

A rudabányai színesfém-ércesedés újrakutatásának előzetes földtani eredményei

FÖLDESSY János¹, NÉMETH Norbert¹, GERGES Anita²

¹Miskolci Egyetem, Ásványtani-Földtani Intézet, 3515 Miskolc-Egyetemváros. foldfj@uni-miskolc.hu, foldnn@uni-miskolc.hu

²Rotaqua Kft, Kővágószőlős

Preliminary results of the re-exploration of the Rudabánya base metal ore deposit

Abstract

Map reambulation and geochemical analyses were made in the framework of the Rudabánya precious and base metal ore exploration which was carried out in the ancient mining area and its surroundings. It was found that significant zinc ore enrichment is present in the deposit, and this challenged the relative importance of copper and lead ore; the latter two had previously been registered as being of greater significance. The enrichments of zinc are partly connected to the siderite bodies and breccia zones, but there are high Pb–Zn concentrations in the clay marl. (In mining operations that had taken place earlier, clay marl was regarded as a barren rock.) The enrichments of the Cu are also separated spatially and by rock type from the Pb–Zn–Ag metal group. Based on our observations, a deformation model was established in order to illustrate the ore formation phases. The primary stacking produced the mainly N–S trending ore-controlling structures. The ore bodies were disrupted later by the faults of the Darnó strike-slip zone, and uplifted to a near-surface position; this allowed the formation of an oxidation zone.

Keywords: Rudabánya, Darnó Zone, Pb–Zn ore deposit, geological mapping

Összefoglalás

A Rudabányán folyó nemesfém- és színesfémérc-kutatás keretében térképezési munkát és geokémiai elemzéseket végeztünk az egykori bányaterületen és annak közvetlen környékén. Megállapítottuk, hogy a réz és az ólom mellett a cink is jelentős, valószínűleg az előbbieknél nagyobb mennyiségben van jelen a telepben. A cinkdúsulások egy része a vasércetekhez és a breccsásodott zónákhoz, egy másik jelentős része pedig a korábbi bányászat során meddő mellékközetként kezelt agyagmárgához kapcsolódik. A réz dúsulása térben és köztípus szerint is elkülönül a Pb–Zn–Ag elemcsoporttól. Megfigyeléseink alapján felállítottunk egy szerkezetalakulási modellt, amely figyelembe veszi az ércesedés fázisait. Az elsődleges pikkelyképződés hozta létre a jellemzően É–D-i csapású ércvezető szerkezeteket. Az érceteket a későbbiekben a Darnó-zónabeli eltolódás vetői darabolták fel, és juttatták felszínközeli helyzetbe, ahol ezek az ércetek részben oxidálódtak.

Tárgyszavak: Darnó-zóna, ólom–cinkérctelep, földtani térképezés

A kutatás előzményei és indítékai

A rudabányai komplex ércesedés ismerete és hasznosítása az írott történelem előtti időkre nyúlik vissza. A középkorban ezüst- és rézbányászata emelte Rudabányát a felső-magyarországi bányavárosok sorába. Az újkorban 1872-től 1985-ös bezárásáig vasércbánya üzemelt itt. A bányászat utolsó évtizedeiben mindinkább eltérbe került az egyéb, korábban nem kellően értékelt nyersanyagok: a barit, a gipsz, a rézérc és az ólomérc kutatása; a vasérc mellett időszakosan rézérctermelés is folyt. A Rudabánya

Rb–580-as fúrástól kezdve vannak ólom- és réztartalom-elemzési adatok a fúrási naplókban. 1976–1985 között az Országos Érc- és Ásványbányák kutatási terve alapján kb. 120 kutatófúrást szenteltek a színesfémérc-kutatásnak, amelyek mai szemmel biztató eredményeket hoztak. A kutatásokhoz, illetve az ezzel egy időben zajló bányászathoz kapcsolódó adatokat az OÉÁ Vasérc Művei földtani szolgálatának szakemberei (HERNYÁK Gábor, HARNOS János, KALÓ János) rögzítették térképi és szöveges dokumentációkban, amelyek minden mostani és jövőbeli munka alapját jelentik. A MÁFI néhány száz fúrómag- és résmintán

végzett geokémiai elemzése mind karbonátokban, mind sziliciklasztos kőzetekben találtak komoly Ag-, Cu-, Mn-, Pb- és Zn-dúsulást (CSALAGOVITS 1973). A kutatások nyomán a bezárást követően 558,4 kt ólomérc- és 1546 kt réz-érckészlet tartanak nyilván (FODOR 2003).

Az ércesedés üledékes kőzetekben alakult ki. Karbonátos-márgás, reduktív befogadó kőzete és a Carlin-típusú Au-ércesedés felderítő geokémiai kutatásához (KORPÁS et al. 1999) kapcsolódó stabilizotópos vizsgálatok felhívták a figyelmet egy Mississippi Valley típusú színesfém-ércesedés előfordulásának lehetőségére (HOFSTRA et al. 1999). A kanadai TVX társaság 1994–95 folyamán ennek tesztelése céljából gyűjtött be mintákat, és helyenként a galenithez kapcsolva többszáz ppm-nyi ezüstkonzentrációt talált (KORPÁS et al. 1999). Ez arra utal, hogy a haszonanyagok legalább részben szabad szemmel észrevehetetlen (a meddő kőzetalkotó ásványoktól el nem különülő), csak elemzéssel kimutatható ásványegyüttesekben halmozódtak fel, melyek elkerülhették azon kutatók figyelmét, akik nem kifejezetten ezt keresték. Ezen előzmények miatt láttunk jó esélyt érdemi mennyiségű színesfémérc megtalálására a területen. A Rotaqua Kft. indított a javaslatunkra nyersanyagkutatást az I. táblázatban megadott pontok által határolt négyszögben, mely az egykori, részben rekultivált külfejtések és azok meddőhányóinak területét foglalja magában.

I. táblázat. A kutatási terület sarokpontjai

Table I. Corner points of the exploration area

Pont	EOV_Y	EOV_X
1	766 532	336 043
2	763 859	338 673
3	769 471	344 375
4	772 144	341 744

Az eddigi munka során 1:10 000 méretarányú topográfiai alapon, GPS alapú koordináta rögzítéssel újratérképeztük a területet, talajgeokémiai mintázást végeztünk 200×50 m-es hálóban a terület ÉK-i, rosszul feltárt részén, a külfejtésekben pedig a térképezés során talált, ércásványokat tartalmazó feltárásokban résmintákat gyűjtöttünk. A központi terület igen részletes megkutatottsága, illetve a korábbi kutatási tapasztalatok miatt geofizikai mérések nem kaptak szerepet a felderítő kutatásokban.

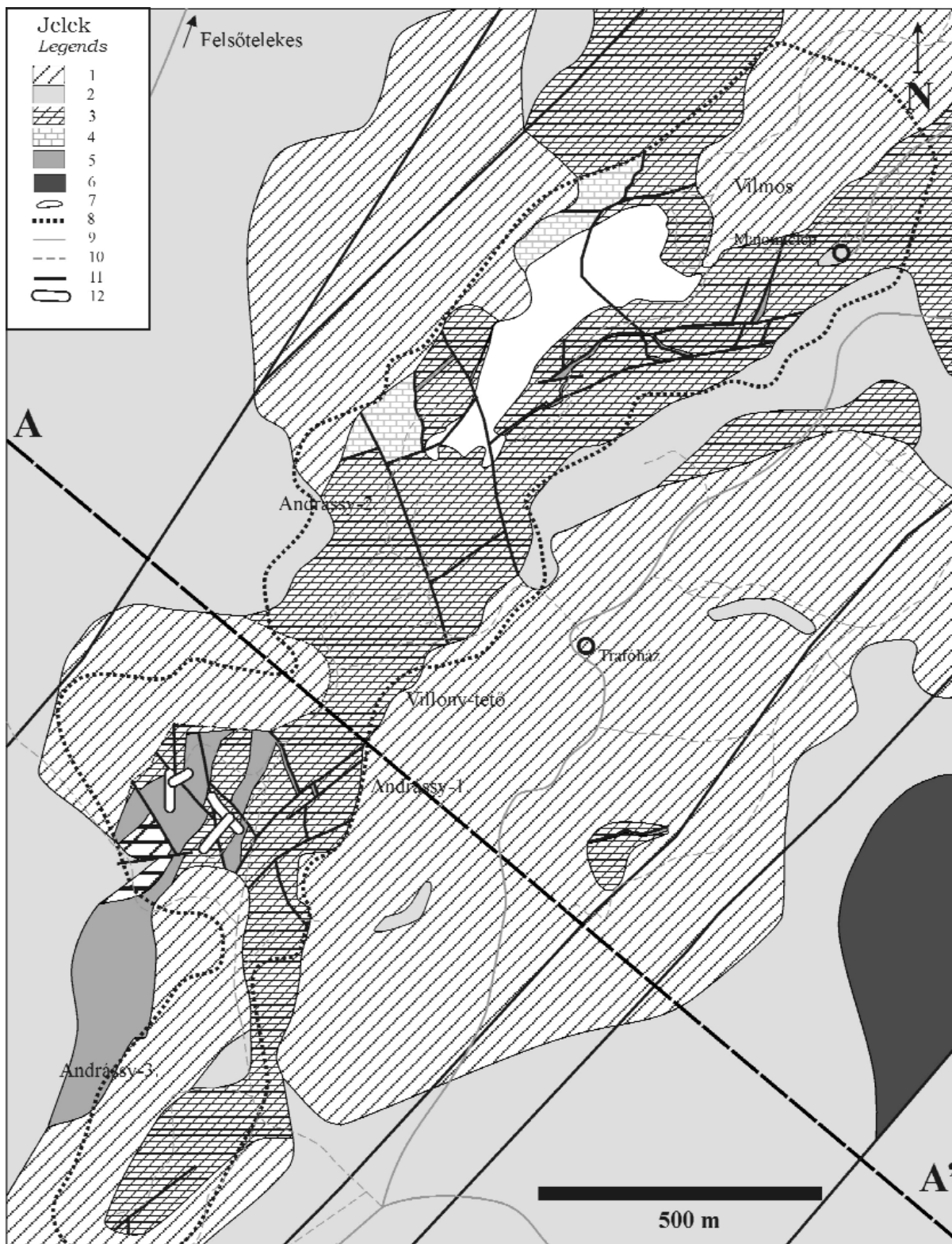
E cikkben a kutatás térképező fázisának olyan eredményeiről kívánunk beszámolni, amelyek a lelőhely földtani szerkezetének és az ércesedésnek a kapcsolatára vonatkoznak.

A rudabányai ércesedés földtani helyzete — a korábbi ismeretek újraértékelése

A rudabányai ércesedés területén a 19. századi bécsi geológusok földtani felvételei után a részletes földtani térképezést a MÁFI a 20. század elején végezte (PÁLFY

1924). Az első kronosztratigráfiai beosztást a Rudabányai-hegység kőzeteire KOCH (1904) készítette el. A terület átfogó, monografikus földtani ismertetése PANTÓ (1956) műve, aki a már jelentős részben lefejtett, de még mindig művelt külfejtések mellett az altáró szintjéig lenyúló bányatértségeket láthatott, mint feltárásokat. BALOGH Kálmánnal együtt felülvizsgálták a korábbi rétegtani képet, és elkészítették a hegység új földtani térképét (BALOGH & PANTÓ 1952). A bánya környékének intenzív fűrésos kutatása ezután indult meg. A MÁFI reambulációs térképezése 1979–1985 között így sok új eredményt hozott a bányaterületen kívül — a hegység takarós felépítése azóta is folyó kutatások tárgya —, bár az ércesedésről a térképező kutatások nem szolgáltattak lényeges többletinformációval (LESS et al. 1988, SZENTPÉTERY & LESS 2006). A bányaterület földtani leírásánál elsősorban PANTÓ (1956), PANTÓ et al. (1957) megállapításaira és rétegtani beosztására, valamint kéziratosa bányaföldtani anyagokra támaszkodtunk. Saját megfigyeléseink erre az alapra épültek, felhasználva a fent említettek túl az ennél újabb archív fűrésési adatokat és egyéb publikált kutatási eredményeket, térképeket (ALBU et al. 1985, SZENTPÉTERY 1988, GRILL 1989, BRAUN et al. 1989, SZENTPÉTERY 1998, LESS 2000, LESS & MELLO 2004, ZELENKA et al. 2005).

A meghatározó szerkezeti elemek a Darnó-zóna ÉÉK–DDNy csapású fővetői, amelyek a zónát keresztelő szeizmikus reflexiós szelvényeken (ALBU et al. 1985, BRAUN et al. 1989) is felismerhetők, és amelyeket néhány esetben fűrésos is harántoltak. Ezek a területet néhány 100–1000 m széles pásztákra tagolják, eltérő paleo- és mezozoos rétegsorokkal. A fővetők a DK-i oldalon NyÉNy, az ÉNy-i oldalon KDK felé dőlnek. A pászták egy oldaleltolódás vetőseletheiként, egészében pozitív virágszerkezetként írhatóak le, melyet két oldalról több száz méter mélységig süllyedt aljzatú, harmadidőszaki üledékekkel feltöltött árkok kísérnek (1., 2. ábra). A pásztákon belül főleg torlódási (pikkelyhalmazok feltolódásokkal és harántirányú, a fővetőkhöz képest antitetikus oldaleltolódásokkal), ritkábban (a külfejtésektől É-ra) tágulási szerkezetek (árkok normálvetőkkel) alakultak ki. A zóna tektonikus aktivitásának csúcsideje a miocénre tehető: ezt igazolja többek között, hogy az egyik meredek NyÉNy-i dőlésű fővetőt keresztelő Rb–560, Rb–563, Rb–564, Rb–566 fűrésos az alsó-miocén Bretkai Mésző Formációval azonosítható kőzetanyagot találtak két triász blokk közé ékelve (SZENTPÉTERY & LESS 2006). A mozgás feltehetően a pannóniai és a negyedidőszakban is folytatódott. Ezt látszik igazolni a bányaterületen közvetlenül a pre-kainozoos aljzatra, attól eltávolodva más harmadidőszaki üledékekre települő pannóniai alluviális üledékek (lignittelepes agyaggal váltakozó keresztarégtelt, kavicsos homok) települési felszíne, mely a fűrésos és a bányaperemi feltárások szerint erősen ingadozó. Az egyenetlen felület +300 m tszf magasságot meghaladó helyzetben van a külfejtések peremén, attól távolodva lépcsőzetesen +200 m-ig csökken a fűrésos adatai szerint, sőt Alsótelekes térségében egy árokszerkezetben +140 m-ig süllyed, 100 m-t is meghaladó

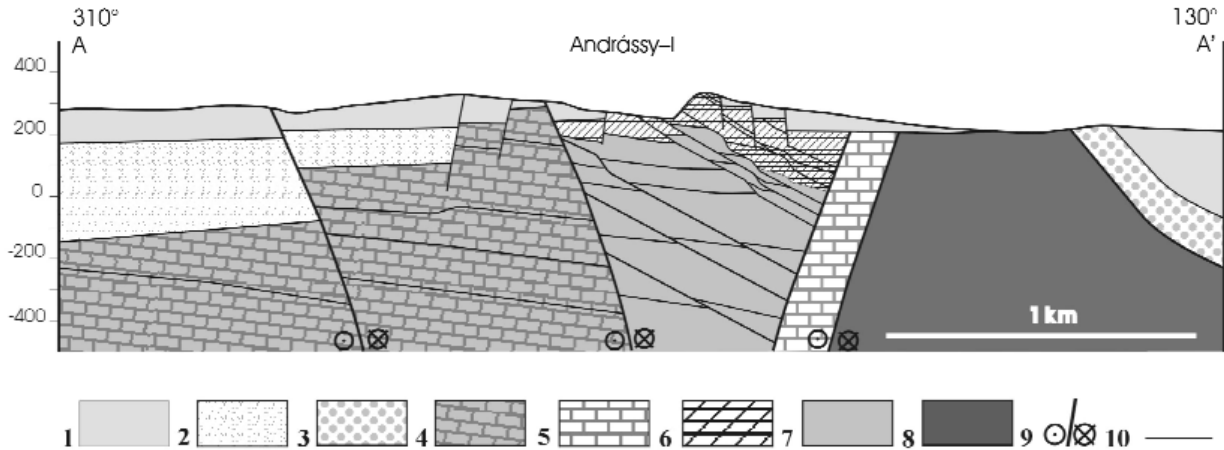


1. ábra. A rudabányai vasérckölfejtések földtani térképe a 2. ábra szelvényének feltüntetésével

1 – Meddőhányó, feltöltés; 2 – Pannóniai homok, kavics, agyag, lignit; 3 – Dolomit, sziderit, limonit (ércesedett kőzetek); 4 – Alsó-triász lemezes mészkő; 5 – Alsó-triász agyagmárga, aleurolit, homokkő; 6 – Paleozoos agyagpala, kovapala; 7 – Bányató; 8 – Külfejtések pereme; 9 – Műút; 10 – Földút; 11 – Térképezett vetőzóna; 12 – Kutatóárok

Figure 1. Geological map of the Rudabánya open pit iron ore mine, indicating the trace of the profile on Figure 2

1 – Waste dump; 2 – Pannonian sand, pebble, clay, lignite; 3 – Dolomite, siderite, limonite (ore bearing rocks); 4 – Lower Triassic laminated limestone; 5 – Lower Triassic clay marl, siltstone, sandstone; 6 – Palaeozoic slate and siliceous slate; 7 – Pond; 8 – Open pit boundary; 9 – Paved road; 10 – Road; 11 – Detected tectonic zone; 12 – Exploration trench

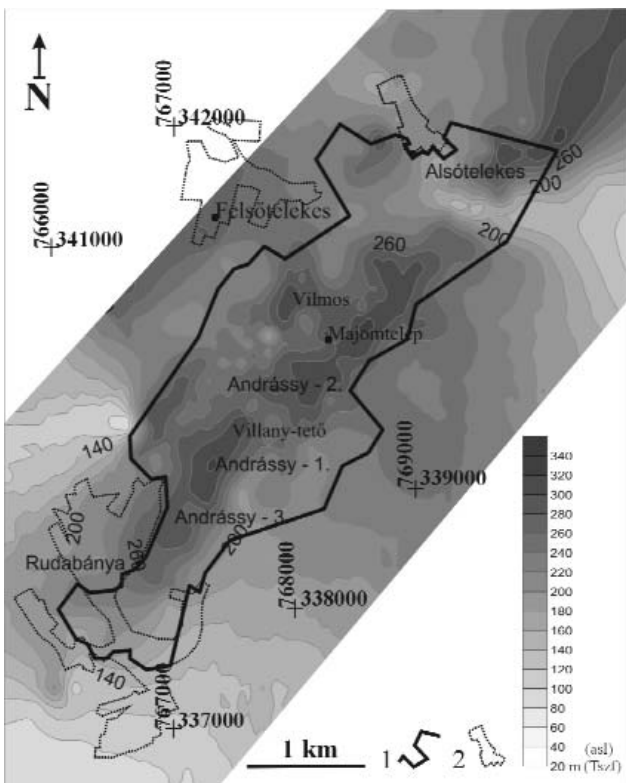


2. ábra. Földtani szelvény a rudabányai vasérckülfejtésén keresztül

1 – Pannóniai üledékek (homok, aleurit, agyag, kavics, lignit), 2 – Szécsényi Slir F. (homok, aleurit), 3 – Szuhogyi Konglomerátum F. (kavics, aleurit), 4 – Felső-triász rétegsor (tűzköves mészkő, márga), 5 – Középső-triász rétegsor (platform fáciesű mészkő, tűzköves mészkő, márga), 6 – Alsó-triász ércesedett kőzetek (dolomit, sziderit, mészkő, márga), 7 – Permi-alsó-triász rétegsor, az ércesedett kőzetek fektüje (homokkő, aleurit, agyagpala, evaporit), 8 – Upponyi-egység, (agyagpala, kovapala, tufás mészkő), 9 – A Darnó-zóna fővetői (balos oldaleltolódás), 10 – Vetők

Figure 2. Geological profile across the Rudabánya iron ore open pit

1 – Pannonian sediments (sand, aleurite, clay, pebbles, lignite), 2 – Szécsény Schlieren Fm (sand, aleurite), 3 – Szuhogyi Conglomerate Fm (pebbles, aleurite), 4 – Upper Triassic sequence (cherty limestone, marl), 5 – Middle Triassic sequence (platform limestone, cherty limestone, marl), 6 – Lower Triassic ore bearing complex (dolomite, siderite, limestone, marl), 7 – Permian - Lower Triassic sequence, basement of the ore bearing complex (sandstone, aleurite, shale, evaporite), 8 – Uppony Unit, (shale, siliceous shale, tuffaceous limestone), 9 – Master faults of the Darnó Zone (sinistral strike slip), 10 – Faults



3. ábra. A feldolgozott fúrásbeli adatok alapján a pannóniai üledékek aljzatára illesztett felület izovonalas térképe

1 – A bányatelek határa; 2 – Települések körvonalai

Figure 3. Isoline map of the surface fitted on the Pannonian basement, according to processed borehole data

1 – Mine-filed borders; 2 – Settlement contours

összletvastagsággal (3. ábra). Valószínűleg az ércesedést hordozó, a virágszerkezet tengelyében elhelyezkedő pászta a leginkább kiemelt helyzetű. Ennek PANTÓ (1956) által felismert szerkezeti jellegzetessége, hogy 10–100 m nagyságrendbe eső átmérőjű karbonátkőzetből és/vagy homokkőből álló, breccsás anyagú kőzetblokkok tolódtak egymásra általában néhány m vastag, bár helyenként jelentősen kivastagodó agyagmárga-mátrixba ágyazva. A mozgási felületeknek több, helyenként egymást elvető generációját lehet megkülönböztetni. Ezek délészirány DK-től K-ig, illetve ÉNy-től Ny-ig változik. A nagy vetősűrűségű pikkelyes szerkezet, a breccsás jelleg és az ércesedést okozó kőzetváltozás miatt egyértelmű eredeti rétegsort a bányabeli feltárások és fúrások alapján nem lehet összeállítani; az egyes kőzettípusok formációkba sorolása az Aggtelek–Rudabányai-hegység más részéről ismert képződményekkel való összehasonlítás alapján történt.

Az Rb–400 fúrás az Andrassy–II külfejtésben, valamint az Rb–471 a Barbara külfejtésben evaporitos rétegeket ért el; ez a permbe sorolható még a PANTÓ (1956) által az altáróból leírt sötét mészkő és agyagpala, amihez hasonló az alsótelekesi külfejtésben is társul beágyazott blokkokban a gipsz-anhidrit testhez (ZELENKA et al. 2005). Erre települt eredetileg a főként az Andrassy–I és –III külfejtésekben és tovább Rudabánya (DNy) felé feltárt lilászvörös homokkő és aleurit (Bódvaszilasi Homokkő F.). Ezt a kőzetcsoportot a bányászat során és a fúrás naplókban használt PANTÓ-féle nevezéktanban „szeizi homokkő”-nek nevezték. A szürke agyagkő, agyagmárga és lemezes mészkő („kampili agyagmárga”) a Szini Márga F. anyagának feleltethető meg. Ezek a kőzetek jelenleg a karbonátkőzet-blokkok között meg-

jelenő lemezes, általában erősen redőzött, illetve breccsás, aleurolit-, dolomit-, pátvasérc- és barittöredékeket is tartalmazó anyagként ismertek. A zavartalan rétegsorokban erre települő sötétszürke, lemezes Szinpetri Mészke F., majd a szintén sötétszürke, tömeges vagy vastagpados dolomit („anizuszi dolomit”, Gutensteini F.) elsősorban a bányató körüli pikkelyekben (Andrássy–II és Vilmos külfejtések) fordul elő aránylag kisebb mértékben elváltozva. Minden bizonnyal ezek a formációk szolgáltatták a metasomatózis útján szideritesedett (illetve az oxidációs zónában később limonitosodott) tömbök anyagát is. Ezekben a tömbökben az eredeti rétegzett kőzetszerkezet már nem ismerhető fel; szövetük részint pátkristályokból áll, részint pedig az ezek által cementált kőzettöredékekből.

A mezozoos rétegsor további, fiatalabb tagjainak kőzetei az ercesedést tartalmazó pásztából hiányoznak, de a szomszédos pásztákban DK-en és ÉNy-on is megtalálhatóak. A DK-i oldalon Csorba-kő kőfejtői világos mészkőbreccsát (Steinalmi Mészke Formációba sorolható anyagot), a Felsőtelekes melletti kibúvások és fúrások az ÉNy-i oldalon további középső- és felső-triász kőzeteket (főként tűzköves mészkövet, „ladini mészkő”) tártak fel, az Rb–690 fúrásban többször ismétlődő sorozatotban (SZENTPÉTERY 1998). Az erces pásztától távolodva a pannóniai üledékek (Edelényi Tarkaagyag F.) alatt további oligocén és miocén formációk is megjelennek. PANTÓ (1956) a külfejtésekből is írt le a vetőzónákba ékelt, miocén korú üledéknek ítélt vörösgyagot.

Bányafalak és bevágások szerkezeti bélyegei

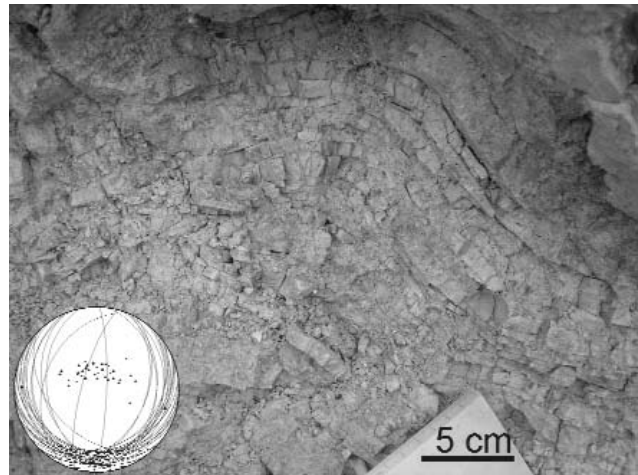
Az egykori bányászat külszíni feltárásai — a külfejtések falai, a nyitva maradt vágatok, aknák bejáratai — egy részét a bányabezárás után részlegesen rekultiválták. Rengeteg az áthalmazott és elkevert anyag: igen jelentős területet borítanak meddőhányók, a bányafalak alján, sőt olykor az egész falat elborítva pedig omladék halmozódott fel. Sokszor nehéz megítélni, hol van helyben maradt kőzet és hol átmozgatott, tömörített törmelék. Az Andrássy–II és Vilmos külfejtéseknek az altáró szintjétől (kb. 230 Bfm) mélyebb részét tó tölti ki, melynek túlfolyását a jelenleg is járható altáró vezet ki Rudabánya felé.

A nehézségek ellenére számos feltárás dokumentálható maradt. Ezek alapján rajzoltuk meg a bányaterület földtani térképét (1. ábra). A továbbiakban néhány jellemző példával illusztrálva ismertetjük a megfigyelt deformációs jelenségeket.

A rétegzett kőzettípusokban gyakori jelenség a redőződés. Ez természetesen csak a pikkelyeken, vagy az azokat elválasztó, agyagmárga kőzetanyagú mátrixon belül figyelhető meg. A rétegek leggyakrabban észlelhető dőlésiránya DK körül ingadozik.

Stílus alapján a redők két csoportra oszthatók. Az első, valószínűleg idősebb redőződés valamennyi kőzettípust érintette, de leginkább a később már nem redőződött pados dolomitban és mészkőben őrződött meg a Vilmos külfejtés területén, egy Ny-ra dőlő feltolódási zóna környezetében, ahol nem szideritesedett kőzetanyag tolódott vasérces

blokkok fölé. Jellemzőek a rétegvastagságot többszörösen meghaladó görbületi sugarú, nyílt, párhuzamos redők, de előfordul 90°-nál kisebb nyílásszög és 1 dm alatti görbületi sugarú is (4. ábra). A redőződés a rétegek egymás lapjain való elcsúszásával ment végbe, helyenként a rétegzést átmetsző rámpákon egy-egy réteg duplexet formálva önmaga részletei fölé is tolódott. A forgózónákban ezen kívül a meghajló rétegek külső ívén fellépett húzás hatására a redőtengellyel párhuzamos csapású kőzetrészek alakultak ki.



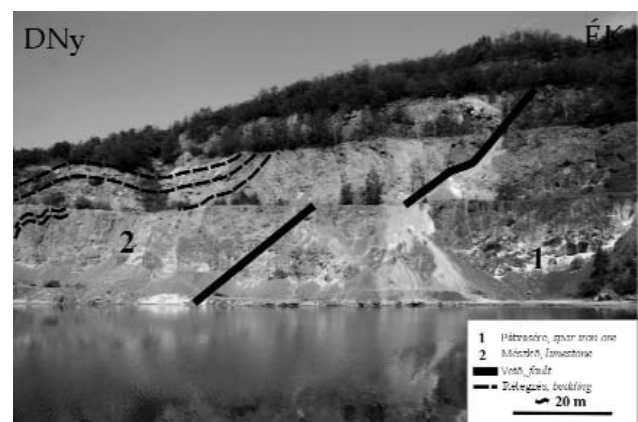
4. ábra. Párhuzamos redő vékonypados dolomitban a Vilmos külfejtés Ki oldalán

A forgózóna erősen összetört, benne kb. a rétegvastagságnak megfelelő térközben a réteglapokra merőleges, tengelyirányú kőzetrészekkel

Figure 4. Parallel fold in thin-bedded dolomite on the E side of the Vilmos open pit. The hinge zone is strongly fractured by joints perpendicular to the bedding planes, striking in the axial direction, with a density approximately corresponding to the thickness of the beds

A Vilmos külfejtés ÉNy-i oldalán, a bányató fölötti „Nagy-falon” nagyobb léptékben is megfigyelhetőek ezek a redők és a feltolódási felület (5. ábra). A redőtengelyek É-től ÉK-ig és D-től DNy-ig változó dőlésirányúak, általában kis dőlésszöggel.

A második redőződés az agyagos, lemezes mészkő- és agyagmárgatestekben, és még inkább csak kis léptékben figyelhető meg: a redőszárnyak legfeljebb néhány dm hosz-

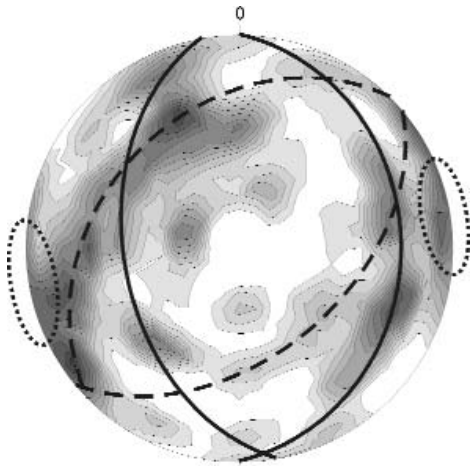


5. ábra. A Vilmos külfejtés ÉNy-i fala a tó túloldaláról nézve
Figure 5. NW wall of the Vilmos open pit from the other side of the lake

szuak. A néhány mm vastag kompetens (meszes) rétegek ridegen viselkedtek a képlékeny agyagos mátrixban. Ahol a mészkőlemezek voltak túlsúlyban, ott tört forgózónájú cikcakkredők jöttek létre a vékony agyagbevonaton elcsúszó rétegekből. Ahol viszont döntően agyagmárga volt a kőzetanyag, ott néhány cm-es görbületi sugarú hajlott forgók alakulhattak ki (6. ábra). A redőződés diszharmonikus, sok esetben nyírószalagokat formál. A tengelyek iránya változó, de — ha nem meredek dőlésűek — jellemzően Ny–DNy közötti.



6. ábra. Agyagmárga cikcakkredőződése
Figure 6. Zigzag folding in clay marl



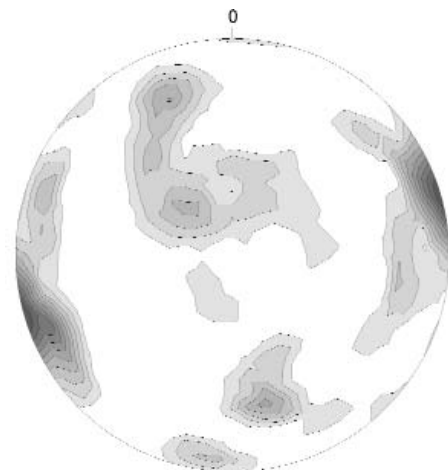
7. ábra. A bemért vetőlapok irányeloszlása (157 adat)
Sűrűségi sztereogram, területtartó vetület, alsó félgömb. A különféle jellegű zónák síknormálisai főkörkör mentén és egyes irányoknál koncentrálnak. Folytonos vonalak: 1. kitöltéstípus hordozó vetőzónák; szaggatott vonalak: 2. és 3. kitöltéstípus hordozó vetőzónák; pontokból álló vonalak: 1. és 3. kitöltéstípus hordozó telérek és vetőzónák

Figure 7. Dip distribution of the measured fault planes (157 measurements)

Density stereogram, equal area projection, lower hemisphere. The normal vectors of the zones of different type are concentrated along great circles and at certain orientations. Continuous lines: fault zones hosting 1. type filling; dashed lines: fault zones hosting 2. and 3. type filling; dotted lines: veins and fault zones hosting 1. and 3. type filling

A vetőzónákból kitöltésük alapján háromféle típust lehet elkülöníteni. Az **első típus** általában néhány dm vastag kitöltése saját anyagú kőzettöredékekből, valamint (helyenként igen dúsan, tömegesen) szulfidásványokból és baritból áll. Ezek az ásványok cementanyagként és ér- vagy üregkitöltésként is előfordulhatnak. Hintett, vagy eres szulfid- és barit-előfordulás néhány méteres szélességben kísérik a vetőzóna központi részét. A **második típus** a PANTÓ (1956) által leírt „baritos pátszegély”: alkotóelemei a karbonáttestek közötti, második redőződéssel érintett agyagmárga és a karbonáttestek szegélyén — többnyire 1 m-t meghaladó vastagságban — kivált breccsás, szulfidos töredékeket tartalmazó barit. A **harmadik kitöltéstípust** a szulfidoktól mentes karbonátásványokkal cementált, vagy cementálatlan breccsa képviseli.

Az általunk bemért vetőlapok irányeloszlása a sűrűségi sztereogramon (7. ábra) jól láthatóan három fő csoportot jelöl ki. Az első csoport síknormálisai egy laposan K-re dőlő felületnek megfelelő főkör mentén koncentrálnak; ezek döntően NyÉNy-i és NyDNy-i, meredek dőlésű felületek, melyeket zömmel az első kitöltéstípust tartalmazó zónákban mértünk. Az ezeket kiegészítő, kevésbé meredek KÉK-i és KDK-i dőlésű alcsoport is megvan, de ezt az ábrán részben elfedik a második csoport síknormálisai, melyek egy ÉK felé dőlő felületnek megfelelő főkör mentén helyezkednek el. Ez utóbbiak az előzőeket elvető, második vagy harmadik kitöltéstípust tartalmazó zónák mozgási felületei. Itt szintén van egy kisebb számú méréssel reprezentált szembeálló alcsoport. A harmadik csoportba a diagram peremén, KÉK-en és NyDNy-on megjelenő síknormálisok tartoznak; ezek legtöbbjét függőleges, harmadik kitöltéstípusú, oldaleltolódási karcokat hordozó vetőlapokon mértük, de első kitöltéstípusú zónák is tartoznak ide. Ez a maximum jóval markánsabban jelenik meg a szisztematikus rajokban előforduló kőzet- rések diagramján (8. ábra); ennek alapján valószínű, hogy



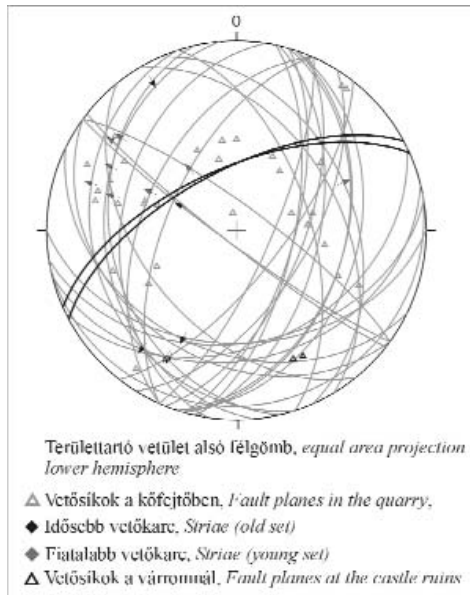
8. ábra. A bemért kőzetrésejének irányeloszlása (67 adat)
Területtartó vetület, alsó félgömb

Figure 8. Dip distribution of the measured joint sets (67 measurements)

Equal area projection, lower hemisphere

korábban kialakult közetrések aktiválódtak későbbi vetők és a fővetők menti elmozdulások konjugált vetőiként.

Külön említést érdemelnek a Csorba-kő kőfejtőjében, breccásodott mészkövön észlelt, jó megtartású vetőkarok. Ezeknek két nemzedékét találtuk meg itt: a fiatalabb K–Ny-i tágulást jelez főként Ny–ÉNy-ra dőlő felületeken, míg az idősebb ÉK–DNy-i tágulást főleg D-re dőlő vetőlapokon (9. ábra). Bár a mozgási felületek idősebbek



9. ábra. A csorba-kői kőfejtőben mért vetők és vetőkarcok
Figure 9. Fault planes and striae in the Csorba-kő Quarry

lehetnek, maguk a karcok minden valószínűség szerint a pászta pannóniai kiemelkedésével kapcsolatos elmozdulások eredményei.

A sziderit és a Cu, Pb-Zn ércesedés megjelenési formái a kutatóárkokban és letakarításokban

A szerkezeti elemek és az ércesedési fázisok kapcsolatának, kialakulási sorrendjének, illetve a kevésbé állékony agyagmárga szerkezetének alaposabb megismerése érdekében egyes helyeken kéziszerszámokkal vagy marológéppel megtisztítottuk a bányabeli feltárásokat.

Az Andrassy-I külfejtés legmélyebb udvarának Ny-i oldalán, a falon egy ÉÉNy–DDK-i csapású vetőzónában találtunk több helyen szulfidásvány-dúsulást (1. kitöltés-típus): barittal társult galenitet és szfaleritet, erekben megjelenő kalkopiritet és tömeges, gyakran üregkitöltő, finomszemcsés piritet, valamint mindezek másodlagos oxidációs termékeit. Ugyanakkor a K-i oldal részujében (az előbbi zónától 40–50 m-re) és D-re a bányaudvaron is lehetett találni ércnyomokat: pátvasércben fakóérc érkítést egy ÉNy–DK-i csapású vetőzónában, valamint

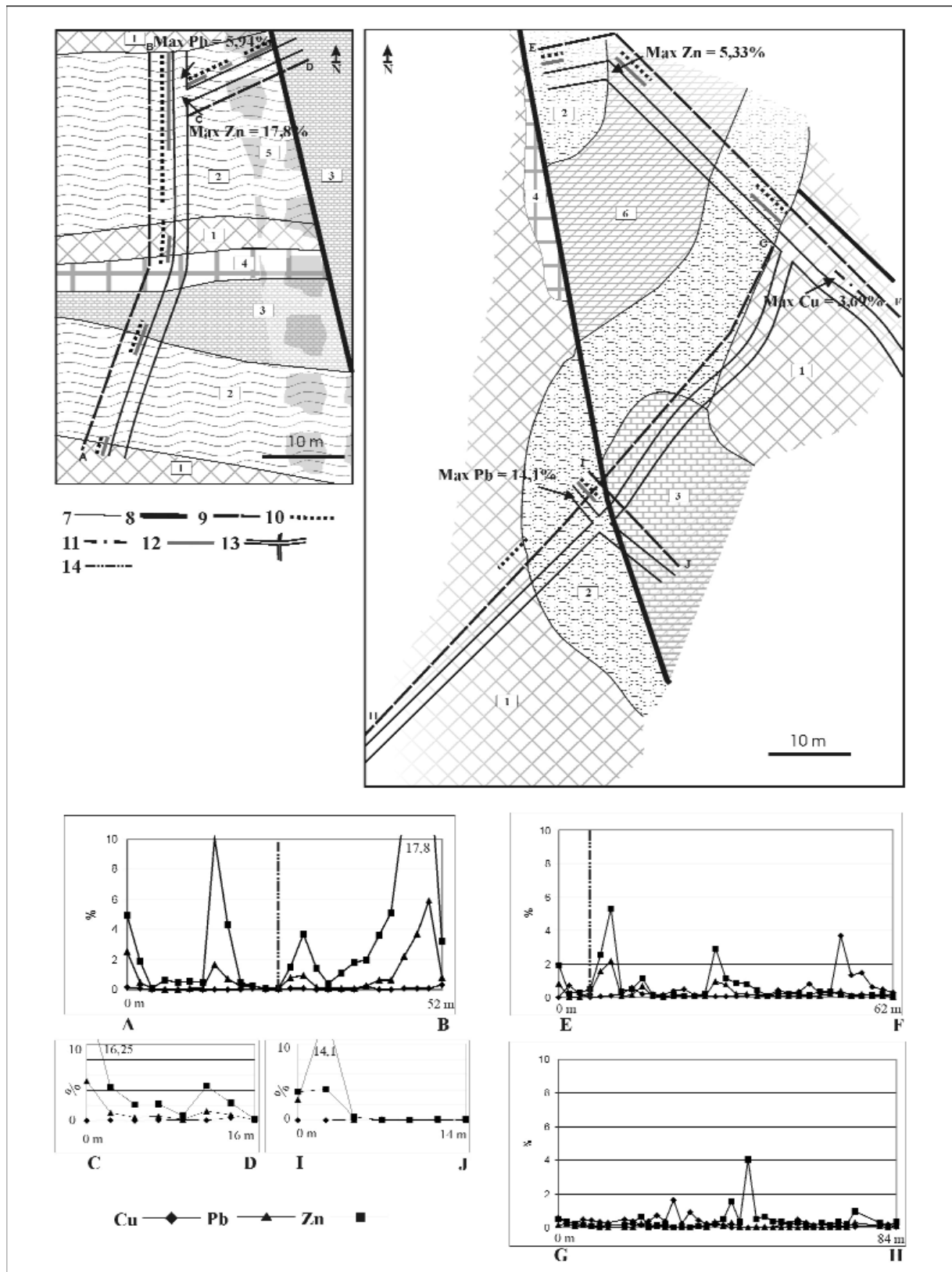
agyagmárgába ágyazott galenitet. Az ércesedés folytonosságának vizsgálata céljából a bányaudvaron kutatóárkokat mélyítettünk, amelyek részint összekötötték a két bányafalat, részint pedig a faltól távolabb keresztezték a vetőzónát (10. ábra).

Az árkokban szürke agyagmárga és többé-kevésbé oxidált pátvasérc váltakozott, általában breccás anyagkeveredéssel, de nem baritos pátuszegélyekkel érintkezve. Amint máshol is tapasztaltuk, az ólom–cink-, illetve a réz–vasnyok térben itt is elkülönülten, eltérő köztípusokhoz kötve dúsultak. Az agyagmárgában sötétszürke fészkek és gumók formájában pirit, galenit és szfalerit jelent meg helyenként, rendre a közethatárok néhány m-es közelében. A szabad szemmel felismerhető, illetve felületi csiszolatokon azonosított rézszulfidok — kalkopirit, bornit és fakóérc — ezzel szemben hintetten a pátvasércben dúsultak, és a vetőtől távolabb is megjelentek, de csak annak K-i oldalán.

A K-i fal É-i végénél letakarítottunk egy kb. 5 m magas rézsút, ahol 0,5 m barnavasérc alatt levelesen elváló, szürke agyagmárgában rétegszerű galenit- és szfaleritdúsulást találtunk (11. ábra). Az agyagmárga rétegzése meredeken KDK felé dől, és benne meredek tengelyű, jobbos elnyíródást jelező, 5–10 cm-es rövid szárnyú nyírószalagredők észlelhetők nagy mennyiségben. A szulfid-dúsulás olyan lencsék sorozatában jelenik meg, amelyek egy eredeti kompetens rétegből a redőződés által szétszaggatott budinoknak látszanak, tehát az ércesedés megelőzte az itt észlelhető redőződést. A réteg (lencsesor) a barnavasérc aljának nekifutva tektonikusan elvégződik.

Az előző területtől 100 m-re Ny-ra, egy magasabb helyzetű bányaudvaron, egy másik ÉÉNy–DDK-i csapású vetőzóna mentén is készítettünk kutatóárkot. A zóna Ny-i oldalán az árok javarészt agyagmárgában haladt, de egy erősen baritos pátvasércet is keresztezett. Ez utóbbi színesfémekre meddőnek bizonyult, az agyagmárgában ezzel szemben igen jelentős szfalerit- és galenitdúsulást találtunk (10. ábra). Az ércesedett kőzetanyag külsőleg semmiben sem különbözik a meddő, esetleg némi piritet tartalmazó, szürke agyagmárgától; a Pb–Zn szulfidásványok és azok oxidációs termékeinek nagy tömegarányú (10%-ot meghaladó) jelenlétét csak műszeres vizsgálatok (pl. röntgen-pordiffrakció és atomemissziós spektrometria) mutatják ki.

Az Andrassy-II bányaterületen, a bányató DK-i partja fölötti udvar É-i részén egy É–D-i csapású, függőleges vetőzóna alakult ki rétegzett, 113°/75° dőlésű dolomitban. Kitöltése finomszemcsés, helyenként tömeges pirit és barit. A letakarítás után kitűnt, hogy e zóna elvégződik egy DK-re dőlő pikkelyhatárnál, ahol 10–20 m-re kivastagodó, redőzött agyagmárga fekszik rajta; fölötté újabb karbonátos pikkely következik (12. ábra). Az agyagmárga nyírószalagredőződése jobbos, ferde feltolódást jelez. A közethatáron baritos pátuszegély alakult ki, benne galenit és szfalerit dúsulásával. Ez egyértelműen felülbélyegzi az É–D-i vető kitöltését.

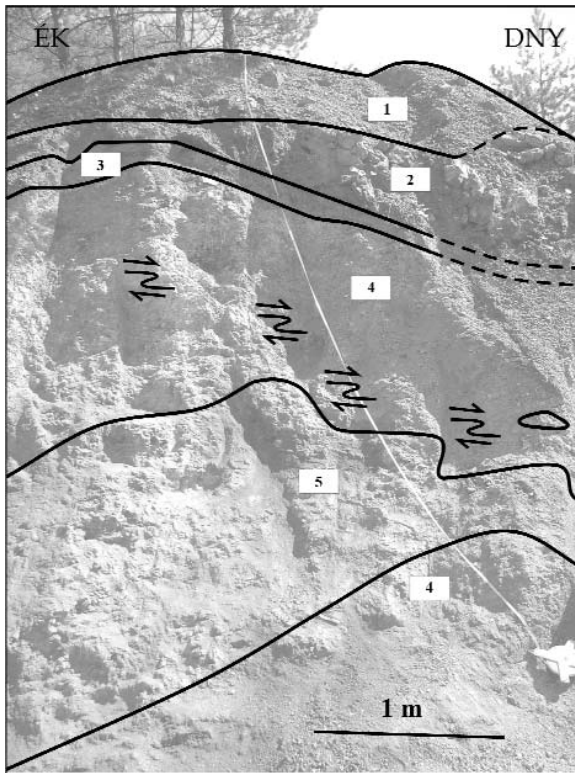


10. ábra. Az Andrassy-I külfejtésben készített kutatóárok térképe az elemzési adatokkal

1 – Limonit, 2 – Agyagmárga, 3 – Pátvasérc, 4 – Barit, 5 – Breccsás szakasz, 6 – Dolomítbreccsa, 7 – Réteghatár, 8 – Vető, 9 – Elemzési adatok szelvényei, 10 – Dúsulási szakasz, Zn > 1%, 11 – Dúsulási szakasz, Cu > 1%, 12 – Dúsulási szakasz, Pb > 0,5%, 13 – Kutatóárok

Figure 10. Map of the exploration trenches in the Andrassy-I open pit with assay results

1 – Limonite, 2 – Clay marl, 3 – Siderite, 4 – Barite, 5 – Brecciated zone, 6 – Dolomite breccia, 7 – Stratigraphic margin, 8 – Fault, 9 – Assay result profiles, 10 – Enriched section, Zn > 1%, 11 – Enriched section, Cu > 1%, 12 – Enriched section, Pb > 0.5%, 13 – Exploration trench



11. ábra. Letakarított fal az Andrassy-I külfejtés alján
1 – Törmelék, 2 – Barnavasérc, 3 – Oxidált zóna a márga tetején, 4 – Márga, 5 – Galenites márga

Figure 11. Cleared pit wall on the bottom of the Andrassy-I open pit
1 – Debris, 2 – Brown iron ore, 3 – Oxidated top zone of the marl, 4 – Marl, 5 – Galena hosting marl



12. ábra. Letakarított fal a tó fölötti udvaron, az Andrassy-II külfejtésben a vetők nyomvonalával

Figure 12. Cleared pit wall on the level above the lake of the Andrassy-II open pit with traces of the faults

A szerkezetalakulás és az ércesedés valószínű kapcsolata

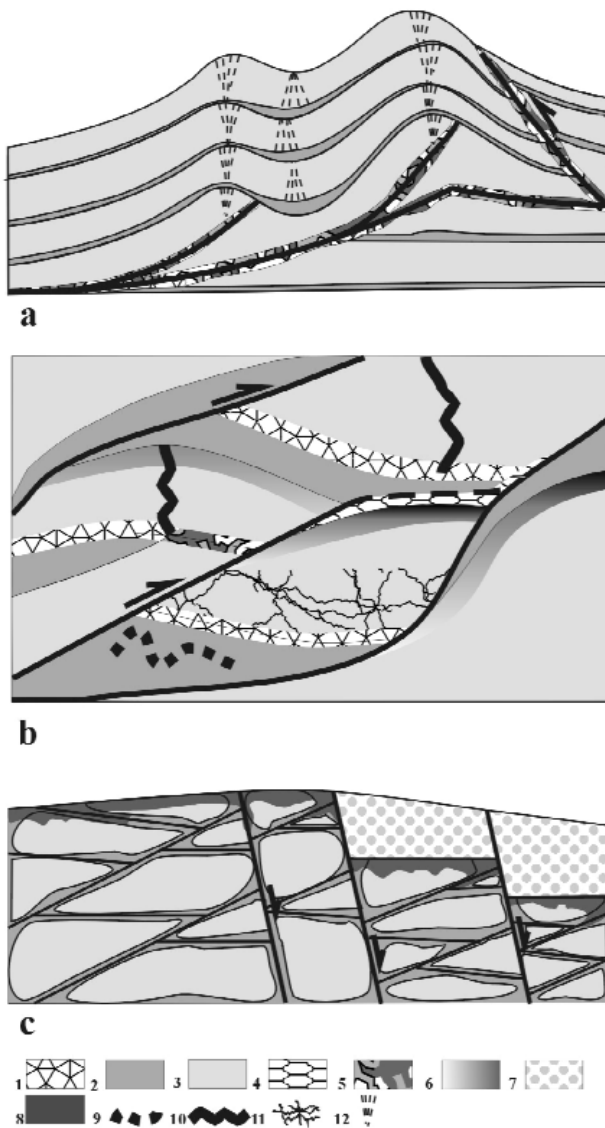
A már PANTÓ (1956) által többfázisúnak leírt deformációtörténetet saját észleléseinkkel kiegészítve, az ércesedésben játszott szerepüket is figyelembe véve három fő szakaszra tagoltuk: a színesfém-ércesedés fő ércvezető szerkezeteit létrehozó első, a virágszerkezetet létrehozó és a már meglévő ércesedést remobilizáló, az érces anyagot breccsásító második, valamint a jelenlegi kiemelt vagy eltemetett helyzetet és az oxidált zóna kialakulását meghatározó harmadik szakaszra.

A terepi feltárásokban megfigyelhető jellegek szerint valószínű, hogy a rétegszerűen megjelenő galenit- és szfaleritdúsulások kialakulása megelőzte az első jelentős deformációs szakaszt, sőt akár az üledékképződéssel egyidejűleg is lejátszódhatott (sztratiform telep lehet). Erre vonatkozó bizonyító erejű anyagvizsgálati adataink még nincsenek. Hasonló érc- és köztetani felépítésű területek analógiaként említhetők, a rétegtani szinthez kötött epigenetikus írországi és üledékes exhalációs típusú kanadai Pb–Zn-ércesedések csoportjából (BOWIE et al. 1978, PARADIS et al. 2007).

Az **első deformációs szakasz** jellemzői a Ny–ÉNy-i dőlésű fő- és K–DK-i dőlésű kiegészítő feltolódások, amelyek létrehozták az eredeti pikkelyes szerkezetet. Lehetőséges, hogy ez a Szilicei-takaró áttolódásának megfelelő deformációs fázis, amelynek eredeti kb. É–D-i rövidülési irányát a Darnó-zónabeli későbbi alakváltozások forgatták el jelenlegi helyzetébe. A rövidülés hajlásos-csúsztásos redőződéssel is járt a rétegzett közettípusokban, amelynek helyenként szorosra zárt redői dolomitban és mészkőben őrződtek meg. A redőtengelyek dőlése a blokkok későbbi elfordulásai miatt változó; jelenlegi irányuk a vetőzónák csapásirányának megfelelően uralkodóan É–D-i. A feltárások léptékében megfigyelhető volt, hogy a rétegeket a forgózónákban a tengelyfelülettel párhuzamos csapású kőzetrések darabolták fel; az alacsonyabb rendű (vagyis nagyobb léptékű) redőkben valószínűleg így kialakult É–D-i csapású, meredek dőlésű kőzetrésrajok később vetőzónákká, illetve telérekké alakulhattak át (13. ábra, a).

A rétegek redőződése és széttagolódása később, a második deformációs szakaszban is lehetséges volt. A rétegszerűn túli, többi (hintett, teléres, breccsabeli) szulfid-ásvány-dúsulási forma azonban az ekkor kialakult pikkelyekhez és az azokat határoló vetőkhöz kötődik, csakúgy, mint PANTÓ (1956) véleménye szerint a vasas metaszmatozisz. Térbeli eloszlásuk azonban különböző. Míg a rézszulfidok a részben vagy egészen szideritesedett karbonáttestekben kristályosodtak ki, addig a vetőzónák vagy telérek kitöltését alkotó galenit és szfalerit előfordulásai túlnyúlnak ezeken, és gyakran a vasércbányászat számára meddő kőzettestekben találhatóak meg. Különösen intenzívnek látszik a Vilmos bányaterületen, a fővetők mentén kialakult, külön dúsulási góccokban jelentkező Pb- és Cu-ércesedés.

Ezzel a típussal közeli rokonságot mutatnak az ún. Mississippi Valley típusú ólom–cinkércesedések. Ilyen



13. ábra. A szerkezetalakulás elvi szelvénsorozata. a: Első (ércesedést vezető) deformációs szakasz; b: Második (ércesedést széttagoló és átformáló) deformációs szakasz; c: Harmadik (ércesedés oxidációját kísérő) deformációs szakasz

1 – Breccásodás agyagmárga és karbonátos kőzet határán, 2 – Agyagmárga, 3 – Karbonátos kőzet, 4 – Breccás pátzegély, 5 – Brecciasodás karbonátos kőzettestek határán, 6 – Baritos pátzegély, 7 – Pannóniai üledékek, 8 – Limonit, 9 – Redőzött és budinált gumókra széttagolt sztratiform Pb-Zn érclencse, 10 – Telér, 11 – Hintett rézércesedés pátvasércben, 12 – Kőzetrésrajok a redőforgókban

Figure 13. Scheme of the deformation history in profiles. a: First (ore controlling) period; b: Second (ore redistribution) period; c: Third (ore oxidation) period

1 – Brecciation on clay marl-carbonate rock boundary, 2 – Clay marl, 3 – Carbonate rock, 4 – Brecciated edge of the siderite bodies, 5 – Brecciation on boundary of carbonate rock blocks, 6 – Barite-bearing edge of the siderite bodies, 7 – Pannonian sediments, 8 – Limonite, 9 – Folded and boudinaged stratiform Pb-Zn ore lens, 10 – Vein, 11 – Disseminated copper ore in siderite, 12 – Joint sets in hinge zones

genesis lehetőségére utaltak a rudabányai szulfidos érce- sedésre vonatkozóan HOFSTRA et al. (1999) stabilizotóp- összetétel elemzésén alapuló vizsgálatai. Közeli hasonló analógia a lengyelországi Olkusz és Bytom környezetének érce- sedése, bár ott a hasonló korú és litológiai felépítésű kőzetsorozatban a hidrotermális érc kiválás feltételeit nem egyszerű tektonikai deformáció, hanem több karbonátos szintben kialakult karsztosodás teremtette meg (KOZŁOWSKI

1995). Szintén hasonló kifejlődésű telepek ismeretesek a Déli-Alpokban (pl. Mežica, Bleiberg; HEINRICH & NEUBAUER 2002), melyek térben eredetileg jóval közelebb lehetnek a rudabányai érce- sedést befogadó kőzettestekhez. Elképzel- hető a közép-magyarországi mozgási zóna mentén fekvő polgárdi polimetallikus érce- sedés hasonló eredete is (KISS 2003).

A **második deformációs szakaszba** a feltehetően a Darnó-zóna menti transzpresszióval kapcsolatos szerkeze- teket soroltuk. Itt jellemzőek az előző vetőzónákat elvető DK-i és ÉNy-i dőlésű, egymást keresztező feltolódások, valamint ÉÉK–DDNy-i és ÉÉNy–DDK-i csapású meredek oldaleltolódások balos, illetve jobbos karcokkal. A korábbi, karbonátos tömbök között agyagos kitöltésű vetőzónák sok esetben felújultak, kőzetanyaguk újra breccsásodott és redőződött. A vetőzónákhoz kapcsolódó, a tömbök közötti agyagos, lemezes kőzetanyagban kialakult, gyakorta meredek tengelyű nyírószalagok jellege és a cikcakkredők uralkodóan nagyjából horizontális, K–Ny-i tengelye is megerősíti, hogy mindezek az alakváltozások egy közel ÉÉNy–DDK-i, horizontális irányú legnagyobb nyomó főfeszültséggel leírható feszültségmezőben mentek végbe, amely megfelel a Darnó-zóna környezetében a korai- miocénben fennállt regionális feszültségállapotnak (FODOR et al. 1999; 13. ábra, b).

A vetőzónák gyakorta kereszteznek korábban érce- sedett zónákat, sőt olykor bennük haladnak. Emiatt a korábban összefüggő telérek rövidebb szakaszokra, a korábbi pikke- lyek kisebbekre szabdalódtak szét, egy részük felmorzso- lódott, anyaguk pedig kőzettöredékek formájában bekerült az új vetők breccsájába. A lezajló folyamatok a korábbi szí- nesfém-dúsulások szétszórása, felhígítása irányába hatot- tak.

A korábbi ásványtani összegzések során már elkülönít- tették azt a szulfidércesedést létrehozó, és úgy az idősebb sziderites, mint a fiatalabb „pátzegélyi” ólom–cink–réz– ezüstércesedést felülbélyegző, a második deformációs sza- kaszt követő, valószínűleg alacsony hőmérsékletű ásvány- képződést, amely As-, Sb-, Hg-, Ag-fázisok létrejöttéhez vezetett, főleg az ismert rudabányai érce- sedés DNy-i sze- gélyén (SZAKÁLL 2001).

Az oxidációs öv jelentős részének kialakulása való- színűleg még a pliocén előtti kiemelkedések eredménye- ként, vagyis a második deformációs szakasz után végbe- ment. Erre mutat, hogy a pannóniai rétegsor széntelepes összelete oxidált barnavasérc felszínére települ több fúrási harántolás és néhány rossz minőségű terepi feltárás réteg- sora szerint.

A **harmadik deformációs szakaszba** helyeztük a pannóniai rétegeket is érintő, a fiatal kiemelkedéssel kap- csolatos szerkezeti elemeket. Ezek többnyire a felszín- közelben horizontális tágulást jelző, ritkán feltárt, de a pan- nóniai aljzat fúrásokban elért magassága alapján kimu- tatható vetők, uralkodóan K–Ny-i csapással, illetve a főve- tőkkel párhuzamosan. A legjelentősebb szerkezeti elem az Alsótelekes és Szuhogy között húzódó, a Rudabányai-hegy- ség vonulatát is megszakító, kb. KDK–NyÉNy-i csapású,

2–300 m széles, több, mint 100 m vastag pannóniai üledékekkel kitöltött árokszerkezet (13. ábra, c).

A mechanikus mozgásoktól fontosabb az oldatbeli anyagáramlás e szakaszban, hiszen a jelenleg feltárt kőzet-tömeg felszínközeli helyzetbe került, és a felszín alatt kialakult egy limonitos mállott zóna. Ez részben a színes-fémek eloszlásának átrendeződését, a dúsulások áthelyeződését okozhatta. Az e zónában kialakult másodlagos dúsulások (pl. termésszén, malachit, cerusszit, anglezit és smithsonit formájában) jelentősek voltak a múlt bányászatiában, és azok lehetnek a jövőben is.

Következtetések

A rudabányai polimetallikus ércesedés és az azt hordozó változatos ásványtársulás a korábbi megállapításokkal összhangban (PANTÓ 1956, SZAKÁLL 2001) több lépésben, részben helyileg is elkülönülve, részben egymásra épülve alakult ki. Megjelenésük és szerkezeti elemekhez való kapcsolatuk alapján az alábbi csoportokat különítettük el:

— A pelites, rendszerint karbonátos, redukzív üledékes kőzetekhez kötődő, rétegszerűen megjelenő Pb–Zn ércek szétszabdalt ércesteit valamennyi észlelt deformációs jelenség felülbélyegzi. Valószínűleg ez a legkorábbi ércesedés, hasonló jellegű analógiák alapján akár szinszediment (sztratiform) is lehet, de erre vonatkozó (akár cáfoló, akár megerősítő) bizonyíték nincs.

— Az elsődleges pikkelyeződés kb. É–D-i csapású, meredek dőlésű vagy közel függőleges szerkezetei váltak a legfontosabb ércvezető szerkezetekké a döntően piritet tartalmazó masszív szulfidtelérek számára. Ezek áthatják a nem szideritesedett dolomitesteket is, eszerint a PANTÓ (1956) által leírt sziderites metasomatózis után.

— A „baritos pátszegély” ásványtársulása (Pb-, Zn-, Ag- és Cu-dúsulások) részben szintén az elsődleges pikkelyeződés határfelületeihez kötődik, de részben már azokat elvető vetőzónákhoz, és felülbélyegzi az előző kitöltéseket. Lehetséges, hogy ezek a dúsulások korábbi telepek remobilizációjából származnak.

— A Darnó-zóna menti mozgásokhoz köthető vetők az előzőleg létrejött ércesteket feldarabolták, breccsásították, és utat nyitottak egyrészt a késői szulfidos társulás ásványait kiválasztó, másrészt az oxidációs folyamatokat okozó és így másodlagos dúsulásokat létrehozó oldatoknak.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány a Rotaqua Kft., az Uniflexys Kft. és a Miskolci Egyetem közötti K+F+I együttműködés keretében készült, a publikálás a Rotaqua Kft. engedélyével történik. Köszönjük a tanulmány lektorainak, Dr. MOLNÁR Ferencnek és Dr. ZELENKA Tibornak számos építő és előremutató észrevételét, amelyet a végső szövegbe beépítettünk.

Irodalom — References

- ALBU I., BRAUN L. & SZALAY I. 1985: Az Aggtelek–Rudabányai-hegység geofizikai előkutatása. — *MÁELGI Évi Jelentése 1984-ről*, 29–33.
- BALOGH K. & PANTÓ G. 1952: A Rudabányai-hegység földtana. — *MÁFI Évi Jelentése 1949-ről*, 135 p.
- BOWIE, S., KVALHEIM, A. & HASLAM, H. (ed.) 1978: *Mineral Deposits of Europe. Vol. 1: Northwest Europe*. — The Institution of Mining and Metallurgy and The Mineralogical Society, London, 362 p.
- BRAUN L., PETROVICS I. & SZALAY I. 1989: A Szuha-völgye és a Darnó-öv reflexiós szerkezetkutatása. — *MÁELGI Évi Jelentése 1987-ről*, 39–41.
- CSALAGOVITS I. 1973: A Rudabánya környéki triász összlet geokémiai és ércgenetikai vizsgálatának eredményei. — *MÁFI Évi Jelentése 1971-ről*, 61–90.
- FODOR B. (szerk.) 2003: *Magyarország ásványi nyersanyagvagyonja*. — Magyar Geológiai Szolgálat, 205 p.
- FODOR, L., CSONTOS, L., BADA, G., GYÖRFI, I. & BENKOVICS, L. 1999: Tertiary tectonic evolution of the Pannonian basin system and neighbouring orogens: a new synthesis of paleostress data. — In: DURAND, B., JOLIVET, L., HORVÁTH, F. & SÉRANNE, M. (eds): *The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine Orogen*. — *Geological Society, London, Special Publications 156*, 295–334.
- GRILL J. 1989: Az Aggtelek–Rudabányai-hegység szerkezetfejlődése. — *MÁFI Évi Jelentése 1987-ről*, 411–432.
- HADOBÁS S. & SZAKÁLL S. 2001: *Rudabánya ásványai. Egy régi bánya új élete. Világhírű lelőhely!* — Kőország Kiadó, Budapest, 176 p.
- HEINRICH, C. A. & NEUBAUER, F. 2002: Cu – Au – Pb – Zn – Ag metallogeny of the Alpine–Balkan–Carpathian–Dinaride geodynamic province. — *Mineralium Deposita 37/6*, 533–540.
- HOFSTRA, A. H., KÖRÖSI L., CSALAGOVITS I., JOHNSON, C. A. & CHRISTIANSEN, W. D. 1999: Stable isotopic study of the Rudabánya iron mine, a carbonate-hosted siderite, barite, base-metal sulfide replacement deposit. — *Geologica Hungarica series Geologica 24*, 295–302.
- KISS J. 2003: A polgárdi Szár-hegy geológiája és ércesedése. — In: SZAKÁLL S. & FEHÉR B. (eds): *A polgárdi Szár-hegy ásványai*. — *Topographia Mineralogica Hungariae 8*, 29–54.
- KOCH A. 1904: A Rudabányai-szentendrési hegyvonulat geológiai viszonyai. — *Mathematikai és Természettudományi Értesítő 22*, 132–145.

- KORPÁS, L., HOFSTRA, A. H., ÓDOR, L., HORVÁTH, I., HAAS, J. & ZELENKA, T. 1999: Evaluation of the prospected areas and formations. — *Geologica Hungarica series Geologica* **24**, 197–289.
- KOZŁOWSKI, A. 1995: Origin of Zn-Pb ores in the Olkusz and Chrzanów districts: a model based on fluid inclusions. — *Acta Geologica Polonica* **45**, 83–141.
- LESS GY., GRILL J., SZENTPÉTERY I., RÓTH L. & GYURICZA GY. 1988: *Az Aggtelek–Rudabányai hegység 1:25 000 földtani térképe*. — MÁFI, Budapest.
- LESS, GY. 2000: Polyphase evolution of the structure of the Aggtelek–Rudabánya Mountains (NE Hungary), the southernmost element of the Inner Western Carpathians — a review. — *Slovak Geological Magazine* **6/2–3**, 260–268.
- LESS, GY. & MELLO, J. (eds) 2004: *Geological map of the Gemér–Bükk area, 1:100 000*. — MÁFI, Budapest.
- PANTÓ G. 1956: A rudabányai vasércvonulat földtani felépítése. — *MÁFI Évkönyv* **44/2**, 329–637.
- PANTÓ E., PANTÓ G., PODÁNYI T. & MOSER K. (eds) 1957: *Rudabánya ércbányászata*. — Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület, Budapest, 421 p.
- PÁLFY M. 1924: A Rudabányai-hegység geológiai viszonyai és vasérctelepei. — *MÁFI Évkönyv* **26/2**, 1–27.
- PARADIS, S., HANNIGAN, P. & DEWING, K. 2007: Mississippi Valley-type lead-zinc deposits. — In: GOODFELLOW, W. D. (ed): *Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods*. — *Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication* **5**, 185–203.
URL: http://gsc.nrcan.gc.ca/mindep/synth_dep/mvt/pdf/deposit_synthesis_mvt.paradis.pdf
- SZAKÁLL, S. 2001: *Comparison of the Rudabánya (Hungary) and Nižná Slaná (Slovakia) metasomatic iron and hydrothermal sulphide ore deposits — with special references to the mineral paragenesis of Rudabánya*. — PhD értekezés, Kassai Műszaki Egyetem, Miskolc–Košice.
- SZENTPÉTERY I. 1988: A Rudabányai-hegység és környezetének oligocén, alsó-miocén képződményei. — *MÁFI Évi Jelentése 1986-ról*, 121–128.
- SZENTPÉTERY I. 1998: A Rudabánya–690 sz. földtani alapfúrás. — *Földtani Közlöny* **127/1–2**, 179–198.
- SZENTPÉTERY I. & LESS GY. (ed.) 2006: *Az Aggtelek–Rudabányai hegység földtana. Magyarázó az Aggtelek–Rudabányai-hegység 1988-ban megjelent 1:25 000 méretarányú fedetlen földtani térképéhez*. — MÁFI, Budapest, 92 p.
- ZELENKA T., KALÓ J. & NÉMETH N. 2005: Az alsótelekesi gipsz-anhidrit dóm szerkezete. — *Földtani Közlöny* **135/4**, 493–511.

Kézirat beérkezett: 2009. december 15.