

ADALÉKOK A KORZIKAI TAFONIK MORFOGENETIKÁJÁHOZ

VERESS MÁRTON¹ – ZENTAI ZOLTÁN¹ – PÉNTEK KÁLMÁN²

¹Berzsényi Dániel Főiskola, Természetföldrajzi Tanszék, 9700 Szombathely,
Károlyi Gáspár tér 4. vmarton@fs2.bdtf.hu, zzoltan@fs2.bdtf.hu

²Berzsényi Dániel Főiskola, Matematika Tanszék, 9700 Szombathely, Kár-
olyi Gáspár tér 4. pentek@fs2.bdtf.hu

Abstract: In the study we present the tafonis of the Corsican granite. We examined the composition of the granite, we measured the size of the tafonis towards different elongated direction. We could analyse the shape of the tafonis by using their sizes. We derive the development of the tafonis from the denutation of the rock along the spheroidal surface. We consider tafonis as such forms, which could develop primarily earlier. It may be happen under climate which is different from nowadays.

1. Bevezetés

2000 tavaszán Jakucs László kezdeményezésére a BDF Természetföldrajzi Tanszékéről tanulmányutat szerveztünk Korzikára. (A szakembergárda kiegészült néhány geológussal.) Az út célja a gránittafonik tanulmányozása volt.

A tafoni kifejezést *PENC, A.* (1895) használta először. A kifejezést a korzikai tájnyelvből kölcsönözte (tafoni, egyes számban tafone). Eredeti jelentése ablak, üreg. *Penc A.* a tafoni alatt a korzikai gránitba mélyülő üregeket értette. A tafoni kifejezést tehát kezdetben egészen szűk értelemben használták. Kizárólag a gránit és ezen belül is a korzikai, szardíniai gránitok jellegzetes üregeit értették alatta.

Később a fentebb említett területeken kívül a Föld számos térségéből is leírtak tafoni formákat, továbbá a tafoni elnevezést kiterjesztették más kőzetek üregeire is. *KELLETTAT, D.* (1980), Szantorinról és Krétáról, *MATSUKURA, Y.* et al. (1989) *MATSUKURA, Y.* – *MATSUOKA, N.* (1991) Japánból, *CALKIN, P.* – *CAILLEUX, A.* (1962) az Antarktiszról, *BRADLEY, W.C.* et al. (1978), *DRAGOVICH, D.* (1969), *BALÁZS D.* (1982) és *GILL, E.D.* (1981) Ausztrália D-i részeiről említenek tafonikat, *VILES H.* – *PENDECOST, A.* (1994) Dél-Afrikából, *MOTTERSHEAD, D.N.* (1994) Angliából, *ROBINSON, D.A.* – *WILLIAMS, R.B.G.* (1994) Csehországból, *SEGERSTROM, K.* – *HENRIKQUEZ, H.* (1964) Chiléből, *RÁDAI Ö.* (1980) Spanyolországból, *MUSTOE, G.E.* (1982) és *CAMPBELL, S.W.* (1998) az USA-ból (Cascade-hegységből és Arizónából) írtak le tafonikat.

A gránit mellett riolitról (*SEGERSTROM, K. – HENRIKQUEZ, H. 1964*), metamorf palákról, pl. zöldpaláról (*MOTTERSHEAD, D.N. 1994*), gneiszről, (*DRAGOVICH, D. 1969*), üledékes kőzetekről (homokkő, konglomerátum és arkóza) is említenek tafonikat (*KELLETTAT, D. 1980, MATSUKURA, Y. et al. 1989, MATSUKURA, Y. – MATSUOKA, N. 1991, BALÁZS D. 1982, GILL, E.D. 1981, VILES, H. – PENTECOST, A. 1994, MOTTERSHEAD, D.N. 1994, ROBINSON, D.A. – WILLIAMS, R.B.G. 1994, MUSTOE, G.E. 1982, CAMPBELL, S.E. 1998*). Egyes nézetek szerint azonban akár mészkövön is kialakulhatnak tafonik (*SMITH, B.J. 1978, RÁDAI Ö. 1980*).

A formák mérete is tág határok között szóródhat, a néhány centimétertől a több 10 m-ig. Újabban a kis méretű formákat méhsejt üregek néven szokás elkülöníteni (*TERMIER, H. 1963, KELLETTAT, D. 1980, GILL, E.D. 1981*).

A tafonik genetikáját tekintve is megoszlanak a vélemények. *TERMIER, H. (1963)* szerint a tafonik mindig D-re néznek, *SEGERSTROM, K. – HENRIKQUEZ, H. (1964)* Atacama-sivatagbeli megfigyelései szerint a tafonik nyílásai mindig az uralkodó szélirányba tekintenek. Véleményük szerint a tafonik fő kialakító tényezője a szélérozó. A fentiek mellett más tafoni kialakulási elképzelések is ismeretesek. Így inszolációval, kifagyással, sókristály növekedéssel (*MUSTOE, G.E. 1982*), sómarással, szélmarással, abrázióval, kavitációval, hidratációval, hidrolízissel, mállással magyarázták létrejöttüket. A kőzetfelszín erőteljesebb felmelegedése és ennek következtében a repedéshálózatban történő oldatok bepárlódása, illetve a külső és belső felszín közötti eltérő intenzitású és eltérő jellegű fizikai és kémiai mállással hozta kapcsolatba a tafoni képződést *FÜREDI V. et al. (2001)*. *CSUTÁK M. – JAKUCS L. (2000)* szerint szingenetikus üregesedés (az olvadék gázosodik) során képződnek.

2. Korzika geológiai felépítése

A sziget területe geológiailag két részre különül. Az északkeleti rész a fiatalabb, az Alpok Ny-i vonulatainak a folytatását képezi. Szoros genetikai kapcsolatot mutat Provance térségével, ahonnan a terciérben szakadt le és 50°-os keleti rotációval került a mai helyére. A forgómozgás eredményeképpen K-felé térrövidülés történt, aminek következtében a ligur szerkezeti egység ofiolitos képződményei Ny-felé rátolódtak a sziget alaphegységi képződményeire. Az ofiolitos eredetű zöldpala sorozatokat magába záró metamorf képződmények a sziget ÉK-i részén nagy területi elterjedésben figyelhetők meg (*FISHER, W. 1999*).

A sziget délnyugati részén idős variszkuszi eredetű kőzetek bukkanak a felszínre. Zömében variszkuszi eredetű gránitoidok, amiket gyakran ütnek át bázisos vulkáni telérek, illetve a gránitoid testekhez vulkáni lávatestek csatlakoznak (pl. Les Calanche térségében). Ez a terület a dél-franciaországi Fekete-hegységgel, Maures-Esterel-Tanneronnal mutat szoros rokonságot (DELGA, M. D. 1978). Az alpi és az idős korzikai szerkezeti elemek varratvonalán húzódik a "központi depresszió" (DELGA, M. D. 1978).

Fiatallépcsős képződmények csak alárendelten jelentkeznek Korzikán. Emelítésre érdemes közülük a sziget D-i részén Bonifacio környékén található terciér mészhomokkő. Fiatallépcsős esetleg kvarter képződmények közé sorolható az ép, üde gránitot több méter vastagon befedő mállott gránitmurva.

A sziget keleti partvonala sík, homokos, emelkedő partvonal abrúziós teraszokkal és a magasabb helyzetű abrúziós teraszokból kiinduló hegyláb felszínekkel. Az északi és a nyugati partszakasz meredek, süllyedő terület, tagolt, abrúziós formakincsű partszakaszokkal. Les Calanche térségében a meredek partot alkotó vulkáni agglomerátum felszínét 10-20 cm vastag csokoládébarna mállási kéreg fedi. A sziget legmagasabb pontja a 2710 m magas Monte Cinto. Ennek térségében már glaciális formák, cirksz völgyek, kisebb gleccservölgyek, kárscúcsok és kárgerincek jellemzőek.

3. A tafonik morfológiája

A tafonik morfológiai leírásához használjuk a tafoni alak és a tafoni bemélyültségének fogalmát. E fogalmak alatt az alábbiakat értjük.

- Tafoni alaknak a formának a gömbtől való eltérését tekintjük.
- Tafoni bemélyültség alatt azt értjük, hogy a forma valamely képzeletbeli alakzatnak (gömb, ellipszoid) hányad részét teszi ki.

A tafonik főbb morfológiai jellemzői az alábbiak.

- A tafonik közelítően ellipszoid alakúak. Azért csak közelítően, mert az elméleti ellipszoid alaktól eltérnek. Az eltérés vonatkozhat mind annak mértékére (a tafoni adott pontján a tafoni és az ellipszoid felülete közti eltérés nagysága), mind kiterjedésére (a tafoni felület hányad részén áll fenn az ellipszoidtól az eltérés).
- A tafonik bemélyültsége igen eltérő mértékű lehet. Előfordulhatnak olyan kevésbé bemélyült tafonik, amelyek az ellipszoidnak csak igen kis hányadát teszik ki (alig mélyednek a kőzetbe), valamint nagyobb mértékben bemélyült tafonik (amelyek majdnem, vagy teljesen zárt üregek). A két említett alak között számos átmenet fordul elő.

- A tafonik egymáshoz viszonyított helyzete is igen változatos lehet. Leggyakoribbak az egyszerű tafonik (egyetlen bemélyedés), de gyakoriak az összetettek is. Ekkor a nagyobb első generációs tafoni falába úgynevezett második generációs tafonik mélyülnek. Többszörösen összetett tafonik is előfordulhatnak. E formákban a második generációs tafonik falán további, harmadik generációs tafonik mélyülnek. Az első generációs tafonik tekinthetők főtafoniknak (másképpen hordozó-, vagy anyatafoninak), míg a második- vagy harmadik generációs tafonik résztafoniknak. Ritkábban, de fellelhetők ikres tafonik (két közel hasonló méretű tafoni kapcsolódik egymásba).

- A nagyobb tafoni falán előforduló tafonik elhelyezkedhetnek annak mennyezeti részén, de az oldalfalán is, hiányoznak viszont az aljatról. A résztafonik, ha csoportosan fejlődnek ki, gyakran nem különülnek el egymástól. Ilyenkor a tafonikat elválasztó keskeny gerincek fokozatosan lealacsonyodnak, a két résztafoni egyetlen tafoniba megy át.

- A tafonit határoló kőzet akkor, ha gránit ellipszoidban alakult ki többnyire kis vastagságú.

- A tafoninak egy, de akár több nyílása (ablaka) is lehet. Az ablak lehet hasadékszerű, vagy körkörös. A hasadékszerű nyílás elhelyezkedhet a tafoni mennyezeti részén is. Utóbbi esetben valószínűleg utólagos felnyílás történt.

- A tafoni alsó részén a bezáró kőzet nem folytonos kifejlődésű. A kőzetben kifejlődött változatos szélességű hasadék mentén a tafoni alak is módosul. A határoló falfelület inkább sík, mintsem íves. Megemlítenéd továbbá, hogy a felület a tafonin kívül a bejárat alatt meredek dőlésű, a tafoni bejáratnál rendszerint lépcső is megfigyelhető.

- A tafoni nyílásának síkja (amely alatt a nyílás peremeire fektetett síkot értjük) változatos helyzetű lehet. Ha a bejárat síkja vízszintes, akkor a tafoni bejárata nyílhat lefelé, vagy felfelé.

- A tafonik morfológiai környezete is változatos lehet. Leggyakrabban gránit ellipszoidok oldalában vagy belsejében fejlődhetnek ki. Előfordulhatnak azonban a gömbhéjas szerkezet pusztulásával kialakult lépcsők völgy oldalában, töréslépcsőn, közel síkká lepusztult hullámos térszínen, vagy különböző genetikájú magaslatok, hegyek oldalában.

4. Vizsgálati módszerek

Vizsgálatainkat a korzikai gránittafonikra összpontosítottuk, bár Korzikán is előfordulnak más kőzeteken tafonik, mint pl. zöldpalán, vagy mészhomokkövön.

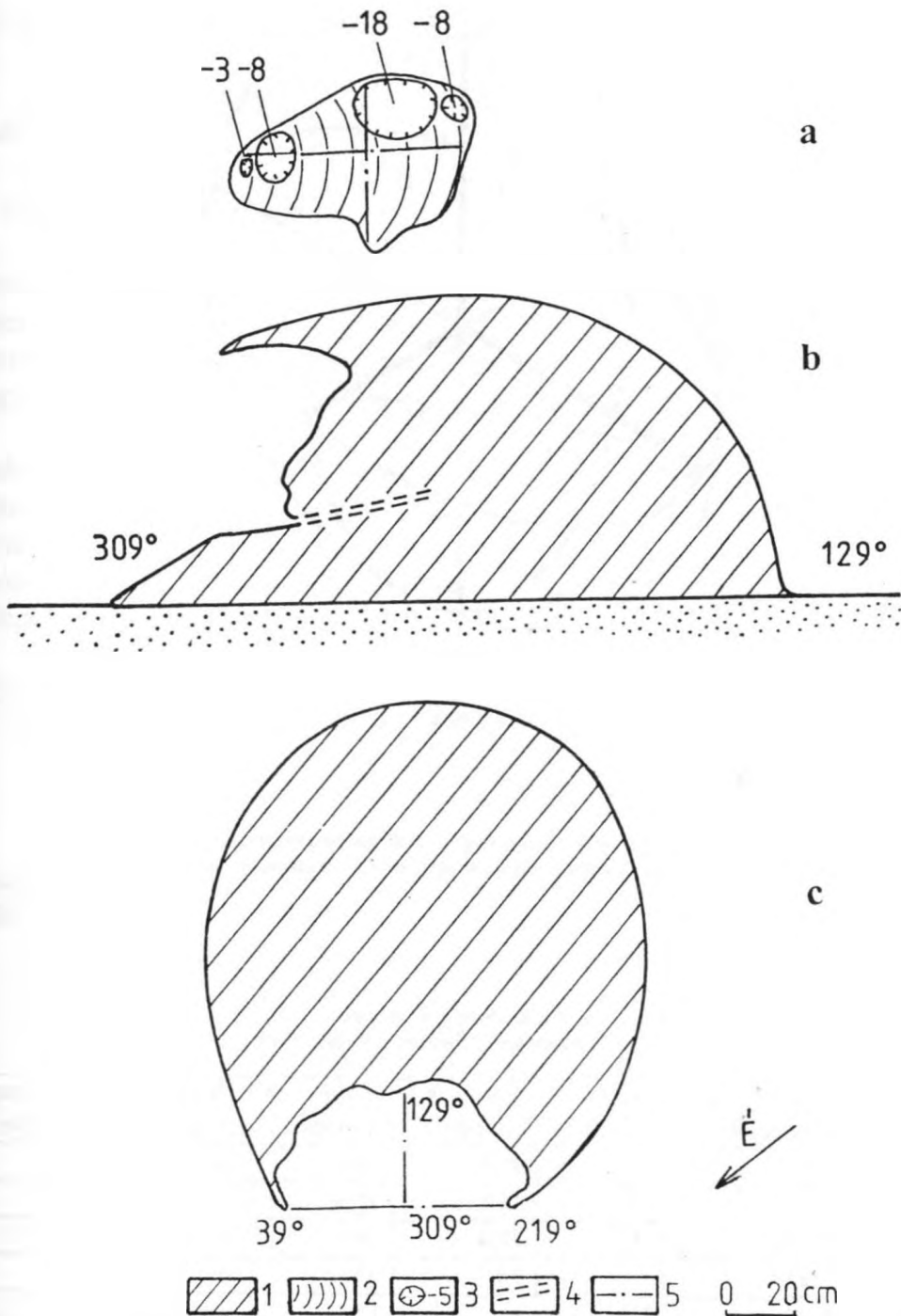
Megfigyeléseket folytattunk F. de Bavella vidékén, a Désert Des Agriates területén, Calvi környékén, a Golo folyó völgyében és a Portoi-öböl partvidékén (1. ábra). A terepi megfigyeléseket a jellegzetes formák szelvényezésével, illetve felmérésével egészítettük ki (2. ábra). Kőzetmintákat gyűjtöttünk a tafonikat alkotó gránitokból és azokat röntgendiffrakciós vizsgálat alá vetettük (1. táblázat).

Öt mintaterület tafonijain mértük a tafonik méretbeli kiterjedését három irány mentén. A mérések során a tafonit 3-tengelyű ellipszoidnak tekintve a 3 főirány mentén megmértük az alakzat átmérőjét. Először meghatároztuk azt a vízszintes helyzetű síkot a tafoni belsejében, amelynek a tafoni által határolt területe a legnagyobb. Ezután e síkban kijelöltük a legnagyobb átmérő irányát, s mértük ennek nagyságát, amelyet $2a$ -val jelölünk. Ezt követően a fentiekben rögzített horizontális síkban merőlegest állítottunk az imént meghatározott $2a$ hosszúságú legnagyobb átmérőre annak O felezőpontjában. Mértük az így meghatározott merőleges átmérő hosszát, amelyet $2b$ -vel jelölünk. Végül a $2a$ és $2b$ hosszúságú szakaszokat tartalmazó horizontális síkra állított függőleges irányban is mértük a tafoni kiterjedését a $2a$ és $2b$ hosszúságú szakasz O metszéspontjában. Ez az érték megadja a forma vertikális kiterjedését, amelynek nagyságát $2c$ -vel jelöljük (3. ábra). A felvételezés során rögzítettük a tafoni morfológiai jellemzőjét is (egyszerű, vagy összetett tafoni). Összetett tafoniknál a rész tafonik adatait külön-külön is mértük.

A mérések során nehézséget okozott a roncsolódott, pusztuló félben lévő tafonik felvétele. E formáknál a hiányzó részeket képzeletben kiegészítettük és a felméréseket úgy végeztük el, mintha teljes tafonikat vizsgálnánk. Ezeknél a méréseknél természetesen növekedett a mérés pontatlansága, utóbbi esetben becslésünk szerint a mérések $\pm 3-6$ cm-es pontossággal készültek. A továbbiakban a lényegében ép és roncs állapotú tafonikat is egységesen tárgyaljuk, s úgy tekintjük, mintha egy $2a$, $2b$, $2c$ nagyságú átmérőkkel rendelkező 3-tengelyű ellipszoid felületek, illetve annak egyes darabjai lennének.

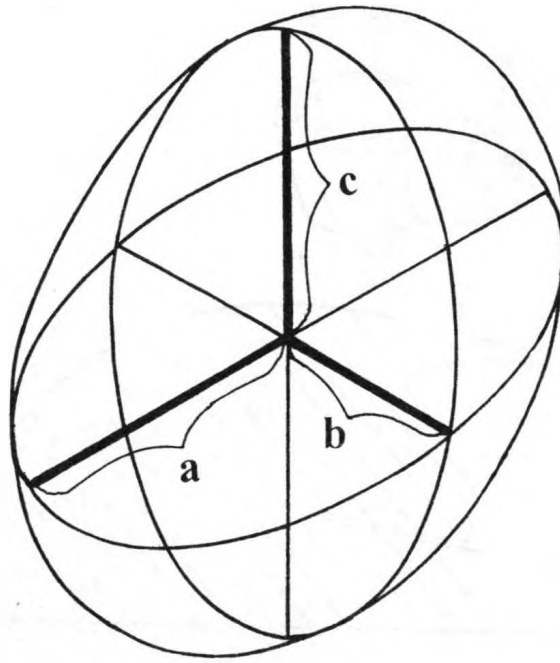


1. ábra: A vizsgálati helyszínek Korzikán
 Jelmagyarázat: 1. település, 2. folyó, 3. kutatási terület
 Fig 1: Research places on Corsica
 Legend: 1. settlement, 2. river, 3. searching area



2. ábra: Egy tafoni a III. területről alaprajzban (a), előlnézetben (b) és oldalnézetben (c)
 Jelmagyarázat: 1. gránit, 2. nagy tafoni, 3. kis tafoni mélységadattal (cm), 4. elválási felület, 5. mérési segédegyenes

Fig 2: A tafoni from the area number III. from above (a), front view (b), profile (c)
 Legend: 1. granite, 2. great tafoni, 3. small tafoni with depth datum (cm), 4. joint surface, 5. measuring auxiliary straight



$$a \geq b$$

$$a \leq c$$

3. ábra: A tafoni alakját megközelítő általános ellipszoid
 Fig 3: Generally ellipsoid which can approach to the shape of the tafoni

I. táblázat
 Table 1.

A korzikai kőzetminták ásványos összetétele
 The mineralogical composition of the Corsican rock samples

Ásvány	2000/05/18/3 IV. terület	2000/05/18/4 IV. terület	2000/05/18/7 II. terület	2000/05/18/8 III. terület	2000/05/20/5 IX. terület	2000/05/24/1 XII. terület
Plagioklász	40 %	50 %	35 %	30 %	38 %	50 %
Kvarc	15 %	20 %	15 %	12 %	20 %	30 %
Mikroklin	12 %	8 %	28 %	38 %	25 %	8 %
Biotit	25 %	9 %	2 %	6 %	3 %	2 %
Titanit	3 %	jelen	-	1 %	jelen	-
Epidot	1 %	2 %	3 %	1 %	jelen	jelen
Klorit	jelen	4 %	6 %	3 %	1 %	jelen

5. A tafonik morfolometriai leírása

Vizsgálatunk célja, hogy az egyes tanulmányozott területeken felmért tafonik alakja milyen mértékben tér el a tökéletes gömb formájától.

Ezért értelmezünk egy olyan mennyiséget, amelyik jól mutatja, hogy a tafoni alakja hogyan viszonyul a gömb alakhoz.

A tafonit megközelítő ellipszoid horizontális metszete a fentiek szerint egy olyan ellipszis, amelynek tengelyei $2a$, illetve $2b$, s a konstrukció szerint fennáll az $a \geq b$ egyenlőtlenség. Az ellipszoid O szimmetria középpontján áthaladó két vertikális, egymásra merőleges síkú metszete szintén egy-egy ellipszist határoz meg, amelyeknek tengelyei $2a$, $2c$, illetve $2b$, $2c$.

A kúpszeletek geometriájából ismert, hogy az ellipsziseknek a körtől való eltérését méri az excentricitás, amely az O szimmetria középponttól kiindulva az egyik fókuszpont és a nagytengely végpontja távolságának arányát jelenti. Ez az arányszám kör esetén 0, s annál nagyobb, minél inkább eltér az ellipszis a körtől. Ezt a fogalmat szeretnénk általánosítani térben az ellipszoidok jellemzésére.

Képezzük ezért a tafonit megközelítő ellipszoid horizontális síkjában fekvő metszet ellipszis excentricitását:

$$(1) \quad e_{AB} := \frac{\sqrt{|a^2 - b^2|}}{\max\{a, b\}},$$

majd ezután teljesen hasonlóan a fentiekben meghatározott két vertikális síkban fekvő metszet ellipszisek excentricitását:

$$(2) \quad e_{AC} := \frac{\sqrt{|a^2 - c^2|}}{\max\{a, c\}},$$

és

$$(3) \quad e_{BC} := \frac{\sqrt{|b^2 - c^2|}}{\max\{b, c\}}.$$

E három excentricitás értékéből képezzük a

$$(4) \quad E := \frac{e_{AB} + e_{AC} + e_{BC}}{3}$$

mennyiséget, amely tulajdonképpen a három excentricitás számtani átlaga, s amelyet a továbbiakban az *ellipszoid excentricitásának* fogunk nevezni. Az E excentricitás értékét megvizsgálva láthatjuk, hogy mivel

$$(5) \quad 0 \leq e_{AB} < 1, \quad 0 \leq e_{AC} < 1 \quad \text{és} \quad 0 \leq e_{BC} < 1,$$

így nyilvánvalóan teljesül az

$$(6) \quad 0 \leq E < 1$$

egyenlőtlenség is. Vegyük észre, hogy $E=0$ akkor és csakis akkor következik be, ha az ellipszoid tökéletes gömb, hiszen ekkor

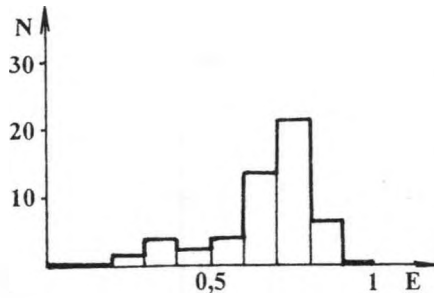
$$(7) \quad e_{AB} = e_{AC} = e_{BC} = 0,$$

s minden más esetben $0 < E$, s annál közelebb van értéke 1-hez, minél jobban eltér az ellipszoid a gömbtől.

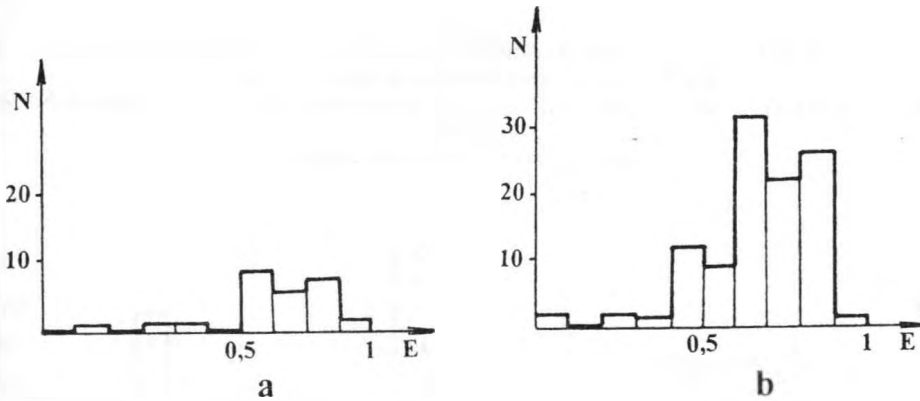
A fentiekben a tafonikat megközelítő ellipszoidok E excentricitását határoztuk meg, s az egyes területeken vizsgáltuk ezek eloszlását. Az egy adott területhez tartozó tafonik E értékeit 0,1-es osztályközökbe sorolva megszerkesztettük külön az egyszerű és külön az összetett tafonik excentricitási hisztogramját. Eredményeinket a *II. táblázatban* foglaltuk össze, az egyes területek hisztogramjait pedig a *4-8. ábrán* mutatjuk be.

A különböző területek tafonijainak hisztogramjait elemezve az alábbi megállapítások adódnak.

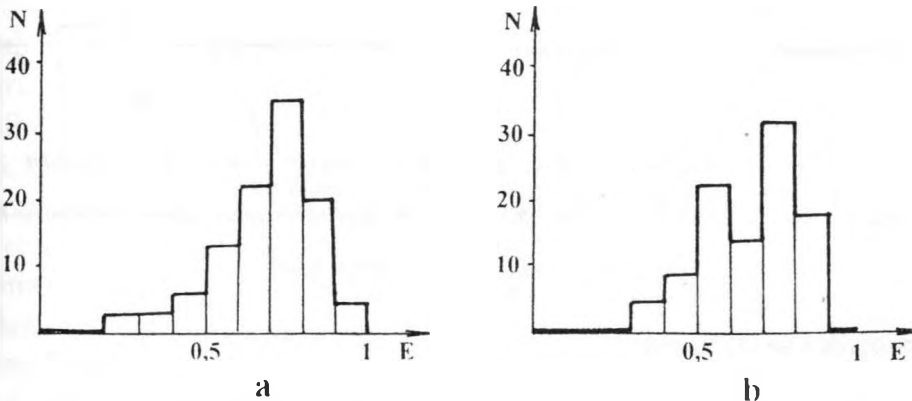
- A legtöbb megvizsgált területen az egyszerű tafonik hisztogramja egyetlen maximummal rendelkezik.
- A megvizsgált területek szinte mindegyikénél az összetett tafonik hisztogramja két maximummal rendelkezik.
- Az összetett tafonik esetén az egyes tafoni generációk maguk is külön-külön két-két maximummal rendelkeznek.
- Alakjukat tekintve elnyúltabb és kerekdedebb tafoni különíthető el:
 - az előbbi típusba tartozik minden egyszerű tafoni és az összetettek egyik csoportja ($E=0,7-0,8$),
 - az utóbbi típusba tartozik az összetett tafonik másik csoportja ($E=0,5-0,6$).



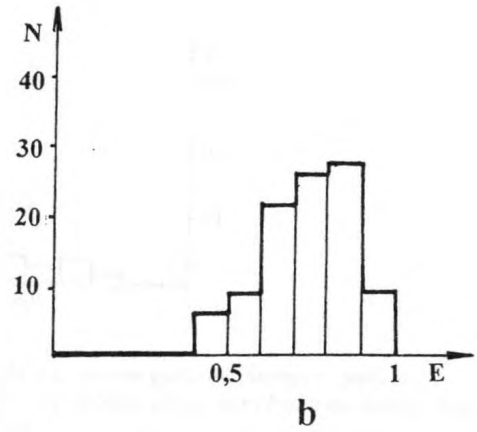
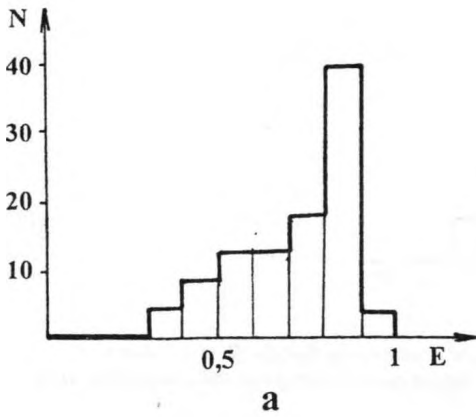
4. ábra: A tafonik elnyúltság szerinti eloszlását bemutató hisztogram a Korzika II. sz. területen
 Fig 4: Histogram which presents the dispersion of the tafonis' longitudinal expansion on the area number II. of the Corsica



5. ábra: A tafonik elnyúltság szerinti eloszlását bemutató hisztogram a Korzika III. sz. területen
 Jelmagyarázat: a) egyszerű tafonik, b) összetett tafonik
 Fig 5: Histogram which presents the dispersion of the tafonis' longitudinal expansion on the area number III. of the Corsica
 Legend: a) simple tafoni, b) complex tafoni

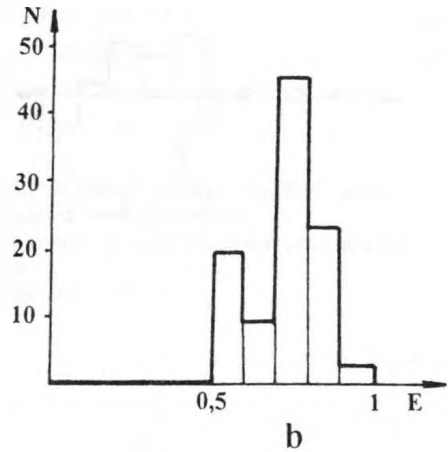
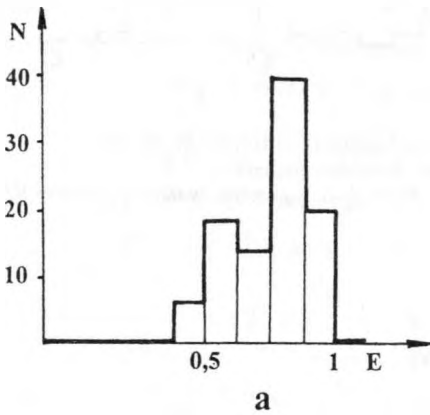


6. ábra: A tafonik elnyúltság szerinti eloszlását bemutató hisztogram a Korzika VII. sz. területen
 Jelmagyarázat: a) egyszerű tafonik, b) összetett tafonik
 Fig 6: Histogram which presents the dispersion of the tafonis' longitudinal expansion on the area number VII. of the Corsica
 Legend: a) simple tafoni, b) complex tafoni



7. ábra: A tafonik elnyúltság szerinti eloszlását bemutató hisztogram a Kozzika IX. sz. területen
 Jelmagyarázat: a) egyszerű tafonik, b) összetett tafonik

Fig 7: Histogram which presents the dispersion of the tafonis' longitudinal expansion on the area number IX. of the Corsica
 Legend: a) simple tafoni, b) complex tafoni



8. ábra: A tafonik elnyúltság szerinti eloszlását bemutató hisztogram a Kozzika XII. sz. területen
 Jelmagyarázat: a) egyszerű tafonik, b) összetett tafonik

Fig 8: Histogram which presents the dispersion of the tafonis' longitudinal expansion on the area number XII. of the Corsica
 Legend: a) simple tafoni, b) complex tafoni

6. A tafonik kialakulása

A gránit képződése kristályosodási góccok (kihülési centrum) körül kezdődik. Valószínűleg a nem egyenletes lehülés (kristályosodás) eredményeként gömbhéjas szerkezet alakul ki. Ezt a szerkezetet mutatják nagyon markánsan pl. a kugel gránitok. Ismert továbbá az is, hogy az olvadék kihü-

lése során a kőzetben hülési hasadékok, elválási felületek is képződnek (9a. ábra).

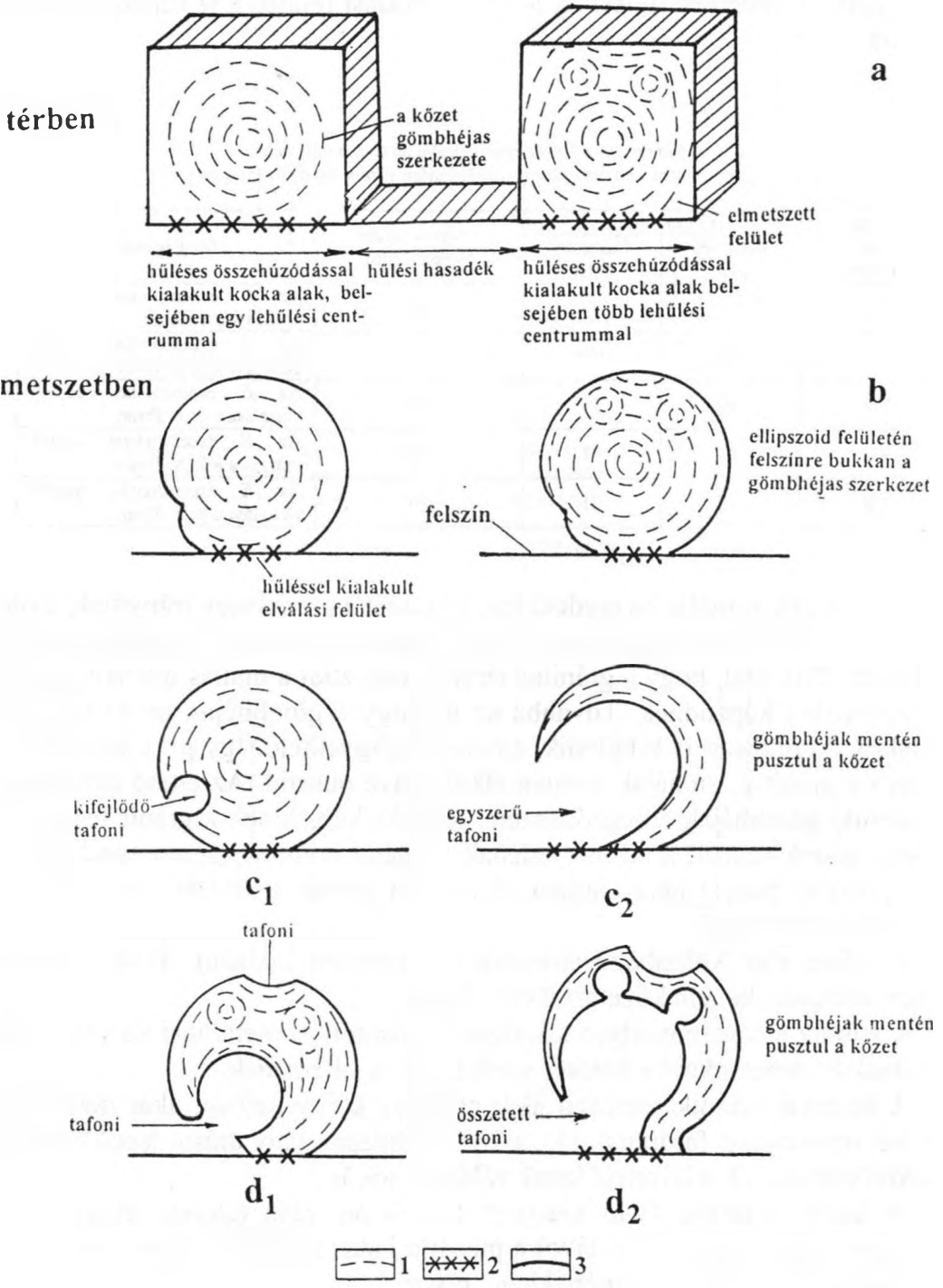
II. táblázat
Table II.

A felmért tafonik néhány jellemzője területi bontásban
A few characteristics of the measured tafonis from the different areas

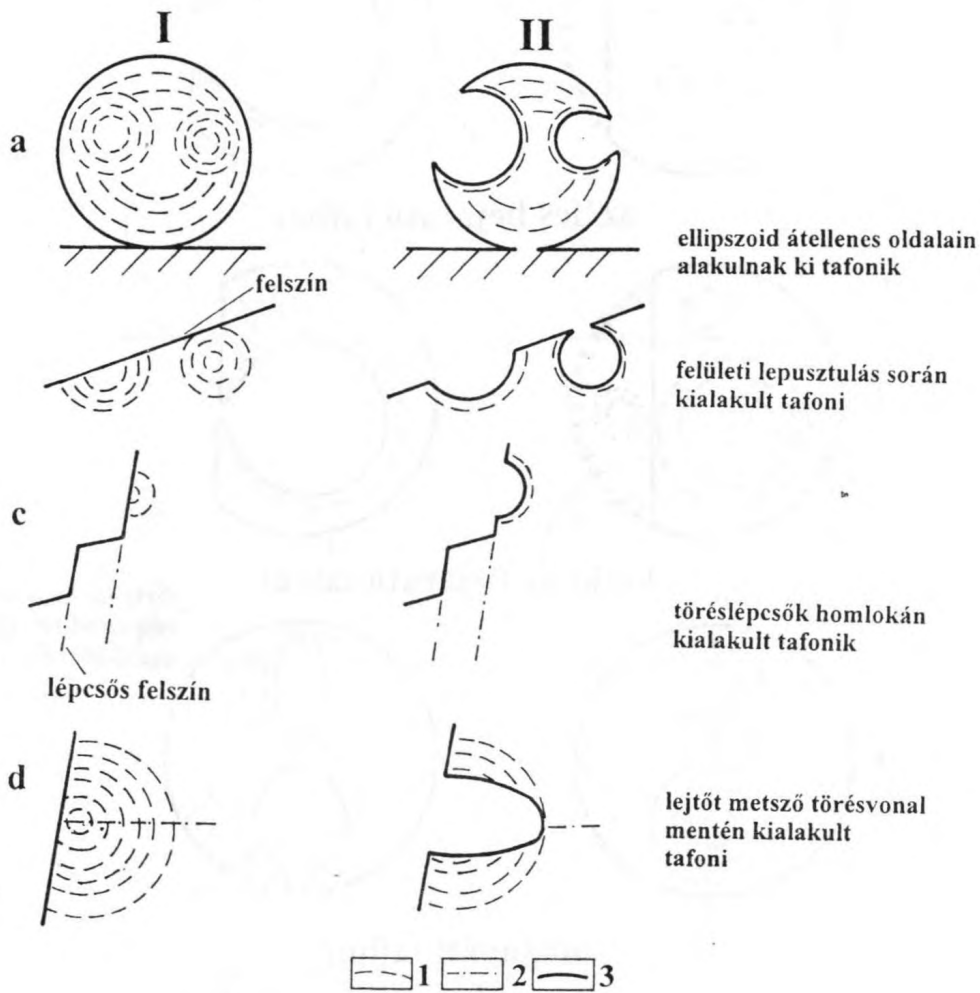
A vizsgálati terület sorszáma	A tafoni típusa		A tafonik száma összesen (db)	Megjegyzés
	Egyszerű (db)	Összetett (db)		
II.	54	0	54	Az <i>E</i> excentricitási adatok eloszlása a 4. ábrán
III.	27	105	132	Az <i>E</i> excentricitási adatok eloszlása a 5a,b. ábrán
VII.	66	34	100	Az <i>E</i> excentricitási adatok eloszlása a 6a,b. ábrán
IX.	23	41	64	Az <i>E</i> excentricitási adatok eloszlása a 7a,b. ábrán
XII.	15	31	46	Az <i>E</i> excentricitási adatok eloszlása a 8a,b. ábrán

A gránit mállásos eredetű lepusztulását a gömbhéjak irányítják. Ezért a gömbhéjak térbeli kifejlődése a gránit lepusztulás térbeli módját is meghatározza. Erre utal, hogy a gránitos térszíneken, ahol a mállás intenzív, gránit ellipszoidok képződnek. Továbbá az is, hogy a gömbhéjas szerkezet néha makroszkopikusan is kifejlődik, amely megfigyelhető. Így pl. Lumio közeliében a gránit gömbhéjak mentén elkülönülve pusztul. Az eltérő mértékben pusztuló gömbhéjak elvégződéseinek lépcsők képződnek a gránit felszínén. Felfogásunk szerint a tafonik falának felületei gömbhéjak, pontosabban 3-tengelyű ellipszoid héjak felülete(i) mentén jönnek létre (9b. ábra). Ezt az alábbiak bizonyítják.

- A tafoni alak különböző erőhatásokra egyaránt kialakul. Tehát a forma nem erőhatás, hanem közetszerkezet függő.
- A tafonik elsősorban olyan kőzeteken (grániton és metamorf kőzeten) alakulnak ki, amelyeknél a hüléses szerkezetek a jellemzőek.
- A korzikai tafonik esetében akár abráziós környezetben, akár mállásnak kitett térszíneken fordulnak elő, a kőzet érintésre vagy ütésre lapok mentén elkülöníthető, ill. a kőzetről lapok választhatók le.
- A hordozó tafoni falán kialakult kisebb ún. rész tafonik létrejötté. A főtafoni falán, a bejárattól távol a pusztító hatás akkor lehet hatékony, ha a kőzet szerkezet erre nagymértékben „ráségít”.
- A tafonik bejárati szélessége gyakran kisebb mint a belső átmérőjük. (A tafoni belső szélessége azért nagyobb mint a bejárati, mert fala és a gömbhéj felülete egybeesik.)



9. ábra: A tafoni kialakulás
 Jelmagyarázat: 1. gömbhéjas szerkezet, 2. hüléssel kialakult elválási felület, 3. tafoni
 Fig 9: The development of a tafoni
 Legend: 1. spheroidal structure, 2. cooling crack, 3. tafoni



11. ábra: Különböző geomorfológiai környezetben képződött tafonik

Jelmagyarázat: I. tafoni kialakulás előtt, II. tafoni kialakulásakor, 1. gömbhéjas szerkezet, 2. törés, 3. tafoni

Fig 11: Tafonis, which developed in different geomorphological environment

Legend: I. before the development of tafoni, II. at the development of tafoni, 1. joint, 2. joint, 3. tafoni

A tafoni fejlődése egy gránit ellipszoid esetében szerintünk az alábbi módon történik. A gránit pusztulása során – különösen ott, ahol a kőzetben törés van – újabb és újabb gömbhéjak tárulnak fel. A gránit ellipszoidba mélyülő tafoni fala (tafoni kezdemény) kezdetben nagy szögben metszi a gömbhéjak felületét, ha az előző felülete és utóbbi között a távolság nagy (9c₁. ábra). E szakaszban ezért a tafoni fejlődése lassú és képződése elakadhat. A tafoni növekedésével felülete egyre inkább egybeesik valamely gömbháj felületével. Amikor a két felület helyzete megegyezik a tafoni kifejlett lesz (9c₂. ábra). Fejlődése a tafoni kezdemény fejlődéséhez képest gyorsabb lesz. Ugyanakkor a tafoni növekedése lefelé behatárolt lesz, ugyanis alul hülési hasadék határolja a gránit ellipszoidokat. Ezért a tafoni alsó felületét gyakran ferde sík felület határolja. (A tafoni más irányokba történő növekedése során a gránit ellipszoid felületére nyílhat.) A vázolt folyamatot számos tényező okozhatja, ezért a különböző tafoni kialakulási módok mindegyike igaz lehet. A tafoni alakot a gömbháj felületek által irányított, a gránit belsejében végbemenő helyi lepusztulási formának tartjuk.

Akkor, ha a gránit ellipszoid belsejében egyetlen lehülési centrum körül alakult ki a gömbhéjas szerkezet, egyszerű tafoni (9c. ábra), ha több lehülési centrum jött létre, összetett tafoni (9d. ábra) képződik. Utóbbi esetben az elsőként kialakult tafoni növekedése során újabb lehülési centrumok gömbhéjas szerkezete tárul fel, amelyekben újabb tafonik alakulnak ki. Ezek azonban kisebb méretűek, amelynek az alábbi okai lehetnek:

- későbbi feltárulás,
- itt a pusztulás kisebb intenzitású,
- a hordozó gömbhéjas szerkezet mérete kisebb mint a főtafonit hordozó gömbhéjas szerkezet mérete.

Az egyszerű tafonik excentricitás eloszlásai egy csúcsúak, míg az összetett tafonik esetében az eloszlások többnyire kettősek. Ha a tafoni alak – mint ahogy fentebb állítjuk – többé-kevésbé a kőzet gömbhéjas szerkezetét képezi le, akkor a tafoni eloszlások közvetetten adott kőzettömegben a gömbháj alakját is megadják. Az egy csúcsú eloszlás esetén a gömbhéjas szerkezetek kevésbé, a két csúcsú eloszlás esetében jobban különböznek. Előző esetben vagy azért, mert adott helyen csak egyetlen gömbhéjas szerkezet létezik, vagy több, de azok kevésbé deformáltak. Utóbbi esetben a gömbhéjas szerkezetek viszont deformálódtak. A deformáltság szerintünk azzal magyarázható, hogy a gömbhéjas szerkezetek sűrűn fejlődtek ki. Ezért növekedésük során alakjuk torzult, miután a szomszédos gömbhéjas szerkezetek egymás növekedését gátolják. Emiatt az ilyen helyeken a tafoni alakok olyan változatosak lesznek, hogy az excentricitás eloszlások a már említett kettős csúcsot mutatják. Ugyanakkor az egymáshoz közeli gömbhéjas szerke-

zetek potenciálisan kedvező feltételeket teremtenek az összetett tafonik létrejöttének.

Nézetünk szerint a tafoni morfológiája nem csak a gömbhéjas szerkezetek térbeli kifejlődésétől és sűrűségétől függ. Előfordulhat, hogy a gömbhéjas szerkezet feltárul és a gömbhéjak metszik a kőzet felszínét. Ekkor a tafoni felülete és a gömbhéjak felülete már a tafoni fejlődés kezdetén megegyezhet. A kifejlett tafoni gyorsan kialakul, de kevésbé bemélyült lesz. A gömbhéjas szerkezet feltárulásának mértékétől függhet a tafoni bejárat szélessége is (9d. ábra).

Ha a gránit ellipszoid pusztulása során nagy felületen tárul fel a gömbhéjas szerkezet, tág nyílású tafoni (10a. ábra), ha kicsi felületen tárul fel, szűk nyílású tafoni (10b. ábra) alakul ki. Akkor, ha a gömbhéjas szerkezetet átszelő törés jól fejlett, a tafoni növekedés kevésbé irányított egyetlen gömbhéjas szerkezet gömbhéjai által, ezért megnyúlt tafoni képződik (10c. ábra).

A tafonik eloszlása, de helyzete is, attól is függ, hogy a gömbhéjas szerkezetnek milyen a morfológiai helyzete. Így gránit ellipszoidon ott és annyi helyen alakul ki tafoni, ahol és amennyi helyen a gömbhéjak az ellipszoid felszínére (vagy annak közelébe) kerülnek (11a. ábra). A tafonik lejtőkön is kialakulhatnak akkor, ha ez a felület gömbhéjakat metsz el, vagy valamely gömbhéjas szerkezet e felülethez közel kerül (11b. ábra). A tafonik kialakulhatnak töréslépcsők felületén is (11c. ábra) egymás felett akár több szintben is. Ilyenkor a gömbhéjas szerkezetet törés vagy vető tárja fel. Ugyancsak megnyúlt tafoni alakul ki, ha a gömbhéjat feltáró lejtőt törés, vagy vető metszi (11d. ábra).

7. A korzikai tafonik kora

A korzikai gránittafonik képződési idejét a Golo-folyó szurdokában (St. Regina) található tafonik alapján határozhatjuk be. A szurdok a sziget középső részén a Monte Cinto csúcs alatt, 450-600 m t.sz.f. magasságban helyezkedik el. A völgy granodioritba illetve monzogránitba vágódik be.

Jellegzetes a völgy és környékének a morfológiája. Keresztszelvényben a völgy három jól elkülöníthető szakaszra osztható.

A legalsó szakasz a jelenlegi mederszelvény. Morfológiájára jellemző, hogy falai függőlegesek, simára csiszoltak, a gránittafonik teljes egészében hiányoznak innen. Csupán a folyóvízi evorziós üstök max. 1-2 m-es üregei, félhengerei tagolják e felületet. Utóbbiak esetében szembetűnő eltérés a tafonikhoz képest, hogy az evorziós üstök falán nem, vagy csak alárendelten jelentkeznek a hagymahéjszerű elválás, bennük gyakran kavicsok találhatóak.

A völgyoldal falán jól kirajzolódik a kisvízi és az árvízi vízszint, a kettő között jelentős kb. 10-15 m különbség mutatkozik.

A második völgyrészlet alakitanilag nagymértékben hasonlít az előzőhöz. Ennek is függőleges a fala, a tafoni forma teljesen hiányzik, mindössze néhány inaktív evorziós üst látható az oldalában. Jelentős eltérés az előző szinthez képest, hogy ez a szakasz ma már az árvízi vízszint szintje felett helyezkedik el. Ezt jelzi, hogy ennek oldalában már megtelepedett a növényzet is. A második szakasz magassága kb. 50 m.

A harmadik völgyrészlet arculata nagymértékben különbözik az előzőétől. Ennek keresztmetszete "V" alakú s oldalában nagy sűrűségben található tafonik. A tafonik itt változatos méretűek, a néhány cm-es méhsejt üregektől a több m-es átmérőjükig terjednek. A viszonylag ép tafonik mellett a nagymértékben roncsolódott, pusztulófélben lévő tafonikig is előfordulnak. Ez a völgyszakasz kb. 200-250 m magas.

A negyedik szakasz már nem tekinthető szorosan a völgy részének, hanem a "V" alakú völgyszakasz fölötti hegyoldal tartozik ide. Itt már a glaciális formák a jellemzőek (cirkuszvölgyek, gleccservölgyek, és közöttük élesen csipkézett kárcsúcsok, kárgerincek).

A fenti keresztzelvény alapján az alábbi következtetések vonhatóak le.

A Golo völgymetszetének alsó két szakasza, a jelenlegi meder és a felette elhelyezkedő inaktív mederszakasz morfológiailag megegyezik, így joggal feltételezzük azt, hogy azonos vagy legalábbis hasonló körülmények között történt a kialakulása. A jelenkori meder felett kb. 50 m-es bevágódás figyelhető meg, ennek kora a pleisztocénre, esetleg az óholocénre tehető. A tafonik hiányának az alábbi okai lehetségesek.

- A tafoni képződés a szurdok második (középső részének) kialakulása előtt történt.
- A tafoni kialakulás feltételei a szurdokban hiányoztak.
- Tafonik képződtek, de kialakulásukat követően az árvizek által megsemmisültek (néhányik esetleg evorziós üstté alakult).

Akkor, ha a felsorolt lehetőségek közül az elsőt fogadjuk el, az adódik, hogy a tafonik kialakulása már viszonylag korán elkezdődött. Miután a Föld különböző részein arid, szemi-arid ill. hideg klimatikus környezetben fordulnak elő tafonik valószínű, hogy képződésük inszolációs hatásra történhet. Erre a szigeten a messinumban lehettek a legkedvezőbbek a feltételek. Ha a sziget tafonijai ma is képződnek – amit valószínűleg nem lehet kizárni – akkor az inkább mállással történhet.

8. Következtetések

- A korzikai tafonik a gránit ellipszoidokkal analóg formák. Kialakulásuk természetesen nem kívülről befelé, hanem fordítva, belülről kifelé végbe-menő pusztulással történik.
- A tafoni alak függ a gömbhéjas szerkezet térbeli kifejlődésétől, sűrűségétől, a kőzet egyéb szerkezeti (pl. törés) elemeinek jelenlététől ill. hiányától, valamint attól, hogy a tafoni képződés kezdetén adott gömbhéjas szerkezet és a kőzet felszín közti távolság mekkora, ill. attól, hogy a gömbhéjas szerkezet hányad része pusztult el. A tafoni mérete ezen utóbbi tényező mellett még a gömbhéjas szerkezet méretétől, e szerkezetek sűrűségétől, míg a tafoni eloszlás a gömbhéjas szerkezetek sűrűségétől, a morfológiai környezettől függ.
- A korzikai tafonik képződése már korábban a messinimumban elkezdődhetett. A folyamat esetleg a jelenleginél számottevőbb intenzitással és a jelenlegitől eltérő módon és klimatikus környezetben zajlott.
- Az összetett tafonik jelenléte közvetetten arra utal, hogy a kőzetben viszonylag sűrűn és deformáltan fejlődtek ki a gömbhéjas szerkezetek. Emiatt összetett és változatos alakú tafonik képződtek. Valószínűnek tartjuk, hogy ahol egyszerű tafonik alakultak ki – ha a tafoni gránit ellipszoidban képződött – ott vagy egyetlen gömbhéjas szerkezet jött létre, vagy ha több, akkor azok sűrűsége kicsi. Ezért utóbbi esetben a gömbhéjas szerkezetek nem csak hogy nem torzultak, hanem miután ezeket homogén kőzetrészek különítik el egymástól, a tafoni növekedése ez utóbbiba már nem, vagy csak kis mértékben terjedhetett át. Az elmondottak értelmében összetett tafonik ekkor sem alakulhattak ki.

IRODALOM

- BRADLEY, W. C. - HUTTON, J. T. - TWIDALE, C. R. (1978):* Role of salts in development of granitic tafoni South Australia. - *Journal of Geology* 86, p. 647-654.
- BALÁZS D. (1982):* A sivatagok világa. - Gondolat Kiadó, Budapest p. 88-92.
- CALKIN, P. - CAILLEUX, A. (1962):* A quantitative of cavernous weathering (tafonis) and its application to glacial chronology in Victoria Valley, Antarctica.- *Zeits. f. Geomorph.* 6, p. 317-324.
- CAMPBELL, S. W. (1998):* Chemical weathering associated with tafoni at Papago park, Central Arizona. - *Earth Surface Processes and Landforms* 24. 3. p. 271-278.

- CSUTÁK M. - JAKUCS L. (2000):* A korzikai gránittafonik morfofenetikai problémái. - Közlemények a Pécsi Tudományegyetem Földrajzi Intézetének Természetföldrajzi Tanszékéről, p. 1-18.
- DELGA, M.D. (1978):* Corse-Paris
- DRAGOVICH, D. (1969):* The origin of cavernous surfaces (tafoni) in granitic rocks of southern South Australia. - Zeits. f. Geomorph. 13 p. 163-181.
- FISHER, W. (1999):* Korzika – egy mediterrán sziget tájrajza. – Földrajzi Közlemények CXXIII. (XLVIII.) p. 201-208.
- FÜREDI V. - SALLAY E. - SÁSDI L. - FUTÓ J. (2001):* Pseudokarsztos jelenségek vizsgálata Korzikán – Karsztfejlődés VI. BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, p. 291-305.
- GILL, E. D. (1981):* Rapid honeycomb weathering (tafoni formation) in greywacke, S.E. Australia. – Earth surface processes and landforms, 6, p. 81-83.
- KELLETTAT, D. (1980):* Studies on the age of Honeycombs and tafoni features. – Catena 7, p. 317-325.
- MATSUKURA, Y. - MATSUOKA, N. - YANO, N. (1989):* A preliminary study on tafoni and honeycombs in Nojimazaki, Boso Peninsula, Japan. - Ann. Rep. Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, 15, p. 29-32.
- MATSUKURA, Y. - MATSUOKA, N. (1991):* Rates of tafoni weathering on uplifted shore platforms in Nojima-zaki, Boso Peninsula, Japan.- Earth surface processes and landforms, 16, p. 51-56.
- MOTTERSHEAD, D. N. (1994):* Spatial Variations in Intensity of Alveolar Weathering of a Dated Sandstone Structure in a Coastal Environment, Weston-super-Mare, UK. – In: *ROBINSON, D. A.-WILLIAMS, R.B.G. (szerk.)* Rock Weathering and Landform Evolution. 10. p. 152-174.
- MUSTOE, G. E. (1982):* The origin of honeycomb weathering. - Geological Society of America Bulletin, 93, p. 108-115.
- PENC, A. (1895):* Morphologie der Erdoberfläche. - Engelhorn, Stuttgart.
- RÁDAI Ö. (1980):* Tafoni képződés karbonátos kőzetben, Észak-Spanyolországban. - Karszt és Barlangkutatás IX. p. 93-106.
- ROBINSON, D. A. – WILLIAMS, R.B.G. (1994):* Sandston Weathering and Landforms in Britain and Europe. – In: *ROBINSON, D.A.-WILLIAMS, R.B.G. (szerk.)* Rock Weathering and Landform Evolution. 22. p. 381-391.
- SEGERSTROM, K. - HENRIQUEZ, H. (1964):* Cavities or "tafoni" in rock faces of the Atacama desert, Chile. - Geological Survey Research 501-C, p. C121-C125.

SMITH, B. J. (1978): The origin and geomorphic implications of cliff foot recesses and tafoni on limestone hamadas in the northwest Sahara.- Zeits. f. Geomorphologie, 22 p. 21-43.

TERMIER, H. (1963): Erosion and Sedimentation - D. van Nostrand Compl. Ltd, London.

VILES, H. – PENTECOST, A. (1994): Problems in Assessing the Weathering Action of Lichens with an Example of Epilithes on Sandstone. – In: *ROBINSON, D.A.-WILLIAMS, R.B.G.* (szerk.) Rock Weathering and Landform Evolution. 7. p. 99-116.