

**MISKOLCI EGYETEM
MŰSZAKI FÖLDTUDOMÁNYI KAR
MIKOVINY SÁMUEL FÖLDTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA**

A Doktori Iskola vezetője: Dr. Dobróka Mihály, egyetemi tanár



**AZ ALSÓ-TRIÁSZ SZILICIKLASZTOS KÉPZŐDMÉNYEK SZEREPE A
RUDABÁNYAI VAS- ÉS SZÍNESFÉM-ÉRCESÉDÉSEK LÉTREJÖTTÉBEN**

Doktori értekezés tézisei

Bodor Sarolta

Tudományos vezető:

Dr. Földessy János, egyetemi tanár

ÁSVÁNYTANI-FÖLDTANI INTÉZET

Miskolc
2014

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS

A rudabányai ércesedés már évezredek óta ismert, azonban jelentős mértékű bányászat 1872-től folyt a területen, amely során a limonitos és sziderites vasércet fejtették kezdetben külszínen, majd a föld alatt is egészen 1985-ig, amikor a kitermelés megszűnt.

2007-től a Rotaqua Kft. indított újbóli kutatást Rudabányán, a Miskolci Egyetem Ásványtani-Földtani Intézetének bevonásával, amelynek célja a vasérc mellett a területen előforduló Pb-, Zn-, Ag- és Cu-dúsulások lehatárolása és képződésének tisztázása.

Doktori értekezésem a fent említett kutatás része, amely keretein belül a rudabányai külfejtés területén feltárt alsó-triász sziliciklasztos képződmények, a Bódvaszilasi Homokkő és a Szini Márga Formáció (korábban „szeizi” és „kampilli” képződmények) közettani és geokémiai vizsgálatát végeztem PhD képzésem időtartama alatt, 2009-2012-ig. A Bódvaszilasi Homokkő a rudabányai ércesedés legidősebb ércesedett képződménye, a benne előforduló ún. savanyú pátvasércet a vasércbányászat idején nem műrevaló készletként tartották nyilván. Azonban a savanyú pátvasérc (vagy krémpát) kialakulása korántsem tisztázott, ezért a probléma megoldására munkám során külön hangsúlyt fektettem. A Bódvaszilasi Homokkőben észlelt színesfém hiány okának felderítése szintén céljaim közé tartozott. A Szini Márga részletes vizsgálata az időközben benne feltárt Pb-Zn ércesedés miatt kapott jelentőséget. Munkám célja a két formáció a vas- és színesfém-ércesedések létrejöttében betöltött szerepének meghatározása, ezáltal a rudabányai komplex ércképző rendszer pontosabb megismerése volt.

Indokoltnak láttam a két képződmény vizsgálatát a nem ércesedett területek esetében is, mivel feltételezésem szerint így egyértelműen elválaszthatók a képződmények szingenetikus jellemzői és az őket ért különböző diagenetikus hatások a rudabányai ércképző folyamatoktól.

2. MINTAVÉTEL, ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK

Az értekezés alapját az általam gyűjtött és vizsgált összesen 87 db Bódvaszilasi Homokkő és 20 db savanyú pátvasérc, 24 db Szini Márga, 5 db pátvasérc, és 5 db Perkupai Anhidrit minta képezi.

A vizsgált Bódvaszilasi Homokkő mintákat egyrészt a rudabányai külfejtésben, a Rotaqua Kft. által, 2008-ban és 2010-ben létesített új fúrásokból és egy Rudabánya községben lévő felszíni feltárásból vettem. Másrészt mintáztam az Aggteleki-hegység területén mélyült egyes fúrások anyagát, valamint a formáció típusfeltárást, és a Perkupa község Varbóc felőli végén található feltárást is.

A savanyú pátvasérc jelen volt a rudabányai Bódvaszilasi Homokkő minták legnagyobb hányadában, ezenkívül további, kizárólag savanyú pátvasérc mintákat is vettem a rudabányai új fúrások anyagából, a Bódvaszilasi Homokkő és a Szini Márga közötti átmeneti rétegekből.

A vizsgált Szini Márga minták a rudabányai külfejtésben mélyített új fúrásokból és a külfejtésbeli felszíni feltárásokból, illetve egy aggteleki-hegységi fúrásból, és a formáció típusfeltárásából, valamint egyéb felszíni feltárásokból származnak.

Fiatalabb, középső-triász karbonátokban létrejött vasérc (pátvasérc) mintákat is gyűjtöttem a rudabányai külfejtés területéről.

A begyűjtött mintákból a makroszkópos megfigyelések után vékonycsiszolatokat készítettem, amelyeken petrográfiai mikroszkópos vizsgálatokat végeztem, áteső és ráeső fényel a Miskolci Egyetem Ásvány- és Kőzettani Tanszékén. Egyes mintákon katódlumineszcens vizsgálatokat is végeztem az MTA CSFK Földtani és Geokémiai Intézetében. A szeparált nehézásvány frakciót sztereo mikroszkóp, valamint pásztázó elektronmikroszkóp segítségével figyeltem meg és írtam le. Pásztázó elektronmikroszkópos és elektronmikroszondás méréseket teljesközvet mintákon is végeztem a Miskolci Egyetem Ásvány- és Kőzettani Tanszékén és a Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Karának Fémtani és Képlékenyalakítási Intézeti Tanszékén.

Röntgen-pordiffrakciós mérések porított teljesközvet mintákon és 2 μm alatti frakciójú agyagásvány- és 2 μm feletti mérettartományú csillám-szeparátumokon is történtek a Miskolci Egyetem Ásványtani-Földtani Intézetében. Egyes 2 μm alatti frakciójú agyagásvány szeparátumokról kontroll illit és klorit kristályossági mérések is készültek az MTA CSFK Földtani és Geokémiai Intézetében.

Teljesközvet geokémiai elemzések készültek Bódvaszilasi Homokkő Formáció mintákról az ALS Chemex laboratóriumában (Rosia Montana), és ^{13}C és ^{18}O stabilizotóp elemzések savanyú pátvasérc mintákról MTA CSFK Földtani és Geokémiai Intézetében, valamint teljes szervesanyag elemzések is mindkét képződményről az MTA CSFK Földrajztudományi Intézetében.

3. EREDMÉNYEK, TÉZISEK

1. TÉZIS: A Bódvaszilasi Homokkő és Szini Márga törmelékanyagának petrográfiai mikroszkópos, pásztázó elektronmikroszkópos és teljesközvet geokémiai vizsgálatával meghatároztam a formációk lepusztulási területének és üledékképződési környezetének jellegét.

1.1. A Bódvaszilasi Homokkő és a Szini Márga törmelékanyaga áthalmozott, savanyú forrásterületről származó üledék, ami a Szini Márgában már mikrittel kevert. Lepusztulási területük ugyanaz lehetett. Megfigyeléseim megerősítik KOVÁCS et al. (2004) véleményét, miszerint a lehetséges forrásterület a permi molassz, ami a Gömörikum aljzatában nyomozható.

1.2. Az általam számított geokémiai környezeti indikátorok, illetve betemetődött szerves anyag és szulfátredukció hiánya alapján a Bódvaszilasi Homokkő üledékképződési környezete feltételezhetően oxikus volt.

2. TÉZIS: A rudabányai ércesedés legidősebb fázisaként korábban felismert (FÖLDESSY et al. 2010, NÉMETH et al. 2013), Szini Márga Formációban létrejött, sztratiform Zn- és Pb-szulfid, pirit és barit felhalmozódás további kutatása során, mind Rudabányán, mind az Aggteleki-hegység területén történt mintavételeim és vizsgálataim során a következő megállapításokat tettem: A sztratiform Pb-Zn-barit ércesedés csak a Bódvai fáciesterületen jelenik meg, míg az Aggteleki fáciesterületen hiányzik, ami arra utal, hogy a kora-triász folyamán zajló Pb-Zn felhalmozódás feltehetően csak a Bódvai fáciesterületen folyt.

3. TÉZIS: A korábban PANTÓ (1956) és HERNYÁK (1976) által felismert, a Bódvaszilasi Homokkő Formációban és a képződmény felső szakaszán, a szeizi-kampilli átmeneti rétegcsoporthoz tartozó, és jelentős dúsulást alkotó (24,1 Mt, 23,7% Fe_2O_3) savanyú pátvasércet részletesen tanulmányoztam, amely során számos új információ látott napvilágot erről a típusú ércesedésről:

3.1. A savanyú pátvasérc (krémpát) összetételét és alapvető kristályszerkezeti jellemzőit első ízben sikerült pontosan meghatároznom. A krémpát összetétele igen heterogén, se nem tiszta magnezit, se nem tiszta sziderit, hanem túlnyomórészt a két fázis közötti, igen változó Mg/Fe arányú szilárd elegy, amelyhez minden esetben kis Mn-tartalom is társul. Az összetétel kis területenként, gyakran zónásan változik. A krémpát szerkezete, a fázis szilárd elegyére jellemző reflexiókat figyelembe véve, szintén a sziderithez és a magnezithez hasonló.

3.2. A Bódvaszilasi Homokkő póruskitöltő karbonát cementjét (krémpát) és a törmelékszemcsék szegélyét behálózó bakteriális fonalak, valamint a karbonát negatív C izotóp aránya, továbbá a maradék szerves anyag jelenléte arra utal, hogy a póruskitöltő krémpát keletkezése két ciklusú mikrobiális Fe leválasztás eredménye. A mikrobiális I. ciklus autotróf, szuboxikus, semleges geokémiai környezetben, ferrihidrit képződésével, míg a mikrobiális II. ciklus heterotróf, szuboxikus/anoxikus, semleges geokémiai környezetben a krémpát létrejöttével járt. A krémpát képződése előtt az öszlet nem tartalmazott egyéb szemcseközi karbonát cementet, viszont számottevően nem is kompaktálódott. Ezt az öszletet érte valószínűleg a korai diagenézis során egy külső forrásból származó, oldatos Fe hozzáadódás.

3.3. Megállapítottam, hogy a szeizi-kampilli átmeneti rétegcsoporthoz tartozó, rétegszerű, tömeges savanyú pátvasérc, a fiatalabb karbonátos kőzetekben előforduló, a bányászat során termelt pátvasércet létrehozó vasas metasomatózis során képződött, amire a krémpát pátvasérchez hasonló, elektronmikroszkóppal megfigyelt szöveti megjelenése, valamint stabilizotóp geokémiai elemzések

során kapott $\delta^{13}\text{C}$ és $\delta^{18}\text{O}$ értékek utalnak. A tömeges krémpátban, a pátkristályok hasadási síkjában észlelt csekély mennyiségű mikrobiális nyom és az elemeloszlási jelleg bizonyítja, hogy az eredetileg karbonátos szakaszokon a pátosodás a metasomatózis következtében történt, illetve hogy folyhatott némi bakteriális Fe leválasztás is, de ennek hányada a metasomatózishoz képest elhanyagolható volt.

A rudabányai Szini Marga Formáció vizsgálatával kimutattam, hogy Rudabányán a vasas metasomatózis hatással volt erre a képződményre is, azonban a karbonátos rétegek összetétele alapján a metasomatikus elemkicserélődés nem volt teljes.

3.4. A Fe forrásai valószínűleg a középső-triász riftesedéshez kapcsolódó bázisos vulkanizmus kőzetei voltak, amelyek a tengervízzel kölcsönhatásba lépve ioncserélt ércképző oldattá alakulhattak. Az oldat a környezetében lévő üledékekkel és a diagenézis korai fázisában lévő üledékes kőzetekkel (ma Bódvaszilasi Homokkő és a Szini Marga felé átnyúló átmeneti rétegei) kapcsolatba került, és ezekben a közegekben az eltérő üledék- illetve kőzetminőségnek megfelelően hatékony mikrobiális Fe oxidáció (Fe leválasztás), illetve metasomatózis (Fe beépülése a karbonát fázisba) és alárendelten szintén mikrobiális Fe oxidáció történt.

3.5. Az aggteleki-hegységi Bódvaszilasi Homokkő póruskitöltő karbonát cementjében, és a cement és a törmelékszemcsék szegélyén szintén megfigyeltem mikrobiális eredetű fonalas szerkezeteket. Valószínűleg ezen a területen is közreműködtek mikrobák a Fe leválasztásában, azonban a területen nem volt olyan intenzív vasas oldat áramlás, ami számottevő vasércedést hozott volna létre, tehát valószínűleg távolabbi környezetet képvisel (riftesedéstől távolabbi terület, vasasodási folyamat határa).

3.6. Elsőként írtam le a rudabányai ércesedés területén kassziteritet. Az egyik tömeges krémpát szakaszon, vékony kvarc kitöltésű erekben, igen gyakran pirithez, ritkábban xenotimhoz társuló kassziterit megjelenése alapján kizártam ennek törmelékes üledékes eredetét.

4. TÉZIS: Az általam először leírt, hangsúlyosabban a Bódvaszilasi Homokkőben, ám a Szini Márgában is megjelenő szöveti bélyegek a vasércesedést követő diagenetikus, szerkezeti-fluidum áramlási folyamatokra utalnak:

4.1. Kimutattam, hogy a két formáció mély eltemetődési diagenézisen esett át a vasércesedés után. Ennek bizonyítékai a kémiai kompakció során létrejövő egyenes és konkáv-konvex szemcseérintkezések és a monokristályos kvarc törmelékeken létrejött szintaxiális kvarc továbbnövekedések, amelyek kiszorítják a korábbi krémpát fázist, valamint a krémpát alacsony $\delta^{13}\text{C}$ és $\delta^{18}\text{O}$ értékei szintén utalhatnak a folyamatra. A két formációt fedő alaphegységi képződmények vastagságának (SZENTPÉTERY & LESS 2006) kiszámításával arra a következtetésre

jutottam, hogy a fedő összlet által kifejtett terhelés megfelel a mély diagenetikus körülmények létrejöttéhez.

4.2. Megállapítottam, hogy a rudabányai Bódvaszilasi Homokkő Formációban, a korai és késői eltemetődési diagenézis során létrejött karbonát (krémpát) és kvarc cementáció, és erőteljes kompakció eredményeképpen az összlet elsődleges porozitása megszűnt, a kőzet nem vagy csak csekély mértékben volt permeabilis, ezért a későbbi, színesfémeket hordozó fluidumok a kisebb ellenállás irányában, a kialakuló törések, repedések mentén tudtak közlekedni. Ez az oka annak, hogy a fedő képződményekben előforduló színesfém szulfidok csupán a törészónák mentén dúsultak fel, amit megfigyeléseim és a geokémiai elemzési eredmények is alátámasztanak.

5. TÉZIS: Az előzetes eredményeknek tekinthető illit- és klorit kristályossági vizsgálataim alapján felvetem a lehetőségét, hogy a korábbi véleményekkel ellentétben (ÁRKAI & KOVÁCS 1986) a Szilicei-takarórendszer alsóbb helyzetű képződményei (Bódvaszilasi Homokkő, Szini Márga), a vizsgált területeken (Rudabánya, Aggteleki-hegység) nem csupán (mély eltemetődési) diagenézisen estek át, hanem legalább anchimetamorfózist is szenvedtek.

Az általam kidolgozott, új szemléletű ércgenetikai modell más, hasonló sziderites vasérctelepek vizsgálata esetén is alkalmazható lehet.

Ezen kívül fontos kiemelni, hogy az eredmények alátámasztják az ércgenetika, mint tudományág, interdiszciplináris megközelítési módjának fontosságát, melyet már más hazai ércesedés is bizonyít (úrkúti mangánércesedés). A geológia és biológia nem választható el egymástól, hiszen az élettelen és élő rendszerek között folyamatos a kölcsönhatás.

4. ABSTRACT

In my Ph.D. thesis, I present the mineralogical, petrographical and geochemical study of the Bódvaszilasi Sandstone and Szin Marl Formations of the Rudabánya open pit and the Aggtelek Mts. as part of the current iron and base metal exploration in Rudabánya.

The composition and crystal structure of the „acidic sparry iron ore/creamsparr” occurs in Bódvaszilasi Sandstone was determined first, which is an intermediate solid solution between siderite and magnesite.

In the lower section of the Triassic sequence The pore-filling carbonate cement (creamsparr) of the Bódvaszilasi Sandstone Formation was formed in the early stage of diagenesis by two-cycle microbial Fe(II) oxidation process. The creamsparr in the higher parts of the formation (transition between Bódvaszilasi Sandstone and Szin Marl) was formed by the same metasomatic processes

producing siderite in the Middle Triassic limestones and dolomites by the partial or complete Fe replacement of the earlier carbonate layers.

As a result of the examination of the carbonate sections of the Szin Marl Formation the metasomatism had affected the formation although the replacement was not effective due to the low permeability. Minor Fe addition may have occurred both in Szin Marl and Bódvaszilás Sandstone in Aggtelek Mts. also, in the latter case the pore-filling cement is microbial origin as well.

Considering the first published concavo-convex grain contacts and the syntaxial quartz overgrowths on monocrystalline quartz grains the formation underwent deep burial diagenesis. According to the deep burial diagenetic quartz cementation and compaction the permeability of Bódvaszilás Sandstone was low therefore the solutions were able to move only along the fractures, and the base metal sulphides, which occur in the cover formations of Bódvaszilás Sandstone, enriched only in the fracture zones of the formation.

In this Ph.D. thesis cassiterite in Rudabánya was first published. According to its crystal habit it is not of clastic origin, and it is presented in a creamspar section in Bódvaszilás Sandstone.

Based on my examinations the lower formations of the Silicikum (Bódvaszilás Sandstone, Szin Marl) suffered not only (deep burial) diagenesis but least anchimetamorphism both in the studied areas (Rudabánya, Aggtelek Mts.).

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az értekezés a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0005 jelű projekt részeként, a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Fenntartható Természeti Erőforrás Gazdálkodás Kiválósági Központ tevékenységének részeként az Új Széchenyi Terv keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap Társfinanszírozásával, valamint a Rotaqua Kft. támogatásával valósult meg.

6. A TÉZISFÜZETBEN SZEREPLŐ HIVATKOZÁSOK LISTÁJA

- ÁRKAI, P. & KOVÁCS, S. 1986: Diagenesis and regional metamorphism of the mesozoic of Aggtelek-Rudabánya Mountains (Northeast Hungary). – *Acta Geologica Hungarica* **29/3-4**, 349-373.
- FÖLDESSY J., NÉMETH N., GERGES A. 2010: A rudabányai színesfém-ércesedés újrakutatásának előzetes eredményei. – *Földtani Közlöny* **140/3**, 281-292.
- HERNYÁK G. 1967: Krémpát és hematit a rudabányai szeizi képződményekben. – *Földtani kutatás*, **10/1**, 1-6.
- KOVÁCS S., LESS GY., HIPS K., PIROS O., JÓZSA S. 2004: Aggtelek-Rudabányai-egységek. - In: HAAS J. (szerk.): Magyarország geológiája. Triász, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 197-216.

- NÉMETH, N., FÖLDESSY, J., KUPI, L., IGLESIAS, J. G. 2013: Zn-Pb mineralization types in the Rudabánya ore bearing complex. – *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* **8/1**, 47-58.
- PANTÓ G. 1956: A rudabányai vasércvonulat földtani felépítése. – *MÁFI Évkönyv* **44/2**, 327-490.
- SZENTPÉTERY I. & LESS GY. (szerk.) 2006: Az Aggtelek-Rudabányai-hegység földtana. Magyarázó az Aggtelek-Rudabányai-hegység 1988-ban megjelent 1:25 000 méretarányú fedetlen földtani térképéhez, MÁFI kiadvány, Budapest, p. 92.

7. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

KÖNYVFEJEZET

- FÖLDESSY J., NÉMETH N., GERGES A., **BODOR S.**, KASÓ A. (2014): Az arany geokémiai eloszlása a rudabányai ércelőfordulás földtani környezetében. – In: FEHÉR B. (szerk.): Az ásványok vonzásában. Tanulmányok a 60 éves Szakáll Sándor tiszteletére, Herman Ottó Múzeum és Magyar Minerofil Társaság, Miskolc, pp. 75–83.

PUBLIKÁCIÓK

- BODOR S.** (2011): A rudabányai alsó-triász sziliciklasztos képződmények vizsgálatának eredményei. – Miskolci Egyetem, Doktoranduszok fóruma szekciókiadványa 2011, 20-23.
- BODOR S.**, FÖLDESSY J. (2012): Az Aggtelek-Rudabányai-hegység területén feltárt alsó-triász sziliciklasztos képződmények összehasonlító vizsgálata. – XIV. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia kiadványa 2012, 138-141.
- BODOR, S.**, FÖLDESSY, J., KRISTÁLY, F., ZAJZON, N. (2013): Diagenesis and ore forming processes in the Bódvaszilás Sandstone of the Rudabánya ore deposit, NE Hungary. – *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* **8/4**, 147-153.
- FÖLDESSY J., NÉMETH N., GERGES A., **BODOR S.**, KASÓ A. (2013): Az arany geokémiai eloszlása a rudabányai ércelőfordulások földtani környezetében. – IV. Közettani és Geokémiai Vándorgyűlés Konferencia kiadványa, 62-65.
- BODOR S.**, KRISTÁLY F., NÉMETH N., GERGES A., IFJ. KASÓ A. (2013): A savanyú pátvasérc ásványtani és geokémiai jellegei a rudabányai ércelőfordulásban. – *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **146/5-6**, 32-37.

ABSTRACT

- BODOR S.** (2010): A rudabányai külfejtésben feltárt Bódvaszilasi Homokkő Formáció vizsgálata. – XII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia, Abstract kötet, p. 201.

- BODOR S.** (2010): A rudabányai külfejtés "szeizi" sziliciklasztos képződményeinek közettani és geokémiai vizsgálata - előzetes eredmények. – Első Kőzettani és Geokémiai Vándorgyűlés, Abstract kötet, p. 34.
- BODOR S., FÖLDESSY J.** (2010): „Krémipát” a rudabányai külfejtés alsó-triász sziliciklasztos képződményeiben. – IX. Földtudományi Ankét, Abstract kötet, p. 12.
- BODOR, S.** (2011): The Bódvaszilás Sandstone in the Rudabánya open pit and in its type locality – petrological and geochemical results. – XLII. Ifjú Szakemberek Ankétja, Abstract kötet, p.18.
- BODOR, S., FÖLDESSY, J.** (2012): Petrological and geochemical study of the Lower Triassic siliciclastic succession of the Rudabánya ore deposit. – Acta Mineralogica-Petrographica Abstract series, Vol. 7.

AZ ÉRTEKEZÉSHEZ MÓDSZERTANILAG SZOROSAN KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓ

- BODOR, S., SZAKMÁNY, GY., JÓZSA, S., MÁTHÉ, Z.** (2012): Petrology and geochemistry of the Upper Permian – Middle Triassic siliciclastic formations of the Ibafa-4 borehole (NW-Mecsek Mts., Hungary). – *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 7/4, 219-230.