

A DEPRESSZIÓ-EXHUMÁLÓDÁS ÉS A BARLANGKÉPZŐDÉS KAPCSOLATA AZ AGGTELEKI-KARSZTON

VERESS MÁRTON

THE RELATIONSHIP BETWEEN DEPRESSION EXHUMATION AND
CAVE DEVELOPMENT ON THE AGGTELEK KARST

Abstract

In this study the relationship between the exhumation of filled (or partly filled) depressions and the cavity development of karst on the Aggtelek Karst is investigated. Data were collected on the fill of solution dolines and on the morphology of their bedrock through VES measurements, on their floor morphology by mapping, and on the depth change of some depressions by repeated instrumental measurements. Based on their forms, the extent of exhumation of depressions can be large, medium, and small. The exhumation of depressions is bigger the larger the cave they are connected to. The long-term erosion of the large cave of the karst was possible because of the pebbly fill which had a patchy form in the depressions. Since this fill could not be transported away from the depression on the surface, it could only be transported into the karst. The large cave size enabled a continuous exhumation of solution dolines, which led to a further erosion of the caves and thus to a further increase in their size.

Keywords: karst, solution doline, depression of superficial deposit, depression exhumation

Bevezetés

E tanulmányban az Aggteleki-karszt kitöltött, oldódásos depresszióit osztályozzuk exhumulódásuk mértéke szerint. Kapcsolatot keresünk továbbá az oldódásos depressziók exhumulódásának folyamata és a karszt eróziós barlangjainak fejlődése között.

Az Aggteleki-karszt uralkodó felszíni karsztformái a töbrök és az uvalák, amelyek számos jellemzőjét vizsgálták: magassági elterjedésüket, méretüket, mintázatukat, morfológiájukat (JAKUCS L. 1977; MÓGA J. 2001; TELBISZ T.–MÓGA J. 2005; TELBISZ T.–ÁDÁM E. 2011; IFJ. SÜMEGI GY. et al. 2012; KEVEINÉ BÁRÁNY I. et al. 2015).

JAKUCS L. (1977) szerint az aggteleki típusú karsztokon a felszíni karsztformák nagy mérete a hosszú idejű, folyamatos, fedetlen (autogén típusú) karsztosodásnak köszönhető. Szerinte az Aggteleki-karszton a kréta időszaki őskarsztos felszín kréta utáni karsztosodása megszakítatlanul napjainkig tart.

A Gömör–Tornai-karszt azonban a kréta után több alkalommal is – bár valószínűleg különböző mértékben – elfedődött: az oligocén-miocénben tengeri üledékekkel (Bretkai Mészki Konglomerátum), majd vulkáni tufával (LÁNG S. 1955; SÁSDI L. 1990; VASS D. et al. 1994; GYALOG L. [szerk.] 1996; CsÁSZÁR, G. [szerk.] 1997). Ezért teljes területén folyamatos karsztosodás nem történhetett. Az elfedődéseket követő lepusztulás hatására a karszt kisebb-nagyobb területei hosszabb-rövidebb időre kitakaródhattak (JAKÁL, J. 1975), a lepusztult anyag részben barlangokban halmozódott fel (GAÁL, L. 2008). A legfiatalabb folyóvízi elborítás a pontusi korszakban történt (GAÁL L. 2014), amikor az egyetlen kiemelkedés miatt a Gömör–Szepesi-érchegységéből a vízfolyások kavicsot (Borsodi Kavics Formáció) szállítottak a karsztra (SÁSDI L. 1990). Ezt követően az Aggteleki-karszt tömbökre különült, amelyek eltérő mértékben emelkedtek, illetve billentek meg (SÁSDI L. 1990; ZÁMBÓ L. 1998). A billenések miatt a Galyaság és az Aggteleki-fennsík felszíne D-ről É-ra dőlt lett. Ezt követően napjainkig tartó, ismételt lepusztulás ment végbe. A fel-

színi üledék elszállítása alól az üledékcsapdaként funkcionáló oldódásos depressziók voltak kivételek, sőt az ez időkig kitöltetlenekbe is áthalmozással üledék kerülhetett.

Említést érdemel a karsztot nagy elterjedésben fedő vörösayag. Vastagsága igen változó: helyenként 1–2 m, de a töbrökben 10–15 m is lehet (ZÁMBÓ L. 1970). Eredetét illetően megoszlanak a vélemények. Lehet részben (ZÁMBÓ L. 1998) vagy teljes mértékben (ANDRUSOV, D. et al. 1958) áthalmozott vagy oldódási maradék (JAKUCS L. 1964; STEFANOVITS P. 1976; LESS GY. 1998), kialakulhatott a karsztot borító szilikátos anyag (ZÁMBÓ L. 1970), a karsztra hullott vulkáni tufa mállása eredményeként (GYURICA GY.–SÁSDI L. 2009).

A karsztot fedettség szerint osztályozva GVOZDETSKIY, N. A. (1965) elkülönített csupasz karsztot, fedett karsztot – ezen belül „soil-covered” vagy „boddy” karsztot (a fedő talaj vagy vörösföld) – és eltemetett karsztot. HEVESI A. (1986) szerint a fedett karszt lehet eltemetett (a fedő vízzáró) és lehet rejtett (a fedő vízáteresztő) karszt. A HEVESI-féle osztályozást célszerű megtartani, mivel az eltemetett karszt megnevezés jól használható az olyan fedett karsztokra, ahol a fedőüledék elvégződésénél víznyelők alakulnak ki, tehát az allogenetikus karsztnak (JAKUCS L. 1971) egy változatára. Lényegében ilyenek az Aggteleki-karszt allogén karsztjai. Ezért a GVOZDETSKIY-féle eltemetett karszt helyett – amelyen a szerző olyan karsztot ért, ahol a nagy fedővastagság miatt sem a felszín, sem a karsztos kőzetben nincs karsztosodás – az elszigetelten eltemetett karszt elnevezést célszerű használni (VERESS, M. 2014). Ilyennek tekinthető az Aggteleki-karsztnak a Rét-patak-völgyétől D-re elhelyezkedő része.

A fedőüledék különböző mértékű lepusztulása miatt az Aggteleki-karszt mostanra zónákra különült, amelyek É-ről D felé haladva az alábbiak (VERESS M. 2014): fedetlen, részben fedett, és elszigetelten eltemetett karsztos zóna. Az É-i fedetlen karszt két alzónára különül el. Az északabbi a Ménes völgytől É-ra, a D-i a Ménes-völgy és a Kecső-, illetve a Jósva-völgy között húzódik. A részben fedett karszt az utóbbiak és a Rét-patak-völgye között (a Galyaság és az Aggteleki-fennsík), míg az elszigetelten eltemetett karszt a Rét-patak völgyétől D-re helyezkedik el.

Az említett zónákban a fedettség mértéke és minősége eltérő. Különösen a részben fedett karsztos zónában fordulnak elő fedett karsztos foltok. Itt különböző kiterjedésű és különböző minőségű (vízzáró-, illetve vízáteresztő) fedőfoltok váltakoznak csupasz karsztos térszínekkel. Az egykori fedő főleg a karszt É-i részéről pusztult le (csak kis foltjai maradtak meg), de itt a legelterjedtebbek azok a csupasz karsztok, amelyek valószínűleg sohasem kaptak fedő elborítást. A vízzáró fedőfoltok lehetnek az egykori fedő maradványai, de származhatnak áthalmozódásból is. Utóbbiak ekkor főleg az oldódásos depressziókban halmozódtak fel. A vízáteresztő fedő főleg hullóporos eredetű, gyakran áthalmozott és ekkor ugyancsak az oldódásos depressziókban fordul elő.

A lepusztulásból visszamaradt fedőfoltok mára elsősorban a környezetükhöz képest alacsonyabb térszíneken (alacsonyabb fennsíkok, völgyek, oldódásos depressziók, a mészkőbe becsipentett, beékelődött, jobban pusztuló, nem karsztos kőzetsávok környezetében) maradtak meg. Ezek a fedőfoltok alkotják a hegység fedett karsztját. Viszonylag alacsony helyzete miatt különösen jelentős a fedőborítás a Galyaság területén. Mivel a felszín É-i irányba dől, innen a fedő elszállítása, É-i irányba mehetett/mehet végbe.

Vízáteresztő fedőn, tehát rejtett karszton, utánsüllyedésező töbrök jönnek létre (WILLIAMS, P. W. 2004). Fedett karszton fedőüledékes depressziók is képződnek (VERESS M. 2009, 2012, 2016). Ekkor a mélyedés, az utánsüllyedésező töbrökhöz hasonlóan, a fedőben alakul ki, de nem karsztosodás során, hanem a fedőnek folyóvízi, pluviális, szuffóziós folyamatok általi karsztba szállításával. Ez víznyelőkön és utánsüllyedésező töbrökön keresztül történik.

A Gömör–Tornai-karszton a fedővel kibélelt depressziókra már korábban felfigyeltek a kutatók. A kaptúravonal víznyelőinek mélyedéseit (amelyek a víznyelők vízgyűjtői) LÁNG

S. (1971) „víznyelő medencéknek” nevezte. MÓGA J. (1999) a borzovai nagy kiterjedésű, zárt mélyedést „karsztos medence”-ként, illetve „felszín alatti megcsapolású medence”-ként említi. ZÁMBÓ L. (1998) a karszt vakvölgyes, tehát zárt depresszióit „vörös föld aljzatú uvala” megnevezéssel illette.

A fedőüledékes depressziók lehetnek áldepressziók, ha alattuk a feküen nincs mélyedés, és igaziak, ha van (VERESS M. – LÓCZY D. 2015; VERESS, M. 2016). Az igazi fedőüledékes depressziók gyakran lokális fedett karsztok. A fedőüledék foltot alkot a fekü depressziójában, amelyet körkörös fedetlen karszt fog közre. Előfordul, hogy a fedő túlnyúlik a fekü depressziójának a peremén, ekkor a fedőüledékes depressziót csak részben határolja fedetlen karszt. A fedőüledékes depresszió területén létrejöhet eltemetett karszt, amikor az aljzata vízzáró fedő, de létrejöhet rejtett karszt is, amikor aljzatát vízáteresztő üledék alkotja (VERESS M. 2012). Az előző esetben a depresszióban víznyelők, az utóbbi esetben utánsüllyedésszerű töbrök fejlődnek ki.

A fedőüledékes depresszióból (az exhumálódó oldódásos depresszióból) a fedő anyaga víznyelők vagy utánsüllyedésszerű töbrök közvetítésével kerül a karszt üregeibe. Az üregek befogadják az üledéket, ugyanakkor a szállított anyag formálja is azokat, ami eróziós és oldódásos üreg kialakításában egyaránt megnyilvánulhat. Az előbbi akkor következik be, amikor a befogadó járatok, üregek kevésbé kitöltöttek, így azokban a vízáramlás kevésbé akadályozott. Az utóbbi akkor, amikor a járat nagy mértékben kitöltődik (pl. mert hirtelen sok üledék érkezik, vagy mert az üregeket – akár időlegesen – kitölti a karsztvíz). Ilyenkor a kitöltésben szivárgó víz, illetve a kitöltés által a mennyezetnek szorított vízfolyás vize okoz oldódást. Ilyen mennyezeti oldást írtak le a Štirovača jégbarlangból (Velebit, Horvátország), ahol a járatokat a Štirovača karsztos depresszióból származó glaciófluviális üledékek töltötték ki (BOCIC, N. et al. 2012).

Módszerek

– A kutatási területekről domborzatrajzi térképeket készítettünk. Ezek azok a területek, amelyeket az előzetes terepbejárások eredményeként fedőüledékes depresszióknak lehetett minősíteni. Ilyenek a Bába-völgy, a Derenki-pölje, a Zombor-lyuk vízgyűjtője, a Vizes-víznyelő vízgyűjtője, a Keserű-tó lapája és a Dász-töbör. A domborzatrajzi térképeket morfológiai térképekké fejlesztettük.

– VESZ- (Vertikális Elektromos Szondázás) mérésekkel megállapítottuk a különböző helyeken a fekü mélységét, a fedőüledék-összletek fajtáit és vastagságát. A VESZ mérési módszer részletes leírása VERESS M. (2009) és GRUBER P. et al. (2015) munkáiban olvasható.

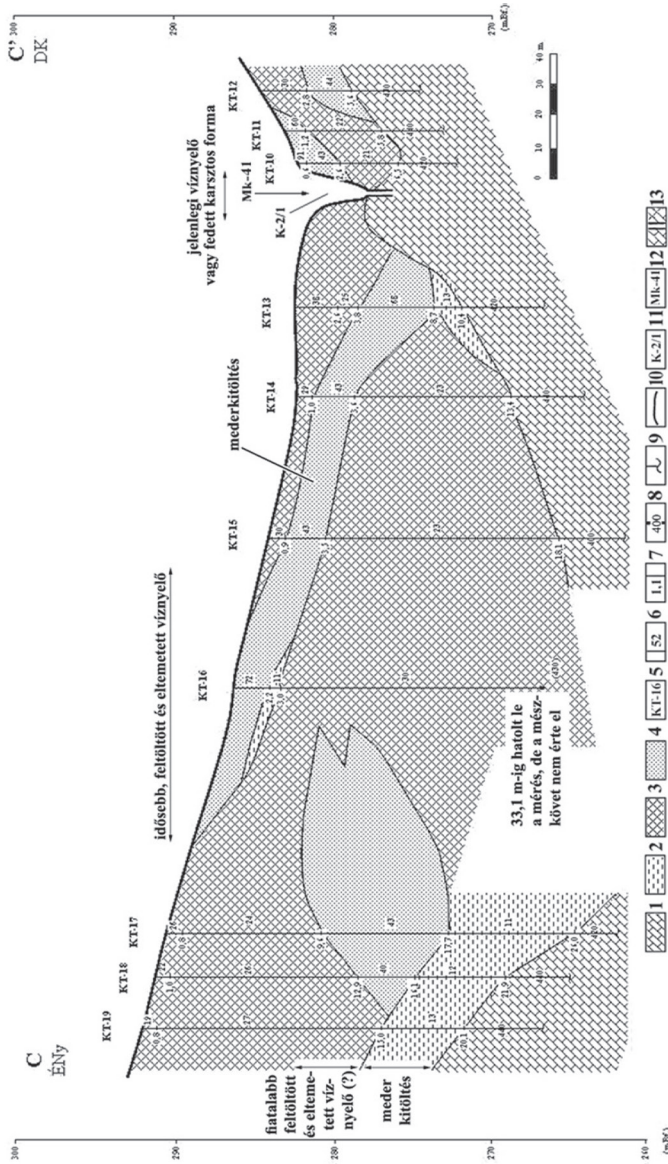
– Az egyes helyeken számított rétegsorokat összeillesztve, a kialakított mérési vonalak mentén metszetek szerkeszthetők (geoelektromos-földtani szelvény). Ezek a felszín (karsztos formákkal), a mészkőfekü, az összlethatárok (és így a különböző fedőüledékek) lefutása, a fedőüledékek szerkezete, valamint a különböző kőzetek számított ellenállásértékei kerülnek ábrázolásra. A mészkőfekü lefutása kiegészíthető, pontosítható ott, ahol a mészkő a szelvény mentén felszínre bukkan. (A VESZ-méréseket és a geoelektromos-földtani szelvényeket a TERRATEST Kft munkatársai végezték illetve készítették.)

– Az Aggteleki-fennsík a Közép-hegy és a Szőlő-hegy közötti völgy (ez a Hideg-völgy mellékvölgye) töbrösorának négy töbréről felméréssel domborzatrajzi térképet készítettünk 2006 nyarán. (Ezeken feltüntettük a töbrök legmélyebb helyeit és azok magassági értékét.) A töbrök legmélyebb pontjainak magasságát GPS-szel 2010 nyarán újramértük. A két időszak között bekövetkezett mélységváltozást úgy képeztük, hogy a domborzatrajzi térképről leolvasott legmélyebb pontok és a GPS-es mélységmérés különbségeit vettük.

Értékelés

Az oldódásos depressziók fekü aljzatának morfológiája

A megszerkesztett geoelektromos-földtani szelvények mutatják, hogy a fedőüledék vagy annak foltjai alatt a fekü mélyedést formál. Ezek a karszt oldódásos depressziói. Morfológiájuk változatos. A mélyedést formáló fekü lehet sík aljzatú, lehet egyetlen nagyobb mélyedés (1. ábra), uvalás jellegű (részmélyedésekre különülő; 2. ábra), de olyan is, ahol



1. ábra A C-C' jelű geoelektromos-földtani szelvény a Keserű-tó lápa (K-1) területéről (Forrás: VERESS 2014)

1 – mészkő; 2 – agyag; 3 – agyag (mészakótörmelekes-homokos); 4 – homok-kavics-löss (mészakótörmelekes); 5 – VESZ észlelési hely, azonosítási számmal; 6 – öszszlet geoelektromos ellenállása (Ωm); 7 – geoelektromos öszszlet talpmélysége (m);

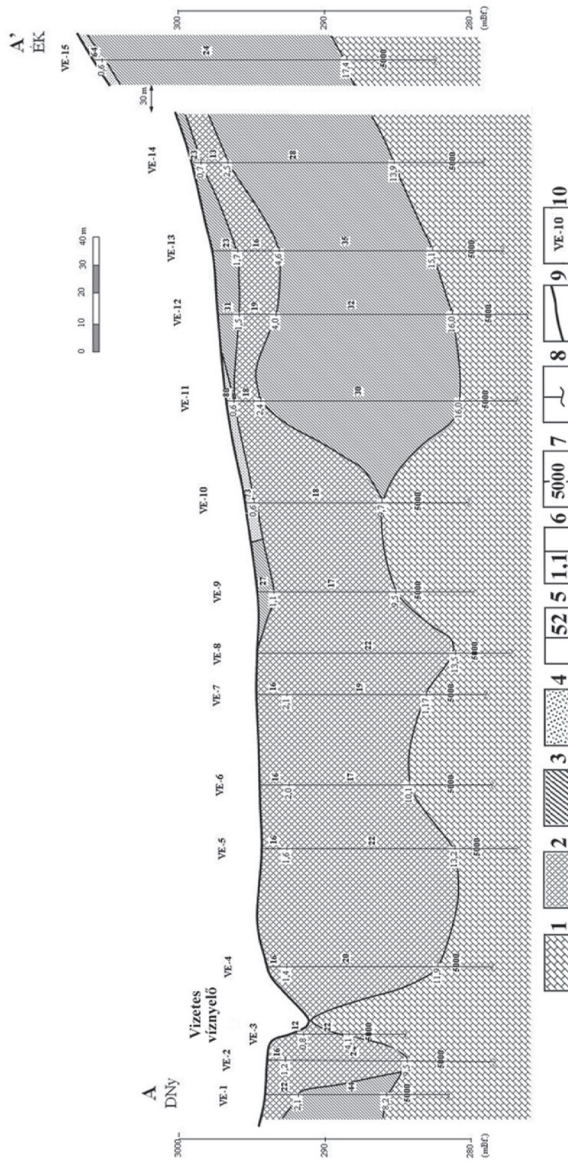
8 – a fekü geoelektromos ellenállása (Ωm); 9 – VESZ mérés körülbelüli behatolása; 10 – geoelektromos öszszletará; 11 – karsztos forma és jele; 12 – kőzetkibívás, azonosítási számmal; 13 – kútító, akna

Figure 1 Geoelectric-geological profile C-C' from the area of Keserű-tó lápa (K-1) (Source: VERESS 2014)

1 – limestone; 2 – clay; 3 – clay (with limestone debris and sand); 4 – sand-gravel-loess (with limestone debris); 5 – VES measurement site with identification number; 6 – geoelectric resistivity of the series (Ohmm); 7 – base depth of the geoelectric series (m);

8 – geoelectric resistivity of bedrock (Ohmm); 9 – approximate depth of penetration of VES measurement; 10 – geoelectric series boundary; 11 – karstic feature and its identification mark; 12 – rock outcrop with identification number; 13 – chimney, shaft

a fekü nagyobb mélyedésében kisebbek vannak (3. ábra). A fekü morfológiája hatással van a kitakaródás sajátosságaira. A fekü magaslatai gátolhatják a lepusztulás mértékét, illetve módosíthatják a lepusztulás mintázatát, az elszállítás irányát. A fekü morfológiájától függ az üledék vastagsága, ettől meg az, hogy kialakulhat-e utánsüllyedéses töbör. Ha ugyanis a fedő nagyon vastag, nem képződik töbör, csak ott, ahol kivékonnyodik. Emiatt a vastag, de vízáteresztő (vagy csökkent vízáteresztésű) üledékekkel bíró depressziók is eltemetett karsztként funkcionálhatnak. A vízzáró fedőn lefolyó csapadékvíz a fedő pereménél víznyelót hoz létre. Vastag, de nem teljesen vízzáró, agyagos fedő alkotja az aljzat egy részét, például a Keserű-tó lápájánál. Itt van olyan hely, ahol a fedő vastagsága meghaladja a 33 m-t

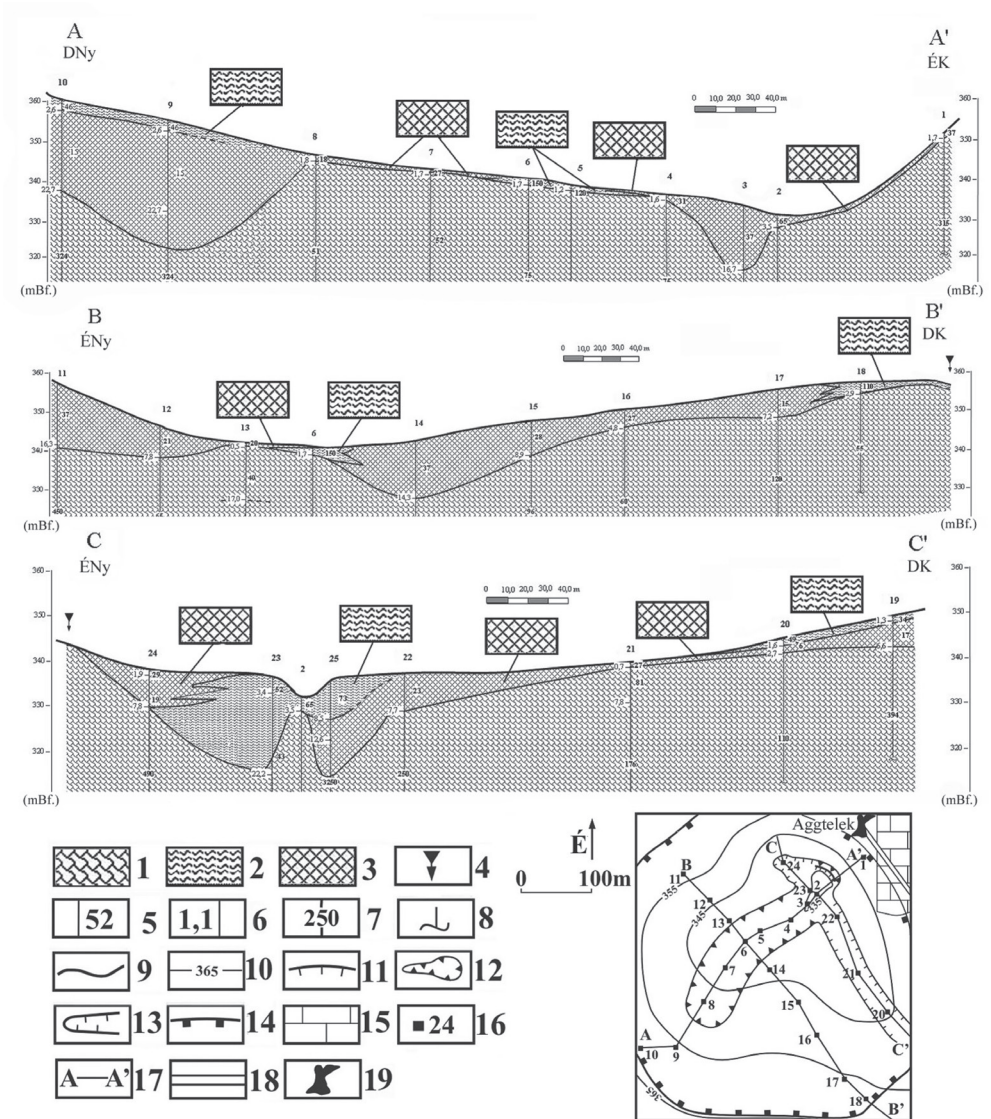


2. ábra A Vizeses víznyelő környékének geoelektromos-földtani szelvénye (Forrás: VERESS 2014)

1 – mészkő; 2 – agyag (mészktörmelekes, homokos); 3 – agyagos homok-kavics; 4 – homok-kavics (mészktörmelekes); 5 – öszszlet geoelektromos ellenállása (Ωm); 6 – öszszlet geoelektromos talpmélysége (m); 7 – a fekü geoelektromos ellenállása (Ωm); 8 – VESZ mérés körülbelüli behatolási; 9 – geoelektromos réteghatár; 10 – VESZ mérés helye és azonosító jele

Figure 2 The geoelectric-geological profile of the environs of Vizeses pónor (Source: VERESS 2014)

1 – limestone; 2 – clay (with limestone debris and sand); 3 – clayey sand, gravel; 4 – sand-gravel (with limestone debris); 5 – geoelectric resistivity of the bedrock (Ohmm); 6 – base depth of the geoelectric series (m); 7 – geoelectric resistivity of bedrock (Ohmm); 8 – approximate depth of penetration of VES measurement; 9 – boundary of the geoelectric beds; 10 – site and identification code of VES measurement



3. ábra A Zombor-lyuk víznyelőt hordozó fedőüledékes depresszió geoelektromos-földtani szelvényei

(Forrás: VERESS 2016)

- 1 – mészkőtörmelék, töredezett mészkő; 2 – mészkőtörmelék (agyagos); 3 – agyag (mészkőtörmelékes, homokos);
 4 – mészkő kibúvás; 5 – összlet geoelektromos ellenállása (Ohmm); 6 – geoelektromos összlet talpmélysége (m);
 7 – fektő geoelektromos ellenállása (Ohm); 8 – VESZ mérés kb-i behatolása; 9 – geoelektromos összlethatár; 10 – szintvonal;
 11 – víznyelő; 12 – vakvölgy; 13 – vízmosás; 14 – fedőüledékes depresszió; 15 – mészkő; 16 – VESZ mérés helye és azonosító helye; 17 – szelvény helye; 18 – Aggtelek, Jósvafő közötti országút; 19 – település

Figure 3 Geoelectric-geological profile of the depression of superficial deposit bearing the Zombor-lyuk ponor (Source: VERESS 2016)

- 1 – limestone debris, fragmented limestone; 2 – limestone debris (clayey); 3 – clay (with limestone debris and sand);
 4 – limestone outcrop; 5 – geoelectric resistivity of the series (Ohmm); 6 – base depth of the geoelectric series (m);
 7 – geoelectric resistivity of the bedrock (Ohm); 8 – approximate depth of penetration of VES measurement;
 9 – geoelectric series boundary; 10 – contour line; 11 – ponor; 12 – blind valley; 13 – ravine;
 14 – depression of superficial deposit; 15 – limestone; 16 – site and identification code of VES measurement;
 17 – profile location; 18 – Aggtelek-Jósvafő road; 19 – built-up area

(1. ábra). De más fedőüledékes depresszióknál is tapasztalható, hogy az aljzat csak részben vízzáró, ugyanakkor víznyelő alakult ki a fedő pereménél. Ilyen például a Dász-töbör, a Vizetes depressziója, sőt a Zombor-lyuk depressziója is (1. táblázat).

1. táblázat – Table 1

Néhány vizsgált depresszió kitöltő üledékének és morfológiájának jellemzői
(a kitöltő üledék adatai a VESZ-mérések adatainak felhasználásával)

The characteristic features of the sediment filling some studied depressions and of their morphology (the data of the filling sediment are based on VES measurements)

Depresszió	A felszínen van kavics	A felszínen van agyag	A felszínen van agyagtartalmú üledék	Forma az aljzaton	Völgyek, vízmosások hossza, m
Keserű-tó lápája	+	–	+	víznyelő, vízmosás	150
Vizetes	+	–	+	víznyelő, meder	925
Dász-töbör	+ ¹	–	+	víznyelő, vakvölgy	450
Zombor-lyuk	+ ²	–	+	víznyelő, vakvölgy	500
Derenki-polje	+	+	–	víznyelő, meder	80
Bába-völgy	+	+	–	víznyelő, vízmosás	185

¹ Nem a felszínen, de 1–2 m-nél közelebb a felszínhez.

² Kis foltban.

Az oldódásos depressziók kora

A karszt oldódásos depressziói igen eltérő kialakulási kezdettel rendelkezhetnek. Fejlődésük megszakadhatott, módosulhatott vagy változatlanul megőrződhetett napjainkig. Az eltérő helyzetű oldódásos depressziók kialakulása kezdetének behatárolásához kitöltő üledékeik és morfológiai környezetük adhatnak támpontot.

Az oldódásos depressziók magasságuk és morfológiai környezetük szerint legalább háromfélék lehetnek:

– átöröklődött völgytalpak sortöbrei és uvalái (pl. a Baradla-völgy);

– az alacsonyabb térszínnek töbrei (pl. Jósvalfői-fennsík);

– a magasabb térszínnek (fennsíkok [pl. a Szilasi-fennsík, Haragistya, a Nagy-oldal] és hegyek [pl. a Nagy-Jene-tető, a Szár-hegy]) töbrei és uvalái. A völgytalpak sortöbrei a fedőüledéket átvágó völgyek átöröklődési koránál fiatalabbak. Azok a töbrök, uvalák, amelyek fedővel borított térszínen fordulnak elő, a fedőelborítás koránál idősebbek. Ilyen, a feküen kialakult karsztos mélyedések vannak a kaptúravonal víznyelőinek a vízgyűjtőin a fedő alatt (VERESS, M. 2014). Ezek létezését bizonyítják egyrészt a fedő zárt mélyedései, amelyek peremén több helyen is előbukkan a mészkő, jelezve hogy a mészkőfekü felszíne a fedő mélyedésének belseje felé dől. De létezésükre közvetlen bizonyíték is van. A VESZ-mérések adatainak felhasználásával a Zombor-lyuk vízgyűjtőjén a feküen, rész-mélyedésekre tagolódó mélyedés mutatható ki (3. ábra).

A Zombor-lyuk vízgyűjtőjén, a VESZ-mérések nyomvonalai mentén nincs kavics, hanem mészkőtörmeléken, homokos agyag mutatható ki. Kavics a mélyedést alkotó vízgyűjtő Ny-i oldalajtóján fordul elő, amely ha nem áthalmozott, a Borsodi Kavics Formáció eredeti felhalmozódásának maradványa. A vízgyűjtő mélyedés jellege ennek az anyagnak a részleges lepusztulása során jött létre, amit bizonyít, hogy a Baradla kavicsos üledékei a Borsodi Kavics Formáció anyagából származnak (PIROS O.–GYURICZA GY. 1986). A kavicsfoltnál alacsonyabb helyzetben levő, a VESZ-mérések által kimutatott agyag valószínűleg pannon korú, így a hordozó oldódásos depresszió pannon vagy annál idősebb.

A VESZ-mérések szerint kavicskitöltés ismert a Magas-tető (Alsó-hegy) egyik uvalájából is (VERESS M. 2014). Ez egyrészt arra utal, hogy a Borsodi Kavics Formáció anyaga nem csak Ny-i irányból érkezett a karsztra (GAÁL, L. 2008), hanem ÉNy-ről is. Másrészt, ha a kitöltés nem áthalmozott, akkor az uvala pontusi vagy annál idősebb. (Mivel a feltöltés közelében nincs kavicsfedő, amelyből származhatott volna, az uvala kitöltése valószínűleg az egykori kavics fedő nem áthalmozott maradványa.)

A fennsíkok, tetők, töbrök, uvalák korára vonatkozóan még csak közvetett adatok sem adhatók meg. Mivel nem sortöbrök, nem völgy-átöröklődés során képződtek. Nagy méretük (LÁNG S. 1955; JAKUCS L. 1971) azonban arra utalhat, hogy a völgytalpi sortöbröknél idősebbek.

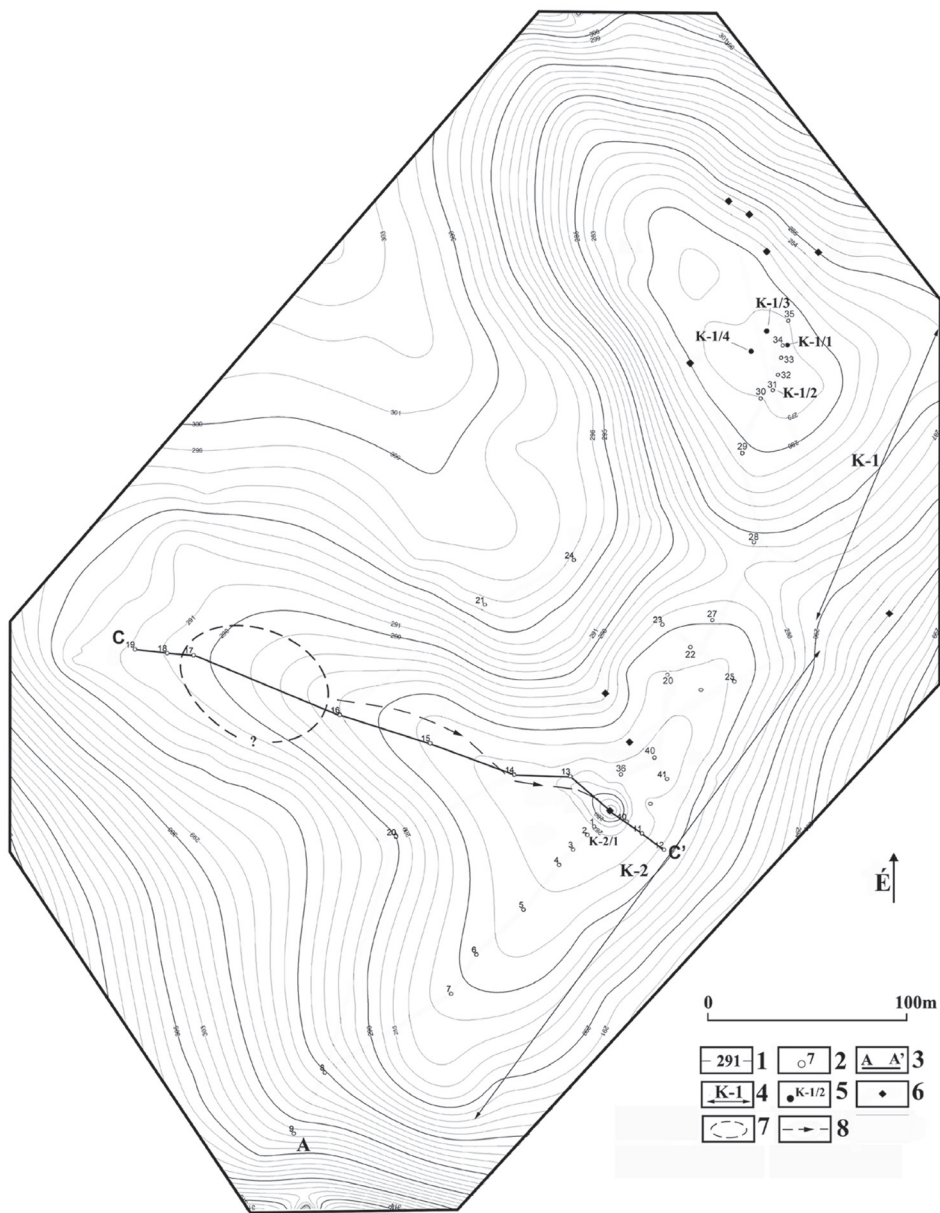
Valószínűsíthető tehát, hogy a karszton az oldódásos töbrök többségének kialakulása a pleisztocénnél korábban elkezdődött.

A depressziókból a fedő (kitöltő) üledék elszállítása

A depressziók fedőüledékes aljzata is változatos morfológiájú. Lehet csaknem vízszintes (4. ábra), vagy dőlt (1. ábra). Az előző esetben az anyagszállítás csak az utánsüllyedésszerű töbrök területéről (vagy közvetlen környezetükből) történik, szuffózióval, illetve pluviális erózióval. Dőlt aljzat esetén a lepusztulás pluviális erózióval az üledékes aljzat teljes területéről is végbemehet. Az aljzat feltagolódhat eróziós árkokkal, vízmosásokkal és vakvölgyekkel (5. ábra). Számuk, méretük annak az anyagmennyiségnek a lineáris eróziós anyagelszállítási mértékét és/vagy sebességét jelzi, amely a karszt üregeibe szállítódott.

A víznyelőkhöz vezető völgyek, vízmosások, eróziós árkok, medrek mérete jól reprezentálja a karsztba szállított üledék mennyiségét. E formák hossza igen változó, rendszerint 100–1000 m (1. táblázat). Inkább a vakvölgyek hosszabbak, de a vízmosások hossza is több 100 m lehet, ezért a belőlük elhordott anyag mennyiségét kevésbé lehet a hosszhoz társítani. A karsztba szállított anyagmennyiség számításához ezek szélességét és mélységét is figyelembe kell venni. A víznyelőkhöz csatlakozásnál a völgyek szélessége és mélysége akár a 10 m-t is meghaladhatja, míg a vízmosások, medrek esetében ezek az értékek néhány m-t tesznek ki. A völgyekből kitarított üledék mennyiségének számítása csak aprólékos mérésekkel lehetséges, mivel a völgy mérete helyről helyre változik. A közelítő érték, ami jól szemlélteti, hogy a völgyekből az elszállított üledék mennyisége számottevően meghaladja a vízmosásokból, medrekéből elszállított üledék mennyiségét, egyszerű számítással megadható.

Ilyen közelítő számítást végeztünk el a Dász-töbrő vakvölgyénél (5. ábra) és a Vizetes-víznyelő vízfolyásának medrénél. A Dász-töbrő vakvölgyének alsó 200 m-es szakaszán (ahol a völgy szélessége és mélysége alig változik) – 12 m mélységgel és 67 m szélességgel számolva (aminek során a völgyet V keresztmetszetűnek tekintettük) – az elszállított anyag mennyisége mintegy 80 ezer m³-nek adódott. Ugyanakkor a Vizetesnél, ahol a nagyjából 1 km hosszú – téglalap keresztmetszetűnek tekintett – meder szélességét 3 m-nek, mélységét 2 m-nek vettük, az elhordott anyag mennyisége alig haladta meg a 6 ezer m³-t. A Dász-töbrő vakvölgyéből tehát kisebb hossza ellenére nagyságrenddel több üledék szállítódott a karsztba, mint a Vizetes-víznyelőhöz vezető mederből.



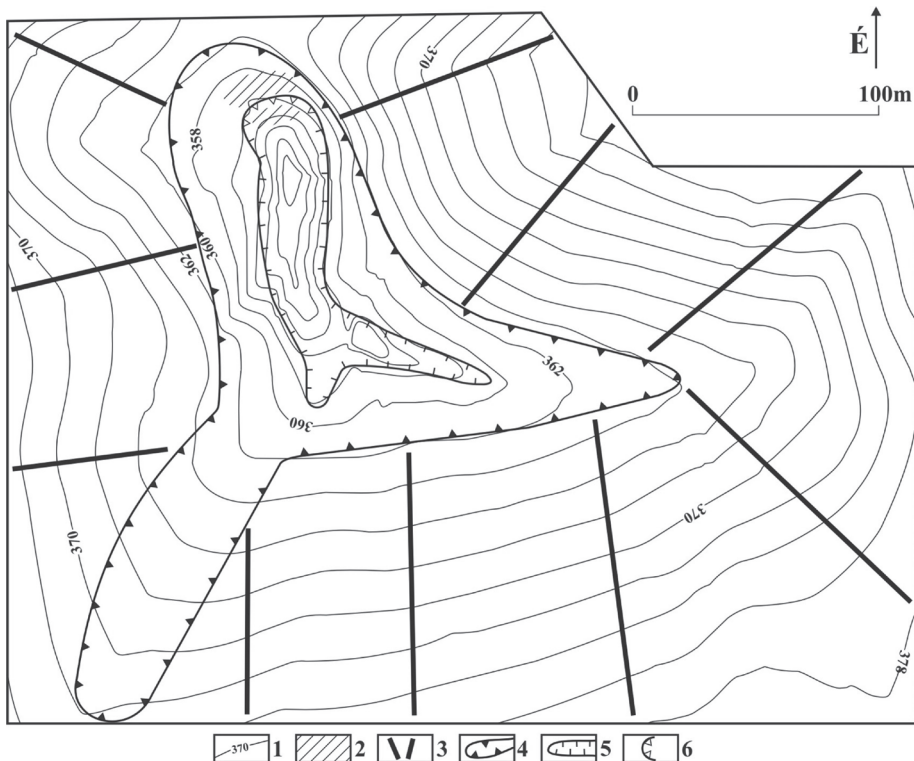
4. ábra A Keserű-tó lápája és attól ÉK-re elhelyezkedő fedőüledékes depresszió

1 – szintvonal; 2 – VESZ mérés helye; 3 – szelvény nyomvonala; 4 – részben exhumálódott depresszió; 5 – karsztos mélyedés (fedett karsztos víznyelő és utánsüllyedéses töbör); 6 – kőzetkibúvás; 7 – eltemetett víznyelő; 8 – meder

Figure 4 Keserű-tó lápa and a depression of superficial deposit north-east from it

1 – contour line; 2 – site of VES measurement; 3 – track of profile north-east from it; 4 – partly exhumed depression (covered karstic ponor and subsidence doline); 5 – karstic depression (covered karstic ponor and subsidence doline); 6 – rock outcrop; 7 – buried ponor; 8 – channel

A morfológiai térképek szerint a depressziók aljzata (különösen az allogenetikus jellegűeké) kettős formakincsű. Az egyik formaelem az egységesen kifejlődött aljzat, amely



5. ábra A Dász-töbör morfológiai térképe (Forrás: VERESS 2016 módosítva)

1 – szintvonal; 2 – mészkő kibúvás; 3 – paleotöbör lejtője; 4 – vakvölgy; 5 – vízmosás (belső völgy); 6 – víznyelő

Figure 5 Morphological map of the Dász doline (Source: VERESS 2016 modified)

1 – contour line; 2 – limestone outcrop; 3 – slope of paleodoline; 4 – blind valley; 5 – ravine (internal valley); 6 – ponor

a víznyelővel átellenes peremtől dől a víznyelő vagy az aljzatba mélyülő vakvölgy (vízmosás) irányába (1. kép). A másik formatípust a depresszió aljzatába mélyülő, már említett eróziós formák (vakvölgy, vízmosás) képviselik. Ez utóbbiak a jelenlegi anyagszállítás során képződnek, míg a dőlt helyzetű aljzatok a korábbi lepusztulás termékei – bár ezeket az aljzatrészeket jelenleg is pusztítja a csapadékvíz. Az üledék vagy a vakvölgybe, vagy közvetlenül a víznyelőkbe szállítódik. (Természetesen a vízmosás nélküli utánsüllyedékes töbrökbe is szállítódhat környezetükből üledék, ezáltal e formák irányába dőlő, néhány m-es szélességű sávok alakulhatnak ki az aljzaton.)

Mélységmérésekkel feltöltődést mutattunk ki a Közép-hegy és a Szőlő-hegy közötti töbrősor töbreiből. A két mélységmérés közötti időszakban négy töbör közül háromban 21, 25 és 32 cm volt a feltöltődés mértéke, egyben nem történt mélységváltozás.

E töbrök fedőjében nem alakultak ki még kisebb méretű utánsüllyedékes töbrök sem, ami az anyagszállítás hiányát jelzi. Ez annak ellenére sem történt meg, hogy közelükben húzódik a Baradla–Domica-barlang Fő-ága, illetve e depressziók alá nyúlik a Vass Imremellékág. Az elszállítás hiánya valószínűleg arra vezethető vissza, hogy e a mellékág a Fő-ágtól néhány száz 10 m-es távolságra már teljesen eltömődött.

A depressziók üledéke oldatban vagy szilárd anyagként szállítódhat a karsztba. Az utóbbi csapadékvíz, valamint állandó vagy időszakos vízfolyások által történhet. A szilárd anyag elszállítása a fedő és a fekvő járatain keresztül történik.

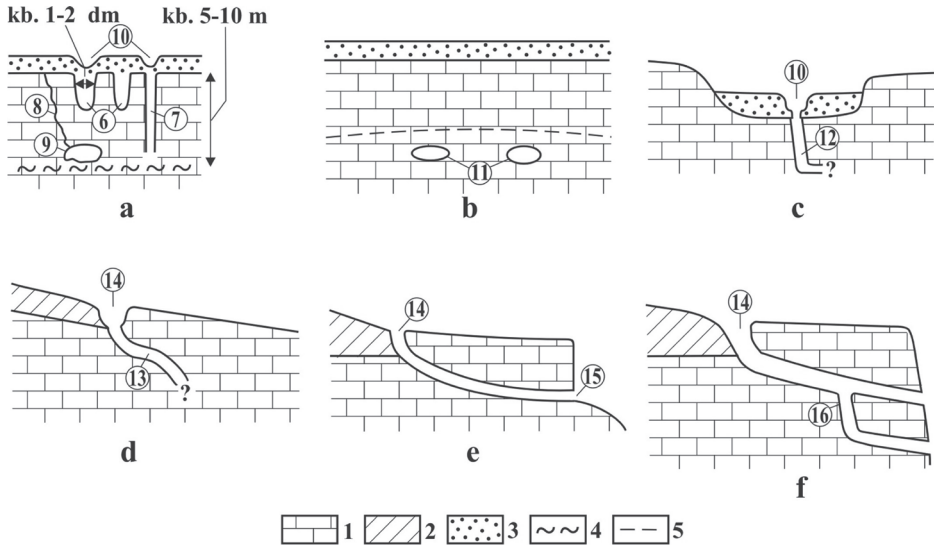


1. kép A Zombor-lyuk víznyelő fedőüledékes depressziója
 Photo 1 The depression of superficial deposit of Zombor-lyuk ponor

A szilárd anyagnak a karsztba szállítása akkor lehetséges (sőt víznyelő vagy utánsüllyedéses töbor is akkor jöhet létre), ha a karsztos kőzet felszínén és a karsztban a kőzet oldódása miatt anyagihiány jön létre. Anyagihiányt képviselnek a fekvő felszínén a karrok, a kőzetben az üregek, barlangok. Az üregek a karszt különböző zónáiban fejlődhetnek ki: az epikarsztban (karrok, kürtők, kisebb üregek), a vadózus zónában (kürtők, aknabarlangok, patakos, eróziós barlangok mint a víznyelőbarlangok, átmenő barlangok, többszintes barlangrendszerek) és a freatikus zónában az oldódásos üregek (6. ábra). Anyagszállítás az üregekbe csak akkor lehetséges, ha a felszínre nyílnak. Ezért a freatikus zóna üregei csak megfelelő felszíni kapcsolat esetén lehetnek üledékbefogadók. Az Aggteleki-karszt üregesedtségének mértéke igen változatos. A karszt nagyméretű barlangjainál nagy, máshol viszont nagyon csekély lehet. Az említett szélső értékek között számos átmenet lehet. Kismértékű üregesedtségre utalnak a Haragistya-fennsíkon végrehajtott geofizikai mérések. A VESZ-mérések csak erősebben repedezett vetős zónákat mutattak itt ki, a geoelektromos RMT-szelvényekről csak a felszínhez képest 20–30 m-es mélységben elhelyezkedő, zárt üregek olvashatók le (GRUBER P. et al. 2015). A depresszióból az üledék elszállításának mértékét annak a barlangszakasznak a mérete határozza meg, ameddig az üledék eljuthat. Az e szakaszon túli barlang vagy barlangszakasz nincs hatással a beszállítás mértékére vagy csak akkor, ha az erózióbázis süllyedése miatt az üledék kiszállítódik a karsztból.

Eredmények

Mivel az üledékbefogadás mértéke megszabja a lepusztulás mértékét, végső soron az előbbi alakítja a depresszióban a kitarakodást kísérő formaképződést. A fedőüledékes aljzat formáinak figyelembevételével a depressziók exhumálódásának mértéke többféle lehet.



6. ábra A karszt üledék befogató formái

1 – mészkő; 2 – nem karsztos vízzáró fedőüledék; 3 – nem karsztos vízáteresztő fedőüledék;

4 – epikarszt alsó határa; 5 – karsztvízszint; 6 – hasadékkarr; 7 – kürtő;

8 – oldódásos rés, repedés; 9 – oldódásos üreg az epikarsztban; 10 – utánsüllyedéses töbrő; 11 – oldódásos üreg a freatikus zónában; 12 – akna barlang a vadózus zónában; 13 – víznyelő barlang; 14 – víznyelő;

15 – átmenő barlang; 16 – többszintes barlangrendszer; a – epikarszt üledék befogató formái, b – karsztvízszint alatti zárt üregek, c – vadózus zóna üledék befogató aknabarlangja, d-f – üledékbefogatók az eróziós barlangok

Figure 6 Karst features capable of receiving sediment

1 – limestone; 2 – non-karstic, impermeable superficial deposit; 3 – non-karstic, permeable superficial deposit;

4 – lower boundary of epikarst; 5 – karst water level; 6 – grike karren; 7 – chimney;

8 – solution cracks, fissure; 9 – cavity in the epikarst; 10 – subsidence doline; 11 – cavity in the phreatic zone;

12 – shaft cave in the vadose zone; 13 – sinkhole cave; 14 – ponor; 15 – through cave;

16 – multi-floor cave system; a – epikarst features capable of receiving sediment, b – closed cavities

under karst water level, c – through cave capable of receiving

sediment in the vadose zone, d-f – erosion caves capable of receiving sediment

– Nagymértékű az exhumálódás, amikor az üledékbefogató jól fejlett (nagy méretű) patakos, eróziós barlang (barlangrendszer) (6 e-f. ábra). Az Aggteleki-karszt e típusba tartozó depressziói nagyméretű patakos barlangokhoz kapcsolódnak. Ilyenek például a Zombor- és a Ravasz-lyuk víznyelőinek depressziói, valamint a Dász-töbrő. A barlangok (Baradla–Domica-, Béke-, Szabadság-barlang) nagy méretüket erózió révén érték el, amit kavics-felhalmozódásaik bizonyítanak (PIROS O.–GYURICZA GY. 1986; JAKUCS L. 1971; BALÁZS D. 1971). Az e típusba tartozó depressziók aljzatán vakvölgy(ek) és víznyelők jönnek létre. E típus depressziói a fedő lepusztulása során képződtek. Az aljzat fedőjének pusztulása lineáris és pluvialis erózióval történik.

– Közepes mértékű az exhumálódás, amikor az üledékbefogatók a vadózus zóna víznyelőbarlangjai vagy aknabarlangok (6 c, d. ábra). A feltáró kutatások szerint az e típusba tartozó depressziókhöz mindössze néhányszor 10 vagy 100 m-es hosszúságú, fejletlen víznyelőbarlangok kapcsolódnak. Ilyen víznyelőbarlangok vannak a Vizetes-, (BALÁZS D. 1994), a Keserű-tó lápa, (BALÁZS D. 1994), vagy a Bába-völgyi víznyelőknél (HAZSLINSZKY T. 1965). A depresszió aljzatán víznyelők (az aljzaton a fedő vízzáró vagy részben vízzáró, de vastag) vagy utánsüllyedéses töbrök (az aljzaton a fedő vízáteresztő) jönnek létre. A viszonylag intenzív erózió miatt a depresszió aljzatán a víznyelőkhöz vagy az utánsüllyedéses töbrökhöz kapcsolódó eróziós árkok, vízmosások, medrek alakulnak ki.

Közepes mértékben exhumálódó, eltemetett karsztos aljzatú depresszió a Keserű-tó lápa, a Derenki-pölje, a Vizes-víznyelő depressziója, a Bába-völgy. Közöttük lehetnek nem csak lepusztulásos, hanem feltöltődéses eredetűek is. Ilyen például a Keserű-tó lábaja, mivel itt a jelenlegi víznyelőhöz vezető vízműsajt alatt eltemetett víznyelőt mutattak ki a VESZ-mérések (1., 4. ábra). E típusba tartozó, rejtett karsztos depressziók említetők a Teresztenyei-fennsíkron, a Haragistyáron, de valószínűleg ide tartozik az Acskó-réti víznyelő depressziója is. A rejtett karsztos depresszióknál az aljzat fedőjének pusztulásában a pluvialis erózió kerül túlsúlyba.

– Kis mértékű az exhumálódás, amikor az epikarszt az üledékbefogadó (6 a, c. ábra). Ekkor az üledékbefogadó formák a karrok, az oldódásos rések, repedések, a kürtők. Az aljzaton utánsüllyedéses töbrök vagy töbrök fordulhatnak elő. Az e típusba tartozó depressziók exhumálódása nem csak kismértékű, hanem lokális is. A lepusztulás elsősorban az utánsüllyedéses töbrök területére és legfeljebb közvetlen környezetükre terjed ki, s pluvialis erózióval történik. Ilyen depressziók fordulnak elő a Teresztenyei-fennsíkon, illetve ettől Ny-ra, a Keserű-tó lábaja és a Vizes között (4. ábra) és a Haragistyán, továbbá ilyen lehet a Nagy-vizes-töbrő víznyelője (Alsó-hegy) is.

– Nem exhumálódó depressziók alatt a karsztban nincsenek üledékbefogadásra képes üregek, barlangok, illetve azokba üledék nem juthat be. E depressziók aljzatán nem alakulnak ki víznyelők vagy utánsüllyedéses töbrök. Nem mélyülnek inkább feltöltődnek.

Összefoglalás

A kitakaródás mértéke szerint a depressziók lehetnek nagy-, közepes és kismértékben exhumálódók, továbbá nem exhumálódók. Az exhumálódás mértéke a karszt üregegyesedtségének a mértékétől függ.

Az Aggteleki-karszt különböző részein az eróziós (vagy ilyené fejlődő) barlangok mérete elsősorban attól függ, hogy az eróziót okozó kavicselborítás milyen mértékben fejlődött ki és mennyire tartósan maradt meg. A Galyaság, illetve az Aggteleki-fennsík nagy barlangjainak létrejötté két okra vezethető vissza. Az első, hogy felszínük É-i irányba dől, így innen a vízfolyások a fedetlen karszt irányába haladhattak (víznyelőképződés). A második ok, hogy az oldódásos depressziókban felhalmozódott kavicsanyag a felszíni lepusztulástól megkímélődött, illetve a felszínen nem szállíthatott, hanem a zárt mélyedésekből csak a karsztba halmozódhatott. Ezáltal a karszt patakos barlangjai (elsősorban a Baradla–Domica) eróziós fejlődése tartósan fennmaradhatott. A barlangfejlődés és a depressziók exhumálódási folyamatai egymást erősítették. A depressziók kavics vagy kavicsos üledékei tették lehetővé a barlangok erózióját (így intenzív növekedését), ami nagy barlangméretek kialakulását eredményezte. Ez viszont lehetővé tette, hogy a depressziókból a kavics a barlangokba szállítható, ami a barlangméret további növekedéséhez vezetett.

A két folyamat (eróziós barlangnövekedés és a depressziók anyagának elszállítás) akkor gyengítik egymást, amikor a depressziók kavicsanyaga elfogy és a finomabb szemcséjű anyag szállítása kezdődik el, vagy ilyen kitöltésű depressziók kapcsolódnak rá a patakos barlangokra. Ekkor eróziós növekedésük lefékeződik, s megkezdődik feltöltődésük.

Az eróziós barlangok mérete a karszton az oldódásos depressziók méretétől, alakja a területükön létrejött vízgyűjtő fejlődésétől függ. Nagyobb oldódásos depresszióban nagyobb vízgyűjtő, így szélesebb eróziós barlang alakulhatott ki. Ha exhumálódásuk során az oldódásos depressziókban a vízgyűjtő, következőképp a vízhozam növekedett, a barlangfolyosók háromszög vagy trapéz keresztmetszetűekké formálódtak. A vízgyűjtő

terület akkor növekedhetett, ha az oldódásos depressziók környezete is fedett volt, ezáltal azok vízfolyásainak vízgyűjtőjét nem korlátozta a depresszió pereme.

VERESS MÁRTON

NYME-SEK Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely

vmarton@ttk.nyme.hu

IRODALOM

- ANDRUSOV, D.–BORZA, K.–MARTINY, E.–POSPICH, A. 1958: O prövode a dobe vzniku tzv. terra rossy južného a stredného Slovensko. – *Geologický Sborník*, 9. 1. pp. 27–36.
- BALÁZS D. 1971: A barlangi meander képződése. – *Karszt és Barlang*, II. pp. 75–80.
- BALÁZS D. 1994: A csepegő kövek igézetében. – a Szerző kiadása, Érd. 124 p.
- BOCIC, N.–FAIVRE, S.–KOVACIC, M.–HORVATINCIC, N. 2012: Cave development under the influence of Pleistocene glaciation in the Dinarides – an example from Štirovača Ice Cave (Velebit Mt., Croatia). – *Zeitschrift für Geomorphologie*, Vol. 56. 4. pp. 409–433.
- CSÁSZÁR, G. (szerk.) 1997: Lithostratigraphical units of Hungary. – MÁFI Kiadvány, Budapest. 114 p.
- GAÁL, L. 2008: Geodinamika a vývoj jaskýň Slovenského krasu. – Liptovský Mikuláš. 166 p.
- GAÁL L. 2014: A földtani fejlődés áttekintése. – In: GRUBER P.–GAÁL L. (szerk.): A Baradla–Domica-barlangrendszer. – Aggteleki Nemzeti Park, Jósvalfő. pp. 19–30.
- GRUBER P.–GAÁL L.–BALÁZS I.–MÁTRAHALMI T.–SERFŐZŐ A.–AMBRUS M. 2015: Geofizikai vizsgálatok a Haragistya–Szilice–Borzova karszterületén. – *Karsztfejlődés*, XX. pp. 81–90.
- GVOZDETSKIY, N. A. 1965: Types of karst in the U.S.S.R. – *Separatum Problems of the Speleological Research*, Prague. pp. 47–54.
- GYALOG L. (szerk.) 1996: A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása. – MÁFI kiadvány, Budapest. 71 p.
- GYURICZA GY.–SÁSDI L. 2009: A Baradla-barlangrendszer kialakulásának kérdései a tágabb környezet földtani fejlődésének tükrében. – *Földtani Közöny*, 139. 1. pp. 83–92.
- HAZSLINSZKY T. 1965: Az északborsodi Alsóhegy karsztjának néhány hidrológiai kérdése. – *Hidrológiai Közöny*, 6. pp. 259–266.
- HEVESI A. 1986: Hideg vizek létrehozta karsztok osztályozása. – *Földrajzi Értesítő*, 35. pp. 231–254.
- IFJ. SÜMEGI GY.–ID. SÜMEGI GY.–VARGA B. 2012: Töbör csoportok sajátos vonásai a Jósvalfői-fennsíkban. – *Karsztfejlődés*, XVII. pp. 165–178.
- JAKÁL, J. 1975: Kras Šilicej Planiny. – *Vydavatelstvo osveta*. 144 p.
- JAKUCS L. 1964: Geomorfológiai problémák az Észak-Borsodi-karsztvidéken. – *Borsodi Földrajzi Évkönyv*, 5. pp. 12–23.
- JAKUCS L. 1971: A karsztok morfogenetikája. – *Akadémia Kiadó*, Budapest. 310 p.
- JAKUCS L. 1977: A magyarországi karsztok fejlődéstörténeti típusai. – *Karszt és Barlang*, I–II. pp. 1–16.
- KEVEINÉ BÁRÁNY I.–KISS M.–NELIS S. 2015: Néhány további adat a hazai karszt dolinák aszimmetriájának kialakulásához. – *Karsztfejlődés*, XX. pp. 125–144.
- LÁNG S. 1955: Geomorfológiai tanulmányok az Aggteleki-karszton. – *Földrajzi Értesítő*, 4. 1. pp. 1–17.
- LÁNG S. 1971: A hazai karsztok és környékük lepusztulásának egyes kérdései. – *Karszt és Barlang*, I. pp. 1–4.
- LESS GY. 1998: Földtani felépítés. – In: BOROSS G. (szerk.): *Az Aggteleki Nemzeti Park*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 26–66.
- MÓGA J. 1999: Vannak-e poljék a Gömör–Tornai karszton? – *Karsztfejlődés*, III. pp. 125–138.
- MÓGA J. 2001: A szerkezet és kőzetfelépítés szerepe a Szilicei-fennsík karsztos felszínformáinak kialakításában. – *Karsztfejlődés*, VI. pp. 143–159.
- PIROS O.–GYURICZA GY. 1986: A Baradla-barlang eróziós genetikai vizsgálata. – *NME Közleményei*, I. sorozat. *Bányászat*, 33. 1–4 pp. 47–55.
- SÁSDI L. 1990: Az Aggtelek–Rudabányai-hegység karsztjának földtani fejlődéstörténete. – *Karszt és Barlang*, I. pp. 3–8.
- STEFANOVITS P. 1976: *Talajtan*. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 380 p.
- TELBISZ T.–MÓGA J. 2005: Töbör-morfometriai vizsgálatok a Szilicei-fennsík középső részén. – *Karsztfejlődés*, X. pp. 245–265.
- TELBISZ T.–ÁDÁM E. 2011: A Felső-hegy, a Mészkö-tető, a Barkai- és a Szádelői-fennsík domborzati és töbör-morfometriai elemzése térinformatikai eszközökkel. – *Karsztfejlődés*, XVI. pp. 87–102.

- VASS D.–ELEČKO, J.–HORSKÁ, A.–PETRIK, F.–BARKAČ, Z.–MELLO, J.–VOZÁROVÁ, A.–RADO CZ, GY.–DUBÉCI B. 1994: Základné črty geológie turnianskej depresie. – Geologické Práce, Správy 99. Bratislava: Štud's pp. 7–22.
- VERESS, M. 2009: Investigation of covered karst form development using geophysical measurements. – Zeitschrift für Geomorphology, 53. 4. pp. 469–486.
- VERESS M. 2012: Fedőüledékes depressziók típusai és kialakulásuk. – Földrajzi Közlemények, 136. 1. pp. 2–21.
- VERESS M. 2014: Az Aggteleki-karszt karsztos zónái. – ANP Füzetek, XI. pp. 27–43.
- VERESS, M 2016: Covered Karst. – Springer, Berlin, Heidelberg, New York. 536 p. DOI 10.1007/978-94-017-7518-2
- VERESS, M.–LÓCZY, D. 2015: Depressions of Superficial Deposit. – In: VERESS B.–SZIGETHY J. (eds): Horizons in Earth Science Research, 13. Nova, New York. pp. 37–64.
- WILLIAMS, P. W. 2004: Dolines. – In: GUNN, J. (ed.): Encyclopedia of Caves and Karst Science. – Fitzoy Dearborn, New York, London. pp. 304–310.
- ZÁMBÓ L. 1970: A vöröstasyagok és a felszíni karsztosodás kapcsolata az Aggteleki-karszt délnyugati részén. – Földrajzi Közlemények, 18. 4. pp. 281–293.
- ZÁMBÓ L. 1998: Felszínalaktani jellemzés. – In: BOROSS G. (szerk.): Az Aggteleki Nemzeti Park. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 70–96.