

TALAJ ALATTI KARRFORMÁK

ZSENI ANIKÓ

Széchenyi István Egyetem, Környezetmérnöki Tanszék
9026 Győr, Egyetem tér 1. zseniani@sze.hu

Abstract: Grouping of subsoil karren forms is not easy, as similar forms have been given different names by different people. The researchers' approach to classification is also different (genetic, descriptive or mixed classifications) and this has influenced their terminology. There is a tendency for gradations to occur both in the nature of the forms and in their sizes and orientations - different people have put the boundaries at different points along those continua. Also, it has not helped that the original terminology evolved in Europe before the tropical karren were well described. The different languages (and translations) also increase the confusion. Despite of the above mentioned difficulties, a classification of subsoil karren has been created (mostly based on Bögli's classification, with some variations and additions). The main subject of this paper is the describing of the subsoil karren forms. The remnant subsoil forms inherited and transformed after soil removal also have been discussed briefly.

1. Bevezetés

Napjainkig sokan írták már le az egyes karrformákat, és közülük többen csoportosították is őket, különböző szempontok alapján. A karrformák első osztályozása, amely alapul szolgált a legtöbb későbbi kutató számára, és amely már a talaj alatti karrokat is tárgyalja, Böglitől származik (BÖGLI 1951, 1960). Csoportosítása alapján szabad karrok a „Rillen-”, „Tritt-”, „Rinnen-”, „Meander-”, „Wand-” és „Kluftkarren”-ek; félig szabad karrok a „Kamenitza”, „Korrosionskehlen” és „Hohlkarren”; fedett karrok pedig a „kavernösen Karren”, „geologische Orgeln” és „Rundkarren”. Bögli csoportosítását és a karrok általa megfogalmazott német nevét a legtöbb utána következő karsztkutató átvette. Idővel azonban igen sok egyéb elnevezés is napvilágot látott, és néhány szerző Bögli eredeti értelmezésétől eltérően használta ill. fordította az eredeti német kifejezéseket.

A tanulmány korlátozott terjedelme nem teszi lehetővé a többi, a karrok csoportosításával ill. a talaj alatti karrokkal foglalkozó kutató ill. az általa használt szakkifejezések bemutatását, ezért - a teljesség igénye nélkül - hivatkozom rájuk (BAUER 1962, TRIMMEL 1965, JENNINGS 1971, 1985, SWEETING 1972, GAMS 1973, WILLIAMS 1983, FORD - LUNDBERG 1987, FORD - WILLIAMS 1989, BALÁZS 1990 a, b, GINÉS 1995, 1996 a, SLABE 1999, VERESS 2003).

A nemzetközi szakirodalomban nemcsak a talaj alatti karrformák osztályozásáról, hanem a mészkőfelszínt borító talajokról is igen sok infor-

máció áll rendelkezésünkre. Ezek többnyire a talajborítás szerepét értékelik a mészkő formakincsének kialakításában (JAKUCS 1956, BÖGLI 1951, 1960, PIGOTT 1962, 1970, WILLIAMS 1966, SWEETING 1966, 1972, JAKUCS 1971, 1980, JENNINGS 1971, TRUDGILL 1975, 1985, 1986, JAKUCS - KEVEINÉ BÁRÁNY - MEZŐSI 1983, FORD - LUNDBERG 1987, TRUDGILL - INKPEN 1993, GINÉS 1995, URUSHIBARA-YOSHINO *et al.* 1999).

Talajborítás alatt a mészkő oldódása jóval intenzívebb, mint a szubaerikus formák esetében. A talaj alatti oldódás esetében ugyanis nem csupán a levegőből kioldott szén-dioxid savasítja a vizet, hanem a talajban élő mikroorganizmusok milliárdjai is, CO₂ felszabadítás révén. Üledékek és talajok alatt a kőzet felszínét számos irányból éri az oldó hatás, így sima, lekerekített formák alakulnak ki. A talaj egyes tulajdonságainak (elsősorban a kémhatás és a szénsavas mész tartalom) meghatározó szerepét a talaj alatti karsztos formakincs kialakításában jómagam is több alkalommal bemutattam (ZSENI 1999, 2002 a, b, ZSENI - KEVEINÉ BÁRÁNY 2000, ZSENI - GOLDIE - BÁRÁNY-KEVEI 2003).

Minthogy igen sok karsztos térszín jelenleg vagy a fejlődéstörténete során valamikor fedett karszt volt, így feltételezhetjük, hogy a Földön előforduló karrok jelentős része eredetileg talajborítás alatt alakult ki, fejlődött ill. alakult át.

2. Talaj alatti karrformák

A talaj alatti karrformák csoportosítása nem könnyű feladat, mivel az egyes szerzők számos, gyakorlatilag ugyanolyan karrformát különböző nevekkal illettek. A karrok osztályozásának alapja lehet genetikai, morfológiai vagy vegyes is. A csoportosítás módja természetesen a karrok nevezéktanára is hatott. Számos karrforma lényegében ugyanúgy alakul ki, de a fejlődésükre ható eltérő körülmények hatására a karrosodás különböző méreteket ölthet. A különböző szerzők pedig különböző méreteknél húzták meg a határokat ezen kontinuumok mentén.

A nevezéktan egységesítését ugyancsak hátráltatta, hogy az eredeti karros nevezéktan már a változatos formakincsű trópusi karrok részletesebb megismerését és leírását megelőzően kialakult Európában. A különböző nyelvek és fordítások tovább növelték a nevezéktan kuszaságát.

A fenti nehézségek ellenére megkíséreltük csoportokba rendezni a talaj alatti karrokat. Az *I. táblázat* ad áttekintést az egyes csoportokról és a csoportokba tartozó karrokról. Feltüntettem a hasonló formákat és a használt szinonimákat is.

I. táblázat
Table I.

A talaj alatti karrok csoportosítása
Classification of subsoil karren

1. Szabálytalan talaj alatti formák	2. Vertikális talaj/kőzet határfelületen kiala- kult horizontális bemélyedések	3. Kürtökarrok	4. Lineáris talaj alatti csatornák	5. Kúpok és hasa- dékok
1.1. üreges karrok variációk: gyökérr	2.1. talaj alatti (szubkután) horizontá- lis bemélyedések variációk: kis szubkut. hor. bemélyedés (fülkés karr), nagy szubkut. hor. bemélyedés	3.1. oldási mélyedés 3.2. és 3.3. karr-kürtők	4.1. lekerekített karrok variációk: lenyesett oldási csa- torna, kis szubkut. csatorna, nagy szubkut. csatorna 4.2. túlfolyási formák variációk: (talaj táplálta) falikarr, (talaj táplálta) meanderkarr	variációk: talaj alatti kúpkar, talaj alatti hasa- dék, fe- dett/talaj alatti bogaz, blokkos romfor- mák
1.2. talaj alatti (szubkután) kagylós karr	2.2. talaj alatti (szubkután) félharang- szerű formák			

(A „szubkután” és a „talaj alatti” jelzőket alkalmaztam azon formák esetében, amelyek nem csak talaj alatt alakulhatnak ki, és így a jelző megkülönböztetésül szolgál számukra. Bár a két fogalom nem azonosan egyenlő - a szubkután tágabb értelmű -, mégis, ahogy az angol nyelvű szakirodalmak, úgy mi is szinonimaként használjuk azokat.) Az egyes formák magyar nyelvű elnevezése során a - talaj alatti karrok tekintetében sajnos igen csekély számban publikált - hazai tanulmányokat és a frissen megjelent angol-magyar geomorfológiai szótárt (SEBE *et al* 2004) tekintettük irányadónak, ahol pedig nem találtunk megfelelő, alkalmazott kifejezést, ott saját javaslat-tal éltünk. Az egyes karrformák részletes bemutatásakor a használt angol kifejezés közlésével is segítettük a tájékozódást.

2.1. Szabálytalan talaj alatti formák (irregular subsoil sculpturing, kavernösen Karren (BÖGLI 1960))

2.1.1. Üreges karrok (cavernous karren)

Az üreges karrok a mészkövet szabálytalanul átjáró, átfúró, egymásba kapcsolódó üregek, járatok (BÖGLI 1960, 1980). A mészkő szivacszerű üreg-labirintushoz hasonlít. Az üregek átmérője néhány cm-től több mint 1 méterig változhat. (Az üreges mállás azonban nem mindig a talaj alatti oldódás eredménye!) Az ilyen típusú formákra a különböző szerzők által használt

kifejezések között számos átfedés van, és némely kifejezést nem csak mészkőön kialakult formakincs esetében használják. A leggyakoribb angol elnevezések: honeycomb (méhek lépsejtjeihez hasonló kisebb-nagyobb mélyedések, amelyek azonban létrejöhetnek pl. sókristály-növekedéses aprózódás, szélmarás, esőcseppek eróziója stb. által is), boneyard, cavernous weathering (üreges mállás), cavernous karren (üreges karrok), root-karren (gyökérkarrok). Ezek mindegyike mély, szabálytalan alakú „lyuk” a mészkőben, amelyet a mészkővel érintkező átnedvesedett anyag (általában talaj) hoz létre, a gyökerekhez és más lokalizált vízbeszivárgáshoz csatlakozó biológiai és kémiai oldó hatások koncentrálódásával (1. kép).

Az apró üreges mállásnál nagyobb léptékűek a talaj alatti üreges karrok (subsoil cavernous karren, GAMS 1973). Ezek a kör-keresztmetszetű üregek mindenféle irányban átlukasztják a mészkövet. Kialakulásuk többnyire a közetréseket és repedéseket követi.

SLABE (1999) „*subcutaneuos tubes*”-nak nevezte az üledékkel vagy talajjal kitöltött kicsi, szabálytalan alakú karsztos üregeket. Főként erősen repedezett kőzetekben alakulnak ki: a kezdetben igen apró repedéseket kitöltő talajborítás által megnövelt oldó hatás szélesíti őket. Fejlődésükben a növényzetnek is fontos szerepe lehet. A kisebbek 1-10 cm átmérőjűek, a nagyobbak 1 m átmérőjűek is lehetnek.

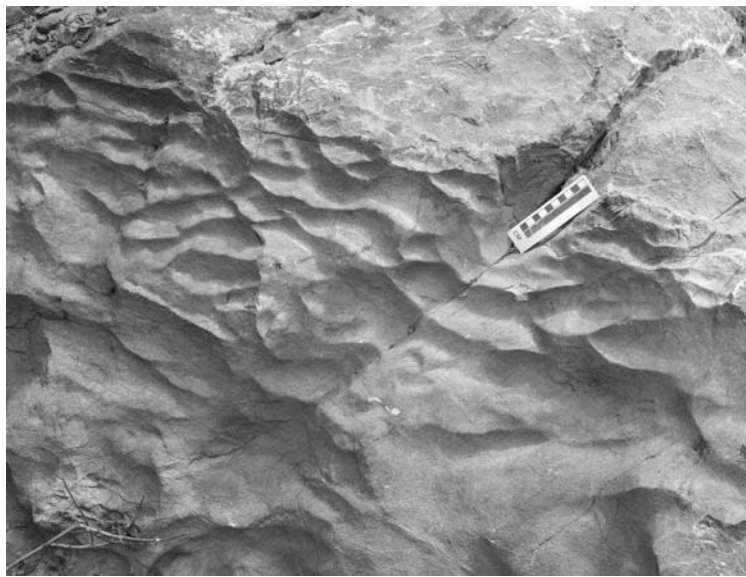


1. kép: Szabálytalan talaj alatti formák. Hutton Roof Crags mészkőjárdás terület, Anglia, UK. (Fotó: H. S. Goldie)
Picture 1.: Irregular subsoil sculpturing. Hutton Roof Crags limestone pavement area, England, UK. (Photo by H. S. Goldie)

A gyökérkarrok a gyökerek környezetében megnövekedett oldó hatás következtében alakulnak ki. A talaj baktériumpopulációja sűrűbb a gyökerek körül, és az ezek által termelt szén-dioxid, valamint a gyökerek által kiválasztott különböző szerves savak hatására a kőzet repedéseibe benyomuló gyökérzet idővel a kezdeti kis réseket tágas, többnyire kerek vagy ovális keresztmetszetű, kanyargós csatornákká bővíti (JAKUCS 1971, 1980).

2.1.2. Talaj alatti (szubkután) kagylós karr (subsoil/subcutaneous scallops, SEBE et al. 2004 fordításában: oldásos bemélyedés)

A szubkután kagylós karrok (SLABE 1999) kagyló ill. fodor-szerű formák. Hullámhosszuk 15-50 cm, sekélyek, de a felső részükön többnyire mélyebbek (2. kép). A talaj alatti eredet miatt felszínük sima. Túlhajló, talajjal vagy üledékkel körülvett sziklafelületeken, repedések mentén a talajjal kitöltött résekből alakulnak ki. Előfordulásuk általában tömeges.



2. kép: Talaj alatti (szubkután) kagylós karr, talaj alól feltárva. Chillagoe, ÉK Queensland, Ausztrália (10 cm-es skála) (Fotó: K. G. Grimes)

Picture 2.: Subsoil scallops exposed in an excavation. Chillagoe, northeast Queensland, Australia (10 cm scale bar). (Photo by K. G. Grimes)

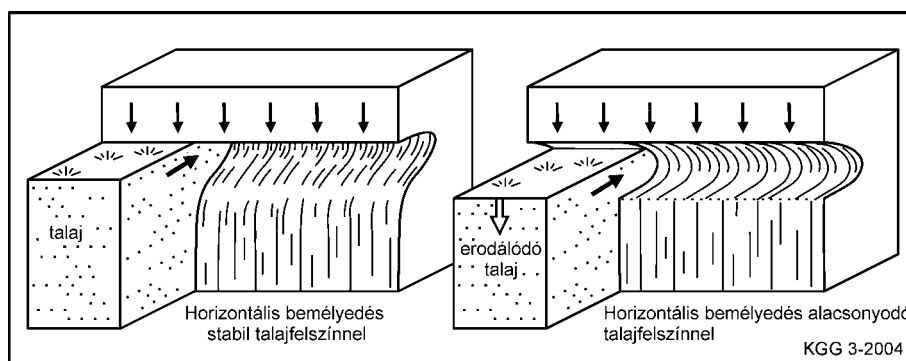
SLABE (1999) szerint a szubkután kagylós karrok a kőzet és a permeábilis talaj vagy üledék érintkezési területén jönnek létre, ahol a talajon való átszivárgással egyidejűleg az érintkezési felületen is lefolyik a víz.

Ugyancsak gyakori talaj alatti formák a hullámos felszínek (smooth undulating surfaces). Hullámhosszuk a szubkután kagylós karrokénál nagyobb és szabálytalanabb. Jellegzetes mintázatot adnak a hasadékok, repedések, oldási csatornák falának.

2.2. Vertikális talaj/kőzet határfelületen kialakult horizontális bemélyedések (Korrosionskehlen, BÖGLI 1960)

2.2.1. Talaj alatti (szubkután) horizontális bemélyedések (subsoil/subcutaneous notches)

Ezek a formák ott alakulhatnak ki, ahol a talaj nem vízszintesen borítja a mészkövet, hanem a kőzet és a talaj egymás mellett található, és egy függőleges vagy közel függőleges határvonal mentén érintkezik egymással. A talaj alatti horizontális bemélyedések a mészkő és a talaj határfelületén jönnek létre (1. ábra). Akkor alakulhatnak ki, ha több víz folyik el/le a talaj-kőzet (függőleges!) érintkezési felületén, mint amennyi rögtön el tud szivárogni a talajba: a mészkő oldódása jóval gyorsabb és erősebb ezen az érintkezési felületen. A víz eróziós hatása következtében a talajfelszín fokozatosan le is alacsonyodhat (1. ábra jobb oldali kép), így a korábban talajjal kitöltött horizontális bemélyedés vagy egy része a felszínre is kerülhet.



1. ábra: Talaj alatti (szubkután) horizontális bemélyedés. A tömör nyíl a víz folyását, az üres nyíl a talajfelszín süllyedését jelzi. (GRIMES, K.G. 2004 alapján)

Fig. 1.: Subsoil notches. Solid arrows indicate water flow, open arrow indicates a dropping soil surface. (based on GRIMES, K.G. 2004)

A kis szubkután horizontális bemélyedések (SLABE 1999) félkör alakú, 10-20 cm átmérőjű vízszintes csatornák. Felső szélük élesebb, szabdaltabb, az alsó rész viszont sima, lekerekített. A nagy szubkután horizontá-

lis bemélyedések (SLABE 1999) átmérője 1 m vagy több, magasságuk az 1 m-t is elérheti.

A szubkután horizontális bemélyedések először kisebbek, félkör keresztmetszetűek, majd a talaj vagy üledékréteg szintjének lassú lealacsonyodásával válnak egyre nagyobbakká. A szubkután horizontális bemélyedések alsó részei az erőteljesebb és hosszabb ideig tartó oldó hatás miatt lenyesettek, simák és lekerekítettek. A felső rész félkör alakban ereszkedik le a bemélyedés alja felé, és minthogy a csapadékvíz oldó hatása általában átformálja, a felületén élesebb formák figyelhetők meg.

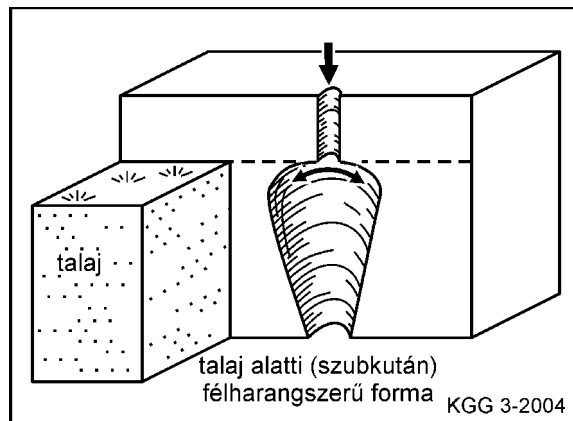
A Gams által használt fülkés karr (subsoil niche) (GAMS 1971, 1973) valószínűleg megfeleltethető Slabe kis szubkután horizontális bemélyedésének. A talaj alatti fülkés karr egy vízszintes fülke, beugrás a mészkőben, amelynek a szélessége (magassága) általában többszöröse a mélységének (a kőzetbe való bemélyedésének). Mélysége általában kevesebb 10 cm-nél. Rétegzetlen vagy vastagpados mészkőben alakul ki. Keresztmetszete szabálytalan: függőleges falakon nyitottabb és félkör keresztmetszetű, lejtős falakon azonban inkább vájatszerű. A korábban agyagos ill. vályogos üledékekkel kitöltött barlangokban hasonló formákkal találkozhatunk.

Feltétlenül meg kell jegyeznünk, hogy az itt leírt formák eltérnek a tengerparti abrázios fülkéktől ill. azoktól a bemélyedésektől, amelyeket a vízszintesen települt üledékrétegekben a kevésbé ellenálló, jobban oldható üledékrétegek erőteljesebb oldódása hoz létre: ez utóbbiak keskenyebbek és a magasságukhoz képest viszonylag mélyen benyúlnak a kőzetbe.

2.2.2. Talaj alatti (szubkután) félharangszerű formák (subsoil/ subcutaneous half-bells)

A szubkután félharangszerű formák (SLABE 1999) olyan függőleges, talaj-kitöltéssel nem rendelkező (szubaerikus) aknák alatt alakulnak ki, amelyeken keresztül nagy mennyiségű víz érkezik az alatta elhelyezkedő üledékhez ill. talajhoz (2. ábra). Akárcsak a szubkután horizontális bemélyedések, a szubkután félharangszerű formák is akkor alakulnak ki, ha több víz áramlik a mészkő-talaj érintkezési felületéhez, mint amennyi rögtön be tud szívárogni a talajba: az érintkezési felületen igen intenzív oldódás lép fel. Formájuk és méretük a talajhoz érkező víz mennyiségétől és oldóképességétől, a talaj-mészkő érintkezési felület vízáteresztő képességétől és a talajszint-csökkenés mértékétől függ.

A talaj alól csak nemrég kitakarózott szubkután félharangszerű formák falába szabálytalan lefutású kis méretű lekerekített karrok (Rundkarren) mélyülhetnek.

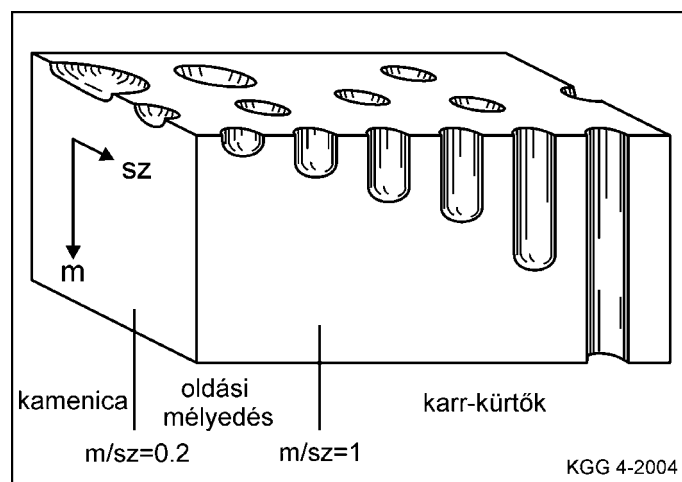


2. ábra: Talaj alatti (szubkután) félharangszerű formák. (GRIMES, K.G. 2004 alapján)
Fig. 2.: Subsoil half-bells. (based on GRIMES, K.G. 2004)

2.3. Kürtőkarrok (pit, well, shaft/pipe) (geologischen Orgeln, BÖGLI 1960)

A kürtőkarrok kialakulásukat tekintve igen hasonlóak. Az angol nevezéktanban az ebbe a csoportba sorolt formák a következők: „pit”, „well”, „shaft” és „pipe”. Az egyes formák közötti határvonal meghúzásához a formák mélységének és szélességének hányadosát használtuk (m/sz) (3. ábra).

Az oldási mélyedések (pit) sekély gödrök, üregek, amelyeknél az $m/sz \leq 1$ (azaz szélesebbek a mélységüknél). Az $m/sz > 1$ esetében az angol nyelv 3 formát is megkülönböztet: „karren well”, „shaft” és „pipe”. Mindhárom függőleges üreg, de a mélység/szélesség hányados a „karren well” esetében kisebb, mint a másik kettőnél. Azaz a „shaft” és „pipe” (szinonimaként használjuk az angolban e két kifejezést) a „karren well”-nél mélyebb függőleges üreg. A magyar nyelvben nincs külön szavunk az ennyire finom megkülönböztetésekre, ezért javasoljuk, hogy azoknál a formáknál, ahol $m/sz > 1$, használjuk a karr-kürtő kifejezést. Az általunk használt m/sz séma szerint a nem talajborítás alatt létrejött kamenicák (pan) esetében m/sz igen kicsi ($\ll 1$). Vízszintes és ferde futású kürtőkarrok esetében az angolban a „tube” kifejezést javasoljuk használni.



3. ábra: A kamenica, az oldási mélyedés és a karr-kürtő közti megkülönböztetés, a mélység/szélesség hányados alapján. (GRIMES, K.G. 2004 alapján)
 Fig. 3.: Distinction between pan (kamenica), pit (oldási mélyedés), well and shaft or pipe (karr-kürtők), based on depth to width ratio (m/sz). (based on GRIMES, K.G. 2004)

2.3.1. Oldási mélyedés (solution pit)

A talaj alatti oldási mélyedés sekély, kör, félkör, ovális, szögletes vagy szabálytalan alaprajzú karrforma, lekerekített szélekkel és kerekded vagy mélységgel csúcsosodó, kúpszerűen végződő aljjal (3. ábra). (Ellentétben a kamenicákkal (pan), amely kopár karr, nem talajborítás alatt jön létre, és egyenes alja van!) A kisebb oldási mélyedések átmérője 1-5 cm, a nagyobbaké 1 m körüli is lehet (miközben az $m/sz \leq 1$). FORD - WILLIAMS szerint (1989) talajborítás nélküli és talajborítás alatti felszínen is kialakulhatnak. SLABE (1999) a „subcutaneous recesses” kifejezést használja a kürtőkarrokra, köztük az oldási mélyedésekre is.

Az oldási mélyedések kialakulása a talaj alatt a kőzet kicsiny bemélyedéseiben kezdődik el, és a talajon keresztülszivárgó víz oldó hatása nagyobbítja meg őket. Az erőteljes mikrobiális tevékenység is fontos szerepet játszik a mélyülésben. Egyesek kőzetrések, valamint a könnyebben oldható mészszipap- és kalciterek mentén mélyülnek be a kőzetbe, mások a kőzet elsődleges kis porózus üregei csoportosulásánál.

Az oldási mélyedésből gyakran indulnak ki lekerekített karrok (Rundkarren). A kezdeti oldási mélyedésből sok szubkután forma alakulhat ki, és igen sok átmeneti forma létezik. Egyenes felszínen a lekerekített oldási mélyedés a talajborítás megszűnte után kamenicává (pan) alakulhat át. GAMS (1973) fedett oldási kamenicának (covered solution pan) nevezi a talajborítás megszűntét követően állandóan vízzel kitöltött mélyedéseket. A

nagyobb átmérőjű oldási mélyedésből függőleges, talajjal kitöltött karr-kürtők vagy szabálytalan talaj alatti formák is kialakulhatnak.

2.3.2. és 2.3.3. *Karr-kürtők* (karren wells, karren shafts/solution pipe)

A karr-kürtők (*FORD - WILLIAMS* 1989) függőleges vagy ferde üregekként nyúlnak be a kőzetbe (3. ábra). Alakjuk függőleges, hengeres (kör, elliptikus keresztmetszet) vagy tölcsérszerű. Függőleges oldási folyamatok hatására alakulnak ki. Az erőteljes függőleges oldódást a mikroorganizmusok nagy mértékű feldúsulása, a lefelé irányuló vízmozgás, a mészkő könnyebben oldható kristályosodási formáinak jelenléte (mésziszap) egyaránt okozhatják. Lefelé irányuló vízmozgás létrejöhet a törésvonalak kereszteződésénél, meredek dőlésű réteglapoknál, vagy ahol a porózus mészkőben lefelé mozgó víz lokálisan, egy koncentrált függőleges útvonalon tud haladni. Kialakulásuk kalciterekhez, repedésekhez, réteglapokhoz is köthető, de kifejlődhetnek oldási mélyedésekből és kamenicákból is, ahol a korábbi forma alja réteghatárt metsz. Általában talajjal, agyaggal, vályoggal, homokkal, kavics-, ill. kötőmelékkel vannak kitöltve. A „nyitott” karr-kürtő a korábbi kitöltő üledék elvesztéséről tanúskodik. Bányák fala gyakran tárja fel ezeket. Ha a kitöltő üledék allochton, akkor a karr-kürtő (mint kőzetforma) fosszilis. Formájuk igen komplex és változatos lehet, ha mély, időszakosan vízzel telített talajborítás alatt, dominánsan epikarsztos feltételek között fejlődnek. Porózus mészkőben gyakrabban fordulnak elő.

2.4. *Lineáris talaj alatti csatornák* (Rundkarren és Hohlkarren, *BÖGLI* 1960)

2.4.1. *Lekerekített karrok* (Rundkarren)

A lekerekített karrok talaj, növényzet, moha, humusz, növényi hulladék stb. alatt kialakult oldási csatornák (*SWEETING* 1972, *FORD - LUNDBERG* 1987, *FORD - WILLIAMS* 1989). Keresztmetszetük kerekded, felszínük sima (3. kép). Kialakulásukban és morfológiájukban hasonlítanak a barázdakarrokhoz (Rinnenkarren): a kezdetben lepelszerűen lefolyó víz lineáris lefolyássá alakul, és a folyás irányában, az alsóbb szakaszokon széleseedik és mélyül a karr (Horton-típusú lefolyás). (A barázdakarr azonban szubaerikus körülmények között, fedetlen sziklafelszíneken alakul ki!) A lekerekített karrok a legtöbb karbonátos kőzeten kialakulhatnak, de leginkább a homogén és a közepes-finomszemcsés karbonátos kőzetekben jellemzőek.

A lekerekített karrok szélessége 2-50 cm, mélységük elérheti, sőt meghaladhatja az 50 cm-t. Hosszuk néhány cm-től egészen 10 m vagy több is lehet. Méretük általában összefügg a talajborítás idejével: minél hosszabb ideig tart a talajborítás, annál mélyebb a lekerekített karr. De a talaj alatti oldási folyamatok erőssége is meghatározó tényező.

Meredekebb lejtőkön általában párhuzamos lefutásúak, enyhe lejtésű ill. egyenes felszínen a futási irányukat általában a fő törések mentén meg-lévő kisebb oldási mélyedések határozzák meg: gyakran középpont irányába hasadékkarrokba, kürtőkarrokba torkollanak.

SLABE (1999) a függőleges (néhol vízszintes vagy ferde), változatos méretű, általában félkör keresztmetszetű oldási csatornákra a szubkután csatorna (subcutaneous channel) kifejezést használja. Ezek ott alakulnak ki, ahol a víz a kőzet és az azt fedő, a kőzet repedéseit kitöltő talaj (vagy üledék) érintkezési felületén folyik le. A csatornák méretét és alakját a talaj vízáteresztő képessége, az érintkezési felületen lefolyó víz mennyisége és a kőzet tulajdonságai határozzák meg.



3. kép: Talajborítását elvesztett lekerekített karr. Great Asby Scar mészkőjárdás terület, Anglia, UK (Fotó: H. S. Goldie)

Picture 3.: Exposed rundkarren. Great Asby Scar limestone pavement area, England, UK. (Photo by H. S. Goldie)

SLABE (1999) méretük szerint elkülöníti a nagy és kis szubkután csatornákat. A nagy szubkután csatornák akkor alakulnak ki, amikor folyamatosan nagyobb mennyiségű víz áramlik a kőzet/talaj határfelületen. Ezek átmérője 20-100 cm vagy több is lehet, szélességük a futásvonaluk mentén

változhat. A kis szubkután csatornák átmérője 5-20 cm, szélességük általában a teljes hosszuk mentén végig ugyanakkora, vagy pedig kiszélesedik a más csatornákkal való találkozáskor. A Slabe-féle kis szubkután csatornák a tipikus lekerekített karroknak felelnek meg. Ezek csatorna-hálózatokat alkothatnak, különböző szögben átszabdalthatják a függőleges vagy lejtős sziklafelszínt, és kanyaroghatnak is. Minél kevésbé vízáteresztő a kőzet/talaj határfelület, annál kanyargósabb csatornák alakulnak ki. A legkanyargósabbban futó csatornák átmérője általában csupán 1-5 cm. A nagyobb csatornák falain kialakulhatnak kisebb csatornák. A függőleges szubkután csatornák igen gyakoriak a köerdőkben.

A lenyesett oldási csatorna (undercut solution runnel: *JENNINGS* 1971, vagy Hohlkarren: *BÖGLI* 1960, *SWEETING* 1972) a lekerekített karrok egy változata: savanyú tözeg vagy humuszborítás alatt kifejlődő lekerekített karr. A lekerekített karrokhoz hasonlóan lekerekítettek, felületük sima, de általában szélesebb árokkal és gerinccel rendelkeznek, és az oldalfaluk jobban aláágott. Mélységük 60 cm-1 m, szélességük kb. 50 cm, hosszuk pedig több méter is lehet.

2.4.2. Túlfolási formák (decantation or overspill forms)

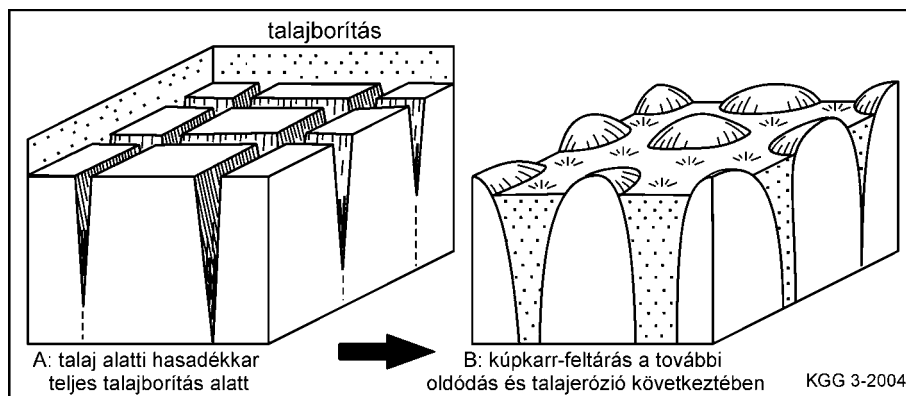
A túlfolási formák osztályozását *FORD - LUNDBERG* (1987) végezte el. A korábbi osztályozások félig szabad ill. részben fedett alakzatai tartoznak ide (*BÖGLI* 1960, *SWEETING* 1972, *JENNINGS* 1971).

Többnyire kopár ill. részben fedett mészkőfelszíneken jönnek létre, de kialakulásuk talajhoz (is) kötött, ezért röviden tárgyalom őket. Az ebbe a csoportba tartozó formák közös tulajdonsága, hogy a mészkő oldószeréül szolgáló víz egy, a forma felett elhelyezkedő (túlfoló) tárolóból csurog le a csupasz sziklán. Ez a tároló lehet a lejtő tetején elhelyezkedő sziklamélyedésben visszamaradt talaj, moha, humuszréteg, hó stb., ahonnan a víz kicsurogva létrehozza az oldási formákat. Meredek lejtőkön falikarrok (soil-fed Wandkarren), enyhébb lejtőkön meanderkarrok (soil-fed Meanderkarren) alakulnak ki (*FORD - WILLIAMS* 1989). Mivel a lejtőn lefolyó víz máshonnan nem kap további savanyú kémhatású, oldóképes vízutánpótlást, ezért a tárolóhelytől (a forrástól) távolodva a csatornák mérete csökken. A karrok mérete a víz mennyiségével és oldóképességgel van összefüggésben. Szélességük és mélységük általában 1-10 cm, hosszuk akár 10 m is lehet. Mint-hogy kopár felszíneken alakulnak ki, azért a kopár karrok éles, sarkított fel-színe jellemzi őket is.

2.5. Kúpok és hasadékok (pinnacles, cutters, covered bogaz)

A kúpkarrok (pinnacles) maradvány formák. Mély és savanyú talaj vagy igen hosszú ideig tartó talajborítás alatt a hasadékkarrok (grike, Kluftkarren) jelentősen kiszélesedhetnek és mélyülhetnek. A talajborítás alatt elhelyezkedő, felszínhez közel szélesebb, lefelé fokozatosan szűkülő hasadékokat talaj alatti hasadékkarnak (cutter, észak-amerikai kifejezés) nevezzük (4. ábra, 4. kép). A talaj alatti hasadékok szélesedésével egyidejűleg a visszamaradt mészkőblokkok (clint) teteje folyamatosan visszavágódik a mészkőblokk tetején és a hasadék oldalán lejátszódó oldási tevékenység hatására. Az így létrejött talaj alatti kúpok, oldalukon oldási csatornákkal, a kúpkarrok (pinnacle) (FORD - LUNDBERG 1987, FORD - WILLIAMS 1989, 4. ábra). Legjobban a vastagpados mészkővekben fejlődnek.

A kúpszerű alak miatti erőteljes talajerózió következtében a kúpkarrok teteje gyakran a felszínre kerül (4. ábra). Talajborításukat elvesztve a kúpkarr felületén található kerekded oldási csatornák szubaerikus formákká alakulnak át, élesek, durva felületűek lesznek. A kúpkarrok magassága több méter is lehet. Minthogy kialakulásukhoz sok idő kell, ezért a nedves trópusi területeken gyakoriak, de a jégkorszaki jégborítást szenvedett területeken ritkák. A legismertebb kúpkarrok a kínai Yunnan körvidékében találhatók.



4. ábra: Talaj alatti hasadékkar és kúpkarr kialakulása a talaj alatti függőleges repedések folyamatos nagynyomódásával. (GRIMES, K.G. 2004 alapján)

Fig 4.: Cutters and pinnacles form by progressive subsoil enlargement of vertical joints (A: cutters under complete soil cover, B: exposure of pinnacle after further solution and soil erosion). (based on GRIMES, K.G. 2004)



4. kép: Márványbányában feltárt talaj alatti hasadékkar. Wombeyan, Ausztrália (Fotó: K. G. Grimes)
 Picture 4.: Cutters exposed in a marble quarry at Wombeyan, Australia. (Photo by K. G. Grimes)

A „bogaz” a hasadékkarok egy fajtája: a hasadékkaroknál szélesebb, mélyebb, komplex hálózatot alkotó folyosók. A fedett bogaz (vagy talaj alatti bogaz (GAMS 1973)), folyosó-szerű képződmény, amely a kőzetrések, repedések, hasadékok, törészónák mentén, azok szélesedésével alakul ki. Szélessége 2-4 m, mélysége 5 méter is lehet. Masszív ill. vastagpados mészkövekben gyakoriak. A talajborítás elvesztését követően a fedett bogaz szubaerikus formává alakul át.

A blokkos romformákat (Ruinform) először PERNA-SAURO (1978) írta le. Ezek olyan területek, ahol az igen mély és széles hasadékkarok elvesztették talajborításukat, de a visszamaradt mészkőblokkok nem csúcsosodtak kúpkarrokká, hanem megmaradtak blokkos formában: mintha romos toronyházak blokkjai lennének.

3. A talaj alatti karrformák átalakulása a talajborítás elvesztését követően

A talaj alatt létrejött karok a talajborítás elvesztése után ki vannak téve a szubaerikus (szabad-felszíni) oldódásnak: a különféle mechanikai és biológiai mállás (esővíz, algák, gombák stb.) következtében formájuk, felületük átalakul. Az eredetileg sima felszín éles, durva, rücskös, csipkézett lesz. A Föld számos karsztos tája keresztülesett a talajtakaró elvesztésén vagy a talajborítás és növénytakaró minőségi/mennyiségi megváltozásán az idők

folyamán. Előfordulhat az ellentétes folyamat is: a csupasz mészkőfelszínen megtelepül a növényzet és talajtakaró alakul ki, vagy - a jégkorszaki jég által borított területeken - glaciális üledéktakarót kap a mészkő és meglévő formakincse. Nagyon sok karr esetében a fedett és a szubaerikus fejlődés időszakai váltogatták egymást, ami a karrok vegyes eredetét és formakincsét okozta. A szubaerikus és a talaj alatti formák éles elkülönítése emiatt gyakran igen nehéz, esetleg lehetetlen feladat.

GINÉS (1995) két-fokozatú karr-fejlődés modelljében feltételezi a növénytakaró és talajborítás alatt a talaj alatti karrformák intenzív növekedését. *JAKUCS* (1971) elképzelésén alapuló modelljében nagy jelentőséget tulajdonít a talajtakaró elvesztésének. A talajborítás megszűnte után a korábbi talaj alatti formák elkezdenek átalakulni, átformálódni a szubaerikus, megváltozott körülmények között. A talajborítás elvesztése általában valamilyen ökológia krízis (pl. éghajlatváltozás) és/vagy antropogén hatás következménye: erdőirtás, a művelési ág megváltoztatása stb. Ginés 2-fokozatú modelljét a legtöbb mérsékelt és trópusi övezetben kialakult karros felszínre alkalmazni lehet.

Ha a mészkövet borító talaj kémhatása semleges, enyhén lúgos, és a rajta keresztülszivárgó víz oldó hatása gyenge, akkor a talajborítás megszűnte után visszamaradt mészkőfelszín sima, egyenletes, a talaj alatti karrok kezdetlegesek vagy teljesen hiányoznak. A csupasz felszínen mikrokarrak, rovátkakarrak (*Rillenkarr*), *kamenicák* (*solution pan*), saroknyomkarrok (*Trittkarren*), illetve más kopár karrformák jelennek meg. Az ilyen felszíneken végzett morfometriai vizsgálatok (pl. a rovátkakarrak mélységének, szélességének, hosszának a vizsgálata) felhasználhatók a talajerózió vagy erdőirtás történeti idejének meghatározására, a korabeli környezet rekonstruálására (*GINES* 1996 b).

Ha a mészkőfelszínt borító talaj savas kémhatású volt, és intenzív talaj alatti oldódás ment végbe, akkor a talajtakaró elvesztése után nagy mennyiségben kerülnek elő a különféle talaj alatti karrformák. A szubaerikus, kopár viszonyok következtében átalakulásuk hamar elkezdődik. Példaként *SWEETING* (1972) az angliai Hutton Roof Crag mészkőjárdaínak oldási csatornáit hozza fel. Ezek a csatornák szűkek, szélük lekerekített, a lejtés irányával mélyülnek: kinézetük alapján mintha igen sűrűn egymás mellett elhelyezkedő, túlmélyített karrbarázdák (*Rinnenkarr*) lennének. Valójában azonban eredetileg talajborítás alatt kifejlődött lekerekített karrok (*Rundkarren*), amelyek a talajtakaró elvesztése után formálódtak át.

A talajtakaró elvesztését követő átalakulás másik igen látványos példáját a köerdők kúpkarjain figyelhetjük meg. Az oszlopok alsó részén a lekerekített talaj alatti formák dominálnak, de az oszlop teteje felé haladva

ezek fokozatosan egyre látványosabban átformált, durva, rücskös, egyenetlen felszínű alakzatokká formálódnak, mivel hosszabb ideje vannak kitéve a csapadékvíz oldó hatásának.

4. Összefoglalás

A tanulmányunkban a nemzetközi és hazai kutatók szakmai értékelésére alapozva ismertettük a talajborítás alatt kialakult karrokat, és röviden elemeztük a talajborítás elvesztését követő lehetséges átalakulásukat. A tanulmányban megfogalmazott nehézségek ellenére megkíséreltünk egy egységes magyar nevezéktanra is javaslatot tenni. A talaj alatti karrokat lényegében Bögli klasszikus csoportosítása alapján (BÖGLI 1960) rendszereztük 5 fő csoportba, annyi különbséggel, hogy az általa is leírt lekerekített karrokat (Rundkarren és Hohlkarren) egy nagyobb halmaz részeként - lineáris talaj alatti csatornák - értelmeztük, és az általa még nem leírt (hiszen főleg a trópusi területeken előforduló) talaj alatti hasadékkarrok és kúpkarrok számára is alkalmaztunk egy fő csoportot:

1. szabálytalan talaj alatti formák (=kavernösen Karren);
2. vertikális talaj/kőzet határfelületen kialakult horizontális bemélyedések (=Korrosionskehlen);
3. kürtőkarrok (=geologischen Orgeln);
4. lineáris talaj alatti csatornák (=Rund- és Hohlkarren + túlfolyási formák);
5. kúpok és hasadékok.

A tanulmányt vitaindítónak és gondolatébresztőnek szántuk, ezért kérjük véleményüket a fenti formák értelmezésével kapcsolatban!

IRODALOM

- BALÁZS D. (1990 a): A karsztológiában és szpeleológiában használt fontosabb idegen szakkifejezések szótára. - Karszt és Barlang, 1990. évf. II. füzet, Budapest, p. 127-136.
- BALÁZS D. (1990 b): Karrformák - karregyüttesek. - Karszt és Barlang, 1990. évf. II. füzet, Budapest, p. 117-122.
- BAUER, F. (1962): Nacheiszeitliche Karstformen in den österreichischen Kalkhochalpen. - Actes du Deuxième Congrès International de Spéléologie, Bari-Lecce-Salerno, Tome I, p. 299-328.
- BÖGLI, A (1951): Probleme der Karrenbildung. - Geographica Helvetica, H. 3, Zürich, p. 191-204.

- BÖGLI, A. (1960): Kalklösung und Karrenbildung. - Zeitschrift für Geomorphologie, Suppl. 2, Berlin, pp. 4-21. (an English translation by E. Werner was published in Cave Geology, 1(1), p. 3-28, 1975)
- BÖGLI, A. (1980): Karst Hydrology and Physical Speleology. - Springer - Verlag, Berlin, P 282 (an English translation, by J.C. Schmid, of the German text published in 1978)
- FORD, D. – LUNDBERG, J. (1987): A review of dissolutional rills in limestone and other soluble rocks. – Catena Supplement 8, p. 119-140.
- FORD, D. - WILLIAMS, P. (1989): Karst geomorphology and hydrology. - Published by Chapman & Hall, London, P601
- GAMS, I. (1971): Podtalne kraške oblike (Subsoil karst forms). - Geografski vestnik XLIII, Ljubljana
- GAMS, I. (1973): Forms of subsoil karst. - Proceedings of the 6th International Congress of Speleology (Olomouc) II, Academia Praha, p. 169-179.
- GINÉS, A. (1995): Deforestation and karren development in Majorca Spain. - Acta Universitas Szegediensis, Acta Geographica, Tom. XXXIV, Szeged, p. 25-32.
- GINÉS, A. (1996 a): An environmental approach to the typology of karren landforms assemblages in a Mediterranean mid-mountain karst: the Serra de Tramuntana, Mallorca, Spain. - In: Karren Landforms (ed.: Fornos, J. J. - Ginés, A.), Universitat de les Balears, Palma de Mallorca, p. 163-176.
- GINÉS, A. (1996 b): Quantitative data as a base for the morphometrical definition of rillenkarren features found on limestones. - In: Karren Landforms (ed.: Fornos, J.J. - Ginés, A.), Palma de Mallorca, Universitat de les Illes Balears
- JAKUCS L. (1971): A karsztok morfogenetikája. A karsztfejlődés variációi. - Akadémiai Kiadó, Budapest, P310
- JAKUCS L. (1980): A karszt biológiai produktum! – Földrajzi Közlemények 28. (104.) kötet, 4. szám, p. 331-344.
- JAKUCS L. - KEVEINÉ BÁRÁNY I. - MEZŐSI G. (1983): A karsztkorrózió korszerű értelmezése. - Földrajzi Közlemények 31. (107.) 3-4. füzet, p. 213-217.
- JAKUCS P. (1956): Karrosodás és növényzet. - Földrajzi Közlemények 3. p. 241-249.
- JENNINGS, J. N. (1971): Karst. - Cambridge, Mass, The MIT Press, P252
- JENNINGS, J. N. (1985): Karst Geomorphology. - Basil Blackwell Ltd., Oxford, P293
- PERNA, G. - SAURO, U. (1978): Atlante delle microforme di dissoluzione carsica superficiale del Trentino e del Veneto. - Trento, Museo Tridentino

- PIGOTT, C. D.* (1962): Soil formation and development on the carboniferous limestone of Derbyshire. I. Parent materials. - *Journal Ecol.* Vol. 50, p. 145-156.
- PIGOTT, C. D.* (1970): Soil formation and development on the carboniferous limestone of Derbyshire. II. The relation of soil development to vegetation on the plateau near Coombs Dale. - *Journal Ecol.* Vol. 58, p. 528-541.
- SEBE K. - KOVÁCS J. - TÓTH G. - CSISZÁR CS.* (2004): Angol-magyar geomorfológiai szótár. – (szerk. Sebe K.), Pécs-Szombathely, P 236
- SLABE, T.* (1999): Subcutaneous rock forms. - *Acta Carsologica*, 28/2, Ljubljana, p. 255-271.
- SWEETING, M. M.* (1966): The weathering of limestones (with particular reference to the Carboniferous limestones of Northern England). - In: *Essays in Geomorphology* (editor: G.H. Dury), Heinemann, London, p. 177-210
- SWEETING, M. M.* (1972): Karst landforms. - MacMillan Press Ltd, London, P362
- TRIMMEL, H.* (editor) (1965): *Speläologisches Fachwörterbuch*. - Landesverein für Höhlenkunde in Wien und Niederösterreich, Wien. p. 55-57.
- TRUDGILL, S. T.* (1975): Measurements of erosional weight-loss of rock tablets. - *British Geographical Research Group, Technical Bulletin 17*, Norwich, p. 13-19.
- TRUDGILL, S. T.* (1985): Limestone geomorphology. - *Geomorphology Texts 8.* (ed.: K. M. Clayton), Longman, p. 53-70.
- TRUDGILL, S.* (1986): Limestone weathering under a soil cover and the evolution of limestone pavements, Malham District, north Yorkshire, UK. – Ch. 24 in: *New Directions in Karst* (ed.: Paterson, K. - Sweeting, M.M.), Norwich, Geobooks, p. 561-471.
- TRUDGILL, S. T. - INKPEN, R.* (1993): Impact of Acid Rain on Karst Environments. - *Catena Supplement 25*, Cremlingen, p. 199-218.
- URUSHIBARA-YOSHINO, K.* and Research Group of Solution Rates in Japan (1999): Interannual variation of limestone solution rates in Japan. - *Essays in the ecology and conservation of karst* (ed.: I. Bárány-Kevei - J. Gunn), Special Issue of *Acta Geographica Szegediensis*, *Acta Geographica Tomus XXXVI*, Szeged, p. 201-211.
- VERESS M.* (2003): A karrok I-II. - Akadémiai doktori értekezés, Szombathely, P 365
- WILLIAMS, P. W.* (1966): Limestone pavements with special reference to Western Ireland. In: *Transactions of the British geographers No. 40.*, p. 155-172.

- WILLIAMS, P. W.* (1983). The role of the subcutaneous zone in the karst hydrology. - *Journal of Hydrology* 61., p. 45-67.
- ZSENI, A.* (1999): A talaj szerepe a mészkőjárdák kialakulásában. - CD, A táj és az ember - geográfus szemmel. Geográfus Doktoranduszok IV. Országos Konferenciája, Szeged, Internet: <http://phd.ini.hu>
- ZSENI A. – KEVEINÉ BÁRÁNY I.* (2000): Nagy-Britannia mészkőjárdái és a talaj hatása azok fejlődésében. – *Karsztfejlődés V.*, BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, p. 181-194.
- ZSENI, A.* (2002 a): The role of soil cover in the evolution of karrenfelds. - In: *Carsologica: Evolution of karst: from prekarst to cessation* (ed. F. Gabrovsek), Postojna-Ljubljana, p. 299-306.
- ZSENI A.* (2002 b): Karmezők talajainak vizsgálata magyarországi és angol területeken. - *Karsztfejlődés VII.*, BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, p. 281-295.
- ZSENI, A – GOLDIE, H – BÁRÁNY-KEVEI, I.* (2003): Limestone pavements in Great Britain and the role of soil cover in their evolution. - *Acta Carsologica* 32/1, Ljubljana. p. 57-67.