

Opponensi vélemény  
**Szakáll Sándor: Magyarország új ásványairól**  
című akadémiai doktori értekezéséről

## Bevezetés

Szakáll Sándor a topografikus és rendszeres ásványtan kiemelkedő egyénisége hazánkban. Nevéhez fűződik a miskolci Herman Ottó Múzeum egyedülálló hazai ásványgyűjteményének megteremtése, a korszerű magyar ásványrendszertani tankönyv megírása (2005), a Miskolci Egyetem Ásvány- és Kőzettani Tanszéke műszeres felszerelésének és tudományos munkájának kifejlesztése. Nagy szerepe volt a szomszéd országok kutatóival való eredményes együttműködés kialakításában, amelynek eredményeképpen megjelenhetett az általa szerkesztett, a Kárpátok ásványait bemutató monográfia (2002). Közreműködésével rendszeres megrendezik Miskolcon a Kárpátok ásványaival foglalkozó nemzetközi konferenciát. Ő a Székelyföld ásványait bemutató könyv egyik szerkesztője. Szerepet vállal a kolozsvári magyar nyelvű geológus-képzésben is. Jelentős érdemei vannak az amatőr ásványgyűjtő mozgalom szervezésében és tudományos irányításában. Egyedülálló anyag- és lelőhely-ismerete nemcsak a jelenkorban, hanem az előző évszázadokban gyűjtött példányokra is kiterjed, amint azt én is személyesen megcsodálhattam 2012-ben a marosvásárhelyi Teleki Téka történelmi ásványgyűjteményének rendezése közben.

Szűkebb értelemben vett kutatómunkája elsősorban a hazai ritka és nehezen felismerhető ásványok elemzésére és leírására terjed ki. Ennek eredményeit jelzik a hazai ásványfajokat leltárszerűen összegző kiadványok és néhány fontos hazai lelőhely részletes, monografikus feldolgoása. Nagyrészt az ő közreműködésének köszönhető, hogy mára a Magyarországról ismert ásványfajok száma elérte a 600-at.

## Témaválasztás

Jelen értekezés a Szerző közreműködésével, legtöbbször az ő vezetésével hazánkban újonnan felismert és leírt ásványfajok közül választ ki 50-et és ezek jellemzését adja. Ezek között 4 olyan ásvány van, amely az egész tudományra nézve új, és leírását a nemzetközi nevezéktani bizottság (IMA CNMMN) már el is fogadta.

A lelőhelyeket genetikai sorrendben csoportosítja. Jellemző az itt bemutatott, újonnan felismert ásványokra, hogy egyáltalán nincs közöttük primer magmás kiválási termék, de még elsődleges hidrotermális kiválás is alig. Ilyennek tekinthetők a Nadapi-táróban talált *szulfosók*. Még az elsődleges magmás fázisokhoz legközelebb esnek genetikailag a hólyagüregeket kitöltő ásványok a fonolitban, andezitben és bazaltban. Ez utóbbiból került elő az új zeolit-faj, a *kabazit-Mg*. Különleges másodlagos magmás fázisoknak tekinthetők a Csódi-hegyi dácitban levő szerpentin xenolitok kontaktusáról leírt *hidrogrosszularok*. A legtöbb leírt, hazánkra nézve új ásvány hidrotermális szulfidos érctelepek oxidációs zónájából származik, vagy a jelenkori felszíni mállás terméke. Ennek megfelelően ásványrendszertani szempontból a *vízartamú szulfátok, foszfátok és arzenátok* (köztük a *klajit*) vannak uralkodó mennyiségben. Már csak félig tekinthetők igazi természetes ásványnak azok a természetes folyamatok révén kialakult fázisok, amelyek kiinduló anyagát az ember bányászati tevékenysége hozta létre. Ilyenek a bányavágatokban keletkező *réz-kloridok* a recski mélyszerzőkben, vagy a *cink-szulfátok* a mátraszentimrei Szent Imre-aknában. Ide sorolhatók az kőszénhányók lassú égése közben keletkező *ammónium-tartalmú szulfátok*, köztük az új ásványként leírt *ammóniomagneziovoltait*. Végül az üledékes képződmények közé tartoznak a

szikes tavak különleges nátrium-karbonátjai és a mányi kőszénből új ásványként leírt diagenetikus eredetű Ca-Al-karbonát, a *kochsándorit*.

## Új tudományos eredmények

A téma tudományos jelentősége sokrétű. Egyrészt az egyetemes ásványtant gyarapítják az újonnan leírt ásványfajok, és a ritka fajok újonnan felismert lelőhelyei. A geokémia szempontjából jelentősek az izomorf helyettesítések példái, és az, hogy több esetben sikerült azonosítani a nyomelemeket hordozó fázisokat, mint pl. a fonolit ritkaföldfémeket tartalmazó nyom-ásványokat. A környezeti geokémia fontos segédeszköze lehet a hányókon és a felhagyott értelepekben keletkező, mérgező elemeket és vegyületeket is tartalmazó termékek megismerése. Egyes esetekben földtani értelmezést is lehetővé tesznek a felismert ritka ásványok. Így pl. jelentősnek tartom azt a következtetést, hogy a rudabányai oxidációs zónából kimutatott *halogenidek* és *nitrát* ásvány (*gerhardtit*) a harmadidőszaki, száraz éghajlaton végbement paleo-mállás jelzői lehetnek. Hasonlóképpen a Felsőpetényben talált fluor-tartalmú epigén ásványok (*khademit*, *wilcoxit*) a Duna-balparti rögökben lezajlott, *fluoritos* hidrotermális tevékenység indikátorai.

A dolgozat mind az 50 (vagy 51?) ásvány meglétét megbízhatóan bizonyítja. Nem megy bele földtani vagy teleptani részletekbe, de az önmaga által kitűzött célt, a ritka ásványfajok kimutatását maradéktalanul megvalósítja. Ezért valamennyi tézist elfogadom.

## Tartalmi megjegyzések

A leírásokkal kapcsolatban egyértelműen kritikai megjegyzésem alig van, inkább csak bizonyos hiányosságok pótlását tartanám szükségesnek, és az eredményekhez szeretnék megjegyzéseket tenni.

### Módszerek

Az értekezés csak röviden felsorolja a használt mérési módszereket (XRD diffraktométerrel vagy Gandolfi-kamerával, SEM+EDS/WDS, ritkábban FTIR), de ezekről semmilyen részletesebb ismertetést nem ad. Ez elfogadható, mert ezek néhány hivatkozott cikkben és máshol le vannak írva. Tanulságos lett volna azonban a kismennyiségű, sokszor nehezen felismerhető ásványok preparálási módszereiről ismertetést adni, mert ez a dolgozat speciális témájába vágó kérdés.

### Az eredmények dokumentálása

A dolgozatban viszonylag rövid, szűkszavú jellemzést találunk az egyes ásványokról, amely rövid geológiai és paragenetikai leírás, ásványrendszertani áttekintés mellett az ásványok röntgendiffrakciós és elektronmikroszkópos jellemzését, valamint általában mikroszondás kémiai elemzését adja. Jó esetben utal az irodalomban megjelent, részletesebb leírásra, de ez csak kevés esetben teljes cikk (főleg az új ásványok esetében), nagyon gyakran csak konferenciai kivonat, ami ugyanolyan szűkszavú és hiányos, mint maga a dolgozatban közölt leírás. Sok olyan ásvány van (22), amelynek megelőző leírására még ilyen utalás sincs az értekezésben, tehát ez számít első publikálásuknak (*arthurit*, *Pb-Sb-(As, Ag)-szulfosók*, *wulfenit*, *mixit*, *tsumcorit*, *stolzit*, *atacamit*, *eriokalkit*, *richelsdorfit*, *kalkofillit*, *kawazulit*, *gunningit*, *teschernichit*, *joaquinuit-(Ce)*, *ancilit-(Ce)*, *gerhardtit*, *sabelliit*, *khademit*, *wilcoxit*). Igaz, hogy ezek nagy részének leírását beígérik a dolgozat és a tézisek, amelyeknek a Földtani Közlönyben kell megjelenni (*in press* és *in prep.* jelzéssel). Az első, az *in press* jelzésű időközben meg is jelent, de a bemutatni tervezett ásványok közül csak a rudabányai *claringbullitot* és *claritot* tartalmazza, a többi nem (Szakáll, S., Fehér, B., Kristály, F.,

Zajzon, N. 2013: Mineralogical mosaics from the Carpathian-Pannonian region 1. Földtani Közlöny 143, 1, 177-188.). A másik cikk még nem jelent meg a Közlönyben. Természetes, hogy akadémiai dolgozat nem tartalmazhat minden részletet, de kívánatos volna minden ásvány meglétét külön publikációkban részletesen is dokumentálni.

### Az ásványok kémiai képlete

A dolgozat – nagyon helyesen – minden esetben megadja az ásvány kémiai képletét. Ezeket összehasonlítottam a Handbook of Mineralogy (1990-2000, Mineral Data Publishing, Tucson, Arizona) által megadott képletekkel. A legtöbb esetben egyezik, de néhány eltérést találtam (ezek közül a *katoit* kielégítően meg van magyarázva az értekezésben):

név	dolgozat	Handbook of Mineralogy
kawazulit	$\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{Se}$	$\text{Bi}_2(\text{Te,Se,S})_3$
kamphaugit-(Y)	$\text{Ca}_2(\text{Y,RFF})_2(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{CaY}(\text{CO}_3)_2(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$
ancilit-(Ce)	$\text{SrCe}_3(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$\text{Sr}(\text{Ce,L a})(\text{CO}_3)_2(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$
clairit	$(\text{NH}_4)_2(\text{Fe,Mn})_3(\text{SO}_4)_4(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$(\text{NH}_4)_2(\text{Fe,Mn})_3(\text{SO}_4)_4(\text{OH})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
boussingaultit	$(\text{NH}_4)_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$(\text{NH}_4)_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
wilcoxit	$\text{MgAl}(\text{SO}_4)_2\text{F} \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	$\text{MgAl}(\text{SO}_4)_2\text{F} \cdot (17-18)\text{H}_2\text{O}$

Az eltérések nem jelentősek, és a kawazulit kivételével a víz- és OH-tartalomban van a különbség. Ez bizonyára azt mutatja, hogy ezek spontán módon is könnyen változnak, és pontos kimutatásuk is nehéz. Mindenesetre jó lenne erről a Szerző magyarázatát tudni.

Bizonyára egyszerű elírás miatt kimaradt az ammóniomagnéziovoltaik képletéből az Al (p. 79). A helyes képlet:  $(\text{NH}_4)_2\text{Mg}_5\text{Fe}^{3+}_3\text{Al}(\text{SO}_4)_{12} \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ .

### Egyéb kémiai megjegyzések

*Arthurit*: az ásvány kémiai elemzésében néhány tized %  $\text{SiO}_2$ -t is kimutattak (p. 11, IV. tábl.). A Szerző a Si iont a számított képletekben mint az As helyettesítőt vette figyelembe. Kérdés, hogy nem lett volna helyesebb az  $\text{SiO}_2$ -t szennyezésnek tekinteni, és nem venni figyelembe az arthurit képletének számításakor. A  $\text{SiO}_2$  tartalommal kapcsolatban hasonló kérdés merül fel még a következő ásványoknál is: *mixit*, *kalkofillit*, *fornacit*, *vauquelinit*, *sabelliit*.

*Richelsdorfít*: a leírással ellentétben a parádfürdői mintában több az As és kevesebb a Cl, mint a típuslelőhelyen, Richelsdorfban (XXVIII. tábl., p. 42, lásd: Handbook of Mineralogy). (Richelsdorf nem hegység, csak egy község neve Németországban, Eisenach mellett.)

*Kalkofillit*: a cornwalli mintában 0,64 %  $\text{P}_2\text{O}_5$  is van, csak így jön ki a  $\Sigma=100,13$  % (XXX. tábl.).

*Tschernichit*: még érdemes megjegyezni, hogy a markazi mintában a Si tartalom és a Si/Al arány is nagyobb az elméleti értéknél (XXXVIII. tábl., p. 53).

*Joaquinit-(Ce)*: érdekes lehet, hogy az ismeretlen, joaquinit-(Ce)-rokon ásványban nemcsak a Nb tartalom, hanem a Th tartalom is lényegesen nagyobb, mint a joaquinit-(Ce)-ben (XLII. tábl., p. 61).

### A röntgendiffrakciós etalon-adatok felhasználása

Az ásványok azonosításának egyik fő módszere a röntgendiffrakció volt. Ezért fontos, hogy ellenőrizni lehessen a felhasznált etalon-adatok eredetét. Általánosságban meg kell azonban jegyezni, hogy az egyes leírások esetében a röntgen-adatok használata a legkevésbé egyenletes színvonalú. A legtöbb ásvány esetében közli a dolgozat a megfelelő ICDD

(International Centre for Diffraction Data) kártya számát, és vagy a teljes adatsort, vagy a legfontosabb jellemző reflexiókat. Egyes esetekben még a pordiagramból számított rácsállandókat is megadja. Néhány esetben azonban ez nem történik meg:

*Gartrellit*: csak sejteni lehet, hogy az etalon röntgen-adatok (p. 8) Nickel et al. (1989) cikkéből vannak, amelyek különben megegyeznek a MinDat-ban közölt adatsorral. Megjegyzendő, hogy Krause et al. 1998: Eur. J. Min. 10. 179-206. cikkében újabb és számított XRD adatok is lettek volna.

*Hinsdalit*: A közölt diffraktogramon (p. 16, 11. ábra) látszik a jó egyezés a *hinsdalit* csúcaival, de nincs megadva az etalon adat eredete. Hasonlóképpen a hivatkozott cikkben sem: Szakáll et al. 2007.

*Kawazulit*: a kártya száma helyesen: 00-029-248 (p. 45, XXXI. tábl.). A Handbook of Mineralogy szerint nem trigonális, hanem hexagonális.

*Kabazit-Mg*: Kár, hogy a Szerző és munkatársai által leírt kabazit-Mg-ről nem közöl a dolgozat pordiffrakciós adatokat. A hivatkozott publikáció (Montagna et al. 2010: Am. Mineral. 95, 939-945) még kristályszerkezet-meghatározást is közöl, így elfogadható, hogy ez a cikk „túl jó” ahhoz, hogy ebben legyenek benne a pordiffrakciós adatok. De máshol meg kellene adni ezeket is, mert a további határozáshoz ezek is hasznosak lennének.

*Katoit*: Hasonló a helyzet a Csódi-hegyi katoittal. Itt is a hivatkozott cikkben (Ferro et al. 2003: Eur. J. Mineral. 15, 419-426) még szerkezetfinomítás is van, de sem abban, sem a dolgozatban nem közlik a por-adatokat.

*Joaquinit-(Ce)*: A dolgozat utal rá, hogy a joaquinit-(Ce) és az ortojoaquinit-(Ce) főleg a röntgenvonalak intenzitásai alapján különböztethető meg (p. 61, XLIII. táblázat), és ezek közül a vizsgált minta joaquinit-(Ce). Jó lett volna ennek bizonyítására az ortojoaquinit-(Ce) adatait is közölni.

*Ancilit-(Ce)*: Akkor is célszerű lett volna közölni az etalon adatokat és azok forrását, ha csak egyetlen reflexiója azonosítható. Talán az etalon adat forrása Pekov et al. 1997?

*Connellit*: A 8-135 sz. ICDD kártyánál lett volna újabb és pontosabb adatsor is: ICDD 35-538 (XLV. tábl., pp. 64-65).

*Nahkolit, burkeit*: A dolgozat közli a nahkolit diffraktogramját (p. 89, 81. ábra), de az ábrából nem vehető ki az etalon-adat eredete, és külön sincs megadva. A burkeitről nincs egyáltalán közölt röntgen-adat. A hivatkozott munkában (Szakáll et al. 2006) is csak grafikus ábrák vannak, de az etalon-adatok forrása nincs ott sem megadva.

*Volborthit*: Itt meg van adva az etalon kártya száma (p. 90), csak maguk a saját mért XRD adatok nincsenek, sem a dolgozatban, sem a hivatkozott konferenciái kivonatban (Szakáll, Sajó 2003).

Általánosan is meg lehet jegyezni, hogy az ICDD rendszerben több ásványra nézve is lettek volna újabb és feltehetően jobb adatok, mint amelyeket a Szerző az azonosításra felhasznált.

### **Egyéb röntgendiffrakciós problémák**

*Ikunolit*: a legfontosabb reflexiókat három mintánál is megadja (p. 19), ezen kívül itt megad egy  $d_{\text{calc}}$  értéket is, amelyről azt mondja, hogy azok az ICDD 00-025-1175 kártya adatai. Ezek tehát számított adatok? Ugyanakkor az ikunolitra vonatkozó saját mérési eredményeket a XII. táblázat is tartalmazza, de az nem azonos a megadott 3 minta adataival, sem azok átlagával. A XII. táblázat tartalmazza az ICDD 00-025-1175 kártya összes adatát is. Elég lett volna csak ezt a XII. táblázatot közölni.

*Planerit, aheylit*: A dolgozat szerint a parádfürdői türkiz-ásvány reflexiói részben a planerittel, részben az aheylittel egyeznek (p. 39). Ezt a megállapítást jobban kellene tárgyalni és dokumentálni. Mivel a vizsgált ásvány a két szélső tag izomorf elegye, inkább az valószínű, hogy valahol a kettő között kell lenni minden csúcsának.

*Kabazit-Mg*: A XL. táblázatban a kabazit-Mg víztartalmának és a és c tengelyének értékei nem egyeznek meg a Montagnana et al. 2010-ben közölt adatokkal. Mi ennek az oka?

*Kamphaugit-(Y)*: A dolgozat szerint az XRD felvételtől indirekt úton következtetni lehet a víztartalomra Rømming et al. (1993) szerint (p. 59). Nem mondja meg azonban, hogy a XVI. táblázatban közölt konkrét adatokból hogyan történt a következtetés.

### Ásványtani megjegyzések

A *tsumcorit* Zn-tartalmának eredetében valószínűleg a szfaleritnek volt szerepe (p. 30).

A *kabazit-Mg* környezetében gyakori „Mg-gazdag szmektitet” nem lehetne szaponitnak nevezni (p. 55)?

A dolgozat utal arra, hogy a mecseki fonolitban a könnyű RFF-elemek dúsulását először Viczián (1970) ismertette. Meg kell jegyezni, hogy ezeket a vizsgálatokat a MÁFI-ban Rischák Géza végezte röntgen-fluoreszcens spektrométerrel. Ezek voltak szinte az első vizsgálatok az akkor még egészen új készüléken.

A mecseki fonolittal kapcsolatban fel szeretném hívni a Szerző figyelmét a kőzetben lévő nátrólitra. Ez szokatlanul nagy kálium-tartalmú, a leírás idején az irodalomban ismert nátrólitok közül a legnagyobb kálium-tartalma volt, ami valószínűleg a különleges keletkezési körülményeinek köszönhető (Viczián I. 1971: A mecseki fonolit kőzettani vizsgálata. - MÁFI Évi Jel. 1969, 327-345.). Érdekes volna a mai korszerű módszerekkel megvizsgálni.

A szabadbattyáni *forncit* és *vauquelinit* krómtartalmának magyarázatához nem csak látszólag, de valóban kevésnek tűnnek a gerecsei jura króm-spinellek (p. 72). E kérdésben még további vizsgálatokra van szükség.

Az „édesvízi evaporitok” kifejezés ellentmondásnak tűnik, még ha a kivált sóásvány nem is kősó. Talán jobb lenne a „szárazföldi evaporitok” kifejezés.

### Mikroszkópi képek

*Wulfenit*: A 12. ábra szerint a kristályok mérete csak 2-4 mm, és nem 2-4 cm (p. 17).

*Volborthit*: A szövegben is meg kellene említeni, hogy a 10-40 µm-es pikkelyek ennél sokkal kisebb, parányi tűk szövedékéből épülnek fel (84. ábra).

### Formai megjegyzések

Az egész dolgozat példamutatóan tömör, egész terjedelme alig haladja meg a 100 oldalt. Szerkezete, kiállítása is megfelelő. Annyi luxust még elbírt volna, hogy legalább a nagyobb fejezetek külön oldalon kezdődjenek. A helyesírás, az ásványnevek és képletek írásmódja, az irodalomjegyzék szinte hibátlan. Néhány apró hibát a szövegben ceruzával jeleztem. Az ábrák rendesek (kivéve a 81. ábrát, amely az én példányomban alig kivehető), szükségesek. Az egyes ritka ásványokról készült mikroszkópi és elektronmikroszkópi felvételek kifejezetten érdekesek és szépek. Néhány apró formai megjegyzést az alábbiakban említek meg:

A *kabazit-Mg* lelőhelye nem Kalapos-tető, hanem Karikás-tető (p. 55).

A *nahkolit* írásmódját tekintve logikusabbnak tartanám a *nahcolit* alakot, mert a név úgy keletkezett, hogy a kémiai képletben levő betűket olvasták össze. Ebben a „c” a szén vegyjele: „C” helyett áll. Nem logikus tehát ebből „k”-t csinálni, és félrevezető is lehet, mert az ember káliumra gondolhat. Inkább a tulajdonnevekből eredő ásványnevekre vonatkozó szabályt kellene erre az esetre is alkalmazni.

A felvidéki Kociha lelőhely magyar neve: Kecege. A község Rimaszombattól É-ra található (p. 90).

**Következtetés**

A dolgozat megfelelően dokumentálja a Szerző tevékenységét a Magyarországon ismert ásványfajok gyarapítása terén, méltó folytatása eddigi hasonló témájú, nagy jelentőségű munkáinak. Mindezek alapján az értekezés vitára bocsátását és számára az akadémiai doktori fokozat odaítélését messzemenően támogatom.

Budapest, 2014. január 22.

Viczián István  
a földtudomány doktora