

Zárójelentés – posztdoktori OTKA pályázat (PD 83511) – Raucsikné Varga Andrea

(2011–2012. Pécsi Tudományegyetem, Földrajzi Intézet, Földtani Tanszék;
2012–2013. Szegedi Tudományegyetem TTIK Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék)

Késő-variszkuszi (karbon–perm) üledékképződési környezetek rekonstrukciója és azok regionális kapcsolatának feltárása a Dél-Dunántúlon

*Late Variscan (Carboniferous to Permian) environments in southern
Transdanubia and their regional relationships*

SZAKMAI ZÁRÓJELENTÉS

Kutatási előzmények, problémafelvetés, elvégzett vizsgálatok

A kontinentális rétegsorokat tartalmazó európai permokarbon medencék (északi peri-Tethys) törmelékes üledékképződését a klíma, a tektonika és a vulkanizmus kölcsönhatása irányította. A dél-dunántúli permokarbon rétegsor képződése ebbe a keretbe illeszthető: az üledékgyűjtő medencék az Európai lemez déli peremén a variszkuszi gyűrtöv kontinentális előtéri medencerendszerébe tarozhattak (Vozárová et al. 2009, 2010). A legújabb kutatási eredmények rávilágítottak arra, hogy a Dél-Dunántúlon a késő-paleozoikum rétegtani egységek jelenlegi ismertségi szintje számos problémát hordoz, ezért a formációk jelentős revíziója szükséges (Varga 2009). A kiterjedt korábbi vizsgálatok ellenére hiányos a rétegsor öskörnyezeti (pl. paleoklíma, lehordási terület) és diagenézis-történeti jellemzése, továbbá napjainkig sem valósult meg a permi vulkanizmus és a kapcsolódó üledékes képződmények földtani összefüggéseinek feltárása. A posztdoktori OTKA kutatás a Tésenyi Metahomokkő, a Túronyi, a Korpádi Homokkő, a Gyűrűfői Riolit és a Cserdi Konglomerátum Formációt célozta meg annak érdekében, hogy a korábbi vizsgálatok adatainak újraértelmezésével és egységes módszerekkel végzett új vizsgálatokkal alapot teremtsen az ősmaradványokban szegény kontinentális rétegsor lokális és regionális korrelációjára. A kutatás egyik tárgya, a Cserdi Konglomerátum Formáció a nagy aktivitású radioaktív hulladék elhelyezésére irányuló projektek célképződményének (Bodai Agyagkő Formáció, BAF) heteropikus fáciése, ezért a földtani háttér pontosítása gyakorlati szempontból is jelentős.

A kutatási terv alapján a PD projekt keretein belül a következő fúrások és felszíni feltárások kőzetanyagának részletes vizsgálatára került sor:

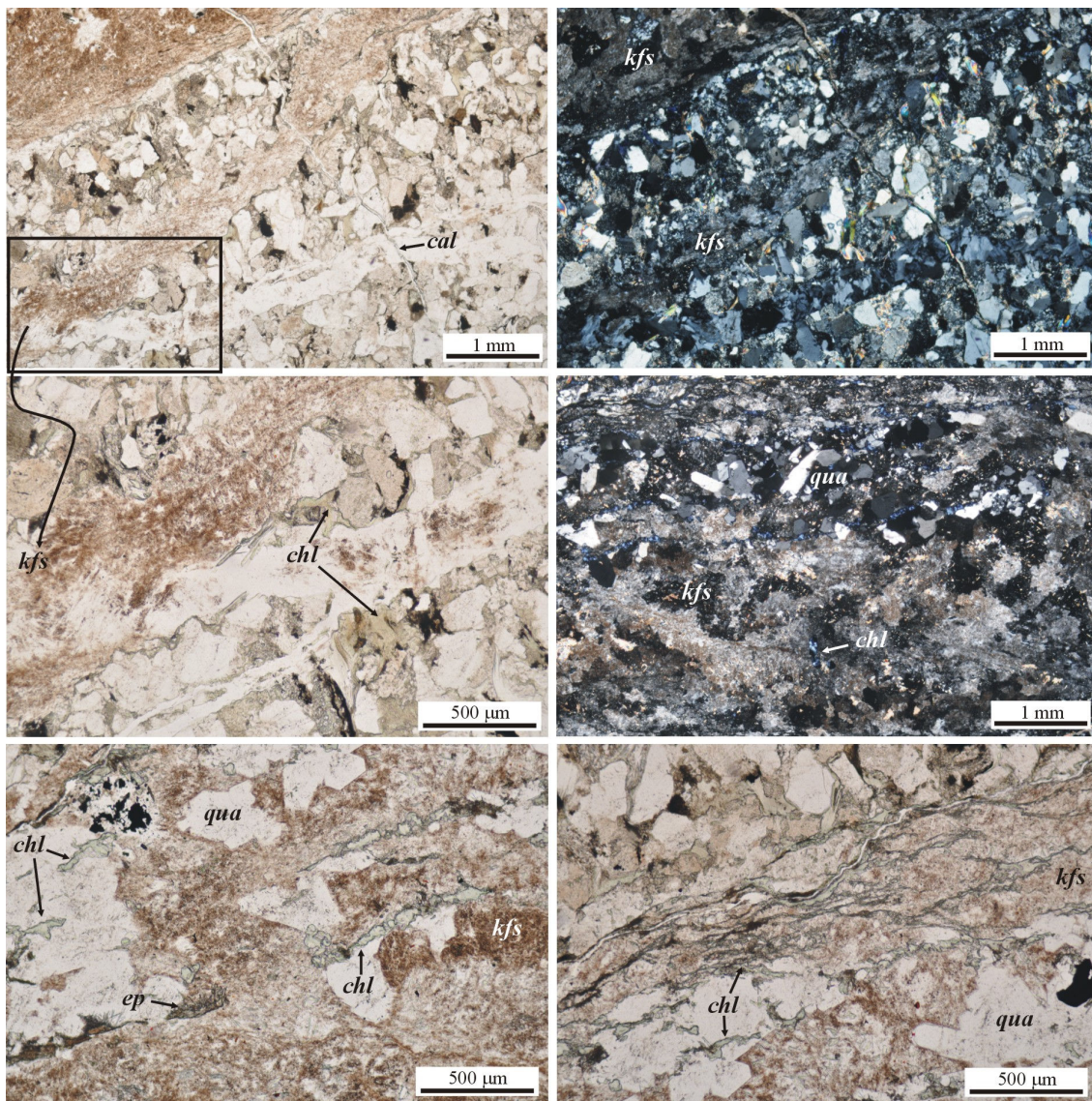
- **Fúrások (elsődlegesen):** Bogádmindszent Bm–1, Siklósbodony Sb–1, Diósvizsló Dv–3, Szava–5, Csarnóta–1, Túrony Tu–1, Bisse Bi–1, Máriagyúd Mgy–1, Somberek Smb–1, Horváthertelend Hh–1, Dinnyeberki 9015, XV. szerkezetkutató fúrás, BAT–4 (Bodai Agyagkő Formáció vizsgálata).
- **Felszíni feltárások:** A Gyűrűfői Riolit és a Cserdi Konglomerátum Formáció felszíni kibúvásai Gyűrűfű és Cserdi környékén.
- **Archivált anyagok:** Az ELTE Kőzettan–Geokémiai Tanszék, a Mecsekérc Zrt. (volt MÉV) és a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet Földtani és Geofizikai Gyűjteményi Osztálya által rendelkezésre bocsájtott csiszolatgyűjtemények a fenti fúrásokból, illetve a kutatási területen létesült egyéb kutatófúrásokból (pl. Szalatnak–3, Szava–1, Peterd–1, Egerág–7).

A projekt során alkalmazott műszeres vizsgálati módszerek a következők voltak: polarizációs mikroszkópia; katódlumineszcens mikroszkópia; stabilizotópos vizsgálat (C, O); fluidzárvány-vizsgálat (zárványpetrográfia és mikrotermometria); pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálat (SEM, BSE, SE, CL üzemmódban; SEM/EDS elemzés); röntgen-pordiffrakciós vizsgálat, mikroszondás elemzés, teljes kőzet fő- és nyomelem geokémiai elemzés és geokronológiai vizsgálati eredmények értelmezése.

A kutatás legfontosabb tudományos eredményei

1. A permnél idősebb képződményekkel kapcsolatos eredmények

- A dél-dunántúli újpaleozoos képződmények öskörnyezeti viszonyainak és regionális kapcsolatainak feltárása érdekében sor került a Tisia-terrénum magyarországi részének metamorf aljzatából, valamint a danitzpusztai pannóniai folyóvízi homokból származó korhatározási eredmények integrált értelmezésére (Varga et al. 2012d). Ez alapján feltételezhető, hogy a dél-dunántúli metamorf aljzatban muszkovitból meghatározott, viszonylag szűk időtartamot átfogó (~307–312 millió év) K/Ar, illetve $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ izotópkorok a variszkuszi kéreg késő-vesztfáliai posztorogén extenziójával korrelálhatók. Az extenziós eseményhez társuló hidrotermális folyamatok intenzív K-metaszomatikus hatása (autigén fehér csillám képződése a mellékkőzetben; Křibek et al. 2009) a felső-karbon törmelékes rétegsort (Tésenyi Metahomokkő) is érintette, ami nem hagyható figyelmen kívül a karbon törmelékes képződmények kőzettani összetételének, továbbá teljes kőzetből meghatározott kémiai adatainak értelmezésénél.
- A Tésenyi Metahomokkő archivált vékonycsiszolatainak (elsősorban Bogádmindszent–1, Siklósbodony–1, illetve Téseny környéki fúrások) és kőzetanyagának revíziós vizsgálata rávilágított arra, hogy annak kőzettani és kémiai összetételét – a Baksai Komplexumban azonosított érrendszerekkel rokonságot mutató – repedéshálózathoz kapcsolódó fluidummigráció is befolyásolta (1. ábra), ami a víz–kőzet kölcsönhatáson keresztül a felszín alatti vizek minőségére (pl. Asztartalom) szintén hatással lehet (Varga et al. 2012c; Fintor & Varga, *beküldés előtt*). A kiterjedt metaszomatikus átalakulás miatt a teljes kőzetből meghatározott kémiai összetételi adatok ezért nem vagy csak korlátozottan használhatók fel a lehordási terület és az üledékképződési környezet jellemzésére. Ennek megfelelően – az eredeti kutatási tervtől eltérően – teljes kőzetből kémiai összetétel meghatározására a PD kutatás keretein belül nem került sor.
- A Tésenyi Metahomokkő lokális és regionális korrelációjához kapcsolódóan a Tisia-terrénum magyarországi részén a Horváthertelend–1 (Hh–1) fúrás bizonytalan besorolású (szilur?, esetleg karbon) szakaszának komplex vizsgálata alapján megállapítható, hogy a szakasz durvatörmelékes, alsó része nem a Tésenyi karbon képződményeket tárta fel, az a Szalatnaki Agyagpalával korrelálható. A szakasz felső – korábban a Szalatnaki Agyagpalával azonosított – finomtörmelékes része egy összetett törésszónát harántolt, ami a Szalatnaki Agyagpala és a környező permotriász képződmények vetőkőzeteit egyaránt tartalmazza (Mészáros 2013, 2014; Mészáros et al. 2013). *A kutatás eredményei részben publikáltak.*
- A Tésenyi Metahomokkő és a Radlovac metamorf komplexum (Horvátország) karbon képződményeinek kőzettani és geokémiai jellemzői olyan mértékű eltéréseket mutatnak (Varga et al. 2003, 2007; Biševac et al. 2009, 2010, 2013), ami nem teszi lehetővé a két kifejlődési terület összekapcsolását. Azok egykori üledékgyűjtő medencéje térben és/vagy időben elkülönült egymástól. *A kutatás eredményei még nem publikáltak.*
- A Tésenyi Metahomokkő és az Alföldön (Üllés, Szeged térségében) elkülönített karbon (bizonytalan) breccsa összehasonlítása folyamatban van, az a K 108375 témaszámú OTKA kutatás keretein belül folytatódik.



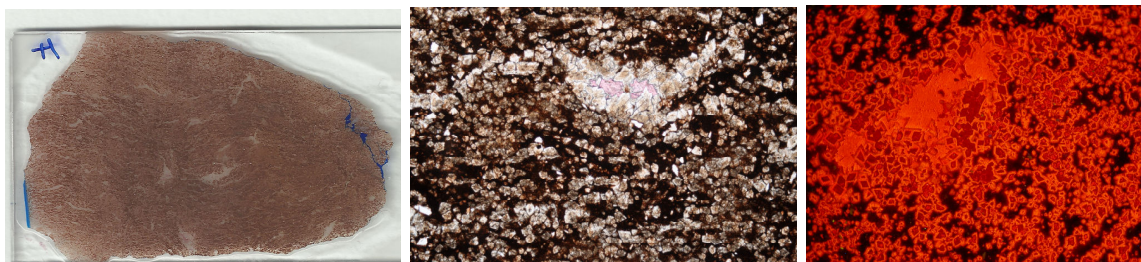
1. ábra

Egymást metsző érrendszerek a Bogádmindszent Bm–1 fúrás Tésenyi szakaszában (1062,1–1062,3 m; az MFGI Földtani és Geofizikai Gyűjteményi Osztálya állományába tartozó csiszolat). Rövidítések: kfs: kaliciumfeldspát; chl: klorit; cal: kalcit; qua: kvarc; ep: epidot

2. A permii képződményekkel kapcsolatos eredmények

2.1. A Túronyi Agyagpala törmelékes rétegsorával kapcsolatos eredmények

- A kizárólag a Túronyi–1 (Tu–1) fúrásban elkülönített alsó-permi Túronyi Formáció rétegsora széles tektonikus zóna mentén érintkezik a fedő Korpádi Homokkővel (Varga et al., *bírálat alatt*). Figyelembe véve a kőzettani kifejlődéseket, a Csarnóta–1, a Tu–1 és a Bisse–1 (Bi–1) fúrások alsó szakasza jól párhuzamosítható egymással. A Bi–1 fúrásban korábban kizárólag makroszkópos vizsgálatok alapján aleurolitos homokkőként dokumentált és a Korpádi Homokkőbe sorolt szakasz (1123,0–1223,0 m) kőzetei eltérnek a Villányi-hegység északi előterében (pl. Szava–5, Tu–1, Csarnóta–1, Siklósbodony–1 fúrás) a Korpádi Homokkő Formációba sorolt, metamorf kőzettörmelékekben gazdag kőzetanyagtól. A finomszemcsés, dolomitlaminákat tartalmazó vörös agyagkő kifejlődés a Tu–1 fúrás Túronyi Formációjával mutat legnagyobb hasonlóságot a vizsgált területen (2. ábra). A kutatás eredményei részben publikáltak.



2. ábra

Finomszemcsés, dolomitlaminákat tartalmazó vörös agyagkő a Bisse–1 fúrás Korpádi szakaszában, 1135,7 m. Balra: normál méretű vékonycsiszolat szkennelt képe; középen: sajtátalakú, zónás dolomitkristályokból álló laminák, valamint kalcit kitöltés (rózsaszín) festett vékonycsiszolatban, 1N; jobbra: katódlumineszcens mikroszkópi felvétel, 4x objektívvel

2.2. A Korpádi Homokkő törmelékes rétegsorának revíziós vizsgálata

- A Nyugati-Mecsekben a Korpádi Homokkő arid/szemiarid alluviális síkságot képviselő rétegsorában egyértelműen kimutatható az egyidejű vulkáni aktivitás. Mind a 9015. fúrásban, mind a XV. szerkezetkutató fúrásban karbonátos paleotalaj (pedogén és talajvíz kalkkrét, valamint dolokkrét) szintek alakultak ki, amelyek viszonylag száraz (100–500 mm/év csapadék) klímát jeleznek (Varga & Raucsik, *átdolgozás alatt*; Varga et al. 2012b, 2013). A gyökérnyomokat kitöltő, több generációs kalcitcement részletes vizsgálata alapján a cementáció először oxidatív, meteorikus környezetben zajlott, majd a kezdődő betemetődési diagenézis során redukzív körülmények között vált teljessé. A kalcit-, illetve dolomitgumókban közel koncentrikus, valamint radiális helyzetű, kalcittal kitöltött szeptáriás repedések alakultak ki. A fejlettebb karbonát-felhalmozódási szintekben az összeolvadó gumók és a mátrix határán pátos kalcitcementtel kitöltött, szabálytalan alakú repedéshálózat figyelhető meg, ami valószínűleg szintén zsugorodásos eredetű (3. ábra). Ezek a szineretikus repedések és a szeptáriás konkréciók a szeizmikus genetikai modell (Pratt 2001) alapján az üledékképződéssel egyidős földrengéseket jeleznek, azaz paleoszeizmográfoknak tekinthetők. A Korpádi Formáció kőzetanyagában megjelenésük a szinszediment vulkáni aktivitás független bizonyítékeként értelmezhető (Varga et al. 2013). A kutatás eredményei részben publikáltak.



3. ábra

Kalcit anyagú pedogén gumókat és konkréciókat, illetve szeptáriás repedéskitöltéseket tartalmazó kalkkrét a XV. szerkezetkutató fúrás Korpádi szakaszából

- Regionális összehasonlításban ezideig nem ismert a Korpádi Formációhoz hasonló karbonátos paleotalaj (kalkkrét) a Tisia-terrénum alsó-permi kontinentális képződményeiben (Vozárová et al. 2009, 2010, és a bennük hivatkozott irodalmak). Az Apuseni-hegység permi képződményei szintén molassz jellegű kontinentális fáciest képviselnek, amiben a vörös rétegek (*red beds*) uralkodnak, azonban a fekete színű, bitumenes–agyagos bázisképződmények humidabb klímát jeleznek (Seghedi et al. 2001). Tágabb, a Circum-Pannon régiót érintő kitekintésben azonban a Korpádi Homokkő üledékképződési medencéje jól korrelálható a Nyugati-Kárpátok (pl. Zemplénikum, Cejkov és Černochoy Formációk; Vozárová et al. 2009, 2010) és a Keleti-Alpok (Alcapa) perm medencéjével (Varga & Raucsik, *átdolgozás alatt*).
- A Villányi-hegység északi előterében (pl. Szava–5, Túrony–1, Csarnóta–1, Siklósbodony–1 fúrás) a Korpádi Homokkőbe sorolt kőzetanyag litológiailag különül (metamorf kőzettörmelék kizárólagos jellege; intenzíven bioturbált, csillámgazdag pélites kőzetek; 4. ábra), azonos formációba sorolásuk ezért nem indokolt (Varga et al. 2013). A finomszemcsés kőzetekben megfigyelhető intenzív bioturbáció nedves üledékképződési környezetre („*wet red beds*”) utal. Figyelembe véve a vázalkotó szemcsék mennyiségi arányát, valamint az agyagásványos összetételt feltételezhető, hogy a Tu–1 fúrásban a Túronyi Agyagpala és a Korpádi Homokkőként elkülönített rétegsor széles (kb. 40–60 m) törésvonal mentén érintkezik. Hasonlóan, a Korpádi Homokkő felső szakaszának felső részén a Jakabhegyi Homokkő és a Korpádi Homokkő határát nagy valószínűséggel széles tektonikus zóna alkotja (Varga et al., *bírálat alatt*). A kutatás eredményei részben publikáltak.



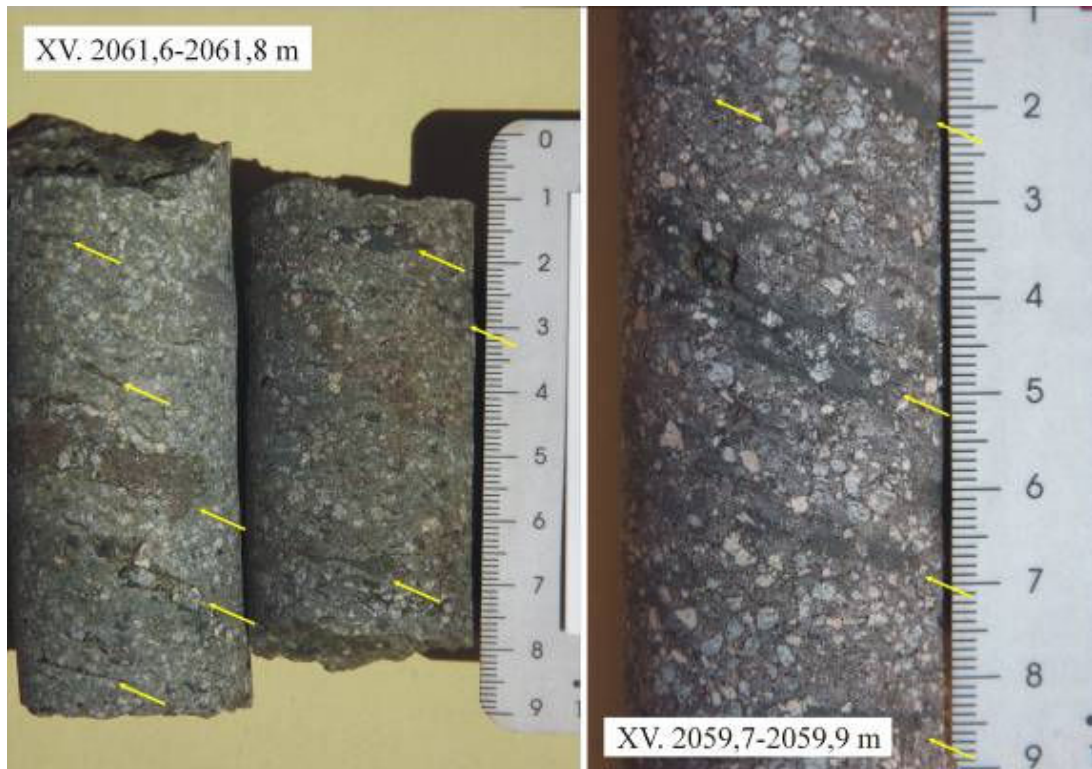
4. ábra

Metamorf kőzettörmelékben gazdag, illetve intenzíven bioturbált, csillámgazdag pélites kőzetek a Szava–5 fúrás Korpádi szakaszából (226,2–303,0 m); Mecsekérc Zrt., „etalon” sorozat

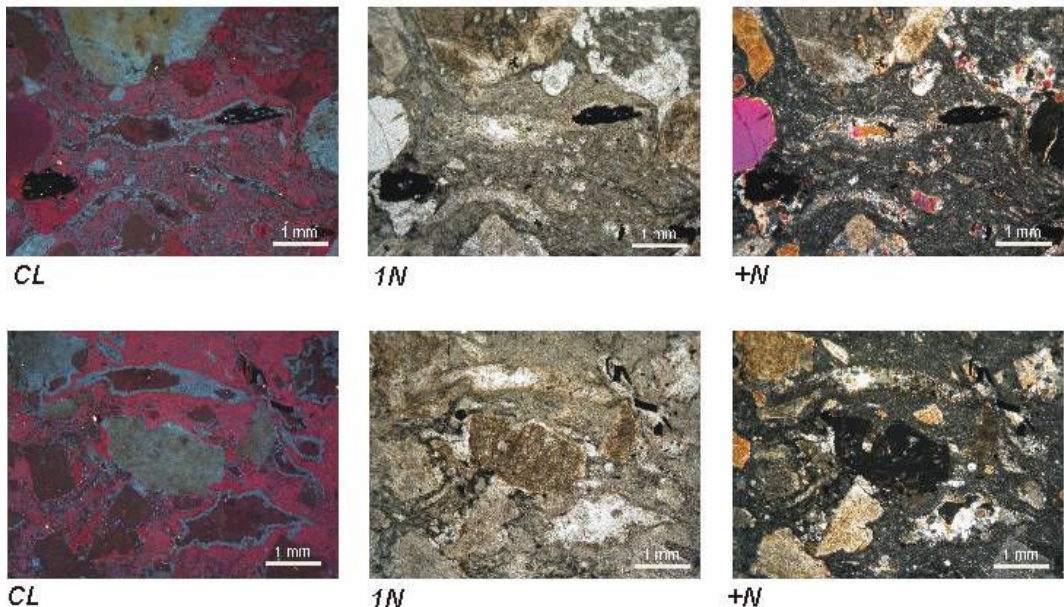
2.3. A Gyűrűfői Riolit revíziós vizsgálata

- A Gyűrűfői Riolit jellegzetes kifejlődési területeiről kiválasztott, korábban lávakőzetként dokumentált minták (Dinnyeberki és Gyűrűfű közötti felszíni feltárások; Dinnyeberki környéki fúrások, XV. szerkezetkutató fúrás, Nyugati-Mecsek; Peterd–1, Egerág–7, Villányi-hegység északi előtere) revíziója rámutatott arra, hogy azok alapanyagának szövete relikvit vitroklasztos. A fenokristályokat rosszul osztályozott, többnyire töredezett–repedezett, földpát- és kvarckristályok – alárendelten átalakult színes ásványok – alkotják. A mikroszkópos vizsgálat során azonosítható deformált, átalakult üvegszilánkok, valamint a nagy hőmérsékleten devitrifikálódott (axiolitos, szferolitos) horzsakő-fragmentumok alapján az adott minták nem folyásos szövetű lávakőzetek, hanem változó mértékben tömörödött, helyenként összesült árpitroklasztitok (Varga 2011b; Varga et al. 2012a; Hidasi 2013; Hidasi et al. 2013a, 2013b; Varga et al. 2013; 5. ábra). A Mecsek nyugati részén kiömlési kőzetet nem

sikerült azonosítani. Lávakövetet vagy szubvulkáni intruziót a Szava-1 fúrásban feltárt, erősen átalakult kőzetek képviselnek. Eredményeink rámutattak arra, hogy a robbanásos vulkáni működés mértékét korábban alábecsülték a vizsgált területen. A kutatás eredményei részben publikáltak.



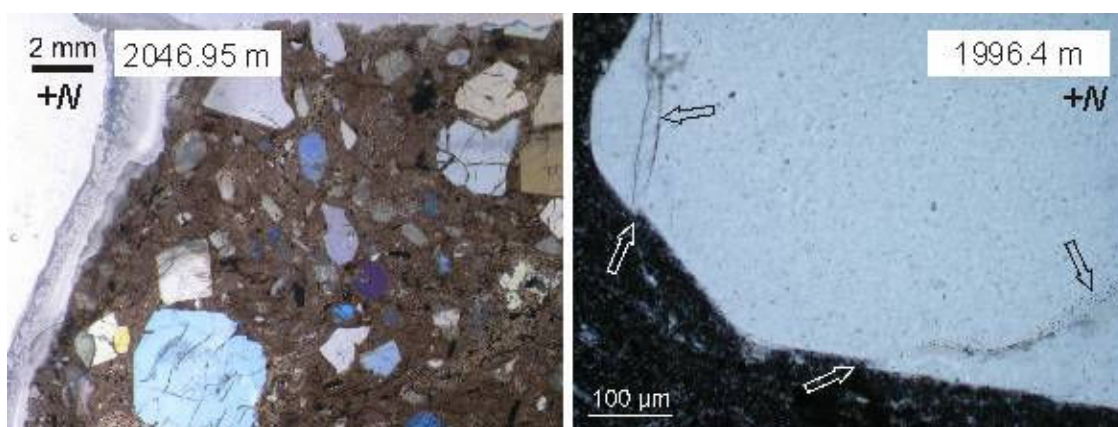
Sample XV/4
1963.0 m



5. ábra

Változó mértékben tömörödött, helyenként összesült ár-piroklasztitok (kristálygazdag horzsakő- és hamuár üledékek) a XV. szerkezetkutató fúrásból. Az orientált és deformált horzsaköveket sárga nyilak jelzik a makroszkópos fotókon. A vékonycsiszolati felvételeken a kvarc- és földpátkristályokon túl nagy hőmérsékleten devitrifikálódott üvegszilánkok láthatók

- A XV. szerkezetkutató fúrásban feltárt Gyűrűfői Riolit a horzsakő- és hamuár üledék legteljesebb szelvényét képviseli, abban különböző mértékű összesülési és kristályosodási tartományok nyomozhatók. A kőzetalkotó kvarcon végzett fluidumzárvány-vizsgálatok alapján a Korpádi Homokkő és a Gyűrűfői Riolit kontaktusa feletti néhány méteres tartományban (~2060 m; zöld színű, összesülést nem mutató minták) eltérő petrográfiai jellegű együttesek figyelhetők meg: a kvarccal kitöltött mikroerek folytatásában függőleges mikrorepedések mentén sorakozó zárványsorok, valamint görbült fluidumzárványsíkok azonosíthatók. A középső és a felső, változó mértékben összesült szakaszban csak ez utóbbi zárványok jelennek meg, amelyek bizonyíthatóan a kvarcsemcsék fragmentációját követően a mikrorepedések behagedésével létrejött zárványsorok (6. ábra). A fluidumok homogenizációs hőmérséklete a teljes kőzetoszlopban hasonló, 80–135 °C közötti; az alsó szakaszon 90–100 °C közötti gyakorisági maximummal. Az 1890 m körüli, már a Cserdi Formáció alsó részét képviselő, opáltartalmú szakaszra azonban leggyakrabban a 110–115 °C közötti hőmérsékleti érték jellemző (Varga et al. 2012a, 2013). *A kutatás eredményei részben publikáltak.*



6. ábra

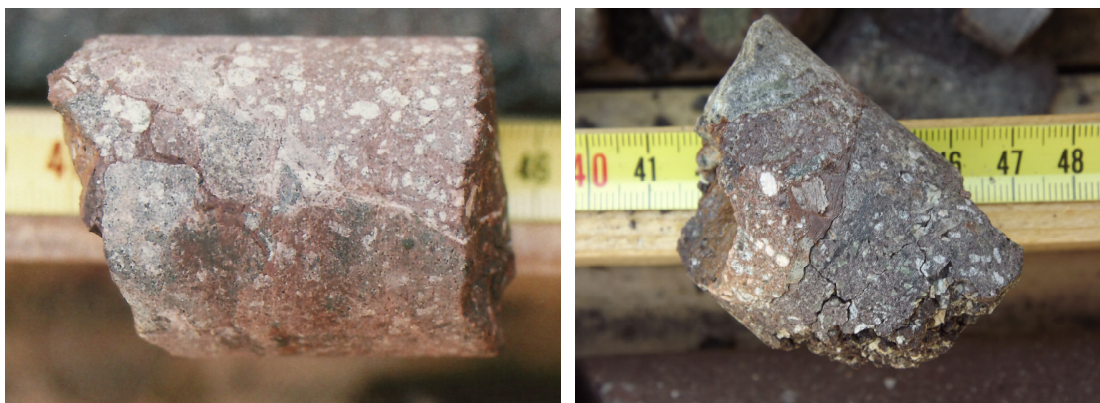
Görbült fluidumzárványsíkok a töredezett és fragmentálódott kvarckristályokban, Gyűrűfői Riolit, XV. szerkezetkutató fúrás

- A dél-dunántúli vulkanizmus idejéről eddig nincs megbízható koradat, azonban az Alföldön, Battonya környékén feltárt Gyűrűfői Riolit cirkon U/Pb izotópkora 287,6±7,2 és 289,7±6,2 millió év (kora-perm, szakmarai; Kutasi 2011; Varga et al. 2013). Ez utóbbi területen a piroklasztitokon túl lávakőzet (illetve szubvulkáni intruzió) szintén bizonyítható. *A kutatás eredményei részben publikáltak.*

2.4. A Cserdi Konglomerátum revíziós vizsgálata

- A Dinnyeberki környéki fúrások, valamint a XV. szerkezetkutató fúrás Cserdi Formációba sorolt szakaszának revíziója rávilágított arra, hogy a Gyűrűfői Riolit közvetlen fedőjében települő, rosszul osztályozott kőzetanyagban a domináns, vulkáni eredetű kavicsok szövete eltér a korábban lávakőzetként dokumentált Gyűrűfői Riolit jellegzetes szövetétől (Hidasi 2013; Hidasi et al. 2013a, 2013b). Amíg a Mecsek nyugati részén a kristálygazdag, nagy hőmérsékleten devitrifikálódott, relikvitroklasztos szöveti típus az általános, a Cserdi Formáció alsó részén – hasonlóan a legutóbbi petrográfiai leíráshoz (Bodor & Szakmány 2009) – legnagyobb arányban átalakult, felzites szövetű vulkanit-fragmentumok azonosíthatók. Ez a megfigyelés nem támasztja alá azt a korábbi nézetet (Barabás & Barabásné Stuhl 1998; Bodor & Szakmány 2009), hogy a konglomerátum törmelékanyaga döntően a fekü riolit eróziójából származott (Varga et al. 2013). *A kutatás eredményei részben publikáltak.*

- A XV. szerkezetkutató fúrásban a formáció alsó szakaszát 90 %-nál nagyobb arányban vulkáni eredetű szemcséket tartalmazó törmelékeny kőzetek – vulkanoszediment rétegek – alkotják. A szemcsék között vörösbarna színű, folyásos, helyben képződött olvadék jellegű, savanyú kőzetüveget (85–90 % átlagos SiO_2 -tartalommal) azonosítottak (Bodor & Szakmány 2009). Vizsgálataink alapján ez nem devitrifikálódott kőzetüveg, hanem a klasztok közötti pórusokat kitöltő, azt cementáló víztartalmú SiO_2 -változat (opál, illetve kalcedon; Varga et al. 2013; 7. ábra). Az adott szakasz nagy valószínűséggel genetikailag szorosan összefügg a Gyűrűfői Riolit árpiroklasztit üledékeivel, annak összesülést nem mutató felső részét képviselheti, a leülepedést követő kristályosodási fázisokkal (gázfázisú kristályosodás és/vagy azt követő másodlagos póruskitöltés). *A kutatás eredményei részben publikáltak.*



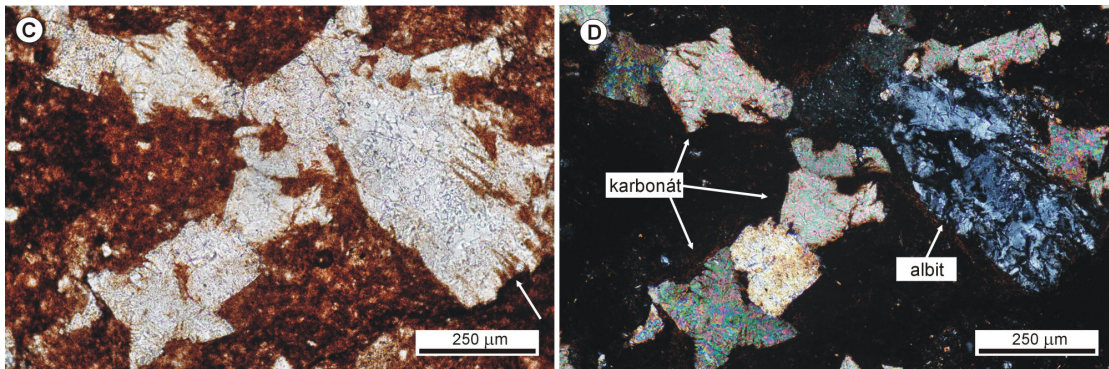
7. ábra

A klasztok közötti pórusokat kitöltő, azt cementáló víztartalmú SiO_2 -változat a XV. szerkezetkutató fúrás Cserdi szakaszában

2.5. A Bodai Agyagkő Formáció üledékképződési környezetének pontosítása

- A posztdoktori kutatás keretein belül sor került a BAT–4 fúrás Bodai Agyagkő Formációt (BAF, korábban Bodai Aleurolit Formáció) harántoló szakaszának részletes makroszkópos dokumentálására, valamint az 1990-es években készült vékonycsiszolatok revíziós vizsgálatára. Az agyagkőminták petrográfiai mikroszkópos vizsgálata során a vörös, agyagos–hematitos alapanyagban négyzet, négyágú csillag, illetve háromszög metszetű, uralkodóan pátos karbonátkristályokból álló kitöltések figyelhetők meg (8. ábra). Morfológiájuk alapján ezek a pszeudomorfózák korábbi kősó vázkristályok („hopper” halit, „pagoda” halit) utáni helyettesítésként értelmezhetők (Warren 2006), amelyek az intenzív bepárlódás és a korai diagenetikus kősó kiválás bizonyítékai a laza üledékben a sós iszaplapályon (Máthé & Varga 2012). A felső-permi BAF üledékképződési környezetének pontosítása különösen fontos egyrészt a heteropikus Cserdi Formáció, másrészt az idősebb permokarbon képződmények diagenézis-történetének szempontjából.
- A BAT–4 fúrásban az evaporitásványok másik típusát képviselik a szulfátok (gipsz/anhidrit), amelyek egykori jelenlétét Konrád et al. (2010) is felismerték. Ezeket jelenleg a finomszemcsés kőzetváltozatokban mikrokristályos autigén albit és karbonát helyettesíti („átitatódás”), morfológiájuk azonban megőrizte az eredeti alakjukat (lencse, illetve prizmás metszetek, 9. ábra; szabálytalan alakú gumók, enterolitikus szerkezet (Máthé et al. 2012; Máthé & Varga 2013). A szulfátos sóstavi környezet alapján primer dolomitkiválás nem valószínű az egykori üledékképződési környezetben, a BAF dolomitos kifejlődései diagenetikus eredetűek. Ez a megfigyelés elősegíti a BAF és a kapcsolódó permi képződmények őskörnyezeti

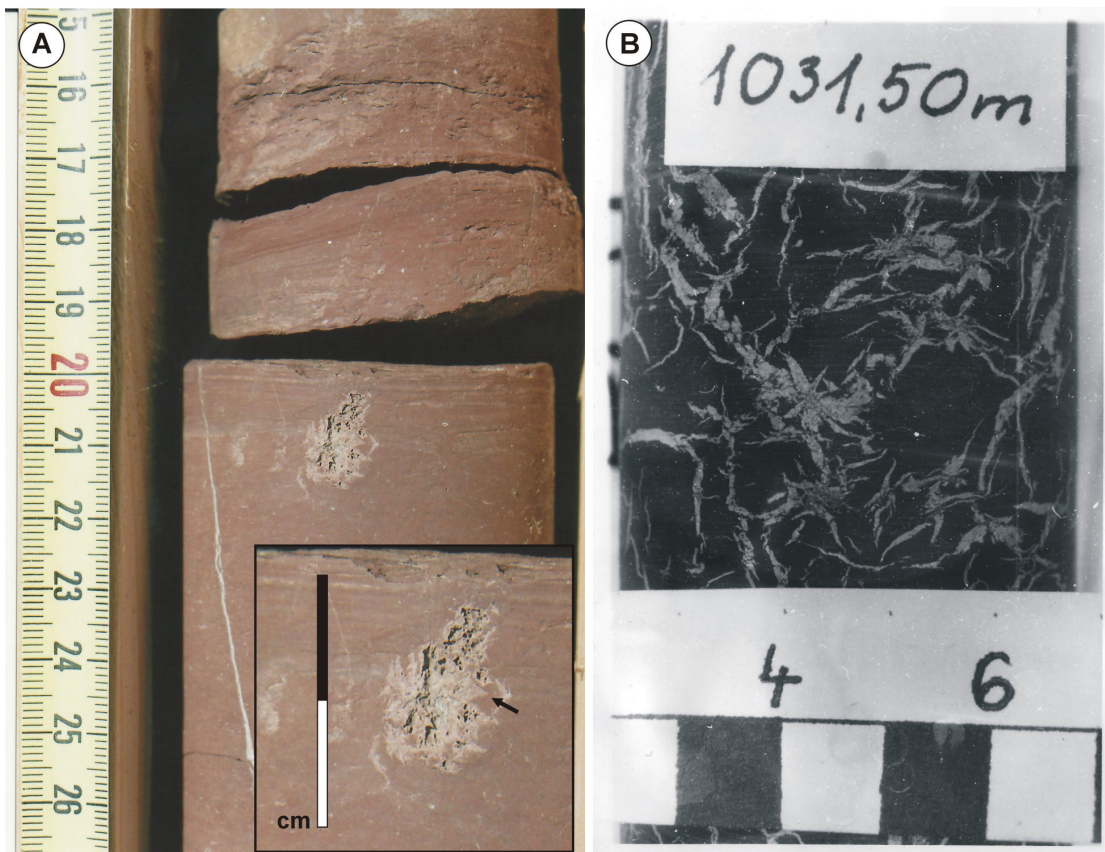
viszonyainak pontosítását, továbbá a regionális korrelációt. A kutatás eredményei részben publikáltak.



8. ábra

Kőso utáni pseudomorfózák a Bodai Agyagkőből (BAT-4 fúrás)

C) Agyagos–hematitos alanyaggal kitöltött korai diagenetikus visszaoldódási üregek (nyíl), 1N; D) Korai diagenetikus páttal helyettesített, illetve a visszaoldódást követően albitcementtel kitöltött pseudomorfózák, +N



9. ábra

Szulfát-aggregátumok utáni pseudomorfózák a BAT-4 fúrásban

További eredmények (hasznosíthatóság alkalmazott kutatásokban)

A permokarbon litológiai egységek (Tésenyi Metahomokkő, Korpádi Homokkő, Cserdi Formáció, Bodai Agyagkő Formáció) reambulációjakor a projekt első évében sor került az archivált vékonycsiszolatok és a korábban publikált kémiai elemzési adatok kritikai szemléletű feldolgozására. Noha – a metasomatikus események miatt – ezek öskörnyezeti rekonstrukcióra nem használhatók fel, a kapott elemtartalom adatbázis (természetes háttérkoncentrációk és azok eredete) lehetőséget biztosított környezetgeokémiai vonatkozású következtetések levonására (Varga et al. 2012c, *közlésre beküldve*).

A „Horváthertelendi takaróroncsot” képviselő Horváthertelend–1 fúrás napjainkig részletesen nem vizsgált, részben a szilur Szalatnaki Agyagpalával, részben a karbon Tésenyi Metahomokkővel korrelált paleozoos rétegsorának reambulációja meghatározó szerepet kap a terület rétegtani–földtani felépítésével kapcsolatban. Jelentőségét kiemeli, hogy a Hh–1 fúrás mindössze 3,8 km távolságban mélyült az Ibafa–4 fúrástól, ami a tervezett nagy aktivitású hulladéklerakó egyik célképződményének, a Bodai Agyagkő Formációnak az alapszelvényét tárta fel a gorikai előfordulási területen. A Hh–1 fúrás kőzetanyagának makro- és mikroszöveti megfigyelései, továbbá a képződmények települési helyzete alapján jelentős törésszóna menti mobilizáció feltételezhető, ezért a két fúrás összehasonlító vizsgálata környezetföldtani szempontból szintén hasznosítható (Mészáros 2013, 2014; Mészáros et al. 2013).

A kutatásban résztvevő személyek, a munkaterv teljesülése

A kutatás egyszemélyes, posztdoktori OTKA projekt volt (a kutatási támogatás jelentős része a vezető kutató alkalmazását biztosította), ami a Pécsi Tudományegyetem TTK Földrajzi Intézetének Földtani Tanszékén indult. A kutatási tervnek megfelelően rövid futamidejű (1–2 hónapos) fiatal kutatói, illetve hallgatói munkavégzés társult hozzá (fluidumzárvány-vizsgálatok) a Szegedi Tudományegyetemen. Kutatási együttműködés keretein belül szintén az SZTE Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszékének Vulcano kutatócsoportjához kapcsolódtak a geokronológiai vizsgálatok. A stabilizotópos és katódlumineszcens vizsgálatok érdekében együttműködés jött létre az MTA CSFK Földtani és Geokémiai Intézetével. 2012-ben a kutatóhely módosítását követően – a kiváló szakmai és infrastrukturális háttérrel biztosító – szegedi Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszéken BSc szakdolgozók és MSc diplomamunkát készítő hallgatók bevonásával vált intenzívebbé a kutatás.

A projektcélok megvalósulása 2011-ben teljes egészében a munkatervnek megfelelően zajlott. A petrográfiai vizsgálatok eredményeit figyelembe véve (korábban részletezett metasomatikus átalakulások) a 2012-től tervezett teljes kőzet fő- és nyomelem geokémiai vizsgálatok helyett szövetszelektív stabilizotópos mérések és katódlumineszcens mikroszkópi vizsgálatok készültek a Korpádi Homokkő karbonátos paleotalaj mintáiból, illetve – a reliktszöveti elemek feltárására – a Gyűrűfüi Riolit felszíni és mélyfúrású kőzetanyagából. A kutatóhely váltásával együtt járó feladatok (adminisztrációs ügyek, költözés) miatt a kőzettani és geokémiai vizsgálatok egy része (pl. elektronmikroszkópos vizsgálatok) a tervezettől eltérően nem zárult le 2012-ben, így azok kivitelezésére a projekt befejező évében, 2013-ban került sor. Ennek megfelelően a kutatáshoz kapcsolódó eredmények egy részének publikálását a zárójelentés készítését követően tervezem.

A tudományos eredmények közzélése

A posztdoktori kutatás három éve alatt az elért eredményekből összesítve egy kirándulásvezetőben megjelent tanulmány (Varga 2011a), 5 konferencia absztrakt (Varga 2011b; Máthé et al. 2012; Varga et al. 2012a; Hidasi et al. 2013a; Mészáros et al. 2013), 3 konferenciacikk (Hidasi et al. 2013b; Máthé & Varga 2013; Varga et al. 2013), 8 szakkikk

(Máthé & Varga 2012; Varga et al. 2012b, 2012c, 2012d; Varga & Raucsik, *átdolgozás alatt*; Varga et al., *bírálat alatt, közlésre beküldve*; Fintor & Varga, *beküldés előtt*) és egy ismeretterjesztő cikk (Raucsikné Varga 2012) készült el. A kutatóhely módosítása a vizsgálatok kivitelezésében kismértékű eltolódást eredményezett, ezért a publikációk készítése sem fejeződött még be. Az eddig csak konferenciákon bemutatott új tudományos eredményekből, valamint a nem vagy részben publikált eredményekből a közeljövőben további szakcikkek benyújtását tervezem (Földtani Közlöny, Central European Geology, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences és Sedimentary Geology).

Az OTKA PD 83511 témához kapcsolódva a Szegedi Tudományegyetem TTIK Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszékén konzulensi munkám, illetve témavezetésem mellett eddig egy BSc szakdolgozat (Mészáros 2013), egy tudományos diákköri dolgozat (Országos Felsőoktatási Környezettudományi Diákkonferencia; Mészáros 2014) és kettő MSc diplomamunka (Kutasi 2011; Hidasi 2013) készült. További két BSc (Gyűrűfüi Riolit felszíni feltárásának kőzettani vizsgálata; a Bodai Agyagkő homokkő-betelepüléseinek vizsgálata a BAT–4 fúrásban) és három MSc munka (a Horváthertelend–1 fúrás kőzetanyagának feldolgozása; a Máriagyúd–1 fúrás kőzetanyagának feldolgozása; „MÉV vulkanit etalon kollekción” reambulációja) folyamatban van, beadásukra várhatóan 2014, illetve 2015 májusában kerül sor. Valamennyi dolgozat eredményét publikálni tervezem a közeljövőben; közülük három magyar nyelvű szakcikk előkészületben van a Földtani Közlöny számára.

Irodalom

- Barabás A., Barabásné Stuhl Á. 1998. A Mecsek és környéke perm képződményeinek rétegtana. In: Bérczi I., Jámbor Á. (Szerk.): Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana, MOL Rt. – MÁFI, Budapest, 187–215.
- Biševac, V., Balen, D., Tibljaš, D., Spanic, D. 2009. Preliminary results on degree of thermal alteration recorded in the eastern part of Mt. Papuk, Slavonia, Croatia. *Geologia Croatica* 62/1, 63–72.
- Biševac, V., Balogh, K., Balen, D., Tibljaš, D. 2010. Eoalpine (Cretaceous) very low- to low-grade metamorphism recorded on the illite-muscovite-rich fraction of metasediments from South Tisia (eastern Mt Papuk, Croatia). *Geologica Carpathica* 61/6, 469–481.
- Biševac, V., Krenn, E., Finger, F., Luzar-Oberiter, B., Balen, D. 2013. Provenance of Paleozoic very low- to low-grade metasedimentary rocks of South Tisia (Slavonian Mountains, Radlovac Complex, Croatia). *Geologica Carpathica* 64/1, 3–22.
- Bodor, S., Szakmány, Gy. 2009. A felső-permi Cserdi Konglomerátum Formáció kavicsanyagának kőzettani és geokémiai vizsgálati eredményei (XV. szerkezetkutató fúrás, Ny-Mecsek). *Földtani Közlöny* 139/4, 325–340.
- Fintor, K., Varga, A. (*beküldés előtt*): Paleohydrological communication between the Baksa Gneiss Complex and the overlying Pennsylvanian sedimentary rocks, SW Pannonian Basin: mobilization of NaCl brine. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* (impakt faktor, 2012: 2,745)
- Hidasi T. 2013. A Gyűrűfüi Riolit Formáció kőzetmintáinak vizsgálata a Mecseki Ércbányászati Vállalat „Vulkanitok, etalon kollekción” csiszolatgyűjteményének felhasználásával. Diplomamunka (Földtudomány MSc szak), SZTE TTIK Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, 76 p. (témavezetők: Raucsikné Varga A., Pál-Molnár E.)
- Hidasi T., Varga A., Pál-Molnár E. 2013a. A Gyűrűfüi Riolit Formáció kőzetmintáinak vizsgálata a Mecseki Ércbányászati Vállalat „Vulkanitok, etalon kollekción” csiszolatgyűjteményének felhasználásával. IV. Kőzettani és Geokémiai Vándorgyűlés Kiadványa, Molnár Nyomda és Kiadó Kft. Pécs, ISBN 978-963-8221-52-0, p. 123.
- Hidasi T., Varga A., Pál-Molnár E., 2013b. A Gyűrűfüi Riolit kőzetmintáinak vizsgálata a Mecsekérc Zrt. csiszolatgyűjteményének felhasználásával. XV. Székelyföldi Geológus Találkozó, Kézdivásárhely (2013. október 24-25.), Románia, 37–39.

- Konrád, Gy., Sebe, K., Halász, A., Babinszki, E. 2010: Sedimentology of a Permian playa lake: the Boda Claystone Formation, Hungary. *Geologos* 16/1, 27–41.
- Kříbek, B., Žák, K., Dobeš, P., Leichmann, J., Pudilová, M., René, M., Scharm, B., Scharmová, M., Hájek, A., Holeczy, D., Hein, U. F. & Lehmann, B. 2009: The Rožná uranium deposit (Bohemian Massif, Czech Republic): shear zone-hosted, late Variscan and post-Variscan hydrothermal mineralization. *Miner Deposita* 44, 99–128.
- Kutasi, Cs. 2011: A Békésia Terrén metariolitjainak reambulációs kőzettani vizsgálata. Diplomamunka (Földtudomány MSc szak), Szegedi Tudományegyetem TTIK Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, 47 p. (témavezető: Pál-Molnár E.; külső konzulens: Raucsikné Varga A.)
- Máthé Z., Varga A. 2012. „Ízesítő” a permi Bodai Agyagkő Formáció öskörnyezeti rekonstrukciójához: kősó utáni pszeudomorfózák a BAT–4 fúrás agyagkőmintáiban, *Földtani Közöny* 142/2, 201–204.
- Máthé Z., Varga A. 2013. A Bodai Agyagkő Formáció (BAF) ásvány-kőzettani jellemzése és diagenézisének előzetes vázlata. IV. Kőzettani és Geokémiai Vándorgyűlés Kiadványa, Molnár Nyomda és Kiadó Kft. Pécs, ISBN 978-963-8221-52-0, 12–15.
- Máthé Z., Varga A., Szakmány Gy. 2012. Eltűnt evaporitok nyomában: a Bodai Agyagkő Formáció ásvány-kőzettani jellegei a mikroszöveti megfigyelések tükrében. III. Kőzettani és Geokémiai Vándorgyűlés, Telkibánya, 2012. szeptember 4–6., Abstract Kötet 19.
- Mészáros E. 2013. A Szalatnaki Agyagpala Formáció kőzettani vizsgálata a Horváthertelend–1 fúrásban. Szakdolgozat (Földtudományi BSc szak), SZTE TTIK Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, 51 p. (témavezető: Raucsikné Varga A.)
- Mészáros E. 2014. A potenciális nagy aktivitású hulladéklerakó földtani környezetének pontosítása a Hh–1 fúrás reambulációjával. Diákköri dolgozat (XIV. Országos Felsőoktatási Környezettudományi Diákkonferencia, Pécs), SZTE TTIK Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék (témavezetők: Raucsikné Varga A., Schubert F., Máthé Z.)
- Mészáros E., Varga A., Schubert F., M. Tóth T. 2013. A Szalatnaki Agyagpala Formáció kőzettani vizsgálata a Horváthertelend–1 fúrásban. IV. Kőzettani és Geokémiai Vándorgyűlés Kiadványa, Molnár Nyomda és Kiadó Kft. Pécs, ISBN 978-963-8221-52-0, p. 128.
- Pratt, B. R. 2001: Septarian concretions: internal cracking caused by synsedimentary earthquakes. *Sedimentology* 48, 189–213.
- Raucsikné Varga A. 2012. Kalandtúra a mikroszkópon át: Homokból homokkő. *Élet és Tudomány* 67/15, 468–470.
- Seghedi, A., M. Popa, G. Oaie, I. Nicolae 2001: The Permian system in Romania. *Natura Bresciana, Ann. Mus. Civ. Sc. Nat., Brescia, Monografia N. 25*, pp. 281–293.
- Varga, A. 2009. A dél-dunántúli paleozoos–alsó-triász sziliciklasztos kőzetek kőzettani és geokémiai vizsgálatának eredményei. PhD értekezés, ELTE Kőzettan–Geokémiai Tanszék, Budapest, 150 p.
- Varga A. 2011a. A dél-dunántúli permokarbon képződmények: Hagyományos felfogás és rétegtani problémák. Mecsek Földtani Terepgyakorlat, Magyarhoni Földtani Társulat Ifjúsági Bizottsága, Orfű, 2011. augusztus 3–9., Kirándulásvezető, 13–17.
- Varga A. 2011b. Kőzettani problémák a Korpádi Homokkő Formáció dél-dunántúli szelvényeiben – Üledékes eredetű sziliciklasztit vagy tektonikus vetőkőzet? II. Kőzettani és Geokémiai Vándorgyűlés, Szeged (Szatymaz), 2011. szeptember 8–10., Konferencia kötet 52–53.
- Varga, A., Raucsik, B. (*átdolgozás alatt*): Microcodium records in southern Transdanubia, Hungary: a brief review with paleoenvironmental implications, *Central European Geology*
- Varga, A.R., Szakmány, Gy., Józsa, S., Máthé, Z. 2003. Petrology and geochemistry of Upper Carboniferous siliciclastic rocks (Téseny Sandstone Formation) from the Slavonian–Drava Unit (Tisza Megaunit, S Hungary) – summarized results. *Acta Geologica Hungarica* 46/1, 95–113.

- Varga, A., Szakmány, Gy., Árgyelán, T., Józsa, S., Raucsik, B., Máthé, Z. 2007. Complex examination of the Upper Paleozoic siliciclastic rocks from southern Transdanubia, SW Hungary – mineralogical, petrographic and geochemical study. In: Arribas, J., Critelli, S., Johnsson, M.J. (Eds): *Sedimentary Provenance and Petrogenesis: Perspectives from Petrography and Geochemistry. Geological Society of America Special Paper* 420, 221–240.
- Varga, A., Dabi, G., Bajnóczi, B. 2012a. Initial results of textural and fluid inclusion analyses of Gyűrűfű Rhyolite Formation (Permian, SW Hungary). *Acta Mineralogica-Petrographica, Abstract Series*, Szeged 7, p. 145. Joint MSCC+CEMC 2012, Joint 5th Mineral Sciences in the Carpathians Conference and 3rd Central-European Mineralogical Conference 20–21 April, 2012, University of Miskolc, Miskolc, Hungary
- Varga A., Raucsik B., Bajnóczi B. 2012b. Nodular calcrite from the Lower Permian Korpád Sandstone Formation (borehole Dinnyeberki 9015, Mecsek Mts, Hungary) and its palaeoenvironmental significance, *Földtani Közlöny* 142/4, 375–378.
- Varga, A., Raucsik, B., Szakmány Gy. 2012c. On possible origin of background contents of heavy metals and metalloids in the subsurface Pennsylvanian Téseny metasandstones, SW Hungary. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 7/3, 211–218. (impakt faktor: 1,495)
- Varga A., Újvári G., Kovács J. 2012d. Cirkon egykristály U-Pb korok a danitzpusztai pannóniai homokból: közvetett bizonyítékok az aljzatot alkotó metamorfitek kevert prevariszkuszi protolitjaira, *Földtani Közlöny* 142/1, 95–98.
- Varga A., Dabi G., Raucsik B., Bajnóczi B., Schubert F., Pál-Molnár E., Hidasi T. 2013. Késő-variszkuszi üledékképződési környezetek rekonstrukciója a Dél-Dunántúlon: a Korpádi Homokkő, a Gyűrűfűi Riolit és a Cserdi Konglomerátum Formációk kapcsolatrendszer. IV. Közöttani és Geokémiai Vándorgyűlés Kiadványa, Molnár Nyomda és Kiadó Kft. Pécs, ISBN 978-963-8221-52-0, 7–11.
- Varga A., Raucsik B., Szakmány Gy. (bírálat alatt): Az alsó-permi Korpádi Homokkő Formáció törmelékes kőzeteinek ásványtani és közöttani jellemzői a Túrony–1 fúrásban (Szlavóniai–Drávai-terrénum), *Földtani Közlöny*
- Varga, A., Szakmány Gy., Raucsik, B. (közlésre beküldve): Natural arsenic and antimony contents in Permian siliciclastic rocks of the Mecsek Mountains, SW Hungary. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* (impakt faktor, 2012: 1,495)
- Vozárová, A., F. Ebner, S. Kovács, H-G. Kräutner, T. Szederkényi, B. Krstić, J. Sremac, D. Aljinovič, M. Novak, D. Skaberne 2009: Late Variscan (Carboniferous to Permian) environments in the Circum Pannonian Region. *Geologica Carpathica* 60/1, pp. 71–104.
- Vozárová, A., F. Ebner, S. Kovács, H-G. Kräutner, T. Szederkényi, B. Krstić, J. Sremac, D. Aljinovič, M. Novak, D. Skaberne 2010: Late Variscan (Carboniferous to Permian) environments in the Circum-Pannonian Region. In: Vozar, J. (Ed.): *Variscan and Alpine terranes of the Circum-Pannonian Region*, Slovak Academy of Sciences, Geological Institute, Bratislava, pp. 51–86.
- Warren, J. K. 2006: *Evaporites: sediments, resources and hydrocarbons*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1035 p.