

## KARSZTOS FELSZÍNFEJLŐDÉSI TÍPUSOK DIEGO DE ALMAGRO SZIGETÉN (CHILE)

VERESS MÁRTON-ZENTAI ZOLTÁN-TÓTH GÁBOR-  
CZÖPEK ISTVÁN

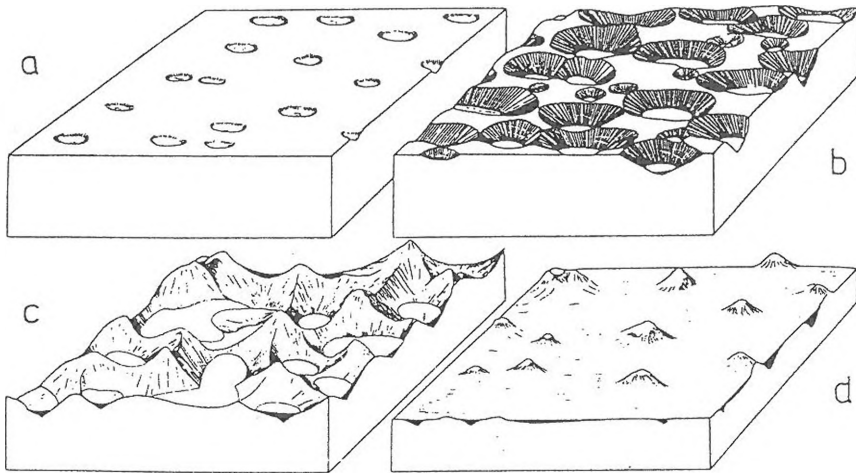
Berzsenyi Dániel Főiskola, Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely,  
Károlyi Gáspár tér 4. vmarton@deimos.bdtf.hu zzoltan@fs2.bdtf.hu tothg@fs2.bdtf.hu

*Abstract: We searched the surficial karst of the Diego de Almagro (Chile) on our expedition. We distinguished three levels of karstification on the marble stripes of the island: coastal zone with small altitude, a zone with medium altitude (cc. between 50-400 m) and a zone with big altitude (above 400 m). Karrentificated coastal zone belongs to the zone with small altitude. The medium-high zone can be the areas of the younger glacier valley. Later we separated two parts: the areas of the valley bottoms together with the areas of the valley slopes, the other one is the areas of the embossed rocks. The areas with high altitude are made up of the remnants of bottoms of the older glacier valleys, arêtes and matterhorns. The karstification on the slopes of the valleys and the valleys bottoms can be intensive, because the surface is covered with vegetation on the slopes and at the bottoms of the valleys. During karstification karren forms, and other meso-karstic forms such as avens, dissolution trenches, sinkholes, further more non-karstic forms (beds, water cut) develop. 'Wandkarren' (wallkarren) develop on the slopes of the embossed rocks and troughs (rinnen) are characteristics of the tops of the embossed rocks. The tops of the embossed rocks can denude slightly, only in a small degree. Their slopes can denude backsteppingly parallel with themselves by karrentification. The decrease of the altitude of embossed rocks will be small. The decrease of the dilation of these forms will be considerable. Altitude difference will increase between the slopes of the valleys and the embossed rocks on the area of the younger glacier valleys. Dilation of the slopes of the valleys will increase also because of the loss of the embossed rocks. 'Wandkarren' are characteristics of the slopes of the marble stripes with big altitude, whereas pipes can be seen on their margins. The are dissolution trenches, pipes (karst wells), solution basins and troughs (rinnen) in the inside of the marble zones. The surfaces of the marble stripes can develop by karrentification. The karrentification on their surfaces is conducted by the embossed rocks and the wind. The slopes of the marble stripes can denude backsteppingly parallel with themselves. The surfaces of the marble stripes decrease largely. But the marble stripes can be separated into parts too, because of the development of the dissolution trenches.*

### 1. Bevezetés

A karszt felszínfejlődését elsőként GRUND (1914) írta le. Felszínfejlődési modellje a davis-i tönkösödési felfogáson alapult. Szerinte töbrök, uvalák alakulnak ki, majd e formák összenövésével kisebb-nagyobb magaslatok maradnak vissza (1. ábra). A későbbi kutatások azt mutatják, hogy a fenti felszínfejlődésre elsősorban trópusi éghajlaton lehet jellemző. Ezen éghajlat karsztjairól ún. polygonális karsztot írtak le, pl. Új-Guineáról (WILLIAMS 1971). Az ilyen típusú karsztokon a töbrök közti válaszfalak részlegesen elpusztulhattak, aminek eredményeként különböző alakú maradvány dombok maradnak vissza (DAY 1978) az eredeti térszínből. Olyan felszínrészletek, ahol nagyméretű töbrök részben összenöttek, ill. ennek eredményeként karsztdombok maradnak meg az eredeti felszínből, mérsékelt övi karsztokon

is kifejlődhetnek. Igaz lokálisan, nem nagy kiterjedésben. A karros vizsgálatok eredményeként, különböző karros felszínfejlődési modelleket is létrehozottak. Így *CVIJIČ* (1924) szerint a karrosodás során „*struga*”-k (folyosók), kicsi dolinák képződnek. E formák közti magaslatok lepusztulásával a felszín ugyancsak síkká formálódik (*2a. ábra*). *WILLIAMS* (1966) szerint a jég által lenyesebb felszínen runnelek, hasadékok képződnek. A köztük lévő háta leksonkolódnak, majd törmelékesednek. A kialakult felszín alacsonyabb mint az eredeti, de karrosodásból visszamaradt törmelék borítja (*2b. ábra*). A karrosodás során hasadékok, a hasadékokból karszt utcák és depressziók képződnek, ha az eredeti térszint hasadékok (*BROOK-FORD* 1978), vagy kürtők (*BROOK-FEENEY* 1996) tagolják. Ez utóbbi esetekben a végső, karrosodással kialakult felszint „*clint*”-ek (maradvány magaslatok) tagolják (*2c. ábra, 2e. ábra*).

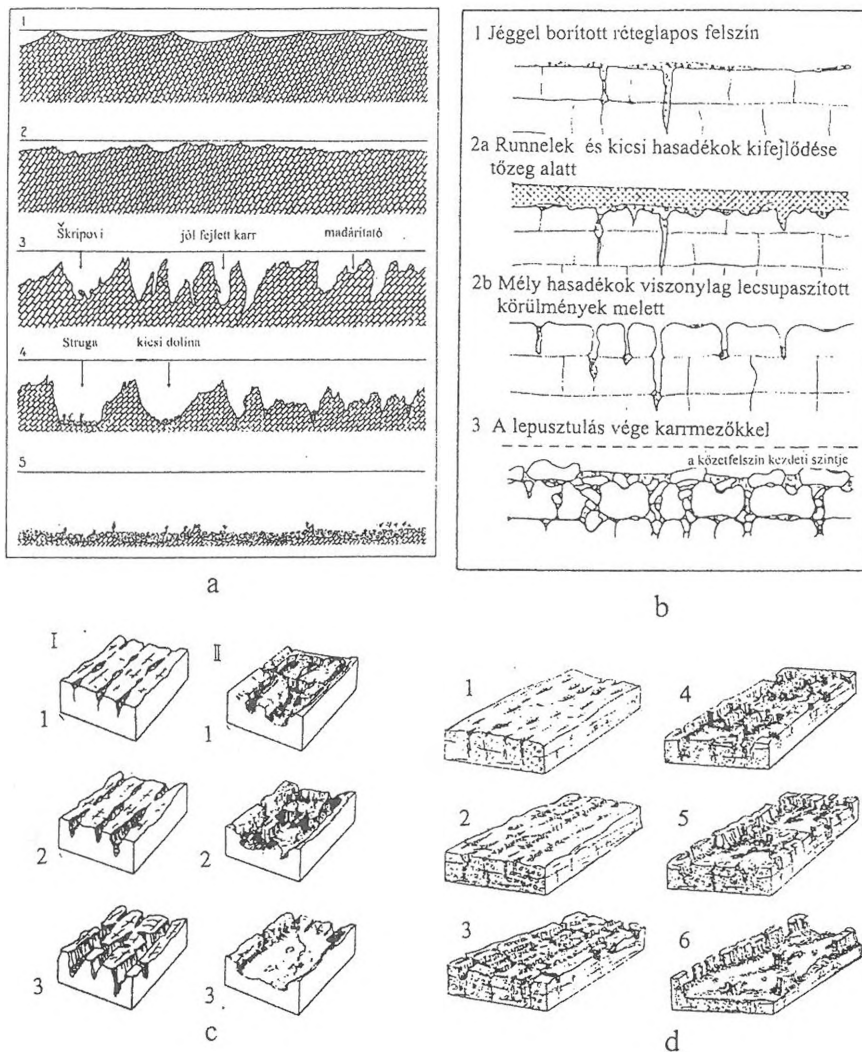


1. ábra: A karszt ciklikus felszínfejlődése (*GRUND* 1914)

Jelmagyarázat: a. Fiatal karszt: a dolinák között az eredeti felszín maradványaival, b. „Adolescent” karszt: nagyobb dolinákkal és összenövésekkel, c. Érett karszt: az eredeti felszín már nem létezik, nagy dolinák és uvalák vannak köztük magaslatokkal és gerincekkel, d. „Öreg karszt”: az eredeti térszint dombok képviselik

Fig. 1. Cycle development of the karst (according to *GRUND* 1914)

Legend: a. 'Young' karst: between dolines, much of the original surface remaining, b. 'Adolescent karst': with large dolines and many coalescing, c. 'Mature karst' (Cockpitlandschaft) the original surface has disappeared, large dolines and uvalas lie between the Cockpithügeln, d. 'Old karst': only isolated hills remain upon the residual plain.



2. ábra: Karros felszínfejlődés a: jégelborítástól mentes felszín (CVIJIĆ 1924 szerint), b: ideiglenesen jéggel borított felszín (WILLIAMS 1966 szerint) c: a kezdeti felszín hasadékkarros felszín (BROOK-FORD 1978 szerint), d: a kezdeti felszín kürtőkarros felszín (BROOK-FENEY 1996 nyomán) esetén

Jelmagyarázat: a. 1-2 néhány méter sekély csatornák és éles gerincek, 3. 3-4 méter mély csatornák, „škipovi”, karr kutak (kürtők), madáritató formák, 4. „struga” és dolina formák, 5. a kiálló részek teljesen elpusztulnak, a felszínt kötőmélék borítja be, b. a jég által pusztított réteglapos felszínen (1) talaj alatt runnelek és hasadékok képződnek (2a), a talaj és a karrformák közti felszín részletek pusztulásával lecsonkolódott hasadékok maradnak vissza (2b), majd törmelékkel elborított térszín alakul ki (3) c: „labyrinth karst” kifejlődése úgy, hogy hosszanti hasadékok szélesednek „utcákká” (I.1.-I.3.), oldódás és fagyaprózódás hatására clint”-ek és tornyok maradnak vissza (II.1.-II.2.), végül nagyobb zárt depressziók keletkeznek (II.3.), d. labyrinth karst alakul ki kürtőkből (1-3), a hasadékok továbbnövekedésével hasadékszerű mélyedések és „fennsíkok” képződnek, maradvány „clint”-ekkel és tornyokkal (4; 5), végül a mélyedések továbbfejlődésével maradvány „clint”-ek és tornyok maradnak vissza (6) Fig. 2. Karrenification development a: on glacial-free surface (after CVIJIĆ 1924), b: the surface was covered with glacial originally (after WILLIAMS 1966), c: on surface originally with grikes (after BROOK-FORD 1978), d: on surface originally with pits (after BROOK-FENEY 1996).

Legend: a. 1-2: there are channels and sharp ridges of few meters, 3. there are channels, which can be about 3-4 meters, fox example 'skipovi', karst wells, kamenitzas, 4. there are 'struga' and dolinas forms, 5. the remnant will die the surface will be covered with debris, b. glacier will form the surface (1) grikes and runnels develop under the soil (2a), 'truncated' grikes remain with the denudation of the surface between the grikes (2b), debris will cover the surface (3) c. 'labyrinth karst' develop because grikes will widen and they will create 'streets' (I.1.-I.3), 'clints' and towers will develop because of the dissolution and freeze and thaw disintegration (II.1.-II.2.), depressions develop (II.3.), d. strings of solution pits (1-3) coalesce to form intersecting networks of grikes or karst streets (2 and 3), as grikes and streets enlarge and coalesce, grike depressions and karst platea are formed often with residual clints or towers projecting from their floors (4 and 5), the coalescence of grike depressions and karst platea ultimately leads to the formation of marginal erosion surfaces surmounted by residual clints or karst towers (6).

A BDF Természetföldrajzi Tanszékéről a chilei Diego de Almagro szigetre 2002-ben expedíciót szerveztünk. A szigeten a karbonátos (márvány) felszínnek karsztosodását tanulmányoztuk. E tanulmányban a márványsávok lepusztulási sajátosságait (felszínfejlődését) mutatjuk be. E folyamat a szigeten viszonylag jól tanulmányozható az alábbiak miatt.

- A márványsávok felszínét a jég hozta létre. Így e felszínnek kora fiatal, legfeljebb 10 ezer év.
- A karsztosodó felszínrészek kis kiterjedésűek, egymástól jól elkülönültek.
- A karsztosodás (karrosodás) intenzív.
- A karsztosodó (karrosodó) felszínrészleteken más felszínformálás nem, vagy csak kismértékben játszódik le. A karrosodás többnyire teljes mértékben talajnélküli karrosodás. Így a felszínfejlődési modellek megalkotása során gyakran egyetlen tényező figyelembevételére is elégséges.

## 2. Természeti viszonyok

A szigetet felépítő kőzetek a karbon végi tektogenezis során metamorfizálódtak (*MAIRE et al* 1999). Valószínűleg a sziget területe egy keletre dőlő – mára lepusztult – takaró gyökérszónája. A karbonátos kőzeteket a Tarlton formációba sorolják (*FORSYTHE-MPODOZIS* 1983), amely alsó karbon – felső perm korú és kis mértékű metamorfizációt elszenvedve márvánnyá alakult. A márványt lamprofir és bazalt intrúziók szabdalták sávokra, amelyek ugyancsak metamorfizálódtak (*MAIRE et al.* 1999). A márvány 2 vagy 3, néhány száz méter szélességű, közel É-D-i irányú pásztát alkot, függőlegesen beékelődve a már említett metamorf kőzetekbe (3. ábra).

Morfológiai megfigyeléseink szerint a sziget mai felszínének kialakításában a gleccserek két generációja vett részt. Az idősebb gleccserek által létrehozott völgyek közti kárgerincek és kárcsúcsok még észlelhetők. A fiatalabb gleccserek felemésztették az idősebb gleccservölgyek talpait. (Ez utóbbiak maradványai azonban helyenként még felismerhetők. Egyik kutatási területünk is egy gleccservölgytalp maradvány.) A fiatalabb völgyek talpát részben, vagy teljesen tengervíz töltötte ki.

A márványon kialakult karros formák Földünkön itt a legnagyobb méretűek (*MAIRE et al.* 1999). Ezt és a karrosodás egyéb sajátosságait az alábbi tényezők okozzák.

- a csapadék *MAIRE et al.* (1999) szerint elérheti a 8000 mm/évet, a becsült csapadékhullás naponta minimálisan több óra időtartamú is lehet,
- a nyugati szél sebessége *ZAMORA-SANTANA* (1979) szerint átlagosan 60-80 km/h, de előfordulnak 150-200 km/h szélökések is,

- a jég által formált felszín (pl. báránysziklák),
- a közetszerkezet (a márvány nem rétegzett, de hiányoznak a palásodási felületek is),
- a márványban 1-2 deciméteres vastagságban egyéb, nem karbonátos anyagú metamorf kőzet telérek fordulnak elő.

### 3. Karsztosodási szintek

A szigeten magasság és a megelőző felszínfejlődés szerint három karsztosodási szint különíthető el. A legfelső szint, amely az idősebb gleccservölgyek talpát a kárcsúcsokat és kárgerinceket foglalja magába 400 m feletti magasságú. A középső szint a fiatalabb gleccservölgyek lejtőit és azok talpára terjed ki. E szint magassága kb. 50-400 m között jelölhető ki. A harmadik szint a parti zónát foglalja magába és így 0 m ill. ehhez közeli magasságban (intertidális zóna) helyezkedik el.

#### 3.a. Magas helyzetű felszínének karsztosodása

Az a márványsáv részlet, amely az általunk részletesen kutatott területet is hordozza – két fjord (K-ról és Ny-ról), valamint két kárcsúcs (a Pelentaró és a Pic d’Avenir) között helyezkedik el (3. ábra). Kiterjedése K-Ny-i irányban legfeljebb 100-200 méter, míg É-D-i irányban 1-2 kilométer. K-Ny-i irányból meredek lejtőjű fjord oldalak határolják. É-i és D-i irányból a peremeitől befelé dől a felszíne. Ez a felszín báránysziklával tagolt. É-i irányban mintegy 8-10 méteres magasságú lépcsővel megy át a határoló térszínbe (4. ábra). E lépcső kialakulása a nem karbonátos metamorf kőzetnek a gyorsabb lepusztulására vezethető vissza. E lépcsőkkel határolt márvány felszín szegélyzónája alacsonyabb, nagyobb lejtésű és a lépcsők irányába dől, míg középső zónájának felszíne magasabb, kisebb dőlésű és változatos irányokba dőlhet (5. ábra).

A kis lejtésű márvány térszín – mint említettük – valószínűleg egy idősebb gleccservölgy talpának maradványa. E térszínen a karrosodásban a növényzetnek, vagy talajnak nincs szerepe tekintettel arra, hogy ezeknek még foltjai sem fordulnak elő, ill. e térszín alacsonyabb talajjal fedett környezetétől nem kap felszíni vizeket.

A márványsáv felszíneken talaj nélküli karrosodás játszódik le. A karrosodást befolyásoló tényezők a báránysziklák és a nyugati szél. A karrosodás során a márványsávon a formák részben övezetes elrendeződésben képződnek (VERESS M. et al. 2002). A márvány és nem karbonátos metamorf kőzet határon a már említett karsztos (karros) denudációs lépcsők

alakulnak ki (4. ábra). A lépcsők felső része meredek, alsó része aláhajló. A lépcsőt falikarrok tagolják. Ez utóbbi formák nagyméretűek, lefelé kiszélesednek és „scallopsok”-kal tagoltak. A lépcsőt több méteres párkány szegélyezi, amely a nem karbonátos metamorf kőzeten képződött. Ez utóbbi kialakulásának oka, a nem karbonátos metamorf kőzetnek a márványnál intenzívebb pusztulása, majd a márványfal karros eredetű hátrálása. A márványsávok felszínének külső részén kürtők képződnek. A sáv belső részén a báránysziklák között oldódásos medencék jönnek létre, amelyek vizét rinnek csapolhatják meg és vezetik a medence belseji, vagy peremi helyzetű kürtőkbe. A márványsáv egészét több méteres szélességű oldódásos eredetű hasadékok harántolják át és különítik részekre (5a. ábra, 5b. ábra).

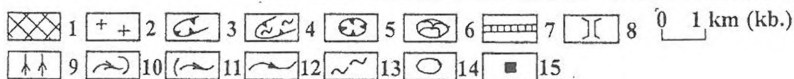
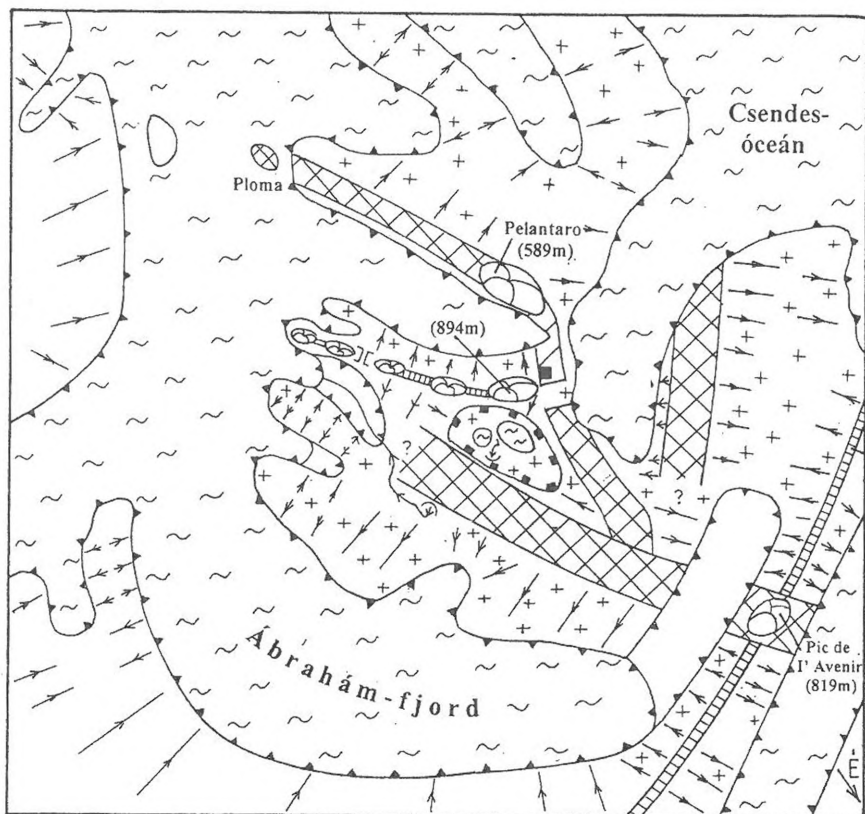
A jég pusztítása miatt báránysziklák és köztük alacsonyabb térszínnek (többé-kevésbé mélyedések) alakulnak ki. Ez utóbbiakból fejlődnek ki az oldódásos medencék. Az, hogy az oldódásos medencék kezdeti kiformalásában a jégnek szerepe lehetett bizonyítja, hogy területükön a jég visszahúzóását követően *HOBLEA et al.* (2001) szerint a lepusztulás 95 cm/10000 év. Ugyanakkor e formák különböző részein mélységük ennél nagyobb is lehet.

A báránysziklák szélárnyékos oldalán a csapadékvíz lefolyása akadálytalan és így viszonylag gyors. A szél felőli oldalon és a báránysziklák közti térszínen a csapadékvíz lefolyása lassúbb lesz. Egyrészt mert a lejtés kisebb (két bárányszikla közti kisebb lejtésű térszínen), másrészt a nyugati szél visszatartja a vizet, sőt kis mértékben még a lejtésiránnyal ellentétesen is mozgathatja. A szélnek kitett oldalon a szél hatásra örvénylés is végbe-mehet. Emiatt intenzívebb lesz az oldás, a lejtő ellankásodik.

A bárányszikla szélárnyékos oldalán lecsorgó lepelvíz az „*Ausgleichsfläche*”-n túljutó víz oldóképes lesz az alábbiak miatt:

- A lejtőn lefolyó víz fokozatosan kikerül a szélárnyékból. Intenzív szélhatás éri, emiatt nő a nyomás, valamint a turbulencia.
- A lejtő meredek, ami növeli a víz sebességét, és így a turbulencia bekövetkeztét.

Az oldóképes vizet a szél keleti irányba tereli, amely ezalatt a felszínt síkká oldja. Keleti irányba önmagával párhuzamosan hátráló, egyre meredekebb és magasabb lépcsőhomlok alakul ki. A lépcső kialakulás csak oldalirányú (laterális oldódással) jöhet létre. Az egyre szélesedő sík aljzaton csapadékos időszakban egyre nagyobb területű, időszakos tó fejlődik ki. A lépcső magasodást fokozza, ha a szélesedő medence aljzata a felületi oldódás következtében alacsonyabbra helyeződik. A medence talpak mélyülését bizonyítja a talpi medencék létrejötte, valamint a talpi karros tanúhegyek jelenléte némelyik medencében.

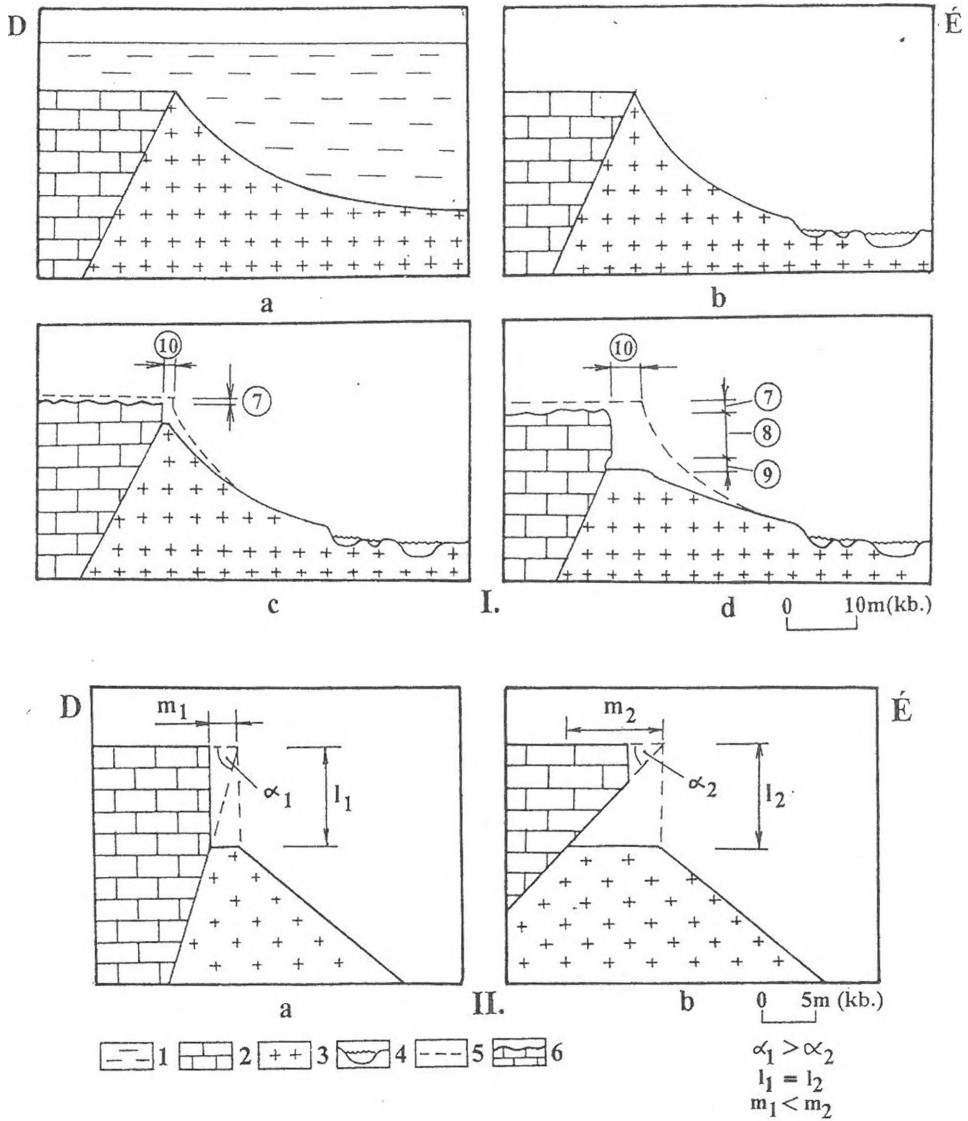


3. ábra: A kutatási terület

Jelmagyarázat: 1. márvány, 2. nem karbonátos metamorf kőzet, 3. gleccservölgy, 4. fjord, 5. sziklamedence, 6. kárscúcs, 7. kárgerinc, 8. nyereg, 9. lejtő, lejtésiránnyal, 10. víznyelő, 11. karszforrás, 12. vízfolyás, 13. tenger, tó, 14. sziget, 15. kutatási terület

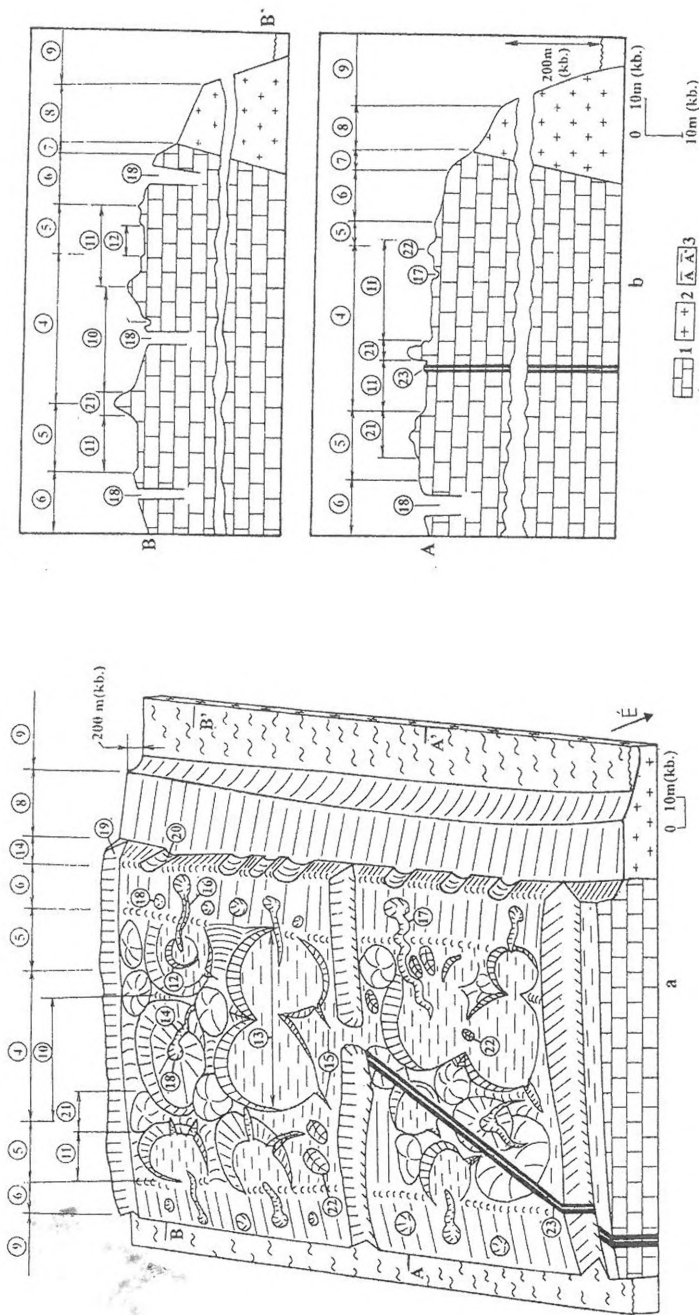
Fig. 3. The research area

Legend: 1. marble, 2. non-carbonate crystalline rock, 3. glacier valley, 4. fjord, 5. rock-basin, 6. 'kar-peak' 7. arête, 8. saddle, 9. slope, with dip direction, 10. ponor, 11. karst spring, 12. river, 13. see, lake, 14. island, 15. research area



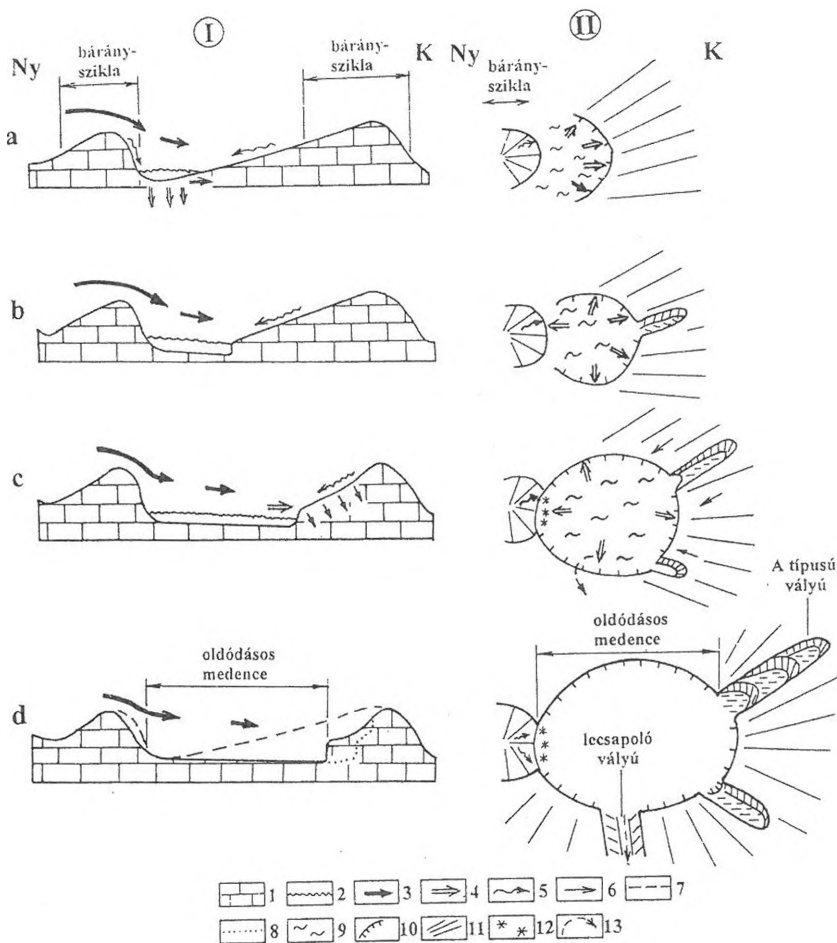
4. ábra: A karros lépcső hátrálása következtében kialakuló párkány (VERESS et al. 2003)  
 Jelmagyarázat: 1. jég, 2. márvány, 3. nem karbonátos metamorf kőzet, 4. sziklamedencés tó, 5. eredeti felszín, 6. a márvány karrosodó felszíne, 7. a márvány felületi leoldódása, 8. függőleges lépcsőrészlet, 9. aláhajló lépcsőrészlet, 10. a márvány kipreparálódó falának oldódásos hátrálása, I. a lépcső kialakulása, a. a jéggel borított térszínen szelektív denudáció játszódik le, b. a jég elolvad, c-d a karros lépcső kialakulása, II. a párkány szélessége és a kőzethatár dőlésszögének kapcsolata, a. kőzethatár dőlésszöge, l. lépcsőhomlok, m. párkány

Fig. 4. Bench develop because of backstepping of the karrenification step  
 Legend: 1. glacier, 2. marble, 3. non carbonat crystalline rock, 4. rock basin lake, 5. original surface, 6. the karrenification surface of the marble, 7. surficial dissolution of the marble, 8. vertical part of the step, 9. the overhang of the step, 10. the backstepping of the marble wall, I. the development of the step, a. selectional denudation happens under the glacier, b. the glacier will melt, c-d the development of the karrenification steps, II. the connection between the width of the bench and the angle dip of the rock boundary, a. the angle dip of the rock boundary, l. the head of the step, m. bench



5. ábra: A márványsáv karros formaegyüttesének elvi ábrája felülnézetben (a) és oldalnézetben (b) Jelmagyarázat: 1. márvány, 2. nem karbonátos metamorf kőzet, 3. keresztmetszet helye, 4. belső zóna középső része, 5. belső zóna külső része, 6. peremi zóna, 7. karros lépcső, 8. nem karbonátos metamorf kőzeten kialakult tejtű, 9. fjord, 10. belső oldódásos medence, 11. külső oldódásos medence, 12. talpi medence, 13. uvala oldódásos medence, 14. kártőt tápláló vályú, 15. oldódásos medencét tápláló vályú, 16. lecsapoló vályú, 17. meanderező lecsapoló vályú, 18. kártő, 19. hasadék, 20. falikarr, 21. bárányszikla, 22. karros „tanúhegy” 23. kipreparádított nem karbonátos metamorf betelepítés

Fig. 5. Theoretical figure of the karren form group of the marble zone, from above (a) and in profile (b)  
 Legend: 1. marble, 2. non carbonate crystalline rock, 3. cross-section site, 4. the middle part of the inside zone, 5. the margin part of the inside zone, 6. margin zone, 7. karren step, 8. step which developed on the crystalline rock, 9. fjord, 10. inner dissolution basin, 11. margin dissolution basin, 12. bottom basin, 13. uvala dissolution basin, 14. trough which feeds a pipe, 15. trough which feeds a dissolution basin, 16. decantation rummel, 17. meandering decantation rummel, 18. pipe, 19. grike, 20. Wandkarrren, 21. embossed rock, 22. karren 'inselberg', 23. non carbonate crystalline intercalation which has weathered out



6. ábra: Oldódásos medencék kialakulása

a. a báránysziklák között kialakuló tó vizét a Ny-i szél K-i irányba mozdítja el, b. a felszín leoldódásával lépcső alakul ki, amely K-i irányba önmagával párhuzamosan hátrál, c. a lépcsőt a K-ről határoló háttérterület felülete leoldódik, az itt kialakult vályúk vize is a medencékbe kerül, d. kialakul a medence lecsapoló vályúja, alaprajzon

(I): 1. márvány, 2. tó, 3. szél, 4. oldódás a tóban, 5. lepelvíz, 6. lepelvíz alatti oldás, 7. eredeti felszín, 8. „A” típusú vályú talpa, keresztmetszeten (II): 9. tó, 10. oldásos medence pereme, 11. háttérterület, 12. bárányszikla egykori pereme, 13. a medence túlfolyó vize

Fig. 6. The development of dissolution basins

Legend: a. the water of the lake which developed between some embossed rocks which will be moved from east to west by the wind, b. a step develop because of the dissolution of the surface, the step will back parallel with itself, c. the background which bounds the step from east will deepen because of dissolution, the water streams from the troughs developed on this surface will move to the basins, d. the decantation runnel of the basin develops, from above (I): 1. marble, 2. lake, 3. wind, 4. dissolution in the lake, 5. water-sheet, 6. dissolution under water sheet, 7. original surface, 8. the bottom of the „A” type trough, cross-section (II): 9. lake, 10. the margin of the dissolutional basin, 11. background area, 12. the original margin of the embossed rock, 13. the decantation water of the basin

A medence fejlődését segíti a megcsapoló vályú kialakulása, mert ez a telített víz elvezetését nagymértékben gyorsítja.

A medence keleti falának hátrálása elősegíti, hogy a keleti háttérterület felszíni vizei a lépcsőjén folyjanak le (növelve ezáltal ott az oldódást, így hozzájárulnak annak ellankásodásához). Az időszakos tó peremén körkörös minden irányban fellép a laterális korrózió. A sík aljzatú medence fokozatosan kör alaprajzúvá is fejlődik (6. ábra).

A márványsávok felszínén számos kisebb, a felszínfejlődés szempontjából nem számottevő forma is kialakul (pl. fodorkarrok, maradványformák, stb.), amelyek bemutatásától e tanulmányban eltekintünk.

### 3.b. Közepes magasságú térszinek karsztosodása

A sziget fiatalabb gleccservölgyei hosszabb-rövidebb szakaszaikon márványban képződtek. A völgyoldalakat báránysziklák tagolják.

A báránysziklás völgyoldalokban a karsztosodás két szintje alakult ki. Az alsó szintet a báránysziklák között a növényzettel, talajjal fedett, nehezen járható karszt képezi. Itt a növényzet, a talaj és a kőzet szinte egy rendszert képez. E rendszernek a leírása sem könnyű. A karrok nem, vagy alig különíthetők el a mezokarsztos formáktól. Az aljzatot korhadó fák között és alatt medrek (fedőüledékben), aknák, kürtök, hasadékok tagolják. E szintből emelkednek ki a báránysziklák, amelyeknek a völgy belseje felé forduló oldallejtője hosszú és meredek, átellenes, völgyperemi oldallejtője rövid és lankás, míg tetőszintjük enyhén lejtős felszínű.

A báránysziklák alsó, meredek lejtőit elsősorban falikarrok jellemzik, de előfordul néhány tetőszintről átnyúló, kürtőhöz vezető vályú és hasadék. A tetőszint karrformái nem mindig kapcsolódnak a fentebb említett oldallejtő karrformáihoz. A tetőszint és az oldallejtő karos zónái közé „*Ausgleichsfläche*” felszínnek ékelődhetnek. A tetőszinten nem nagy gyakorisággal a vályúk fejlődnek ki. A vályúk lépcsősek, vagy medencék felfűződése során képződnek. Előfordulnak roncsmeanderek is. A vályúk és meanderek kiékelődnek. Gyakoriak a saroknyomok és „*scalops*”-ok.

### 3.c. Parti zóna karsztosodása

A parti zónában három forma ill. formaegyüttes különíthető el, amelyek az alábbiak:

- Különböző állatok, főleg kagylók által létrehozott gyűszükarlsru formák a jellemzőek, amelyek a kőzetet „*szivacsossá*” alakítják.
- Az intertidális övet, ha meredek vertikálisan fejlett karos formák tagolják.

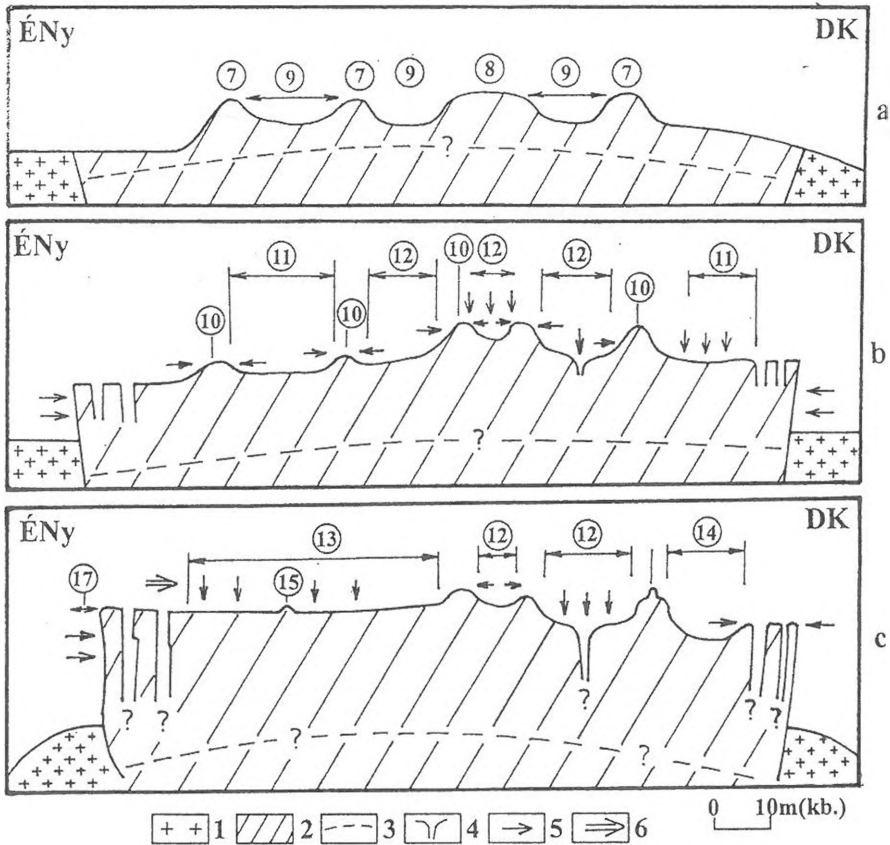
- A jelenlegi intertidális öv felett (szupratidális öv) több szintben oldalirányban kiékelődő 1-2 deciméteres magasságú színlők alakulnak ki. A színlökhöz vályúk vezetnek, ill. azokat átharántolhatják.

#### 4. A márvány különböző magasságú szintjeinek felszínfejlődése

Az idősebb gleccservölgytalpak maradványainak márványsávjai a nem karbonátos metamorf térszínnek fölé magasodnak, miután utóbbiak a jég hatására intenzívebben pusztulhattak. A márványsávok pereme karrosodással intenzíven pusztul. Ezt bizonyítja a márványsáv lépcsőjének tövében a nem karbonátos metamorf kőzeten kialakult párkány (4.I. ábra). A párkány a márvány meredek falának hátrálása során jött létre. Ennek nagysága nemcsak az oldódás intenzitásától, hanem a márvány és a nem karbonátos metamorf kőzet határának térbeli helyzetétől is függ (4.II. ábra). A márványsáv(ok) pusztulása két irányból történik. Egyrészt a szegélyező falak hátrálása miatt a sáv szélessége csökken, másrészt a felszínének oldódása miatt (pl. oldódásos medence) csökken a magassága. Ugyanakkor a sávok feltagolódnak, részekre különülnek a kürtők és hasadékok kialakulása miatt (7. 8. ábra).

A közepes magasságú szinten a báránysziklák területén a szél hatása a karrosodásra kisebb. (Szélnek kevésbé kitett felszínekről, a magaslatokról a víz gyorsan lefolyik.) A lepelvíz korlátozott kiterjedésű. Emiatt és a vályúk nem nagy gyakoriságú kifejlődése miatt a tetőszint karros lepusztulása kismértékű.

A vályúk, de főleg a kürtők és a hasadékok kis száma nem kedvez a tetőszint feltagolódásának, részekre különülésének. A fentiek a bárányszikla kis területével (keves a felszínére hullott csapadék, a víz gyorsan lefolyik) magyarázhatók. A tetőszint viszonylag jól konzerválódik. A báránysziklák között térszín intenzíven alacsonyodása miatt e szint és a báránysziklák tetőszintje közt a magasságkülönbség nő. A báránysziklák egyre inkább környezetük fölé magasodnak. Mivel a báránysziklák alsó, meredek lejtője falikarokkal tagolt, a lejtőjük alsó része egyre meredekebb lesz. Az alsó karsztosodási szint a rovásukra terjeszkedik (9. ábra).

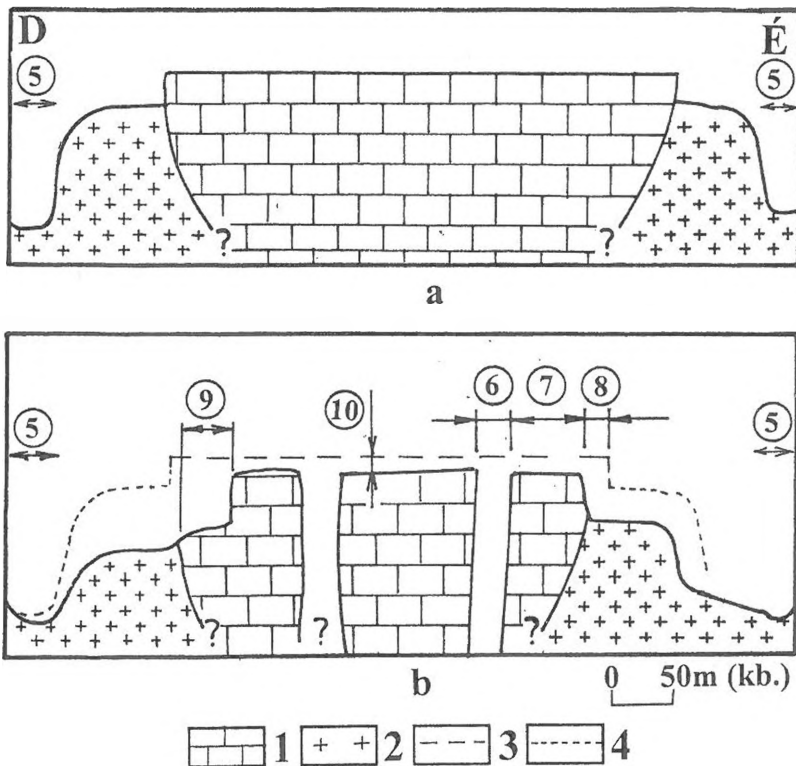


7. ábra: A márvány felszínének fejlődése

Jelmagyarázat: 1. nem karbonátos metamorf kőzet, 2. márvány, 3. karsztvízszint, 4. kürtő, 5. oldódás, 6. kürtőkép-ződés vándorlása, 7. kis kiterjedésű bárányszikla, 8. nagy kiterjedésű bárányszikla, 9. sziklamedence, 10. oldódás-sal pusztuló bárányszikla, 11. peremi oldódásos medence, 12. belső oldódásos medence, 13. uvala oldódásos medence, 14. belső oldódásos medence mélyülése miatt kialakuló második generációs oldódásos medence, 15. bárányszikla roncs, 16. bárányszikla maradvány, 17. márványsáv oldalfalának hátrálása, a. a jég visszahúzódása utáni felszín, b. oldódásos medencék (belső zóna) és kürtők kialakulása (külső zóna), c. oldódásos uvalák kialakulása, báránysziklák egy részének pusztulása, újabb oldódásos medencék kialakulása (jelenlegi és jövőbeni állapot)

Fig. 7. The development of the marble surface

Legend: 1. non carbonate crystalline rock, 2. marble, 3. karst water level, 4. pit, 5. dissolution, 6. the migration of the pit development, 7. small embossed rock, 8. great embossed rock, 9. rock basin, 10. embossed rock which denudates by dissolution, 11. margin dissolution basin, 12. inner dissolution basin, 13. uvala dissolution basin, 14. secondary dissolution basin which developed because of dissolution deepening of the inner dissolution basin, 15. the fragments of the embossed rock, 16. the remnant of the embossed rock, 17. backstepping of the side wall of the marble zone, a. surface after the withdraw of the glacier b. development of dissolutional basins (inner zone) and pits (margin zone) c. development of dissolutional uvalas, the destruction of the some embossed rocks, the development of the newer dissolutional basins (state recently and in the future)

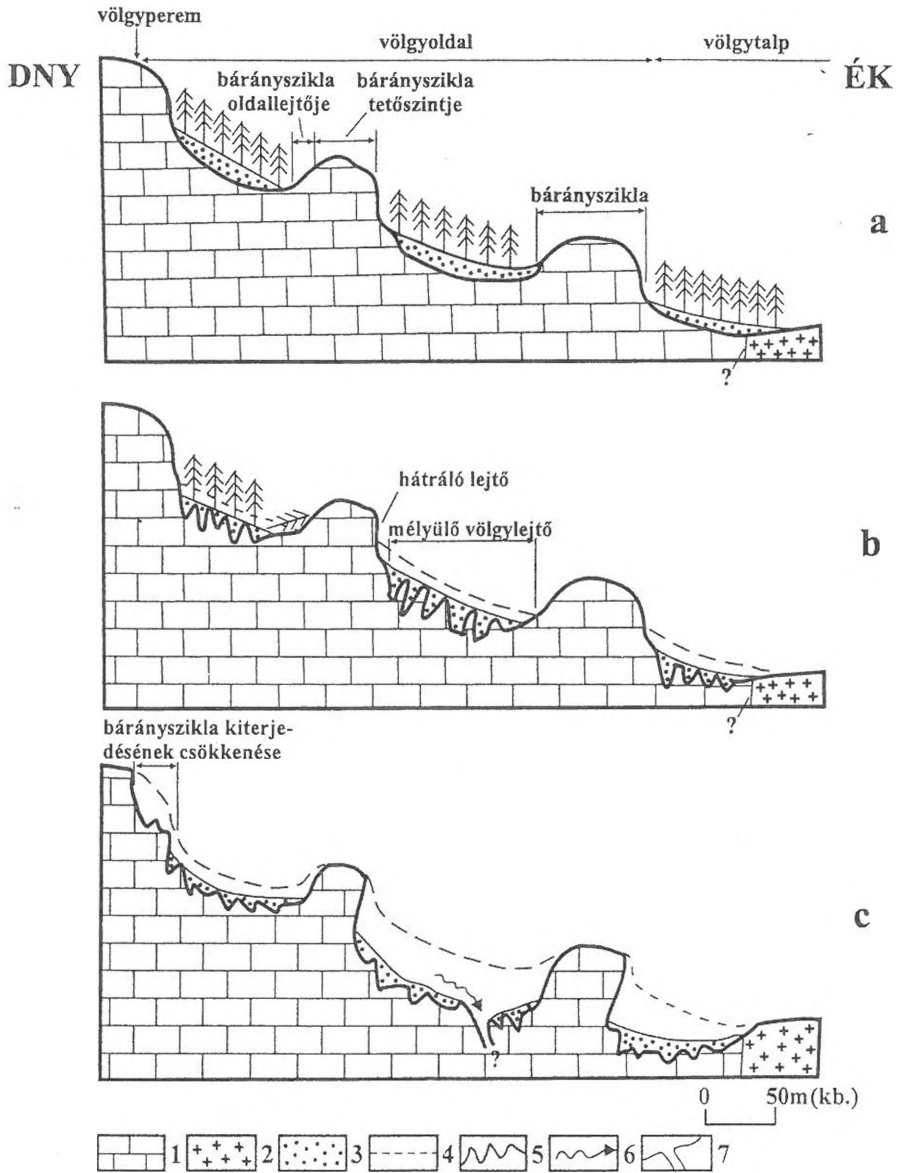


8. ábra: Egy márványsáv általánosított karros lepusztulása

Jelmagyarázat: 1. márvány, 2. nem karbonátos metamorf kőzet, 3. márvány eredeti felszíne, 4. nem karbonátos metamorf kőzet eredeti felszíne, 5. fjord, 6. hasadék, 7. kürtökkel feltagolt márványfelszín, 8. márványsáv oldalfalának hátrálása, 9. a márványsáv oldalfalának felső része hátrálása miatt eltávolodik a kőzethatártól, alacsonyabb alsó részén kürtökkel tagolt felszín képződik, 10. a márványsáv felszínének oldódásos eredetű pusztulása, a. kezdeti állapot, b. jelenlegi állapot: a márványsáv részekre különül magassága, de főleg szélessége csökken

Fig. 8. The karrentification development of the a marble zone

Legend: 1. marble, 2. non-carbonate crystalline rock, 3. the original surface of the marble, 4. the original surface of the non-carbonate crystalline rock, 5. fjord, 6. fissure, 7. marble surface which are dissected by pits, 8. the backstepping of the marble step, 9. the upper part of the wall of the marble zone will depart from the rock boundary and a surface with pits will develop on its lower part, 10. the dissolution destruction of the surface of the marble zone, a. phases incipient, b. phases recently: the marble zone will be dissected by fragments, its surface and its width will decrease



9. ábra: Egy közepes magasságú márványfelszín karsztos felszínfejlődése  
 Jelmagyarázat: 1. márvány, 2. nem karbonátos metamorf kőzet, 3. talaj, növényi hulladék, 4. eredeti felszín, 5. karsztos felszín, 6. vízfolyás, 7. barlang

Fig. 9. The karstification development of a medium altitude surface (on marble)  
 Legend: 1. marble, 2. non carbonate crystalline rock, 3. soil, plant litter, 4. original surface, 5. karstification surface, 6. brook, 7. cave

## 5. Összefoglalás

- A szigeten három karsztosodási szintet különítettünk el. A felső és középső szinten a felszínfejlődést a báránysziklák irányítják. A felső szinten azonban a felszín lepusztulásának jellegére a szél is nagy mértékben hatással van. A csapadékvíz mozgásával elősegíti a márvány felületi lepusztulását.

- A felső szinten a márvány sáv részekre különül, de csökken a magassága (felületi karrosodás), valamint a kiterjedése (a karros lépcső hátrálása miatt) is. A középső szinten a völgylejtők karsztos (és karros) folyamatok hatására pusztulnak. E felszínnek a báránysziklák rovására oldalirányban is növekednek. A báránysziklák oldalirányú kiterjedése viszont csökken.

## IRODALOM

*BROOK, G. A.-FEENEY, T. P.* (1996): Morphology and denudation of quartzite and limestone pavements in Southern Africa and North America: are they small scale versions of labyrinth karst? - In: FORNÓS, J. J. - GINÉS, Á. (szerk.): Karren Landforms p. 25-39, Universitat de les Illes Belears, Palma de Mallorca

*BROOK, G. A.-FORD, D. C.* (1978): The origin of labyrinth and tower karst and the climatic conditions necessary for their development - Nature 275, p. 493-496.

*CVIJIĆ J.* (1924): The evolution of lapiés a study in karst physiography, - Geogr. Rev. XIV, p. 26-49.

*DAY, M. J.* (1978): Morphology and distribution of residual limestone hills (mogotes) in the karst of northern Puerto Rico - Bull. Geol. Soc. Am. 89. p. 426-432.

*FORSYTHE, R.-MPODOZIS, C.* (1983): Geologia del basamento pre-jurásico superior en el archipelago Madre de Dios, Magallanes, Chile-Servicio Nacional de Geología y Minería, Chile, Bol., p. 39-63.

*GRUND, A.* (1914): Der geographische Zyklus im karst - Z. Ges. Erdkunde, 52. p. 612-640.

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

*MAIRE, R.-L'équipe Ultima Esperanza-PERNETTE, J. F.-FAGE, L. H.* (1999): Les „glaciers de marbre” de Patagonie, Chili - Un karst subpolaire océanique de la zone australe - Karstologi 33, p. 25-44.

*VERESS M.-ZENTAI Z.-TÓTH G.-CZÖPEK I.-SZUNYOGH G.* (2002): A szél hatása a márvány karrosodására Diego de Almagro (Chile) szigetén – Földr. Ért. (megj. alatt)

*WILLIAMS, P. W.* (1966): Limestone pavements with special reference to Western Ireland - Inst. Brit. Geogr. Trans., 40. p. 155-171.

*WILLIAMS, P. W.* (1971): Illustrating morphometric analysis of karst with examples from New Guinea – Zeit. Geomorph. 15. p. 40-61.

*ZAMORA, E.-SANTANA, A.* (1979): Características climáticas de la costa occidental de la Patagonia entre las latitudes 46°40' y 56°30' s – Anales Inst. Patagonia, 10. p. 109-154.

