

## PSZEUDOKARSZTOS JELENSÉGEK VIZSGÁLATA KORZIKÁN

FÜREDI VALÉRIA<sup>1</sup> – SALLAY ENIKŐ<sup>1</sup> – SÁSDI LÁSZLÓ<sup>2</sup> – FUTÓ JÁNOS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Magyar Külkereskedelmi Bank

<sup>2</sup>Magyar Állami Földtani Intézet 1143 Budapest, Stefánia krt. 14.

<sup>3</sup>Bakonyi Természettudományi Múzeum, 8420 Zirc, Rákóczi tér 1.

*Abstract: We took part in a Corsican expedition, which was organized by László Jakucs in May 2000. We examined tafoni – it is a pseudokarstic form like a spherical niche – in different rock types: granite, gneiss, greenschist, Tertiary conglomerate, calcareous sandstone. In the metamorphic rocks the cavities are parallel with the plane of schistosity. In the sedimentary rocks the extended hollows were preformed by the layer planes. We saw other pseudokarstic phenomena on granitic surfaces: roundish, flat "bird watering troughs" formed on about horizontal surfaces besides "bobsleigh course forms" and "rill erosion forms" that are channels of different depths on steep granite cliffs. We explain the origin of the first one by chemical weathering and the second one by water erosion. We made macroscopic and microscopic descriptions from our samples and we examined these by using X-ray diffraction and major element analysis. After all we can conclude that the major forming factors are: climate that influences chemical weathering, evaporation and the fluctuation of temperature as well as physical weathering, wind and exfoliation.*

### 1. Bevezetés

A gránit mállása során rendkívül érdekes felszíni formakincs képződhet, ennek tanulmányozására Magyarországon sajnos igen kevés a lehetőség. A Korzika szigeten ismert formákra Dr. Jakucs László hívta fel a figyelmet egy 1999. évi előadása során, melyben elsősorban a tafonikra helyezte a fő hangsúlyt. Véleménye szerint – bár kialakulásukban több tényező is szerepet játszik – nem hagyható figyelmen kívül a szingenetikus keletkezési mód sem. Az üregek ebben az esetben a gránit lassú kihűlése során az olvadátkban megrekedt gázbuborékok maradványüregei lehetnek. Jakucs L. 2000. május 14-28 közötti időszakra hívott meg néhány szakembert egy korzikai tanulmányútra, melynek mi is részesei lehettünk. Az alábbiakban ennek a tanulmányútnak, e tanulmány szerzőinek a szakmai tapasztalatait foglaljuk össze.

### 2. Korzika geológiája és a gránit vázlatos morfológiai bemutatása

A sziget É-D-i kiterjedése 180 km, K-Ny-i 80 km. Partvonala erősen tagolt, meredek sziklás, kivéve a K-i oldalt, mely sík, homokos part. Ezen az oldalon jellegzetes abráziós teraszok láthatók. A sziget legmagasabb hegység-

ge a Monte Cinto (2710 m), az átlag magasság 578 m. A jelenlegi magasságkülönbségek posztmiocén mozgások során keletkeztek.

A sziget 9000 km<sup>2</sup>-es területe geológiailag 2 részre tagolható (*I. ábra*). Az ÉK-rész a Nyugati-Alpok folytatása, mely közvetlenül a Provence-i térséghez tartozott. Nizza térségében a Ligur-tenger alá bukó szubalpi láncok Korzika keleti hegyvidékén bukkannak ismét felszínre. A sziget mai helyzetét a terciér során Korzika-Szardínia 50°-os, K-i irányú elmozdulása eredményezte. Ez a forgás ÉNy-on térnövekedést K-en viszont térrövidülést eredményezett, ennek következtében a ligur szerkezeti egység ofiolitos képződményei Ny-felé rátolódtak a sziget alaphegységi képződményeire. A metamorf, ofiolitos képződmények a sziget területének ¼-ét foglalják el (*FISHER, W. 1999*).

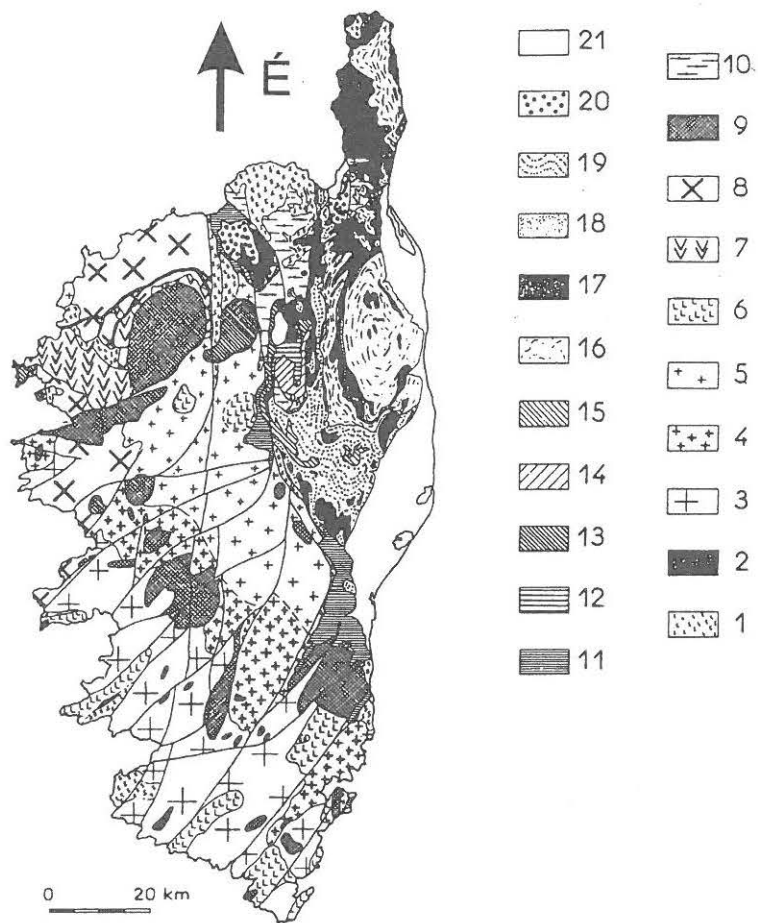
A sziget DNy-i része idős, variszkuszi eredetű, mely a sziget területének 2/3-át alkotja. Dominánsan hercini granitoid kőzetek alkotják, melyeket helyenként vulkáni telérek szelnek át. A hercini kőzetek Szardínián is folytatódnak. A szigetnek ez a része Dél-Franciaország idős masszívumaihoz (Fekete-hegység, Maures-Esterel-Tanneron) hasonló (*DELGA, M. D. 1978*). Ahol az alpi és az idős korzikai egység közti határvonal fut, É-D-i központi depresszió található (*DELGA, M. D. 1978*).

Az üledékes kőzetek közül fontos megemlíteni a terciér mészhomokkővet, mely Bonifacio meredek tengerpartját alkotja. A sziget É-i részén ugyancsak többfelé előfordul a terciér konglomerátum.

A gránitra elsősorban a zsákos, párnás morfológia a jellemző. Ezek a formák általában a kis magasságú térszínek gránit szirtjeire jellemző, melyek növény és talajmentesek. Előfordulnak egy-két m<sup>2</sup>-es, valamint több tíz m<sup>2</sup>-es felületek és tömbök. A gömbölyöttség mértéke eltérő, a gömbölyöttebb forma elsősorban a sziklafelzártsíneken levő, kőgomba jellegű tömbökre jellemző, ez a fejlettebb – lepusztultabb – forma. Hasonló forma sivatagi és szavanna területekről is ismert. Egyes útbevágásokban tapasztaltuk, hogy a gránit jelentős vastagságban murvásodott, s a murva üde, illetve kevésbé mállott, kerek kőzettömböket zárt magába.

A kőzetfelszíneken általában mm-m vastagságú leválási kőzethéjak láthatók, vagy szintén héjasan lepattogzó néhány mm-cm-es, FeO- ill. MnO<sub>2</sub>-dal átítatott mállási kérgék.

A felszíneken ismert gömbölyded sziklatömbök különálló, legurult kőzettömbökből keletkeztek. A mállás leginkább a tömb sarokpontjainál érvényesült, a folyamat során fokozatosan alakult ki a mállásnak jobban ellenálló, legkisebb támadási felületet adó kvázi gömb forma.



1. ábra: Korzika vázlatos geológiai térképe

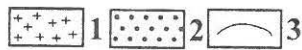
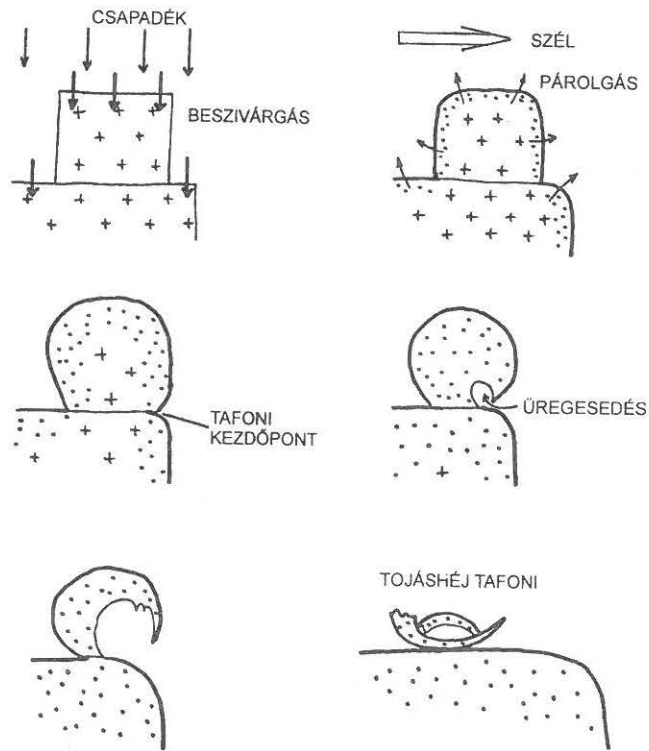
Jelmagyarázat: 1. Gránit előtti metamorf és paleozoós sorozat, 2. Gabbro-diorit, 3. Granodiorit és monzogranit, 4. Granodiorit és tonalit, 5. Granodiorit és monzogranit, 6. Leukokrata gránit, 7. Mészalkáli vulkanit, 8. K-os szubalkáli sorozat, 9. Alkáli, anorogén komplexum, 10. Kelet-korzikai gránit, 11. Autochton sorozat, 12. San Angelo egység, 13. Corte egység, 14. Santa Lucia egység, 15. Bagliacone-Rivantose egység, 16. Castagniccia sorozat, 17. Ophiolit, 18. Santa Pietro di Tenda sorozat, 19. Insecca sorozat, 20. Sekély allochton egység, 21. Neogén és kvarter

Fig. 1. Geological map of Corsica

Legend: 1. Crystalline rock and Palaeozoic tier, which earlier than the granite, 2. Gabbro-diorite, 3. Granodiorite and monzogranite, 4. Granodiorite and tonalite, 5. Granodiorite and monzogranite, 6. Leucocratic granite, 7. Calc-alkalic volcanic, 8. K-contain subalkalic tier, 9. Alkalic, anorogenic complex, 10. East-Corsica tier, 11. Autochthon tier, 12. San Angelo unit, 13. Carte unit, 14. Santa Lucia unit, 15. Bagliacone-Rivantose unit, 16. Castagniccia tier, 17. Ophiolite, 18. Santa Pietro di Tenda tier, 19. Insecca tier, 20. Allochthon unit, 21. Neogene and Quaternary



2. ábra: A korzikai tanulmányút útvonala  
 Fig. 2. Our study-tour on Corsica



3. ábra: Tafonik keletkezésének elvi sémája  
 Jelmagyarázat: 1. üde gránit, 2. mállott gránit, 3. mállási kéreg  
 Fig. 3: Phasis of tafoni development  
 Legend: 1. granite, 2. altered granite, 3. weathering crust

### 3. A tafonik

#### a. Mi a tafoni?

A tafoni szó geomorfológiai terminus, melyet *PENCK, A.* (1894) használt először korzikai gránitok tanulmányozása során. *TERMIER, H.* (1963), majd *JENNINGS, J. N.* (1968) definiálta a korzikai dialektusból származó kifejezést, mely függőleges falú, kristályos kőzetben kialakult méhsejt üreget jelöl. A tafonik keletkezésének legkülönbözőbb fajtáit írták le a világ számos pontjáról. A tapasztalatok alapján a nedves trópusi klímát kivéve mindenféle éghajlati feltételek mellett kialakulhatnak e formák. A tafonik gyakoriak a mediterrán-, sivatagi- valamint poláris területeken, tengerparti és tengertől távoli helyeken egyaránt megtalálhatók. Az anyakőzet is igen változatos lehet: mélységi magmás (gránit, diabáz), kiömlési magmás (riolittufa) üledékes (homokkő, mészkő), metamorf (gneisz, kristályos pala) egyaránt. Az üregek mérete eltérő, természetesen a kialakulás kezdetén lehet centiméteres, a fejlettebbek viszont több métereseek. Ausztráliában a Vörös Szikla arkózás homokkővében 20 m-es is előfordul (*BALÁZS D.* 1982).

#### b. Kutatástörténet

A tafonikat kialakító tényezők területenként különböző súllyal szerepelhetnek, ezek tekintetében a kutatók között általában széleskörű vita bontakozott ki. Alapvető fontosságú a kialakító tényezők figyelembe vételekor, hogy a tafoni milyen éghajlati feltételek mellett keletkezik.

*TERMIER H.* (1963) méhsejt üregeknek írta le a tafonikat, melyek véleménye szerint mindig dél felé néző kőzetfelszínen alakulnak ki. *SEGERSTROM K. et al.* (1964) Atacama sivatagbeli tapasztalatai azt mutatják, hogy a legtöbb nyílás az uralkodó szélirányba tekint. A szerzők szerint a kialakulásban a legfontosabb tényező a szélerozió, emellett a csapó eső, a fagyás, az inszoláció, a külső-belső nedvességtartalom különbsége, de a hidratáció és sómarás is szerepet játszhat a folyamatban.

*RÁDAI Ö.* 1980-ban spanyolországi miocén mészkövekben kialakult tafonik vizsgálatokkor a tafoni kialakulásának hatótényezőiként a kőzetminőséget és a klímát látta, miszerint a levelesen elváló-porlódó anyag a gravitáció hatására lehull, s az a szél által el szállítódik.

Az apró üregek képződését (méhsejtes mállásforma) *MUSTOE, G. E.* (1982) sókristálynövekedéssel magyarázta, mely a tengerparton természetesen tengeri eredetű. Kutatásait a Cascade-hegységben elsősorban arkózán végezte. Hasonló következtetésre jutott *BRADLEY W. C. et al.* (1978) és

TWIDALE C. R. (1976, 1982) is, akik számos helyen vizsgálták ezen formák képződését, szerintük is a fő tafoniformáló tényező a sókristálynövekedés. KLAER W. (1973) a korzikai tafonik esetében jutott ugyanerre a megállapításra. TWIDALE C. R. *et. al.* (1963) hangsúlyozta továbbá a közetszerkezet ill. a szövet fontosságát.

Más éghajlati feltételek között képződött tafonik esetében hasonló megállapításra jutott MATSUKURA Y. *et. al.* (1989), aki szerzőtársaival a tengeri hullámverés és a sómarás szerepét hangsúlyozta. Japánban a Boso szigeten konglomerátumban, homokkőben és agyagkőben kialakult tafonikat vizsgálta.

DRAGOVICH D. (1966) dél-ausztráliai kutatásai során jutott arra a következtetésre, hogy a csapadékvíz egyenetlen lefolyása a kőzetfelszínen, valamint a talajnedvesség a sziklák lábánál eltérő intenzitású mállási folyamatot idéz elő.

BALÁZS D. (1982) sivatagi tanulmányútjainak tapasztalatai alapján a hidrolízist találta a tafoniképződés legfőbb tényezőjének.

CAMPBELL S. W. (1998) a hidratáció szerepét hangsúlyozta, mely az ásványok térfogatnövekedését idézi elő, amely ezáltal repeszi a kőzetet. A sókristálynövekedésnek és a fizikai mállásnak kisebb jelentőséget tulajdonított. Kutatási területe Arizona középső része.

CSUTÁK M. *et. al.* (2000) szerint a korzikai tafonik esetében szingenetikus üregképződés is valószínűsíthető, vagyis a magmaolvadék kigázosodása során a kihülő olvadékba belefagytak a gázbuborékok (mely elsősorban CO<sub>2</sub> lehetett).

### *c. Terepi észlelések, következtetések*

Tanulmányutunk (2. ábra) során a tafonikat az alábbi helyeken tanulmányoztuk.

#### *Tafonik grániton*

A leglátványosabb morfológiai elem gránitos területeken, mely Korzikán a tengerszint feletti 1-2 m-es szinttől 1500 m-es tszf. magasságig előfordul. Számunkra újdonságnak számított, hogy Korzikán metamorf palában és miocén mészhomokkőben is megtalálhatók a tafonik, illetve tafoni jellegű üregek. Méretük cm-től több méter átmérőig terjed. Korzikán a tafonik sziklafalakban és önálló kőzettömbökben egyaránt előfordulnak, helyileg tengerparton és tengerparttól távoli helyeken, magashegységi körülmények között kitett sziklafalakon (alárendelten), valamint fiatal szurdokvölgyekben – a



legalsó zónát kivéve – egyaránt megtalálhatók. Az üreg mindig gömbölyű, homorú (gömbfülke jellegű) felületekkel határolt, a felső részeken a gömbfelületet kisebb üregek tagolják, melyek kezdő üregeknek tűnnek. Mivel némi különbség mutatkozik az egyes területek képződményei között, ezért a meglátogatott legfontosabb területeket külön-külön ismertetjük.

A Desert des Agriates, magyarul gránitsivatagot jelent. Már a nevéből is következik, hogy a terület igen kopár, a növényzetet szűrős, macchia bozót képviseli. Az itt észlelhető nagy napi hőingadozás a kitett kőzetfelszínre repesztő hatással van. Tafonikat minden égtáj irányában találtunk. Igen gyakoriak voltak, méretük változatos, de maximum 1-2 métereseket láttunk.

Ravellata félszigeten a tafonik megtalálhatók a tengerparton és attól 1-2 km-re D-re is, a szárazföld belsejében. Az üregek teljesen szabálytalan alakúak, eloszlásúak, méretűek. A kőzetfelszíneket vizsgálva megállapítható, hogy először a biotit, aztán a földpát pereg ki a kőzetből, végül kipreparálódva megmarad a kvarc. Ha a földpát nagy méretű (több centiméteresek is előfordultak), akkor az is megmaradhat kipreparálódva.

A félszigeten néhol aplitelérek szelik át a gránitot tektonikai hasadékok mentén (hálózatosan). Ezekben a helyeken az aplit marad meg kipreparálódva a kőzetből és körülötte mállik el a gránit. Gyakoriak az ultrabázis telérek is, melyekben ugyancsak találtunk apró, 10-20 cm-es tafoni jellegű üregeket.

A félszigettől DK-re levő területen (Madonna della Serra) a tafonik ugyancsak minden égtáj irányában megtalálhatók, méretük eléri a több méteres átmérőt is. Az üregek itt is szabálytalan eloszlásúak, alakúak. Jellemző a FeO-os, MnO-os kéreg, melyen belül a kőzettömb erősen mállott. A kőzettömb belseje levelesen mállik. Előfordul, hogy a nagy üregeken belül, – melyet napellenzőként véd a lelógó kéreg – sok apró üreg alakult ki. Ezek az üregek naptól védett helyen találhatók, ahol kisebb a párolgás.

A terület egyik kőfejtőjében megállapítható volt, hogy a kőzet – a legfelső 2 m-t kivéve – ép, masszív, nem mállott, üregeket egyáltalán nem láttunk a szálkőzetben.

Lumioban a tengerparton bázisos kőzettelérek szelik át a gránitot, de gyakoriak itt az 5-10 cm-es bázisos zárványok is. Általában a zárványok mállottak el, mivel a fő alkotók – a biotit és az amfibol – kevésbé ellenállóak. A repedések mentén gyakori, hogy apró üregek összenövéséből nagy, barlangszerű üregek keletkezhetnek. Számos ilyen több méter magas üreget láttunk a tengerparton, melyek abrúziós barlangokhoz hasonlóan, kis üregek láncszerű összekapcsolódásával keletkeztek a kis méretű tafonikból a tengeri hullámverés hatására. A nagy sziklatömbök aljában található tafonik ugyanakkor pusztulnak az abrúzió hatására.



Les Calanche (Vörös Sziklák) környékén a tengerparton ill. attól 1-2 km-re, 400 m tszf. magasságig magas gránittornyok alakultak ki függőleges repedések mentén. A gránit keményebb, ellenállóbb, mint a Ravellata-félszigeten, a gránittornyok között tektonikus hasadékvölgyek láthatók. Itt a tafonik függőleges tektonikus vagy közel vízszintes hülési repedésekhez kapcsolódnak. A tafoni kialakulása negatív exfoliációnak tekinthető.

Golo-szurdokban, a Golo-folyó völgyében keskeny autót út vezet végig. A szurdok fala meredek, helyenként több száz méter magas. Tafonik a szurdok mindkét falán, – az alsó 40 m kivételével – teljes magasságban, igen sűrűn megtalálhatók. Méretük rendkívül változatos. Az egészen apró üregektől a több méter átmérőjű, barlangszerű üregekig.

Col de Bavella kb. 10 km-re a tengertől, 1000-1200 m tszf. magasságban elterülő kopár hegyvidék. Ezt a területet télen hó borítja. Itt belül üreges oszlopos formák találhatók gránitban, melyek képződésében a kifagyás, valamint a tavaszi hóolvadáskor lezúduló olvadékvizek mállasztó hatása egyaránt szerepet kaphat.

#### *Tafoni jellegű képződmények más kőzeteken*

Gneiszben apró tafoni jellegű üregeket láttunk a sziget ÉK-i részén Bastiából a gránitsivatag felé vezető út mentén. Ebben a kőzetben a tafoni jellegű üregek lényegesen ritkábban fordulnak elő, mint a gránitban, és a méretük is kisebb. Az üregek a palásság síkja mentén található, elnyújtott formájúak.

A sziget ÉK-i részén Nonza környékén a zöldpalában található a tafoni jellegű üregek. Ezek általában a tenger felé néző hegyoldalon, a palássági síkok mentén helyezkednek el. A palássági síkok vezették el a beszivárgó csapadékvizet, mely a kőzetet lokális ásványtani összetételétől függő mértékben oldotta, vagyis ott alakultak ki elnyújtott üregek, ahol a kőzet kevésbé ellenálló, oldható ásványokat tartalmazott.

A sziget É-i részén terciér konglomerátumban, D-i részén mészhomokkőben láttunk tafoni jellegű üregeket. Mindkét kőzettípus esetében elnyújtott üregeket észleltünk, melyeket a réteglapok preformáltak. A miocén mészhomokkőben látott tafoni jellegű üregek esetében a keletkezést fizikai mállásnak tulajdonítjuk. A mészhomokkő igen mállékony, összemossott kagylóvázak töredékeiből áll. Ebben az esetben a homokszemcsék kipergése játszik szerepet, mely a mésszel kötöttebb lencsékben alárendelt, így itt lencsecsomókkal tagolt boltozatok jönnek létre. A tengeri hullámverés alámossa a partot, így ezen esetekben érthető, hogy az üregek alulról felfelé harapozását az abrázió továbbformáló hatása fokozza. Érdekes, hogy né-

hol a boltozatokban a trópusi tufacseppkövekhez hasonló képződmények láthatók.

#### 4. A kialakító tényezők

Az egyes formák képződésekor meghatározó az anyakőzet típusa (ásványos összetétel, rétegzettség ill. ennek hiánya, ásvány illetve szemcseméret), tektonikai preformáltság (paláság), a felszín lejtése, a csapadék mennyisége és eloszlása, a tengerszint feletti magasság, szélirány és szélerősség, inszoláció.

Korzika klímája mediterrán. Nyáron nagy a forróság ( $20^{\circ}\text{C}$  feletti középhőmérséklet), a csapadék kevés (215 mm), míg télen bőséges (520 mm) a csapadék, a középhőmérséklet  $10^{\circ}\text{C}$  körüli. A szeles napok száma a keleti oldalon a 190-et is eléri, a sebesség gyakran a 100 km/h-át is meghaladja. Az uralkodó szélirány a DK-i. A lehetséges párolgás mértéke az évi közepes csapadékmennyiséget 60 mm-el haladja meg.

Kémiai mállásra a vasas, mangános kéreg jelenléte utal, mely a biotit hidrolíziséből származtatható. A kőzet belsejében a mikrorepedések mentén az oldatok a szelek hatására létrejövő párolgás következtében kapillárisan mozognak, majd a kőzet felszínén kiválik belőlük a limonit és egyéb oxihidroxidok, melyek a kőzetfelszínen egy kemény, a mállásnak jobban ellenálló kérget hoznak létre. Erre utal, hogy a tafonik kérgében magasabb a  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$  mennyisége, a tafoni belső, mállott részéhez viszonyítva. A belső részben viszont több a  $\text{Na}_2\text{O}$ . Az oldási kezdeményeknek alacsony a  $\text{Na}_2\text{O}$  tartalma, a tafoni kérgéhez hasonlóan. Szintén alacsony a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  tartalma, valamint a  $\text{CaO}$  tartalma.

Ez a kemény, ellenálló kéreg védi a külső zónát a lepusztulástól, míg a mögötte levő belső régió tovább mállik. Ezt a mállási folyamatot az exfoliáció készíti elő.

Az üregek alján összegyűlt gránitmurva azt bizonyítja, hogy a folyamat jelenleg is aktív. A tafonik belső falán a vékony kőzetlemezek kézzel leszedhetők (negatív exfoliáció).

A külső kőzetfelszín könnyen megreped az intenzív hőingadozás következtében. A hőingadozás hatása a tafoni belsejében csekélyebb, mint a külső kőzetfelszínen, mivel az egy árnyékos belső üreg.

A fizikai mállás sem elhanyagolható, mivel a kémiai mállással erősítik egymás hatását. Az erős szelek az aprózódás során keletkezett gránitmurva anyagát elszállítják, így teszik szabaddá a még bontatlan kőzetfelszínt.

A tengeri hullámverés hatása a korzikai tafonik képződése szempontjából elhanyagolható, inkább továbbformáló, illetve elpusztító szerepe van. A ten-

gerparti gránittafonik magasabb helyzetű sziklatömbök lepusztulása során kerültek jelenlegi helyzetükbe. Az állandó hullámverés zónájában tafonimentes, legömbölyített felszínű kőzettömbök vannak.

## 5. Következtetések

Egyértelműnek tűnik, hogy a tafoni a zsákos-párnás lepusztulás köz-benső szakaszában kezd kialakulni (3. ábra), s általában egy adott, törésekkel és litoklázisokkal határolt sziklatömb aljában, felfelé és befelé haladva. A kialakulásban feltehetően az játszik szerepet, hogy a kőzettömb a felszíni kéreg alatt egyre inkább mállottá válik.

A kémiai mállás, hidrolízis hatására a biotitok Fe-, Mn-, Si-tartalma, valamint a földpátok Si-tartalma kioldódik, majd az ezeket szállító oldatok a párolgás miatt a kőzet felszíne felé migrálnak. Az oldatokból a kicsapódás végül oxidos formában történik a kőzetszélén. Mivel a kialakuló tafonikéreg a további mállási folyamatokkal szemben igen ellenálló, így a kémiai mállás továbbra is a belső részeket bontja.

Kvarc több van a tafonik kérgében, mint a belső, mállott részen és az oldási kezdeményben, amely a kifelé migráló  $\text{SiO}_2$  tartalmú oldatokból válhatott ki. Földpát több van a tafonik belsejében. A földpát nem mállott ki a belső zónákból, a biotit viszont anyagásvánnyá bomlott le. Ezt igazolja a montmorillonit és az illit jelenléte a tafonik kérgében, melyek a kémiai mállás során képződtek. Halit nem volt kimutatható, vagyis a sókristály-növekedésnek feltehetően nincs szerepe a tengerpart közeli tafonik képződésében. Mivel a sópermetből kiváló só a csapadék hamar leöblíti, így lehet, hogy a sókristályosodás hatása csak az időtényezőt figyelembe véve nem számottevő.

A kéreg egységes gömbhéja csak felül és oldalt védi a kőzettömböt, míg alul, a tömböt alulról határoló vízszintes törésfelület mentén ez a kéreg nem tud kifejlődni. A tafoni üregének kezdő pontja ott alakulhat ki, ahol a felső és alsó kőzettömb között megszűnik az érintkezés. Ekkortól mindkét szabaddá vált, közel vízszintes kőzetszélén megindul a gömbhéjas mállás, az alsón lefelé, a felsőn felfelé. Ez esetben az aprózódás legkönnyebben a kéreg mögötti mállott kőzetben halad felfelé, így az üreg külső, bejárat felőli részét általában egy vékony, felfelé vastagodó kéreg alkotja. Ezen belül csak a mállott kőzet található, melynek néhol porló felületén ugyancsak héjas elválások tanulmányozhatók, melyek anyaga az aljzatra hullik. A lehullott anyag tovább bomlik, aprózódik, a legfinomabb frakciót az erős szelek elszállítják, helyet biztosítva az újabb mállási termékeknek. Az aprózódási folyamat egyre nagyobb térfogatú üreget hoz létre. Fejlett tafoni esetben –

tehát a le- és kipusztulás végső fázisában – már csak egy gömbhéj alkotja az üreg falát, melynek anyaköze végül egyensúlyát veszítve felborul, s széttörik.

## 6. Függelék

A makroszkópos és a vékonycsiszolatos leírást követően 8 mintáról készült röntgenvizsgálat és főelem-analízis. A röntgenvizsgálat a MÁFI laboratóriumában készült PW 1710-es számú PHILIPS RTG Pordiffraktométerrel. A mérést Kovács-Pálffy Péter végezte el. A kémiai elemzést a MÁFI laboratóriumában LiBO<sub>2</sub>-os feltárással, JOBIN YVON JY 70-es számú ICP-OES készülékkel Ballók Istvánné, Szalka Edit és Horváth Zsolt végezte.

### Mintajegyzék

#### *Vékonycsiszolatok*

Pizzéria-völgyi zöldpala (2 db); Calvi, Ravellata-fsz.-i gránit (7 db).

#### *A vékonycsiszolatok kőzetanyagának makroszkópos általános leírása*

Kőzet neve: gránit. Világosszürke-világosbarna színű, közép-durvaszemcsés kőzet. Benne lilás, xenomorf kvarc (2-10 mm), fehér, hipidiomorf földpát (2-10 mm), mely néhol zöldes, bontott és biotit (mm-es) a fő alkotók. A biotit mennyisége elenyésző a földpát és a kvarc mellett. Gyakori a biotit limonitosodása ill. kloritosodása. A biotit és a földpát gyakran kipergett a kőzetből, helyét apró lyuk jelzi a kőzet felszínén. A kőzet belsejében nincsenek meg ezek a lyukak. Felülete egyenetlen, mivel a kvarc kipreparálódva megmaradt a kőzet felszínén.

Kőzet neve: zöldpala. Sötétzöld színű, finomszemcsés és világosabb zöld közepszemcsés sávok váltakozásából álló kőzet. Palás. Helyenként szerpentinés a felülete. Néhol klorit- ill. kvarcér szeli át.

#### *A vékonycsiszolatok kőzetanyagának mikroszkópos általános leírása*

Kőzet neve: monzogranit. Közép-durvakristályos kőzet.

*Kvarc:* xenomorf, benne idiomorf mikroklin található.

*Mikroklin:* xenomorf, kereszttrácsolzott ikres, pertites, zárványai: idiomorf szericites plagioklász, biotit, kvarc.

*Plagioklász:* szericites, lehet zónás, oligoklász.

Járulékos elegyrészek:

*Biotit:* igen kevés, opak ill. apatit zárványos, erek mentén limonitosodik, vagy kloritos.

*Opak, titanit, leukocén, apatit, ortit, hematit, limonit, agyagásvány.*

Kőzet neve: zöldpala. Finomszemcsés kőzet.

*Klorit:* kékeszöld színű. Thüringit.

*Epidot:* apró zömök, ill. oszlopos megjelenésű.

*Gránát:* széttöredezett, kloriterek szelik át. Rózsaszín. Almandin.

Járulékos elegyrészek:

*Kvarc:* xenomorf szemcsehalmaz.

*Hematit, limonit, zoizit.*

Kőzet neve: kékpala. Finomszemcsés kőzet.

*Glaukofán:* oszlopos megjelenésű.

*Epidot:* oszlopos.

Járulékos elegyrészek:

*Kvarc:* xenomorf szemcsehalmaz.

*Hematit, limonit, zoizit.*

## IRODALOM

- BALÁZS D.* (1982): A sivatagok világa. – Gondolat Kiadó, Budapest p. 88-92.
- BRADLEY, W. C.-HUTTON, J. T.-TWIDALE, C. R.* (1978): Role of salts in development of granitic tafoni South Australia. – *Journal of Geology* Vol. 86, p. 647-654.
- CAMPBELL, S. W.* (1998): Chemical weathering associated with tafoni at Papago Park, Central Arizona. – *Earth Surface Processes and Landforms* Vol. 24. 3. p. 271-278.
- CSUTÁK M.-JAKUCS L.* (2000): A korzikai gránittafonik morfogenetikai problémái. – *Közlemények a Pécsi Tudományegyetem Földrajzi Intézetének Természetföldrajz Tanszékéről.*
- DELGA, M. D.* (1978): Corse. – Paris.
- DRAGOVICH, D.* (1966): Granite lapies at remarkable rocks, South Australia. – *Rev. Geomorph. Dynam.* Vol. 18, p. 8-16.
- FISHER, W.* (1999): Korzika – egy mediterrán sziget tájrajza. – *Földrajzi Közlemények CXXIII. (XLVIII.) kötet* 1999. p. 201-208.
- JENNINGS, J. N.* (1968): Tafoni. *The Encyclopedia of Geomorphology* (Szerk. R. W. Fairbridge). – Reinhold Book Corp., New York, Amsterdam, London, p. 1103-1104.
- KLAER, W.* (1956): Verwitterungsformen in Granit auf Korsika. – *Pet. Geogr. Mitt. Ergänzungsheft* 261.
- KLAER, W.* (1973): Untersuchungen zur klimagenetischen Geomorphologie im Granit auf Korsika. – *Geogr.z.* Vol. 33, p. 247-260.
- MATSUKURA, Y.-MATSOUKA, N.-YANO, N.* (1989): A preliminary study on tafoni and honeycombs in Nojimazaki, Boso Peninsula, Japan. – *Ann. Rep. Inst. Geosci., Univ. Tsukuba*, no. 15, p. 29-32.
- MUSTOE, G. E.* (1982): The origin of honeycomb weathering. – *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 93, p. 108-115.
- PENCK, A.* (1894): *Morphologie der Erdoberfläche.* – Engelhorn, Stuttgart.
- RÁDAI Ö.* (1980): Tafoni képződés karbonátos kőzetben, É-Spanyolországban. – *Karszt és Barlangkutatás IX.* p. 93-106.
- SEGERSTROM, K.-HENRIQUEZ, H.* (1964): Cavities or "tafoni" in rock faces of the Atacama desert, Chile. – *Geological Survey Research* 501-C, p. C121-C125.
- TERMIER, H.* (1963): *Erosion and Sedimentation.* D. van Nostrand Compl. Ltd, London.
- TWIDALE, C. R.-CORBIN, E. M.* (1963): „Gnammas”. – *Rev. Geomorph. Dyn.* Vol. 14, p. 1-20.

*TWIDALE, C. R.* (1976): Analysis of granite landforms. – John Wiley and Sons Australasia Pty Ltd, Sydney, New York, London, Toronto, p. 280-300.  
*TWIDALE, C. R.* (1982): Granite landforms. – Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, New York, Oxford.