

**GIPSZ HASADÉKKARRJAINAK VIZSGÁLATA  
MODELLKÍSÉRLETEKKEL**

**THE STUDY OF GRIKES OF PLASTER WITH MODEL  
EXPERIMENTS**

VERESS MÁRTON – GÁRDONYI ISTVÁN – DEÁK GYÖRGY

Nyugat-magyarországi Egyetem Természettudományi Kar  
Földrajz és Környezettudományi Intézet  
Szombathely, Károlyi Gáspár tér 4., vmarton@ttk.nyme.hu

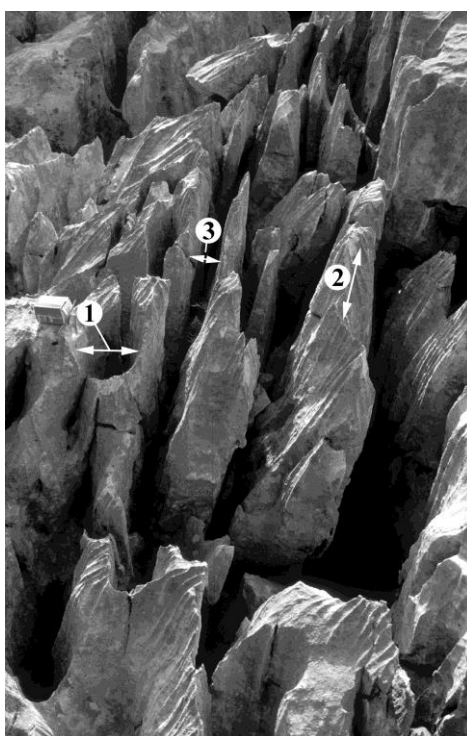
*Abstract: The development (growth) of covered karstic grikes was studied in laboratory. Grikes were modelled on plaster: the grikes were filled with sediment of various grain size, an impermeable series was created on the floor of some grikes. Water was let to the cover in order to dissolve it. The water lifting ability of the sediments with various grain size was studied. According to our studies, the deepening or widening of the grikes depends on the grain size of the filling sediment: in case of a sediment with fine grain, the grike floor does not deepen, but the grike widens, while under sediment with coarser grain, the grike deepens by the dissolution of the floor. If no dissolution is possible on the floor because of the impermeable series, the grikes widen too. If other conditions are suitable, on tropical karsts, since the filling is fine-grained dissolutional residue, there will be favourable conditions for the development of the stone forest, the Pinnacle Karst and the inselberg karst as the grikes widen.*

**Bevezetés**

E tanulmányban hasadékok fejlődését modellkísérleteken vizsgáljuk. Összehasonlítjuk a különböző szemcseméretű üledékekkel kitöltött hasadékoknak, valamint a vízzáró talpú, ill. vízzáró nélküli hasadékoknak a növekedését.

A hasadékkarok függőleges oldalú párhuzamos falú oldásos eredetű bemélyedések (BÖGLI 1976, JENNINGS 1985, FORD – WILLIAMS 1989, VERESS 2010). Szélességük és mélységük néhány dm-től több m-ig, míg hosszúságuk néhány m-től a több 10 m-ig (esetleg 100 m-ig) terjedhet. A hasadékkarok kifejlődhetnek csupasz felszínen (1. kép), de kialakulhatnak talajjal (2. kép), vagy üledékekkel fedett (3. kép) kőzeten is (BÖGLI 1976, TRUGDILL 1985, VERESS 2010). A hasadékok a kőzet törései mentén szivárgó víz oldóhatására jönnek létre (WHITE 1988, FORD – WILLIAMS 1989, VERESS et al. 2006). Nagyobb méretű változatát bogaznak (CVIJIČ 1924), míg ahol a hasadékok nagy mérete miatt csupasz kőzettömbök maradnak vissza Ruiniform karsztnak (PERNA – SAURO 1978) nevezik. De

a tsingy karszt is nagy méretű hasadékok együttese (VERESS et al 2008). A hasadékarrok nagyon gyakori karrformák. Glaciokarsztokon az általuk képviselt fajlagos oldódás (a karros fekü 1 m-én átlagosan valamely karrformának az összegzett szélessége) a rinnenkarrok után a legnagyobb értékű (VERESS 2010). Talajjal fedett karsztokon, trópusi-, vagy mérsékeltövi karsztokban egyes helyeken uralkodó, vagy kizárólagos karrformák lehetnek. Jelentős elterjedésük, és nagy gyakoriságuk miatt számos kutató vizsgálta e formákat (HOWARD 1963, BÖGLI 1960 1976, TRUGDILL 1985, GOLDIE 2009, ZSENI 2009, WHITE 1988, ROSE – VINCENT 1983).



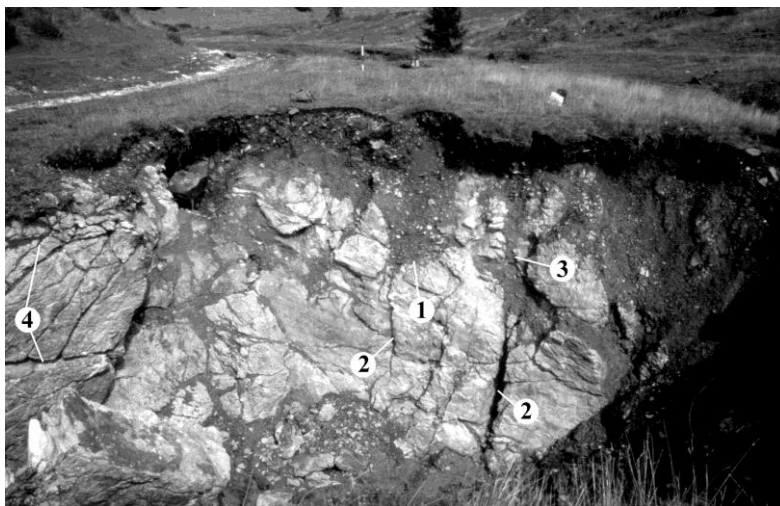
1. kép: Csúasz felszín hasadékkarjai (Totes Gebirge)  
 Jelmagyarázat: 1. pusztuló kürtő, 2. rillenkarrok  
 Picture 1: Grikes of bare surface (Totes Gebirge)  
 Legend: 1. destroying pipe, 2. rillenkarren

A hasadékok kitöltése származhat környezetük fedőtalajából (2. kép), vagy üledékéből (3. kép, TRUGDILL 1985, CURTIS et al 1976), vagy a kőzet oldódási maradékából (4, 5, 6. képek). Ekkor a kitöltő anyag a forma kialakulás terméke. A fedő (talaj) alatti hasadékok változatos alakúak.

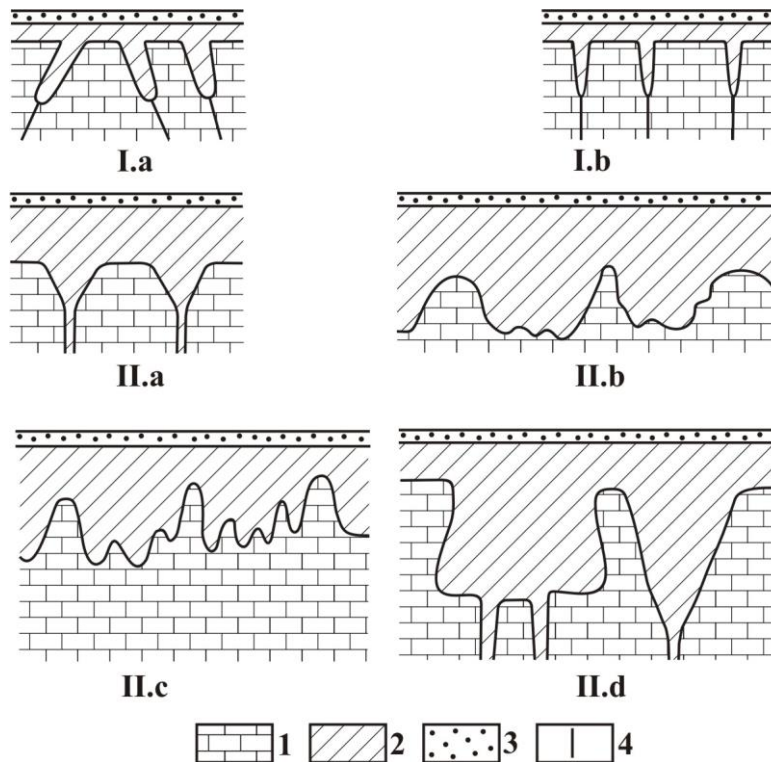
Előfordulhatnak közöttük lefelé elkeskenyedő, kiszélesedő, vagy változatlan szélességűek (3, 4, 5, 6. képek, 1. ábra).



2. kép: Talajjal kitöltött hasadékok mintegy 1100 m-es magasságban Galečic falu közelében (Dinári-hegység, Bosznia a 16-os út mentén)  
 Picture 2: Grikes filled with soil at an altitude of 1100 m near the village of Galečic (The Dinarides, Bosnia along road 16)



3. kép: Egy töbör oldalának hasadékkarja (a hasadékkitöltés mészkőtörmelék és áthalmazott közettörmelék; Pádis, Románia). Jelmagyarázat: 1. lefelé kiszélesedő hasadék, 2. oldalassal kiszélesedett törés, 3. párhuzamos falú hasadék, 4. réteglap mentén kialakult hasadék,  
 Picture 3: Subsoil grike in doline side (the cover is reworked sandstone debris, Pádis, Romania)  
 Legend: 1. grike wedging out downwards, 2. fracture broadened by solution, 3. grike with parallel walls, 4. bedding plane grike



1.ábra: Fedő alatti hasadékok

Jelmagyarázat: I. Kevésbé lepusztult fekü hasadékai: párhuzamos falú hasadékok (a), lefelé elkeskenyedő egyszerű hasadék (b), II. nagyobb mértékben lepusztult fekü hasadékai, lefelé elkeskenyedő hasadék, amelyek alsó része párhuzamos falú, belső hasadékban folytatódik (a), összetett hasadék (b,c), aláhajló falú, alul párhuzamos falú belső hasadékban folytatódó összetett hasadék (d) 1. mészkő, 2. oldódási maradék, 3. talaj, 4. törés

Fig. 1: Subsoil grike

Legend: I. Grikes in less denuded bedrock: grike with parallel walls (a), simple grike narrowing downwards (b), II. grikes of more denuded bedrock: grikes narrowing downwards continued to depth in interior grikes with parallel walls (a), composite grikes (b, c), composite grike continued to depth in interior grike with overhanging and then parallel walls (d) 1. limestone, 2. solution residue, 3. soil, 4. fracture

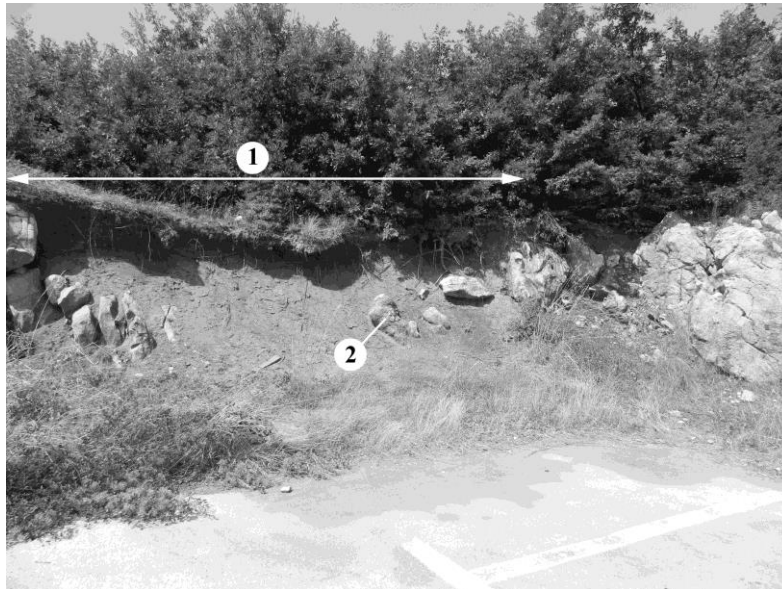
Kialakulásuk vizsgálata azért fontos, mert e formákból fejlődnek ki az epikarszt nagyobb formái, mint az aknák (VERESS 2000), valamint a köerdőkarszt (SONG – LIANG 2009), a pinnacle felszín (BERGADO – SALVANAYAGAM 1987), a pinnacle karszt (WALTHAM 1997, DAY – WALTHAM 2009, WILLIAMS 2009), továbbá a szigethegyes karszt akkor, ha a kialakuló hasadékok (óriás hasadékok) szélesedésével hegyközi síkságok jönnek létre (PATON 1964).



4. kép: Egy útfeltáráásban előbukkanó hasadékkarr (Pádis, Románia). Jelmagyarázat: 1. lefelé elkeskenyedő hasadék, 2. párhuzamos falú hasadék, 3. lefelé kiszélesedő hasadék, 4. belső hasadék, 5. a fekü elkülönült darabja.  
 Picture 4: Subsoil grike in a roadcut of the road to the Pádis Plateau (Pádis, Romania)  
 Legend: 1. grike narrowing downwards, 2. grike with parallel walls, 3. grike broadening downwards, 4. interior grike, 5. detached section of bedrock



5. kép: Oldási maradvékkal kitöltött hasadékkarrok  
 Jelmagyarázat: 1. keskeny hasadékok összenövésével kialakult mély hasadék: a tömbök hasadék válaszfalak pusztulásával keletkeztek (Dinári-hegység, Bosznia)  
 Picture 5: Grikes filled with dissolutional residue  
 Legend: 1. deep grikes developed by the coalescence of narrow grikes: the blocks developed by the denudation of the ridges between the grikes (The Dinarides, Bosnia)



6. kép: Oldódási maradékkal kitöltött mély hasadék: a kitöltés tömbjei a válaszfalak pusztulásával képződtek (Dinári-hegység, Bosznia); Jelmagyarázat: 1. széles hasadék, 2. válaszfal pusztulásával létrejött kőtömb  
 Picture 6: deep grike filled with dissolutional residue: The blocks of the fill developed by the denudation of the ridges between the grikes (The Dinarides, Bosnia)

Legend: 1. wide grike, 2. stone block developed by the denudation of the ridges between the grikes

### A hasadékképződés geomorfológiai modellje

A hasadékokat kitöltő üledék víztározó, víztovábbító képessége meghatározza az oldódás helyét, időtartamát és annak mértékét. De a talp oldódása, tehát a hasadék mélyülése a fentiek mellett, és a víz telítődésén túl függ attól is, hogy a talp eléri-e a karsztvízszintet. Ha eléri, akkor a hasadék nem mélyülhet, ill. ez esetben a mélyülés a karsztvízszint ingadozástól függ. Természetesen karsztvízszint alatti oldódás is végbemehet, ekkor azonban a hasadékoktól eltérő, azoktól független formák jönnek létre.

Mind a szélesedést, mind a mélyülést fenntartja a beszivárgó víz oldóképessége, ill. az, hogy a telítetlen víz a hasadékok melyik részével, milyen tartósan érintkezik. Akkor, ha a telítetlen víz oldalirányba mozog, a hasadékkitöltésben a hasadék nem, vagy kevésbé mélyül, hanem szélesedik. Akkor, ha az oldóképes víz vertikálisan és oldalirányban is mozog, a hasadék mélyülhet és szélesedhet is. Végül, ha a hasadék oldalfala nem oldódik, de a talp igen, a hasadék csak mélyül.

A szélesedés kétféleképpen is bekövetkezhet. Az egyik, amikor a kőzet és kitöltő üledék érintkezésénél a függőlegesen szivárgó víz az oldalfalon kiterjedt vagy lokális oldást végez (a kiterjedt oldás jöhet

számításba, mint hasadék szélesítő tényező). A másik, amikor a víz a kitöltésben szivárog oldalirányban, hogy a karsztformák (pl. dolinák) kitöltő üledékében a víz oldalirányban szivárogva a kőzetfalat elérve oldja a kőzetet, amit *ZÁMBÓ* (1970) laterális oldásnak nevez.

Fejlődési modellünkben vizsgáljuk, hogy ha a hasadéktalpán vízelvezetés nem történhet (vízzáró betelepülés van ott, vagy a talpnál húzódik a karsztvízszint) ez hogyan hat az oldalirányú áramlásra és így a hasadék szélesedésére. Vizsgáljuk továbbá a hasadékkitöltés szerepét a hasadékok szélesedésére. Akkor, ha a kitöltés szemcsemérete hatással van a kitöltésben lévő víz szivárgási irányára, akkor annak szemcsemérete közvetetten hat a hasadék szélesedésére.

Vizsgálataink során az alábbiakra kerestünk választ:

- Hogyan fejlődnek a hasadékok (így a mélyülésnek és a szélesedésnek milyen a mértéke egymáshoz képest)?
- Milyen tényezők hatnak a hasadék alakjára?
- Befolyásolja-e a hasadék fejlődését a karsztvízszint jelenléte?

## Módszer

A hasadékkarrok növekedését modellkísérletekkel vizsgáltuk. A karsztok jelenségeinek a kutatására a modellezés széleskörűen elterjedt. Modellkísérletet folytatott *FABRE – NICOD* (1982), *DZULANSKI* et al (1988), *CURL* (1966), *QUINIF* (1973), *GLEW – FORD* (1980), *SLABE* (1995, 2009), *VERESS* et al (1998), *DEÁK* et al (2012, 2013).

Vizsgálataink során laboratóriumban 5°-os dőlésű gipsztáblán, a dőlésiránnyal megegyező irányú, függőleges falú hasadékokat alakítottunk ki (melyek alsó vége zárt volt), hogy a fedőüledék alatti hasadékfejlődést tanulmányozzuk. A hasadékok hossza 45-46 cm volt, mélységük 14,2-24,8 mm, szélességük 21-29,3 mm között változott. A hasadék utánzatokat két gipsztáblán alakítottuk ki. Az egyik gipsztábla hasadéktalpain nem volt vízzáró, hanem a talp alatt a gipsz 1 cm-es vastagságú volt. E gipsztáblán három hasadékot alakítottunk ki: a XIII.1, a XIII.2, és a XIII.3-as jelűt. A másik gipsztáblán a hasadéktalpakon 1 cm-es vastagságú agyag „réteget” alakítottunk ki, amely a gipsz vízzáróját adta. E gipsztáblán is három hasadékot alakítottunk ki: a XIV.1, a XIV.2, és a XIV.3-as jelűt (7. kép). A vízadagolás a gipsztáblák hasadékainak a felső részén a fedőre oldalról történt (a vízadagoló eszköz, amely egy infúziós cső a fedő felszínére simult). A csepegtetés sebessége 5 cm<sup>3</sup>/sec volt. Az adagolt víz mennyisége hasadékonként 100 dm<sup>3</sup>-t tett ki. Napi 10 óra volt a csepegtetési időszak, kivéve hétvégéken, amikor szünetelt a vízadagolás. A 3-3 hasadékot

fedővel töltöttük ki, az egyes hasadékok anyagának szemcseméretei a következők voltak: 2,5-5 mm, 0,5-1 mm, és 0,063-0,125 mm, amelyek a Perint-patak hordalékából származtak.



7. kép: A kísérleti hasadékok  
Picture 7: Experimentál grikes

## Eredmények

### A fekü oldódása, ha a hasadéktalpon nincs vízzáró

Durva szemcséjű üledékkitöltésnél (2,5-5 mm) a csepegtetés helyétől 27 cm-es távolságig a gipsz a hasadék (XIII.1. jelű) talpán teljes egészében leoldódott (*I. táblázat*). Ez alatt kb. 3-5 cm-es kiterjedésben megmaradt, de itt is oldódott a felülete. A hasadéktalp alsó részén a gipsz ugyancsak az agyagig oldódott. Tehát a hasadék talp mélyült. A hasadék fala aláhajlóvá oldódott, az aláhajló fal mélyedéseiben a fedő szemcséi fordultak elő.



I. táblázat

Table I.

A hasadék méretének változása 2,5-5,0 mm szemcseátmérőjű üledékkitöltés esetén, ha nincs vízzáró a talpon  
The change of the grike size in the case of a sediment fill of 2.5-5.0 mm if there is no impermeable series on the floor

	kezdeti állapot		kísérlet végén		változás			
	szélesség (mm)	mélység (mm)	szélesség (mm)	mélység (mm)	szélesség		mélység	
					mm	%	mm	%
vízbevezetésnél	-	-	26	39	-	-	-	-
vízbevezetéstől 4cm-re	23	16	25	34	2	8,7	18	112,5
vízbevezetéstől 15,5cm-re	23,2	17,8	25	33	1,8	7,8	15,2	85,4
vízbevezetéstől 27cm-re	26,6	14,2	26	27	-0,6 <sup>1</sup>	-2,3 <sup>1</sup>	12,8	90,1
a hasadék végénél	-	-	26	22,5	-	-	-	-

Megjegyzés: <sup>1</sup> mérési hiba.

II. Táblázat

Table II.

A hasadék méretének változása 0,5-1,0 mm szemcseátmérőjű üledékkitöltés esetén, ha nincs vízzáró a talpon  
The change of the grike size in the case of a sediment fill of 0.5-1.0 mm if there is no impermeable series on the floor

	kezdeti állapot		kísérlet végén		változás			
	szélesség (mm)	mélység (mm)	szélesség (mm)	mélység (mm)	szélesség		mélység	
					mm	%	mm	%
vízbevezetésnél	-	-	36	29	-	-	-	-
vízbevezetéstől 4cm-re	25,5	18,4	32	32	6,5	25,5	13,6	73,9
vízbevezetéstől 15,5cm-re	27,5	22,4	30	29	2,5	9,1	6,6	29,5
vízbevezetéstől 27cm-re	26	19,8	29	30	3	11,5	10,2	51,5
a hasadék végénél	-	-	30	29	-	-	-	-

Közepes szemcséjű üledékkitöltésnél (0,5-1 mm) a hasadék (XIII.2 jelű) talpát alkotó gipsz helyenként foltosan az agyagig oldódott. Az agyagfoltok közt foltokban megmaradt a gipsz aljzat. Ahol megmaradt a gipsz, ott kürtökkel, ujjbegy szerű bemélyedésekkel tagolt volt a felszíne.

Tehát a hasadéktalp ugyan mélyült, de a mélyülés csak helyenként következett be (II. táblázat).

Finom szemcséjű üledékkitöltésénél (0,063-0,125 mm) a hasadék talpon (XIII.3. jelű) a csepegtetés helyétől 7 cm-es távolságig a gipsz leoldódott az agyagig (III. táblázat). Továbbá az alsó végén ugyancsak egy foltban. Ahol megmaradt a gipsz, az agyag előbukkanáshoz közelebb, mintegy 5 cm-es szélességben kúrtókkal tagolódott a felszíne. E 5 cm-es zóna alatt a talp teljesen oldásmentes. Ez arra utal, hogy a gipsz átoldódásának a folyamata kúrtók kialakulásával kezdődik. A kúrtók szélesedve összekapcsolódnak, 1-2 cm-es kiterjedésű oldódási foltok keletkeznek a gipszen. Ilyen oldási formák figyelhetők meg a közepes szemcsével kitöltött hasadékok talpán is ott, ahol a gipsz megmaradt. Megállapítható, hogy a legfinomabb szemcséjű fedő alatt oldódott (mélyült) a hasadéktalp a legkisebb kiterjedésben.

III. táblázat

Table III.

A hasadék méretének változása 0,063-0,125 mm szemcseátmérőjű üledékkitöltés esetén, ha nincs vízzáró a talpon  
The change of the grike size in the case of a sediment fill of 0.063-0.125 mm if there is no impermeable series on the floor

	kezdeti állapot		kísérlet végén		változás			
	szélesség (mm)	mélység (mm)	szélesség (mm)	mélység (mm)	szélesség		mélység	
					mm	%	mm	%
vízbevezetésnél	-	-	54	28	-	-	-	-
vízbevezetéstől 4cm-re	28,1	23,2	43	34	14,9	53	10,8	46,6
vízbevezetéstől 15,5cm-re	26,6	24,8	35	26	8,4	31,6	1,2	4,8
vízbevezetéstől 27cm-re	29,3	23,3	32	24	2,7	9,2	0,7	3
a hasadék végénél	-	-	33	21	-	-	-	-

### Formaképződés a fedőn, ha a fekűn nincs vízzáró

A hasadékok kitöltő anyaga ekkor is 2,5-5 mm, 0,5-1 mm, 0,063-0,125 mm szemcseméretű volt. A 2,5-5 mm szemcséjű fedő teljes hosszában megsüllyedt, a süllyedés mértékét a IV., V., VI. táblázatokban mutatjuk be:

IV. táblázat  
Table IV.

A 2,5-5 mm szemcseátmérőjű fedő felszínének süllyedése, ha nincs vízzáró a talpon  
The subsidence of the surface of the grike fill in the case of a grain size of 2.5-5.0 mm if there is no impermeable series on the floor

csepegtetés helyénél	15 mm
csepegtetéstől 4 cm-re	13 mm
csepegtetéstől 15,5 cm-re	10 mm
csepegtetéstől 27 cm-re	9 mm
a hasadék végénél	6,5 mm

V. táblázat  
Table V.

A 0,5-1,0 mm szemcseátmérőjű fedő felszínének süllyedése, ha nincs vízzáró a talpon  
The subsidence of the surface of the grike fill in the case of a grain size of 0.5-1.0 mm if there is no impermeable series on the floor

csepegtetés helyénél	8 mm
csepegtetéstől 4 cm-re	6 mm
csepegtetéstől 15,5 cm-re	6 mm
csepegtetéstől 27 cm-re	7 mm
a hasadék végénél	11 mm

VI. táblázat  
Table VI.

A 0,063-0,125 mm szemcseátmérőjű fedő felszínének süllyedése, ha nincs vízzáró a talpon  
The subsidence of the surface of the grike fill in the case of a grain size of 0.063-0.125 mm if there is no impermeable series on the floor

csepegtetés helyénél	20 mm
csepegtetéstől 4 cm-re	12mm
csepegtetéstől 15,5 cm-re	5 mm
csepegtetéstől 27 cm-re	4 mm
a hasadék végénél	4 mm

A kitöltések alsó végében a fedőben mélyedések keletkeztek. A 0,063- 0,125 mm szemcséjű fedővel kitöltött hasadék felső végénél is keletkezett mélyedés, továbbá ennek a kitöltésnek a felszínén esővízbarázda jött létre. A fedőkitöltés alsó végén kisebb mélyedések is kialakultak a nagyobbban. Ez utóbbi szemcseméretű fedő a kitöltés egyik pereménél végig elkülönült a gipsztől, míg az átellenes pereménél kb. a hasadék felének a hosszúságában. Ezáltal a kitöltés és a gipszfal között néhány mm szélességű köz alakult ki. A hasadék alsó végeinél a gipsztábla alulról átlukadt. Megállapítható, hogy a fedő süllyedése követte a fekü mélyülését. A süllyedés mértéke a hasadékok alsó vége felé csökkent, kivételt képez a közepes szemcseméretű fedő, ahol a hasadék alsó vége felé a süllyedés mértéke inkább nőtt. Az eltérő méretű süllyedések a hasadéktalpak eltérő mértékű oldódásával magyarázhatóak. Feltűnő, hogy míg a 2,5-5 mm szemcseméretű fedőnél a fedő süllyedése kisebb, mint a hasadéktalpak

mélyülése (I, IV. táblázat), addig a 0,063-0,125 mm szemcseméretű fedőnél fordított a mélyülési érték: a fedő süllyedése nagyobb, mint a hasadéktalp mélyülése (III, IV. táblázat). Mindez a finomabb szemcséjű fedő nagyobb mértékű áthalmozódásával, ill. azzal magyarázható, hogy a durvább szemcséjű fedőkitöltésnél az anyagiány részben a kitöltő üledék hézagterefogatának növekedésével egyenlítődt ki.

### Formaképződés a fedőn, ha a fekü vízzáró

A hasadékok kitöltésének a felszíne teljes kiterjedésben nem süllyedt meg. A 0,5-1 mm és 0,063-0,125 mm szemcseátmérőlű kitöltés peremek és a gipszfallak között közök alakultak ki. A kitöltések végeinél mélyedések jöttek létre. A 2,5-5 mm és 0,5-1 mm szemcseméretű fedő kitöltésnél mélyedés csak a hasadék alsó végénél alakult ki, míg a 0,063-0,125 mm-nél a felső végénél is. Az alsó végek mélyedései a gipsz átoldódása miatt nyitottá formálódtak.

### A fekü oldódása, ha a hasadéktalpon vízzáró van

VII. táblázat  
Table VII.

A XIV.1-es jelű hasadék méretváltozásai az oldódás során  
The change of the size of the grike marked XIV.1 during dissolution

	kezdeti állapot		kísérlet végén		változás			
	szélesség (mm)	mélység (mm)	szélesség (mm)	mélység (mm)	szélesség		mélység	
					mm	%	mm	%
vízbevezetésnél	-	-	25	24	-	-	-	-
vízbevezetéstől 4cm-re	21,2	19,4	22	22	0,8	3,8	2,6	13,4
vízbevezetéstől 15,5cm-re	23,4	20,6	24	22	0,6	2,6	1,4	6,8
vízbevezetéstől 27cm-re	22,9	16,8	25	16	2,1	9,2	-0,8 <sup>1</sup>	-4,7 <sup>1</sup>
a hasadék végénél	-	-	28	17	-	-	-	-

Megjegyzés: <sup>1</sup> mérési hiba.

A hasadéktalpak nem mélyültek. A hasadékok mélyülése legfeljebb néhány mm, amely lehet mérési hiba, vagy az agyag eróziós lepusztulása (VII, VIII, IX. táblázat). Minden egyes hasadék esetében viszont az oldalfal oldódott. A

durva- és közepes szemcséjű kitöltő üledék esetében oly módon, hogy a hasadéktalp fekéjét képező agyag ahol a gipsszel érintkezik, ott történt ez utóbbin kismértékű oldódás. Továbbá az agyagon a hasadékfalak pereménél egy csatorna is kialakult, amely az agyag kimosódása során jött létre. Ezekben a csatornában szórványosan a fedő darabjai fordultak elő. Legkisebb szemcseméretnél a hasadék oldalfalánál nagyobb mértékű az oldás, a hasadék fala aláhajlóvá formálódott. A hasadék falakon kisebb bemélyedések is megfigyelhetők. Egyes mélyedéseket a gipszben keskeny járatok kötötték össze.

VIII. táblázat  
Table VIII.

A XIV.2-es jelű hasadék méretváltozásai az oldódás során  
The change of the size of the grike marked XIV.2 during dissolution

	kezdeti állapot		kísérlet végén		változás			
	szélesség (mm)	mélység (mm)	szélesség (mm)	mélység (mm)	szélesség		mélység	
					mm	%	mm	%
vízbevezetésnél	-	-	27	20	-	-	-	-
vízbevezetés-től 4cm-re	21	22,1	24	23	3	14,3	0,9	4,1
vízbevezetés-től 15,5cm-re	23	18,5	25	21	2	8,7	2,5	13,5
vízbevezetés-től 27cm-re	22,9	19,1	25	18	2,1	9,2	-1,1 <sup>1</sup>	-5,8 <sup>1</sup>
a hasadék végénél	-	-	28	16	-	-	-	-

Megjegyzés: <sup>1</sup> mérési hiba.

IX. táblázat  
Table IX.

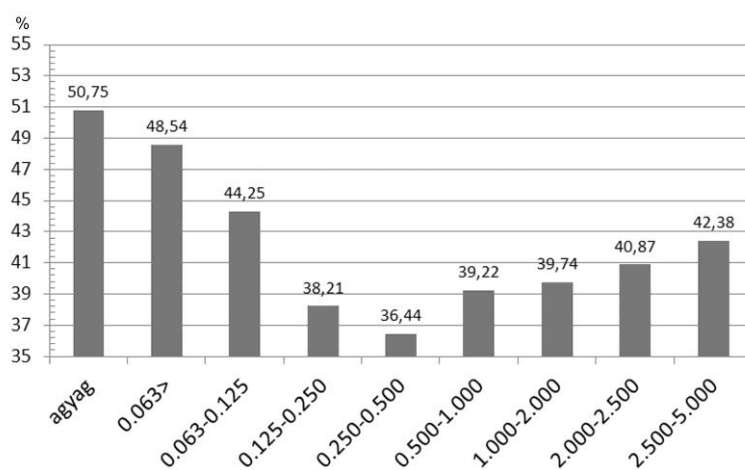
A XIV.3-es jelű hasadék méretváltozásai az oldódás során  
The change of the size of the grike marked XIV.3 during dissolution

	kezdeti állapot		kísérlet végén		változás			
	szélesség (mm)	mélység (mm)	szélesség (mm)	mélység (mm)	szélesség		mélység	
					mm	%	mm	%
vízbevezetésnél	-	-	30	25	-	-	-	-
vízbevezetés-től 4cm-re	23,5	22,8	27	22	3,5	14,9	-0,8 <sup>1</sup>	-3,5 <sup>1</sup>
vízbevezetés-től 15,5cm-re	21,4	21,8	25	21	3,6	16,8	-0,8 <sup>1</sup>	3,7 <sup>1</sup>
vízbevezetés-től 27cm-re	22,3	20,8	25	19	2,7	12,1	-1,8 <sup>1</sup>	-8,7 <sup>1</sup>
a hasadék végénél	-	-	23	18	-	-	-	-

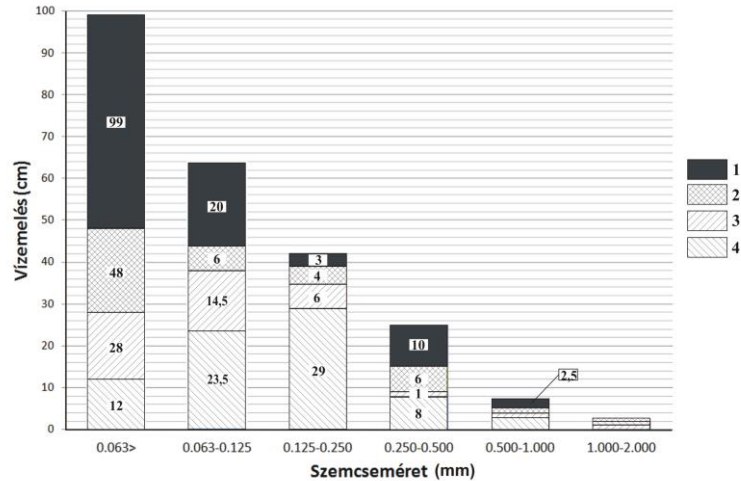
Megjegyzés: <sup>1</sup> mérési hiba.

## Kiértékelés

A gipsz talpú hasadékok mélyültek. A mélyülés mértéke és az, hogy a mélyülés a talpon milyen kiterjedésben történik, függ a fedő szemcseméretétől. Minél nagyobb szemcséjű a kitöltés, annál kiterjedtebb, és annál nagyobb mértékű a hasadéktalpon az oldódás. Az eltérő mértékű és kiterjedésű leoldódást a fedő kapilláris és aggregát hézagterfogat különbségével magyarázható. Vizsgálataink szerint a finomszemcséjű üledéknek a kapilláris hézagterfogata a nagyobb, míg a durvább szemcséjűnek az aggregát hézagterfogata. Csak így lehetséges, hogy az összes hézagterfogat a 0,25-0,5 mm szemcseátmérőtől mind a szemcseátmérő növekedése, mind csökkenése során nő (2. ábra). Ahol a kapilláris hézagterfogat a nagyobb, ott a kapilláris víz is több az üledékben. A kapilláris víz vizsgálataink szerint a hajszálcsővesség emelő hatása miatt felfelé, majd oldalirányban szivárog (3. ábra). Emiatt a hasadékokat kitöltő finom (0,063-0,125 mm szemcseátmérőjű) üledékben oldalirányba mozog és ez az oka annak, hogy a betáplálási helynél, valamint a hasadék végénél éri el a gipszet és képes oldani a hasadéktalpon. Előző helyen a relatív vízbőség miatt lefelé kényszerül, míg utóbbi helyen a hasadék alsó végének ütközve térítődik el lefelé. A durvaszemcséjű fedőben, viszont ahol a nagy aggregát hézagterfogat miatt az aggregát víz mennyisége is nagyobb. Ez a víz gravitáció hatására a betáplálási helynél lefelé mozogva eléri a fekvőt, majd a gipszen áramolva teljes hosszban oldja a hasadék talpát.



2. ábra: A hézagterfogat és a szemcseméret viszonya  
Fig. 2: The relation between the void volume and grain size



3. ábra: A vízemelő képesség alakulása különböző szemcseméretű üledékekben  
 Jelmagyarázat: 1. Teljes vízemelés, 2. vízemelés 24 óra alatt, 3. vízemelés 5 óra alatt, 4. 1 óra időtartam alatti vízemelés.

Fig. 3: The various water-lifting abilities in sediments of various grain size  
 Legend: 1. complete water lifting, 2. water lifting during 24 hours, water lifting during 5 hours, 4. water lifting during 1 hour

A hasadékok mélyülését követte a kitöltő fedő felszínének a süllyedése. A fedő süllyedése különbözik a fekü mélyülésétől. A süllyedés más és más különböző szemcseméretű kitöltés esetében. A finom szemcséjű fedőn a süllyedés mértéke a durva szemcséjű fedő süllyedéséhez képest nagyobb (finom szemcsénél a süllyedés 12 mm, durva szemcsénél a süllyedés 13 mm), mint az aljzat mélyülése (finom szemcséjű fedő alatt 10,8 mm, durva szemcsénél ennek mértéke 18mm). Ez a koncentrált oldódással magyarázható. A finomszemcséjű fedőn a durvaszemcséjűhöz képest a hasadék közepénél a süllyedés mértéke (finom szemcsénél a süllyedés 5mm, durva szemcsénél a süllyedés 10 mm) a talpi leoldódáshoz képest (finom szemcséjű fedő alatt 1,2 mm, durva szemcsénél a süllyedés 15,2 mm) megnövekedett. Ez ugyancsak jelzi, hogy a finomszemcséjű fedőben oldalirányú anyagszállítás történt. Ha ugyanazon hasadéknál a fedő süllyedésének és a fekü mélyülésének a hányadosát tekintjük, egyetlen kivételtől eltekintve, annak értéke egyre nagyobb a szemcseméret finomodása során (X. táblázat). Ez ugyancsak a finom szemcséjű fedő elszállítására és így az oldalirányú vízmozgásra utal.

X. táblázat  
Table X.

A fedő süllyedésének és a hasadéktalp mélyülésének viszonya  
Table X. The relation between the subsidence of the cover and the deepening of the grike floor

		Hasadékok jele					
		XIII.1	XIII.2	XIII.3	XIV.1	XIV.2	XIV.3
fedő süllyedése (mm)	a vízbevezetéstől 4 cm-re	13	6	12	A hasadékok kitöltésében nincs süllyedés, legfeljebb a kitöltés alsó, illetve felső elvégződésénél.		
	a vízbevezetéstől 15,5 cm-re	10	6	5			
	a vízbevezetéstől 27 cm-re	9	7	4			
fekü mélyülése (mm)	a vízbevezetéstől 4 cm-re	18	13,6	10,8	2,6	0,9	-0,8
	a vízbevezetéstől 15,5 cm-re	15,2	6,6	1,2	1,4	2,5	-0,8
	a vízbevezetéstől 27 cm-re	12,8	10,2	0,7	-0,8	-1,1	-1,8
fedő süllyedése/fekü mélyülése	a vízbevezetéstől 4 cm-re	0,722	0,441	1,111	Nincs adat		
	a vízbevezetéstől 15,5 cm-re	0,658	0,909	4,167			
	a vízbevezetéstől 27 cm-re	0,703	0,686	5,714			

Mint említettük, a vízzáró fekün a hasadéktalp mélyülése kisméretű (a mélyülés vagy az agyag eróziós elszállításából adódik, vagy mérési hiba). Ugyanakkor a hasadékok szélesedtek, amely annál nagyobb, minél finomabb szemcséjű a fedő. Ez ugyancsak a fedőben végbement oldalirányú vízmozgásra utal. Az oldalirányú szélesedés során a hasadék szélesedés mértéke akkora volt, hogy a hasadékok közötti válaszfalak átoldódtak. A válaszfalak átoldódás hasadéktalpak szintjében nem függött a szemcsemérettől, az minden szemcseméretnél bekövetkezett. Ez alól kivételt a kitöltés szintje képezett, ahol egyrészt a szélesedés kisebb volt



másrészt a finomabb szemcseméretű kitöltésnél nagyobb volt (VII, IX. táblázat).

A hasadékkitöltéseknek a hasadék fejlődésében játszott szerepét bizonyítja a 3. kép. Látható, hogy a hasadékok ott, ahol kitöltöttek szélesebbek, míg ahol a kitöltés hiányzik keskenyebbek. Az eltérő hasadékszélesség a hasadékfalak eltérő mértékű oldódásával magyarázható. Ugyancsak keskenyek a csupasz karsztok kitöltés nélküli hasadécai (1. ábra), amelyeknél az oldódás kisebb mértékű. Kitöltő üledék hiányában nincs víztározás és így nincs oldalirányú vízmozgásra lehetőség. De ha a hordozó térszín nagy magasságú, az oldódás időtartama ugyancsak rövid (2. kép), ami nem kedvez a hasadék szélesedésének. Ha a hasadékkitöltésben mésztörmelék van (2. ábra), ugyancsak gátolt a hasadék szélesedés. Ekkor a beszivárgó víz oldóképessége a mésztörmelék oldására és nem a hasadékfal, vagy a talp oldására fordítódik. A kitöltő üledék szemcseméretének a hasadékszélességére gyakorolt hatását bizonyítják a pádisi karszt különböző hasadékeinak szélességei is. A 3. képen látható durva szemcsekitöltésű hasadékok sokkal keskenyebbek, mint a 4. képen látható finom szemcséjű üledékekkel kitöltöttek.

Mediterrán karsztokon (és trópusi karsztokon is) a nagy hasadék szélesség vízzáró hiányában, a hasadékkitöltés kicsi szemcseméretével magyarázható. Az 5. és 6. képeken bemutatott hasadékok, amelyek finomszemcséjű terra rossával vannak kitöltve, környezetében számos kőtömb van. Ezek a hasadékok összenövése során keletkeztek. Jelenlétük így a hasadékok összenövését bizonyítja, ami csak intenzív szélesedésükkel magyarázható.

### **Következtetések**

A nem vízzáró talpú hasadékok mélyültek. A mélyülés mértéke és az, hogy a mélyülés a talpon milyen kiterjedésben történik, függ a fedő szemcseméretétől. Minél nagyobb szemcséjű a kitöltés, annál kiterjedtebb és annál nagyobb mértékű a hasadéktalpon az oldódás. Az eltérő mértékű és kiterjedésű leoldódás a fedő kapilláris és aggregát hézagterefogat különbségével magyarázható. Ahol a nagy kapilláris hézagterefogat miatt a kapilláris víz több volt, a kitöltésben a víz főleg oldalirányban áramlott. Ezáltal két helyen, a vízbevezetés helyénél és a hasadék alsó végénél érintkezett a fekével és fejtette ki a hatását.

A hasadék mélyülését követte a kitöltő fedő felszínének a süllyedése. A fedő süllyedése különbözik a feké mélyülésétől a különböző szemcseméreteknél. A finomszemcséjű fedőn a hasadékok felső és alsó

végénél a mélyülés a durvaszemcséjű fedő mélyüléséhez képest nagyobb, mint a fekü mélyülése, amely előzőn oldalirányú víz- és anyagmozgásra utal.

Vízzáró fekün a hasadéktalp mélyülése kis mértékű (a mélyülés vagy az eróziós eredetű anyagelszállításból adódik, vagy mérési hiba). Ugyanakkor a hasadékok szélessége nő, amely annál nagyobb, minél finomabb szemcséjű a fedő.

Karszterületek hasadékainak növekedése, valamint a szélesedésüknek és mélyülésüknek az aránya adott oldóképességnél függ a kitöltő üledék szemcseméretétől és a karsztvízszintnek a hasadéktalphoz képesti helyzetétől. Ha a hasadéktalp nem éri el a karsztvízszintet (vízzárót) a hasadéktalp mélyül. A szélesedés annál nagyobb mértékű, minél finomabb szemcséjű a kitöltő üledék. Egyre durvább szemcséjű kitöltő üledék esetén viszont egyre inkább a mélyülés lesz a nagyobb mértékű. Trópusi karszton, ahol sok és finomszemcséjű a fedő (a hasadékkitöltés) keletkezik, a hasadékok szélesedése intenzív, amely kedvező feltételeket teremt a köerdőkarszt, vagy a pinnacle karszt kialakulásának. Akkor, ha a felszín jelentős oldódásos alacsonyodása miatt a karsztvízszint közel kerül a hasadéktalpakhoz, a hasadékok nem mélyülnek, hanem szélesednek (és összekapcsolódnak egymással). Ez kedvező feltételeket teremt a szigethegyes karszt kialakulásának.

## IRODALOM

*BERGADO, D.T. – SELVANAYAGAM, A.N. (1987):* Pile foundation problems in Kuala Lumpur Limestone, Malaysia – Quarterly Journal Engineering Geology 20 pp.159–175.

*BÖGLI A. (1976):* Die wichtigsten Karrenformen der Kalkalpen – In: Karst Processes and Relevant Landforms. Department of Geography, Philosophical Faculty, Ljubljana, pp. 141–149.

*CURTIS, L.F. – COURTNEY, F.M. – TRUDGILL, S.T. (1976):* Soils in the British Isles – Longman, London, 364 p.

*CVJIČ, J. (1924):* The evolution of lapiés a study in karst physiography, – Geogr. Rev. XIV, pp. 26-49.

*DAY, M. – WALTHAM, T. (2009):* The pinnacle karrenfields of Mulu. – In: Ginés, Á., Knez, M., Slabe, T., Dreybrodt, W. (eds), Karst Rock Features. Karren Sculpturing Založba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna-Ljubljana. Carsologica 9: pp. 423-432.

- DEÁK GY. – SAMU SZ. – PÉNTEK K. – MITRE Z. – VERESS M.* (2012): A vízáramlási modellkísérletek vályúrendszereken. – *Karsztfelődés* XVII.évf.pp.155-163.
- DEÁK GY. – SAMU SZ. – VERESS M.* (2013): Bevonatképződés vizsgálata szuszpenziós rendszerekből modellkísérletekkel. – *Karsztfelődés* XVIII.évf.pp.49-63.
- DZULYNSKI, S. – GIL, E. – RUDNICKI J.* (1988): Experiments on kluftkarren and related lapis forms – *Zeitschrift für Geomorphologie* 32(1) pp.1–16.
- FABRE, G. – NICOD, J.* (1982): Lapiés, modalités et rôle de la corrosion, crypto-karstique – Phénomèn karstique III, Mémoires et documents de géographie, 3 pp.115–131.
- FORD, D.C. – WILLIAMS, P.W.* (1989): *Karst Geomorphology and Hydrology* - Unwin Hyman, London, 601 p.
- GLEW, J.R. – FORD, D.C.* (1980): Simulation study of the development of rillenkarren – *Earth Surface Processes* 5 pp.25-36.
- GOLDIE, H. S.*(2009): Case studies of grikes in the british isles – In: A. Ginés, M. Knez, T. Slabe, W. Dreybrodt (eds.): *Karst Rock Features. Karren Sculpturing* Založba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna. *Carsologica*, 9 pp. 275-290.
- HOWARD, A.D.* (1963): The development of karst features – *Bull. Nat. Spel. Soc.* 25 pp.45–65.
- JENNINGS, J.N.* (1985): *Karst Geomorphology* – Basil Blackwell, New York, 293 p.
- PERNA, G. – SAURO, U.* (1978): Atlante delle microforme di dissoluzione carsica superficiale del Trentino e del Vento – *Memorie del Museo Tridentino di Scienze Naturali* 22, Trento, 176 p.
- QUINIF, Y.* (1973): Contribution a l'étude morphologique des coupoles – *Annales de spéléologie* 28(4) pp. 565-573.
- ROSE, L. – VINCENT, P.* (1983): Some aspects of the morphometry of grikes a mixture modell approach, North Lancashire, England – In: Patterson, K., Sweeting, M.M. (szerk.): *New directions in karst*, Proceedings of the Anglo-French Karst Symposium, Geo Books, Norwich. pp. 497-515.
- SLABE, T.* (1995): *Cave Rocky Relief* – Znanstvenaraziskovalni Center Sazu, Ljubljana, 128 p.
- SONG, L. – LIANG, F.* (2009): Two important evolution models of Lunanshilin karst – In: Ginés, A., Knez, M., Slabe, T., Dreybrodt, W. (eds.): *Karst Rock Features. Karren Sculpturing* Založba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna-Ljubljana. *Carsologica*, 9, pp. 453-459.

- TRUDGILL, S.T.* (1985): Limestone geomorphology – Longman, New York, 196 p.
- VERESS M.* (2000): Covered karst evolution Northern Bakony mountains, W-Hungary – A Bakony Természettud. Kut. Eredményei 23, Bakonyi Természettudományi Múzeum, Zirc, 167 p.
- VERESS M.* (2010): Karst Environments. Karren Formation in High Mountains - Springer, Dordrecht – Heidelberg – London – New York, 230 p.
- VERESS M. – LÓCZY D. – ZENTAI Z. – TÓTH G. – SCHLÄFFER R.* (2008): The origin of the Bemaraha tsingy (Madagascar) – International Journal of Speleology 37(2) pp.131–142.
- VERESS M. – PIDL K. – MANTLER M.* (1998): A gipsz karsztosodásának modellezése laboratóriumi körülmények között – Berzsenyi Dániel Tanárképző Főiskola Tudományos Közleményei XI. Természettudományok 6 pp.147-166.
- VERESS M. – TÓTH G. – ZENTAI Z. – KOVÁCS GY.* (2006): A magashegységi karrosodás mértékének és minőségének alakulása a különböző növényövekben – Karszt és Barlang pp. 39-48.
- WALTHAM, A.C.* (1997): Pinnacle karst of Gunung Api, Mulu Sarawak – In: Song, L., Waltham, A.C., Cao, N., Wang, F. (eds.), Stone Forest: A Treasure of Natural Heritage, Proceedings of the International Symposium for Lunan Shilip to Apply for World Natural Heritage Status, China Environmental Science Press, Beijing pp. 52-55.
- WHITE, W.B.* (1988): Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains – Oxford University Press, New York – Oxford, 464 p.
- WILLIAMS, P.W.* (2009): Arête and pinnacle karst of Mount Kaijende – In: Ginés, Á., Knez, M., Slabe, T., Dreybrodt, W. (eds), Karst Rock Features. Karren Sculpturing Založba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna-Ljubljana. Carsologica 9 pp. 433-437.
- ZÁMBÓ L.* (1970): A vörösayagok és a felszíni karsztosodás kapcsolata az Aggteleki-karszt délnyugati részén. (The relationship between red clays and surface karstification at the southwestern part of Aggtelek karst). – Földrajzi Közlemények 94(4) pp.281–293.
- ZSENI A.* (2009): Subsoil shaping – In: Ginés, Á., Knez, M., Slabe, T., Dreybrodt, W. (eds), Karst Rock Features. Karren Sculpturing Založba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna-Ljubljana. Carsologica 9, pp. 103–121.