik. Ez a lejtő D-en a legmarkánsabb, 1-2 m magas, közel függőleges, néhol sziklás, és aszimmetrikus szakadéktöbrökkel (ld. alább) tagolt. K-i része kevésbé meredek, ÉK-en már olyan bemélyedések tagolják, amelyek valószínűleg nem, vagy csak részben természetes eredetűek (ld. alább). A Ny-i lejtőszakasz É-i irányban fokozatosan magaslatokba megy át.

A magaslatok két változata különíthető. A megnyúlt küszöbszerű formák és azok, amelyek kevésbé megnyúltak (körkörös magaslat). Ez utóbbiak lehetnek sík tetejűek, vagy lekerekítettek. Magasságuk 0,5-2,5 m közötti, átmérőjük 5-15 m közötti lehet. Előfordulnak közöttük természetes (ezek a nagyobbak) és mesterségesek (ez utóbbiak omladékhalmok). A természetes eredetűek száma: kb. 15 db. É-D-i irányban rendeződnek. Gyakran küszöbökön sorakoznak. A küszöbök kapcsolódhatnak a határoló térszínhez is. Ezek felülnézetben íves oldallejtőkkel határolt formák, amelyek íves alakja arra vezethető vissza, hogy szakadéktöbröket fognak közre. E küszöb típus mindössze 1-2 m magas, hossza is legfeljebb néhány méter. Elévésződhetnek viszonylag meredekebb lejtővel, vagy fokozatosan a határoló térszínbe simulnak (félküszöb).

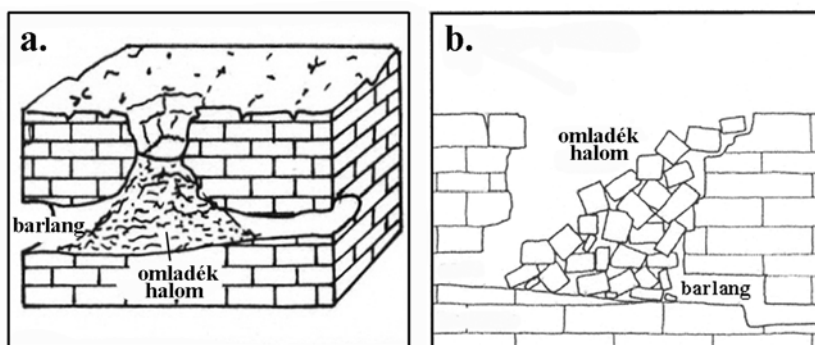
Legjellegzetesebb mélyedésformák az aszimmetrikus szakadéktöbrök, amelyek a fal peremén sorakoznak küszöbök által közrefogva. Keresztmetszetük aszimmetrikus, miután a mélyedésrendszer felől a határoló lejtő hiányzik, vagy ha nem, az kiszőlésű. Átellenes lejtőjük, amely mélyedésrendszer lejtője meredek. Hasonlóképpen meredek lehet a határoló kü-

szöbök felőli lejtőjük is. Aljzatk néha egyenetlen (az aljzaton omlási halom fordulhat elő), oldallejtőiken kisebb, néhány m-es barlangok, a határoló küszöbökön átjárók fordulhatnak elő. Átmérőjük mintegy kb. 5-10 m közötti. A mélyedésrendszer D-i és K-i lejtője mentén mintegy 8 db különíthető el.

A mélyedésrendszer területén kettő, viszonylag nagyobb kiterjedésű, sík térszín fordul elő: az egyik a közepén, a másik a K-i részén. Elsősorban ez utóbbi esetében valószínűsíthető a mesterséges eredet. Ezt bizonyítják az itt található kisebb törmelékkúpok, valamint a sekély, szabálytalan mélyedések.

A mélyedések lehetnek zártak és nyitottak. Mindkettő mélyedés típus lehet mesterséges (v. átalakított) és természetes eredetű. A mesterséges eredetű nyitott mélyedések a mélyedésrendszer lejtőjén helyezkednek el. Belsejükben törmelékkúpok és falmaradványok fordulnak elő. Elsősorban a mélyedésrendszernek a már említett ÉK-i részét jellemzik. A nyitott természetes eredetű mélyedések a kiemelkedések közti egy, vagy két irányba lejtő köztes felszínnek.

Nemcsak a zárt mesterséges mélyedések mélysége kicsi (0-1 m közötti), hanem a természetes mélyedéseké is (a 2 m-t nem haladja meg. Ez utóbbiakat is kissé szabálytalan alak jellemzi, peremeik rendszerint több ívből tevődnek össze. Azokat a mélyedéseket tekintettük mesterségesnek, amelyek peremén törmeléksánc, törmelékkúpac fordult elő.

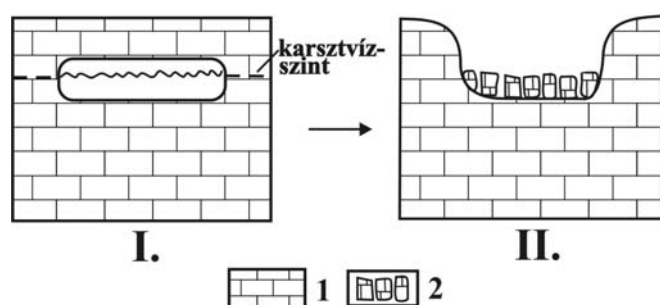


3. ábra: Szakadéktöbrök: a. JENNINGS (1985) szerint, b. WILLIAMS (2003) szerint
Fig.3: Collapse doline: a. according to JENNINGS (1985), b. according to WILLIAMS (2003)

4. A B-2 mélyedésrendszer és képződményeinek a kialakulása

Az aszimmetrikus szakadéktöbrök egykori üregek beszakadásával alakultak ki. Ezt bizonyítja, hogy meredekebb oldalfalukon barlangok, a határoló küszöbökön átjáró barlangok találhatóak. Ismert, hogy a szakadéktöbrök üre-

gek, barlangok, beszakadása során képződnek, miáltal a töbrök peremén az omlás miatt elpusztult barlangok maradványai (3. ábra) fordulnak elő (FORD-WILLIAMS 1989, WILLIAMS 2003). A B-2 mélyedésrendszerben az omlásoknak kedvez, hogy az egykori üregek a felszínhez közeli helyzetűek voltak. Ezt bizonyítja, hogy a mélyedésrendszer maradványbarlangjainak a mennyezete nem haladja meg a 2 m-t. Vékony mennyezetű, üregekből kialakuló, ezért sekély (tehát a mélyedésrendszer szakadéktöbreihez hasonlóan sekély) formákat (4. ábra) ír le VERESS (1999) a Dörgő-hegyről (Bakony-hegység). Az ilyen vékony mennyezetű beszakadásoknál nem keletkezik omladék szemben azzal, amikor vastagabb mennyezetek omlanak be. Vékony mennyezet esetén a kis méretű üreg mennyezete is beomolhat, továbbá a létrejövő mélyedés kis mélységű lesz. Tehát a szakadéktöbrök kialakulása és jellemzői (kis mélység) a beomló üregek felszín közeli helyzetével magyarázható. Az omladék elrendeződése viszonyt azzal, hogy az üreg milyen helyzetű volt, ill. azzal, hogy hol helyezkedett el a mélyedésrendszer falához képest (5. ábra).



4. ábra: Felszín közeli üreg beomlásával kialakuló szakadéktöbör (VERESS 2004)

Jelmagyarázat: 1. mészkő, 2. omladék

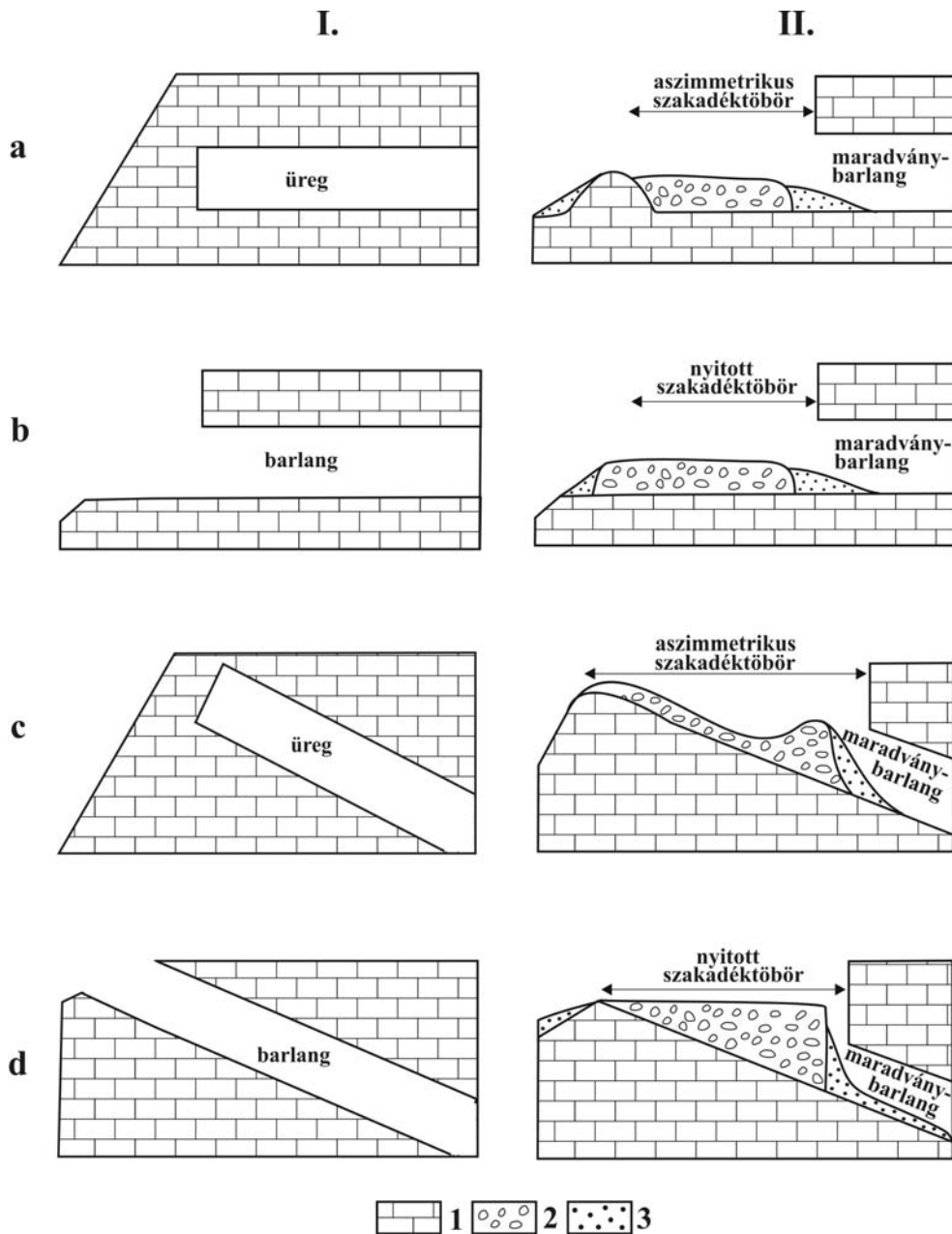
Fig. 4: Collapse doline, which develops by breakdown of surface-near cave (VERESS 2004)

Legend: 1. limestone, 2. cave debris

A napjainkban is végbemenő omladozásokra utalnak a mélyedésrendszer belsejében és peremén előforduló felnyílások.

A körkörös magaslatok, de azok a küszöbök is, amelyek a határoló térszínből ágaznak ki – miután magasságuk megegyezik a környező felszín magasságával – az omlásokból visszamaradt maradványformák. Legegyszerűbben úgy alakulhatnak ki, ha az átjárók mennyezete beomlik, ezáltal a küszöbök a határoló térszínről lefűződnek.

Mind a nyitott, mind a zárt természetes mélyedések az eredeti térszín omlásos süllyedéssel végbemenő elegyengetődéssel jöttek létre.



5. ábra: Szakadéktöbrök kialakulásának néhány lehetséges esete a mélyedésrendszer peremén
 Jelmagyarázat: 1. mészkő, 2. omladék, 3. áthalmazott anyag a-b.: az üreg, vagy barlang közel vízszintes helyzetű,
 c-d: ferde helyzetű üreg vagy barlang.

Fig. 5: Several cases of development of collapse dolines at the margin of depression system
 Legend: 1. limestone, 2. cave debris, 3. transported matter, a-b.: cavity or cave which have nearly planar position,
 c-d: cavity or cave which is in slanting position

A mélyedésrendszert határoló lejtő a határoló térszín üregeinek omladozása során önmagával párhuzamosan eltolódva hátrál. A lejtő fentebb vázolt eredetét nemcsak az omlásokat bizonyító szakadék töbrök és barlangok bizonyítják, hanem a geofizikai vizsgálatokkal kimutatott zárt üregek a határoló térszín közeteiben.

A fenteből kiindulva a B-2 mélyedésrendszer kialakulása úgy történhetett, hogy az omlások által létrehozott lejtő D-i irányban eltolódott. Ezáltal a mélyedésrendszer horizontálisan D-i irányba terjeszkedett. Ezért a mélyedésrendszer középső és Ny-i részét tartjuk természetes eredetűnek. ÉK-i részét (és az É-t, amely már nem esik a térképlapra) viszont mesterséges eredetűnek. Az ÉK-i részen feltehetőleg mészégetőket működtettek. Az égetéshez szükséges nyersanyagot a mélyedésrendszer K-i részéről nyerheték: vagy az eredeti felszínt megbontva, vagy a mélyedésrendszer magaslatait lebányászva.

Következtetések

- A morfológiai térképezés más módszerekkel (pl. geofizikai) alkalmas lehet a tönk mélyedéseinek, mélyedésrendszereinek minősítésére, azoknak ill. egyes részeiknek kialakulásának értelmezésére.
- A B-2 mélyedésrendszer természetes (középső és nyugati része), míg a K-i részben mesterséges eredetű.

IRODALOM

- ÁDÁM L.* (1990): Fertőmelléki dombság p. 382-386. – In: Marosi S.-Somogyi S. (szerk.): Magyarország kistájainak katasztere I. – MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest, 479 p.
- BODRI GY.* (2004): Jelentés a Fertőrákostól DNy-ra (Balfi-tönk) végzett geoelektromos VESZ mérések eredményeiről – TERRATEST, Geodéziai Mérnöki Kft, Kézirat, Veszprém 7 p.
- BULLA B.* (1964): Magyarország természeti földrajza – Tankönyvkiadó, Bp. 424 p.
- FORD, D. C.-WILLIAMS, P. W.* (1989): Karst Geomorphology and Hydrology – Unwin Hyman, London 601 p.
- KÁRPÁT L.-ÁDÁM L.* (1975): Soproni-hegység p. 354-368 – In: Pécsi M. (szerk.) A Kisalföld és a Nyugat-magyarországi peremvidék – Akadémia Kiadó, Bp. 605 p.

- KOTSIS T.* (1940): Barlangok a tóalmi erdőben – Soproni Szemle 4. p. 101-105.
- VENDEL M.* (1972): Sopron város és környéke földtani felépítésének vázlatja – MÁFI Adattár, Kézirat, 16 p.
- VERESS M.* (1999): Az Északi-Bakony fedett karsztja – A Bakonyi Természettud. Kut. Eredményei 23, Bakonyi Természettud. Múzeum, Zirc, 167 p.
- WILLIAMS, P.* (2003): Dolines p. 304-310. – In: Gunn, J. (szerk.): Encyclopedia of caves and karst science, New York, London 902 p.

**FELSZÍNI DENUDÁCIÓS FORMÁK ÉS
GYAPJÚZSÁKBARLANGOK A VELENCEI-HEGYSÉG
GRÁNITJÁBAN**

ESZTERHÁS ISTVÁN

8045 Isztimér, Köztársaság u. 157.

Abstract: The Velencei Mountains in Hungary are situated in the central part of Transdanubia. They are mainly composed of Paleozoic granite. The granite was intruded into the Silurian-Devonian clay formation during the Variscan orogen. It was formed a batholith. Peculiar landforms have been developed as a consequence of the 300 million years old formation and denudation of the granite block. Greater and smaller groups of tors are emerging from the saprolite covered granite ridges. The tors were formed during an earlier tropical climate as a result of the water effected weathering. These tors were exposed later, after the partialdenudation of the saprolite. The boulders of the tors are usually rounded off, forming the so called woolsacks. Between the rounded boulders, which are more or less touching one another, passable holes can be found. These are the woolsack caves. The Author gives a general overview about the formation of the mountains and presents as pseudokarstic phenomena the development of the woolsacks, with the balanced rocks and the caves amongst them.

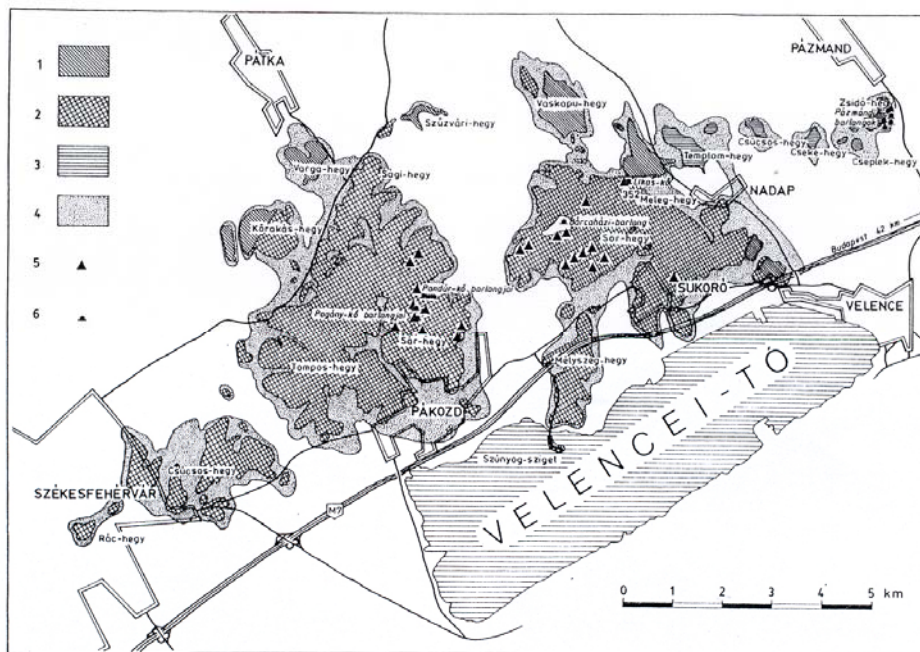
Bevezetés

A Dunántúl közepén, a Velencei-tó szomszédságában van Magyarország legkisebb, de legidősebb hegysége, a Velencei-hegység. Területe mintegy 40 km², legmagasabb csúcsa, a Meleg-hegy is csak 352 m. Felépítésében meghatározó a földtörténet ókorában keletkezett gránit. A gránit mintegy 300 millió éve tartó formálódása, lepusztulása sajátos felszíni formák kialakulásához vezetett. A változó vastagságú málladéktakaróba burkolózó gránithátakból kisebb-nagyobb csoportokat alkotó kőhalmok bontakoznak ki. A kőhalmok tömbjei többnyire lekerekített gyapjúsákokat és ingőköveket alkotnak. Az egymással többé-kevésbé még érintkező kerek kőtömbök között járható üregek is lehetnek, ezeket nevezik gyapjúsákbarlangoknak. A kicsiny Velencei-hegységben 16 barlangot ismerünk, melyek közül 8 gyapjúsákbarlang. Dolgozatunkban a hegység fejlődésének vázlata után a gyapjúsákok, ingőkövek és a köztük levő barlangok kialakulását kívánjuk bemutatni.

A Velencei-hegység kialakulásának vázlata

A hegység legősibb kőzeteinek a szilur (*JUHÁSZ* 1987) vagy devon (*KOCH* 1985) kori agyagból átalakult palákat tartják (Antónia-hegy, Varga-hegy). Az átalakulást csak részben okozta, hogy ezen agyagos rétegek közé prése-

lődött be az alsó-karbonban, a variszkuszi hegységképződés idején az a gránittömeg, mely egy batolitot alkotott - a nagyobb átalakulás a telérközetek intrúziójából származott. A gránit összetétele szerint biotitgránit. A felszín közelében megrekedt gránitbatolit kihülése közben fokozatosan zsugorodott és benne mély törések keletkeztek (KOCH 1985, PÉCSI-ÁDÁM 1988).



*1. ábra: A Velencei-hegység földtani térképe Jantsky (1953) után
Jelmagyarázat: 1. fillit, 2. gránit, 3. andezit, 4. lejtőtörmelék, 5. kőhalom, 6. barlang
Fig. 1: Geological map of the Velencei Mountains after Jantsky (1953)
Legend: 1. phillit, 2. granite, 3. andesite, 4. derbis, 5. tor, 6. cave*

A törésekbe aztán (valószínűsíthetően a felső-karbonban) a fejlődés következő, utómagmás szakaszában újabb izzó magma nyomult. Első fázisban gránitporfir (Pogány-kő, Sor-hegy), aztán pegmatit (Gécsei-hegy), majd aplit (Sár-hegy, Mélyszeg-hegy), legvégül a már csak savanyú kovasavból álló kvarc (Meleg-hegy), valamint a pneumatolitos és a hidrotermális ércesedést okozó oldatok (JANTSKY 1953, 1957). Az utómagmás telérképző folyamatok befejeződése után hosszabb idő elteltével, az eocénben jelentkezett a hegységnek csak a keleti részére korlátozódó andezitvulkanizmus. A hegység tönkösödése több szakaszban történt a permtől a felső-pannonig, de legszámtalibb a miocénben volt (PÉCSI-ÁDÁM 1988). A miocén tön-

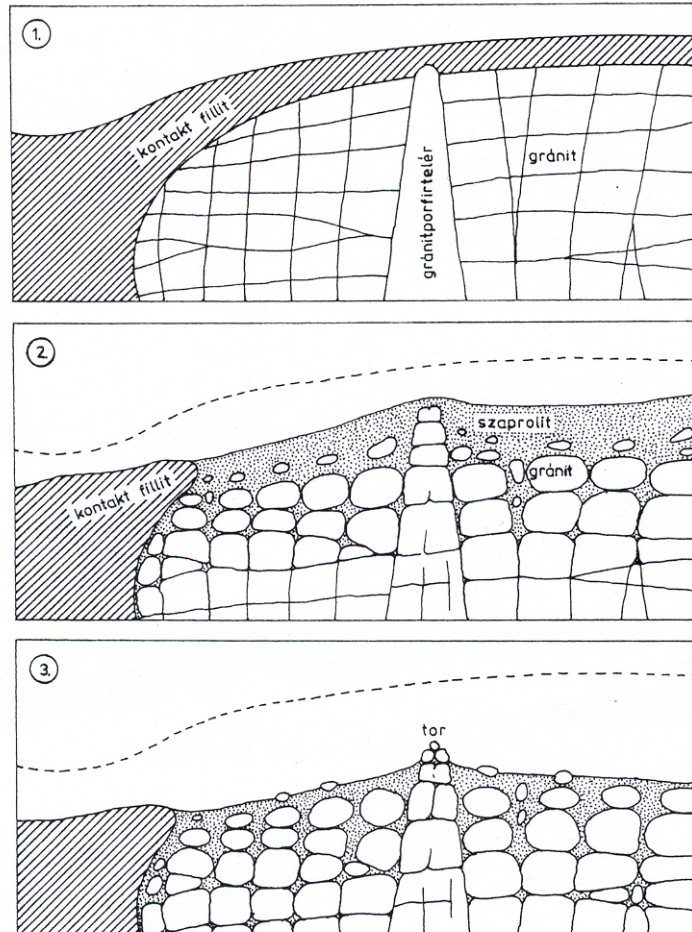
kösödés idején több rögre szakadt a korábban egységes gránittömzs, lepusztult róla a fedő palás réteg, aztán a trópusi klímán elkezdődött a gránit felszín alatti elbomlása, majd később felszíni denudációja.

A szárazföldi felszínalakulás aztán a felső-pannonban szakadt meg, amikor tenger alá került a terület. A pleisztocénben aztán ismét kiemelkedett és ekkor nemcsak a pannon rétegek pusztultak le róla, hanem a denudációt a korábbi kőzetek is elszenvedtek, exhumálva az ellenállóbb kőzetű telérek fejét. Ez a kitakarózás még napjainkban is tart (*1. ábra*).

A gránit felszín alatti lepusztulása

A jelenlegi gránitfelszín alakulása már akkor elkezdődött, amikor az még fedett állapotban volt. A gránittömzs a lehülés, a kéregmozgások hatására, ásványszerkezetéből adódóan a tér mindhárom irányába sűrűn töredezetté vált. A repedésekbe mind alulról, a magmakamra felől, mind felülről, a csapadékeredetű víz (illetve vizes oldatok) mélyen képes behatolni. A felszín alakulásának szempontjából fontosabb a repedésekbe felülről behatoló víz, ezért az alulról támadó, berezitesedést okozó hidrotermális hatásról itt most nem térünk ki. A talajon és a fedőkőzetek (fillitek) maradékán át beszivárgott víz a repedések felületén hidrolízisesen mállasztotta a gránit földpátjait, csillámjait. A víz hidrogénionjai többlépcsős reakciókban helyettesítették az előbb említett ásványok káliumionjait. A keletkezett finom elbomlási maradék (agyagásványok, hidroxidok, kolloid kovasavak) a szivárgó vízzel távozott. A kvarcsemcsék és a gránit egyéb kevésbé oldódó összetevői pedig felhalmozódtak. A miocéntől napjainkig felgyűlt málladéktakaró helyenként 10-30 m vastagságú (*2. ábra*). A gránit szerkezeti törései mentén a mállás által egyre tágasabb rések alakultak. A gránitkockák lapjait a mállasztó hatás egy irányból támadta, míg a csúcsokat három irányból érte a támadás, így annak hatása is többszöröse lett mint a lapok közepén, ezáltal aztán lassacskán kikerekedtek a tömbök (*1. kép*). A biotitgránit elbomlása erőteljesebb volt, mint az ettől eltérő összetételű telérekőzeteké, ezért az mélyebben is mállott ki. A szelektív mállás eredményeként meglehetősen szabálytalan mélységű és formájú málladéktakaró (szaprolit) alakul ki a grániton (*BUTZER 1986*), és így a Velencei-hegységben is. A pleisztocénben elkezdődött jelentős kiemelkedés következtében így a lepusztuló málladéktakaró alól már a miocénben kialakult repedéshálózattal és kőtömbökkel rendelkező telérek fejei bontakoztak ki (*PÉCSI-ÁDÁM 1988*). A Velencei-hegységnek ez a fajta lepusztulása erős hasonlóságot mutat a *BÜDEL (1957)*, a *THOMAS (1974)* és mások által is leírt trópusi felszínfejlődéssel,

így arra kell következtetnünk, hogy a hegység meghatározó lepusztulása főleg a miocénből ismert szemitropikus éghajlat idején játszódott le.



2. ábra: A Velencei-hegység gránitjának lepusztulása
 Jelmagyarázat: 1. A gránitbatolith kihülési repedezettsége, 2. A gránittömbök mállásos lekerekedése és a szaprolitképződés, 3. A szaprolit lepusztulásával felszínre kerülnek a kőtömbök
 Fig. 2: Denudation of the granite in the Velencei Mountains
 Legend: 1. Cooling cracks of the granite batholith, 2. Rounding of the granite boulders by the chemical weathering and saprolite development, 3. The tors are emerging after the denudation of the saprolite



1. kép: Lekerekített sarkú gránittömbök
Picture 1: The corners of the granite boulders are rounded

Felszíni denudációs formák

A Velencei-hegység jellegzetes felszínformái a kisebb-nagyobb csoportokat alkotó kőhalmok, morfogenetikai szakkifejezéssel: "tor"-ok (2. kép), melyek leglátványosabb darabjai a gyapjúzsákok és ingókövek. Ezek a málladéktakaró részbeni lepusztulása után a gránitporfir- és a kvarctelérek felszínre került részéből alakultak. A telérek kőzetanyaga a felszín alatti, ún. szapolitos mállásnak jobban ellenállt — bár ezek is tömbökre, sőt lekerekített tömbökre váltak — így a törmeléktakaró alsó határa egyenetlenné vált. A pleisztocéntól napjainkig tartó kitakarózás során elsőként a kipreparálódott telérek kerültek a napvilágra.



2. kép: A Pandúr-kő a Velencei-hegység legnagyobb kőhalma
Picture 2: The Pandúr-kő (Gendarma Rock), the largest tor of the Velencei Mountains

A tömbök elkülönülése a felszínen is folytatódott, illetve folytatódik ma is. Az egymás melletti tömbök közül és a kőzetfelszín réseiből a mállási törmelék kitakarítódott. Ezáltal a hőmérsékletingadozás okozta aprózódás számára lett hozzáférhető a tömbök felszíne. A hőmérsékletingadozás okozta aprózódás egyrészt a kőtömbök felszínéről pattintott le vékony rétegeket, másrészt a résekben fagyrepszteztést okozott. Az aprózódás során keletkezett "sebek" friss, üde kőzetfelszínt adtak, melyeken a földpátok és csillámok hidrolízises elbomlása ismét lendületbe került. A felszínen történő aprózódás és mállás tehát tovább gömbölyítette a kőtömböket. A tömbök és a törmelékfelszín érintkezésénél az erőteljesebb szaproliit mállás alávájásokat, lábazati mélyedéseket okozott. Ez az alávajás szélsőséges esetben akár a tömb teljes lefűződéséhez is vezethet (BUTZER 1986, TWIDALE 1984).

A felszín alatt (kriptogenetikusan) preparálódott, majd exhumálódott torok jelentős része gyapjúsákokká és ingókövekké vált. A gyapjúsákok egyedül vagy csoportosan álló, nagyméretű (több méteres), többnyire mállással alakult kerekded kőtömbök. A helyben maradt ingókövek olyan kerekded (gyapjúsákos) vagy szögletes kőtömbök, melyek környezetük lepusztulása után maradtak vissza és csak kis (olykor csupán néhány négyzetcentiméter) területen vannak alátámasztva (3. kép). Velencei-hegység gyapjúsákjain és ingókövein néhány esetben lefelé futó barázdákat (rilleket - 4. kép) és se-

kély madáritatókat (gnammákat - 5. kép) találunk. Ezeknek a keletkezése még nem teljesen tisztázott, de valószínűleg komplex (lúgos oldódás, felszín alatti és felszíni mállás, erózió stb.) módon alakultak (ESZTERHÁS 1999, TWIDALE 1984) és akár pszeudokarsztos jelenségeknek is tekinthetjük.



3. kép: Élére állott "Kocka" a Pogány-kőn
Picture 3: On the edge placed "Cube" at Pogány-kő (Pogan Rock)



4. kép: A gyapjúzsákok felszínén olykor rillek keletkeznek
Picture 4: On the surface of the woolsacks occasionally rills are occurring



5. kép: A Velencei-hegység gránittömbjein csak fejletlen madáritatókat találunk
Picture 5: Only undeveloped gnammas can be found on the granite boulders of the Velencei Mountains

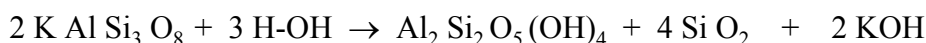
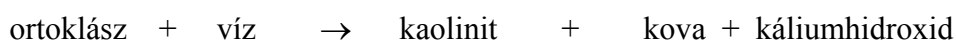
A Velencei-hegységben mintegy 400 gyapjúsákot és ingókövet számoltak össze (PÉCSI-ADÁM 1988). Ezek leginkább a telérekkel sűrűn átjárt helyeken (Tompos-hegy, Sár-hegy, Pogány-kő, Sor-hegy, Csöntör-hegy stb.) található. A látványosabb torjelenségeknek saját elnevezésük is van, így a Pogány-kőn: az Oroszlán-kő, a Kocka, az Iker-kő, a Gömb-kő, a Kutyafej-kő, a Szfinx, a Vizilófej-kő és a legnagyobb, a Pandúr-kő, - a Sár-hegyen: a Gomba-kő, a Kis-Cipó, - a Sor-hegyen: a Medve-kő, - a Meleg-hegyen: a Likas-kő stb. (HOLÉNYI 1969, 1971).

Gyapjúsákbarlangok

A Velencei-hegység gránitmódosulatai közül csak a gránitporfirban ismerünk barlangokat. Ezek mindegyike gyapjúsákbarlang. A gyapjúsákbarlangok a gránitbarlangok genotípusai közül a mállás által keletkezett barlangok közé tartoznak, bár alárendelten az aprózódás hatása is megfigyelhető bennük (ESZTERHÁS 1994, STRIEBEL 1995, VAQUEIRO 1999). Egyébként további barlangok vannak még kvarcitban, hidrokvarcitos andezit-agglomerátumban és löszben is.

A gyapjúsákbarlangok keletkezése két egymást követő fázisban történik:

1. *Rejtett vagy kriptogenetikus fázis* Ez a gránit felszín alatti hidrolízises elbomlásához kapcsolódik (BUTZER 1986). A gránit struktúrájából adódó repedéshálózatába beszivárgó víz molekulái a sajátos miliőben ionokra esnek. A víz hidrogénionjai pedig a kőzetalkotó földpátok, csillámok káliumionjait helyettesítve azokat a víz által mozgatható, finom málladékká (agyagásványok, kolloidális kovasav) és tovább oldható hidroxidokká bontják (BUTZER 1986, TWIDALE 1984). Például egy tipikus, de egyszerűsített egyenlet a többféle reakció közül:



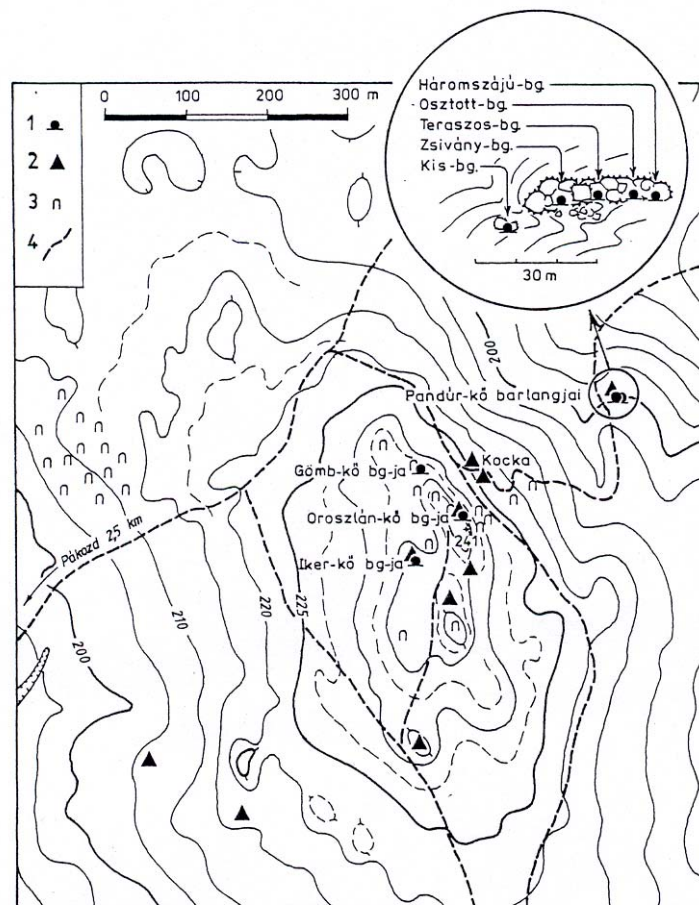
Az első fázisban a gránit elbomlásának mértéke felülmúlja a keletkező málladékok elszállításának mértékét, így a szapolit fokozatosan gyarapodik. A repedések egyre szélesebb résekké válnak, de a gránit közeit a mállásnak ellenálló kvarc szemcsék és a mállási maradék laza tömege tölti ki, és felette is jelentős (10-30 m vastag) szapolitréteg van. Tehát a majdnem készre alakult barlangok "várják" bejárhatóvá válásukat.

2. *A látható vagy fanerogenetikus fázis* Felgyorsul a szapolitréteg lepusztulása, ennek mértéke nagyobb lesz, mint a gránit elbomlásáé, így a lassacskán fogyó törmelékréteg felszínén kibújnak a kőtömbökre mállott torok. A torok gyapjúsákjai közül is kiürül a kőzetdara és bejárhatóvá válnak a barlangok. Napvilágra kerülésük utáni fejlődésükben is számolhatunk még az elbomlásos mállással, de érvényesül már a hőingadozás miatti aprózódás is. Ez utóbbi hatására kőzetlemezeké válnak le a barlang faláról, melyek az aljzaton halmozódnak fel.

A gyapjúsákbarlangok erősen hasonlítanak a törmeléksbarlangokhoz, de míg ez utóbbiak az elmozdult kőtömbök közé zárt üregek, addig a gyapjúsákbarlangok falát alkotó kőtömbök a helyükön maradtak, csak a környezetük pusztult le. Falaik többé-kevésbé domborúak a gömbformájúra mállott kőtömbök miatt. Mivel több kőtömb veszi őket körül, így a külvilág felé több nyílásuk is lehet, de ezek nem mindegyike járható. Méretük és belső terük elrendeződése változó. A Velencei-hegységben van 2 m-es egyszerű átjáró (Gömb-kő barlangja) és van 14 m hosszú, 4 bejáratú, több ablakú, emeletes térlabirintus (Zsivány-barlang).

A Velencei-hegység gyapjúsákbarlangjai

Valamennyi gyapjúsákbarlang a Pákozd községtől 2 km-rel északra levő Pogány-kőn (241 m) található (3. ábra). Ezek gránitporfirből álló kisebb gyapjúsák-csoportokban, vagy gyapjúsákok alkotta nagyobb torban vannak (ESZTERHÁS 1994, ESZTERHÁS-SZENTES 2004).

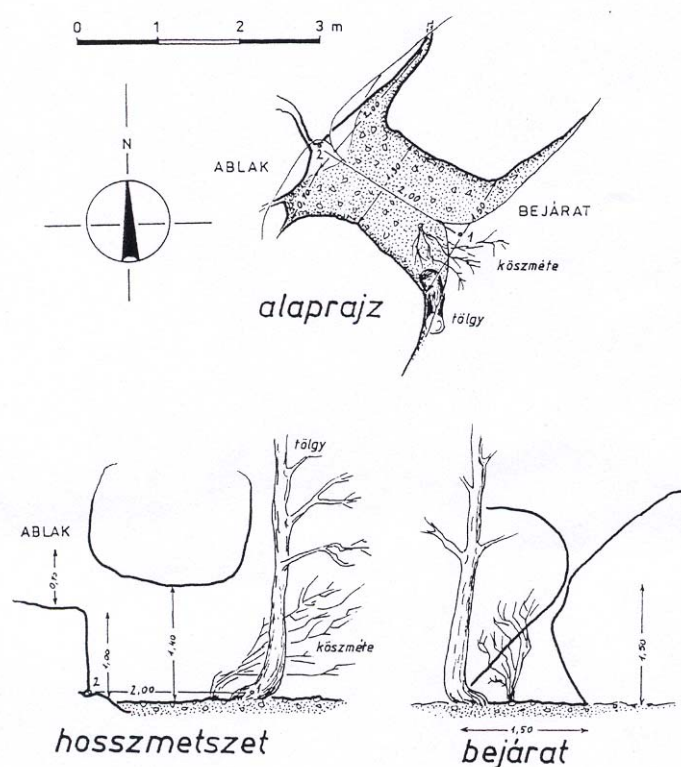


3. ábra: A Pogány-kő kőhalmi és gyapjúsákbarlangjai
 Jelmagyarázat: 1. gyapjúsákbarlang, 2. nagyobb tor, 3. kisebb gyapjúsák, 4. földút
 Fig. 3: Tors and woolsack caves of the Pogány-kő (Pogan Rock)
 Legend: 1. woolsack cave, 2. bigger tor, 3. smaller woolsack, 4. unpaved road

1. Iker-kő barlangja — Magányosan álló, hármasszájú gyapjúsákból egy bejáratú nyíló barlang. Csak a főágba lehet 2,10 m hosszan bekúszni, a további járhatatlanul szűk részek a szikla túloldalára nyílnak.

2. *Oroszlán-kő barlangja* — A hegy csúcsán levő látványos tort átlyukasztó, kétbejáratú barlang. A 3,70 m hosszú főjárata kúszva járható, mellyel párhuzamosan egy alacsonyabb "oldalhajó" is fut. Alján törmelék és szemét van.

3. *Gömb-kő barlangja* — Három egymáshoz simuló gyapjúzsák alatt van. Háromszög formájú bejáratát 2,00 m hosszú, 1,30 m széles, 1,50 m magas fülke követi, amely hátul egy széles ablakkal rendelkezik. Alját vastagnak tűnő törmelék alkotja (4. ábra).

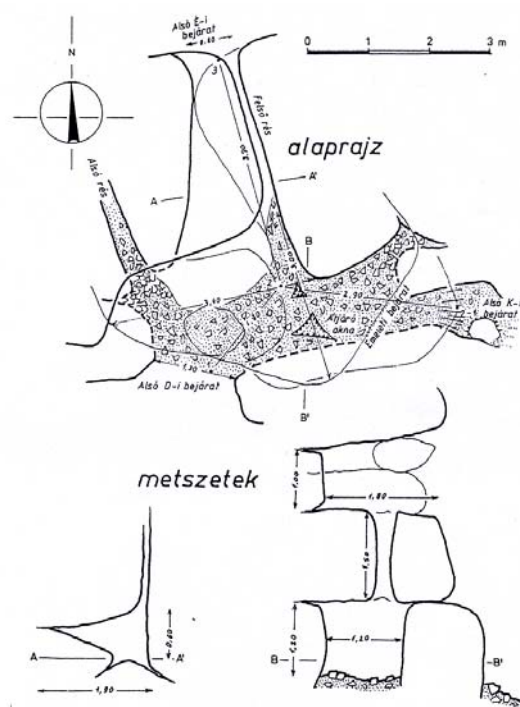


4. ábra: A Gömb-kő barlangjának térképe
Fig. 4: Survey of the Cave of Gömb-kő (Spherical Rock)

4. *Háromszájú-barlang* — A Pogány-kő északi oldalában, 200 m tengerszint feletti magasságban van a hegység legnagyobb, leglátványosabb torja, a kb. 35 m hosszú, 5-8 m széles és 13 m magas Pandúr-kő. A gyapjúzsákok alkotta kőhalomban öt egymástól független átjáróbarlang található. A keleti oldalon van a 4,40 m összhosszúságú, állva járható Háromszájú-barlang. A falait alkotó kerek kőtömbökön kívül aljának törmelékén is vannak nagyobb gömbölyű kövek (6. kép).



6. kép: A Háromszáju-barlang északi bejárata
 Picture 6: The northern entrance of the Háromszáju (Three-mouthed) Cave



5. ábra: A Zsivány-barlang térképe
 Fig. 5: Survey of the Zsivány (Bandit) Cave

5. *Osztott-barlang* — A Pandúr-kő keleti végétől számított második barlang. Voltaképp 2-2 egymással szembenező nyílás közötti ikerbarlang. Teljes hossza 7,80 m. Alját és mennyezetét is lekerekített kőtömbök alkotják.

6. *Teraszos-barlang* — A Pandúr-kő középső barlangja, melyet egy többosztatú átjáró és ennek déli része fölé nyúló ereszt alkot. Hossza 5,50 m, szélessége 4,30 m és 1,00 m között változó.

7. *Zsivány-barlang* — A Pandúr-kő nyugati felében levő, 4 bejáratú, több ablakú, emeletes labirintust alkotó barlang. Alsó szintje egy T-alaprajzú, 9,60 m hosszú folyosó, a felső szintje egy 3,00 m-es terasz, melyet az alsó szinttel egy 1,50 m-es akna köt össze. Átlagos magassága 1,20 m. Mind az alsó, mind a felső szinthez csatlakoznak még járhatatlanul szűk, de magas és hosszú rések (5. ábra).

8. *Kis-barlang* — A Pandúr-kő fő tömegétől valamivel nyugatabbra, egy különálló kisebb sziklacsoport található. Ebben van a 2,50 m hosszú, 1,00 m széles és ugyanilyen magas, kétbejáratú átjáróbarlang. Alját besodort kőtörmelék alkotja.

Összefoglalás

A gránit lepusztulása és az azon előforduló denudációs jelenségek kifejlődése az üledékes kőzetek alakulásával összehasonlítva, sokkal hosszabb időt vesz igénybe, mert kőzetalkotó ásványai és azok struktúrája mind a fizikai, mind a vegyi lebontó hatásoknak jobban ellenállnak. A gránit kihülése során egy sajátos, rácsszerkezetű repedésrendszert hoz létre. A repedésekbe került víz fejt ki a leghatékonyabb kőzetbontást, elbontja a gránit ásványainak egy részét, így kerek kőtömbökre választja a kőzetet, sok mállási maradékot felhalmozva. Tehát a gránit lepusztulásában a leglényegesebb összetevő a víz felszín alatt kifejtett mállasztó hatása. A törmeléktakaró lepusztulásával táruznak fel a víz munkájának produktumai; a gyapjúsákok és ingókövek alkotta kőhalmok, melyek közei között alkalmasint járható méretű üregek, a gyapjúsákbarlangok vannak. A bemélyedésekkel cizellált gyapjúsákokat, ingóköveket és a köztük levő barlangokat egy pszeudokarsztos fejlődés eredményének is tekinthetjük.

IRODALOM

BUTZER, K. W. (1986): A földfelszín formakincse - Gondolat Kiadó, Budapest 519 p.

BÜDEL, J. (1957): Die doppelten Einebnungsflächen in den feuchten Tropen - Zeitschrift für Geomorphologie I. Band, Bonn p. 201-288

- ESZTERHÁS I.*(1994): A Velencei-hegység barlangjai - Lychnis, a Vulkánszpeleológiai Kollektíva kiadványa, Kapolcs p. 52-54
- ESZTERHÁS I.* (1999): Untersuchungen der Pseudokarst-Sandsteinvertiefungen - Mitteilungsheft der Höhlenforschungsgruppe Blaustein, Jg. 15. Hemsbach 23 p.
- ESZTERHÁS I. - SZENTES Gy.* (2004): A List Non-karstic Caves in Hungary - [http://:geogr.elte.hu/nonkarstic](http://geogr.elte.hu/nonkarstic)
- HOLÉNYI L.* (1969): Velencei-tó, Velencei-hegység útikalauz - Sport Kiadó, Budapest, 250 p.
- HOLÉNYI L.* (1981): Gerecse, Vértes, Velencei-hegység útikalauz - Sport Kiadó, Budapest 365 p.
- JANTSKY B.* (1953): A Velencei-hegység földtani és közettani viszonyai - MÁFI Évi Jelentése az 1950-es évekről, Budapest p. 79-82
- JANTSKY B.* (1957): A Velencei-hegység földtana - Geol. Hung. Ser. Geol. 11. kötet, Budapest p. 3-166
- JUHÁSZ Á.* (1987): Évmilliók emlékei - Gondolat Kiadó, Budapest 511 p.
- KOCH S.* (1985): Magyarország ásványai - Akadémiai Kiadó, Budapest 562 p.
- PÉCSI M. - ÁDÁM L.* (1988): A Vértes - Velencei-hegység p. 90-311 – In: Pécsi M. (szerk.) Dunántúli-középhegység B - Akadémiai Kiadó, Budapest 494 p.
- STRIEBEL, T.* (1995): The Genetic Classification of Some Types of Non-karstic Caves - Proceedings of International Working Meeting Preserving of Pseudokarst Caves, Rimavska Sobota - Salgótarján p. 46-57
- THOMAS, M. F.* (1974): Tropical Geomorphology: A Study in Weathering and Landform Development in Warm Climates - London, New York 332 p.
- TWIDALE, C. R.* (1984): So-Called Pseudokarst in Granite - Boletín Soc. Venezolana Espeleológica No. 21. Caracas p. 3-12
- VAQUEIRO, R. M.* (1999): The Hercynial Granitical Caves in the Province of Pontevedra - Proceedings of the VIIth International Symposium Pseudokarst, Arad-Moneasa p. 39-47