

**FEDETT KARSZTOSODÁS VIZSGÁLATA FEDŐVEL BORÍTOTT  
GIPSZTÁBLÁN**

**THE STUDY OF COVERED KARSTIFICATION ON A GYPSUM  
PLATE WITH COVER**

VERESS MÁRTON – GÁRDONYI ISTVÁN – DEÁK GYÖRGY

Nyugat-magyarországi Egyetem Természettudományi Kar

Földrajz és Környezettudományi Intézet

Szombathely, Károlyi Gáspár tér 4.

[vmarton@tk.nyme.hu](mailto:vmarton@tk.nyme.hu)

*Abstract: Covered karst processes and development were studied in laboratory. For the experiment, the surface of the plates that were made of well-soluble gypsum was covered with sediment then the gypsum was let to dissolve with different water inflows. During the experiment we managed to create various features both on the superficial deposit and the bedrock. It can be stated that the extent of solution on the gypsum plate and the characteristic of the developing features is determined by the method of water supply (as it significantly affects the characteristic of water movement and the expansion of water in the superficial deposit), the grain size of the superficial deposit and the dipping of the gypsum plate. Various features developed on the superficial deposit above the greater features of the bedrock. The breakdown of the superficial deposit, the suffosion and the fall of the grains play a role in the development of the features of the superficial deposit.*

## **1. Bevezetés**

E tanulmányban laboratóriumi kísérletekkel vizsgáljuk a fekün létrejött anyagiány átöröklődését a fedőre.

Rejtett fedett karsztokon, ahol a fedő vízáteresztő a fedő vizei (amelyek származhatnak közvetlenül beszivárgásból, vagy az oldalirányba mozgó vízből, pl. talajvízből) a karsztos fekü kőzetre jutva oldással anyagiányt hoznak létre. A fekün üregek, aknák, kürtők alakulnak ki (JAMMAL 1984, VERESS 2009), amelyekbe a fedő főleg szuffúzióval (WALTHAM et al. 2005) beleszállítódik, vagy a fedőn üregképződés történik (WALTHAM et al. 2005). Ha üreg alakul ki a fedőben, annak mennyezetéről a fedő vízének a hatására darabok válnak le (BECK 1991, WHITE – WHITE 1992, CURRENS et al. 2012). Az üreg felfelé növekszik, amit a mennyezet omlása követ. A szuffúzió eredményeként alakulnak ki a szuffúziós töbrök, míg az omlás eredményeként jönnek létre a lezökkenéses töbrök.

Olyan laboratóriumi kísérletet alakítottunk ki, amelyben vizsgálható, hogy a fekül keletkezett anyagiány milyen folyamatokat indít el a fedőben és, hogy a fekül létrejött formáktól hogyan függ a fedőn a formaképződés.

A laboratóriumi vizsgálatoknak a karsztosodás tanulmányozására számottevő előzményei vannak. E vizsgálatokhoz gipszet használtak, miután e közetnek az oldódása elég gyors ahhoz, hogy az oldódási folyamatok eredményei a véges idejű kísérletek végén észlelhetők legyenek.

Így *GLEW – FORD* (1980) rillenkarrok kialakulását tanulmányozták. *DZULANSKY et al.* (1988) ugyancsak gipszen a hasadékarrok kialakulását vizsgálta. *VERESS et al.* (1998) a madáritatók és e formákhoz kötődő más karrformák (pl. túlfolyási csatornák) létrejöttét modellezte. *SLABE* (2009) kísérletében fedett karsztos környezetet hozott létre. Gipsz oszlopokat alakított ki, amelyeket egy edénybe helyezett (az edényből folyamatos vízvezetés történt) és az oszlopokat fedővel borította el. Az oszlopokon eltérő jellegű oldódás és formaképződés történt. Így az oszlopok alsó részén a vízborítás szintjében színlők és vályúk alakultak ki, míg ezek felett, ahol állandó vízborítás nem volt talaj alatti kagylók, csövek és vályúk.

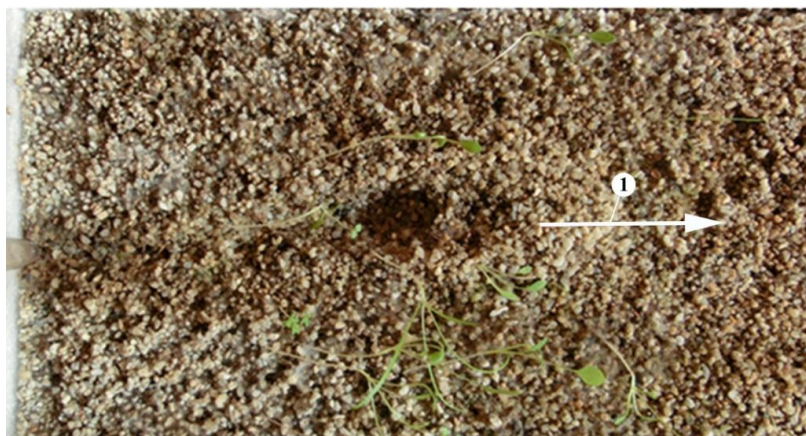
## 2. Módszer

Kísérleteinkhez 45x30x3 cm-es gipsztáblákat alakítottunk ki. 9 db gipsztáblán folyt a kísérlet (táblánként 2-2 helyen végeztünk vízadagolást). A kísérleteket nem ismételtük, egyrészt azok nagy időigénye miatt, másrészt mert a kísérleti körülményeket pontosan nem lehetett rekonstruálni. A gipsztáblánkon 1 cm-es fedőt hoztunk létre. A gipsztáblákra elhelyezett fedő szemcseméret tartományok a következők voltak: 2,5-5 mm, 2,0-2,5 mm, 0,5-1,0 mm, 0,25-0,5 mm, 0,125-0,25 mm, 0,063-0,125 mm és <0,063 mm. A gipsztábla dőlését 5°-ra, ill. 0°-ra állítottuk be a kísérletekhez.

A kísérlet során minden vízadagolási helyre 100 dm<sup>3</sup> desztillált vizet juttattunk csepegtetéssel. Munkanaponként 5-5 dm<sup>3</sup> vizet adagoltunk minden egyes vízadagolási helyre. Reggel 2 dm<sup>3</sup>-t, este 3 dm<sup>3</sup>-t töltöttünk fel a csepegtetés tározó edényébe. Munkaszüneti napokon nem történt vízadagolás. Nappal 2-3 órás, éjszaka 3-4 órás vízadagolási szünet állt elő. A vízadagolás sebessége 60 (±5) csepp/perc volt. Egy csepp mérete 0,1-0,075 cm<sup>3</sup> között változott. Utóbbi kiszámításának módja: mértük, hogy hány csepp tett ki 1 cm<sup>3</sup>-t, majd a méretet a kétfő hányadosából képeztük. A vízrávitelt (továbbiakban vízadagolás) különböző módokon végeztük. Így történhetett a fedőre, valamint közvetlenül a fekülre. Mindkét esetben függőlegesen és oldalról is történt vízadagolás. Függőlegesen és a fekülre történt a vízadago-

lásnál a büretta a fedőt átharántolta. Ha a vízadagolás oldalról történt, a vizet üvegszövön keresztül tölcserből vezettük a fedőre, vagy a fekére.

### 3. A formák



1. kép: Lankás oldalú medence a gipsztábla fedőjén (5/1 jelű gipsztábla)

Jelmagyarázat: 1. a felszín dőlésiránya

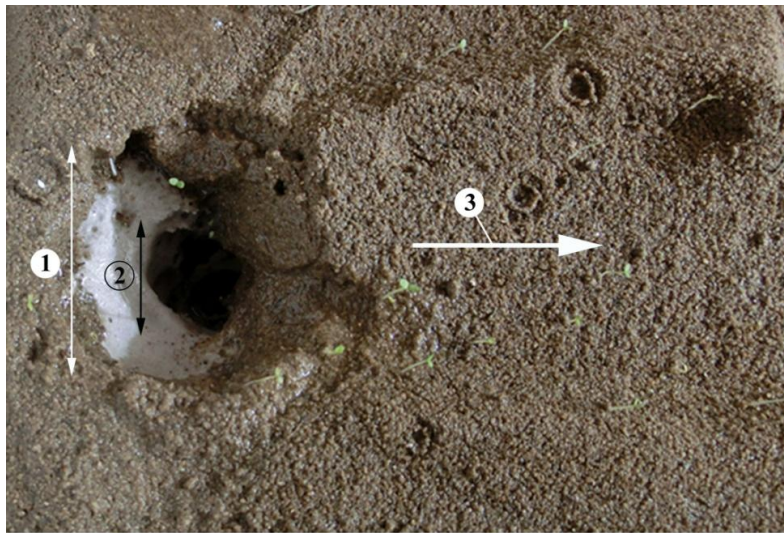
Megjegyzés: fedő szemcsemérete 2,5-5 mm, gipsztábla dőlése 5°, vízadagolás módja: oldalról, a fedőre  
Picture 1.: basin with gentle slope on the superficial deposit of the gypsum plate (gypsum plate marked 5/1)

Legend: 1. dip direction of the surface

Notice: the grain size of the superficial deposit is 2.5-5 mm, the dipping of the gypsum plate is 5°, the method of water supply is from the side to the superficial deposit

A fedőn kialakult formák a lankás oldalú medence, a függőleges oldalú medence, az esővízbarázda, a kis medence és a szabálytalan medence, a hosszanti-, a keresztirányú hasadék, a sugaras hasadék és az íves hasadék. A lankás oldalú medence (1.kép) és a függőleges oldalú medence (2. kép) a vízadagolás helyénél jön létre. Előző inkább durvább szemcséjű fedőn, a feké lankás oldalú mélyedése (madáritató) felett, utóbbi ott, ahol a gipsztáblát átharántoló forma (akna) alakult ki. A kis medence kisebb (1-2 cm-es átmérőjű), lankás oldalú mélyedés, amely a vízadagolástól távolabb alakult ki főleg a feké csatornáinak a keresztveződéseinél (3. kép). Az esővízbarázda lejtés irányba megnyúlt mélyedés, amely rendszerint a lankás oldalú medencék tavának túlfolyó vizéből jött létre erózióval. Ritkán kialakulhat azonban nemcsak a fedő felszínén mozgó víz hatására. A sugaras és íves hasadékok a medencékhez csatlakozó, ill. a medencék peremével párhuzamos hasadékok. Ez utóbbiak akkor képződnek, ha a gipsztábla dőlése 0°. Akárcsak a szabálytalan mélyedés, amely ugyancsak nem zárt forma a fedőn. A medence

peremével párhuzamos hasadékok a fedő megsüllyedésére utalnak. A fedő ilyen szerkezeteit, amelyek töbrök körül alakulnak ki, WALTHAM et al. (2005) szuffóziós eredetűeknek tartják.



2. kép: Meredek oldalú medence a gipsztábla fedőjén (4/2 jelű gipsztábla)

Jelmagyarázat: 1. függőleges oldalú medence, 2. akna, 3. a felszín dőlésiránya

Megjegyzés: fedő szemcsemérete <0,063 mm, gipsztábla dőlése 5°, vizadagolás módja: felülről a fedőre

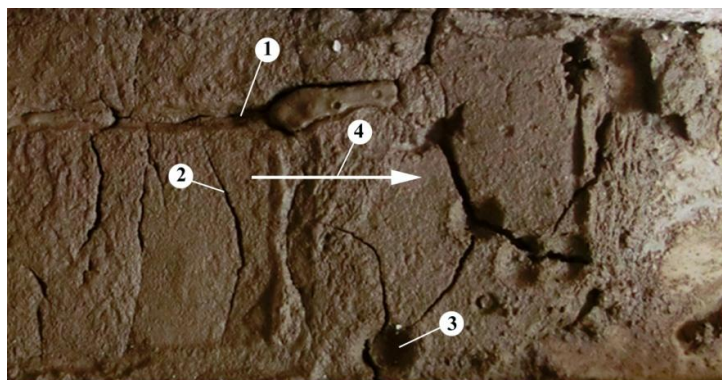
Picture 2.: basin with steep slopes on the superficial deposit of the gypsum plate (gypsum plate marked 4/2)

Legend: Basin with vertical slope, 2. shaft, 3. dip direction of the surface

Notice: grain size of the superficial deposit <0.063 mm, dipping of the gypsum plate 5°, method of water supply: from upside-down to the superficial deposit

A fekü formái a madáritató, az akna, az ujjbegy, a hosszanti- és keresztirányú csatorna, a levezető csatorna, a kürtő, a túlfolyási csatorna, a fedő menti csatorna, a mennyezeti csatorna.

A túlfolyási csatorna az aknától, vagy madáritatótól kiágazó vonalas forma (4. kép), míg a bevezető csatornák ahhoz kapcsolódnak (4. kép). A kürtők mélysége (max. néhány mm-es) nagyobb, mint az átmérőjük (4. kép). A madáritató lankás oldalú kisebb mélységű zárt mélyedés (5 a. kép), az akna függőleges oldalú zárt mélyedés, amely átharántolja a gipsztáblát (2. kép). Az ujjbegyek a kürtőknél nagyobb (max. 1 cm-es) félgömbszerű formák, amelyeknek az átmérője mélységükhöz viszonyítva nagyobb (5 b. kép). A hosszanti csatornák dőlésirányú a keresztirányú csatornák csapásirányú vonalas bemélyedések a fekűn (5 a. kép). A fedő hasadécai alatt jönnek létre. A fedő menti csatornák a fedő elvégződésénél a csupasz fekűn kialakult formák (5 b. kép). A mennyezeti csatornák a gipsztábla alsó felületén kialakult képződmények.



0 5 cm

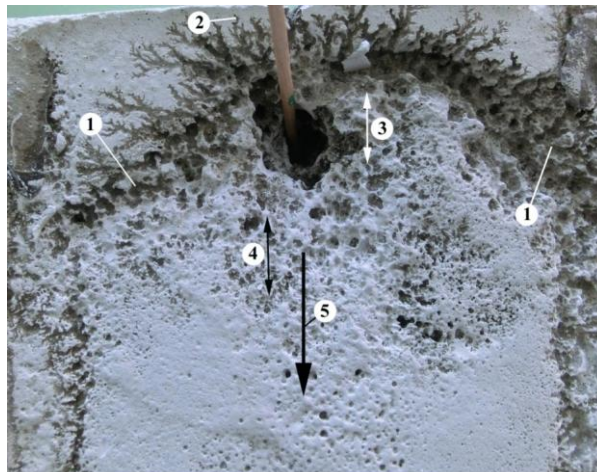
3. kép: A gipsztábla fedőjén kialakult hasadékok és kis medencék (5/2 jelű gipsztábla)

Jelmagyarázat: 1. hosszanti hasadék, 2. kereszthasadék, 3. kis medence, 4. a felszín dőlésiránya

Megjegyzés: fedő szemcsemérete  $<0,063$  mm, gipsztábla dőlése  $5^\circ$ , vízadagolás módja: oldalról, a fedőre  
 Picture 3.: Fissures and small basins developed on the superficial deposit of the gypsum plate (gypsum plate marked 5/2)

Legend: 1. longitudinal fissure, 2. transverse fissure, 3. small basin, 4. dip direction of the surface

Notice: grain size of the superficial deposit is  $<0,063$  mm, dipping of the gypsum plate is  $5^\circ$ , method of water supply: from the side to the superficial deposit



0 5 cm

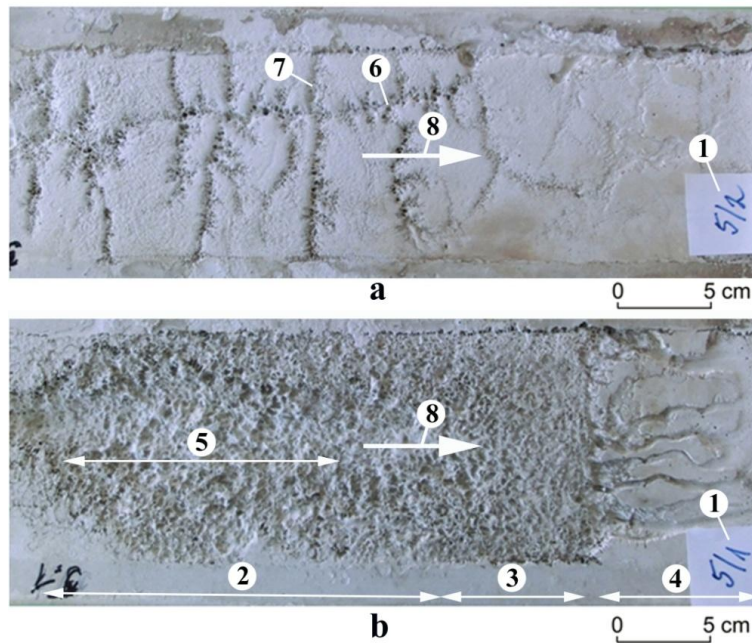
4. kép: Túlfolyási csatorna a fekiin (8/1 jelű gipsztábla)

Jelmagyarázat: 1. túlfolyási csatorna, 2. bevezető csatorna, 3. akna, 4. kiirtők, 5. a felszín dőlésiránya

Megjegyzés: fedő szemcsemérete  $0,250-0,5$  mm, gipsztábla dőlése  $5^\circ$ , vízadagolás módja: felülről a fedőre  
 Picture 4.: decantation channel on the bedrock (gypsum plate marked 8/1)

Legend: 1. decantation channel, 2. inlet channel, 3. shaft, 4. pits, 5. dip direction of the surface

Notice: grain size of the superficial deposit  $0,250-0,5$  mm, dipping of the gypsum plate  $5^\circ$ , method of water supply: from upside-down to the superficial deposit



5. kép: Csatornák és ujjbegyek a fekün

Jelmagyarázat: 1. gipsztáblák azonosító jele, 2. ujjbegyes zóna, 3. kürtő zóna, 4. fedőmenti csatornák, 5. madár-  
 itató, 6. hosszanti csatorna, 7. keresztirányú csatorna, 8. a felszín dőlési iránya, a 5/2 jelű gipsztábla, b az 5/1 jelű  
 gipsztábla

Megjegyzés: 5/1. jelű gipsztáblán: fedő szemcsemérete 2,5-5 mm, gipsztábla dőlése 5°, vízadagolás módja: oldal-  
 ról, a fedőre, 5/2. jelű gipsztáblán: a fedő szemcsemérete <0,063 mm, gipsztábla dőlése 5°, vízadagolás módja  
 oldalról a fedőre

Picture 5.: Channels and finger pads on the bedrock

Legend: 1. identification mark of the gypsum plates, 2. zone with finger pads, 3. zone with pit, 4. channels along  
 the superficial deposit, 5. kamenitza, 6. longitudinal channel, 7. transverse channel, 8. dip direction of the surface,  
 a) gypsum plate marked 5/2, b) gypsum plate marked 5/1

Notice: on the gypsum plate marked 5/1: grain size of the superficial deposit 2.5-5 mm, dipping of the gypsum  
 plate 5°, method of water supply: from the side to the superficial deposit, on the gypsum plate marked 5/2: grain  
 size of the superficial deposit <0.063 mm, dipping of the gypsum plate 5°, method of water supply: from the side to  
 the superficial deposit

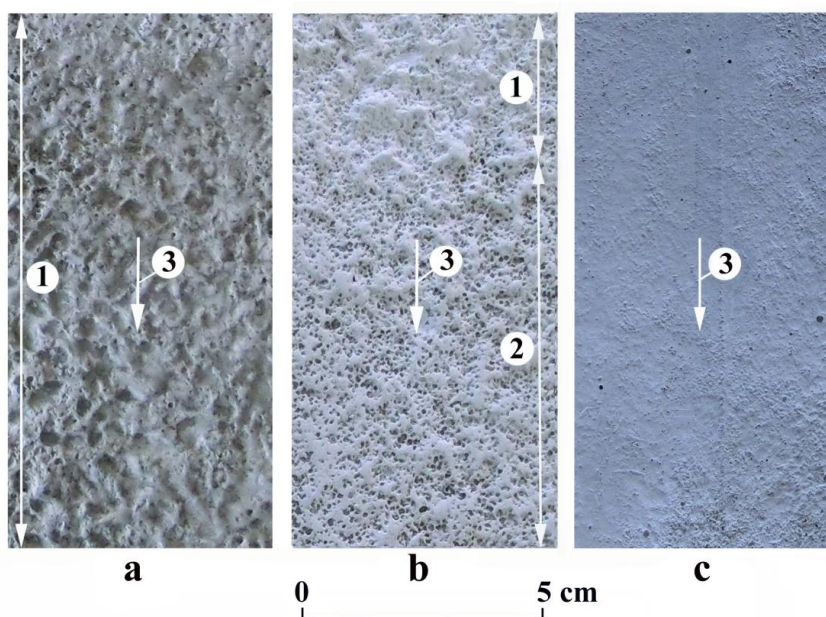
#### 4. Az oldódás

A fedőn a formaképződés kiváltója a fekün létrejövő anyagiány. Az anyagiány során kialakuló formák méretét, sűrűségét, eloszlását a fekün, azoknak az átöröklődését a fedőre, ill., hogy ennek során a fedőn milyen méretű, alakú, sűrűségű és mintázatú formák alakulnak ki, számos tényező határozza meg. Így a gipszlap dőlése, a vízadagolás módja, a fedő szemcsemérete.

A fekün a formaképződés (az oldódás) lehet lokális, folytonos és a kettő közötti átmenetet mutató részben folytonos. A fekü lokális oldódása

során keletkező formák a madáritatók és az aknák. Folytonos oldódás során keletkeznek az ujjbegyek és a kürtők, részben folytonos oldódás során a csatornák.

Durvább szemcséjű fedő (2,5-5,0 mm) alatt nagyobb formák (ujjbegyszerű formák) képződnek nagyobb sűrűségben, kisebb sűrűségben azonban kürtők is előfordulnak (6 a. kép), illetve a gipsztábla alsó részén a kürtők önálló zónát alkotnak (5 b. kép). Közepes szemcséjű fedő (0,25-0,5 mm) alatt a gipszlap felső részén ujjbegyek, középső és alsó részén kürtők, de kisebb sűrűségben jönnek létre (6 b. kép). Finom szemcséjű fedő alatt, ha a vízbevetés fentről a fedőre történt, a gipsztábla felülete nem oldódott, sima maradt (6 c. kép).



6. kép: A gipsztáblák oldódása különböző szemcseméretű fedő alatt

Jelmagyarázat: 1. ujjbegyek, 2. kürtők, 3. a felszín dőlésiránya, a 5/1 jelű gipsztábla, b 8/1 jelű gipsztábla, c 4/2 jelű gipsztábla

Megjegyzés: szemcseátmérő: 2,5-5,0 mm (5/1 jelű gipsztábla), 0,25-0,5 mm (8/1 jelű gipsztáblán), <0,063 mm (4/2 jelű gipsztábla), gipsztábla dőlése 5°, vizadagolás módja: a fedőre oldalról (5/1 jelű gipsztábla), fentről a fedőre (4/2 jelű gipsztábla), ill. fentről a fedőre (8/1 jelű gipsztábla)

Picture 6.: the dissolution of gypsum plates under superficial deposits with different grain size  
Legend: 1. finger pads, 2. pits, 3. dip direction of the surface, a) gypsum plate marked 5/1, b) gypsum plate 8/1, c) gypsum plate marked 4/2

Notice: diameter of grain: 2.5-5.0 mm (gypsum plate marked 5/1), 0.25-0.5 mm (gypsum plate marked 8/1), <0.063 mm (gypsum plate marked 4/2), dipping of gypsum plate 5°, method of water supply: from the side to the superficial deposit (gypsum plate marked 5/1), from upside-down to the superficial deposit (gypsum plate marked 4/2), from upside-down to the superficial deposit (gypsum plate marked 8/1) respectively

A fekü fentebb bemutatott oldódási mintázatot a fedő hézagterfogatanak sajátosságaiból vezetjük le. A hézagterfogat szemcsék közötti térfo-  
 gatból (aggregát hézagterfogat) és a szemcsén belüli hézagterfogatból (ka-  
 pilláris hézagterfogat tevődik össze (Stefanovits 1981). A szemcseméret  
 csökkenésével azért nőhet a hézagterfogat (I. táblázat), mert nő a kapilláris  
 hézagterfogat. Az aggregát hézagterfogat réseiben a víz gravitációsan mo-  
 zog, a kapillárisban mozgó vízre a hajszálcsovesség hat. Ezért itt a vízmoz-  
 gás lefelé korlátozott, vagy nincs is.

I. Táblázat  
 Table I.

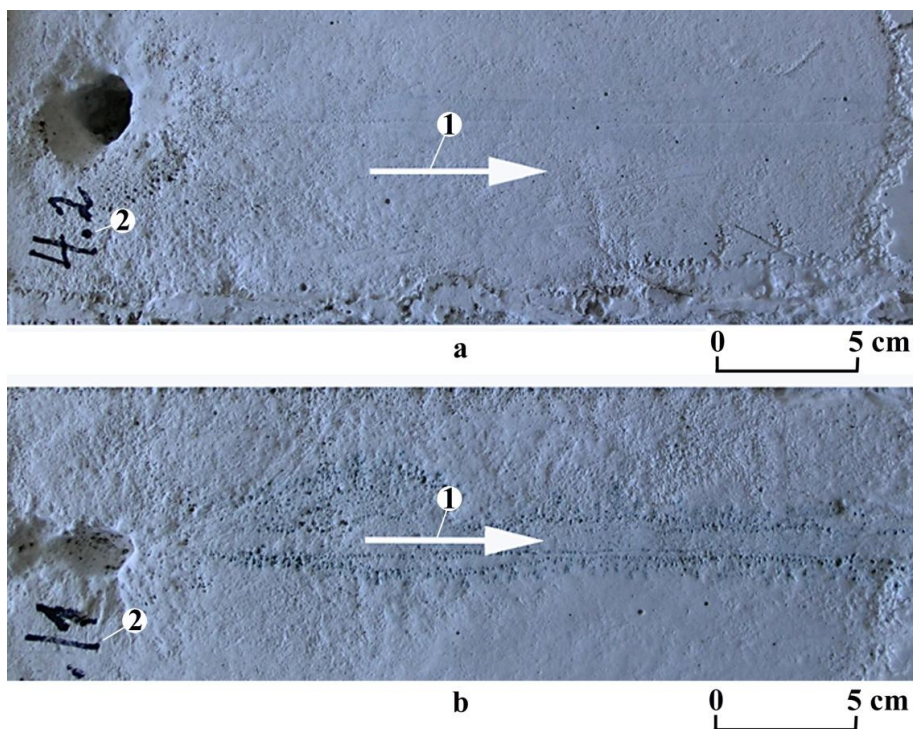
*Különböző szemcseméretű üledékek hézagterfogata*  
*The porosity of the different particle size sediment*

Szemcseméret [mm]	Hézagterfogat
2,5 - 5	42,38
2,0 - 2,5	40,87
1 - 2	39,7362
0,5 - 1	39,2186
0,25 - 0,5	36,4432
0,125 - 0,25	38,2104
0,063 - 0,125	44,2504
0,001 - 0,063	48,5380
< 0,001	50,7456

A durva szemcséjű fedő alatt az oldódás azért folytonos (az ujjbe-  
 gyek sűrűsége nagy), mert a víz az aggregát hézagterfogat miatt nagymér-  
 tékben szétesztva jut a feküre. A fekü formái viszonylag nagyok (ujjbe-  
 gyek), mert a gipsz és a fedő szemcséi közti hézagokba víz gyűlik össze,  
 ahol oldódás történik. Közepes szemcseméretnél az aggregát hézagterfogat  
 még elég nagy ahhoz, hogy a feküt a víz viszonylag sok helyen érje el, de a  
 kisebb szemcseméret miatt egy-egy helyen kevés víz lesz és így kisebb for-  
 mák (kürtök) képződnek. Finom szemcseméret esetén a kapilláris hézagter-



fogat lesz az uralkodó. Emiatt a vízáradás a fekére néhány helyre koncentrá-  
 lódik. Ugyanakkor a kapillárisokban megjelenő víz a fedő duzzadását (vív-  
 zárást), majd a kapillárisok vízvesztése a fedő zsugorodását eredményezi. A  
 fedő vízmegtartó képességét növeli az is, hogy a víz egy része a szemcsékre  
 tapad. A fedő térfogat változása miatt, azon hasadékok alakulnak ki (3. kép).  
 E hasadékokba léphet be a kapilláris hézagokban lévő víz, amely e helyeken  
 lefelé mozogva eléri a feküt, ahol oldódást fejt ki (részleges oldódás törté-  
 nik, amely során kereszt- és hosszanti csatornák alakulnak ki).



7. kép: A gipsztáblák oldódása, ha a vízáradás oldalról a fekére (4/1 jelű gipsztábla) és, ha a vízáradás  
 fentről a fedőre oldalról (4/2 jelű gipsztábla) történik

Jelmagyarázat: 1. a felszín dőlésiránya, 2. gipsztábla jele, a 4/1 jelű gipsztábla, b 4/2 jelű gipsztábla

Megjegyzés: a gipsztábla dőlése 5°, a fedő szemcsemérete <0,063 mm

Picture 7.: Dissolution of the gypsum plates in case of method of water supply from side to the bedrock (gypsum  
 plate marked 4/1) and in case of method of water supply from upside-down to the superficial deposit from side  
 (gypsum plate marked 4/2)

Legend: 1. dip direction of the surface, 2 mark of the gypsum plate a) gypsum plate marked 4/1, b) gypsum plate  
 marked 4/2

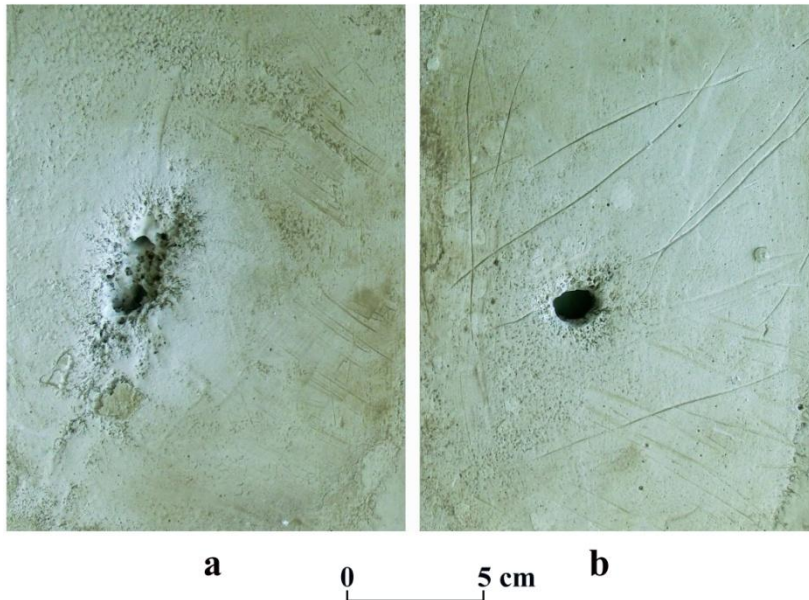
Notice: dipping of the gypsum plate 5°, grain size of the superficial deposit <0.063 mm

A formaképződés a vízáradástól is függ. Akkor, ha a víz fentről jut  
 a fedőre, lokális az oldódás és így a formaképződés is (akna képződik, 7 a.  
 kép). Ha oldalról a fekére az akna mentén foltszerűen kifejlődött, kürtökkel

tagolt felület alakul ki, miután a víz oldalirányba szivároghat a fekü és a fedő között (7 b. kép). Lokális az oldódás akkor is, ha a víz a fedőre érkezik, de a fedő szemcsemérete finom (2. kép). Míg ha a fedőre oldalról érkezik, akkor a fedőben szétterjed. Ez eredményezi, mint már említettük, a fedő térfogatváltozását, s így a fekün a részleges oldódást (csatornák képződnek).

A lokális oldódás során képződő formák alakváltozását okozza a fedő szemcsemérete és a vízadagolás módja. Durva szemcséjű fedőn madáritató képződik, a már említett ok miatt (a szemcsék szétosztják a vizet). Hasonlóképpen madáritató és nem akna képződik akkor is, ha a víz a fedőre oldalról és nem felülről érkezik (1. kép). Ekkor a feküre érkező víz nagyobb mértékben szétfolyik és nem egy pontban hat. Ez nem kedvez az akna kialakulásnak. Kizárólag akna képződik csak viszont akkor, ha a fedő finomszemcséjű és a vízadagolás felülről történik a fedőre (2, 7 a. képek).

A formaképződés a hordozó lejtő szögétől is függ.  $0^\circ$ -os dőlésnél az oldódás lokális, de a létrejött akna alakja a vízadagolás módjától függ. Akkor, ha a víz oldalról érkezik a feküre, megnyúlt alaprajzú akna képződik (8 a. kép), míg ha fentről, akkor kör alaprajzú (8 b. kép).



8. kép: Vízszintes helyzetű gipsztáblák oldódása  
 Jelmagyarázat: a 6/2 jelű gipsztábla, b 6/3 jelű gipsztábla  
 Megjegyzés: fedő szemcsemérete  $<0,063$  mm, vízadagolás módja: oldalról a feküre (6/2 jelű gipsztábla), fentről a feküre (6/3 jelű gipsztábla)

Picture 8.: Dissolution of gypsum plates with horizontal position  
 Legend: a) gypsum plate marked 6/2, b) gypsum plate marked 6/3  
 Notice: grain size of the superficial deposit  $<0.063$  mm, method of water supply: from the side to the bedrock (gypsum plate marked 6/2), from upside-down to the bedrock (gypsum plate marked 6/3)

Véleményünk szerint ezért a fedő szemcsemérete fedett karszton erőteljesen befolyásolja az oldódási helyek számát, eloszlását. Az oldódási helyek sűrűség mintázatának a változatossága nő, ha egymás mellett különböző szemcseméretű fedőfoltok építik fel a fedett karszt fedőjét.

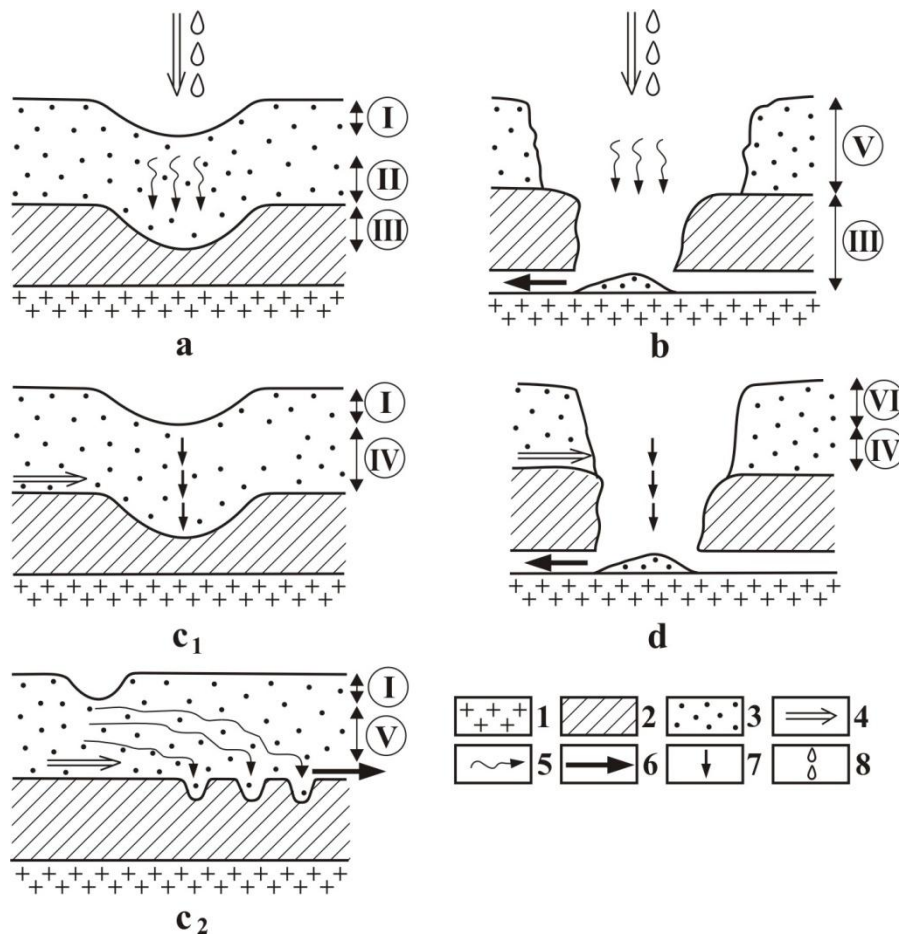
#### 7.4.1.2. Formaképződés a fedőn

A fedőre a fekről lokális és részben folytonos oldódásnál történik többnyire átöröklődés. Míg folytonos oldódásnál csak ritkán. A lokális oldódás során az alábbi módjai lehetnek az átöröklődésnek. Amikor a vízadagolás a fedőre történik, a fekün kialakulhat madáritató, vagy akna. Előző esetben a fedő szemcséinek egy része szuffúzióval a fekü mélyedésébe halmozódnak. A hézagterefogat nő, amit a tömörödés, majd a tömörödött rész feletti fedő süllyedése követ. A süllyedéssel a fedőn mélyedés képződik (*1 a. ábra*). Ha a fekü átoldódik, a fedő alsó részének a szemcséi szuffúzióval az aknán keresztül a gipszlap hordozó felületére szállítódnak (*1 b. ábra*). A fedőben nagyobb anyagihiány alakul ki, esetleg üregképződés történik, amit omlás követhet.

Ha a vízadagolás a fekü felszínére történik, ugyancsak kialakulhat madáritató, de akna is, szuffúzió ekkor nem történhet. Előző esetben a fedő alsó részének a szemcséi ugyancsak a fekün létrejött madáritatóba hullanak. A hézagterefogat növekedését tömörödés, majd süllyedés követi (*1 c<sub>1</sub>. ábra*). A fedő mélyedése kialakulhat akkor is, ha anyaga nemcsak lefelé, hanem oldalirányban is szállítódva a fekü ujjbegyeibe, kürtőibe halmozódnak. Főleg a kis medencék képződnek így (*1 c<sub>2</sub>. ábra*). Előfordulhat, hogy ekkor a fedő mélyedése alatt a fekün nincs is mélyedés.

Ha a vízadagolás a fekre történik, de a fekün akna alakul ki, a fedő alsó részének szemcséi a gipszlap hordozó felületére hullanak az aknán keresztül. A fedő alsó részén hézagterefogat növekedés (esetleg üregképződés történik), amelyet a fedő felső részének az omlása követ (*1 d. ábra*).

Részleges oldódás során kialakult csatornába hullhatnak a fedő szemcséi. Ezt térfogat növekedés, majd tömörödés követ, ami süllyedést eredményez. A süllyedés lehet vonalas (esővíz barázdászerű forma képződik), vagy lokális (kis medence alakul ki). A fedő hasadécai azonban a fekün kialakult anyagihiánytól függetlenül alakulnak ki. Mint említettük a fedő térfogatváltozása során képződnek. Így nem a fekü anyagihiánya miatt alakulnak ki, hanem fordítva ezek segítik elő a fekü formáinak a létrejöttét.



1. ábra: Folyamatok a fedőben

Jelmagyarázat: 1. gipsztábla aljzata, 2. gipsz, 3. fedő, 4. vízadagolás, 5. szuffózió, 6. anyagelszállítás, 7. szemcsehullás, 8. csepegtetés a lefolyó víz által, I. süllyedési zóna, II. szuffózió és tömörödés, III. oldódás, IV. szemcsehullás (hézagterefogat nő, amit tömörödés követ), V. szuffózió, VI. omlás, a. szuffózió-tömörödés-süllyedés, b. szuffózió, c<sub>1</sub>. szemcsehullás-hézagterefogat növekedés-tömörödés-süllyedés, c<sub>2</sub>. szuffózió anyagelszállítás-hézagterefogat növekedés-tömörödés-süllyedés, d. szemcsehullás-hézagterefogat növekedés-omlás

Fig. 1.: Processes in the superficial deposit

Legend: 1. floor of the gypsum plate, 2. gypsum, 3. superficial deposit, 4. water supply, 5. suffosion, 6. matter transportation from the superficial deposit, 7. grain fall, 8. dripping by the water flowing down, I. subsidence zone, II. suffosion and compaction, III. dissolution, IV. grain fall (void volume increases, which is followed by compaction), V. suffosion, VI. fall, a. suffosion-compaction-subsidence, b. suffosion, c<sub>1</sub>. grain fall - void volume increase - compaction - subsidence, c<sub>2</sub>. Suffosion matter transportation from the superficial deposit - void volume increase - compaction - subsidence, d. grain fall - void volume increase - fall

#### 4. Következtetések

A fekün az oldódást (az oldódásos formák méretét, alakját, eloszlását, sűrűségét) befolyásolja, ill. meghatározza a fedő szemcséinek mérete, a fekü dőlése, a vízmozgás jellege (vízmozgás hol van, milyen jellegű és intenzitá-

sú, a fedőben tározódott víz mennyisége és egységessége) amely viszont elsősorban vízadagolás módjától függ.

A fedőn a folyamatokat, valamint annak felszínén a formák méretét meghatározza a fekü anyagiányának a mérete, valamint a fekün kialakult formák alakja. A fedő felszín formáinak az alakját meghatározza a vízáramlás, a vízmozgás jellege, a feküben kialakult formák mérete és alakja.

## IRODALOM

*BECK, B. F.* (1991): On calculating the risk of sinkhole collapse – In: Kasting, E. H. and Kasting, K. M. (eds.): Appalachian, Karst, Proceedings of the Appalachian Karst Symposium, Radford, Wirginia, March 23-26 1991: National Speleology Society, Huntsville pp. 231-236.

*CURRENS, J. C. – PAYLOR, R. L. – BECK, E. G. – DAVIDSON, B.* (2012): A method to determine cover-collapse frequency in the Western Pennyroyal karst of Kentucky – Journal of Cave and Karst Studies, 74(3) pp. 292-299.

*DZULANSKY, S. – GIL, E. – RUDNICKI, J.* (1998): Experiments on kluftkarren and related lapis form – Zeitschrift für Geomorphologie 32(1) pp. 1-16.

*GLEW, J.R. – FORD, D. C.* (1980): Simulation study of the development of rillenkarren – Earth Surface Process 5 pp. 25-36.

*JAMMAL, S. E.* (1984): Maturation of the Winter Park sinkhole. – In: Beck, B. F. (ed.): Sinkholes: Their Geology, Engineering and Environmental Impact, Balkema: Rotterdam pp. 363-369.

*SLABE, T.* (2009): Karren simulation with plaster of Paris – 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 Ljubljana, Eslovènia, pp. 47-54.

*VERESS M.* (2009): Investigation of covered karst form development using geophysical measurements – Zeits. f. Geomorph. 53 (4) pp. 469-486.

*VERESS M. – PIDL K. – MANTER M.* (1998): Gipsz karsztosodásának modellezése laboratóriumi körülmények között – BDTF, Tud. Közl. XI. Természettudományok, 6 pp. 147-166.

*WALTHAM, T. – BELL, F. – CULSHAW, M.* (2005): Sinkholes and Subsidence – Springer Berlin Heidelberg, 382 p.

*WHITE, W. B. – WHITE, E. L.* (1992): Sinkholes and sinkhole collapses – In: Majundar, S. K., Forbes, G. S., Miller, E. W. and Schmalz, R. F. (eds.): Natural and Technological Disasters: Causes, Effects and Preventative Measures, Pennsylvania Academy of Science pp. 280-293.