

**BEVONATKÉPZŐDÉS VIZSGÁLATA SZUSZPENZIÓS REND-  
SZEREBŐL MODELLKÍSÉRLETEKKEL**

**INVESTIGATION OF VENEER DEVELOPMENT OF SUSPENSION  
SYSTEMS WITH MODEL EXPERIMENTS**

DEÁK GYÖRGY - SAMU SZABOLCS - VERESS MÁRTON

Nyugat-magyarországi Egyetem, Természettudományi Kar,  
Földrajz- és Környezettudományi Intézet, 9700 Szombathely, Károlyi Gás-  
pár tér 4. vmarton@tk.nyme.hu

*Abstract: During their life cycle, a veneer forms in the temporary flood ponds of covered karst dolines. We modelled the development of this veneer in an experimental (artificial) pond with different colloid suspension systems. The formation of the veneer from the suspension depends on speed which the water level decreases during subsidence, how this speed changed over time, composition of the suspension, amount of organic material and the quantity of ions causing water hardness. On the gentle sloped pool bottom, a continuous veneer and a partly thickened veneer were formed, on submerged cylindrical bodies a ring veneer developed, on the vertical pool walls lined veneers were observed. The ring veneer and the lined veneer develop in series, where the lower ones are thinner and lighter in colour. A series of these formed at the static levels of the pool of the pond. The partly thickened veneer develops at low water depths. The thick part of this veneer develops at resting water level and its thin continuous part develops at water level decrease. This state is characterized by low solute concentration and there is no organic material content. The continuous veneer forms at deeper water and at larger water level decrease and at higher colloid and organic material content.*

## **1. Bevezetés**

Fedett karsztok karsztformáiba (töbreibe) csapadékesemények alkalmával hirtelen sok víz áramlik. Ha a vízbeáramlás a töbrökbe meghaladja a vízelvezetést, belsejükben árvízi tavak alakulnak ki (JAKUCS 1956, VERESS 1987, VERESS 2000). Az árvízi tavak lehetnek rövid ideig létezők, tartósabb ideig létezők és tartós tavak (VERESS 1987). A tó típusa a töbör vízvesztési sebességétől (a vízszintcsökkenés sebessége), a környezet állapotától függ (VERESS 2013). A környezet állapota azért befolyásolhatja a tó létezési időtartamát, mert a csapadékhullás intenzitása mellett a töbörbe beáramló víz mennyisége, ill. a beszállított üledék mennyisége a töbör táplálóterületének (vízgyűjtő) a növényzettel borítottságának jellegétől, mértékétől, a felszín dőlésétől és a felszínen lévő kőzetanyag minőségétől is függ. A beszállított üledék a vízelvezetés sebességére hatással lehet attól függően, hogy a töbör

elvezető járatát milyen mértékben tölti ki, ill. fedi el. A beszállított üledék mennyiségének a növekedése növeli az esélyét a töbrör eltömődésének.

A tartósabb ideig létező tavakból kolloid és növényi hulladék bevonat képződik a töbrökben. Ezt a fajta üledékképződést a töbrökben VERESS (1987, 2000) adszorpció (PAIS 1981) és adhézió (STEFANOVITS 1981) jelenségére vezette vissza. VERESS (1987) a növényhulladék képződését a szennyvíztisztításnál megfigyelhető folyamatból vezette le. Itt a hulladékra rakódó anyag okozza annak süllyedését (BENEDEK-VALLÓ 1982). A kolloidbevonat a töbrök fatörzsein egynemű, folytonos gyűrűs, amely lehet lefelé kihalványuló. A növényi hulladék bevonatának kifejlődése lehet folytonos, vagy öves (VERESS 1987, 2000). Az öves növényhulladék alövekre különül: egy felsőre, ahol a növényhulladék mennyisége nagy (folytonosan borítja az aljzatot) és egy belsőre, ahol a növényhulladék nem folytonos és a depresszió belseje felé egyre ritkább.

Az üledékképződés feltételeinek megismerése segít megérteni az árvízi tavak keletkezésének, működésének körülményeit, amelyből következtetni lehet a töbrör feltöltöttségére, környezetének állapotára (VERESS 1986).

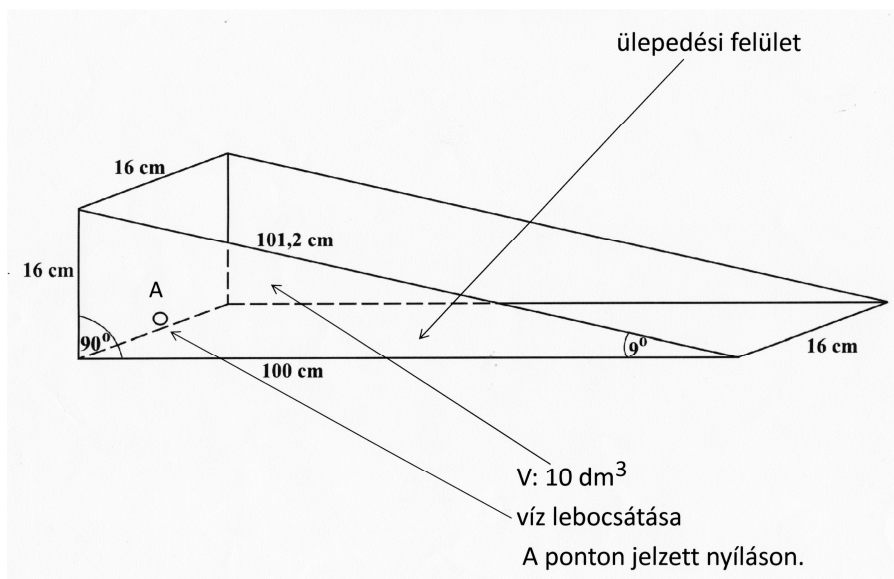
A karsztok jelenségeinek a kutatására a modellezés széleskörűen elterjedt. A modellezéshez laboratóriumi kísérletet folytatott FABRE-NICOD (1982), DZULANSKI et al (1988), PLUHAR és FORD (1970), CURL (1966), QUINIF (1973), GLEW-FORD (1980), SLABE (1995), SLABE (2009), VERESS et al. (1998), DEÁK et al. (2012).

A töbrötavak üledékképződési feltételének megértéséhez laboratóriumi kísérletet végeztünk. Ehhez különböző összetételű, agyag és szervesanyag-tartalmú szuszpenziók üledékbevonat képződését modelleztük, változó sebességű vízszintcsökkenési sebesség mellett. A kísérlet eredményeit e tanulmányban mutatjuk be.

## 2. Módszer

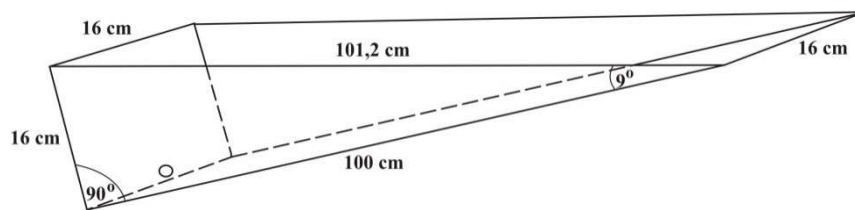
### 2.1. A kísérleti eszköz, az ülepítő medence bemutatása

Az ülepítő medence, amelyben a kísérletet végeztük,  $10 \text{ dm}^3$  szuszpenzió befogadására alkalmas ék alakú üveglapos edény, melynek kerete fémből készült, oldallapjai derékszögű háromszögek, alaplappja téglalap alakú. Az ék alakú edény végét négyzet alakú fémlap zárja, melyhez csapot csatlakoztattunk (1. ábra).



1. ábra: Az ülepítő medence  
Figure 1: The sedimentation pool

Az ülepítő medencét úgy állítottuk be, hogy a derékszögű háromszöget alkotó átló vízszintes legyen (2. ábra, 1. kép). Ezáltal az üledési felületet képező téglalap alakú üveglap  $90^\circ$ -os szöget zárt be a vízszintessel, enyhe lejtésű partszakaszt mintázva. A medence oldalfalai meredek függőleges tőbor lejtőt modelleztek. Az apasztás megkezdése előtt fényképet készítettünk a kiindulási állapotról, majd  $1 \text{ dm}^3$  folyadék (különböző sebességgel történő) lebocsátása után, 20 perc nyugalmi idő elteltével ismételt fényképezéssel rögzítettük a változást. Ezt a lépést minden kísérleti sorozatban hat-szor megismételtük.

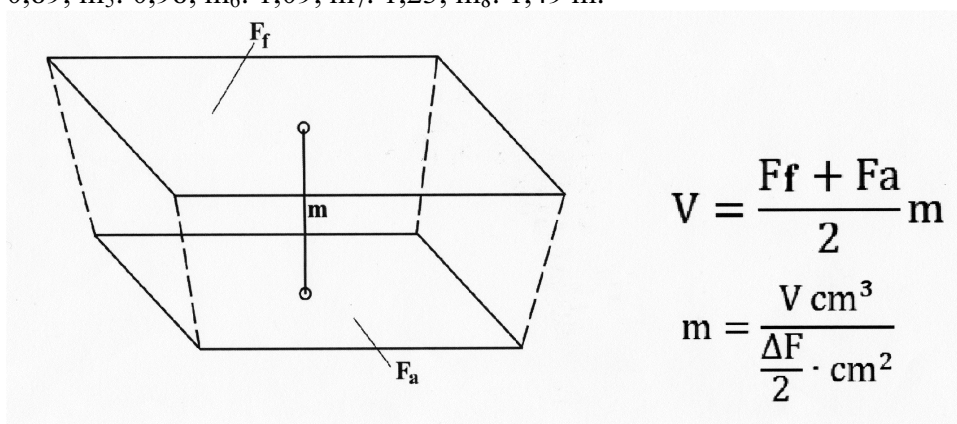


2. ábra: Az ülepítő medence beállítása  
Figure 2: The settings of the sedimentation pool

## 2.2. A vízszint csökkentése, a vízszintcsökkenés sebességének meghatározása

Az előzőekben bemutatott eszközt, a leírt módon történt beállítás után, feltöltöttük vízzel ( $10 \text{ dm}^3$ ). Első lépésben a vízszintcsökkenés mértékét mér-

tük oly módon, hogy az aktuális vízszintfelületet számszerűsítettük ( $F_f$ ), majd lebocsátottunk az ülepítő edényből  $1 \text{ dm}^3$  vizet, és az új felszín felületét ( $F_a$ ) meghatároztuk. Az ülepítő edény szélességének (16 cm), és a vízfel-színek hosszának ismeretében a 3. ábrában bemutatott képlet alapján számí-tottuk a vízszintcsökkenés mértékét (m) cm-ben. Így a vízszintcsökkenés értékek medencében a következők voltak:  $m_1$ : 0,74;  $m_2$ : 0,78;  $m_3$ : 0,83;  $m_4$ : 0,89;  $m_5$ : 0,98;  $m_6$ : 1,09;  $m_7$ : 1,23;  $m_8$ : 1,49 m.



ahol a  $V$  a lebocsátott vízmennyiség, amely  $1 \text{ dm}^3$  víz

3. ábra: A vízszintcsökkenés mértékének meghatározása  
Figure 3: Determination of the rate of water level decrease

Ezt követően a vízszintcsökkenés mértékét összekapcsoltuk az  $1 \text{ dm}^3$  víz lebocsátásának idejével (10, 5, 2, 1 min és 45, 30, 15 sec). Így meghatározhattuk a vízszintcsökkenés sebességét [cm/min]. A vízszintcsökkenés sebességének adatait az I. táblázatban foglaltuk össze. Látható, hogy a vízszintcsökkenés előrehaladásával az ismételten elvezetett ugyanannyi térfogatú folyadék vízszintje a medence alakja miatt növekvő sebességű. Hangsúlyozzuk azonban, hogy a vízszintsüllyedéseket nyugalmi (változatlan) vízszintű állapotok szakították meg.

I. táblázat  
Table I.

A vízszintcsökkenések sebességei(cm/min)  
Rates of the water level decrease (cm/min)

$\Delta V[\text{dm}^3]$	0,25 min	0,5 min	0,75 min	1 min	2 min	5 min	10 min
1. -dm <sup>3</sup>	2,9	1,48	0,98	0,74	0,37	0,14	0,07
2. -dm <sup>3</sup>	3,2	1,56	1,03	0,78	0,39	0,15	0,07
3. -dm <sup>3</sup>	3,32	1,66	1,10	0,83	0,41	0,16	0,08
4. -dm <sup>3</sup>	3,56	1,78	1,18	0,89	0,44	0,18	0,08
5. -dm <sup>3</sup>	3,92	1,96	1,30	0,98	0,49	0,19	0,09
6. -dm <sup>3</sup>	4,36	2,18	1,45	1,09	0,54	0,21	0,10
7. -dm <sup>3</sup>	4,92	2,46	1,63	1,23	0,61	0,25	0,12
8. -dm <sup>3</sup>	5,96	2,98	1,98	1,49	0,74	0,29	0,14

Megjegyzés: a szaggatott keretben jelölt vízszintcsökkenési sebességeket alkalmaztuk a különböző összetételű szuszpenziós rendszerek vizsgálatakor.

### 2.3. A vizsgált szuszpenziós rendszerek bemutatása, a kísérlet előkészítése

A vizsgált rendszerek különböző keménységű víz-agyag szuszpenziós rendszerei voltak, melyek esetenként szerves anyagot is tartalmaztak. (A különböző szuszpenziós rendszereket az „A”, „B”, „C” stb. nagybetűvel jelöltük.)

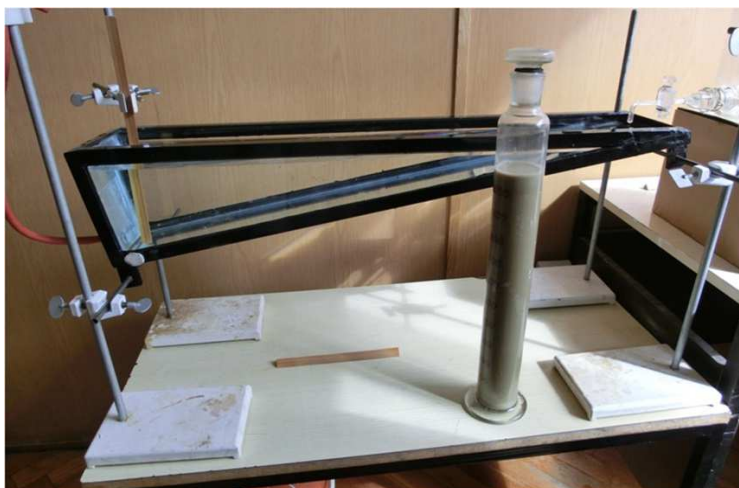
Minden rendszer agyagtartalma 0,2 m/m % volt. Kontrollként a nulla németkeménységű (0 N<sup>0</sup>) desztvizet (jele „A”), és a szombathelyi Perint patak (jele „G”) 14 N<sup>0</sup> keménységű, 0,15 m/m % lebegő anyag tartalmú mintáját állítottuk be. A különböző szuszpenziós rendszerek összetételét a II. táblázatban mutatjuk be.

II. táblázat  
Table II.

A szuszpenziós rendszerek összetétele  
Composition of the suspension systems

<b>A: mesterséges alapoldat</b>	<b>desztvíz + agyag</b> (10 dm <sup>3</sup> ) (20 g)	agyagra: 0,2 m/m % 0 N°
<b>B: 1. minta</b>	<b>csapvíz + agyag</b> (10 dm <sup>3</sup> ) (20 g)	agyagra: 0,2 m/m % 20 N° állandó keménység
<b>C: 2. minta</b>	<b>csapvíz + agyag + CaCl<sub>2</sub></b> (10 dm <sup>3</sup> ) (20 g) (3,96 g)	agyagra: 0,2 m/m % 40 N° állandó keménység
<b>D: 3. minta</b>	<b>csapvíz + agyag + CaCl<sub>2</sub> + KHCO<sub>4</sub></b> (10 dm <sup>3</sup> ) (20 g) (3,96 g) (3,57 g)	agyagra: 0,2 m/m % 60 N° állandó és karbonát keménység
<b>E: 4. minta</b>	<b>csapvíz + agyag + szerves anyag</b> (10 dm <sup>3</sup> ) (20 g) (2 g)	agyagra: 0,2 m/m % 20 N° szerves anyag 0,02 m/m %
<b>F: 5. minta</b>	<b>csapvíz + agyag + CaCl<sub>2</sub> + szerves anyag</b> (10 dm <sup>3</sup> ) (20 g) (3,96 g) (2 g)	agyagra: 0,2 m/m % 40 N° össz keménység szerves anyag 0,02 m/m %
<b>G: természetes eredetű minta</b>	<b>patak vize + lebegő anyag</b> (Perint) (agyag + oldott só) (10 dm <sup>3</sup> ) (kb. 1.5g)	szárazanyag tartalom: 0,15 m/m % 14 N°

Az ülepitő medencét feltöltöttük 9 dm<sup>3</sup> vízzel (az „A” jelű rendszer-nél desztvízzel, a „G” jelű rendszer-nél 10 dm<sup>3</sup> Perint patak vizével). A „C”, „D”, „F” jelű rendszereknél az állandó keménység növelésére kalcium-kloridot (CaCl<sub>2</sub>) és a karbonát keménység növelésére kalium-hidrogén-karbonátot (KHCO<sub>3</sub>) adagoltunk, majd 1 dm<sup>3</sup> folyadékban agyagot, az „E” és „F” jelű rendszereknél szerves anyagot szuszpendáltunk. (A szerves anyag bükkfalevél és állatszőr apríték volt.) Az így összeállított 1 dm<sup>3</sup> térfogatú kolloid oldatot 20 percig ráztuk, majd állandó kevergetés közben az ülepitő edény 9 dm<sup>3</sup> térfogatához öntöttük. Tíz perces további kevergetés után huszonnégy órán át pihentettük a rendszert. Az ülepedés befejeződéséről néhány cm<sup>3</sup> minta desztvízzel szemben fényáteresztő képességének változatlanságával győződünk meg. A mérést HITACHI2910 típusú spektrofotométerrel 440 nm végeztük.



*1. kép: A feltöltésre kész rendszer bemutatása  
Picture 1. The experimental setup before the fill up*

### **3. Az eredmények**

#### **3.1. Bevonatformák**

A medencében az ülepedés során keletkezett képződmények lehetnek kiválások és bevonatformák. A kiválás nyugalmi vízszintnél képződik, amelynek a szélessége az oldat sótartalmával nő. A bevonatok kiterjedése igazodott a hordozó felület kiterjedéséhez, alakjához. Így az ülepitő medence oldalfalán hosszanti irányban kiterjedt vonalas bevonatforma jött létre (2.

kép). A szuszpenzióba merülő tárgyon körkörösen kifejlődött gyűrűs kiválási forma alakult ki (3. kép).



2. kép: Vonalas bevonat forma (1) az ülepítő edény falán  
Picture 2. Lined veneer (1) of the pool wall

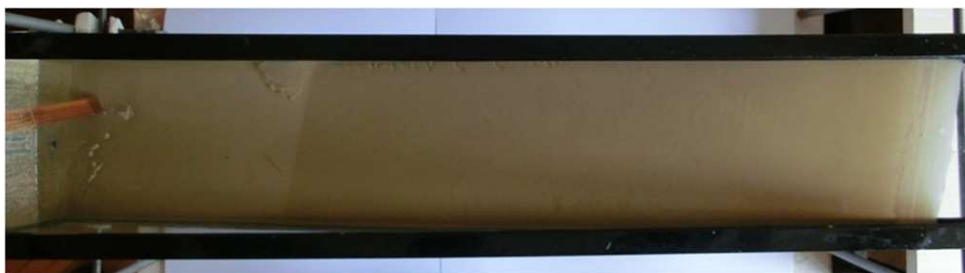


3. kép: Gyűrűs bevonat forma (1) a szuszpenziós edénybe merülő tárgyon  
Picture 3. Ring veneer (1) on the submerged object



A huszonnégy órás pihenő után, az apasztások megkezdése előtt a vonalas és a gyűrűs bevonatok vastagabbak. Az apasztás során a húszperces nyugalmi idő alatt az egymás alatt képződő bevonatok egyre vékonyabbak és halványabbak.

A 9° dőlésű, enyhe lejtőt mintázó ülepedési felületen folytonos (f) és kivastagodva folytonos (f<sub>k</sub>) bevonat alakult ki (4, 5. kép). Előző esetben a bevonat egységesen borította a medence aljzatát, utóbbi esetben nem. A kivastagodva folytonos bevonat két részre különül: egy felsőre és egy alsóra. A felsőrész vastag, míg az alsó vékony. A kivastagodva folytonos bevonatok felső kivastagodó része lefelé haladva az egyre alacsonyabb vízszinteknél egyre szélesebb és egyre vastagabb. Jelezve, hogy a medencében egyre kevesebb víznél a lebegő anyag egyre nagyobb hányada tapad rá a nyugalmi vízszintnél a hordozó felületre. Ez arra vezethető vissza, hogy a nyugalmi, de egyre alacsonyabb vízszintnél egyre kisebb a vízmélység. A köztük lévő folytonos bevonatrészek viszont egyre vékonyabbak és a rajtuk szivárgó víz hatására „esővízbarázda” szerű formákkal feltagolódtak. Egy bevonat egységen belül az alsó rész vastagsága lefelé az alsóbb helyzetű bevonat egység irányába vékonyodott.



4. kép: Folytonos bevonat forma  
Picture 4. Continuous veneer

Az ülepítő aljzaton a különböző összetételű szuszpenziókban eltérő vízszintcsökkenési sebességeknél kialakult bevonat formákat III. táblázatban foglaltuk össze.

III. táblázat  
Table III.

Üledékbevonatok különböző vízszintsüllyedési sebességeknél  
Sediment veneers at various speeds of water table decrease

mért és számított adatok				A különböző összetételű szuszpenziós mintákban képződött bevonatformák eltérő vízszintcsökkenés sebesség mellett						
$\Delta V$	$m_{1-6}$	t	V	A	B	C	D	E	F	G
$dm^3$	cm	min	cm/min							
-1.	0,74	2	0,37	f	f	f	f	f	f	f
-2.	0,78	2	0,39	f	f	f	f	f	f	f
-3.	0,83	2	0,42	f	f	f	f	f	f	f
-4.	0,89	2	0,44	$f_k$	f	f	f	f	f	f
-5.	0,98	2	0,49	$f_k$	$f_k$	f	f	f	f	f
-6.	1,09	2	0,54	$f_k$	$f_k$	$f_k$	f	f	f	f
-1.	0,74	1	0,74	$f_k$	f	f	f	f	f	f
-2.	0,78	1	0,78	$f_k$	f	f	f	f	f	f
-3.	0,83	1	0,83	$f_k$	f	f	f	f	f	f
-4.	0,89	1	0,89	$f_k$	$f_k$	f	f	f	f	f
-5.	0,98	1	0,98	$f_k$	$f_k$	$f_k$	f	f	f	f
-6.	1,09	1	1,09	X	$f_k$	$f_k$	f	f	f	f
-1.	0,74	0,5	1,48	$f_k$	f	f	f	f	f	f
-2.	0,78	0,5	1,56	$f_k$	f	f	f	f	f	f
-3.	0,83	0,5	1,66	X	$f_k$	f	f	f	f	f
-4.	0,89	0,5	1,78	X	$f_k$	$f_k$	f	f	f	f
-5.	0,98	0,5	1,98	X	X	$f_k$	f	f	f	f
-6.	1,09	0,5	2,18	X	X	X	f	f	f	f

$\Delta V$  a csökkentés térfogata  $dm^3$ -ben  $dm^3$  : -1., -2., stb.

$m_{1-6}$  apasztás előtti ( $F_f$ ) és apasztás utáni ( $F_a$ ) felszínek közötti távolság cm-ben

t:  $1 dm^3$  térfogatú szuszpenzió lebocsátásának ideje 2 min, 1 min, 0,5 min

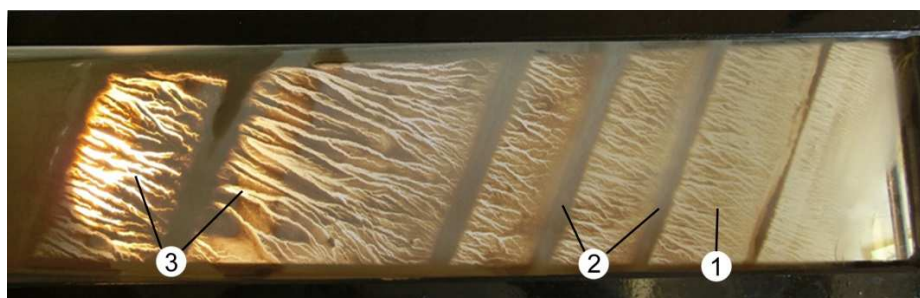
V: a vízszint csökkentés sebesség cm/min

A, B, C, D, E, F, G a II. táblázatban feltüntetett szuszpenziós típusok

f: folytonos bevonat

f<sub>k</sub>: kivastagodva folytonos bevonat

X: bevonatképződés nincs



5. kép: Kivastagodva folytonos bevonat forma

Jelmagyarázat: 1. a kivastagodva folytonos bevonat alsó, vékony része, 2. a kivastagodva folytonos bevonat felső vastag része, 3. esővíz barázdaszerű forma

Picture 5. partly thickened veneer feature

Legend: 1. thin lower part of the partly thickened veneer feature, 2. thick upper part of the partly thickened veneer feature, 3. furrow-like feature

### 3.2. Bevonatformák kialakulása kicsi vízszintcsökkenési sebesség mellett

Kicsi vízszintcsökkenési sebesség alakul ki a szuszpenziós rendszerekben, ha az 1-1 dm<sup>3</sup> folyadék lebocsátásának idejét 1 percről 2 percre nyújtjuk meg. Ezen esetekben a vízszintcsökkenés sebessége 0,34 cm/min és 0,54 cm/min között változik. Ez a vízszint csökkenési sebesség a folyamatos bevonat kialakulásának kedvez.

Kivastagodva folytonos bevonat képződik a 0,44 cm/min vízszint-süllyedési sebességtől az „A” jelű szuszpenzióban, de ugyancsak megjelenik ez a bevonat a „B” és „C” jelűnél is, igaz egyre nagyobb süllyedési sebességeknél. Míg a „D”, „E”, „F”, „G” jellel ellátott nagyobb keménységű és szerves anyagot tartalmazó szuszpenziós rendszerekben a 0,21 cm/min és 0,54 cm/min közötti vízszintcsökkenési sebességeknél csak folytonos bevonatforma alakult ki (III. táblázat).

### 3.3. Bevonatképződés közepes sebességű vízszintcsökkenés mellett

Közepes vízszintsüllyedési sebességnek tekintettük, ha a vízszintsüllyedés sebessége a 0,74-1,09 cm/min. között volt. Ekkor az  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  stb. értékű vízszint süllyedések egy perc alatt zajlanak le, az az ennyi idő alatt távozik a medencéből az 1 dm<sup>3</sup> térfogatú szuszpenzió. Az alapoldat rendszerben („A”) az ötödik dm<sup>3</sup> lebocsátásig kivastagodva folytonos bevonat képződött. A hatodik vízszintcsökkentést már nem kísérte bevonatképződés. Ekkor a vízszintcsökkenés sebessége 1,09 cm/min volt. Ha a megadott intervallumon belül nőtt a vízszintsüllyedés sebessége a folytonos bevonatformát felváltotta a kivastagodva folytonos bevonatforma. Ezt tapasztaltuk a „B” és „C” jelű szuszpenziók esetében a „D”, „E”, „F” és a „G” jelű szuszpenziókban viszont folytonos bevonatforma alakult ki még ilyen sebességek esetén is.

#### *3.4. Bevonatformák keletkezése különböző szuszpenziós rendszerekből nagy vízszintcsökkenési sebesség mellett*

Nagy sebességű a vízszintcsökkenés, ha az 1 dm<sup>3</sup> folyadék 30 sec idő alatt távozik a rendszerből, azaz ha az alapnak tekintett időt (1 min) félre csökkentjük, a folyadék 1 dm<sup>3</sup>-e kétszer hamarabb távozik. Ekkor a vízszint süllyedés sebessége 1,48-2,18 cm. A sebesség növekedés hatására a bevonatformák között a kivastagodva folytonos bevonat gyakoribb lesz.

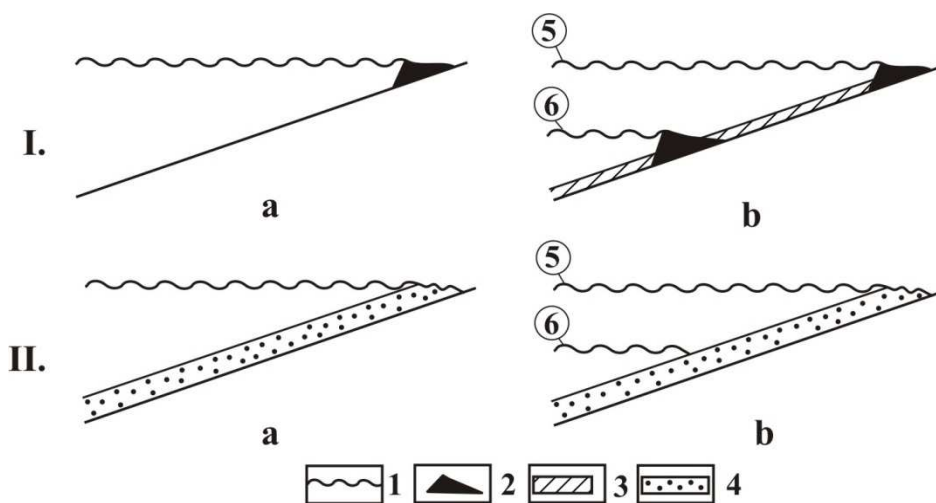
Az alapoldat rendszerben („A”) a bevonatok kialakulása hamarabb megszűnik 1,98 cm/min sebesség mellett, míg a „B”, „C” jelű szuszpenziókban 1,66 cm/min sebességtől kivastagodva folytonos bevonat képződik 2,18 cm/min sebességtől e szuszpenziókban is megszűnik a bevonat képződés. A folytonos bevonatok a magas német keménységű rendszerekben és szervesanyag-tartalmú szuszpenziókban jelennek meg. A kivastagodva folytonos bevonat a Perint patak vizéből vett szuszpenziós rendszerben („G” minta) nem jön létre, még 2,18 cm/min vízszintcsökkenés mellett sem.

#### **4. A bevonatképződés modellje az aljazaton**

Mint láttuk, az „A”, „B”, „C” jelű szuszpenzióknál a bevonat kifejlődése lehet folytonos, ill. kivastagodva folytonos (4. ábra). A kivastagodva folytonos bevonat felső része akkor alakult ki, amikor az ülepítő medence távának vízszintje nem csökkent (a víz kivételek között mintegy 10-15 percnyi időtartamig a vízszint nem csökkent), míg az alsó része vízszintcsökkenés során jött létre. Ez a bevonat típus kisebb vízszint süllyedési sebességnél, ill. nagyobbánál is ismételtelen megjelenik, amikor a medencében már kevesebb

víz van. Folytonos bevonat akkor jött létre az „A”, „B”, „C” jelű szuszpenziókból, ha a medencében több víz volt, míg kivastagodva folytonos, mint említettük, ha kevesebb. A „D”, „E”, „F”, „G” jelű oldatoknál minden vízmennyiségnél, minden vízmélységnél és vízszintsüllyedési sebességnél viszont folytonos bevonat képződött.

Feltételezzük, hogy az oldott anyagot nem tartalmazó („A”, „B” jelű), vagy kevés oldott anyagot tartalmazó („C” jelű) szuszpenziókból a kolloidok kis vízmélységnél képeznek bevonatot. Tehát a kolloid bevonat képződése (és így kivastagodása) főleg a nyugalmi vízszintnél következhet be (4.I.a. ábra), miután a vízszint tartósan az aljzatnak ugyanazon a helyénél van. Ezért az egyre hosszabb hordozó felületek mentén egyre alacsonyabb és egyre gyorsabban elmozduló vízszinteknél a szuszpenzió meglévő kolloidjából egyre kevesebb tapadhat meg (4.I.b. ábra). Ugyanis folyamatos süllyedésnél (lényegében nagyon rövid idejű nyugalmi vízszintek sorozatából áll a süllyedés) a vízszint ugyanazon a helyen egyre rövidebb ideig tartózkodhat. Tehát az „A”, „B”, „C” jelű szuszpenziók kolloidja egyre inkább koncentrálnálódhat a nyugalmi vízszintekhez eső felületrészekben.



4. ábra: Bevonatképződés nyugalmi és süllyedős vízszintnél különböző vízmélységeknél és süllyedési sebességeknél  
 Jelmagyarázat: I. kivastagodva folytonos bevonat kialakulása, II. folytonos bevonat kialakulása, a. kezdeti állapot, b. kifejlett állapot, 1. vízszint, 2. bevonatképződés kis vízmélységnél kolloid esetén, 3. bevonatképződés nagy vízmélységnél kolloid esetén, 4. folytonos bevonat növényi hulladék esetén, 5. felső vízszint ( $F_f$ ), 6. alsó vízszint ( $F_a$ )

Fig. 4 Veneer development at standstill and decreasing water table in the case of different depths of water and various speeds of water table decrease

Legend: I. partly thickened veneer development, II. development of continuous veneer, a. original state, b. developed state, 1. water table, 2. veneer development in the case of small depth of water from colloid, 3. veneer development in the case of large depth of water from colloid, 4. continuous veneer in the case of vegetable litter, 5. upper water table ( $F_f$ ), 6. lower water table ( $F_a$ )

A szerves hulladék („E” és „F” jelű szuszpenzió) nagyobb vízmélységnél is rátapad a hordozó felületre, ezért kifejlődése szélesebb sávban történik, ami kedvez a folytonos bevonatképződésnek (4. II. ábra). Ezt lehetővé teszi a hulladék nagy fajlagos felülete, valamint annak leterhelésre visszavezethető süllyedése a szuszpenzióban (kolloid tapad a hulladék felszínére). Ezért a szerves hulladék kevésbé koncentrálnak a nyugalmi vízszint mentén. Kifejlődése nem vagy kevésbé függ a süllyedési sebességtől. Ily módon a bevonat az "E", "F" jelű szuszpenziókban folytonos lesz. Ugyanakkor a "D" jelű szuszpenzióból is folytonos bevonat képződött annak ellenére, hogy szerves anyagot nem tartalmazott. Ezt azzal magyarázzuk, hogy a magas oldott anyagtartalom is kedvez a kolloid megtapadásának a hordozó felületre nagyobb vízmélységnél is. Miután a "D" jelű szuszpenzió oldott anyag tartalma magas volt, így a kolloid anyagából folytonos bevonat képződhetett. A "G" jelű szuszpenzióból (Perint patak) bár oldott anyagot, vagy szerves hulladékot nem tartalmazott, mégis folytonos bevonat keletkezett. Ezt azzal magyarázzuk, hogy a vízben lévő anyag szemcsemérete nagyon kicsi lehetett, ami az anyag betapadását lehetővé tette nagyobb vízmélységnél is.

## 5. Következtetések

A medencében az ülepedést követően a meredek oldalfalakon, valamint a szuszpenzióba merülő tárgyon vonalas, gyűrűs bevonat képződik. A vonalas és gyűrűs bevonatforma képződése erőteljesebb az apasztás megkezdése előtt, a hosszú nyugalmi időszak után (24 h). Erőteljesebb (vastagabb) megjelenését részben az időtényező, részben a koncentráció változása magyarázza. A vonalak és gyűrűk színváltozását az okozza, hogy egyre több vízkeménységet okozó ion tapad a felületre (és képez bevonatot) és egyre kevesebb az agyag a szuszpenziókban.

A ferde lejtőkön a vízszintcsökkenés során a bevonatforma kétféle lehet: kivastagodva folytonos vagy folytonos. A bevonatforma kialakulása függ a szuszpenzióoldat mésztartalmától, szervesanyag-tartalmától, a vízszintcsökkenés sebességétől, a medencefal lejtőszögétől, valamint a medencefal anyagi tulajdonságától.

A bevonatforma alakításában elsődleges szerepe van az ülepítő medencefal dőlésszögének. A lejtőszög csökkenése egyre inkább kedvez a folytonos, ill. a kivastagodva folytonos bevonat kialakulásának. A kiülepedő anyag tapadó képességét (egy adott felületre) a növekvő mésztartalom segíti.

Ugyanakkora vízszintsüllyedési sebességnél minél nagyobb volt a szuszpenzió német keménységi foka (minél több volt a  $\text{Ca}^{2+}$  és a  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  tartalma), a bevonatforma annál inkább lehetett folyamatos. A szervesanyag-tartalma segíti a folytonos bevonat kialakulását akár csak a karsztterületek töbreinél. A mésztartalmú kolloid rakódik a szerves hulladéokra és az aljzathoz tapasztja azt. A kivastagodva folytonos bevonatok a szerves anyag tartalom nélküli és alacsony oldott anyag tartalmú szuszpenziókból képződnek akkor, ha a medencében kevés víz van. Ugyanis a vízszint elmozdulása az aljzat felülete mentén ilyenkor gyors és így a szuszpenzió anyaga nyugalmi vízszintnél képez bevonatot.

Nagyobb vízszintsüllyedési sebességnél ugyanakkora, de kicsi lejtőszögnél növekszik az esélye a kivastagodva folytonos bevonat létrejöttének, míg a kisebb sebességnél nő az esélye a folytonos bevonat kialakulásának.

A kísérleti medence kivastagodva folytonos bevonata hasonlóságot mutat a töbrök öves növényhulladékos összetételével. Előző bevonat felső része megfelel a növényhulladékos öv külső részének, míg az alsó, folytonos része a növényhulladékos összetétel belső alövének.

## IRODALOM

- BENEDEK P.-VALLÓ S.* (1982): Vízisztítás-szennyvíztisztítási zsebkönyv – Műszaki Kiadó, Budapest, 698. p.
- CURL, R. L.* (1966): Scallops and flutes – Transactions Cave Research Group Great Britain, 7. p. 121-160.
- DEÁK GY.-SAMU SZ.-PÉNTÉK K.-MITRE Z.-VERESS M.* (2012): A víz-áramlási modellkísérletek vályúrendszereken. – Karsztfejlődés XVII. évf. p. 155-165.
- DZULYNSKI, S. - GIL, E. - RUDNICKI, J.* (1988): Experiments on kluftkarren and related lapis forms. – Zeitschrift für Geomorphologie 32, 1, p. 1–16.
- FABRE, G. - NICOD, J.* (1982): Lapiés, modalités et rôle de la corrosion, crypto-karstique. – Phénomèn karstique III, Mémoires et documents de géographie, p. 115–131.
- GLEW, J. R.-FORD, D. C.* (1980): Simulation study of the development of rillenkarren – Earth Surface Processes, 5. p. 25-36.
- JAKUCS L.* (1956): A barlangi árvizekről – Földrajzi Közlemények 4, p. 281-403.
- PAIS I.* (1981): Általános szerves és analitikai kémia – Mezőgazda Kiadó, Budapest, 317 p.

- PLUHAR, A. - FORD, D. C.* (1970): Dolomite karren of the Niagara escarpment, Ontario, Canada. – *Zeitschrift für Geomorphologie*, 14 p. 392-410.
- SLABE, T.* (1995): Cave Rocky Relief – Znanstvenaraziskovalni Center Sazu, Slubljana p. 128.
- SLABE, T.* (2009): Karren simulation with plaster of Paris models – In: *GINÉS, A.-KNEZ, M.-SLABE, T.-DREYBRODT, W.* (eds): Karst rock features, Karren sculpturing, p. 47-54., Postojna-Ljubljana 561 p.
- STEFANOVITS P.* (1981): Talajtan – Mezőgazda Kiadó, Budapest, 382 p.
- QUINIF, Y.* (1973): Contribution a l'étude morphologique des coupoles – *Annales de spéléologie* 28. 4, p. 565-573.
- VERESS M.* (1986): Feltárás előrejelzése a karsztos üledékek vizsgálatával – *Karszt és Barlang* II. p. 95-104.
- VERESS M.* (1987): Karsztos mélyedések működése bakonyi fedett karszton. – *Földrajzi Értesítő* XXXVI. évf. p. 91—114.
- VERESS M.* (2000): Covered karst evolution in the Northern Bakony mountains, W-Hungary – *A Bakony Természettud. Kut. Eredményei* 23. 167 p. Bakonyi Természettudományi Múzeum, Zirc
- VERESS M.* (2013): Intense rainfall on Subsidence Karst Doline – In (Lóczy D. szerk.): *Geomorphological impacts of extreme weather. Case studies from central and eastern Europe* 327-345. – Springer Dordrecht Heidelberg, New York, London pp. 373
- VERESS M. - PIDL K. - MANTLER M.* (1998): A gipsz karsztosodásának modellezése laboratóriumi körülmények között – *Berzsenyi Dániel Tanárképző Főiskola Tudományos Közleményei* XI. *Természettudományok* 6. p. 147-166.