

ADALÉKOK KARRFORMÁK KIALAKULÁSI KORÁHOZ ÉS
FEJLŐDÉSI SEBESSÉGÉHEZ A HALLSTATT-GLECCSÉR
JÉGMENTES VÖLGYTALPÁN¹

VERESS MÁRTON²-TÓTH GÁBOR²-PÉNTEK KÁLMÁN³

²Berzsenyi Dániel Főiskola, Természetföldrajzi Tanszék, 9700 Szombathely,
Károlyi Gáspár tér 4. vmarton@fs2.bdtf.hu, tothgr@fs2.bdtf.hu

³Berzsenyi Dániel Főiskola, Matematika Tanszék, 9700 Szombathely,
Károlyi Gáspár tér 4. pentekk@fs2.bdtf.hu

Abstract: We examined the karrenification of the bottom of the Hallstatt-glacier which became ice-free. We determined the age of the karren forms and the speed of the widening of the forms. We measured the overall width of the different karren forms, which belong to a 1 m distance. Knowing the age when the karren forms started to develop what we calculated from the age when the glacier went back we could calculate the speed of the development of a karren form and the overall speed of widening of all karren forms for a 1 m distance, could be given as well. The Rillens (or Rinnens) developed during one year. The primitive kamenitzas develop during 7 years, the primitive trittkarrens develop during 23 years, whereas the development of the mature trittkarren takes 33 years. On these places the overall speed of the widening of all karren forms for a 1 m distance changes between 4,12-0,23 cm/year. Using the dates of the different places, we can made a function. We can read the overall speed of the widening at any place from the function.

1. Bevezetés

Különböző módszerekkel vizsgálható a karrosodást kísérő leoldódási sebesség, valamint az egyes, karros formák növekedési sebessége

A felszín lepusztulásának sebessége megadható a morfológia segítségével, így a karrasztalok (BÖGLI, A. 1961), valamint a karros sziget- és tanúhegyek magasságának (VERESS M.-NACSA T. 1998) és a karrosodás korának ismeretében.

CUCCHI, F.-FORT, F.-MARINETTI, E. (1996) a lepusztulást a kőzetbe beépített fémcsapok magasságának újramérésével adta meg. Nem mészkövön a kőzet helyi lepusztulásának a sebességére SELLIER, D. (1997) következtetett a gránit megalitokon kialakult oldódásos eredetű formák nagyságából, miután a megalitok 5000 éve kerültek jelenlegi helyükre és helyzetükbe. Igen elterjedt az ún. Tablettás módszer, amikor adott tömegű mészkőanyagú kockát helyeznek a talajba és adott időszak eltelté után a tablettá tö-

¹ Készült a T24162 sz. OTKA támogatásával

megének újramérésével megadható a tömeg csökkenése (TRUDGILL, S. T. 1975, 1985, KASHIMA, N.-URUSHIBARA-YOSHINO, K. 1996). A kőzet oldódására következtetni lehet a karszt vizeinek oldott anyag tartalmának a meghatározásával, (THOMAS, T. M. 1970, NEWSON, M. D. 1970) valamint a jégelborítás megszűnési idejének ismeretében, ha a karrforma kialakulása ezt követően gyorsan kifejlődött (SWEETING, M. M. 1966). A fentiek mellett – amelyekkel a lepusztulást közvetlenül lehet számítani – ismeretesek olyan módszerek is, amelyekkel a lepusztulás közvetve adható meg. ZÁMBÓ L. (1986), valamint ZÁMBÓ L.-FELVIN L. (2000) a talaj-hatás mérésével, IZÁPY G.-MAUCHA L. (2000) a forrásokban meghatározott oldott anyag-tartalom figyelembevételével számította a forrásokhoz tartozó vízgyűjtőterületeken a lepusztulási sebességet. DELANNOY, J. J. (1986) megadta a vercorsi-karszton a felszín fajlagos lepusztulását %-ban és ezzel együtt ábrázolta a lepusztulás (elszállítás) sebességét mm/1000 évben.

Fedetlen mészköveken a leoldódás 0,04-0,0004 mm/év 1500-2500 mm évi csapadék mellett (SWEETING, M. M. 1966, THOMAS, T. M. 1970, NEWSON, M. D. 1970, HIGH, C. J.-HANNA, K. K. 1970), tőzeg alatt 5,0-8,2 mm/év sebességűnek adódott (SWEETING, M. M. 1966). Talajjal kitöltött runneleknél tőzeges, nehéz fémeket tartalmazó talaj alatt 0,43-0,50 mm/év (NEWSON, M. D. 1970) míg az olyan runneleknél, amelyek vizüket nehéz fémeket tartalmazó talajból kapták 0,010-0,015, amelyek tőzegeből kapták 6,3-11,5 mm/év (SWEETING, M. M. 1966). Madáritatóknál 0,02 mm/év, hasadéknál 0,1-0,2 mm/év (TRUDGILL, S. T. 1985) növekedési sebességeket kaptak, Magyarországon a hasadékok mélyülésére fedetlen karroknál 1,3 mm/1000 év, fedettkarrok mélyülésére 40 mm/1000 év mélyülési sebességek adódtak (ZÁMBÓ L.-TELBI SZ T. 2000).

Alább a Hallstatt-gleccser völgytalpán a karros formák korának és növekedési sebességének a meghatározására teszünk kísérletet felhasználva azt, hogy a völgytalp adott helyén a jégmentessé válás kora ismert.

A dachsteini Hallstatt-gleccser a múlt század közepe óta hátrál. Ez a folyamat nem egyenletes, hanem gyorsulónak tűnik. Erre példaként említjük, hogy 1999. augusztus és 2000. augusztus között a gleccser több mint 20 m-t hátrált, míg a korábbi évtizedekben egyes években ennek mértéke csak néhány m. volt.

A glaciológusok több évtizede dokumentálják a folyamatot oly módon, hogy a mindenkori jég elvégződésnél az aljzatra piros sávot festenek és mellette feltüntetik az időpontot (évet) is. Sajnos a jelenlegi gleccserelvégdéstől távolodva a völgytalpon egyre nehezebb megtalálni a gleccser hajdani elvégződését jelző piros vonalat és évszámot, miután a talpon egyre több a közettörmelék. A legkorábbi felfestés ami fellelhető, a mellé írt évszám sze-

rint 1971. Innen tovább haladva a törmelék olyan mennyiségben jelenik meg a völgytalpon, hogy még az esetleg létrejött karros formákat is elfedi. Ezért a völgytalp legtávolabbi pontja, ahol még a karrosodást vizsgálhattuk a gleccsertől legtávolabb elhelyezkedő tó melletti bárányszikla tetőszintje (D-12/2000 szelvény). Ezen hely jégmentessé válásának kora számítással (miután itt már jelet és évszámot nem találtunk) kb. 60 évvel ezelőtti, tehát 1940 körül következhetett be.

2. Módszer és adatfeldolgozás

A szabaddá vált völgytalpon 2000. augusztusában, amikor a felmérés történt hét helyen találtunk karros formákat. Hangsúlyozni kell, hogy csak a völgytalpat vizsgálhattuk, ugyanis a hajdani jelenlegi jégelborítás szintje feletti kőzetfelszíneken is megfigyelhető a karrosodás. Miután a völgyoldalban a jégelborítás szintjének kijelölése bizonytalan, továbbá a jég visszahúzódása miatt e szint is folyamatosan alacsonyabbra került (a süllyedés sebessége nem ismert), így nem adható meg a völgyoldalakon a jégmentessé válás kora és így a karrosodás kora sem. A völgytalpon viszont egyetlen hely kivételével (ld. alább) az összes karros formát felmértük. Sajnos a karrosodási helyek nem mindig estek különböző időpontokra megadott gleccser elvégződés helyeihez. Ilyen esetekben megmértük a karrosodási hely, majd e feletti (gleccser felé eső) és az ez alatti (gleccserrel ellentétes irányban) ismert korú gleccser elvégződési helyek koordinátáit GPS felhasználásával. A koordináták és a magassági adatok ismeretében két szomszédos pont közötti legrövidebb ferde távolságokat számítottuk a szférikus trigonometria felhasználásával. Két szomszédos ismert gleccser elvégződési hely távolságának és a karrosodási hely távolságának ismeretében, egyenletes jégvisszahúzódást feltételezve számítható a karrosodó hely jégmentessé válásának időpontja. A karros formák felmérése egy már korábban kifejlesztett módszerrel (VERESS M.-TÓTH G.-ZENTAI Z. KOVÁCS GY. 2000) történt. E módszerrel a karros formákat hordozó szelvény mentén az alábbi jellemzőket mértük ill. minősítettük:

- a hordozó térszín lejtőszögét, lejtésirányát és magasságát,
- a hordozó térszín kőzetanyagának töréssűrűségét, a törések irányát,
- a karrformák típusát,
- a karrforma irányát, szélességét és mélységét.

A felmérés a már említett hét helyen történt. E helyeken a karrosodásnak az alábbi jellemzőit adhattuk meg:

- a karrformák korát,

1. táblázat
Table I.

Fajlagos kioldódási értékek és a karrformák sűrűsége
a különböző időpontokban jégmentessé váló felszínen a Hallstatt-gleccser előterében
Specific solutional amount and the density of the karren forms on the ice-free surface of the bottom of the valley of the Hallstatt glacier

szelvény szám	tenger- szint feletti magasság (m)	szelvény- hossz (m)	hordozó térszín lejtőszöge	a hordozó térszín jégmentessé- gének ideje	karrforma darabszáma	vályú		saroknyom		madáritató		kürtő		hasadék		összes		összes fajlagos kioldódási sebesség (cm/m/év)
						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)	
D-7/2000	2129	6,0	38°	1999	11	2,62	1,67	-	-	1,5	0,17	-	-	-	-	4,12	1,83	4,12
D-8/2000	2122	6,55	11°	1992,8*	9	12,06	0,91	-	-	8,09	0,46	-	-	-	-	20,15	1,37	2,80
D-9/2000	2110	5,0	35°	1986,3**	7	7,07	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	7,07	1,4	0,52
D-22/2000	2109	11,0	32°	1977***	14	17,91	1,09	-	-	-	-	-	-	1,64	0,18	19,55	1,27	0,85
D-10/2000	2079	11,5	60°	1971	18	13,35	1,56	-	-	-	-	-	-	-	-	13,35	1,56	0,46
D-11/2000	2068	5,5	15°	1967****	16	5,45	0,73	45,63	2,18	-	-	-	-	-	-	51,09	2,91	1,55
D-12/2000	2063	8,5	10	1940*****	11	5,76	1,42	-	-	-	-	8,11	0,59	-	-	13,88	1,29	0,23

Felmérés ideje: 2000. augusztus 22.
The time of the measuring 22.08.2000

- * számított (az 1994. évtől a szelvény 28 m-es távolsága helyezkedik el)
- ** számított (az 1988. évtől a szelvény 3 m-es távolságra helyezkedik el)
- *** számított (az 1988. évtől)
- **** számított (az 1988. évtől)
- ***** számított (az 1988. évtől)

- * calculated (from the year of 1994 the line is employmented in 28 m distance)
- ** calculated (from the year of 1988 the line is employmented in 3 m distance)
- *** calculated (from the 1988 years)
- **** calculated (from the 1988 years)
- ***** calculated (from the 1988 years)

- az 1 m-re vonatkoztatott fajlagos kioldottságot, amit úgy állítottunk elő, hogy a karrformák összélességét elosztottuk a szelvény hosszával (*I. táblázat*),
- a karrformák sűrűségét, amit úgy képeztünk, hogy a karrformák számát osztottuk a szelvény hosszával.

Az összes karrosodási helyet a már korábban leírt szelvényezési módszerrel felmértük (kivételt csak a saroknyomokat tartalmazó zóna jelentett, amelynek három sávjából csak egynek a felmérése történt meg). Az adatokból a különböző szelvényeknél számítottuk a fajlagos kioldódást és a fajlagos sűrűséget, továbbá a karros formáknak az 1 m-re jutó összszelesedési sebességét (fajlagos kioldódási sebesség). Utóbbit adott szelvényhelynél úgy határoztuk meg, hogy az itt mért fajlagos kioldódást és e hely jégmentessé válási korának a hányadosát képeztük.

3. A völgytalp karrosodásának néhány sajátossága

A gleccsertalp közeteinek karrosodási korát a jégmentesség korától számítjuk. A karrosodást a jégmentessé vált felszínen lezajló folyamatnak tartjuk az alábbiak miatt.

- A jég előrenyomulás előtti karros formáknak, ha ilyenek kialakultak, el kellett pusztulniuk.
- A vizsgált karros formák a jég alatt nem alakulhattak ki, miután a gleccserpatak vize, de a jégből kiolvadó víz is egyaránt semlegesnek (a *II. táblázat*) bizonyult (a vizek 7 pH értékűek voltak).

II. táblázat
Table II.

Az olvadék vizének néhány jellemzője
Some characteristics of the melting water of the glacier

hely	PH	vezetőképesség (mV)	hőmérséklet (C°)
a gleccserből kilépő egyik vízfolyásból	7,84 7,32	-36	5,7
gleccser kapunál a patakából	7,43	-14	5,0
jégből csepegő víz	7,88	-38	5,9
1978-ban jégmentessé vált helynél a patakából	7,74	-30	6,0
hóolvadék	7,78	-31	2,6

mérés ideje: 2000.09.12.
the time of the investigation: 09.12.2000.

- Ha a jég alatt karrosodás történt volna, akkor a karros formák a völgytalpon a jelenlegihez képest sokkal nagyobb elterjedésben fordulnának elő.

- Két karrosodási hely is (D-7/2000. ill. a D-10/2000 is) a bárányszikláknak a gleccserrel szembeforduló oldalán található. Nem valószínű, hogy a jéggel fedett bárányszikla oldalán a gleccser mozgásával ellentétes irányban a jég alatt számottevő vízfolyás alakulhatott ki, ami a karrosodás előfeltétele.

A jégmentes völgytalpon a lecsiszolt kőzetfelületeken elkenve, de helyenként a karros mélyedésekben is üdén fehér kiválásfoltok figyelhetők meg. Ezek a karros mélyedéseket részlegesen töltik ki néha folytonos, gyakrabban foltos kifejlődésben. Néha úgy tűnik mintha a karros forma ebben az anyagban alakult volna ki, gyakrabban viszont a már kialakult karrformából mint kitöltő anyag oldódott ki különböző mértékben. Leggyakrabban vályúkban, de néha saroknyomokban is (inkább azok talpi részén) fordulnak elő. A saroknyomok talpi részének ezen bevonata is karrosodhat. A bevonatot rillek tagolhatják. Ezen bevonatok gyakorisága a gleccser jelenlegi elvégződésétől távolodva rohamosan csökken és a Simonyi-ház alatt már csak elvétve fordulnak elő.

Kétségtelennek tűnik, hogy e fehér színű bevonatok fiatalok, amelyek gyorsan vissza is oldódnak. Az idősebb mészkőfelszínek ugyanis sötétebb színűek.

A fehéres bevonatok valószínűleg igen változatos körülmények között alakulhattak ki. Néhányat a lehetséges kialakulási módokból az alábbiakban említünk meg.

- A jéggel borított területre a gleccservölgy oldallejtőjéről tútelített víz érkezik, amelynek anyaga a jég alatt kicsapódik. A kicsapódott még puha anyagot a jég rákeni az aljzatra. A karros formák egy része az ily módon képződött kiválásokon alakul ki.

- A kialakuló karros formákba tútelített olvadékvizek kerülnek és a kicsapódó anyag részben e formákat kitölti, majd a kivált anyag visszaoldódik. Végresultátusban a karros forma újrakarrosodik.

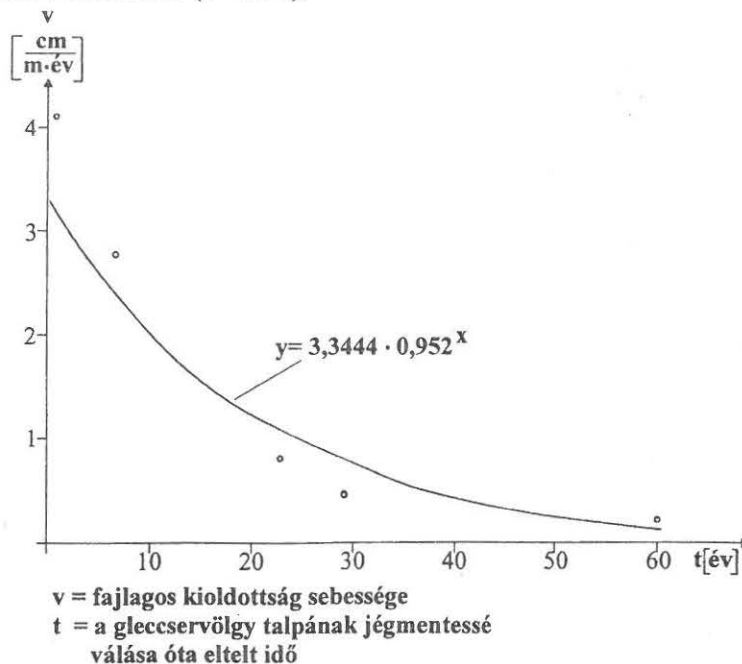
4. Az eredmények kiértékelése

Ha a völgytalpon szigetszerűen előforduló különböző karros formák kialakulási korát tekintjük, akkor azt tapasztaljuk, hogy a vályúk (rillek) 1 év alatt kifejlődnek (*I. táblázat*). A primitív madáritatók kifejlődési kora mintegy 7 év. Ugyancsak korai kifejlődésűek a rinnek (kialakulásuk kora mintegy 14 év) a saroknyomok (néhány saroknyom kezdemény nem nagy számban a D-22/2000 szelvény közelében is megfigyelhető, tehát koruk mintegy 23 év). Kifejlett saroknyomok egy bárányszikla mögött a völgytalpon több sávban,

nagy gyakorisággal fordulnak elő, ezek kora mintegy 33 év. A fenti kialakulási korok alapján bár a karrosodás igen meglehetősen intenzív, mégis hihetőnek kell tartani. Ugyanis más kutatók is mértek hasonló kialakulási korokat. Így SWEETING, M. M. (1966) szerint 3-5 cm-es madáritatók már 10 év alatt kialakulnak. A fajlagos kioldódási értékek, ill. az ezen értékekből kapott fajlagos kioldódási sebességek a gleccser jelenlegi elvégződésétől távolodva – bár az értékek jelentős szóródást mutatnak – csökkennek. Ez lényegében azt jelenti, hogy azon a helyen, ahol korábban kezdődött a karrosodás a karros formák szélesedésének sebessége jelenleg kisebb, mint ott, ahol a karrosodás fiatalabb.

A fajlagos kioldódási sebességeket a különböző karrosodási helyeken számos tényező befolyásolja. Példaként a saroknyomokat tartalmazó zónát (D-11/2000 szelvény) említjük, ahol a saroknyomok a völgytalp lejtésére merőlegesen sorakoznak és így a völgytalpon lefolyó olvadákvizek igen jelentős intenzitású karrosodást gerjeszhetnek. Ezzel szemben a báránysziklák oldalajtóján, vagy a réteglapokon a karros formák oldódásában csak a bárányszikla, illetve a réteglap lejtőjén lefolyó vizek játszanak szerepet.

A fajlagos kioldódási sebességeket az idő függvényében az alábbi függvényalak írja le ha D-9/2000 és a D-11/2000 szelvényekhez tartozó sebességektől eltekintünk (1. ábra):



1. ábra: A számított összszélesedési sebességek függvénye
 Figure 1: The function of the calculated speed of the overall widening

A függvény segítségével – bár pontosításához még további gleccser-völgy talpakon szükséges a fajlagos kioldódás mérése – egy-egy karrosodási helyen a fajlagos kioldódás sebessége és így a karrosodás kora is megadható ott is, ahol nem ismert a jégmentessé válás ideje és így a karrosodás kezdete.

5. Következtetések

A Hallstatt-gleccser völgytalpán a karrosodás kezdeti és talajelborítottág nélküli típusát tanulmányozhatjuk. Megállapítható, hogy leggyorsabban a rillek (ill. rinnek) fejlődnek ki, majd ezt követi a saroknyomok kialakulása. Az 1 m-re jutó össznövekedési sebesség – bár a helyi viszonyok ezen értékeket helyileg módosíthatják - úgy tűnik a karrosodás korának növekedésével csökken és 4,12-0,23 cm/év között szóródik. A megadott függvénnyel ill. annak pontosításával megadható a karrosodás és így a jégmentessé válás ideje.

IRODALOM

- BÖGLI, A. (1961): Karrentische, ein Beitrag zur Karstmorphologie - Z. f. Geomorp. 5. p. 185-193.
- CUCCHI, F.-FORTI, F.-MARINETTI, E. (1996): Surface degradation of carbonate rocks in the karst of Trieste (Classical Karst, Italy). - In: FORNÓS, I. J. - GINÉS A. (szerk.): Karren Landforms, p. 41-51, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca
- DELANNOY, J. (1986): Carte Géomorphologique du Massif du Vercors, (Alpes, France) - Institut de Géographie Alpine, Grenoble
- HIGH, C. J. - HANNA, K. J. (1970): A method for the direct measurement of erosion on rock surfaces - British Geomorphological Research Group, Technical Bulletin 5.
- IZÁPY G.-MAUCHA L. (2000): A magyarországi karsztos denudáció sebességének becslése - Karsztfejlődés V. BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, p. 7-20.
- KASHIMA, N.-URUSHIBARA (1996): Karren development. Solutional erosion measurements by the limestone-tablet method in Shikoku Island, Southwest Japan - In: FORNOS, I. J.-GINES, A. (szerk.), Karren Landforms, p. 65-73. Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca
- NEWSON, M. D. (1970): Studies in chemical and mechanical erosion by streams in limestone terrains - PhD thesis, University of Bristol

- SELLIER, D.* (1997): Utilisation des mégalithes comme marqueurs de la vitesse de l'érosion des granites en milieu tempéré: enseignements apportés par les alignements de Carnac (Morbihan) - *Z. Geomorph.*, 41. 3. p. 319-356.
- SWEETING, M. M.* (1966): The Weathering of limestone. Ch. 6. - In: *DURY, G. H.* (szerk.): *Essays in Geomorphology*, Heineman, London
- THOMAS, T. M.* (1970): The limestone pavements of the North Crop of the South Wales coalfield with special reference to solution rates and processes - *Transactions, Institute of British Geographers*, 50. p. 87-105.
- TRUDGILL, S. T.* (1975): Measurement of erosional weight-loss of rock talbes - *British Geomorphological Research Group, Technical Bulletin*, 17. p. 13-19.
- TRUDGILL, S. T.* (1985): *Limestone geomorphology* - Longman, New York
- VERESS M.-NACSA T.* (1998): Karr tanú- és szigethegyek - *Karsztfejlődés II. BDTF, Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely*, p. 99-123.
- ZÁMBÓ L.* (1986): A talaj-hatás jelentősége a karszt korróziós fejlődésében - *Kandidátusi disszertáció, MTA Könyvtár, Kézirat.*
- ZÁMBÓ L.-FELVIN T.* (2000): Relationship of soil effect in karst corrosion and karren development - *Annales Szegediensis* (megj. alatt).
- VERESS M.-TÓTH G.-ZENTAI Z.-KOVÁCS GY.* (2000): A magashegységi karrosodás mértékének és minőségének alakulása a különböző növényökben - *Karszt és Barlang* (megj. alatt)

