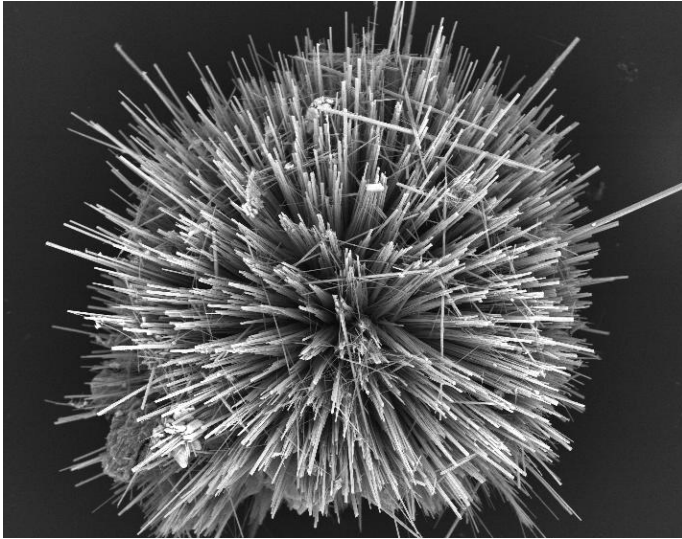


dc\_506\_12

**Szakáll Sándor**

# **Magyarország új ásványairól**

az MTA doktora cím elnyeréséért beadott  
értekezés összefoglalója



*Kochsándorit 350 μm-es halmaza, Mány (SEM felvétel)*

**Miskolc – Bükk-szentkereszt, 2013**

## I. Bevezetés, célok és módszerek

Tudományos munkámat 1980, a miskolci Herman Ottó Múzeumba kerülésem óta meghatározza Magyarország ásványainak vizsgálata. Itt elsődleges feladatom volt, hogy a hazai ásványegyütteseket reprezentáló, jól dokumentált ásványgyűjteményt állítsak össze. Az ehhez kapcsolódó munka második lépéseként a gyűjteménybe került minták tudományos földolgozását kellett elvégezni.

Azt gondolhattuk volna, hogy 1980-tól kezdve már nem sok újdonsággal találkozhatunk egy ilyen munka során. Vajon milyen új információkat adhat a leíró és topografikus ásványtan a XX. század végén? A tapasztalat azonban mást mutatott.

Az már a kezdetektől látszott, hogy lelőhelyeink ásványegyütteseinek nincsenek alaposan begyűjtve és dokumentálva. Sőt, számos lelőhelyről (pl. a Martonyi vasércbányából, ahol mintegy 30 évig folyt a termelés) egyáltalán nem rendelkeztek a közgyűjtemények mintákkal. Az pedig már a földolgozó munka során derült ki, hogy a begyűjtött anyagok számos új információt hordoznak, mind az egyes előfordulásokra, mind az ország területére nézve. A tudományos munka célja tehát adva volt. Ehhez kellett megtalálni a módszereket.

A két ásványtani vizsgálati alaptéchnika a röntgen-pordiffrakció (XRPD) hagyományos, diffraktometriás módon és a mikroanalitikával kombinált pásztázó elektronmikroszkópia (SEM+EDS/WDS) tűnt a legalkalmasabbnak arra, hogy a célt elérhessük, Magyarország ásványait korrekt módon, a kor színvonalán meghatározhassuk. Tekintettel azonban arra, hogy az újdonságot hordozó ásványok nem egyszer mm alatti méretűek, az XRPD vizsgálatok egy részét Gandolfi-kamerával kellett végeznünk, hogy a 30–40 µm-es fázisokról is jó minőségű kristályszerkezeti adatokhoz jussunk. Ezek mellett esetenként röntgen-egykristály szerkezet-meghatározás is készült. A SEM+EDS/WDS technika a morfológiai és a kémiai oldalról adott kitűnő eszközt a kezünkbe.

Ennek a technikai háttérnek köszönhető, hogy 1985-től napjainkig mintegy 200, korábban hazánkból ismeretlen, vagy nem bizonyított ásványfajt azonosítottunk. Ezek között öt új ásványfaj is található, olyanok, melyeket a tudományos világ vizsgálataink alapján ismert meg. Ezek időrendben: kochsándorit, kabazit-Mg, klajit, ammóniomagneziovoltait, parádsasvárit. (Érdemes megemlíteni, hogy ezeken

kívül a mai Magyarország területéről mindössze két ma is érvényes, a tudományra nézve új ásványfajt írtak le: a pilsenit Ferber 1788-ban, míg a jonassonitot osztrák kutatók 2006-ban publikálták.)

Jelen dolgozatomban olyan, e munka során elért eredményeimet gyűjtöttem egybe, amelyeket a PhD fokozatom megszerzése óta publikáltam, jelenleg közlés alatt állnak, vagy közlésre előkészítettek.

Eredményeimet nem tudományos jelentőségük sorrendjében, hanem genetikai típusok (ügymint magmás eredetű ércesedések, egyéb magmás ásványok, üledékes eredetű ércesedések, egyéb üledékes ásványok) vagy lelőhelyek köré csoportosítva foglalom össze. Téziseimet 1-től 22-ig számozom. Eredményeim alátámasztására főleg fénymikroszkópos és pásztázó elektronmikroszkópos képeket, röntgen-pordiffrakciós felvételeket, illetve mikroanalitikai (EDS/WDS) adatsorokat használok fel.

## II. Új tudományos eredmények

Az alábbi tézisek döntő részében a vázolt új eredményeket – az ásványtani alapkutatások jellegéből adódóan –, társszerzőkkel együtt értem el. A szerzők sorrendje mindig jelzi a kutatók részesedését az eredmények létrejöttében. Ennek alapján azon tézisekben (illetve témákban), ahol én vagyok az első szerző, a vezető szerep az enyém. Ha két- vagy többszerzős a tanulmány és én vagyok a második szerző, a hozzájárulásom a tudományos eredményhez 30–40%-ra tehető. Ha több szerzős a tanulmány és magam a harmadik vagy negyedik szerző vagyok, a hozzájárulásom az új eredményekhez mintegy 20–30%-nyi.

1. *Új másodlagos ásványokat azonosítottam a velencei-hegységi érces képződményekből. Számos ritka arsenátot, foszfátot és szulfátot mutattam ki a Likas-kői enargitos ércindikációban, ilyen közöttük a gartrellit (Menyhárt & Szakáll, 2010) és az arthurit (Szakáll et al., in prep). Hinsdalitot és hinsdalit-alunit elegykristályokat határoztam meg a Meleg-hegy polimetallikus ércindikációjában (Szakáll et al., 2007). Hazánkban első molibdátként wulfenitot azonosítottam a Pátka, szűzvári ércesedésből (Szakáll et al., in press).*

A Likas-kői enargit oxidatív átalakulásából már Kubovics (1958) tesz említést réz-arsenátokról, de közelebbről nem vizsgálta őket. Ezen másodlagos fázisok ásványtani vizsgálata újabb arsenátok, foszfátok

és szulfátok széles sorát eredményezte. Ennek alapján megállítható egy Pb-Fe-domináns és egy Cu-domináns arzenátos sorozat. A közel 20-féle arzenát a Kárpát-övezet egyik leggazdagabb ilyen jellegű lelőhelyévé teszi a likas-kői enargitos ércindikációt.

A meleg-hegyi polimetallikus ércindikációban lévő hinsdalitkristályok kémiai zonalitásának tanulmányozásával igazoltam, hogy a területen egyes alumínium-foszfát-szulfátok (APS-ásványok) nemcsak hidrotermás eredetűek lehetnek, miként Bajnóczy et al. (2002) rögzítette, hanem szupergén folyamatok termékei is (Dill et al., 2001). Mikroszondás elemzések alapján jellemezni tudtam a  $Pb \rightarrow K$ , illetve  $P \rightarrow S$  helyettesítési folyamatokat.

A Pátka, szüszvári ércesedés másodlagos ásványait Kiss (1954) ismertette részleteiben, de nem tett említést – az elvégzett nyomelemvizsgálatok alapján sem – molibdén jelenlétéről az oxidációs zónában. A wulfenit a kovásodott és kilúgozódott telérekben főként piromorfittal együtt észlelhető. Megjelenése közvetlen bizonyíték a velencei-hegységi gránit Mo-tartalmának mobilizációjára.

2. *Eddig hazánkából ismeretlen Pb-Sb-(As)-szulfosók együttesét (zinkenit, plagionit, veenit, sorbyit) mutattuk ki a Nadap, meleg-hegyi antimon-indikációból (Szakáll et al., in prep).*

A meleg-hegyi polimetallikus ércindikáció elemegyüttesét geokémiai vizsgálatok alapján korábban Kubovics (1958) tisztázta. Ennek anyagában mikroszondás elemzéssel számos Pb-Sb-(As) szulfosót rögzítettünk. Ezek kémiai összetételében határozott tendencia mutatkozik az  $Sb \rightarrow As$  helyettesítésben. Emellett, ennél kisebb arányban, Bi és Ag is megjelenik a fázisokban. A paragenézis tanulmányozása alapján megállapítottuk, hogy a szulfidos kiválások két ritmusban történtek: elsőként az antimonit vált ki, míg második ritmusban történt a fent említett szulfosók képződése. Végeredményben a Kubovics (1958) által kimutatott elemekhez ásványos fázisokat tudtunk hozzárendelni.

3. *A Nagybörzsöny, rózsza-hegyi ércesedés hidrotermás eredetű, Bi-Pb-Ag-As-(Au-Te-Se) elemekkel reprezentált szakaszának ásványegyüttesében kimutattam egy Bi-szulfid-szelenidet, az ikunolitot*

*(Szakáll et al., 2012a) és egy Pb-Bi-szulfosót, a cannizaritot (Szakáll et al., in prep).*

Jellemeztem kémiai karakterüket, helyettesítési jellegzetességeiket, paragenézisüket. Az ikonolitnál megállapítottam a rendszeres Pb → Bi és S → Se helyettesítést. Ezen belül megkülönböztettem egy Se-gazdag és egy Se-szegény változatot. A magas Se-tartalmú típus jelenléte jelzi az ikonolit–laitakarit közötti szilárd oldatsort. A cannizarit Se-szegény, így ennek alapján elhatárolható szoros szerkezeti rokonaitól a wittittől és weibullittól (Borodaev et al., 2000). Figyelemre méltó, hogy egyes nagybörzsönyi cannizaritok kevés Te-t is tartalmaznak.

4. *Meghatároztam a nagybörzsönyi Bi-szulfidok és termésbizmut mállásából származtatható víztartalmú Bi-szulfátot, a cannonitot (Szakáll et al., 2010), illetve egy víztartalmú Bi-Cu-arzenátot, a mixitét (Szakáll et al., in prep). Ugyaninnen kimutattam egy ritka, víztartalmú Pb-Zn-Fe-arzenátot, a tsumcoritot és egy Pb-volframátot, a stolzítot.*

A Bi-szulfidok és a termésbizmut a Rózsa-hegy Bi-Pb-Ag-As-(Au-Te-Se) elemekkel reprezentált ércesedési szakaszának jellemző ásványai, melyek mállástermékei korábban nem voltak kellőképpen vizsgálva.

A cannonitnak világviszonylatban is ritka, változatos kifejlődéseit rögzítettük. A rózsá-hegyi mixit kémiai szempontból nagy változatosságot mutat. Nemcsak az arzén és réz mennyiségében, de a vas és különösen az ólom szempontjából. A volfrám az ércesedés magas hőmérsékletű hidrotermás szakaszát igazoló kémiai elemekhez tartozik (Nagy, 1971). Az ehhez a folyamathoz kapcsolódó ferberit és hübnerit mállásából jött létre az általam kimutatott ólom-volframát, a stolzít.

5. *A tudományra nézve új ásványfajként fedeztünk fel a recski Lahóca ércesedéséből egy Cu-Mn-arzenátot, a klajitot (Szakáll et al., 2011).*

Az arzenátok kis mennyiségben képződő, de karakterisztikus ásványai a Lahóca As-tartalmú szulfidjaiból (luzonit, enargit, tennantit) képződött oxidációs termékeknek. Közöttük messze legérdekesebb a klajit, mely a lindackerit rokonságába tartozik. Feltehetően enargit-luzonit és Mn-tartalmú tennantit mállásának eredménye. Az új ásványt az IMA illetékes bizottsága 2010-004-es számon elfogadta.

6. *Réz-kloridokat (atacamit és eriokalkit) határoztam meg a recski mélysínt jelenkori hidrotermáinak képződményeiből (Szakáll et al., in press). A mátrászentimrei ércesedés vágataiban ma is képződő szulfátos paragenezisben két víztartalmú cink-szulfát, a bianchit és a gunningit jelenlétét igazoltam (Szakáll & Kristály, 2011).*

Bár Kiss & Jánosi (1993) korábban említett kloridokat, közöttük réz-kloridokat a recski mélysínt recens képződményeiből, de említésüket nem támasztották alá adatokkal. A réz-kloridok jelenléte egyenes következménye a kloridokban gazdag hidrotermáknak és az ércesedés réz-domináns jellegének.

A mátrászentimrei ércesedés ásványos összetételét alapul véve (Nagy & Barbácsi, 1966), minthogy az egyik uralkodó szulfid a szfalerit, nem meglepő az oxidációs folyamatokkal létrejött cink-szulfátok jelenléte. Kémiai elemzéssel megállapítottam, hogy ezekben kis mennyiségben kadmium, réz és vas is megjelenik.

7. *Kimutattam a türkiz rokonságába tartozó fázisokat a parádfürdői Orczy-táró és Etelka-külfejtés ércesedéséből (Szakáll et al., 2012b). Számos eddig hazánkban ismeretlen arzenátot, közöttük víztartalmú kalcium-réz-antimon-arzenát-kloridot, a richelsdorfitot és víztartalmú réz-alumínium-arzenát-szulfátot, a kalkofillitet határoztam meg a parádfürdői Fehér-kő ércesedéséből (Szakáll et al., in prep).*

Másodlagos alumínium-foszfátok jelenléte a Parádfürdő környéki ércesedésekben Koch (1966) óta jól ismert. Az újabban talált türkiz-rokon fázisok viszont változatos kationegyüttest képviselnek, a mikroszondás vizsgálatok alapján planerit-aheylit-faustit elegykristályok. Az „A” pozíció betöltetlensége és a „B” pozíció Al-dominanciája miatt a fázist planeritnek tekintem (Foord & Taggart, 1998).

A parádfürdői Fehér-kő ércesedésének uralkodó szulfidjai a fakóércek, melyek itt határozottan As-domináns jellegűek (Dobosi & Nagy, 2000). Ezek felszín közeli mállásának termékei a kimutatott arzenátok, melyek jól tükrözik az elsődleges szulfidok kationösszetételét. A kémiai elemzések alapján a parádfürdői richelsdorfit adatsora jól egyezik a nemzetközi irodalmi adatokkal, ezzel szemben a kalkofillit As-gazdagnak mondható.

8. *A Gyöngyössolymos, nyírjes-bérci bizmut-telluridos ércindikációból új fázisokként kimutattam a kawazulitot és a montanitot (Szakáll et al., in prep).*

Az elsőként Kiss (1960) által leírt Bi-Te ásványegyüttesből vizsgálataim szerint a tetradimit jelen van, de a másodlagos telluritot nem tudtuk igazolni. A tetradimitet kísérő kawazulitban a mikroszondás elemzés kevés Pb  $\rightarrow$  Bi helyettesítést és jelentősebb Sb  $\rightarrow$  Bi helyettesítést igazolt. Az anionpozícióban a Se aránya az elméleti összetételhez képest kisebb, ezzel szemben a S és különösen a Te részeseződése nagyobb. Ez az adat is jelzi a más szerzők által (vö. Cook et al., 2007) korábban megállapított tény, miszerint a kawazulit és tetradimit között az S  $\rightarrow$  Se helyettesítéssel korlátlan szilárd oldatsor lehetséges. A telluridokból képződött oxidációs termék, bár némi kémiai inhomogenitást mutat a Bi-Te tekintetében, egyértelműen a rosszul kristályos természetű montanittal azonosítható.

9. *A Diósgyőr, bagoly-hegyi ércindikáció másodlagos kiválásai között foszfátokat, szulfát-foszfátokat és szulfátokat ismertem föl, köztük a hazánkból eddig ismeretlen corkitot és foszfoszideritet (Szakáll et al., 2012c).*

A hintett módon megjelenő szulfidok felszín közeli mállásával az erősen összetöredezett zónákban jöttek létre a másodlagos szulfátok, szulfát-foszfátok és foszfátok. A szulfátok képződése jarosittal indult. Ezt követte az ólom- és foszfáttartalmú jarosit, majd esetenként a plumbojarosit képződése. A szulfidok mállása eredményezte kezdeti savas környezet neutrálissá, végül lúgossá válásával, és ezzel egy időben az oldatok foszfáttartalmának növekedésével kezdődött a szulfát-foszfátok, végül a foszfátok kiválása. Ennek sorrendje megfigyelésem szerint a következő: ólom-vas-foszfát-szulfát (corkit), ólom-alumínium- és vas-foszfátok (plumbogummit, foszfosziderit, strengit?). Végül az erőteljesen kilúgozódott, vas-oxidokban gazdag zónákban egy vas-alumínium-foszfát, a kakoxén jelenik meg.

10. *A mátrai és visegrádi-hegységi andezit hólyagüregeiből két ritka, eddig hazánkból ismeretlen zeolitot mutattunk ki, a cowlesitet (Szakáll et al., 2006) és a tschernichitet (Fehér et al., in prep).*

A cowlesit kémiai szempontból megegyezik az eddig ismert lelőhelyek anyagával, alátámasztva azt az állítást, hogy kémiailag kis változékonyságot mutat (Vezzalini et al., 1992). A tschernichitnek

néhány lelőhelyét ismerjük a világban, de azok nem andezitben jelennek meg. Kémiai szempontból nem mutat különbséget az irodalmi adatokkal, kivéve a kevesebb víztartalmat, mely igazolhat egy másik tschernichit-változatot, melyről Boggs et al. (1993) már említést tett.

11. *Egy, a tudományra nézve új zeolitfajt, a kabazit sor Mg-domináns tagját fedeztük fel a bazi Kalapos-tető bazaltjának hólyagüregeiből (Montagna et al., 2010).*

A zeolitok nevezéktanában nagy fontosságú a szilikátvázon kívül elhelyezkedő kationok mennyiségi aránya (Coombs et al., 1997). A kabazit-Mg esetében ebben a pozícióban a Mg a domináns kation, éppen ezért lehetett anyagunkat új ásványként benyújtani és elfogadtatni. Képződésében nagy szerepe lehetett a szűkebb környezet hidrotermás oldatai magas Mg-tartalmának, amit bizonyíthat, hogy a kabazit-Mg kristályai magas Mg-tartalmú szmektitekkel bélelt hólyagüregekben helyezkednek el. Az új ásványt az IMA illetékes bizottsága 2009-060-as számon elfogadta.

12. *A Dunabogdány, Csódi-hegyi dácitban lévő lizarditos xenolitok szegélyén, többféle gránát és hidrogránát között, kimutattuk és részletesen jellemeztük a katoitot, a hidrogrosszulár ásványsor ideálisan (SiO<sub>4</sub>)-mentes tagját (Ferro et al., 2003).*

Magmás kőzetek szilikátos xenolitjainak jellegzetes ásványai a hidrogránátok. A Csódi-hegyen mind kémiai, mind szerkezeti szempontból többféle típusuk jelenik meg. Közülük behatóan a legritkábbal, a katoittal foglalkoztunk, ennek keretében mikroszondás elemzés és egykristály-szerkezetvizsgálat készült az anyagról. A tanulmány egyúttal a hidrogránátok nevezéktanának problematikáját is bemutatja a vizsgálati eredmények és korábbi tanulmányok tükrében (vö. Passaglia & Rinaldi, 1984).

13. *A szarvaskői ofiolit-komplexum savanyú differenciátumában, plagiogránit repedéseiben kimutattunk önálló, Y-RFF-tartalmú ásványt, a kamphaugit-(Y)-t (Fehér et al., 2003).*

Az ofiolitos komplexumban korábbi munkák a könnyű RFF-elemek és Y dúsulását már igazolták (Péntek, 2004). Ezeket mikroszondás elemzésekkel elsősorban a kőzetalkotó apatitokban észlelték. Ásványalkotó mennyiségben emellett megjelennek az allanit-(Ce)-ben, illetve kimutathatók egyes esetekben az epidotban is. A kamphaugit-(Y) a



kőzetalkotók hidrotermás mállásából felszabadult komponensekből képződött a plagiogranit repedéseiben.

14. *Egy új RFF-paragenezis tagjaiként joaquinit-(Ce) és ancilit-(Ce) jelenlétét rögzítettem a hosszúhetényi fonolitból (Szakáll et al., in prep).*

Viczián (1970) mutatta ki először, hogy a mecseki fonolitban a könnyű RFF-elemek (köztük elsősorban a Ce, La és Nd), illetve az Y dúsulást mutatnak. Későbbi mikroszondás elemzésekkel Nagy (2003) britolit-(Ce), bastnäsit-(Ce) és nakarenioobszit-(Ce) jelenlétét igazolta. A joaquinit-(Ce) és ancilit-(Ce) kései kiválású RFF-ásványok, melyek a fonolit üregeiben jelennek meg, minden bizonnyal az elsődleges RFF-tartalmú kőzetalkotók hidrotermás átalakulásából keletkeztek. Figyelemre méltó, hogy a joaquinit-(Ce)-vel szorosan összenőve, egy azzal kémiaileg rokon, de bizonyos komponensekben attól jelentősen különböző, feltehetően eddig ismeretlen, új ásványfázist azonosítottam.

15. *Újabb kloridokat határoztam meg a rudabányai ércesedés oxidációs zónájából, egy hidratált réz-kloridot, a claringbullitot és egy víztartalmú réz-klorid-szulfátot, a connellit (Szakáll et al., in press). Először mutattam ki nitrátásványt, egy víztartalmú réz-nitrát, a gerhardtit képeben a rudabányai érctelepéből (Szakáll et al., in prep).*

A kloridok kis mennyiségben megjelenő, de jellemző komponensei a rudabányai ércesedésnek. Itt korábban már számos Ag-halogenid (klórgirit, brómargirit, jódgirit) került meghatározásra (Szakáll & Kovács, 1995). Az újabban kimutatott connellit és claringbullit, miként a világban máshol is, tömeges kupritban jelenik meg.

A réz-nitrát megjelenése, az egyes feltárásokban relatíve gyakori halogenidekkel együtt, alátámasztja azt az állítást, hogy az érctelep hosszú ideig volt felszínen, ráadásul az oligocén-miocén időszakban az érces képződmények hosszú, arid éghajlatú periódusok hatásának voltak kitéve (vö. Gołębiewska et al., 2010). Az ilyen éghajlat pedig, miként a világ más lelőhelyein is, kedvez a halogenidek és nitrátok képződésének.

16. *Világritkaságnak számító Ag-Hg-szulfohalogenides paragenézist igazoltam a rudabányai ércesedés kovásodott limonitjából, melyet perroudit, capgaronnit és iltisit reprezentál (Szakáll, 2001; Szakáll et al., in prep).*

Miként a típuslelőhelyeken (Cap-Garonne és Broken Hill) (Sarp et al., 1987; Mason et al., 1992), Rudabányán is minden bizonnyal Ag-tartalmú tennantit és cinnabarit mállása, illetve kloridokban, bromidokban és jodidokban gazdag oldatok szolgáltatták a kémiai komponenseket. A paragenézis, miként az Ag-halogenidek esetében is, erősen kovásodott limonitban jött létre az Adolf-bányarészben.

17. *Eddig ismeretlen, másodlagos ásványok jelenlétét rögzítettem a Dunántúli-középhegység ércesedéseiből. Először mutattam ki kromát-aniont tartalmazó ásványokat, egy hidratált Pb-Cu-kromát-arsenátot, a fornacitot és egy hidratált Pb-Cu-kromát-foszfátot, a vauquelinitet a szabadbattyáni érctelepből (Szakáll & Molnár, 2003). A balatonfüredi polimetallikus ércindikációból egy ritka, hidratált réz-cink-arsenát-antimonátot, a sabelliitet azonosítottam (Szakáll et al., in prep).*

A kromáttartalmú ásványok eléggé egzotikusak az érctelepek oxidációs zónájában, létrejöttükhöz ugyanis Cr-tartalmú oldatok szükségesek. Ez a lelet fölhívja a figyelmet arra, hogy a szabadbattyáni ércesedés tágabb körzetében lennie kell valamilyen Cr-tartalmú (minden bizonnyal kromitot tartalmazó) képződménynek. Az elemösszetétel, beleértve az elemhelyettesítőket (pl. Nb) azt is jelzi, hogy a szabadbattyáni ércesedés kémiai elemei sokféle forrásból táplálkoztak, az érctelep földtani szempontból igen változatos környezetben helyezkedik el.

A balatonfüredi ércindikáció ásványtani jellemzését először Papp & Mándy (1955) végezte el. Bár a másodlagos ásványegyüttesben a malachit és azurit uralkodnak, ritkán a sabelliit is megjelenik, minthogy kémiai komponensei az elsődleges szulfidokból a képződéséhez rendelkezésre álltak.

18. *Egy, a tudományra nézve új viztartalmú Ca-Al-karbonátot fedeztünk fel, és kochsándorit néven írtuk le a mányi eocén széntelepből (Sajó & Szakáll, 2007).*

A tatabányai széntelepekben található Ca-Al-tartalmú karbonátokkal, melyek a huszárok zsinórához hasonló mintázatként helyezkednek el a

szénben, először Vadász (1941) foglalkozott. A fenti megjelenés miatt huszárzsinóroknak nevezett képződmények egyik komponenseként Vadász az alumohidrokalcitot határozta meg. Magunk XRPD vizsgálatokkal tisztáztuk az újabban előkerült mányi huszárzsinórok ásványos összetételét és eközben találtunk rá egy addig ismeretlen fázisra. A dundasit rokonságába tartozó kochsándorit a szén üregeiben, repedéseiben jelenik meg. Létrejöttéhez nagymértékben hozzájárult a mányi telep különleges földtani környezete: a széntelep fekéjében triász mészkő helyezkedik el, a szűkebb környezetben pedig bauxittelepeket ismerünk. A szénképződés során tehát minden komponens adva volt a hidratált Ca-Al-karbonátok (alumohidrokalcit, paraalumohidrokalcit és kochsándorit) létrejöttéhez. Eddig nem ismerünk más lelőhelyet a Földön, ahol ez a három víztartalmú Ca-Al-karbonát együttesen előfordulna. Az új ásványt az IMA illetékes bizottsága 2004-037-es számon elfogadta.

19. *Egy, a tudományra nézve új víztartalmú ammónium-szulfátot, az ammóniomagneziovoltaitot fedeztünk fel a Pécs-vasasi széntelep külfejtésében (Szakáll et al., 2012d).*

A Pécs-vasasi szénbánya meddőhányójának lassú égése során sokféle szulfát képződése zajlik napjainkban. (Érdemes megjegyezni, hogy a felszínre kibukkanó széntelepek szulfátos kivirágzásairól, szulfátos vizeiről már a XVIII. századtól vannak információink.) A szulfidok, elsősorban a pirit és markazit mállásából felszabaduló kén, a kőzetalkotók kationjai, illetve a szerves anyag ammóniája kölcsönhatásából létrejövő szulfátok változatos kation-összetételűek és hidratációs állapotúak. Közöttük sikerült találni egy olyan, voltaittal azonos szerkezetű fázist, melyben a káliumot gyakorlatilag teljesen ammónium, a vas egy részét pedig magnézium helyettesíti. Az új ásványt az IMA illetékes bizottsága 2009-040-es számon elfogadta.

20. *Világviszonylatban ritkaságként eddig 13-féle ammónium-tartalmú szulfát jelenlétét rögzítettük a Pécs-vasasi széntelep külfejtéséből (Szakáll & Kristály, 2008; Szakáll et al., in prep).*

A külfejtésben és a meddőhányón évek óta nagy változatosságban képződnek ammónium-tartalmú szulfátok. Létrejöttükben a lassan égő meddőhányó kőzetalkotói, a széntelep vas-szulfidjai, illetve a szerves anyagok ammóniája és kén tartalma vesz részt. Bár közülük számosat először barlangi környezetből írtak le (vö. Martini, 1983), az újabb

publikációk szerint szénbánya meddőhányók lassú égésénél is sokszor jelen lehetnek (Parafiniuk & Kruszewski, 2009; Shimobayashi et al., 2011).

21. *Két víztartalmú fluoroszulfátot, a khademitet és wilcoxitot azonosítottam a felsőpetényi agyagbányából (Szakáll et al., in prep). Hazánk első vanadátját, egy víztartalmú réz-vanadát, a volborthit előfordulását igazoltuk a dédestapolcsányi foszfátos üledékekből (Szakáll & Sajó, 2003).*

A felsőpetényi agyagbányát kísérő triász mészkőben a szűkebb térségben számos helyen ismerünk hidrotermás eredetű fluoritot (Jugovics, 1912). A fluor tehát jellemző, bár kis mennyiségben megjelenő eleme az itteni hidrotermáknak. Ezek a jelenleg képződő fluoroszulfátok azt bizonyítják, hogy a fluor a ma mozgó oldatokban is jelen lehet. Ugyanakkor a fluoroszulfátokat tartalmazó kiválások uralkodó fázisa a területen jól ismert gipsz.

A vanádium dúsulása üledékes eredetű uránércesedésekben jól ismert jelenség. Hazánkban a bükki urán kutatásoknál figyeltek föl az urán és a vanádium egyidejű dúsulására. Az Upponyi-hegység paleozóos agyagpala-területén, Dédestapolcsány térségében folyó urán kutatások során Elsholtz et al. (1974) másodlagos foszfátokat mutattak ki. Ezekhez a foszfátokhoz is kapcsolódik csekély urándúsulás. Ebben a környezetben, másodlagos Al- és Fe-foszfátokkal szoros együttesben jelenik meg ritkán az általunk azonosított volborthit.

22. *A hazai édesvízi evaporitok (sziksós kivirágzások) ásványos összetételének monografikus feldolgoása közben két, hazánkból eddig ismeretlen ásványt, egy nátrium-karbonát-szulfátot, a burkeitet és egy nátrium-hidrogén-karbonátot, a nahkolit mutattuk ki (Szakáll et al. 2006).*

Bár a sziksós területek ásványi kiválásai közel ezer esztendő óta ismertek hazánkban (vö. Papp, 2002), eddig kevés ásványtani adattal rendelkezünk róluk. Az utóbbi évtizedben történt meg az első nagy léptékű földolgozás ebben a témában. Ennek keretében közel 180 helyszínt jártunk végig és mintegy 40 ponton találtunk talajfelszíni sókiválásokat (Szendrei et al., 2006). Az elvégzett ásványtani vizsgálatok alapján megállapítható, hogy ezek döntően Na-tartalmú vegyületek keverékei. Anion-összetételüket tekintve karbonátok, szulfátok és kloridok lehetnek közöttük.

### III. Az összefoglalásban idézett munkák

- Bajnóczi, B., Molnár, F., Maeda, K., Nagy, G. & Vennemann, T. (2002): Mineralogy and genesis of primary alunites from epithermal systems of Hungary. *Acta Geol. Hung.*, 45, 101–118.
- Boggs, R.C., Howard, D.G., Smith, J.V. & Klein, G.L. (1993): Tschernichite, a new zeolite from Goble, Columbia County, Oregon. *Am. Mineral.*, 78, 822–826.
- Borodaev, Y.S., Garavelli, A., Garbano, C., Grillo, S.M., Mozgova, N.N., Organova, N.I., Trubkin, N.V. & Vurro, F. (2000): Rare sulfosalts from Vulcano, Aeolian Islands, Italy. *Can. Mineral.*, 38, 23–34.
- Cook, N.J., Ciobanu, C.L., Wagner, T. & Stanley, C. (2007): Minerals of the system Bi-Te-Se-S related to the tetradymite archetype: review of classification and compositional variation. *Can. Mineral.*, 45, 665–708.
- Coombs, D.S., Alberti, A., Armbruster, T., Artioli, G., Colella, C., Galli, E., Grice, J.D., Liebau, F., Mandarino, J.A., Minato, H., Nickel, E. H., Passaglia, E., Peacor, D.R., Quartieri, S., Rinaldi, R., Ross, M., Sheppard, R. A., Tillmanns, E. & Vezzalini, G. (1998): Recommended nomenclature for zeolite minerals: Report of the Subcommittee on Zeolites of the International Mineralogical Association, Commission on New Mineral and Mineral Names. *Mineral. Mag.*, 62, 533–571.
- Dill, D. H. (2001): The geology of aluminium phosphates and sulphates of the alunite group minerals: a reviews. *Earth-Science Reviews*, 53, 35–93.
- Dobosi, G. & Nagy, B. (2000): Compositional variation of fahlore minerals in the hydrothermal ore deposits of Hungary. *MÁFI Évi Jelentése 1994–1995/II-ről*, 231–273.
- Elsholtz L., Selmečziné Antal P. & Selmečzi B. (1974): Kingit előfordulás Magyarországon. *Földt. Közl.*, 104, 328–335.
- Fehér, B., Szakáll, S. & Nagy, G. (2003): Kamphaugite-(Y) a rare hydrous Ca-Y-carbonate mineral from Szarvaskő, Bükk Mts., Hungary. *Acta Mineral. Petrogr., Abstr. Ser.* 1, 30.
- Fehér, B., Szakáll, S. & Koller, G. (in prep): Tschernichite, a rare zeolite mineral from Markaz, Hungary. The first occurrence in andesite.

- Ferro, O., Galli, E., Papp, G., Quartieri, S., Szakáll, S. & Vezzalini, G. (2003): A new occurrence of katoite and re-examination of the hydrogrossular group. *Eur. J. Mineral.*, 15,
- Foord, E.E. & Taggart, J.E. (1998): A reexamination of the turquoise group: the mineral aheylite, planerite (redefined), turquoise and coeruleolactite. *Mineral. Mag.*, 62, 93–110.
- Gołębiewska, B., Pieczka, A., Rzepa, G., Matyszkiewicz, J., Krajewski, M. (2010): Iodargyrite from Zalas (Cracow area, Poland) as an indicator of Oligocene–Miocene aridity in Central Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 296, 130–137.
- Jugovics L. (1912): Ásványtani közlemények. [Rókahegyi barit és csövári fluorit]. *Ann. Mus. Nat. Hung.*, 10, 593–598.
- Kiss J. (1954): A Velencei hegység É-i peremének hidrotermális ércesedése. *MÁFI Évi Jelentése 1953-ról*, 111–139.
- Kiss, J. (1960): A new ore occurrence in the environment of Nagygyala-Nagylipót-Aranybányafolyás (Mátra Mountains, NE-Hungary). *Ann. Univ. Sci. Bp. Eötvös Nom., Sect. Geol.*, 3, 55–81.
- Kiss, J. & Jánosi, M. (1993): Mg-minerals of recent hydrothermal formations of the Cu-porphyric mineralization at Recsk, Hungary. *Acta Mineral. Petrogr.*, 34, 7–19.
- Koch S. (1966): Magyarország ásványai. Budapest: Akadémiai Kiadó. 419p.
- Kubovics I. (1958): A sukorói Meleg-hegy hidrotermális ércesedése. *Földt. Közl.*, 88, 299–314.
- Martini, J.E.J. (1983): Loncreekite, sabieite, and clairite, new secondary ammonium ferric-iron sulphates from Lone Creek Fall Cave, near Sabie, Eastern Transvaal. *Ann. Geol. Surv. S. Africa*, 17, 29–34.
- Mason, B., Mumme, W.G. & Sarp, H. (1992): Capgaronite, HgS•Ag(Cl,Br,I), a new sulfide-halide mineral from Var, France. *Am. Mineral.*, 77, 197–200.
- Menyhárt, A. & Szakáll, S. (2010): Gartrellite and other arsenates from Likas-kő, Velence Hills (Hungary). *Acta Mineral. Petrogr., Abstr. Ser. 6.*, 134.
- Montagna, G., Bigi, S., Kónya, P., Szakáll, S. & Vezzalini, G. (2010): Chabazite-Mg: a new natural zeolite of the chabazite series. *Am. Mineral.*, 95, 939–945.

- Nagy B. (1971): Jelentés a nagybörzsönyi hidrotermális ércesedés geokémiai vizsgálatáról. MÁFI Évi Jelentése 1969-ről. 245–270.
- Nagy B. & Barbácsi Á. (1966): A mátraszentimrei hidrotermális ércesedés ásványparagenetikai vizsgálata. MÁFI Évi Jelentése 1964-ről, 403–421.
- Nagy, G. (2003): Nacareniobsite in phonolithes in the Mecsek Mts. (Hungary) – second occurrence in the world? *Acta Mineral. Petrogr., Abstr. Ser. 1*, 75.
- Papp F. & Mándy T. (1955): Rézércnyomok Balatonfüreden. *Földt. Közl.*, 85, 457–459.
- Papp G. (2002): A magyar topografikus és leíró ásványtan története. *Topogr. Mineral., Hung.*, 7, 444p.
- Parafiniuk, J. & Kruszewski, Ł. (2009): Ammonium minerals from burning coal-dumps of the Upper Silesian Coal Basin (Poland). *Geol. Quart.*, 53, 341–356.
- Passaglia, E. & Rinaldi, R. (1984): Katoite, a new member of the  $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3 - \text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{OH})_{4x}$  series and a new nomenclature for the hydrogrossular group of minerals. *Bull. Minéral.*, 107, 605–618.
- Péntek A. (2004): Magmás, hidrotermális és metamorf folyamatok rekonstrukciója a Szarvaskői Egység gabbrópegmatitjaiban. Szakdolgozat. Kézirat. ELTE Ásványtani Tanszék.
- Sajó, I. & Szakáll, S. (2007): Kochsándorite, a new Ca-Al carbonate mineral species from the Mány coal deposit, Hungary. *Can. Mineral.*, 45, 479–483.
- Sarp, H., Birch, W.D., Hlava, P.F., Pring, A., Sewell, D.K. & Nickel, E.H. (1987): Perroudite, a new sulfide-halide of Hg and Ag from Cap-Garonne, Var, France, and from Broken Hill, New South Wales, and Coppin Pool, Western Australia. *Am. Mineral.*, 72, 1251–1256.
- Shimobayashi, N., Ohnishi, M. & Hiroyuki, M. (2011): Ammonium sulfate minerals from Mikasa, Hokkaido, Japan: boussingaultite, godovikovite, efremovite and tschermigite. *J. Mineral. Petrogr. Sci.*, 106, 158–163.
- Szakáll S. (2001): Rudabánya ásványai. Budapest: Kőország Kiadó. 176p.
- Szakáll, S. & Kovács, Á. (1995): Silver minerals from Rudabánya. *Acta Mineral. Petrogr.*, 36, 5–15.

- Szakáll, S. & Kristály, F. (2008): Ammonium sulphates from burning coal dumps at Komló and Pécs-Vasas, Mecsek Mts., South Hungary. *Mineralogia, Special Papers*, 32, 155.
- Szakáll S. & Kristály F. (2011): A mátraszentimrei vágatokban lévő szulfátok ásványtani és kémiai vizsgálata. Kutatási jelentés. Kézirat. Miskolci Egyetem.
- Szakáll S. & Molnár F. (2003): A szabadbattyáni ólomércesedés elsődleges és másodlagos ásványai. *Topogr. Mineral. Hung.*, 8, 145–175.
- Szakáll, S. & Sajó, I. (2003): Volborthite, a hydrous copper-vanadate from phosphate-bearing argillites in Dédestapolcsány, Uppony Mts. (N-Hungary). *Ştudia Univ. Babeş-Bolyai, Ser. Geol., Spec. Issue*, 121.
- Szakáll S., Dill, H.G. & Melcher, F. (2007): Hinsdalit, egy új APS-ásvány a Velencei-hegységből (Nadap, Meleg-hegy). *Acta GGM DEBRECINA. Geol. Geomorph. Phys. Geogr. Series*, 2, 33–36.
- Szakáll, S., Fehér, B. & Vezzalini, G. (2006): Occurrence of cowlesite in andesite at Pilisszentlászló, Pilis Mts., Hungary. *Acta Mineral. Petrogr., Abstr. Ser.* 5, 113.
- Szakáll, S., Fehér, B., Kristály, F. & Bigi, S. (2010): Morphological varieties of cannonite from Nagybörzsöny (Hungary). *Acta Mineral. Petrogr., Abstr. Ser.* 6., 436.
- Szakáll, S., Fehér, B., Bigi, S. & Má dai, F. (2011): Klajite from Recsk (Hungary) the first Mn-Cu mineral. *Eur. J. Mineral.*, 23, 829–835.
- Szakáll, S., Fehér, B., Kristály, F. & Zajzon, N. (in press): Mineralogical mosaics from the Carpathian-Pannonian region 1. *Földt. Közl.*
- Szakáll, S., Fehér, B., Kristály, F. & Zajzon, N. (in prep): Mineralogical mosaics from the Carpathian-Pannonian region 2. *Földt. Közl.*
- Szakáll S., Kovács-Pálffy P., Sajó I. & Kovács Á. (2006): Magyarországi sókivirágzások ásványtani vizsgálata. *Topogr. Mineral. Hung.*, 9, 47–60.
- Szakáll, S., Kristály, F. & Zajzon, N. (2012b): Minerals of turquoise group from Sândominic, Gurghiu Mts., Romania and from Parádfürdő, Mátra Mts., Hungary. *Acta Mineral. Petrogr., Abstr. Ser.* 7., 133.
- Szakáll S., Kristály F., Zajzon N., Németh N. & Fehér B. (2012c): Másodlagos foszfátok és szulfátok a diósgyőri Fényeskő-völgy



- kovásodott metariolitjában. Herman Ottó Múzeum Évkönyve, L, 33–58.
- Szakáll, S., Sajó, I., Fehér, B. & Bigi, S. (2012d): Ammoniomagnesiovoltaite, a new voltaite-related mineral from Pécs-Vasas, Hungary. *Can. Mineral.*, 50, 65–72.
- Szakáll, S., Zajzon, N. & Kristály, F. (2012a): Unusual ikonolite from Nagybörzsöny ore deposit, Börzsöny Mts., Hungary. *Acta Mineral. Petrogr., Abstr. Ser. 7.*, 134.
- Szendrei G., Tóth T., Kovács-Pálffy P., Sajó I., Szakáll S. & Kovács Á. (2006): A talajfelszíni sókivirágzások elterjedése Magyarországon. *Topogr. Mineral. Hung.*, 9, 61–77.
- Vadász E. (1941): Ásványkiválások a tatabányai eocén barnaköszénképződésben. *Math. Termtud. Értes.*, 60, 495–518.
- Vezzalini, G., Artioli, G., Quartieri, S. & Foy, H. (1992): The crystal chemistry of cowlesite. *Mineral. Mag.*, 56, 575–579.
- Viczián I. (1970): Adatok a mecseki fonolit geokémiájához. *Földt. Közl.*, 100, 311–314.

#### **IV. A munka témaköréből készült publikációk jegyzéke**

A PhD fokozat megszerzése (2001) óta megjelent, illetve sajtó alatt lévő tanulmányok

- Fehér, B., Szakáll, S. & Nagy, G. (2003): Kamphaugite-(Y) a rare hydrous Ca-Y-carbonate mineral from Szarvaskő, Bükk Mts., Hungary. *Acta Mineral. Petrogr., Abstr. Ser. 1*, 30.
- Fehér B., Szakáll, S. & Koller, G. (in prep): Tschernichite, a rare zeolite mineral from Markaz, Hungary. The first occurrence in andesite.
- Ferro, O., Galli, E., Papp, G., Quartieri, S., Szakáll, S. & Vezzalini, G. (2003): A new occurrence of katoite and re-examination of the hydrogrossular group. *Eur. J. Mineral.*, 15.
- Menyhárt, A. & Szakáll, S. (2010): Gartrellite and other arsenates from Likas-kő, Velence Hills (Hungary). *Acta Mineral. Petrogr., Abstr. Ser. 6.*, 134.

- Montagna, G., Bigi, S., Kónya, P., Szakáll, S. & Vezzalini, G. (2010): Chabazite-Mg: a new natural zeolite of the chabazite series. *Am. Mineral.*, 95, 939–945.
- Papp G. & Szakáll S. (1999): A Csódi-hegyi szerpentinés kőzetzárványok ásványai. *Topogr. Mineral. Hung.* 6, 103–126.
- Sajó, I. & Szakáll, S. (2007): Kochsándorite, a new Ca-Al carbonate mineral species from the Mány coal deposit, Hungary. *Can. Mineral.*, 45, 479–483.
- Szakáll S. (2001): Rudabánya ásványai. Budapest: Kőország Kiadó. 176p.
- Szakáll, S., Kristály, F. (2008): Ammonium sulphates from burning coal dumps at Komló and Pécs-Vasas, Mecsek Mts., South Hungary. *Mineralogia, Special Papers*, 32, 155.
- Szakáll S. & Kristály F. (2011): A mátraszentimrei vágatokban lévő szulfátok ásványtani és kémiai vizsgálata. Kutatási jelentés. Kézirat. Miskolci Egyetem.
- Szakáll S. & Molnár F. (2003): A szabadbattyáni ólomércesedés elsődleges és másodlagos ásványai. *Topogr. Mineral. Hung.*, 8, 145–175.
- Szakáll, S. & Sajó, I. (2003): Volborthite, a hydrous copper-vanadate from phosphate-bearing argillites in Dédestapolcsány, Uppony Mts. (N-Hungary). *Ştudia Univ. Babeş-Bolyai, Ser. Geol., Spec. Issue*, 121.
- Szakáll S., Dill, H.G. & Melcher, F. (2007): Hinsdalit, egy új APS-ásvány a Velencei-hegységből (Nadap, Meleg-hegy). *Acta GGM DEBRECINA. Geol. Geomorph. Phys. Geogr. Series*, 2, 33–36.
- Szakáll, S., Fehér, B. & Vezzalini, G. (2006): Occurrence of cowlesite in andesite at Pilisszentlászló, Pilis Mts., Hungary. *Acta Mineral. Petrogr., Abstr. Ser.* 5, 113.
- Szakáll, S., Fehér, B., Kristály, F. & Bigi, S. (2010): Morphological varieties of cannonite from Nagybörzsöny (Hungary). *Acta Mineral. Petrogr., Abstr. Ser.* 6., 436.
- Szakáll, S., Fehér, B., Bigi, S. & Má dai, F. (2011): Klajite from Recsk (Hungary) the first Mn-Cu mineral. *Eur. J. Mineral.*, 23, 829–835.
- Szakáll, S., Fehér, B., Kristály, F. & Zajzon, N. (in press): Mineralogical mosaics from the Carpathian-Pannonian region 1. *Földt. Közl.*
- Szakáll, S., Fehér, B., Kristály, F. & Zajzon, N. (in prep): Mineralogical mosaics from the Carpathian-Pannonian region 2. *Földt. Közl.*

- Szakáll S., Gatter I. & Szendrei G. (2005): A magyarországi ásványfajok. Budapest: Kőország Kiadó. 427p.
- Szakáll S., Kovács-Pálffy P., Sajó I. & Kovács Á. (2006a): Magyarországi sókivirágzások ásványtani vizsgálata. *Topogr. Mineral. Hung.*, 9, 47–60.
- Szakáll, S., Kristály, F. & Zajzon, N. (2012b): Minerals of turquoise group from Sândominic, Gurghiu Mts., Romania and from Parádfürdő, Mátra Mts., Hungary. *Acta Mineral. Petrogr., Abstr. Ser. 7.*, 133.
- Szakáll S., Kristály F., Zajzon N., Németh N. & Fehér B. (2012d): Másodlagos foszfátok és szulfátok a diósgyőri Fényeskő-völgy kovásodott metariolitjában. *Herman Ottó Múzeum Évkönyve, L*, 33–58.
- Szakáll, S., Nagy, G. & Sajó, I. (2003): Synchronite-(Ce) from the Komló coal deposit, Mecsek Mts., South Hungary. *Acta Mineral. Petrogr., Abstr. Ser. 1*, 100.
- Szakáll, S., Sajó, I., Fehér, B. & Bigi, S. (2012c): Ammoniomagnesiovoltaite, a new voltaite-related mineral from Pécs-Vasas, Hungary. *Can. Mineral.*, 50, 65–72.
- Szakáll, S., Zajzon, N. & Kristály, F. (2012a): Unusual ikonolite from Nagybörzsöny ore deposit, Börzsöny Mts., Hungary. *Acta Mineral. Petrogr., Abstr. Ser. 7.*, 134.
- Szendrei G., Tóth T., Kovács-Pálffy P., Sajó I., Szakáll S. & Kovács Á. (2006): A talajfelszíni sókivirágzások elterjedése Magyarországon. *Topogr. Mineral. Hung.*, 9, 61–77.