

## A KÜRTŐKÉPZŐDÉS VIZSGÁLATA FIZIKAI ANALÓG MODELLKÍSÉRLETEKKEL

### EXAMINATION OF A CHIMNEY FORMATION WITH THE USE OF PHYSICAL ANALOGUE MODEL EXPERIMENTS

EREDICS ALEXANDRA – VETÉSI- FOITH SZILÁRD –  
VERESS MÁRTON

NYME, Természetföldrajz Intézeti Tanszék, 9700 Szombathely, Károlyi  
Gáspár tér 4. alexandra.eredics@gmail.com

*Abstract: During our research activity we examined the process of a chimney formation with the use of physical analogue model experiments on a plaster blocks with 15x15x5 cm parameters. First, we investigated how generates the slow (6 min/ 10 cm<sup>3</sup>), the medium (4 min/ 10 cm<sup>3</sup>) and the fast (2 min/ 10 cm<sup>3</sup>) dripping the chimney formation on an uncovered plaster block. Then we repeated this attempt in a way that we placed 2 different type of granule sized (0,125-0,250 mm and 1-2 mm) cover separately on the surface of the plaster blocks, and dripped distilled water as mentioned above. At slow dripping, a chimney is formed on the uncovered plaster block, however at medium and fast dripping, kamenitza features are formed. It is likely that in the case of the slow dripping, the plaster is not filled up with water, which generates the chimney formation. At fast dripping, the plaster block is filled up, which fosters the plaster's surface dissolution. Larger size grain and faster dripping helps the development of the chimney on a covered plaster block. With larger size grain, the joined void volume ratio is higher, which results a gravitational force on the fluid in the cover, thus the fluid moves vertically. With smaller size grain, the capillary void volume ratio is higher, means in this case, the water in the cover will be moved by the capillary lifting force, hence the fluid will spread in the cover and it is not making any local dissolution on the substratum.*

#### Bevezetés

A tanulmányban laboratóriumi körülmények között fizikai analóg modellkísérletekkel vizsgáljuk a kürtőképződés folyamatát fedetlen, illetve fedett gipsztömbökön. A kísérlet célja, hogy megtudjuk melyek azok a paraméterek, amelyek segítik, illetve melyek azok, amelyek gátolják a kürtő kialakulását. Paraméterek alatt értjük a gipsztömbökre csepegtetett desztillált víz csepegési sebességét, illetve a fedő szemcseméretét.

Csepegtetési kísérleteink során, a karszton gyakran előforduló kürtökhöz, aknákhöz, madáritatókhoz és maradványformákhoz hasonló formák jöttek létre. Ezért a természetben előforduló ilyen karsztos formákat alább röviden jellemezzük. A kürtők és az aknák függőleges kifejlődésű karsztos formák. A kürtők legfeljebb néhány méter átmérőjű, többnyire szabályos henger alakú alakzatok, míg az aknák átmérője többször 10 méter, mélysé-

gük pedig több 100 méter is lehet (VERESS 2004, FORD – WILLIAMS 2007). Az akna többnyire szabálytalan alakú, a preformáló törésvonal irányába megnyúlt képződmény. A kürtök és aknák legalább két törésvonal metsződési helyeinél képződnek. A karrformák között is előfordulnak kürtök. A kürtök karokat néhány deciméteres átmérőjű és méteres mélységű alakzatok alkotják (VERESS 2010). A kürtök kialakulhatnak talajjal fedett, vagy fedetlen felszíneken egyaránt (VERESS 2004). A madáritatók kisméretű, medenceszerű karok. Többnyire kicsi dőlésű felszíneken talajfoltok alatt lokális oldódás során képződnek, de létrejöhetnek fedetlen kőzeten is. Számos változatuk különíthető el: a nagyobbak, amelyek méteres átmérőjűek a kamenyicák, a kisebbek, melyek deciméteres átmérőjűek a karritálak (VERESS 2004). A belsejükben folyó eltérő sebességű oldódás miatt részmedencékre különülhetnek, tornyok, gerincek tagolhatják az aljzatot, de össze is nőhetnek (VERESS 2010). Kialakulásukban az oldódás mellett egyéb hatásokat is feltételeznek. A madáritató alak létrejötte laterális oldódás eredménye. A laterális oldódás gyakori jelenség a karsztos depressziókban, mint például a dolinákban (ZÁMBÓ 1970), vagy poljékban (GAMS 1978). Ekkor a forma talpán felhalmozódott üledékben a víz oldalirányba mozogva oldja a kőzetet ott ahol az üledék és a kőzet érintkezik. JENNINGS (1985) a madáritatók szélesedését azzal magyarázza, hogy a madáritatótalp talaja és az ott felhalmozódott hulladék a vizet oldalirányba tereli. Csepegtetési kísérleteink során is történt laterális oldódás, de ez laboratóriumi körülmények között fedő nélkül is végbement. A karos formák összeoldódása során maradványformák alakulnak ki. Maradványformák például a válaszfalak, amelyek a kürtök valamint a hasadékok között alakulnak ki (VERESS 2004).

A korábbi kísérletek során, a gipszen különböző formák alakultak ki: így kürtök, ujjbegyek, madáritatók (VERESS et al 2014). E formák kifejlődhetnek magányosan, ekkor lokális oldódás történik a gipszen, és létrejöhetnek csoportosan, nagy sűrűségben, ez esetben az oldódás folytonos. Az eltérő formák (kürtő, madáritató, ujjbegy) kialakulása a fedett gipsztömbökön a fedő kapilláris- és aggregát hézagterefogatának a különbségével magyarázható. Ugyanis a finomszemcsésű üledéknek a kapilláris hézagterefogata a nagyobb, míg a durvább szemcsésűnek az aggregát hézagterefogata (VERESS et al 2014, VERESS et al 2015). Ha a kísérletek során a fedő szemcsemérete kicsi, a víz a nagy kapilláris hézagterefogata miatt oldalirányba mozog a nagy kapilláris emelőerő hatására, míg durvaszemcsésű fedőnél lefelé, mert a nagy aggregát hézagterefogat által a gravitációs erő hat.

## Hipotézis

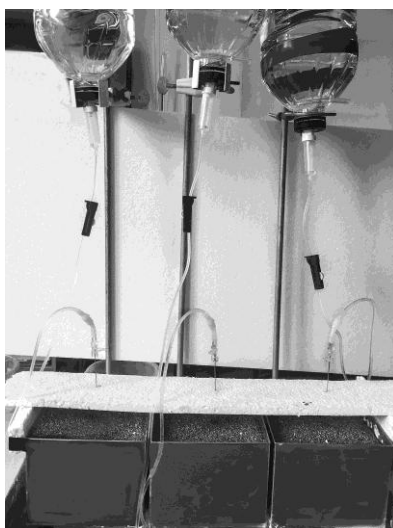
A gipsznek a vízzel feltöltődése hatással van a rajta kialakuló formák alakjára, méretére és típusára, mivel oldódás a gipszben csak ott történik, ahol az nincs vízzel kitöltve, illetve a víz mozog (áramlik, vagy szivárog). A kitöltődés gyorsasága és így mértéke, amely így hatással van a formaképződésre, elsősorban két tényezőtől függhet: a csepegtetés sebességétől, valamint a gipszen elhelyezett fedő szemcseméretétől.

## Módszer

A karsztok jelenségeinek kutatására a modellezés széleskörűen elterjedt. A laboratóriumi vizsgálatoknak a karsztosodás tanulmányozására számottevő előzményei vannak: így említhetők *FABRE – NICOD* (1982), *CURL* (1966), *QUINIF* (1973), *SLABE* (1995), *DEÁK* et al (2012, 2013) e tárgykörben született munkái. A modellkísérletekhez, ha a vizsgálat során az oldódáshoz gyűjtenek adatokat gipszet használnak, miután e kőzetnek az oldódása elég gyors ahhoz, hogy az oldódási folyamatok eredményei a véges idejű kísérletek végén észlelhetők legyenek. Így *GLEW – FORD* (1980) rillenkarrok kialakulását tanulmányozta, *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. A Nyugat- magyarországi Egyetem Savaria Egyetemi Központ, Természettudományi és Műszaki Kar, Természetföldrajz Intézeti Tanszékének laboratóriumában is számos munka született a gipszen folytatott kísérletek eredményeiről. Többek között *DEÁK* et al (2015) a laboratóriumban felépített fedett karszt modelleken vizsgálta, hogy a gipszen végbemenő oldódást a laza üledékes fedő szemcsemérete a víz mozgásán keresztül hogyan irányítja. *VERESS* et al (2015) a hasadékok fejlődését modellkísérleteken vizsgálta, továbbá összehasonlította a különböző szemcseméretű üledékekkel kitöltött hasadékoknak, valamint a vízzáró talpú, illetve vízzáró nélküli hasadékoknak a növekedését.

A laboratóriumi vizsgálataink során oldási kísérleteket folytattunk fedetlen, illetve fedővel borított gipsztömbökön, különböző csepegési sebességgel, illetve különböző szemcseátmérőjű fedő esetén. A kísérlet időtartamát 10 órában határoztuk meg. A gipsztömbök mérete minden esetben 15x15x5 cm, a fedett gipsztömbök esetében a fedő vastagsága 5 cm volt. A gipsztömböket fémdobozokban öntöttük ki, melyek oldalán túlfolyó lyukakat alakítottunk ki abból a célból, hogy a felesleges víz ott el tudjon távozni. Három különböző csepegési sebességet alkalmaztunk: a gipsztömbökre csepegtetett víz sebessége lassú csepegtésnél 6 perc alatt 10 cm<sup>3</sup>, közepes cse-

pegésnél 4 perc alatt  $10\text{ cm}^3$ , illetve gyors csepegésnél 2 perc alatt  $10\text{ cm}^3$  volt. A vízadagolás hatását csupasz gipsztömbön és fedőüledékkel fedett gipsztömbön vizsgáltuk. A vízadagolás (1. ábra) a fedetlen tömbnél a tömb felszínére, fedett tömbnél a fedőre történt pontszerűen.



1. ábra: Vízadagolás módja  
Fig. 1: Method of water supply

Kétféle szemcseméretű fedőt használtunk: kisebb  $0,125\text{-}0,250\text{ mm}$  közötti és a nagyobb  $1\text{-}2\text{ mm}$  közötti szemcseátmérőjűt, amelyek a Perint-patak hordalékából származtak. A kísérlet során felhasznált desztillált víz mennyisége lassú csepegés során  $945\text{ cm}^3$ , közepes csepegés során  $1935\text{ cm}^3$  és gyors csepegés során  $2765\text{ cm}^3$  volt. A kísérlet végeztével megvizsgáltuk a tömbök különböző oldásos eredetű formáit, melyekből következtetni tudtunk arra, hogy melyek a kürtő kialakulását elősegítő vagy gátló tényezők.

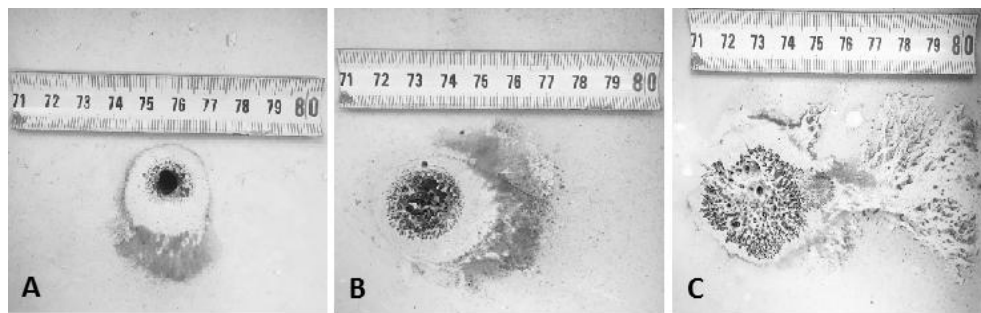
### **Kiértékelés**

A csupasz gipsztömbre történt csepegés során, háromféle intenzitású csepegésnél, három különböző forma alakult ki mélységüket tekintve: kisméretű kürtő (közepes csepegtetési sebességnél), nagyméretű kürtő (lassú csepegtetési sebességnél) és madáritató (gyors csepegtetési sebességnél). Tehát a csepegési sebesség és ebből következően a gipszbe jutott víz mennyisége hatással van a kürtő méretére és alakjára: lassú csepegés kedvez, a gyors

csepegés hátráltatja a kürtőképződést. Fedőüledékkel fedett gipsztömbre történt csepegés esetében a három különböző intenzitású csepegés csak a durva szemcseátmérőjű fedő alatti gipsztömbön alakított ki eltérő formákat, a finom szemcsével fedett gipsztömbön nem tapasztaltunk lokális oldásos formát. Alább részletezzük a csupasz- illetve a fedett gipsztömbön történt formaképződést.

### *Csupasz gipsztömbön a formaképződés*

Lassú csepegés esetében a kísérlet megkezdésekor a gipszre csepegett víz képes volt beszivárogni a gipszbe, nem maradt meg annak felszínén. A kísérlet megkezdését követően két órával már kialakult egy 1 cm átmérőjű madáritató jellegű forma, melynek közepén egy jól elkülöníthető kürtőkezdemény volt. A kürtő egyre mélyült, mindaddig, míg ki nem töltődött vízzel, ez után a mélyülés megállt, vagy elhanyagolható mértékű lett. Ezt követően a forma oldalirányba szélesedett. A kísérlet végére egy 1 cm széles és 3,2 cm mély kürtő jött létre a gipsztömbben (2/A ábra).



2. ábra: A csupasz gipsztömb felszínén kialakult oldásos formák (A: Lassú csepegtetés; B: Közepes csepegtetés; C: Gyors csepegtetés)

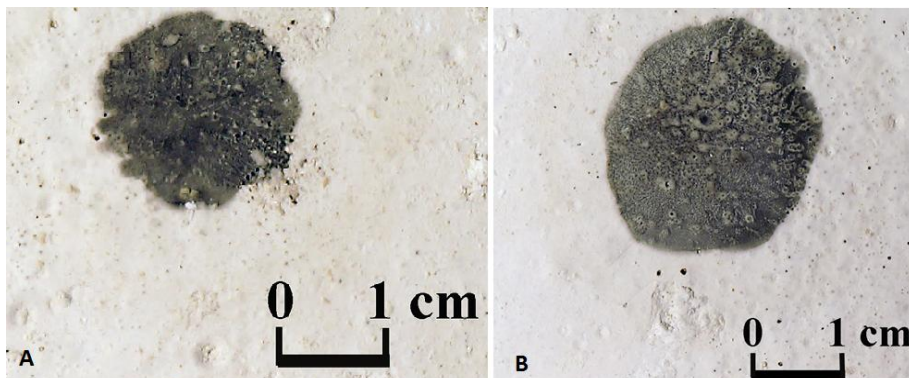
Fig. 2: Solution forms developed on the surface of a bare plaster block (A: Slow dripping; B: Medium dripping; C: Fast dripping)

Közepes intenzitású csepegésnél az előzőtől eltérően a teljes adagolt vízmennyiség nem szivárgott be, egy része a gipsz felületén egy vízfoltot alkotott, amelynek kiterjedése meghaladta a 2 cm-t. Két óra elteltével itt is kialakult egy madáritató jellegű forma, melyben sok apró kürtőkezdemény fordult elő. A madáritatóban a víz felgyülemlt. Megfigyeléseink szerint, a talpi kürtőkezdemények mélyülni, de leginkább szélesedni kezdtek, ebből következően a köztük lévő válaszfalak elvékonyodtak, majd beomlottak és összenövésükkel a madáritató tovább mélyült. A beomlás következtében magaslatok, gerincek, kúpok maradtak vissza. A kísérlet befejeztével 1935

cm<sup>3</sup> desztillált víz adagolásával a madáritató elérte az 1,7 cm-es mélységet (2/B ábra).

Gyors csepegtetésnél a víz már a kísérlet kezdetén felgyülemlett a gipsz felszínén képezve ott egy 3,5 cm sugarú vízfoltot. Később a gipsz szinte a felszínéig feltöltődött vízzel. A vízfolt területén kisméretű kürtök alakultak ki, majd később a vízfolt alatt teljes kiterjedésben oldódás történt, miáltal madáritató képződött. A folyamat kezdetén kialakult kürtök nem összekapcsolódnak, hanem a felső részüket határoló gipsz a madáritató mélyülése során oldódott. Ezáltal a madáritató talpán elhelyezkedő kürtök lecsonkolódtak (2/C ábra).

A kísérletek során tapasztaltuk, hogy a növekvő csepegtési sebesség egyre nagyobb vízfolt kialakulását eredményezte a gipsz felszínén. Ennek két oka lehet. Az egyik, hogy a gyors utánpótlás miatt, növekvő csepegtetési intenzitás esetén a felszíni lefolyás aránya megnő a beszivárgás mennyiségéhez képest. A másik, amit megfigyeléseink is alátámasztanak, hogy a lecsppenő vízcseppek szétfröccsenve növelik a vízfolt terjedelmét. Ezáltal azonos vízvezető képességű tömböknél változó lesz az oldódási felület, amely a csepegtés intenzitásával arányosan nő.



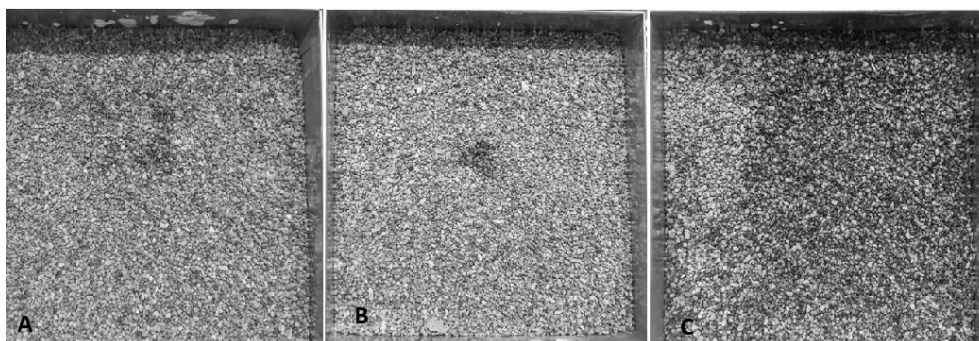
3. ábra: A csepptörés és szóródás jelensége (A: Lassú csepegtetés; B: Gyors csepegtetés)  
Fig. 3: Phenomenon of drop impact and spread (A: Slow dripping; B: Fast dripping)

Az oldódási felület nagysága tehát a csepegtés intenzitásával mutat egyenes arányosságot (2. ábra). Látható, hogy a lassú csepegtésnél az oldási felület egy kisebb kiterjedésű foltra koncentrálódik, míg a gyorsnál ennek kiterjedése jóval nagyobb, megjegyezve, hogy szemmel is láthatók a megtört, majd szétszóródott cseppek becsapódási helyei (3. ábra)

### *Fedett gipsztömbön*

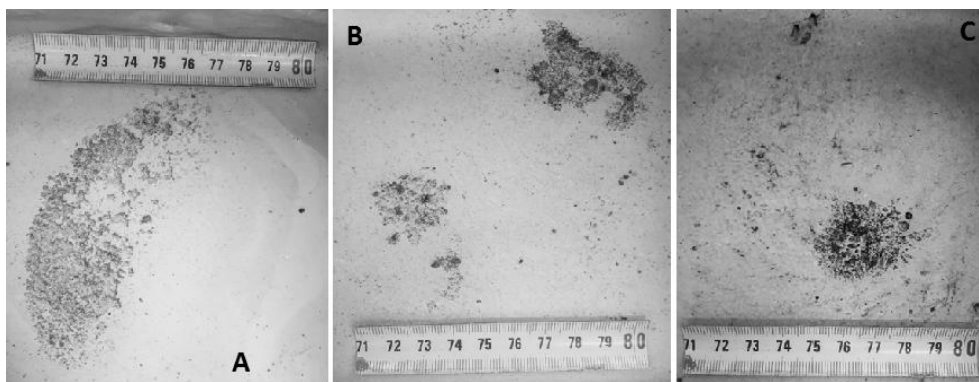
A fedőüledéssel fedett gipsztömböknél a kísérlet finom és durva szemcseméretű fedővel történt. Tekintve, hogy a gipsztömb fedett volt, nincsenek kísérlet-köztes adataink, csak a kezdeti és a végállapotot ismerjük és tudjuk jellemezni.

### *Durva szemcséjű fedőnél a formaképződés*



4. ábra: A durva szemcsével fedett gipsztömbök fedői (A: Lassú csepegtetés; B: Közepes csepegtetés; C: Gyors csepegtetés)

Fig. 4: Plaster blocks covered by rough grain (A: Slow dripping; B: Medium dripping; C: Fast dripping)



5. ábra: A durva szemcsével fedett gipsztömbök felszínén kialakult oldásos formák (A: lassú csepegtetés; B: Közepes csepegtetés; C: Gyors csepegtetés)

Fig. 5: Solution forms developed on the surface of rough grain covered plaster blocks (A: Slow dripping; B: Medium dripping; C: Fast dripping)

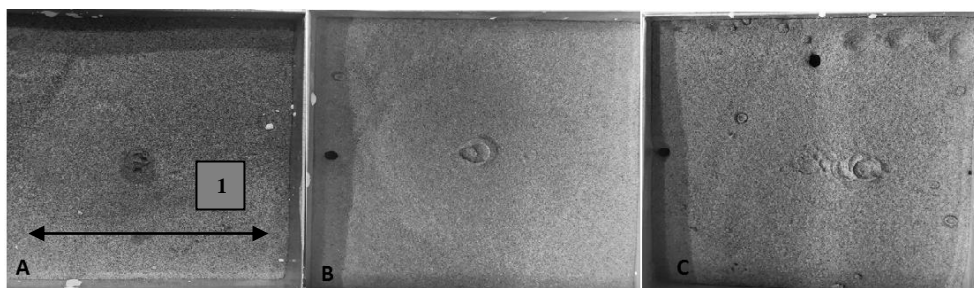
Az első néhány órában mindössze annyi változást tapasztaltunk, hogy a gyors csepegésnél a fedőben jelentős tömörödés következett be, a vízzel történt átítatódás miatt. Ennek jele, hogy a fedő felszíne kiterjedten megsüllyedt, miután a szemcsék közelebb kerültek egymáshoz. Viszont a

közepes illetve a lassú csepegésnél ez nem volt jellemző. Fedőn történő formaképződés egyik esetben sem történt (4. ábra).

A fekűn kialakult formák a csepegtetés intenzitásától függően eltérők. Lassú csepegésnél folytonos oldásos formák, ujjbegyek képződtek. Közepes intenzitásnál kürtőkezdemények jelentek meg a fekűn, de nem a csepegtetés helye alatt. Gyors csepegtetésnél a fekűn, mégpedig a csepegtetés helye alatt, egy 3,1 cm-es szélességű 1,4 cm mélységű akna képződött. (5. ábra).

#### *Finom szemcséjű fedőnél a formaképződés*

Ennél a szemcseméretnél mindegyik csepegési intenzitás mellett bekövetkezett a fedő tömörödése. De ennek mértéke kisebb volt mint durva szemcséjű fedő esetében. Mindegyik csepegtetési sebességnél teljesen átítatódott a fedő, az erőteljes oldalirányú áramlás miatt. De csak a durva szemcséjű fedőnél nem történt formaképződés. A csepegés helye alatt a közepes és a gyors csepegésnél egy kráter alakú forma képződött, a lassúnál egy kisebb depresszió (6. ábra).



6. ábra: A finom szemcsével fedett gipsztömbök fedői (A: lassú csepegtetés; B: Közepes csepegtetés; C: Gyors csepegtetés, 1: depresszió)

Fig. 6: Plaster blocks covered by fine grain (A: Slow dripping; B: Medium dripping; C: Fast dripping; 1: depression)

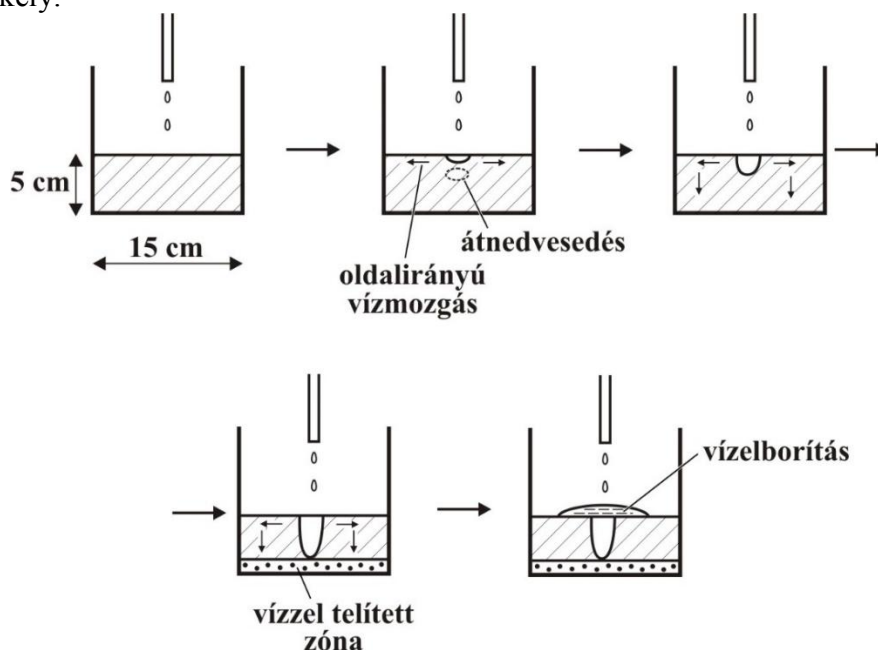
Megjegyezzük, hogy a közepes és a gyors csepegésnél a túlfolyó lyukak feletti fedő részben anyaghiány lépett fel, mert az anyag azokon a helyeken az elfolyó vízzel együtt távozott (6/B, C ábra).

#### **Értelmezés**

Lassú csepegtetésnél, ha az a csupasz gipsztömbre történt a gipsz feltöltődésének magyarázata az, hogy, a kísérlet kezdetén a gipsztömbre csepegő víz először vertikálisan lefelé mozog, majd a csepegés helye alatti gipsz-rész



egy bizonyos mértékű átnedvesedése után a víz a gipszben oldalirányba szétáramlik. Ez után újból gravitációsan lefelé mozog, mivel ott a pórusok vagy szemcsék még szárazak. Így a víz a tömb alsó felébe szivárog és ott ezáltal kialakul egy vízzel átnedvesedett zóna. A kürtő mindaddig mélyülhet, amíg el nem éri az átnedvesedett zónát. Ekkor a mélyülése megáll, tekintve hogy a gipsztömb alsó rétegében felhalmozódott víz nem mozog és így telített (7. ábra). Ebben az esetben a kapillaris emelő erő is részt vesz a folyamatban, de csak a gravitációsan lefelé mozgó vizet hátráltató jelleggel. Mivel a gipsz vízemelő képessége igen jelentős, éppen ezért ejtő képessége csekély.



7. ábra: A gipsztömb feltelődése és formaképződése közötti elvi kapcsolat  
 Fig. 7: The theoretical context between the filling up of the plaster block and the formation development

Közepes csepegtetésnél gyorsabban és magasabb szintig töltődik fel a gipsztömb alsó része vízzel a nagyobb csepegtetési intenzitás miatt és így a kürtő is kevésbé mélyül. Gyors csepegtetési sebességnél a sekély madáritató talpát eléri a gipszet kitöltő víz. (2, 7. ábra). Emiatt a madáritató és a kürtők nem mélyülnek, hanem a laterális oldódás miatt szélesednek.

Összességében a csupasz gipsztömböket vizsgálva elmondható, hogy a csepegtetési sebességtől függően változnak a kürtők méretei. Eszerint minél lassabb a csepegtetés annál kisebb területű, de mélyebb a forma, minél gyorsabb, annál nagyobb területű, de kisebb mélységű képződik.

Durvaszemcséjű fedőnél a víz vertikálisan mozog. Kisebb intenzitású csepegtetésnél a víz, miután eléri a gipsztömb felszínét, azon szivároghva alakítja ki az ujjbegyeket. Nagy intenzitású csepegtetésnél, a fekére jutott víz egy része már nem szivárog el a gipsz felszínén, hanem madáritatót alakít ki (5. ábra).

Kis szemcseátmérőjű fedővel borított gipsztömbök esetében egyik tömbön sem tapasztaltunk lokális oldásos eredetű formát, mivel a víz a fedőben mozog, illetve ha eléri a gipszet, ott felületi leoldás történik. Ebben az esetben a kapilláris hézagterefogat nagyobb aránya miatt, a víz nem vagy csak nagyon kismértékben éri el a feküt, ehelyett inkább abban a kapilláris emelő erő hatására a fedőben mozog (GÁRDONYI – SZEMES 2015).

## Összefoglalás

A csepegés intenzitása és a fekűn képződött formák mérete között kapcsolat van. Eszerint minél gyorsabb a csepegtetés, annál sekélyebb forma alakul ki, mert a gipsz vízzel való feltöltődése nem kedvez a forma mélyülésének, ugyanis a gipsz vízzel kitöltött részében (az állandó utánpótlás miatt a kitöltöttség stabilizálódik) a víz nem áramlik, ezáltal ott már nem lehetséges az oldódás. Kedvez viszont a laterális oldásnak, ami azt eredményezi, hogy a fekűn egy széles, de viszonylag sekély forma képződik. Ezt elősegíti, hogy a nagyobb intenzitás miatt a gipsszel több víz érintkezik és így több anyag kerülhet oldatba. Mindez arra hívja fel a figyelmet, hogy oldódás, akárcsak a természetes karsztokon csak akkor lehetséges, ha áramlás során a kőzet telítetlen vízzel kerül kapcsolatba. A fedő megléte és mibenléte is hatással van a formaképződésre, azáltal, hogy milyen lesz a lecsepegő folyadék megoszlása, illetve megtörténik-e a víz átadása, a fedőből a fekére. Tapasztalataink szerint, a durva szemcseátmérőjű fedőelborításnál van lehetőség madáritató, majd kürtő kialakulására, a finom szemcseátmérőjű fedő esetében a rendszerbe adagolt folyadék nem, vagy csak kitüntetett helyeken tud a fedőből a fekére kilépni és ott oldást végezni. Ebben az esetben, a víz a fedőben mozog.

## IRODALOM

CURL, R. L. (1966): Scallops and flutes – Transactions Cave Research Group Great Britain, 7. p. 121-160.

DEÁK GY. – SAMU SZ. – PÉNTEK K. – MITRE Z. – VERESS M. (2012): A vízáramlási modellkísérletek vályúrendszereken – Karsztfejlődés XVII. pp.155-163.

- DEÁK GY. – SAMU SZ. – VERESS M.* (2013): Bevonatképződés vizsgálata szuszpenziós rendszerekből modellkísérletekkel – *Karsztfejlődés XVIII.* pp.49-64.
- DEÁK GY. – SZEMES M. – VERESS M.* (2015): A gipsz fedőjének vízmozgásai fizikai analógmodelleken – *Karsztfejlődés XX.* pp.215-229. DOI: 10.17701/15.215-229
- 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.
- GAMS, I.* (1978): The polje: the problem definition- with special regard to the Dinaric karst – *Zeitschrift für Geomorphologie*, 22(2) p. 170-181.
- GÁRDONYI I. – SZEMES M.* (2015): Fedett karsztosodás vizsgálata laboratóriumi körülmények között – *OTDK Dolgozat*
- JENNINGS, J. N.* (1985): *Karst geomorphology* – Oxford, Blackwell, 293 p.
- QUINIF, Y.* (1973): Contribution a l'étude morphologique des coupoles – *Annales de spéléologie* 28(4) pp. 565-573.
- SLABE, T.* (1995): *Cave Rocky Relief* – Znanstvenaraziskovalni Center Sazu, Ljubljana, 128 p.
- VERESS M.* (2004): A karszt – BDF, Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely. 215 p.
- VERESS M.* (2007): A magashegységi karrosodás – BDF, Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely. 142 p.
- VERESS M.* (2010): *Karst Environments. Karren Formation in High Mountains* – Springer, Dordrecht – Heidelberg – London – New York, 230p.
- VERESS M. – GÁRDONYI I. – DEÁK GY.* (2014): Fedett karsztosodás vizsgálata fedővel borított gipsztáblán – *Karsztfejlődés XIX.* pp. 159-171.
- VERESS M. – GÁRDONYI I. – DEÁK GY.* (2015): Gipsz hasadékkarrjainak vizsgálata modellkísérletekkel – *Karsztfejlődés XX.* pp.231-250. DOI: 10.17701/15.231.250
- ZÁMBÓ L.* (1970): A vörösayagok és a felszíni karsztosodás kapcsolata az Aggteleki- karszt délnyugati részén – *Földrajzi Közlemények* 94(18) pp. 281-293.