KARSZTFEJLŐDÉS XVI.
Szombathely, 2011. pp. 51-70.

HÁROM KÜLÖNBÖZŐ KÖRNYEZETŰ LEJTŐ KARROSODÁSA (TOTES GEBIRGE)[1]

VERESS MÁRTON

Nyugat-magyarországi Egyetem, Természettudományi Kar, Természetföldrajzi Tanszék, 9700 Szombathely, Károlyi Gáspár tér 4. vmarton@ttk.nyme.hu,

Abstract: We compared the karren formation of various slopes. The research area is in a glacier valley close to Tragl peak (in Totes Gebirge). We investigated three bare slopes and two slopes with a plant patch. We covered them with a net to use it for mapping of the slopes. (The size of the squares of the net had 50x50 centimetres.) We mapped the karren features of the slopes, we measured the width and the depth of the karren features along profiles. The averages of the specific width the specific width of the rinnenkarren (channel, runnel), the specific cross section area of the runnel, the density of the runnel were calculated. The averages were calculated on profiles and on slope parts. It could be established: the bare slopes have great average specific width, great channel shape and great channel density. The specific width and the specific cross-section area decrease moving from the lower towards the upper margin on bare slopes. The specific width and the specific cross-section area of the runnels increase towards the margin of the plant patch on the slopes with plant patch. The phenomena can be explained with the fact that the solution capacity comes from the plant patch on the slope with plant patch. Newer water with solution capacity flows from the surroundings surfaces into the karren forms on bare slopes. Therefore the solution capacity does not decrease along the slope downwards but increases. The solution capacity is small but scattered on the upper part of the bare slope. The solution is intensive and concentrated on the upper part of the slope with plant patch. The increasing of the karren features are different on the bare slopes and slopes with a plant patch. Karren features rather widen on bare slopes, while they rather deepen on slopes with a plant patch. The specific width is greater on slope with Pinus mugo than on slopes with grass patch, and the specific cross-section area of the channel is also greater. Hence the solution intensivity is greater on slopes with Pinus mugo than on slopes with a grass patch.

1. Bevezetés

Tanulmányunkban három, egymáshoz közeli, néhány m^2-es kiterjedésű törpefenyővel-, gyeppel szegélyezett-, ill. csupasz lejtőrészlet karrosodását (mennyiségileg és minőségileg) kívánjuk összehasonlítani. A célból, hogy milyen mértékben térnek el a csupasz lejtők és a növényfoltos lejtők (a növényfolt lehet törpefenyő és gyep), valamint a törpefenyőfoltos és gyepfoltos lejtők karrformái, sűrűsége és méretbeli jellemzői. Ennek ismeretében ugyanis következtetni lehet a talajnak az oldódásban betöltött szerepére. De következtetni lehet a disszimilációs eredetű CO_2 szerepére is. Ez utóbbi a hó alatti törpefenyőből származhat (*VERESS* 2010). Ehhez a vizsgált területen

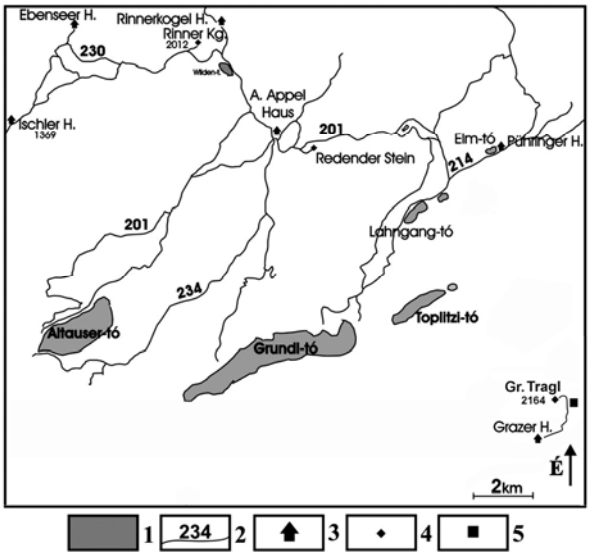
[1] Készült a TÁMOP 4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0006 pályázat támogatásával.

a karrformákat térképezni kell (helyük, méretük, típusuk), továbbá e formák méretét mérni kell.

Amikor a karrosodás intenzitását mérjük, akkor a karsztos oldódás mértékére kapunk adatokat a karszt felszínén. Ez történhet közvetlenül és közvetve. Közvetlen mérés esetén a vízben lévő oldott anyag tartalmat határozzuk meg. Közvetett mérésnél többnyire a létrejött, vagy létrejövő forma méretváltozásából következtetünk az oldódás mértékére. Az oldódásnak a mérése történhet a karros formában, de lehet azon kívül is.

Közvetlen módszer alkalmazása során a csupasz felszínen lefolyó vagy a karrformákban összegyűlt víz oldott anyag tartalmát határozzák meg (*SWEETING* 1966, *THOMAS* 1970, *NEWSON* 1970, *HIGH-HANNA* 1970, *HOBLEA* et al. 2001). Az oldott anyagtartalmat különböző csapadékosságú karsztokon, ill. különböző talajfedettségű karrformák esetében is megmérték, miáltal az oldódást befolyásoló tényezőknek (csapadék mennyisége, talaj minősége) a szerepére következtetnek. Közvetett módszert alkalmazott *BÖGLI* (1961), aki a karrasztalok magasságát mérte. Utóbbinak és az oldódás időtartamának felhasználásával (amelyet a gleccserek visszahúzódásának ideje ad meg) számítható a karrasztal környezetében a légköri eredetű CO_2 által gerjesztett leoldódási intenzitás. Ugyancsak a közvetett módszerek közé sorolható *CUCCHI* et al. (1996) nagy pontosságú módszere: a kőzetbe fémpálcákat helyeznek, majd a fémpálcáknak a magasságát a hordozó kőzetfelszínhez képest újramérik. Ezzel a felszín leoldódásának a mértéke és így az oldódás sebessége adható meg. Más módszerek alkalmazásával a karsztos oldódás mértékére következtetnek. Így *JAKUCS* (1971) a talajban mért CO_2 tartalomból, míg *TRUDGILL* (1975) a talajban elhelyezett márványtabletták tömegváltozásából következtetett az oldóképességre, míg *KEVEINÉ* (1986) a töbrök növényzetéből az oldódás intenzitásának térbeli eloszlását állapította meg.

A karrosodás intenzitása, jellege nagy mértékben függ a környezettől. Így a magasságtól, a lejtőszögtől, a növényzettől (*GINES* 1996, *VERESS* 2010), a hordozó formák (magaslatok) alakjától, növényzetétől, így a fedettség mértékétől és annak minőségétől (*SMART-WHITAKER* 1996). Magashegységi környezetben is hozzájárul az oldóképességhez a biogén eredetű CO_2, amely azonban csak részben talaj eredetű. Törpefenyőfoltokat fedő hóban ugyanis felhalmozódhat a disszimilációs eredetű CO_2, amely az olvadékvízbe kerülve növeli a csupasz lejtőrészen végigfolyó víz oldóképességét (*VERESS* 2010).

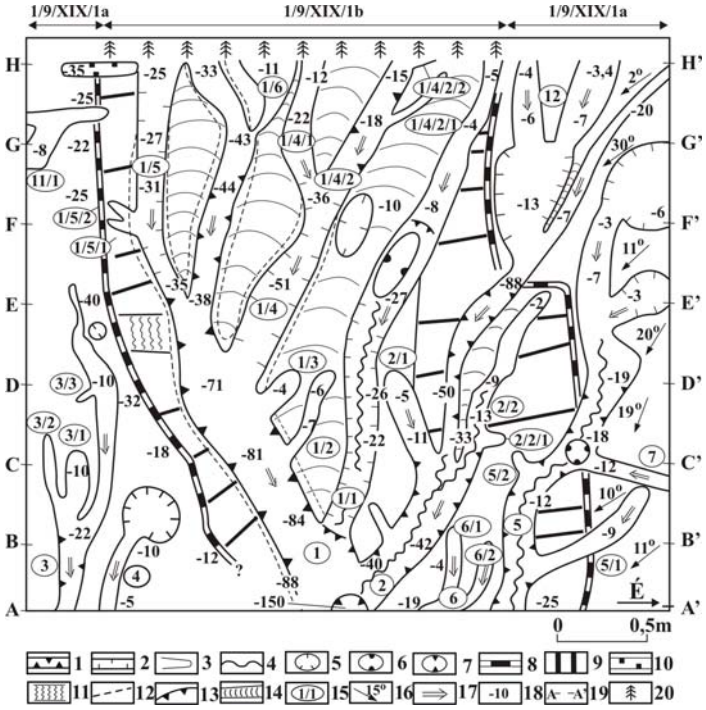


1. ábra: Kutatási terület
Jelmagyarázat: 1. tó, 2 turistaút, 3. turistaház, 4. hegycsúcs, 5. kutatási terület
Fig. 1. The research area
Legend: 1. lake, 2. hiker's track, 3. hiker's hut, 4. peak, 5. research area

1. kép: A törpefenyős lejtő
Picture 1. Slope with Pinus mugo patch

A vizsgálati helyszín (1/9/XIX jelű) a Tragl-csúcs alatti gleccservölgy (Totes Gebirge) D-i végénél 1800-1900 m-es magasságok között van a völgytalp réteglépcsőinek egyik réteglapján (*1. ábra*). A törpefenyővel

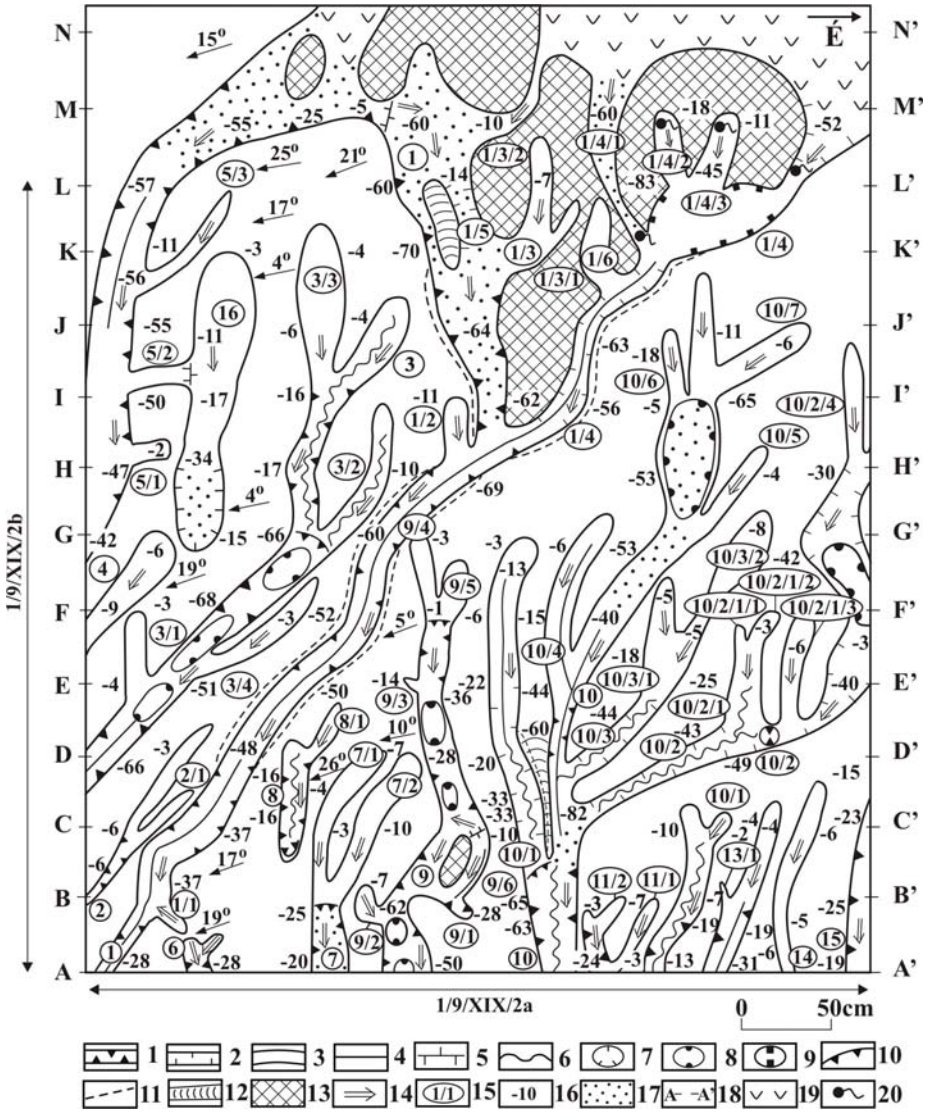
szegélyezett helyszín (1/9/XIX/1 jelű) 10,41 m^2 kiterjedésű lejtőrész K-i irányba dől 10-20° dőléssel (*1. kép*). Területének nagy részét elfoglalja egy, a törpefenyőfoltnál kezdődő nagyméretű oldódásos mélyedés (nem zárt medence). A medencét elsősorban vályúk (rinnenkarrok) tagolják fel, amelyek között többnyire keskeny gerincek sorakoznak. A vályúk keskenyek és mélyek. Többnyire a törpefenyőn, vagy annak pereménél kezdődnek (*2. ábra*). A vályúk egy része a törpefenyőfoltról nem kap vizet. A medencét tagoló vályúk egyetlen nagyméretű kürtőhöz kapcsolódnak. Tehát a térszínrészleten nincs felszíni vízelvezetés.



2. ábra: A törpefenyőfoltos lejtő (1/9/XIX/1 jelű)
Jelmagyarázat: 1. B típusú fővályú, 2. B típusú mellékvályú, 3. A típusú vályú, 4. belső (vályútalpi) III. típusú meander, 5. madáritató, 6. talpi madáritató, 7. vályútalpi kürtő, 8. vályúkat hordozó medence pereme, 9. medence oldallejtője, 10. hasadék, 11. félkörös bemélyedés, 12. aláhajló fal, 13. lépcső, 14. vályúközi gerinc, 15. vályú azonosító jele, 16. lejtésirány és lejtőszög, 17. vályútalp dőlésének iránya, 18. karrforma mélysége (cm-ben), 19. szelvény jele, 20. törpefenyő
Fig.2. Slope with Pinus mugo patch (marked 1/9/XIX/1)
Legend: 1. type B main channel, 2. type B tributary channel, 3. type A channel, 4. internal (channel floor) type III channel, 5. kamenitza, 6. channel bottom kamenitza, 7. channel bottom pitkarren, 8. the margin of the basin bearing the channels, 9. the side slope of the basin, 10. grike, 11. half-circular depression, 12. overhanging wall, 13. step, 14. ridge between channels, 15. mark of channel, 16. dip direction and dip angle, 17. the dip direction of the channel floor, 18. the depth of karren feature (in centimetres), 19. mark of the profile, 20. Pinus mugo

2. kép: A gyepfoltos lejtő
Picture 2. Slope with grass patch

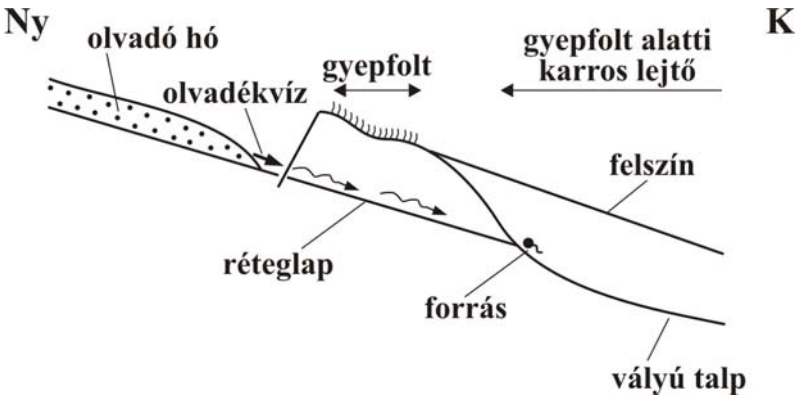
3. kép: A csupasz lejtő
Picture 3: Bare slope



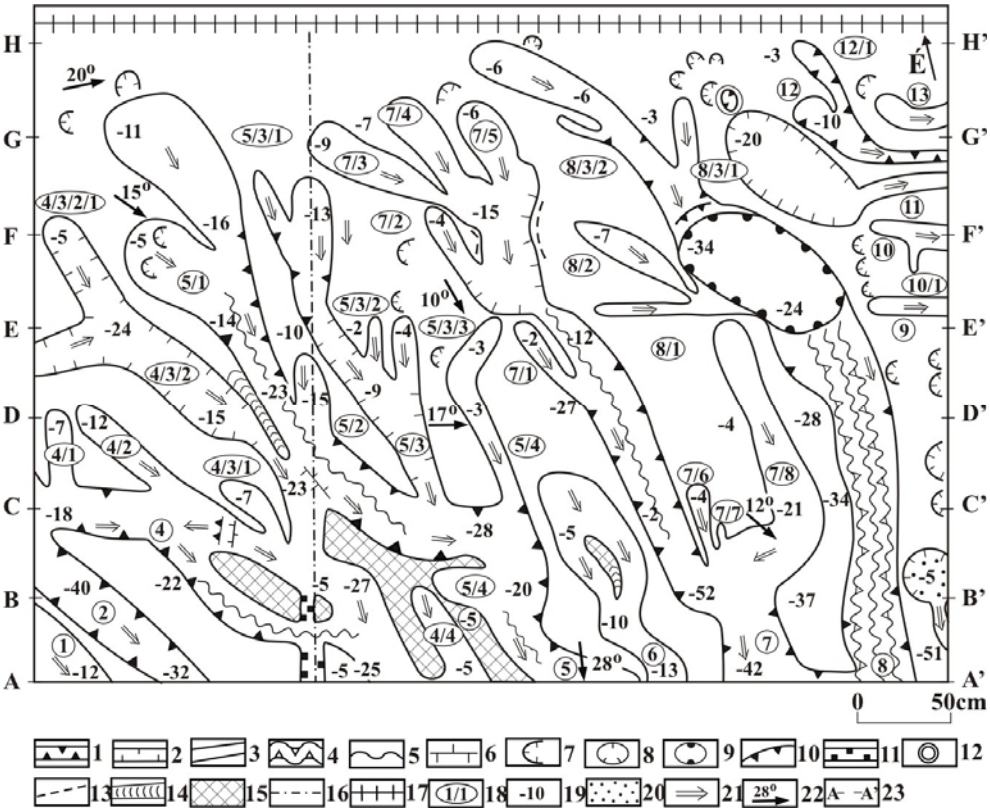
3. ábra: A gyepfoltos lejtő (1/9/XIX/2 jelű)
Jelmagyarázat: 1. B típusú fővályú, 2. B típusú mellékvályú, 3. A típusú vályú, 4. belső (vályútalpi) III. típusú meander, 5. vályútalpi vízválasztó, 6. meanderező belső (vályútalpi) III. vályú, 7. madáritató, 8. talpi madáritató, 9. talpi medence, 10. lépcső, 11. aláhajló fal, 12. vályúközi gerinc, 13. maradvány térszín, 14. vályútalp dőlésének iránya, 15. vályú azonosító jele, 16. karrforma mélysége (cm-ben), 17. talaj és növényzet, 18. szelvény jele, 19. gyep, 20. forrás
Fig.3. Slope with grass patch (marked 1/9/XIX/1)
Legend: 1. type B main channel, 2. type B tributary channel, 3. type A channel, 4. internal (channel floor) type III channel, 5. channel floor drainage divide, 6. meandering internal (channel floor) type III channel, 7. kamenitza, 8. floor kamenitza, 9. floor basin, 10. step, 11. overhanging wall, 12. ridge between channels, 13. surface remnant, 14. dip direction of the channel floor, 15. identification mark of the channel, 16. the depth of the karren feature (cm), 17. soil and plant, 18. mark of profil, 19. grass, 20. spring

A gyeppel szegélyezett helyszín (1/9/XIX/2 jelű) 35,42 m^2 kiterjedésű lejtőrész DK-re dől, dőlésszöge mintegy 5-20° (*2. kép*). E területen is uralkodnak a vályúk, amelyeknek azonban csak egy része táplálkozik a gyepfoltról. A vályúk vályúrendszereket képeznek és DK-i irányba tartva kapcsolódnak egymásba, majd többségük a területet DK-ről határoló hasadékba torkollik. A vályúk kisebb formákkal (madáritató, medence) tagoltak. A vályúk között az eredeti térszín kisebb-nagyobb szélességű sávjai sorakoznak (*3. ábra*). A vályúk egyike nem csak a réteglap területéről kap vizet, hanem a felette elhelyezkedő réteglépcső rétegfejénél összegyűlt hóból is. A keletkezett olvadékvíz egy réteglap mentén szivárogva forrásokként bukkan elő a vályú vályúfőjében tavasszal hóolvadáskor (4. ábra).

A csupasz helyszín (1/9/XIX/3 jelű) 17,17 m^2 kiterjedésű lejtőrész D, DK-i irányba dől 10-20° -os dőléssel (*3. kép*). Formakincse változatos (vályúk, madáritatók, saroknyomok fordulnak elő) azonban itt is főleg a vályúk uralkodnak. Vízelvezetése kevésbé egységes és részben a felszínen történik. Ny-i részén a vályúk kevésbé összetettek és közöttük az eredeti térszínből már csak keskeny gerincek maradtak meg, K-i részén a vályúk összetettebbek, közöttük az eredeti térszínnek még szélesebb sávjai is előfordulnak. A K-i részen a vályúk széles madáritatószerű formáktól indulnak (*5. ábra*).



4. ábra: A gyepfoltos lejtő egyik vályújában található időszakos forrás
Fig. 4. The water feed of the intermittent springs, which occurs in a channel on the slope with grass patch

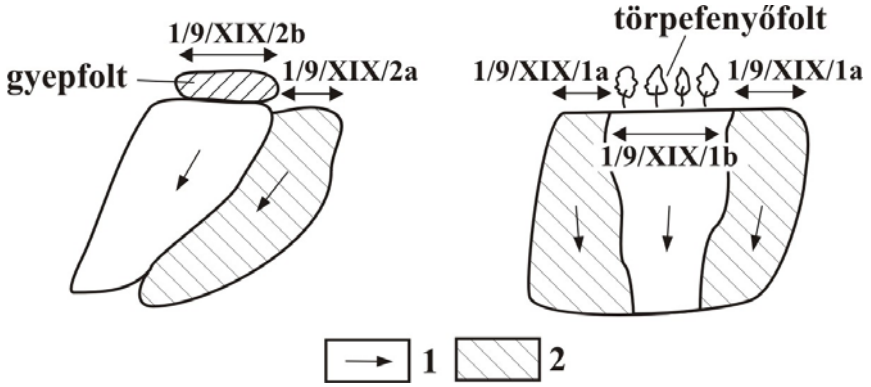


5. ábra: A csupasz lejtő (1/9/XIX/3 jelű)
Jelmagyarázat: 1. B típusú főváyú, 2. B típusú mellékváyú, 3. A típusú váyú, 4. meanderező belső (talpi) II. típusú váyú, 5. meanderező belső (talpi) III. típusú váyú, 6. váyútalpi vízválasztó, 7. saroknyom, 8. madáritató, 9. talpi madáritató, 10. lépcső, 11. hasadék, 12. kürtő általában, 13. aláhajló fal, 14. váyúközi gerinc, 15. maradványtérszín, 16. törés, 17. vízválasztó a lejtőn, 18. váyú azonosító jele, 19. karrforma mélysége (cm-ben), 20. talaj és növényzet, 21. váyútalp dőlésének iránya, 22. felszín dőlésiránya és dőlésszöge, 23. szelvény jele
Fig. 5. Bare slope (marked 1/9/XIX/3)
Legend: type B main channel, 2. type B tributary channel, 3. type A channel, 4. meandering internal (floor) type II. channel, 5. meandering internal (floor) type III. channel, 6. channel floor drainage divide, 7. trittkarren, 8. kamenitza, 9. floor kamenitza, 10. step, 11. grike, 12. pitkarren generally, 13. overhanging wall, 14. ridge, between channels, 15. remnant surface, 16. fracture, 17. drainage divide on the slope, 18. mark of channel, 19. the depth of the karren feature (in centimetres), 20. soil and plant, 21. the dip direction of the channel floor, 22. the dip direction and dip angle of the slope, 23. the mark of profile

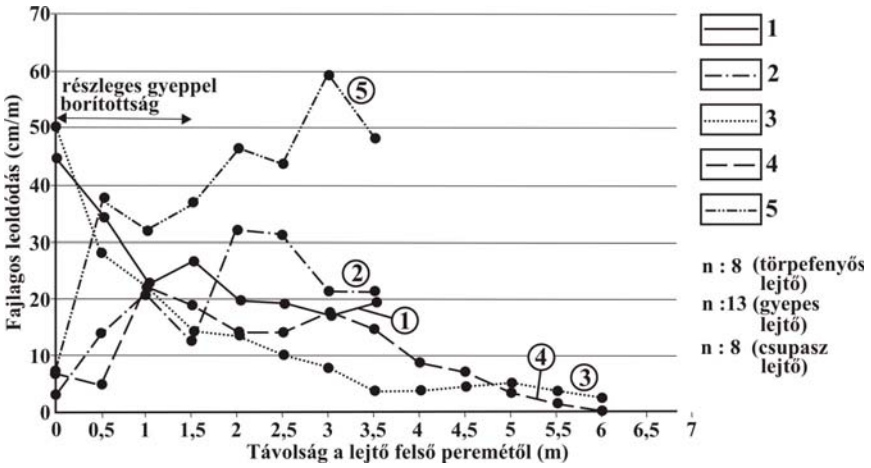
2. Módszerek

- A karrok térképezése több módszerrel is lehetséges (*VERESS* 1998a, Veress 1998b, *VERESS-BARNA* 1998, *VERESS-TÓTH* 2004, *VERESS* 2010). Ezek egyike a hálós módszer. Ekkor a térképezendő területen zsinórokkal egyenközű hálót alakítunk ki. A háló négyzetei megadják a karrformák helyét, a négyzetek oldalhosszai a karrformák méretét. Hálós módszerrel (a hálók négyzetei 50x50 cm-sek voltak) térképeztük a három lejtőrészt. 1:25

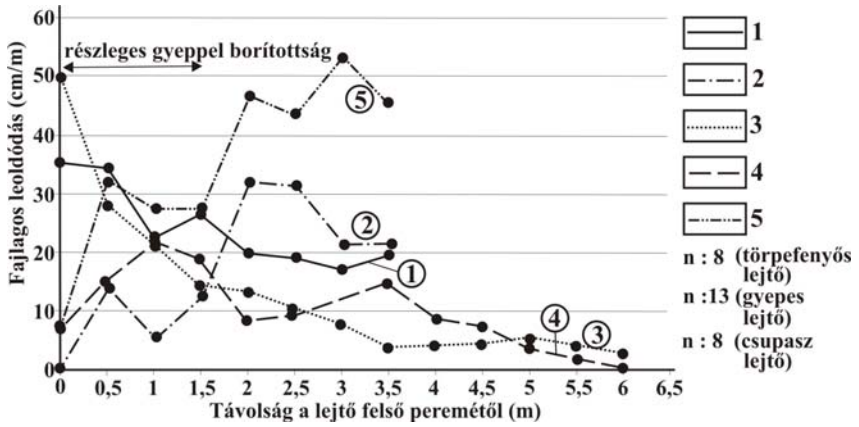
méretarányú karrmorfológiai térképet készítettünk (1, 2, 3 jelű területek térképei). A fentebb említett térképeken minden egyes karrforma ábrázolásra került.
- Szelvények mentén mértük a karrformák mélységét és szélességét (a szelvények a kialakított háló csapásirányú tengelyei mentén lettek kialakítva).
- Számítottuk szelvényenként és lejtőnként a fajlagos leoldódást (az összes karrformára és külön a vályúkra), az átlagos fajlagos leoldódást (ugyancsak az összes karrformára és a vályúkra is), a fajlagos vályúkeresztmetszetterületet, a fajlagos vályúalakot és a sűrűséget (az összes karrformára és a vályúkra is, *I. táblázat*). A törpefenyős, de különösen a gyepes lejtőn előfordulnak olyan karrformák, amelyek vizüket nem a talaj- és növényfolt területéről kapják. Ezek környezete lényegében csupasz lejtő. Ezért a törpefenyős és gyepes lejtők két lejtőrészre különülnek: a növényfoltról kap (1/9/XIX/1a, 1/9/XIX/2a), ill. nem kap vizet (1/9/XIX/1b, 1/9/XIX/2b) a karrforma (*6. ábra*).
- Ábrázoltuk a különböző lejtők fajlagos leoldódását az összes karrformára (*7. ábra*), valamint csak a vályúkra (*8. ábra*), a fajlagos vályúkeresztmetszet területet (*9. ábra*) és a vályúsűrűség értékeket (*10. ábra*) a távolság függvényében.
- Összehasonlítottuk a 3 lejtőrész karrformáit.



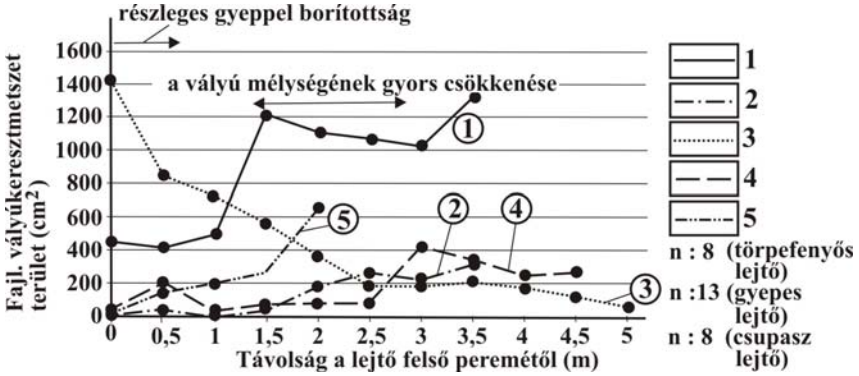
6. ábra: Törpefenyős és gyepes lejtők részei aszerint, hogy a lejtő növényfoltról kap, vagy nem kap vizet.
Jelmagyarázat: 1. lejtésirány, 2. növényfoltról nem kap vizet
Fig. 6. The part of the slopes with Pinus mugo patch and slopes with grass patch according to those which receive water from the plant patch
Legend: 1. dip direction, 2. it does not receive water from the plant patch



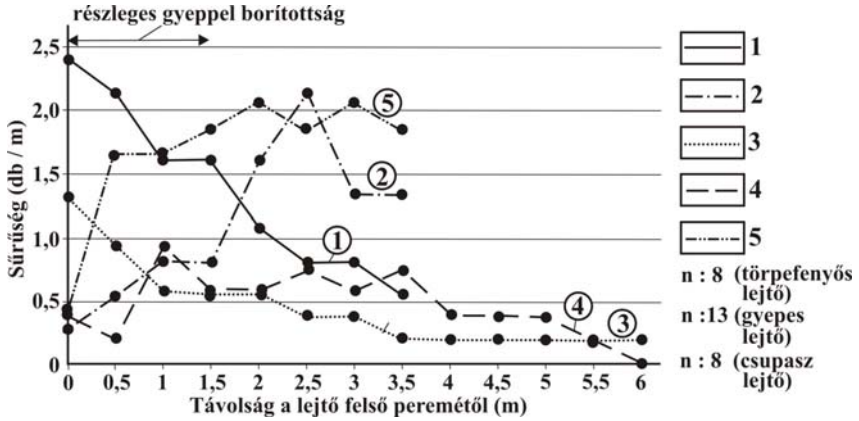
7. ábra: A vizsgált lejtőrészek átlagos fajlagos leoldódásai a távolság függvényében a lejtők szelvényeinél számított átlagok felhasználásával
Jelmagyarázat: 1. törpefenyőfoltos lejtő medence nélkül, 2. törpefenyős lejtő, de a törpefenyőfoltról nem kap vizet, 3. gyepfolt alatti lejtő, 4. gyepfoltos lejtő, de a gyepről nem kap vizet, 5. csupasz lejtő
Fig. 7: The specific width of the investigated slopes parts in the function of the distance by using the average values of the profiles of the slopes
Legend: 1. slope with Pinus mugo patch (without basin), 2. slope with Pinus mugo patch but it does not receive water from the Pinus mugo patch, 3. slope with grass patch, 4. slope with grass patch but it does not receive water from the grass patch, 5. bare slope



8. ábra: A vizsgált lejtőrészeken a vályúk által képviselt átlagos fajlagos leoldódás a lejtők szelvényeinél számított átlagok felhasználásával
Jelmagyarázat: 1. törpefenyőfolt alatti lejtő (medence nélkül), 2. törpefenyős lejtő, de törpefenyőfoltról a lejtőrész nem kap vizet, 3. gyepfolt alatti lejtő, 4. gyepfoltos lejtő, de a gyepfoltról a lejtőrész nem kap vizet, 5. csupasz lejtő
Fig. 8. The specific width of the channels in the function of the distance by using the average values of profiles of the slopes on the investigated slopes
Legend: 1. slope with Pinus mugo patch (without basin), 2. slope with Pinus mugo patch, but it does not receive water from the Pinus mugo patch, 3. slope with grass patch, 4. the slope part with a grass patch but it does not receive water from the grass patch, 5. bare slope



9. ábra. A vizsgált lejtők fajlagos vályú összkeresztmetszet területei a távolság függvényében a lejtők szelvényeinél számított átlagok felhasználásával
Jelmagyarázat: 1. törpefenyőfoltos lejtő, 2. törpefenyőfoltos lejtő, de a törpefenyőről nem kap vizet, 3. gyepfoltos lejtő, 4. gyepfoltos lejtő, de a gyepről nem kap vizet, 5. csupasz lejtő
Fig. 9. Specific cross-section areas of the channels in the function of the distance by using the average values of the profiles of the slopes on the investigated slopes
Legend: 1. slope with Pinus mugo, 2. slope with Pinus mugo, but it does not receive water from the Pinus mugo patch, 3. slope with grass, 4. slope with grass, but it does not receive water from the grass patch, 5. bare slope



10. ábra: A vizsgált lejtőrészek vályúsűrűsége a távolság függvényében a lejtők szelvényeinél számított átlagok felhasználásával
Jelmagyarázat: 1. törpefenyőfoltos lejtő, 2. törpefenyős lejtő, de a törpefenyőről nem kap vizet a lejtőrész, 3. gyepfoltos lejtő, 4. gyepfoltos lejtő, de a gyepfoltról a lejtőrész nem kap vizet, 5. csupasz lejtő
Fig. 10. Channels density in the function of the distance by using the average values of profiles of the slopes on the investigated slopes
Legend: 1. slope with Pinus mugo patch, 2. slope with part Pinus mugo but it does not receive water from the Pinus mugo patch, 3. slope with grass patch, 4. slope with grass patch but it does not receive water from the grass patch, 5. bare slope

3. Kiértékelés

3.1. A karrformák paramétereinek átlagai

Megállapítható, hogy a fajlagos leoldódás, ha a törpefenyős lejtőn a medencét nem számítjuk, csupasz lejtőn a legnagyobb (39 cm/m), és gyepfoltos lejtőrészen a legkisebb (13 cm/m). Ha a törpefenyőfoltos lejtőn a medencét is bevontuk volna a számításba, akkor e lejtőn lenne a legnagyobb a fajlagos leoldódás. Ettől azonban eltekintettünk, mert tapasztalatunk szerint a medence egyedi forma. Más törpefenyőfoltos lejtőkön ugyanis ilyen formát nem észleltünk. Ugyanakkor a fajlagos vályúkeresztmetszet terület – amely leginkább jellemzi egy lejtőn a kioldódás mértékét – a törpefenyős lejtőn a legnagyobb. Jóval kisebb a gyepes lejtőn és alig haladja meg a csupasz lejtőn számított fajlagos vályúkeresztmetszet területet. A fajlagos vályúalak a gyepes lejtőn a legkisebb és csupaszon a legnagyobb. A vályúsűrűség a gyepes lejtőn a legkisebb és csupaszon a legnagyobb. Hasonló értékeket kaptunk az egyes területeknek a karrforma sűrűségére is. Ennek értéke a csupasz lejtőkön a nagyobb, és kisebb a törpefenyős ill. gyepes lejtőn.

Módosul a fajlagos leoldódás értéke, ha annak átlagát képezzük (fajlagos leoldódás/sűrűség). Ekkor, bár az 1/9/XIX/3 jelű csupasz lejtőn még mindig a legnagyobb az átlagos fajlagos leoldódás (a három csupasz lejtő átlagos fajlagos leoldódása azonban 20,17-tel már a legkisebb), de a másik kettő csupasz lejtőrészen már az átlagos fajlagos oldódás kisebb, mint a növényfoltos lejtőrészeken. Látható továbbá az is, hogy a gyepfoltos lejtőn immár az átlagos fajlagos leoldódás nagyobb lesz, mint a törpefenyőfoltos lejtőrészen (*I. táblázat*).

Tehát igen nagy fajlagos leoldódás, vályúalak és vályúsűrűség jellemzi a csupasz lejtőt (1/9/XIX/3), továbbá igen nagy fajlagos vályúkeresztmetszet terület a törpefenyős lejtőt. Valószínűleg a csupasz lejtő nagy fajlagos leoldódása – ami nem jellemző az Alpok más karsztjain – azzal hozhatók kapcsolatba, hogy itt a legnagyobb a vályúsűrűség. A kicsi fajlagos vályúalak, amely keskeny és mély vályúkat jelent, azért lehet a gyepes lejtőn a legnagyobb, mert itt a réteglap mentén átszivárgó víz a vályú (vagy vályúk) talpán tartós oldást és így mélyülést okoz. A törpefenyős lejtőn számított nagy fajlagos vályúkeresztmetszet a törpefenyőnek a jelentős szerepére utal, összhangban már korábbi megállapításainkkal (Veress 2010). A hó alatti törpefenyő által produkált CO_2 a hóba, majd onnan az olvadékvízbe kerül.

I. táblázat
Table I.

A vizsgált lejtők szelvényei mentén előforduló karrformáinak jellemzői
The characteristics of karren features which occur along profiles of the three slopes

A lejtő jellege	L_k	ρ_k	$\overline{L}_k$	T	f	L_v	ρ_v	$\overline{L}_v$
törpefenyőfoltos lejtőrész	25	1,3	20,67	889	1,5	24	1,35	17,78
törpefenyőről nem kap vizet	19	1,09	18,11	136	2,3	17	1,09	15,60
gyepfoltos lejtőrész	13	0,44	23,16	567	0,81	13	0,44	29,55
gyepfoltról nem kap vizet	10	0,45	19,57	143	1,29	10	0,45	22,22
csupasz lejtő	39	1,64	22,83	590	4,0	35	1,82	19,23

$$L_k = \frac{\sum_k V_k}{m} \qquad \rho_k = \frac{n_k}{m} \qquad \overline{L}_k = \frac{L_k}{\rho_k} \qquad T = \frac{\Sigma F_0}{m} \qquad F_0 = a \cdot b$$

$$f = \frac{\Sigma f_0}{m} \qquad \rho_v = \frac{\rho_w}{m} \qquad \overline{L}_v = \frac{L_v}{\rho_v}$$

ahol
L_k : karrformák fajlagos szélessége (cm/m)
V_k : a karrformák szélessége a szelvény mentén (cm)
m: szelvény hossza (m)
ρ_k : karrformák sűrűsége a szelvény mentén (db/m)
n_k : a karrformák darabszáma a szelvény mentén (db)
$\overline{L}_k$: a karrformák átlagos fajlagos szélessége (cm/db)
T: fajlagos vályúkeresztmetszet terület (cm^2/m)
F_0 : vályúkeresztmetszet terület (cm^2)
a: vályúszélesség (cm)
b: vályúmélység (cm)
f: fajlagos vályúalak
f_0 : vályúalak
L_v : vályúk fajlagos leoldódása (cm/m)
V_v : a vályúk szélessége a szelvény mentén (cm)
ρ_v : vályúk sűrűsége a szelvény mentén (db/m)
n_v : a vályúk darabszáma a szelvény mentén (db)
$\overline{L}_v$: a vályúk átlagos fajlagos szélessége (cm/db)

where
L_k : specific width of karren features (cm/m)
V_k : width of karren features of the along profile (centimetres)
m: the length of the profile (metres)
ρ_k : the density of karren features along the profile (pieces/metres)
n_k : the pieces of the karren features along the profile (pieces)
$\overline{L}_k$: average specific width of the karren features (cm/pieces) (cm^2/m)
T: area of cross-section of channel
F_0 : area of cross-section of channel (cm^2)
a: width of channel
b: deepth of channel
f: specific shape channel
f_0 : shape channel
L_v : specific width of channels (cm/m)
V_v : the width of channel along profile (cm)
ρ_v : density of channel along profile (piece/m)
n_v : piece of channel along profile (piece)
$\overline{L}_v$: average specific width of the channels (cm/piece)

3.2. A fajlagos leoldódás és fajlagos vályúkeresztmetszet változása a távolság függvényében

Az alábbiak állapíthatók meg.
- Az összes csupasz lejtőn a fajlagos leoldódás nagysága a lejtő felső pereme felé – igaz nem egyforma mértékben – csökken (*7. ábra*).
- A növényfoltos lejtőkön a fajlagos leoldódás mértéke a lejtő felső pereme felé nő. A törpefenyőfoltos lejtőn ezek az értékek nagyobbak, mint a gyepfoltos lejtőn. A különbség a törpefenyőfoltos lejtő javára a növényfolt irányába nagyobb lesz (*7, 8. ábra*).
- Az összes csupasz lejtőn a fajlagos vályúkeresztmetszet terület a lejtő felső pereme felé csökken. Mindez visszavezethető a sűrűség, ill. vályúméretek csökkenésére (*9. ábra*).
- A növényfoltos lejtőkön a fajlagos vályúkeresztmetszet a növényfolt felé nő (a lejtő felső pereme felé). Ugyanakkor a törpefenyőfoltos lejtőn a növényfolt peremétől számított 1,5 m-en belül csökkenésbe megy át. A törpefenyőfoltos lejtőn azonban mintegy 1-1,5 m-nél nagyobb távolságra mindenhol nagyobb, mint a gyepes lejtőn. Miután a lejtő felső pereméhez képest 1 m-nél közelebbi tartományban mind a vályúsűrűség (*10. ábra*), mind a vályúk fajlagos leoldódása (*8. ábra*) nő, a jelenség a vályúmélységek számottevő csökkenésével magyarázható.

3.3. Karrformák

Látható, hogy dominálnak a térképezett lejtőrészeken a vályúk, gyakoriak még a madáritatók és a saroknyomok (*II. táblázat*).

Összegeztük a növényfoltos és csupasz lejtőrészek karrformáit. A növényfoltos lejtőkön az egyszerű vályúk aránya a legnagyobb (az összes karrforma 62,5 %-a). Az összetett vályúkkal együtt a karrformák 78,1 %-a vályú. A vályúkon kívül még a madáritatók aránya mondható jelentősebbnek (12 %). A csupasz lejtőkön is jelentős a vályúk aránya (72,3 %). A vályúk mellett a meanderkarrok (7,4 %), a saroknyomkarrok (17,3 %) és a madáritatók (11,1 %) említhetők a csupasz lejtőkről. Feltűnő a hasadékkarrok hiánya, mind a növényfoltos, mind a csupasz lejtőkön (*III. táblázat*).

II. táblázat
Table II.

A vizsgált lejtők karrformái
The karren feature of the three slopes

Lejtő jellege	Egy-szerű vályú	Össze-tett vályú	Meanderkarr	hasa-dék	madár-itató	sarok-nyom	kür-tő	össze-sen	Formasű-rűség [db/m^2]
törpefe-nyős foltos lejtőrész	16	3	1	-	3	1	1	25	2,4
törpefe-nyőről nem kap vizet	8	3	2	1	5	-	-	19	1,82
gyepes foltos lejtőrész	4	2	-	-	1	-	-	7	0,20
gyepről nem kap vizet	36	12	7	-	10	4	-	65	1,95
csupasz lejtő	37	5	3	2	3	24	0	74	4,31

$$\rho_k = \frac{n_k}{A}$$

ahol:
n_k: a lejtő összes karrformája
A: a lejtő kiterjedése (m^2)
where:
n_k: altogether of the karren features of the slope
A: size of slope (m^2)

III. táblázat
Table III.

Növényfoltos (2 darab) és csupasz lejtők (3 darab) karrformái
The karren features of slope with plant patch (2 piece) and bare slope (3 piece)

Lejtő jel-lege	egyszerű vályú		összetett vályú		Meanderkarr		Sarok-nyomkarr		Hasadék-karr		Madárita-tó		Kürtő		Összesen	
	db	%	db	%	db	%	db	%	db	%	db	%	db	%	Db	%
nö-vény folt alatti lejtő	20	62,5	5	15,6	1	3	1	3	-	-	4	12	1	3	32	100
csu-pasz lejtő	81	50	20	12,3	12	7,4	28	17,3	3	1,8	18	11,1	-	-	162	100

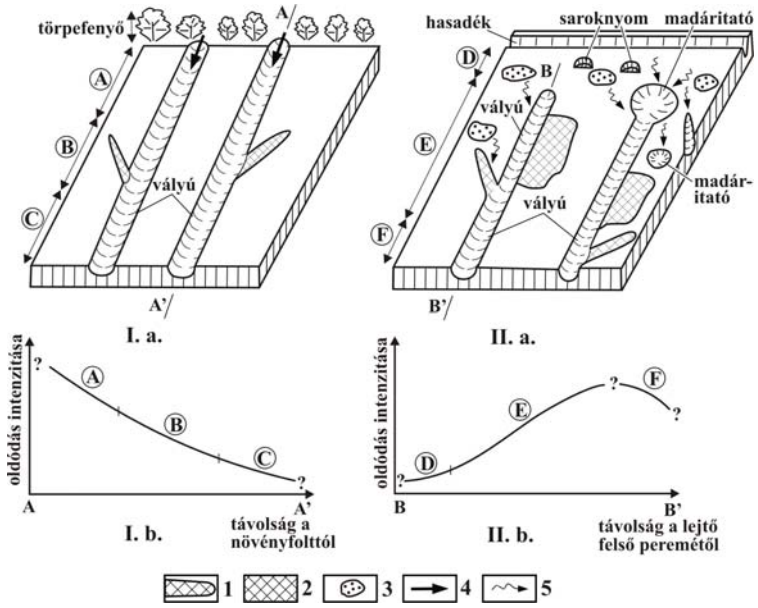
4. Következtetések

Törpefenyős lejtőn a fajlagos leoldódás nagyobb, mint gyepfoltos lejtőrészen. Hasonlóképpen a fajlagos vályúkeresztmetszet terület is nagyobb, kb. 10 %-kal törpefenyős lejtőrészen, mint a gyepfoltos lejtőrészen. Ennek oka a törpefenyőfolt által termelt CO_2. E különbséghez azonban más tényezők is hozzájárulnak (pl. a növényfoltok nagysága, összetétele, a növényfolt kora és fejlődése stb.). Ugyanakkor néhány helyen a csupasz lejtőn az oldódás intenzitása akár meg is haladhatja a növényfolt alatti lejtőkét. Ezt az oldóképességnek a lejtő mentén való változása, vagy a lejtő morfológiájának a jellege okozhatja.

Különbözőképpen fejlődnek a karrformák a csupasz (itt inkább szélesednek és kevésbé mélyülnek), ill. a növényfoltos (inkább mélyülnek és kevésbé szélesednek) lejtőkön.

Az oldódás intenzitása a lejtő különböző részein igen változatosan alakul. Az oldódás térbeli változása a még nem ismert tényezők mellett valószínűleg a növényfolt jelenlététől, vagy hiányától is függ. Növényfoltos lejtőkön a fajlagos leoldódás a növényfolttól távolodva csökken, míg a csupasz lejtőkön a felső lejtőperem felé közeledve csökken. Az előző tendencia arra utalhat, hogy a növényzetről le, ill. kifolyó víz CO_2-ban gazdag. Emiatt az oldódás a növény- és a talajfoltról kiáramló néhány vízág területére koncentrálódik, de az oldóképesség a lejtőn lefolyó vízben a növényfolttól távolodva fokozatosan felhasználódik. (A CO_2 biogén eredetű, amely a talajból, ill. törpefenyőfolt esetében a törpefenyőt fedő hóból származik. Utóbbi disszimilációs eredetű.) Csupasz lejtőn viszont ilyen hatás nincs. Az oldóhatás fennmarad, sőt a lejtő alsó része felé nőhet is, miután a már kialakult formákba környezetükből újabb és újabb oldóképes víz áramlik. Az oldóképesség változása lejtőnként igen eltérő lehet, miután adott helyen a karrformákba kerülő víz mennyisége nagymértékben függ a lejtő morfológiájától (*11. ábra*).

Törpefenyőfoltos lejtőn mind a fajlagos leoldódás, mind a fajlagos vályúkeresztmetszet terület ugyanakkora távolságra a növényfolttól mindenhol nagyobb, mint a gyepfoltos lejtőn. Ez ugyancsak a törpefenyőfolt disszimilációs CO_2-ja által gerjesztett oldódást bizonyítja. A törpefenyőfoltos lejtőn a növényfolttól számított 1,5 m-en belül a vályúmélység lecsökkenésének lehetséges magyarázata: a törpefenyőt fedő hó olvadéka csak a folttól távolabb éri el a vályúkat. Mivel a törpefenyőfoltos lejtőn 1,5 m-en belül a vályúkeresztmetszet értékek változása ellentétes a gyepfoltos lejtőjével, a törpefenyőfoltos lejtő vályúi nem jöhettek akkor létre, amikor a törpefenyőfolt helyén még gyepfolt létezett.



11. ábra: Növényfoltos és csupasz lejtők oldódási modellje
Jelmagyarázat: I.a. növényfoltos lejtőn, az oldódás tényezői, Ib. növényfoltos lejtőn a becsült oldódási intenzitás változása, IIa. csupasz lejtőn az oldódás tényezői, IIb. csupasz lejtőn a becsült oldódási intenzitás változása, 1. vízág, 2. lepelvíz, 3. hófolt, 4. biogén eredetű CO_2 általi oldódás, 5. légköri eredetű CO_2 általi oldódás; A. oldódási intenzitás nagy, az oldódás koncentrált (biogén eredetű), B oldódási intenzitás közepes (az A zóna maradék oldóképességéből és a légköri CO_2-ból származik), C. oldóképesség kicsi (maradék oldóképesség), D. kicsi oldódás intenzitás, az oldódás nem koncentrált (légköri eredetű a CO_2), E. oldódási intenzitás közepes (légköri eredetű a CO_2, de a karrformák vízgyűjtője nagy), F. oldódási intenzitás kicsi (az E zóna maradék oldóképessége)
Fig. 11. Solution model of bare slopes and slopes with a plant patch
Legend: Ia. Solution characteristics of the slope with plant patch, Ib. the change of the solution intensity of the slope with plant patch (estimated), II. a solution characteristics of the bare slope, IIb. the change of the solution intensity of the bare slope, 1. rivulet, 2. sheet water, 3. snow patch, 4. solution due to of CO_2 biological origin, 5. solution due to of CO_2 atmospherical origin; A the solution intensity is great, it is (biological origin), B the solution intensity is medium (the solution can come from the residual solution capacity of the A zone, and from concentrated atmospherical origin CO_2), C. the solution capacity is small (residual solution capacity), D the solution intensity small, the process is diffuse (the CO_2 is of atmospherical origin), E. the solution intensity is medium (the CO_2 comes from atmosphere, but the catchment area of the karren features is great), F. the solution intensity is small (residual solution capacity of the E zone.

A különböző környezetű lejtők karrosodása nem tekinthető egy a lejtő benövényesülését kísérő fejlődés egy-egy fázisának. Ezt nem csak a törpefenyős lejtőn a fentebb említett vályúkeresztmetszetnek a gyepfoltos lejtővel ellentétes változása bizonyítja, hanem a karrformák sűrűség értékei valamint a csupasz és növényfoltos lejtők fajlagos vályúalak értékeinek eltérései is. A lejtők karrosodása tehát nem, vagy kevésbé alkalmazkodik a nö-

vényzet fejlődéséhez. A különböző környezetű lejtők karrosodását eltérő és az egyes lejtőtípusokra speciálisan jellemző.

A növényfoltos és csupasz lejtők karrformái alapvetően nem különböznek. Mindkét lejtőtípuson uralkodnak a vályúk. Azonban a csupasz lejtők karrformái változatosabbak. Ez arra utalhat, hogy csupasz lejtőn az oldódás kevésbé irányított, mint növényfoltos lejtőn.

IRODALOM

BÖGLI, A. (1961): Karrentische, ein Beitrag zur Karstmorphologie – Zeit. f. Geomorph. 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, Á*. (szerk.): Karren Landforms, p. 41-51, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca

GINÉS, A. (1996): An Enviromental approach to the typology of karren landform assemblages in a Mediterranean mid-mauntain karst: the Serra de Tramuntana, Mallorca, Spain - In: *FORNÓS, J.J. - GINÉS Á.* (szerk): Karren Landforms, p. 163-176, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca.

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.

HOBLEA, F.-JAILLET, S.-MARIE, R. (2001): Erosion et ruissellement sur karst nu en context subpolaire océahiguli lesiles calcaires de Patagonie - Karstologia, 38, p. 13-18.

JAKUCS L. (1971): A karsztok morfogenetikája - Akadémia Kiadó, Budapest, 310 p.

KEVEINÉ BÁRÁNY I. (1986): Újabb adatok a karsztdolinák képződéséhez – NME Közl. 1. sor. 33. 1-4 p. 149-154.

NEWSON, M. D. (1970): Studies in chemical and mechanical erosion by streams in limestone terrains – PhD thesis, University of Bristol

SMART, P. L. - WHITAKER, F. F. (1996): Development of karren landform assemblages - a case study from Son Marc, Mallorca - In: *FORNÓS, J. J. - GINÉS, Á.* (szerk.): Karren Landforms p. 111-122., Universitat de les Belears, Palma de Mallorca

SWEETING, M. M. (1966): The weathering of limestones - In: DURY, G. H. (szerk.): Essays in Geomorphology, p. 177-210. 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. (1985): Limestone geomorphology - Longman, New York 196. p.
VERESS M. (1998a): Adatok karrvályúk meanderfejlődéséhez – Karsztfejlődés II. (Totes Gebirge karrjai), p. 75-90. BDTF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely
VERESS M. (1998b): Karrmeanderek – Karsztfejlődés II. (Totes Gebirge karrjai), p. 35-57. BDTF, Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely
VERESS M. (2010): Karst Environments – Karren Formation in High Mountains – Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 230 p.
VERESS M. – BARNA J. (1998): Karrmeanderek morfológiai térképezésének tapasztalatai – Karrfejlődés II. (Totes Gebirge karrjai), p. 59-73. BDTF Természetföldrjazi Tanszék, Szombathely
VERESS, M.-TÓTH, G. (2004): Types of meandering karren – Zeits. f. Geomorph. 48. p. 53-77.
ZÁMBÓ L.-TELBISZ T. (2000): A mikrobiális befolyásoltságú karsztkorrózió vizsgálata magyarországi karsztok talajaiból származó kismintákon – Karsztfejlődés V., BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, p. 21-39.