

Opponensi vélemény
Török Ákos: Mészke műemlékek kőanyagának mállása
című MTA doktori értekezéséről

Témaválasztás

Török Ákos régebben a karbonátos kőzetek szedimentológiájának és petrográfiájának szakértőjeként volt ismert. Az utóbbi időben – munkahelyének megfelelően – e kőzetek műszaki földtani alkalmazásával foglalkozik. Ennek a munkának az összefoglalása a jelen dolgozat. A dolgozat témája a mészke építőkövek mállása, elsősorban műemlék épületeken. Mivel az ezekből az építőkövekből épített épületek jelenleg elsősorban szennyezett levegőjű városi környezetben állnak, a témának az építőanyag-minősítésen kívül fontos környezetvédelmi jelentősége is van. Vizsgálata tárgyául két olyan mészke-típus mállását választotta, amelyek Budapest építésében fontos szerepet játszottak, ezek a szarmata durvamészke és a pleisztocén édesvízi mészke. Összehasonlításként a dolgozat végén néhány németországi mészketípus hasonló módon vizsgált mállását is bemutatja, illetve a városi erős mállással összehasonlítja vidéki környezetben álló épületek jobb megőrződését.

Bár korábban a Szerző ezeknek a mészkeveknek, különösen az édesvízi mészkevek a klasszikus értelemben vett petrográfiájával és szedimentológiájával is foglalkozott, itt nem tér ki a kőzetek földtani korának és keletkezési körülményeinek a kérdésére. A kőzetekről és mállási kérgükről csak leíró közettani és műszaki jellemzést közöl, a kialakulás-történet legfeljebb arra a 100-150 évre megy vissza, amióta az adott kőzet mint az épület része ki van téve a városi atmoszféra mállasztó hatásának.

Vizsgálati módszerek

Erre a leírásra a vizsgálati módszerek egész tárházát vonultatja fel, amely a helyszíni leírástól a közetfizikai vizsgálatokon keresztül a legkülönbözőbb ásványtani és geokémiai vizsgálatokig terjed. Ez utóbbiak közé tartozik a polarizációs mikroszkópia, SEM-BSE, EDX, XRD, DTA-DTG, valamint az XRF, ion-kromatográfia, C és S tartalom meghatározása, ICP-MS-LA, S izotópok meghatározása, valamint a policiklikus aromás szénhidrogének (PAH) meghatározására szolgáló gáz-kromatográfiás tömegspektrometria. Mindezekről a vizsgálatokról röviden a dolgozat elején a „Módszerek” c. fejezet ad tájékoztatást, talán túl röviden is. A legtöbb esetben nem derül ki, hogy ki, milyen laborban végezte a vizsgálatokat (pl. a kén-izotóp meghatározást stb.), mennyi belőle a Jelölt saját munkája. Ezeket nemcsak a Szerző teljesítményének megítélése miatt lenne jó tudni, de az eredmények megbízhatóságáról is tájékoztathatnának.

Új tudományos eredmények

A durvamészke mállási jelenségeit a Gellért-hegyi Citadella és az Országház példáján, az édesvízi mészke mállását több budapesti középületnek és a rakpart több részletének példáján mutatja be. A mállási kérgék típusainak kialakulásában a vízfelszívásnak, az oldódásnak és cementálódásnak, valamint a mikrorepedéseknek van döntő szerepe. A káros környezeti hatást tükrözik legfőképpen a levegő kőntartalma és a mészke kölcsönhatásával keletkező gipsz, a kipufogó gázokból eredő ólom és a policiklikus aromás szénhidrogének (PAH). A főbb tényezők már ismertek voltak a világirodalomban, ezeket az ismereteket a dolgozat egyik bevezető fejezete össze is foglalja. Új tudományos eredménynek számít azonban e folyamatok több részletének pontosabb tisztázása, a budapesti viszonyokra való

alkalmazása és főleg a két különleges tulajdonságokkal bíró mészkő-fajta részletes jellemzése. Összefoglalóan megállapítja, hogy Budapesten,

„ahol a légszennyeződés jelentős, és tengeri sók jelenlétével nem kell számolni, elsősorban a légszennyezettség mértékétől és a kitettségtől (csapadék, szél stb.) függ a mállási kéreg képződése és leválása” (68. old.).

Az ezt a megállapítást részletező téziseket mind elfogadhatónak tartom.

Külön érdeme a dolgozatnak a szálló por jelentőségének kiemelése, és az erre vonatkozó számos új ásványtani és geokémiai adat. Ez tipikusan úttörő környezet-földtani eredmény. Ezzel kapcsolatban felhívom a Szerző figyelmét Farkas I. M. és Weiszbürg T. (2006) ilyen irányú erdélyi vizsgálataira. A porban és a fekete mállott kérgekben is viszonylag gyakran feltűnnek ipari pernyéből eredő szferulák. Ezzel kapcsolatban megemlítem, hogy egy-két évtizeddel ezelőtt nagy figyelem fordult a földtani képződményekben található szferulákra, amelyeket kozmikus eredetűnek tekintettek (lásd pl. Detre et al. 2002). A jelen dolgozat is figyelmeztet arra, hogy itt nagy körültekintéssel kell kizárni az esetleges földi eredetű szennyeződés lehetőségét. A por összetételére vonatkozó érdekes adat, hogy a budapesti pormintákban több helyen dolomitot is ki lehetett mutatni (103. old.). Ez jól egyezik azzal a megfigyeléssel, hogy a Budapesttől délkeletre levő pleisztocén eolikus üledékeknek is jelentős dolomit-tartalma van.

A laboratóriumi vizsgálatok nagy száma, legtöbbször gondos kivitele nagyban növeli a munka értékét. Az eredmények bemutatási módja egy-két esettől eltekintve a műszaki témához méltó módon rendszeres, kiegyenlített és pontos. Az adatokat minden esetben értékelés és a következtetések levonása követi. A tárgyalás minden esetben tömör, mértéktartó, néha inkább túl szűkszavúnak tűnik (pl. a 11.3. „A mállási formák kémiai összetétele” c. pont, 105-106. old.).

Kiegészítő megjegyzések, javaslatok

1. Egy érdekes részmegállapítás, hogy a Citadella kőanyagában „a leginkább tönkrement sorokat a D-i oldal falainak alsó soraiban találjuk, de nem a legalsó sorban” (47. old.). Arra nézve, hogy a legalsó sor kevésbé mállott, sem itt, sem később, a „Következtetések” között (69. old., A.4. tétel) nem találtam magyarázatot. Hasonlóképpen érdekes és fontos megállapítás, hogy más a gipsz eloszlása a fekete és a fehér kérgekben. Ennek magyarázatát sem találtam (69. old., C.1. tétel).

2. A durvamészkő mállását elősegítő tényezők között jó lenne megvizsgálni a következő tényező esetleges hatását: Régóta ismeretes, hogy a Sós-kút – Budatétény között húzódó szarmata durvamészkő vonulatban, a mészkőben bentonit-telepek vannak. Egy legújabb vizsgálat szerint 1-6 bentonit-telep van, ezek 0,1-0,8 m vastagok. Fő ásványuk 58-96 % Ca-montmorillonit, amelynek jelentős duzzadóképesége van. Ezt a bentonitot Budatétényben mélyművelésben az építőkövel együtt fejtették (Kovács-Pálffy et al. 2012). Könnyen elképzelhető, hogy a fő bentonit-telepek mellett igen vékony bentonitos rétegecskék, sávok is vannak a kőzetben, valamint hogy a bentonit-rétegek között is hasonló anyag képezi a nem-karbonátos kőzetalkotók nagy részét. Meg kellene vizsgálni a bányák néhány pontján, illetve az épületekbe beépített mészkőben néhány helyen az oldási maradékot, hogy nem található-e benne uralkodó mennyiségben a bentonittal azonos jellegű montmorillonit. Ha igen, víz jelenlétében ez is hozzájárulhat a mikrorepedések kialakulásához és a kőzet gyors aprózódásához. A dolgozat csak a teljes kőzetre vonatkozóan közöl adatokat, ezekben esetleg a kis mennyiség miatt nem mutatható ki a montmorillonit. Nem tudok róla, hogy a sós-kúti mészkő oldási maradékát már vizsgálták volna. A budai édesvízi mészkő oldási maradékát jobban ismerjük (Bajnóczi et al. 2003, Korpás et al. 2003). Abban kevésbé valószínű ilyen

bentonitos jellegű agyag-frakció, mert az vegyes, törmelékes eredetű, részben talajképződésen átesett anyag.

3. Általánosságban jellemző a dolgozatra, hogy megmarad a jelenlegi állapotot leíró jellemzésnél. Ez kutatási teljesítménynek éppen elég. Mégis műszaki szempontból kíváncs voltam a vizsgálatok fényében ezekből bizonyos következtetéseket levonni a jövőre nézve. Rangsorolni lehetne az ellenállóság szempontjából a rendelkezésre álló kőzetanyagokat, földtani szempontból javaslatot lehetne tenni ezek bányászatára, illetve a kőzetanyag konzerválásának módozataira. Ilyen irányú publikációi vannak is már a Szerzőnek, csak ezek eredményei nem kerültek bele ebbe az értekezésbe.

Kritikai megjegyzések

1. A durvamészkőn kialakuló kérgék szerves szén-tartalma csak a minták kisebb részénél van meghatározva (8.5. és 8.6. tábl.). Így bár ránézésre is valószínű és logikus, de mégis mérészekkel alátámasztva az a megállapítás, hogy „A fekete kérgék 1 % körüli vagy azt meghaladó szerves szén tartalma minden mintára jellemző”. Itt kissé óvatosabb fogalmazás vagy további szerves szén meghatározások lennének szükségesek.

2. Zavaró, hogy a különböző épületek és kőzettípusok megvizsgálására nem ugyanazokat a módszereket alkalmazták, mert ez az összehasonlítást nehezíti. Így pl. a Citadelláról (8.5. és 8.6. tábl.) és az édesvízi mészkőveken kialakult mállási kérgékről (10.3. tábl.) pontos mennyiségi ásványos összetételi adatokat kapunk, míg a városi és vidéki, magyar- és németországi mintákról csak félkvantitatív röntgen-diffrakciós becslés van (11.3. tábl.), és az Országházról egyáltalán nincsenek ilyen adatok. A kvantitatív röntgenes adatok között is különbség van. A Citadella esetében feltehetően a derivatográffal egyeztetett adatok vannak megadva (8.5. és 8.6. tábl.), míg az édesvízi mészkőnél valószínűleg a párhuzamosan meghatározott kémiai alkotókból számolták át az ásványok mennyiségét (10.3. tábl.). A városi és vidéki összehasonlítás anyagában pedig ezt az átszámítást azért nem lehetett megcsinálni, mert itt a kémiai elemzéseket más alkotókra végezték el, pl. nem határozták meg a kén-tartalmat, amiből a gipszet lehetett volna számítani (11.3. tábl.). Ugyanúgy itt termikus vizsgálat sem segítette a mennyiségi határozást. Kíváncs voltam az elvégzett vizsgálatok tapasztalatai alapján egy ajánlott egységes minősítési rendszer kidolgozása.

3. A városi és vidéki összehasonlító anyagokra közölt 11.3. táblázatban feltehető, hogy az izzítási veszteség a kalcit esetében CO_2 , míg a gipsz esetében $\text{SO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ összetételű, ha a szulfát is elbomlik, és $2\text{H}_2\text{O}$ összetételű, ha csak a víztartalom távozik el. Az izzítási veszteség % függvényében ábrázolja a CaO tartalmat a 11.4. ábra. Ezen lehetséges a félkvantitatív ásványtani adatok (11.3. tábl.) bizonyos fokú ellenőrzése. Az ábrán fel van tüntetve a „kalcit vonal”, ami a két változó összefüggését mutatná a kalcit esetében. Ez hibás, mert a vonal a $\text{CaO}/\text{izz.veszt.} = 1$ esetet ábrázolja. A kalcitnál $\text{CaO}/\text{izz.veszt.} = \text{CaO}/\text{CO}_2 = 56/44$. Ugyanígy lehet ábrázolni a gipsz vonalát, ahol $\text{CaO}/\text{izz.veszt.} = \text{CaO}/(\text{SO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}) = 56/116$ (arra az esetre, ha a szulfát is elbomlik). Ha ezt a két vonalat helyesen behúzzuk az ábrába, a mérési pontok valóban e két vonal közé esnek. Az, hogy melyik vonalhoz esnek közel, nagyjából attól függ, hogy a félkvantitatív eredmények szerint kalcit vagy gipsz van-e több a mintában. Az origótól való távolságuk pedig attól függ, hogy mennyi az egyéb ásvány (kvarc, földpát, agyag+csillám) mennyisége. Itt a H1/1B, H1/2 és a G1/1B minták „gyakori” (xx) kalcit-tartalma kérdéses, mert ezek a minták az ábrában közel esnek a gipsz vonalához, és az első kettő ezen kívül a legközelebb van az origóhoz. Természetesen különösen a sok „egyéb” ásványt tartalmazó mintáknál az izzítási veszteség adódhat más fázisokból is, pl. az agyagásványok víztartalmából és a szerves anyagból is. 4. A G1/1B mintát az 11.4. ábra „gömbös fekete kéreg”-nek jelzi, de a 11.2. táblázat szerint nem az, hanem „sík fekete kéreg” (izz.veszt. = 49,04 %, CaO = 27,6 %).

5. Az édesvízi mészköveken kialakult mállási kérgekről (10.3. tábl.) megadott mennyiségi adatok általában jól egyeznek a kémiai összetételből számolható értékekkel. Egy esetben, a Bp 10/1 jelű mintánál lehet valamilyen hiba, mert a megadott gipsz-, S- és CaO-tartalom nem hozható összhangba. A táblázat S-tartalomra vonatkozó adata nem egyezik a 10.7 ábrán a „porkéreg” oszlopban ábrázolt kémiai adattal (5,3 %) sem. (Ugyanakkor a 10.6. ábrán a „porkéreg” gipsztartalmára vonatkozó ásványtani mennyiségi adat, 28 %, egyezik a táblázattal.)

6. Ugyanebben a 10.3. táblázatban ellenőrizhető bizonyos mértékig az „egyéb” ásvány % is a kémiai adatokkal. Ez nagyobb kell hogy legyen, mint a kémiaileg meghatározott $C + SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + MgO$ %. Ez nagyon nem teljesül a Bp 5/1 és a P8-UK jelű mintáknál, még akkor sem, ha a szerves szén-tartalmat nem vesszük tekintetbe, mint ami valószínűleg amorf fázist képez, és így a röntgenvizsgálat nem vette tekintetbe.

7. Általában kíváncsi lett volna az „egyéb” kategóriába eső ásványok részletesebb jellemzése, különösen olyan esetekben, amikor ez az ásványcsoport teszi ki a por vagy a mállási kéreg nagyobb felét. Pl. jó lenne pontosabban megadni, hogy milyen ásvány, és milyen eredetű az „egyéb” ásványok között gyakran említett „csillám”. Arra általánosságban határozottan rámutat a dolgozat, hogy a kérgekben feldúsuló „egyéb” ásványok, különösen a kvarc külső eredetűek, túlnyomórészt a porból származnak, és nem tekinthetők a mészkő oldási maradékának (pl. durvamészkő, 66. old.).

8. A 83. oldalon a mállást mint diagenetikus folyamatot értelmezi. Ezt a két fogalmat nem célszerű összekeverni. Talán lehetne egyszerűen cementációs folyamatról beszélni.

Kisebbségi hibák

1. A rétegtani formációk helyneveit magyarul melléknévi alakban használjuk, tehát nem „Tinnye Formáció”, hanem „Tinnyei Formáció” stb. (3.1. ábra és 3.1. és 3.2. tábl.). A szövegben (5. old.) jól van.

2. A kapilláris vízfelvételi kísérletet jó lett volna időben kissé tovább végezni, hogy a finomszemű mészkő vízfelvételénél is látható legyen a telítettség elérése (7.5. ábra).

3. A 7.3. táblázat a felirattal ellentétben nem tartalmazza a rugalmassági modulust.

4. A „tenardit” írásmódja helyesen: „thénardit” (68. old.).

5. A fényképeken sok helyen hiányzik a cm-skála (pl. 9.3., 10.1., 10.2. ábra).

A dolgozat nyelvezete, szerkezete

A dolgozat nyelvezete világos, érthető szabatos. A dolgozat felépítése is logikus, áttekinthető, arányos. A hivatkozások hibátlanok, a külalak elegáns. Az irodalomjegyzék nagyon gazdag, mutatja a Szerző széleskörű tájékozottságát a témában. A saját dolgozatok nagy száma pedig a témában és azt megelőzően a karbonát-petrográfiában szerzett nagy tapasztalatot.

Összefoglalás

Török Ákos munkáját az alkalmazott petrográfia és a környezetföldtan kiemelkedő és iránymutató hazai eredményének tartom. Az értekezést a vitára alkalmasnak találom, a nyilvános vita kitézését és a mű elfogadását feltétlenül ajánlom.

Budapest, 2012. október 15.

dr. Viczián István
a földtudomány doktora

Irodalom

- Bajnóczi, B., Demény, A., Korpás, L. 2003:** Stable isotope study in a weakly developed paleosol horizon in the Quaternary Vár-hegy travertine (Budapest, Hungary). – *Acta Geol. Hung.* **46**, 2, 149-160.
- Detre Cs., Don Gy., Dosztály L., Gál-Solymos K., Siegl-Farkas Á., Solt P., Viczián I. 2002:** A hazai szferulakutatók eddig elért eredményei. – *MÁFI Évi Jel.* **1997-1998-ról** 183-210.
- Farkas I. M., Weiszbürg T. 2006:** Ülepedő és szálló por ásványtani vizsgálata a romániai Kolozs megyéből. – *Földt. Közl.* **136**, 4, 547-572.
- Korpás L., Kovács-Pálffy P., Lantos M., Földvári M., Kordos L., Krolopp E., Stüben, D., Berner, Zs. 2003:** A budai Vár-hegy édesvízi mészkövének szedimentológiája, geokémiája, kronológiája és paleokarszt fejlődése. – *Karsztfejlődés* **8**, 81-105. Szerk.: Veress Márton, kiadja: BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely.
- Kovács-Pálffy, P., Kónya, P., Földvári, M., Thamó-Bozsó, E., Szegő, É., Zelenka, T., Pécskay, Z. 2012:** Bentonite occurrences in the Budatétény–Sóskút region (Central Hungary) (abstract). – *Acta Mineralogica-Petrographica, Abstract Series*, Szeged, **7**, 74.