

Új petrográfiai eredmények a középső permi Cserdi Formáció alsó szakaszában előforduló felzikus vulkanit kavicsokról (Dél-Dunántúl, Magyarország)

New petrographic results of the felsic volcanic pebbles in the lower section of the middle Permian Cserdi Formation (southern Transdanubia, Hungary)

MÁTHÉ Árpád^{1,2*}, SZEMERÉDI Máté^{2,3}, MÁTHÉ Zoltán⁴, JÓZSA Sándor⁵,
MIKLÓS Dóra Georgina^{5,6}, PÁL-MOLNÁR Elemér²

¹ Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága Országos Bányakapitányság, Budapest,

* e-mail: arpad.mathe@sztfh.hu

² Szegedi Tudományegyetem, Geológia Tanszék, „Vulcano” Kőzettani és Geokémiai Kutatócsoport, Szeged

³ MTA–HUN–REN CSFK Lendület „Momentum” PannonVulkán Kutatócsoport, Földtani és Geokémiai Kutatóintézet, Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Budapest

⁴ Mecsekérc Zrt., Kővágószőlős

⁵ Eötvös Loránd Tudományegyetem, Kőzetan-Geokémiai Tanszék, Budapest

⁶ Magyar Nemzeti Múzeum, Nemzeti Régészeti Intézet, Archeometriai Labor, Budapest

Abstract

The silicic volcanic rocks of the Gyűrűfű Lapilli Tuff Formation represent the only known Permian volcanic unit in the Mecsek Mts, predominantly composed of ignimbrites and other types of pyroclastic rocks. Their reworked clasts are abundant in the lower section of the Cserdi Formation, a middle Permian alluvial conglomerate sequence. This study presents a detailed petrographic description and classification of the felsic volcanic pebbles from the XV. structural borehole and identifies three main lithofacies. Among them a previously undocumented relict vitrophyric, quartz-free lithofacies has been recognized, which is absent from other known exposures and drill cores of the Gyűrűfű Lapilli Tuff. These findings highlight the need for further systematic petrographic and geochemical studies on the sedimentary successions overlying the Gyűrűfű Formation in southern Transdanubia to refine the reconstruction of Permian volcanism in the Tisza Mega-unit.

Kulcsszavak: Tiszai-főegység, Nyugat-Mecsek, Cserdi Formáció, Gyűrűfűi Lapillitufa Formáció, felzikus vulkanit kavics

1. BEVEZETÉS ÉS FÖLDTANI HÁTTÉR

A Mecsek-hegység és környezete a Kárpát-medence egyik legváltozatosabb földtani felépítésű régiója, amely a Tiszai-főegység részeként számos tektonikai és litosztratigráfiai egységet foglal magába. A térség nagy vastagságú permokarbon üledékes rétegsora döntően az egykori variszkuszi aljzat lepusztulásából származó intramontán molassz képződményekből épül fel, amelyek közé a középső permiben kontinentális riftesedés eredményeként szilíciumgazdag vulkanitok ékelődtek (Gyűrűfűi Lapillitufa Formáció). A régió egyetlen ismert permi vulkáni képződményének megismerése kezdetben az uránérckutatáshoz kapcsolódott [pl. 1, 3, 6], amely során főként riolitos összetételű lávaközetként értelmezték a formációt. Az utóbbi évek vizsgálataiban egyértelműen kimutatták, hogy a savanyú vulkanitok döntően piroklasztikus eredetűek, míg a láva- és szubvulkáni litofaciesek alárendelt szerepet töltenek be [2, 4, 5, 7, 9, 10, 12]. A formáció legnagyobb mennyiségben előforduló kőzettípusa az eutaxitos szövetű, változó mértékben összesült, kristálygazdag horzsakótartalmú lapillitufa, amely az explozív vulkáni működés, azon belül a horzsakó- és hamuárak bizonyítéka [5, 7].

A Gyűrűfű község közelében felszínen is feltárt vulkáni tevékenység jelentős hatást gyakorolt a későbbi üledékképződési folyamatokra. A vulkanizmus termékeinek eróziója és áthalmazódása révén nagymennyiségű törmelékanyag halmozódott fel a Cserdi Formációban, amely egy középső permi folyóvízi alluviális

rendszerben képződött, maximálisan 1000 m vastagságú konglomerátum-homokkő összlet. A formáció alsó szakasza különösen nagy arányban tartalmaz felzikus vulkanit kavicsokat és egyéb közettörmeléket, amelyek túlnyomórészt a Gyűrűfői Lapillitufa Formációból származnak [2, 12]. A vulkáni törmelékek nagy aránya arra utal, hogy a Cserdi Formáció alsóbb rétegei a Gyűrűfői Lapillitufát létrehozó vulkanizmus utolsó szakaszával egy időben képződhettek, amelyet helyenként a devitrifikálódott kőzetüveg, mint cementanyag jelenléte is alátámaszt. Az üledéksorban felfelé haladva a vulkáni eredetű komponensek aránya csökken (néhány kisebb, lokális dúsulást mutató szakaszt leszámítva), ami a forráskőzetek exhumációs folyamataival, valamint az eróziós egyensúlyi és üledékszállítási viszonyok változásával magyarázható.

Bár a Cserdi Formáció kavicsanyagának általános petrográfiai, litosztratigráfiai és kavicsstatisztikai vizsgálata már több korábbi kutatás tárgyát képezte [2, 12], a vulkanit kavicsok részletes petrográfiai osztályozása és litofációsokba történő besorolása eddig nem kapott kellő figyelmet. Jelen kutatás célja a XV. szerkezetkutató fúrás alapján a Cserdi Formáció alsó szakaszában található szilíciumgazdag vulkáni működéshez köthető kavicsok részletes petrográfiai vizsgálata, amelynek eredményei hozzájárulhatnak Gyűrűfői Formációt létrehozó vulkanizmus jellegének alaposabb megismeréséhez és a régió permi üledékképződési folyamatainak pontosításához. A petrográfiai megfigyelések során a vulkanológia legújabb szemléletű leíró, osztályozó és értelmező módszereit alkalmaztuk, amelyeket korábbi kutatások eredményeivel [2, 5, 7, 12] integrálva értékeltünk a vulkanit kavicsok tipizálása és genetikai besorolása érdekében.

2. PETROGRÁFIAI VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK

A Cserdi Formációt a Nyugat-Mecsekben teljes vastagságban harántoló XV. szerkezetkutató fúrás alsó szakaszában (kb. 1920–1600 méter között) leggyakoribbak a szilíciumgazdag, uralkodóan riolitos és (rio)dácitos összetételű kőzetek [2] (1. ábra, A.). Összhangban a korábbi kutatási eredményekkel, kizárólag a Cserdi konglomerátum legalsó, kb. 60 méter vastag szakaszában a klaszrok között vörösbarna színű, enyhén irányított – folyásos jellegű – devitrifikált, szericitesedett kőzetüveg azonosítható (1. ábra, B.). A kőzetüveg a konglomerátum elegyrészeivel kontakt szegély mentén érintkezik, több porfíros elegyrészt részlegesen beolvasztott vagy rezorbeált. A jelen kutatás során vizsgált felzikus vulkanit kavicsok petrográfiai tulajdonságai alapján három fő litofációs különíthető el.

1. típus: eutaxitos szövettű, változó mértékben összesült, kristálygazdag horzsakőtartalmú lapillitufa

A leggyakoribb közettípusba tartozó vulkanitok szövete változatos, leggyakrabban porfíros, eutaxitos vagy reliktvitroklasztos, lokálisan – az átkristályosodás mértékétől függően – a sferolitostól, a felzitesen át, egészen a mikroholokristályosig terjedhet. Az egykori üveges alapanyag helyenként gyakran tartalmaz apró földpát és kvarc mikrolitokat. Gyakorik a devitrifikálódott egykori üvegszilánkok, amelyek legtöbbször erőteljesen lapítottak és megnyúltak, sok esetben összeolvadtan alkotnak vékony sávokat–zsinórokat. Az alapanyagban továbbá megfigyelhetők nagyobb méretű kristályfragmentumok is. A kőzet szövete alapvetően irányítatlan, lokálisan fordul elő kis–közepes mértékű irányítottság, amit leginkább az ellaposodott és megnyúlt, átalakult horzsakövek (fiammek) és összesült egykori üvegszilánkok rajzolnak ki (látszólag „folyásos” szövet) (1. ábra, C.). A horzsakövek szegélyén gyakoriak az axiolitok (1. ábra, D.), míg belsejükben az átkristályosodás mértékétől függően sferolitok, mikrokristályos alapanyag vagy mozaikos kvarc jelenhet meg. Kis számban megfigyelhetők kogenetikus felzikus litoklaszrok, valamint nem magmás eredetű, közel izometrikus vagy kissé lapított litoklaszrok (aleurolit, homokkő, kvarcit, csillámpala) is.

A litofációs közei kristálygazdagok, a fő kőzetalkotó ásványok mindegyike repedezett és gyakoriak a fragmentált porfírok is. Legnagyobb arányban a hipidiomorf, táblás kifejlődésű káliföldpátok vannak jelen. Kisszámú viszonylag üde példány esetében megfigyelhető a Karlsbadi-típusú ikresedés, míg a legtöbb káliföldpát a kristálylapok és a repedések mentén szericitesedett, argillitesedett és opacitosodott, néhány példány magja pedig karbonátosodott vagy agyagásványosodott. Gyakori jelenség továbbá az adularosodás és az albitosodás. Sok kristály rezorbeálódott, szegélyük ívelt lefutású és kisebb-nagyobb beöblösödéseket tartalmaznak. A plagioklász a káliföldpátnál jóval kisebb mennyiségben van jelen a kőzetekben és az átlagos kristályméret tekintetében is elmarad tőle. Legtöbbször erősen átalakult, szinte minden példány erőteljesen szericitesedett és/vagy nontronitosodott, legtöbbször az ikerlemezek mentén, emellett egyes kristályok szegélye agyagásványosodott, esetenként utólagos vas-oxidos oldatok hatására opacitosodott. Az idiomorf, jellemzően üdebb példányok esetében a poliszintetikus ikerlemezek is egyértelműen megfigyelhetők. A porfíros kvarckristályok legtöbbször közel izometrikusak vagy töredezetek és szilánkosak, szegélyeik pedig hullámos lefutásúak és mély beöblösödéseket tartalmaznak, a rezorbción öblöket legtöbbször finomszemcsés

alapanyag tölti ki. A legtöbb kvarckristály szegélye nem éles, összemósodik az alapanyaggal, ezen kívül előfordulnak az alapanyagba lángnyelvszerű továbbnövekedési szegéllyel behatoló kristályok is. Egyes nagyméretű kvarckristályok esetében megfigyelhető, hogy a korábban szétört darabok újra összeforrtak szericites-kvarcos kötőanyaggal („rehaeled” kristályok). A színes elegyrészeket képviselő biotit, illetve biotit és piroxén (esetleg amfibol) utáni opak pszeudomorfózák alárendelt mennyiségben fordulnak elő. A különböző színes elegyrészek meghatározását elsősorban a kristályok eredeti alakja (sajátalakja) teszi lehetővé, míg a biotit nyúlt táblás, addig a piroxén inkább jellemzően hatszöges zömök prizmás. A biotit kristályok többsége a hasadási síkjai mentén erőteljesen szericitesedett és baueritesedett, esetenként kloritosodott, egyes szemcsék kifakultak, muszkovitosodtak, és előfordul olyan kristály is, aminek a belseje kioldódott és mikrokristályos anyaggal töltődött ki. A piroxén szemcsék mindegyike teljes mértékben átalakult, szegélyük opacitosodott és szericitesedett, belsejük nontronitosodott. Elszórtan megfigyelhetők olyan egykori mafikus ásványok, amelyekben a repedések mentén kivált másodlagos elegyrészek megőrizték az amfibolokra jellemző $\sim 120^\circ$ -os szöveget bezáró hasadási nyomvonalakat.

2. típus: felzites, szferolitos szövetű, kristályszegény lávakőzet

A szintén viszonylag gyakran előforduló litofácies mintáinak szövege szferolitos, felzites vagy porfíros mikroholokristályos, az átlagos (feno)kristály/alapanyag arány kb. 1:10, tehát a kőzetek meglehetősen kristályszegények. Az alapanyag homogén, legnagyobb mennyiségben kisméretű, közel izometrikus kvarcból, valamivel nagyobb, legtöbbször xenomorf, esetenként hipidiomorf, táblás káliföldpátból és esetenként tűfésűs muszkovitból és/vagy szericitből, illetve ezek aggregátumaiból áll (2. ábra, A.). Az alapanyagot mikrokristályai mellett szintelen porfíros elegyrészek átalakulási termékei (szericit, agyagásvány) és színes elegyrészek töredékei és átalakulási termékei (szericit, hematit, opak ásványok) is előfordulnak. Az alapanyagot felépítő elegyrészek átkristályosodás eredményei, gyakoriak a reliktszöveti elemek (üveges alapanyag nyomai, hólyagüregek). Irányítottság sem a szövetben, sem a porfírokban nem állapítható meg.

A fő kőzetalkotó ásványok (káliföldpát, plagioklász, kvarc és biotit) egy része töredezett és visszaoldódott. A káliföldpát porfírok alakja legtöbbször hipidiomorf vagy xenomorf, táblás kifejlődésűek, elvéve Karlsbadi-típusú ikresedés figyelhető meg rajtuk (2. ábra, B.). A fenokristályok többsége erősen átalakult, rezorbeálódott, szegélyük több esetben hullámos lefutású és beöblösödéseket is tartalmaznak. Általános jelenség továbbá a szericitesedés, illetve kismértékű pertites szételegyedés is megfigyelhető, ezen kívül pedig a káliföldpátok egy része átkovásodott. A plagioklász földpátok minden esetben erőteljesen átalakultak, legtöbbször szericitesedett, szegélyük helyenként opacitosodott. A legtöbb kristály repedezett, a repedéseket reliktszövetű üveges alapanyag, kvarc vagy tisztán másodlagos szericit tölti ki. A plagioklászokra jellemző poliszintetikus ikerlemezeség helyenként felismerhető (2. ábra, B.), esetenként az ikerlemezek határán végbement szericitesedés mutatja az eredeti kristálytani bélyegeket reliktszövetét. Gyakoriak a plagioklász utáni szericit pszeudomorfózák is. A mintákban előforduló kvarckristályok mérete a többi porfíros elegyrészhez képest sokkal kisebb. Xenomorf kifejlődésűek és legtöbbször közel izometrikus megjelenésűek. A kristályok pereme minden esetben hullámos lefutású, rezorbeáltak és gyakoriak a beöblösödések is. Színes elegyrészek csak elvéve fordulnak elő a csoport mintáiban, legtöbbször erőteljesen átalakult biotit és piroxén, valamint ezek utáni opak pszeudomorfózák.

3. típus: reliktszövetű vitrofiros szövetű kvarcmentes vulkanit

Jelen kutatás legfontosabb vizsgálati eredményét képezi a Cserdi Formáció legalsó, a fekü Gyűrűfői Formációhoz közeli szakaszában feldúsuló, és a rétegsorban felfelé haladva egyre ritkábbá váló felzikus vulkanit típus, amely a korábbi munkák [2, 12] által kevésbé jellemzett és sem a Gyűrűfői Lapillitufa Formáció egyetlen ismert hazai felszíni feltárásából, sem a dél-dunántúli vagy DK-magyarországi fúrások által feltárt szakaszokból, sem a nyugat-mecseki miocén Szászvári Formáció durvatörmelékes üledékes összletéből eddig nem került leírásra. Petrográfiai szempontból egyedi vonásokkal rendelkezik, és markánsan elkülönül a Tiszai-főegységben előforduló permi vulkanitokból korábban leírt [5, 7, 8, 9, 10] és (részben) jelen tanulmányban is bemutatott litofáciesektől.

A kőzetek szövege uralkodóan reliktszövetű vitrofiros, amelyre intenzív repedezettség jellemző (2. ábra, C.). A gyakran ívelt repedéseket különböző anyagok töltik ki: legtöbbször egykor üveges alapanyag és földpát kristallitok, helyenként másodlagos elegyrészek (pl. szericit, karbonátok, vas-oxidok), de viszonylag nagyszámú kitöltetlen repedés is megfigyelhető. A repedések többsége a nagyméretű fenokristályok környezetében húzódik, de előfordul, hogy azokat metszve futnak végig a kőzeten. Az alapanyag erőteljes átalakuláson ment keresztül, devitrifikálódott, szericitesedett és karbonátosodott, valamint helyenként vas-

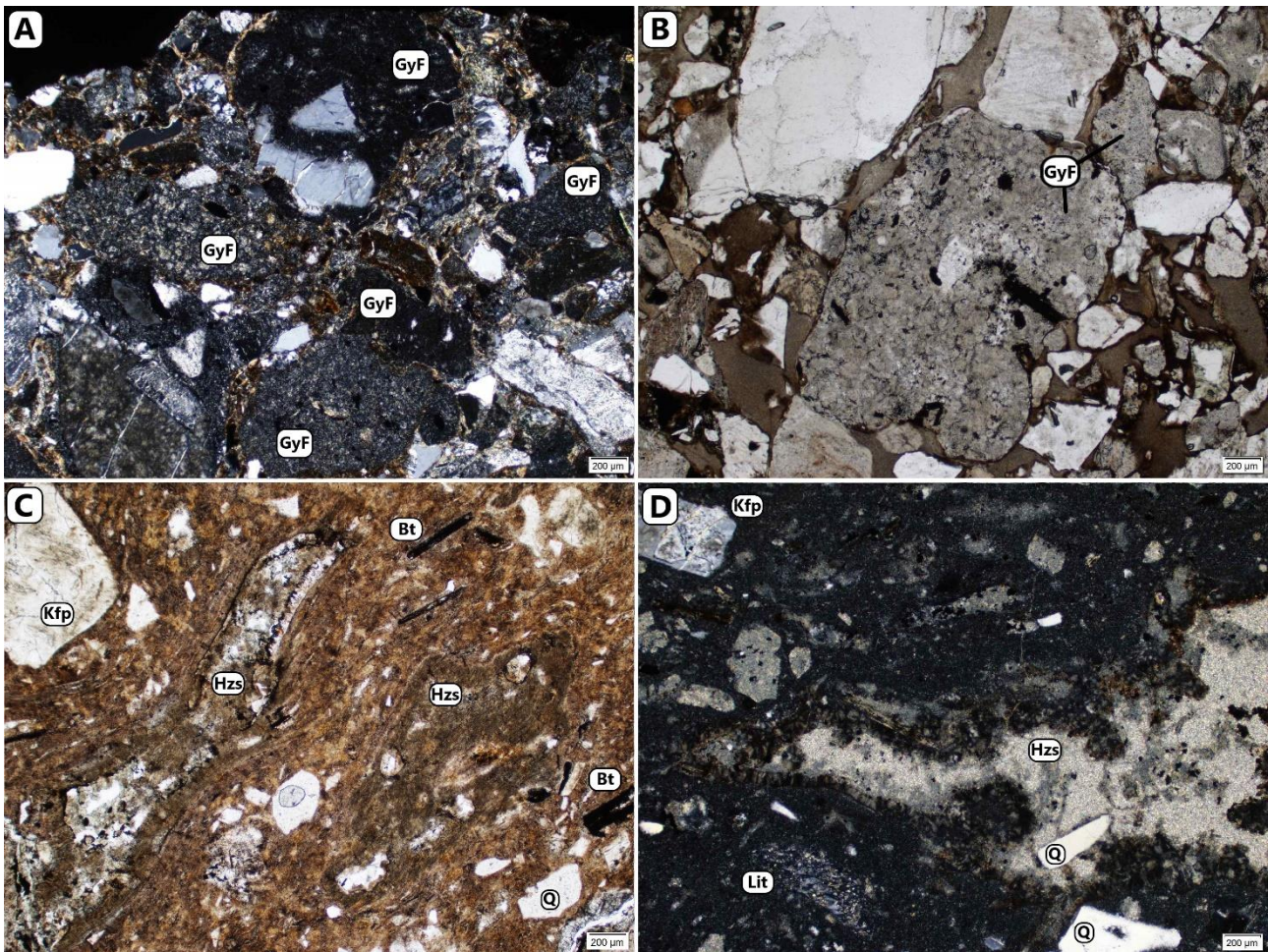
oxid ásványokban dúsult (2. ábra, D.). Az alapanyagban hintetten finomszemcsés, izometrikus vagy tús opak ásványok jelennek meg, de néhol kristálycsomókban is azonosíthatók. A kőzetek szövetében határozott irányítottság figyelhető meg, amelyet a folyásos szövet és a (feno)kristályok (földpátok és mafikus ásványok egyaránt) orientációja is hordoz.

A kőzetalkotó ásványok közül a plagioklászok és a kálicföldpátok körülbelül hasonló arányban vannak jelen. A kvarc fenokristályok azonban szinte teljesen hiányoznak a legtöbb vizsgált kavicsból, legfeljebb elenyésző mennyiségben fordulnak elő egy-egy minta esetében. A földpát fenokristályok szinte kivétel nélkül rezorbeálódtak, szegélyeik hullámosak és kisebb beöblösödésekkel rendelkeznek, egyes esetekben az alapanyag és a porfíros ásványok között vékony reakciószegély is megfigyelhető. A plagioklászok alapvetően üdőbbek, mint a korábban részletezett litofáciéseknél, a poliszintetikus ikerlemezeik jól azonosíthatók, helyenként utólagos kálimetaszomatikus átalakulás nyomai is megfigyelhetők. Egyes földpát fenokristályokban egyszerre azonosíthatók a plagioklászokra és a szanidinekre jellemző optikai tulajdonságok. A szanidinek esetében gyakori a kétagú ikresedés, valamint a korábban jellemzett kőzettípusok esetében is tapasztalt átalakulások (pl. szericitedés, karbonátosodás). A színes elegyrészeket főleg a viszonylag jelentős mennyiségű, prizmás dipiramis habitusú piroxén képviseli, amelynek alakja gyors kristályosodásra utalhat. Nagyrészük szericitedett, opacitosodott, azonban egyes kristályok a korábban bemutatott litofáciéseknél lévőkhöz képest kevésbé átalakultak, helyenként megfigyelhetők a hasadási síkok által bezárt kb. 90°-os szögek is (2. ábra, E, F.). A biotit ezzel szemben jelentős átalakuláson ment keresztül: kristályai erőteljesen opacitosodtak, kloritosodtak, helyenként lemezekre estek szét, illetve bizonyos esetekben teljesen mértékben átalakultak (pl. limonitosodás, hematitosodás, muszkovitosodás) (2. ábra, F.). A színes elegyrészek közül elsősorban a teljesen szétesett példányok gazdagok zárványokban, viszonylag sok kisméretű (<100 µm) pleokroos udvarú idiomorf cirkont, apatitot, rutilt, esetenként brookitot tartalmaznak.

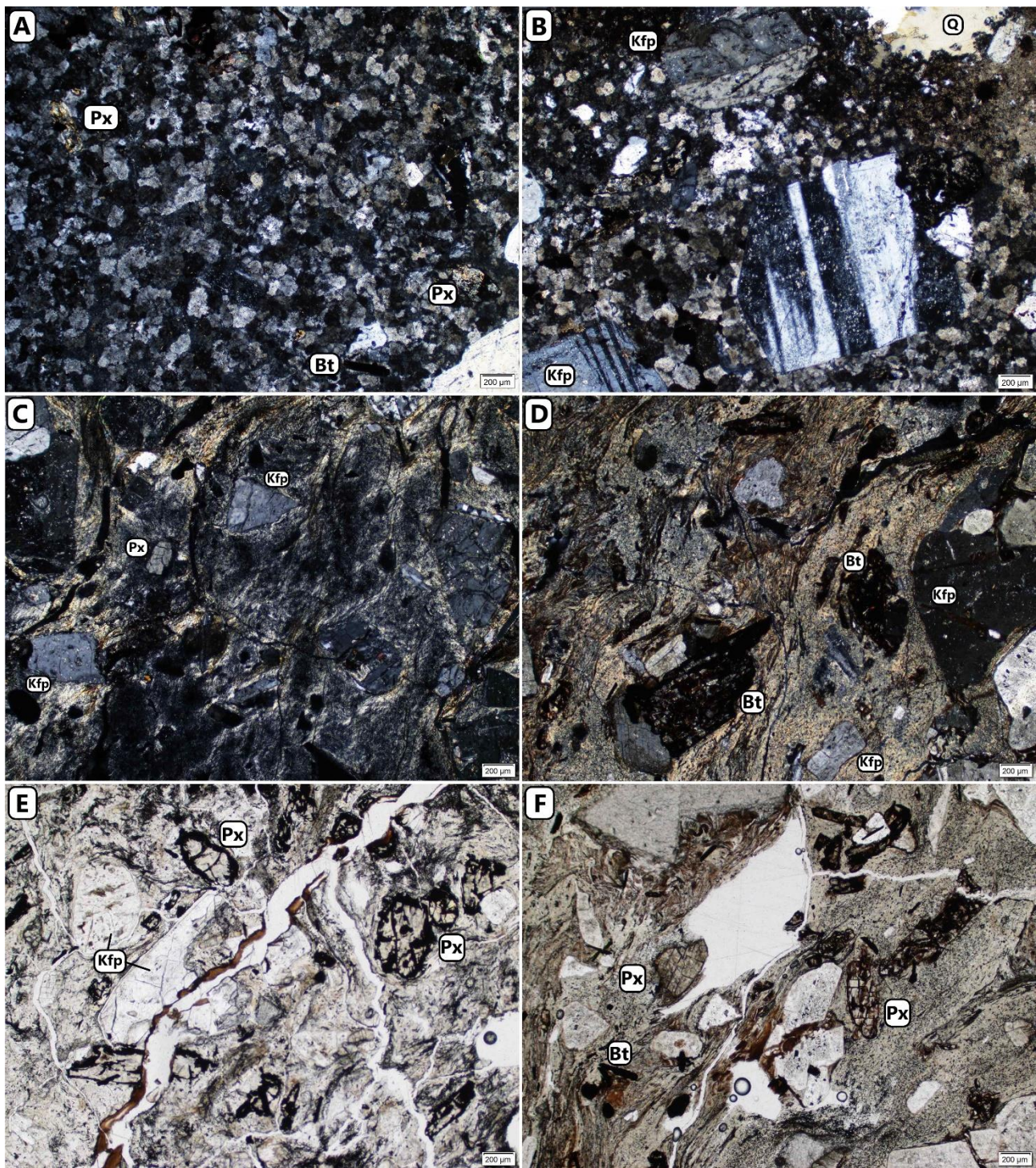
3. KÖVETKEZTETÉSEK

A petrográfiai vizsgálatok eredményei összhangban állnak a korábbi kutatásokban megállapítottakkal [2, 12], amelyek a Cserdi Formáció alsó szakaszában devitrifikálódott kőzetüveg jelenlétét, valamint a felzikus vulkanitok nagyobb gyakoriságát mutatták ki. Igazolást nyert továbbá, hogy a Gyűrűfüi Formációt képviselő kavicsanyag legnagyobb része piroklastikus eredetű, főként horzsakő- és hamuár üledék (ignimbrit), míg kisebb hányadban lávakőzetek is előfordulhatnak. Szubvulkáni eredetű litofáciéseket a jelen kutatás során vizsgált mintákban nem azonosítottunk. Mivel a nyugat-mecseki miocén Szászvári Formáció kavicsanyagában már egyértelműen felfedezhetőek szubvulkáni eredetű kőzettípusok, ezért feltételezhető, hogy a középső permében az eróziós folyamatok egyszerűen még nem érték el ezeket a kőzettesteket.

A kutatás egyik jelentős új eredménye a relikvit vitrofíros szövetű, szinte teljesen kvarcmentes lávakőzetek azonosítása, amelyeket korábban feltárások és fúrások anyagában sem dokumentáltak. Petrográfiai jellemzőik alapján ezek a kőzetek élesen elkülönülnek a korábban leírt litofáciésektől, és szövetük, illetve egyedi ásványos összetételük alapján intermedier lávadomkőzetekként értelmezhetők. A litofációs kőzettípusának pontos meghatározásához teljes kőzet fő- és nyomelem geokémiai vizsgálatok szükségesek, azonban jelenlétük egyértelműen arra utal, hogy a vizsgált középső permis vulkáni működés még változatosabb és összetettebb genetikájú lehetett, mint azt korábban feltételezték. Az eredmények rávilágítanak arra, hogy a Tiszai-főegység permis vulkanizmusának részletesebb rekonstrukciója érdekében elengedhetetlen a Gyűrűfüi Lapillitufa Formációt fedő dél-dunántúli (különösen a nyugat-mecseki) törmelékes üledékes összletek további szisztematikus petrográfiai és geokémiai vizsgálata. Kiemelten fontos a nagymennyiségű felzikus vulkanit kavicsot tartalmazó rétegek vizsgálata, amely hozzájárulhat a térségben zajló permis vulkáni működés részleteinek feltárásához és megértéséhez.



1. ábra. A Cserdi Formációt a Nyugat-Mecsekben teljes vastagságban harántoló XV. szerkezetkutató fúrás alsó szakaszának (kb. 1920–1600 méter között) általános mikroszöveti képe – felül; Az alsó szakasz leggyakoribb felzikus vulkanitkavicsának tipikus megjelenése – alul. A) A fúrás alsó szakaszában dominánsak a Gyűrűfüi Lapillitufa Formációba sorolható különböző közettörmelékek (+N); B) Kizárólag a fúrás legalsó kb 60 m-es szakaszában megfigyelhető devitrifikálódott kőzetüveg (barna) (1N); C) Orientált alapanyagban irányítottan elhelyezkedő, lapított, deformált egykori horzsakövek (1N); D) Nagyméretű, teljesen szericitesedett egykori horzsakő axiolitos szegéllyel (+N). Jelmagyarázat: GyF: Gyűrűfüi Formációba sorolható vulkanit kavics; Kfp: káliföldpát; Hzs: horzsakő; Q: kvarc; Bt: biotit; Lit: idegen eredetű (nem kogenetikus) litoklaszt.



2. ábra. A felzites, szferolitos szövetű, kristályszegény lávakőzet jellemző szöveti képe – felül; Relikt vitrofíros szövetű kvarcmentes vulkanit jellemző mikroszkopikus megjelenése – alul. A) Szanidimből, erősen átalakult plagioklászból, kvarcból és kevés biotit lemezkéből álló átkristályosodott (felzites-szferolitos) alapanyag (+N); B) Kálimetaszomatikus átalakuláson átesett poliszintetikus ikerlemezes plagioklász fenokristály, fölötté Karlsbadi-típusú ikres szanidin (+N); C) Relikt vitrofíros szövetű kvarcmentes lávakőzet jellegzetes szöveti képe ívelt lefutású repedésekkel (+N); D) Orientáltan elhelyezkedő fenokristályok teljesen szericitesedett, egykori kőzetüveges alapanyagban (+N); E) Devitrifikált kőzetüveggel csak részben kitöltött vastag ér, körülötte opacitos szegélyű piroxén utáni pszeudomorfózák (1N); F) Kisméretű biotit utáni opak pszeudomorfózák és üdőbb, 90° körüli hasadási síkok által bezárt szöggel rendelkező dipiramisos prizmás piroxének (1N). Jelmagyarázat: Kfp: káliföldpát; Px: piroxén; Bt: biotit.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1.] BARABÁSNE STUHL Á. 1988: *A Dél-Baranyai dombság és a Villányi hegység permi képződményeinek kutatásáról készített összefoglaló jelentés IV. fejezete a permi képződményekről.*, Mecseki Ércbányászat Vállalat, pp. 100–213., Kővágószőlős
- [2.] BODOR S., SZAKMÁNY GY. 2009: *A felső-permi Cserdi Konglomerátum Formáció kavicsanyagának közettani és geokémiai vizsgálati eredményei (XV. szerkezetkutató fúrás, Ny-Mecsek).* — *Földtani Közlöny* **139/4**, 325–340.
- [3.] FAZEKAS V. 1978: *A magyarországi felső-paleozoos vulkanitok ásvány-közettani-, kémiai-, valamint sugárzóanyag-tartalom vizsgálata.* Kutatási Zárójelentés., Mecseki Ércbányászati Vállalat (J-3033)., Kővágószőlős.
- [4.] HIDASI T., VARGA A., PÁL-MOLNÁR E. 2015: *A Gyűrűfüi Riolit kőzetmintáinak vizsgálata a Mecseki Ércbányászati Vállalat „Vulkanitok, etalon kollektió” csiszolatgyűjteményének felhasználásával: nyugat-mecseki preparátumok.* *Földtani Közlöny* **145/1**, 3–22.
- [5.] MÁTHÉ Á. 2022: *A Nyugat-mecseki Szászvári Formáció savanyú vulkáni eredetű kavicsainak petrográfiai és geokémiai vizsgálata.* Diplomamunka, ELTE-TTK Közöttan-Geokémiai Tanszék, 130 p., Budapest.
- [6.] SZEDERKÉNYI T. 1962: *Földtani jelentés a Ny-Mecseki (Gyűrűfü) kvarcporfir földtani, közettani és radiológiai vizsgálatának eredményeiről.* Jelentés, Mecseki Ércbányászati Vállalat., Kővágószőlős.
- [7.] SZEMERÉDI M. 2020: *Results of the complex analyses of the Gyűrűfü Rhyolite Formation in the Tisza Mega-unit (Hungary).* PhD értekezés, SZTE-TTIK Ásványtani, Geokémiai és Közettani Tanszék, 156 p., Szeged.
- [8.] SZEMERÉDI M., VARGA A., LUKÁCS R., DUNKL I., SEGHEDI I., TATU M., KOVÁCS Z., RAUCSIK B., BENKÓ ZS., HARANGI SZ., PÁL-MOLNÁR E. 2023: Large-volume Permian felsic volcanism in the Tisza Mega-unit (East-Central Europe): Evidence from mineralogy, petrology, geochemistry, and geochronology. *Lithos* **456-457**, 107330.
- [9.] SZEMERÉDI M., VARGA A., LUKÁCS R., PÁL-MOLNÁR E. 2016: A Gyűrűfüi Riolit Formáció petrográfiai vizsgálata, Nyugat-Mecsek. *Földtani Közlöny* **146/4**, 335–354.
- [10.] SZEMERÉDI M., VARGA A., LUKÁCS R., PÁL-MOLNÁR E. 2017: A Gyűrűfüi Riolit Formáció petrográfiai vizsgálata a Villányi-hegység északi előterében. *Földtani Közlöny* **147/4**, 357–382.
- [11.] SZEMERÉDI M., VARGA A., SZEPESI J., PÁL-MOLNÁR E., LUKÁCS R. 2020: *Lavas or ignimbrites? Permian felsic volcanic rocks of the Tisza Mega-unit revisited: a petrographic study (SE Hungary).* *Central European Geology* **63/1**, 1–18.
- [12.] VARGA, A. 2009: *A dél-dunántúli paleozoos–alsó-triász sziliciklasztos kőzetek közettani és geokémiai vizsgálati eredményei.* — PhD értekezés, ELTE FFI Közöttan-Geokémiai Tanszék, 150 p., Budapest