

KARROS LEJTŐFEJLŐDÉS A TRIGLAV ÉSZAKI ELŐTERÉBEN

VERESS MÁRON – ZENTAI ZOLTÁN

Berzsenyi Dániel Főiskola Természetföldrajzi Tanszék
9700 Szombathely, Károlyi Gáspár tér 4. vmarton@bdtf.hu, zzoltan@bdtf.hu

Abstract: We investigated the karrenification of the slopes of one glacier valley, which occur under the north wall of the Triglav (Julian Alps). There are rinnen and meandering runnels and microkarren on these slopes, which can have different development stage. The karrenification of the slopes started before 50-100 years ago when the glacier went back. The karrenification happened under the snow and the phenomena is in different phases. There are microkarren and young rinnen on the embryonal karrenified slopes (marks I., IV., V.) on the young karrenified slopes (marks II., III.). Rinnens meandering runnels and microkarren occur. Mikrokarren can create an independent zone on the upper part of these slopes. The karrenification of the slopes started with the development of mikro-grikes at laminar current. The sheet-water flows turbulent under the snow because of the development of the mikro-grike. Therefore other microkarren develop (scallops, embryonal trittkarren) on the slopes too. The mikro-grike parish. Later the sheet-water separates into gibbons partly. Then young rinnen develop (embryonal development phase). The rinnen can transport faster and faster the water of the slopes because of their increase in size. The sheet-water can stay only locally on the ridges between the rinnens. The sheet water becomes thinner on the upper part of the slope too because of the quick water discharge. Therefore the water can not flow on the slope, but it infiltrates. Mikro-grike will develop again on these places. The melting of the snow will be fast on the ridges between the rinnens. Therefore rillenkarren develop too on these places.

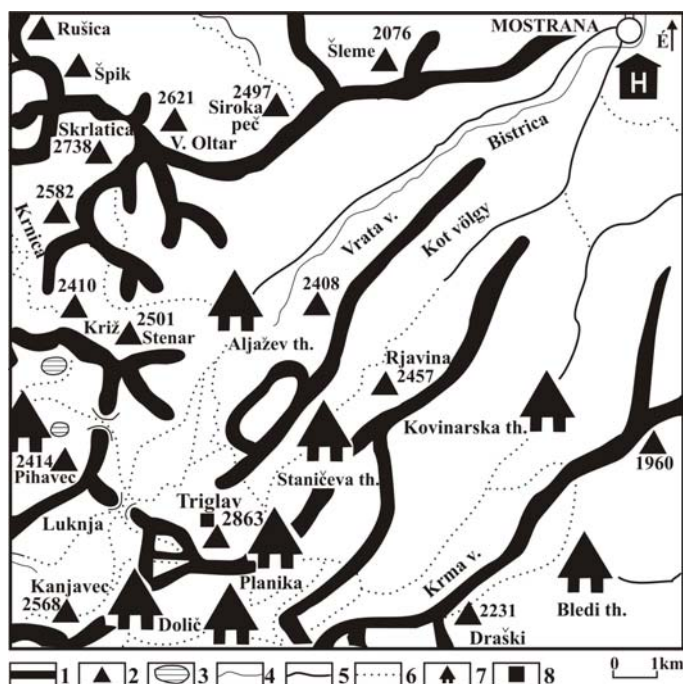
1. A kutatási terület

A vizsgált lejtők a Triglavtól É-ra elhelyezkedő gleccservölgy talpán helyezkednek el 2200-2300 m magasságok között. A völgy, amely a Vrata-völgy függő mellékvölgye, dachsteini mészkőben képződött. Egykori tápláló területe nem különül el élesen a fogyasztó területétől. Előzőt részben a Triglav lejtői határolják. Utóbbihoz ÉK felől a Kot-völgy kár-völgy része kapcsolódik (*1. ábra*).

A gleccservölgy talpa tagolt: a sziklamedencék talpán számos akna (zsomboly), vagy aknajellegű forma fordul elő. Ez utóbbiak környezetében és a lejtők tövéénél jelentős mennyiségben borítja a felszínt moréna, továbbá fagyaprózódásos törmelék. A sziklamedencéket lecsiszolt háta (lépcsők), báránysziklák különítik el egymástól. Ez utóbbiakat réteglépcsők tagolják. A vizsgált lejtőrészletek (továbbiakban lejtők) a réteglépcsők többnyire É-nak dőlő réteglapjai. Kiterjedésük nem számottevő, mindössze néhány m mind dőlés-, mind csapásirányban.

Az É-ra nyitott völgyben a hó hosszú ideig (kb. novembertől június végéig) megmarad, vastagsága a 4 m-t is megközelíti (*GAMS 2002*). Természetesen nyáron is (július eleje és november között) akár többször is kaphat

hóelborítást. A hó a réteglapokon igen lassan olvadhat, miután a sziklafalakkal határolt felszínrészletek némelyike - szeptemberi megfigyeléseink szerint - csak 10-16 óra között kap besugárzást. A sziklalejtőkre azonban csapadékvíz is kerülhet. Nyári hónapokban gyakran keletkeznek zivatarok. Az ilyenkor lehullott csapadék mennyisége igen számottevő lehet.



1. ábra: A kutatási terület helye a Júliai-Alpokban

Jelmagyarázat: 1. gerinc, 2. csúcs, 3. tó, 4. patak, 5. út, 6. turistaút, 7. turistaház, 8. kutatási terület

Fig 1: The place of there research area in the Julian Alps

Legend: 1. ridge, 2. peak, 3. lake, 4. brook, 5. road, 6. hiker's track, 7. alpine hut, 8. research area

Annak a térszínnek a jégelborítása, ahol a vizsgált lejtők előfordulnak a GAMS (2002) által közölt térképek és képek figyelembevételével kb. 50 éve szűnhetett meg. Ezért a felszínnek karrosodása – ha ez a folyamat csak jégmentes felszínen megy végbe – igen fiatal.

2. A lejtők karrformái

a. Karrok

A gleccser által formált réteglépcsős felszínnek főbb karrformáit a 2. ábrán mutatjuk be. A Triglav alatti gleccservölgyben karrok csak kis kiterjedésű

7b. Mikrokarrok

Az újabb karros irodalomban elkülönítenek a fentebb leírt, nagyobb méretű karros formák mellett ún. mikrokarrokat. A mikrokarros formák legalább egy nagyságrenddel kisebbek „normál” megfelelőiknél. A mikrokarrok méretének felső határa néhány cm, míg az alsó mindössze néhány mikrométer. Az alsó mérettartományba tartozók csak elektronmikroszkóppal tanulmányozhatók (FORD-WILLIAMS 1989). Mészkről mikrorilleket, mikrokürtöket, mikromadáritatókat, mikromeandereket (FORD-LUNDBERG 1987, MACALUSO-SAURO 1996, SMITH *et al.* 1996, FORD-WILLIAMS 1989) is leírtak már. A mikrokarros térszín a phytokarszt is. Ez utóbbi felszíneket algák által létrehozott mikrokürtök jellemzik (FOLK *et al.* 1973). Mikrokarrok nem csak mészkövön jönnek létre. Így MACALUSO-SAURO (1996) kősóról ill. gipszről krátereket (15-20 mm-es átmérőjűek), mikrokúpokat, mikrorilleket (néhány mm-es szélességűek), mikrorinneket (a rilleknél kissé szélesebbek) mikromeandereket (a meanderöv szélessége néhány mm-től 1 cm-ig terjedhet), mikrofodrokat és mikrosaroknyomokat ír le.

A vizsgált lejtők főbb mikrokarriai közt említhetők a mikrohasadékok, a mikrokúpok és a mikrosaroknyomok (saroknyom kezdemények). A mikrohasadékok hosszanti kiterjedése legfeljebb néhány cm, szélessége és mélysége gyakran legfeljebb néhány mm (*l. kép*). Méretük olyan kicsi is lehet, hogy felismerésük, ill. elhatárolásuk más formáktól néha nem könnyű. Sűrűségük igen nagy, ezért megjelenésük szinte folytonosnak tekinthető. Két egymásra merőleges irányba rendeződnek. A mikrosaroknyomnak nemcsak a mérete kisebb a tipikus saroknyomoknál (talpuk átmérője néhány cm, sarkuk magassága néhány mm), hanem morfológiájuk is eltér azoktól. Így a sarok és a talp egymással bezárt szöge kicsi, a talp dőlése viszonylag nagy. A kagylók átmérője cm-nél is kisebb. Nagy sűrűségük miatt többnyire egymásba kapcsolódnak, miáltal közöttük alacsonyabb, éles gerincek (mikrogerincek) és 1 cm-nél kisebb magasságú mikrokúpok fordulhatnak elő. Ez utóbbiak az eredeti térszín maradványai. Bár ez a kagylóméret a karros felszíneken nem ritkaság, a tipikus barlangi kagylókéthoz messze elmarad, mert azok a hosszanti átmérője több centiméter, vagy deciméter (SLABE 1995). Jellemző ez utóbbiakra a megnyúltság, egyeseknél a nyitottság, továbbá, hogy a szomszédos formákat gerincek különítik el egymástól. Ezzel szemben a vizsgált lejtők kagylói nem megnyúltak, de lefolyástalanok.



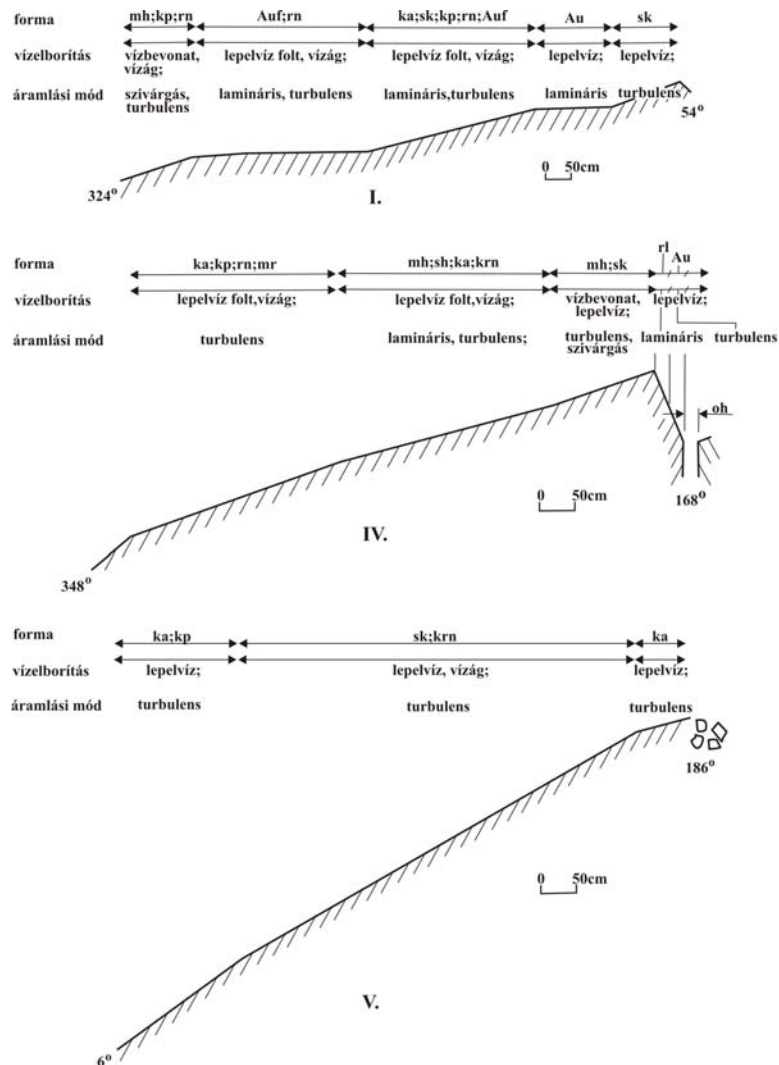
1. kép: Mikrohasadékok
Picture 1: Microgrikes

A mikroformák a lejtő mentén csapás irányba elkülönülve néhány méteres szélességű zónákat alkotnak. Egy-egy zóna gyakran morfológiailag egynemű, homogén (területén csak egy-egy mikroforma van), míg más zónák heterogének (a zóna területén két, vagy ennél több mikrokarr fajta is előfordul). A zónák a lejtő csapásirányába kiékelődhetnek, ill. a rinnek és meanderkarrok ezeket kisebb-nagyobb részekre (sávokra, foltokra) is különíthetik.

3. Kutatási módszer

7 db térszínrészlet lejtőinek karros formakincsét minősítettük. Ebből 5 db lejtő mikrokarrs formái különíthető zónákra. (Alább ezek karros fejlődésével foglalkozunk.) Mértük a zónák lejtésirányba eső hosszát, a lejtők szögét, a kőzet töréssűrűségét (3. ábra, 4. ábra, I. táblázat). A vizsgált lejtőrészleteken csapásirányba egy, vagy két szelvény mentén mértük a karrok (nem a mikrokarrokét) irányát, szélességét, mélységét. Ezen adatokat felhasználva megadható a szelvény mentén a karrformák sűrűsége, fajlagos szélessége.

Ez utóbbi a szelvény 1 m-re jutó karrforma össz-szélességének átlaga (VE-RESS et al. 2001).

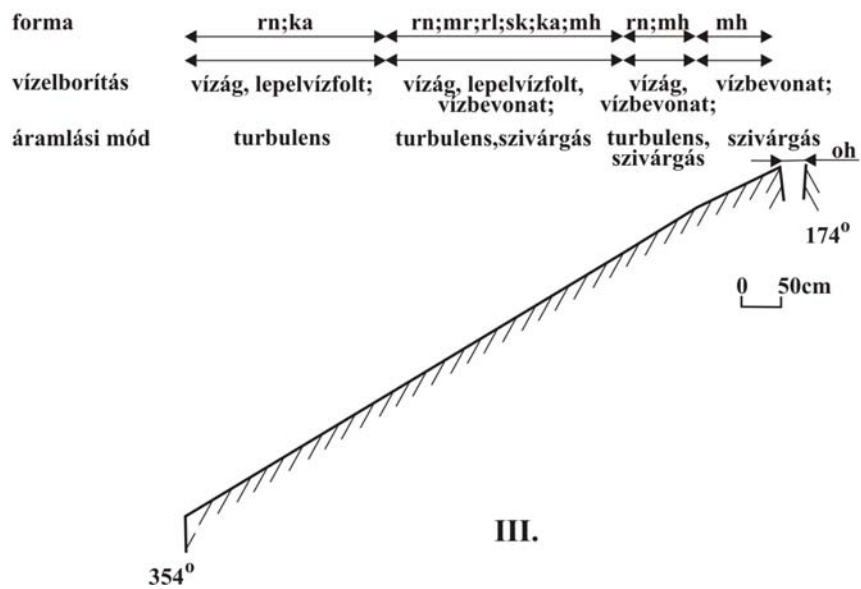
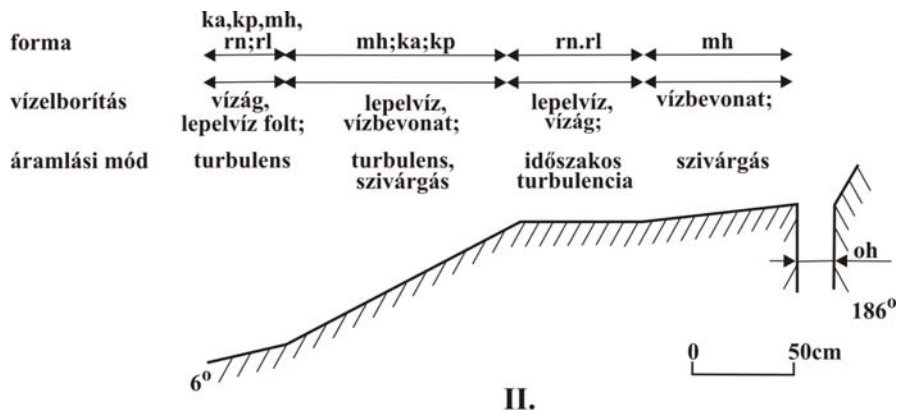


3. ábra: Az embrionális karrosodású lejtők karros formái

Jelmagyarázat: 1. kőzet, 2. törmelék, mh. mikrohasadék, ka. kagyló, kp. mikrokúp, sk. mikrosaroknyom, rl. rillenkar, Au. „Ausgleichsfläche”, Auf. „Ausgleichsfläche” folt, rn. rinnenkar, krn. fiatal rinnen, mr. meanderkar, oh. oldódási hasadék

Fig 3: Karren forms of embryonal karrenified slopes

Legend: 1. rock, 2. debris, mh: micro-grike, ka: scallops, kp: microspitz, sk: mikrotrittkarren, rl.: rillenkarren, Au: 'Ausgleichsfläche', Auf: 'Ausgleichsfläche' 'spot', krn: young rinnen, mr: meandering runnel (Mäanderkarren), oh: grike



4. ábra: A fiatal karrosodású lejtők karros formái

Jelmagyarázat: 1. kőzet, 2. törmelék, mh. mikrohasadék, ka. kagyló, kp. mikrokúp, sk. mikrosaroknyom, rl. rillenkar, Au. „Ausgleichsfläche”, Auf. „Ausgleichsfläche” folt, rn. rinnenkar, krn. fiatal rinnen, mr. meanderkar, oh. oldódási hasadék

Fig. 4. Karren forms of young karrenfificated slopes

Legend: 1. rock, 2. debris, mh: microgrike, ka: scallops, kp: microspitz, sk: microtrittkarren, r.: rillenkarren, Au: 'Ausgleichsfläche', Auf: 'Ausgleichsfläche' 'spot', krn: young rinnen, mr: meandering runnel (Mäanderkarren), oh: grike

I. táblázat
Table I.

A hordozó lejtők és kőzetük néhány jellemzője
Some characteristics of the bearing slopes and their rocks

terület jele	a lejtő			törés	
	dőlésiránya	átlagos dőlésszöge	dőlésszög változása	iránya	sűrűsége [db/dm]
I.	324°	11,4° 10,33°	12°; -13°; 15°; -5° -15°	170-358° (2) 84-264° (2) 86-266° (3)	3,2 6,6 4,8
IV.	78°	18°	5°; -5°	90-270° 66-246°	6,2 2,6
V.	276°	26,7°	-15°; -5°	122-312° 96-276°	4,0 1,6
II.	96°; 120°	12,5°	10°; -30°; 20°	96-276° 150-320°	3,6 3,0
III.	84°; 108°	28,33°	-5°; 0°	96-276° (5) 168-348° (5) 54-234° (6) 168-348° (6)	4,4 3,6 9,0 3,0

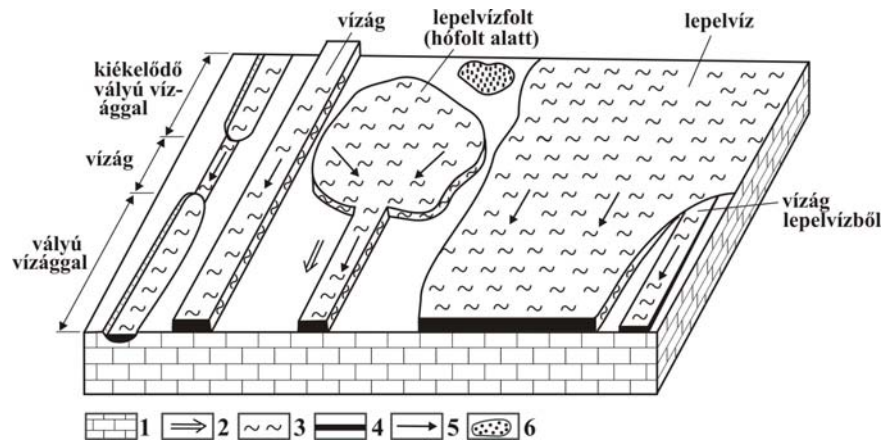
Megjegyzés
() szelvényszám
Note
() marked line

4. Vízáramlás a lejtőkön

A vízáramlás kvantitív és kvalitatív jellemzőivel kapcsolatos megállapításainkat a lejtő karros formakincsének figyelembevételével tettük. Vagyis egyrészt közvetett adatokból indultunk ki, másrészt figyelembe vettük a vízáramlás sajátosságait.

A lejtő vize lehet vízbevonat, vagy lepelvíz és vízág (5. ábra). A lepelvíz és vízág vize a lejtőn elmozdul, áramlik, míg a vízbevonaté nem. A vízbevonat „helyben maradásához” az alábbiak járulhatnak hozzá:

- A beszivárgás intenzitása meghaladja azt a vízmennyiséget, mint amely a lejtőn lefolyhatna.
- A kis vastagságú vízbevonatot a súrlódás vagy a felületi feszültség képes a lejtőn tartani.
- A lejtőt borító hó megakadályozza ill. fékezi a víz elmozdulását (mindaddig amíg kellően ki nem vastagodik).



5. ábra: Vízáramlási típusok a lejtőn
 Jelmagyarázat: 1. mészkő, 2. lejtő dőlésiránya, 3. lejtőn áramló víz, 4. lejtőn áramló víz metszetben, 5. vízáramlás, 6. vízbevonat

Fig 5. Water flow types on the slope
 Legend: 1. limestone, 2. line of the dip of the surface, 3. water current on the slope, 4. water current on the slope (in profil), 5. water flow, 6. water coating

Ezért a vízbevonat vize teljes egészében beszivárog (ha felette hó van), ill. hó hiányában részben elpárolog. A lepelvíz vize egybefüggő, szélessége (amely a lejtő csapásirányába értendő) megegyezhet, sőt meghaladhatja a lejtő dőlésirányába eső hosszát. A lepelvíz előfordulhat a lejtőn folytonos kifejlődésben, vagy foltokban. A vízág szélessége (1-2 dm) nagyságrenddel kisebb lehet, mint a hossza (több m). Mind a lepelvíz, mind a vízág kifejlődhet fedetlen sziklafelszínen, valamint hóval elfedetten is. A vízágak korlátozott utánpótlás, vagy intenzív szél esetén közvetlenül is kialakulhatnak a csapadékból. Kialakulhatnak lepelvízből akkor is, ha a lejtő dőlésszöge megváltozik, vagy a vízvezetés mértéke megnő. (Tudomásunk szerint nem ismeretes, hogy milyen vízhozam csökkenésnél, vagy milyen irányú és mértékű lejtőszög változásnál történhet ez meg.) Fedetlen térszíneken a turbulens áramlás feltétele az oldódásnak és így a karrosodásnak is. A lamináris áramlás turbulenssé alakulása függ az áramlási sebességtől, a lejtőn áramló víz vastagságától, a hordozó felszín morfológiájától. Két olyan vízáramlás közül, amelynek a vízhozama egyenlő és más, a turbulenciát okozó feltételek hasonlóak, annak az áramlása turbulens, amely vízének a vastagsága nagyobb. Továbbá minél érdekesebb, egyenetlenebb a felszín a turbulens áramlás annál nagyobb valószínűséggel bekövetkezik anélkül, hogy a vízvastagság, vagy a sebesség változna (növe).

A sziklafelszínek vízáramlás során képződő karrformái a rillek, a rinnek, a saroknyomok, a meanderkarrok, a kagylók (*FORD-WILLIAMS* 1989), de ide sorolhatók még a falikarrok is. Nem áramlás, hanem vízelszivárgás során képződő formák a (közetszerkezet által irányított) hasadékkarrok, a madáritatók és bizonyos kürtő típusok kürtői. Ez utóbbiak talaj alatt is kialakulhatnak. A vízáramlásos eredetű karrformák lepelvíz, vagy vízág alatt alakulhatnak ki. Azok a karrformák (rillek, saroknyomok, kagylók), amelyek nagy sűrűséggel borítják a felszínt lepelvíz alatt képződnek. (E formák között az eredeti térszínből gerincek, élek, kúpok maradnak meg, vagy a formák összekapcsolódnak.) A felsorolt formákhoz bizonyos képződési környezet is kapcsolható. Így a rillek időszakosan turbulensen áramló víz oldóhatására képződnek. A turbulenciát a csapadék becsapódó cseppjei hozzák létre, ha a lepelvíz vastagsága egy bizonyos értéknél kisebb (*GLEW-FORD* 1980). Ahol a lepelvíz vastagsága nagyobb, a lejtő alsóbb részén turbulencia hiányában oldódás nem történik, vagy csak kis mértékű lesz, a rillek kiékelődnek. Ezért a szegélyhelyzetű rillek alatt oldódásmentes, vagy síkká oldott felszín („*Ausgleichsfläche*”) fejlődik ki. A saroknyomok *BÖGLI* (1976) és *HASERODT* (1965) szerint hó, ill. hófoltok alatt alakulnak ki. Képződésük ugyancsak turbulens áramlás során történik (*VINCENT* 1983).

A kagylók barlangokban *ALLEN* (1972) szerint 1,5-15 cm vízvastagságnál és 28-90 cm/s vízsebességnél képződnek. *SLABE* (1995) szerint örvények hatására, tehát turbulens áramlás során képződnek. Annál kisebb átmérőjűek, minél kisebbek ezen formákat létrehozó örvények. A kisebb örvények viszont nagyobb áramlási sebességnél képződnek. Így pl. *SLABE* (1999) szerint 1 cm átmérőjű kagylók 2,5 m/s vízáramlási sebességnél jönnek létre. Miután a karrfelszíneken 1 cm-nél kisebb kagylók a jellemzőek valószínű, hogy méretük a lejtőn elmozduló folyadék vastagságától is függ. Kisebb vastagságú folyadékban ugyanis mindenképpen kisebb örvény keletkezik, mivel az örvény mérete az áramló folyadék vastagságát nem haladhatja meg. Ezt bizonyítja, pl. hogy a kisméretű (cm-es szélességű) III. típusú vályúk talpa, esésüktől függetlenül, kagylókkal tagolt. Tehát vízáramlásuk turbulens. E vályúkban az áramlási sebesség nem számottevő. Ugyanakkor az áramló vízág vastagsága legfeljebb néhány cm. Nem zárható ki, de nem valószínű, hogy kagylók hóval nem fedett térszíneken is létrejönnek a vizsgált lejtőkön. Főképpen azért nem, mert a kagylók rillekkel együtt csak néhány helyen fordulnak elő. Az együttes előfordulás helyei a rinnek közti háta. Itt a rillek kialakulása az alábbi módon történik. A rinnek bemélyülése miatt a hát lejtője irányukba dőlővé fejlődik. Miután a háta rilljeinek iránya a rinnek irányára merőleges és megegyezik a hát lejtőjének dőlésirá-

nyával előbb a rinn és a hát oldallejtői alakulnak ki, majd ezt követően a rillek. Ez utóbbiak azért alakulhattak ki, mert a háta oldallejtőjén a megnövekedett lejtőszög miatt a hó elolvadása gyorsabb. E felszínrészletek hosszabb időn keresztül hómentesek és így nagyobb eséllyel boríthatók el csapadékvízzel – amikor rillek képződhetnek – mint a lejtők más részei. A kagylók legfeljebb csak e helyeken alakulhatnak ki hómentes felületen, de csak akkor, ha a rillekkel egyidejűleg képződnek. Ez azonban csak akkor lenne lehetséges, ha kagylók a rillek talpait tagolnák. Miután ez nem volt megfigyelhető valószínűbb, hogy a kagylók a rilles felszínrészleteken is már korábban – tehát hóval borítottság mellett – kialakulnak.

A hasadékkarrok és így a mikrohasadékkarrok is az elszivárgó víz törések menti oldóhatásával képződnek. Ezt az irodalmi adatok (WAGNER 1950, FORD-WILLIAMS 1989, TRUDGILL 1985) mellett az alábbiak bizonyítják.

- A talaj alatti karrok kialakulását okozó hidrokarbonátos oldódást (hasadékkarrok, kürtők, rétegfejkarrok) – egybefüggő vízbevonat hiányában – szivárgó vizek okozhatják. (A kürtők és hasadékok törések által preformáltak, míg a rétegfejkarrok réteglapok menti oldódás során létrejövő maradványformák).

- Más vizsgált lejtők hasadékkarrjai a lejtő dőlésirányához képest igen változatos irányúak, pl. akár csapásirányúak is lehetnek és irányuk jó egyezést mutat a kőzet töréseinek irányával. (VERESS *et al.* 2001). Jelen vizsgálatunk tárgyát képező lejtők mikrohasadékai két irányba, a kőzet töréseinek irányába esnek.

- A vizsgált lejtők mikrohasadékai rendre kiékelődnek. A kiékelődés lokális oldásra utal. Ez utóbbi vagy úgy lehetséges, hogy a lejtőn lévő víz nem összefüggő, vagy oldódását úgy fejt ki, hogy ezalatt nem mozdul el.

A mikrohasadékok az alábbi feltételek megléte esetén jöhetnek létre.

- Amikor a hó még vastag és a felmelegedés kicsi, kevés olvadákvíz keletkezik. Emiatt csak vízbevonat képződik a kőzetfelszínen. A hóolvadék áramlását a még meglévő vastag hó is gátolja. A hó által kifejtett nyomás segíti a víznek a kőzetbe szivárgását.

- A lejtőn a lepelvíz olyan mértékben kivékonyodik, hogy vízbevonattá alakul. Ezt okozhatja, hogy a lejtőt fedő hó (és így a hólé) mennyisége is lecsökken, továbbá az, hogy vízágak ill. ezek alatt rinnek képződnek (ld. alább). Ez utóbbiak létrejötte miatt a lepelvízből a vízelvezés sebessége megnő.

- A lepelvíz kivékonyodása miatt az áramlás lamináris lesz. Valószínű, hogy vízelvezetés lamináris, sőt turbulens áramlásnál is végbemegy. Bár a beszivárgás mértéke bizonyára az áramlási sebesség növekedésével csökken.

Turbulens áramlás során, ha létre is jönnek mikrohasadékok, a felszín intenzívebb oldódása miatt megsemmisülnek. Ezért véleményünk szerint mikrohasadékok kialakulása akkor történhet, amikor a víz nem áramlik (vízbevonat) és nem párolog (hó borítja a lejtőt).

A nem folytonos kifejlődésű karrformák (rinnek, meanderkarrok) vízágak alatt jönnek létre.

A lejtők vízáramlási viszonyait az alábbiak jellemzik.

- Ahol saroknyom kezdemények és kagylók fordulnak elő, a lejtőn lepelvíz alakul ki, a lepelvíz turbulensen áramlik.

- A mikrohasadékok zónájában vízbevonatok képződnek, és vízelszivárgás megy végbe.

- A lejtőn a vízáramlás többnyire hó alatt történik. Ezt bizonyítja, hogy csak lokálisan fordulnak elő rillek. Ilyen helyek pl. a délre néző lejtők (3. ábra), valamint a rinnek közti magasabb felszínrészletek a háta. Mint említettük ennek oka, hogy itt a hó előbb elolvad.

- A lejtőn a vízáramlás jellege ugyanazon a helyen rövid időn belül is változhat átalakulhat. Erre utal, hogy a mikrohasadékok (szivárgás) kagylókkal (turbulens áramlás) együtt is előfordulhatnak. Ezt bizonyítja az is, hogy egymás szomszédságában vályúk (vízágak) és mikrokarros formák (lepelvíz ill. szivárgás) fordulhatnak elő.

5. Lejtőfejlődés

A vizsgált lejtők karros formakincsük alapján két csoportba sorolhatók (II. táblázat).

- Az embrionális karrosodású lejtők között említhetők a I, IV. és V. jelűek (2. kép). E lejtőkön fiatal rinnek, továbbá mikrokarrok és sík, karr mentes felszín részletek („Ausgleichsfläche”) fordulnak elő. E lejtők felső szegélyét kagylók, vagy mikrosaroknyomok jellemzik.

- A fejlettebb (fiatal) karrosodású lejtők közé sorolhatók a II. (3. kép) és III. jelűek. Ezen lejtők rinnjei (tipikus rinnek) nagyobbak és sűrűbben fejlődtek ki, nem ékelődnek ki (a lejtő alsó pereme alatt is folytatódnak, vagy lefolyástalanok). A rinnek között meanderkarrok is gyakoriak lehetnek. A rinnek közti hátaokon foltokban rillenkarrok is előfordulhatnak kicsi néhány dm²-es kiterjedésű felszínrészleteken. Ezek a rillek mindig merőlegesek a rinnekre. A lejtők felső részén mikrohasadékok többnyire önálló övet alkotnak.



2. kép: Embryonális karrosodású lejtő (V. jelű)
Picture 2: Embryonal karrenification slope (mark V).



3. kép: Fiatal karrosodású lejtő (II. jelű)
Picture 3: Young karrenification slope (mark II.)

E két csoportba sorolható lejtők kitétségükben mutatnak eltérést. Nincs eltérés viszont a hordozó kőzet szerkezetében (a töréssűrűség közel megegyezik) továbbá a lejtőszögben, vagy a lejtőszög változásának tekintetében sem (*III. táblázat*).

Számos, a jégelborítást már 50-100 évvel korábban elvesztett lejtőt vizsgáltunk a Héttó-völgyben, a Totes Gebirgében és a Dachstein-hegységben (*VERESS et al.* 2001). Ezek közül az itt vizsgált lejtőkkel közel megegyező magasságú lejtők karros formáit a sokféleség, a nagyobb méret, a mikroformák hiánya vagy kisebb elterjedése jellemzi (*III. táblázat*). E lejtőket a továbbiakban érett karrosodású lejtőnek nevezzük. Az érett lejtőkhöz viszonyítva a karrformák sűrűsége és a fajlagos szélessége csak az embrionális karrosodású lejtőkön kisebb, míg a fiatal karrosodást mutató lejtőkön már nem feltétlenül. A vályúk átlagos mélysége a héttó-völgyi vályúk átlagos mélységénél lényegesen kisebb az embrionális karrosodású lejtőkön. A fiatal karrosodású lejtők átlagos vályúmélysége egyes héttó-völgyi vályúk mélységétől már csak kismértékben tér el (*IV. táblázat*).

A vizsgált lejtőkön a karrosodás és a karros lejtőfejlődés még kezdeti stádiumában van és kevésbé intenzív, amelyet az alábbiak bizonyítanak.

- A mikrokarrok nagymértékű (többnyire a lejtők teljes kiterjedésében) elterjedése.
- E lejtők karros formafajtákban szegények, karros formakincsük rinnekre és meanderkarrokra korlátozódik.

A vizsgált lejtők karros fejlődése az alábbi módon történik (*6. ábra*):

- A jégmentessé váló felületeken hó alatt, vagy hómentes felszíneken vízbevonat, vagy lamináris áramlású lepelvíz elszivárgó vizei mikrohasadék karokat hoznak létre (*6. ábra*).
- A mikrohasadékok elősegítik a lepelvíz turbulens áramlását. Erre közvetett bizonyíték lehet, az a már említett irodalmi adat, miszerint az 1 cm-nél kisebb átmérőjű kagylók kialakulása barlangi környezetben 2,5 m/s sebességnél történik (*SLABE* 1999). Ilyen vízáramlási sebesség az általunk vizsgált lejtőkön aligha lehetséges, miután a lejtőszög 30°-nál, a lejtőhossz 5 m-nél kisebb. Ezért a turbulens áramlás létrejöttéhez a felszín egyenetlensége nagymértékben hozzájárul. A lejtőn elmozduló lepelvizet legfeljebb 1 cm vastagságúnak becsüljük. Ezt bizonyíthatja, hogy a kagylók mélysége még az 1 cm-es átmérőjükénél is kisebb. Különböző mikrokarrok fejlődnek ki (saroknyomok, kagylók). A mikrokarrok létrejötte a lejtő felületi lepusztulását eredményezi miáltal ott, ahol kifejlődnek a mikrohasadékok, részben vagy teljesen elpusztulhatnak. Ilyen áramlási viszonyokra akkor lehet számítani, ha sok hólé keletkezik (a hó mennyisége még számottevő, az olvadás intenzív).

II. táblázat
Table II.

A vizsgált lejtők karrformáinak néhány jellemzője
Some characteristics of the karren forms on the researched slopes

terület jele	szelvény jele	magassága [m]	karrforma száma [db]	vályú		meanderkarr		összes		szelvény hossz [m]	karrosodás típusa
				fajlagos leoldódás [cm/m]	sűrűség [db/m]	fajlagos leoldódás [cm/m]	sűrűség [db/m]	fajlagos leoldódás [cm/m]	sűrűség [db/m]		
I	2	2235	6	3,8	0,8	4,8	0,4	8,6	1,2	5,0	E
	3	2235	6	4,46	0,46	3,2	0,23	7,66	0,62	8,75	E
átlag	2; 3	2235	6	4,13	0,63	4,0	0,31	8,13	0,91	6,87	E
IV	7	2255	8	14,51	2,15	-	-	14,51	2,15	3,75	E
V		2210	10	5,12	1,22	-	-	5,12	1,22	8,2	E
átlag (I,IV,V)		-		7,92	1,33	1,83	0,10	9,25	1,43	6,27	-
II	4	2230	19	10,07	1,52	8,14	1,10	18,21	2,62	7,25	F
III	5	2230	8	10,00	0,78	5,0	0,47	15,00	1,25	6,4	F
	6	2230	13	19,33	2,22	12,22	0,89	31,55	3,11	4,5	F
átlag	5; 6	-	12	14,66	1,5	8,61	0,68	23,27	2,18	5,45	-
átlag	II; III.	-	15,5	12,36	1,5	8,37	0,89	20,74	2,4	6,35	F

III.. táblázat

Table III.

Fajlagos szélesség értékek és a karros formák sűrűsége magashegységi mészkőterületeken (falikarrok nélkül)

Specific width and density of karren forms on some high mountains built of limestone (without wandkarren)

szelvény jele	hordozótérzsin			hasadékkarr		rácskarr		kürtőkarr		vályú (rinnen)		madáritató		saroknyom		átlag		szelvény hossz [m]
	magassága [m]	lejtőszöge	karrforma száma [db]	f.sz. [cm/m]	s [db/m]	f.sz. [cm/m]	s [db/m]	f.sz. [cm/m]	s [db/m]	f.sz. [cm/m]	s [db/m]	f.sz. [cm/m]	s [db/m]	f.sz. [cm/m]	s [db/m]	f.sz. [cm/m]	s [db/m]	
H I.2/1999	1695	24°	41	29,76	0,84	-	-	6,88	0,36	5,32	0,44	-	-	-	-	43,28	1,64	25,1
H I.1/1999	1715	26°	36	9,72	0,52	-	-	8,88	0,4	5,4	0,4	3,56	0,12	-	-	27,56	1,48	25,0
H I./3/1999	1695		34	21,94	0,87	-	-	4,5	0,25	11,44	0,25	4,5	0,25	-	-	40,56	2,19	15,7
H II./1/1999	1776	28°	44	6,00	0,56	-	-	6,00	0,32	25,52	2,4	-	-	-	-	37,52	3,28	12,2
H II./2/1999	1776	28°	32	4,07	0,33	-	-	10,13	0,47	16,47	0,86	0,73	0,07	-	-	32,93	2,27	14,7
T. 4/1999	1810	10°	27	2,45	0,16	-	-	2,78	0,08	25,47	1,55	8,00	0,12	5,27	0,29	43,96	2,20	24,5
T 5/1999	1784	15°	44	-	-	-	-	0,8	0,04	31,64	1,64	-	-	27,0	0,08	33,52	1,76	20,3
T 3/1999	1842	20°	15	13,89	1,67	-	-	-	-	13,22	0,67	-	-	-	-	27,11	1,78	9,0
T 2/1999	1842	30°	39	2,08	0,19	-	-	5,33	0,24	15,47	1,04	-	-	3,68	0,38	26,56	1,84	15,1
T 1/1999	1859	31°	27	4,93	0,64	-	-	5,0	0,29	15,64	1,0	-	-	-	-	25,57	1,93	13,8
D-1/1999	1630		35	5,81	0,13	0,81	0,18	0,68	0,04	21,5	1,09	-	-	0,81	0,18	29,63	1,59	20,0
D-2/1999	1820	17°	31	1,85	0,2	-	-	2,75	0,2	20,75	1,15	-	-	-	-	25,35	1,55	20,0
D-3/1999	2051	21°	35	4,44	0,4	-	-	-	-	15,85	0,77	1,29	0,11	-	-	21,58	1,3	20,0
H III.2/1999	2090	4°	16	19,67	0,83	-	-	7,22	0,06	-	-	-	-	-	-	26,89	0,89	18,1
H III.1/1999	2098	8°	20	-	-	-	-	-	-	14,90	0,97	-	-	6,62	0,41	21,52	1,38	14,4
H IV.1/1999	1900-2100*	25°	32	-	-	-	-	4,35	0,15	13,50	1,4	-	-	1,0	0,05	18,85	1,6	

Megjegyzés:

* térképről

f.sz.: fajlagos szélesség

s: sűrűség

H: Héttó-völgy (Szlovénia)

T: Totes Gebirge (Ausztria)

D: Dachstein (Ausztria)

A: Assiágoi-fennsík

- szelvény jelének utolsó száma a felmérés éve

- ugyanazon a karros térszínrészleten lett a szelvény

felvéve, ha a jelének második száma megegyezik

átlagos évi csapadék: Héttó-völgy 1500 mm felett

Totes Gebirge 2000 mm felett

Dachstein 2000 mm felett

Note:

* from map

f.sz.: specific width

s: density

H: Dolina Triglav jezero (Slovenia)

T: Totes Gebirge (Austria)

D: Dachstein (Austria)

A: Assiago-plateau

- the last figure of the line mark is the year of measuring

- the line is at the same place, if the second number of

its mark is the same

mean rain measurement: Dolina Triglav jezero above

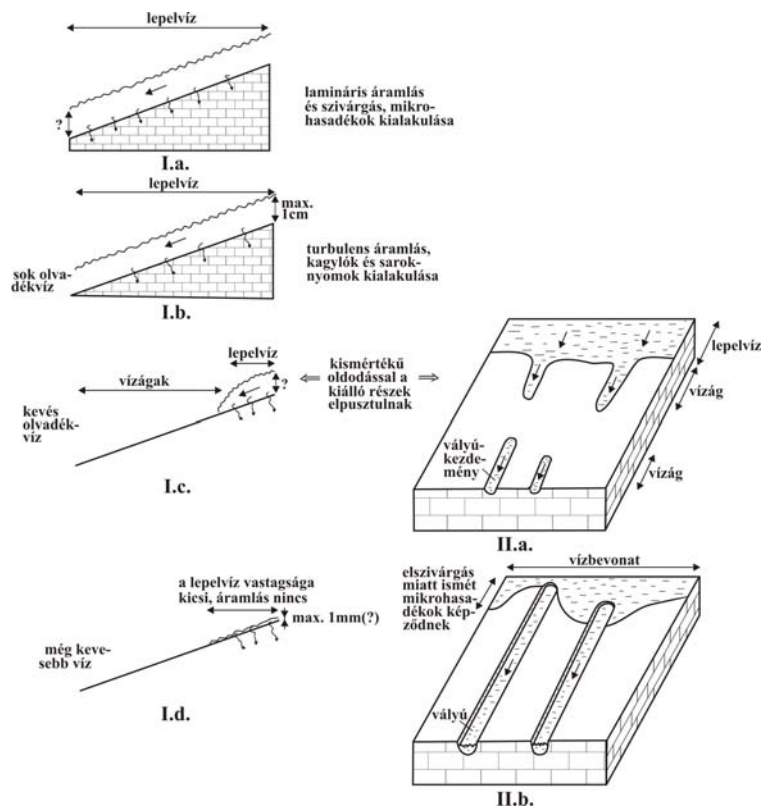
1500 mm

Totes Gebirge: above 2000 mm

Dachstein: above 2000 mm

A vizsgált lejtők és néhány Héttó-völgyi lejtő vályúinak átlagos mélysége
The mean depth of rinnens of the researched slopes and some of the Dolina Triglav jezero

terület	szelvény	vályú átlagos mélysége [cm]
I.	2	3,8
IV.		3,75
V.		2,8
II.		4,57
III.	5	10,5
	6	8,46
III. (Héttó-völgy)	H III.1.	18,5
	H III.2.	109,43



6. ábra: Lejtők kezdeti karros felszínfejlődésének modellje
Fig 6: Model of development of surface karrenification of the slope

- Ugyanazon nyáron a hólé mennyisége csökken. Ennek oka lehet a hó mennyiségének és így az olvadás intenzitásának a csökkenése. Akkor, ha a lejtő ugyanazon részén a vízmennyiség gyorsan és nagymértékben változik, kevert formakincs fejlődik ki (kagylók és mikrohasadékok). A vályú kezdemények tapasztalataink szerint a lejtők középső és alsó részén alakulnak ki. Ezért a vízmennyiség csökkenésekor a lejtő alsó részén a lepelvíz vízágakra különül. Ekkor a vízágak alatt rinnek kialakulása kezdődik (fiatal rinnek). Főleg a lejtő felső részén maradhat meg a lepelvíz. Ennek vastagsága lecsökken, miután a növekedő vályúk miatt a vízelvezetés egyre gyorsabb lesz. A vékonyabb lepelvíz lamináris áramlású lesz. A kismértékű oldódás miatt újabb karrformák nem alakulnak ki, hanem a mikrokúpok leoldódása miatt a felszín síkká formálódik. A vályúk további növekedése miatt felettük, a lejtő felső részén a vízelvezetés oly mértékű lesz, hogy a lepelvíz kivékonyodva vízbevonattá alakul. A vízbevonat alatt mikrohasadékkarrok képződnek.

- Az egymást követő nyarakon a vályúk növekvő vízelvezetése miatt a lepelvíz egyre korlátozottabb kiterjedésű lesz. A vályúk közti háta mikrokarrós fejlődésére azonban az alábbi okok miatt még folytatódhat:

- A lejtőn kisebb-nagyobb hófoltok maradnak vissza.
- A vályúkban felhalmozódó hó csökkentheti a vályúk vízelvezetését.

6. Következtetések

- A karros felszínfejlődés jellegét nagymértékben irányítják a vízáramlási viszonyok. Ezt a vizsgált területen elsősorban a lejtő kitettsége és a már kialakult karros formák határozzák meg. Feltűnő, hogy amíg az embrionális karrosodást mutató lejtők főleg ÉNy-i, addig a fiatal karrosodású lejtők K-i irányba dőlnek. Az eltérő kitettség valószínűleg a hóolvadás intenzitásának helyi különbségeit és így a lejtőn lefolyó hólé vastagságbeli különbségeit határozza meg. A rinnek szabályozhatják a lejtő vízének a vastagságát és ezáltal ott a vízkifejlődés jellegét (lepelvíz, vagy vízbevonat) és az áramlási viszonyokat. A mikrohasadékok akkor is megváltoztatják az áramlás jellegét, ha pl. a lepelvíz vastagsága nem változik.

- A lejtő karros fejlődése során a karros formakincs átalakul. Az újabb karros formák létrejöttét a már meglévők nagymértékben irányítják, meghatározzák.

- A lejtőkön egyidejűleg, vagy egymást követően is létrejöhetnek hasonló, de különböző karros formák is.

- Mintegy 5-35° közötti dőlésű, az év jelentős részében hóval fedett lejtők karrosodása mikrokarrók megjelenésével kezdődik, majd rinnek kialakulá-

sával folytatódik. Az egymás melletti rinnek, ill. ugyanazon rinn különböző részei különböző időben is kialakulhatnak. A rinn lefolyástalansága fokozatosan fejlődik ki.

- A lejtő karros formakincse (mikrokarrok, hasadékkarrok, rinnek, meanderkarrok, rillek) igen rövid idő alatt 50-100 év alatt kialakulnak. Egyes lejtők (fiatal karrosodású) karrosodási sajátosságai nagymértékben hasonlít az 50-100 évnél már hosszabb ideje karrosodó lejtők karrosodási jellemzőire (sűrűség, fajlagos leoldódás). A fiatal karrosodású lejtők az érett karrosodású lejtőktől formagazdagságban és részben vályúméltség tekintetében különböznek. Mindez arra utal, hogy a lejtőn a karros formák egy része gyorsan kialakul. A karros fejlődés során e formák a továbbiakban első-sorban mélyüléssel nőnek, továbbá más, újabb karrformák (pl. hasadékkarrok, madáritatók) is kialakulnak. Utóbbi karrformák vagy hosszabb idő alatt jönnek létre, vagy kialakulásuk feltételei a vizsgált lejtőkön hiányoznak. Ezen különbségek oka azonban nemcsak a különböző karrosodási időtartam lehet, hanem a karros lejtőket hordozó nagyformák (völgyek) eltérő helyzete is. Így pl. a Héttó-völgy délre nyitott, lejtői többnyire déli kitétséűek, míg a Triglav alatti völgy északra nyitott és ez utóbbi lejtői északi vagy közel északi kitétséűek.

IRODALOM

ALLEN, J. R. L. (1972): The origin of cave flutes and scallops by enlargement of inhomogeneities – *Rassegna speleologica Italiana*, 14. 1, p. 3-20.

BÖGLI, A. (1976): Die Wichtigsten Karrenformen der Kalkalpen - In: *Karst Processes and Relevants Landforms. ISU Comission on Karst Denudation*, Ljubljana p. 141-149.

FORD, D. C. - LUNDBERG, J. A. (1987): A review of dissolutional rills in limestone and other soluble rock - *Catena Suppl.* 8. p. 119-140.

FORD, D. C. - WILLIAMS, P. W. (1989): *Karst Geomorphology and Hydrology* - Unwin Hyman, London

GAMS I. (2002): Changes of the Triglav Glacier in 1945-94 period in the lighth of climatic indicators – <http://ai.ijs.si/mezi/personal/triglav/>

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

HASERODT, K. (1965): Untersuchungen zur Hohen - und Altersgliederung der Karstformen in den nördlichen Kalkalpen - *Munchner Geogr. H.* 27.

- MACALUSO, T.-SAURO, U.* (1996): The Karren in evaporitic rocks: a proposal of classification - In: Fornos, I. J.-Gines, A. (szerk.): Karren Landforms, p. 277-293. Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca
- SLABE T.* (1995): Cave Rocky Relief – Znanstvenaraziskovalni Center Sazu, Slubljana p. 128.
- SMITH, B. J.-MOSES, C. A.-WARKE, P. A.* (1996): Modification of karren in arid environments: a case study from southern Tunisia – In: *FORNÓS, I. J.-GINÉS, A.* (szerk.): Karren Landforms p. 123-134. Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca
- TRUDGILL, S. T.* (1985): Limestone geomorphology - Longman, New York
- VERESS M.* (2001): Karrformák morfogenetikai csoportosítása – Földr. Közl. (megj. alatt).
- VERESS M.-TÓTH G.-ZENTAI Z.-KOVÁCS GY.* (2001): Study of a new method for characterising karren surfaces based on alpine researches – Revue de Géographie Alpine, 89. p. 49-62.