

A Gyűrűfű Riolit Formáció kőzettani vizsgálatának eredményei a Villányi-hegység északi előterében

SZEMERÉDI Máté^{1*}, VARGA Andrea¹, LUKÁCS Réka², PÁL-MOLNÁR Elemér^{1,2}

¹SZTE TTK Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék „Vulcano” Kőzettani és Geokémiai Kutatócsoport, 6722 Szeged, Egyetem utca 2.

²MTA-ELTE Vulkanológiai Kutatócsoport, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

*levelező szerző, e-mail: szemeredi.mate@gmail.com

Petrography of the Gyűrűfű Rhyolite Formation, northern foreland of the Villány Mts, Hungary

Abstract

In this study rocks samples of Gyűrűfű Rhyolite Formation were observed from deep drillings at northern foreland of the Villány Mts. Remained cores and thin sections from Bisse–1, Peterd–1, Szava–1, Vókány–2, Egerág–7 and Szalánta–3 drillings were available in varying — but generally restricted — number for the petrographic reambulation. Based on the new petrographic descriptions and the previous reports, 2 main lithological groups were distinguished in the area: lava rocks and pyroclastites. Based on the mineralogical composition and texture the following rock types are distinguishable: (1) pyroclastites with rhyolitic composition (Peterd–1; Vókány–2, upper section; Egerág–7, upper section; Szalánta–3, upper section and presumably Bisse–1, upper section); (2) lava rocks with rhyolitic composition (Bisse–1, lower section; Szava–1; Vókány–2, lower section); (3) lava rocks with dacitic composition (Egerág–7, lower section); (4) lava rocks with rhyodacitic–dacitic composition (Szalánta–3, lower section).

At northern foreland of the Villány Mts, the magmatic activity started with lava flows (creating a rhyolitic lava dome/lava flow in the area of Szava and Bisse–Vókány and rhyodacitic–dacitic lava rocks in the area of Egerág–Szalánta) and was followed by explosive eruptions, covering the area with thick ignimbrite sheets.

Pyroclastites explored by drillings have rhyolitic composition at present but their crystal-rich character may refer to dacitic initial melt composition; resembling to the so-called crystal-rich monotoneous intermediates. These products are connected to reactivated crystal mush from middle–upper crustal magma reservoirs. Considering that pyroclastites were affected by a posterior K-metasomatic process (e.g. adularization of feldspars in rocks of Peterd–1), the modification of their chemical composition cannot be excluded. Further studies of the garnet crystals observed in the pyroclastites of Egerág–7 and Szalánta–3 deep drillings could help to refine the nature of Permian volcanism in the area.

Our new results suggest that at northern foreland of the Villány Mts — similarly to analogous regions of European Variscides (e.g. Intra-Sudetic Basin, Southern Permian Basin, Munții Apuseni) — a chemically complex, possibly long lasting volcanic system worked and produced the rock materials that were formerly handled as one separate stratigraphical marker formation. For further investigation of this system, radiometric age dating of each borehole (U–Pb, zircon) and whole rock (major and trace elements) geochemical analyses are planned.

Keywords: Villány Mountains, Gyűrűfű Rhyolite, Permian, pyroclastite, lava rock, garnet, K-metasomatism

Összefoglalás

Munkánkban a Gyűrűfű Riolit Formáció Villányi-hegység északi előterében mélyfúrások által feltárt kőzeteit vizsgáltuk. A Bisse–1, a Peterd–1, a Szava–1, a Vókány–2, az Egerág–7 és a Szalánta–3 fúrásokból változó, de alapvetően korlátozott mennyiségű fúrómag és vékonycsiszolat állt rendelkezésre a kőzettani reambulációhoz. Petrográfiai megfigyeléseink, valamint az archív jelentések adatai alapján két fő litológiai csoportot különböztettünk el a területen: lávaközeteket és piroklasztitokat. Ásványos összetétel és szövet alapján a következő kifejlődések különböztethetők meg a Gyűrűfű Riolitban: (1) riolitos összetételű lapillitufa (Peterd–1, Vókány–2 felső szakasza, Egerág–7 felső szakasza, Szalánta–3 felső szakasza és feltételezhetően a Bisse–1 felső szakasza); (2) riolitos összetételű lávaközet (Bisse–1 alsó szakasza, Szava–1, Vókány–2 alsó szakasza); (3) dácitos összetételű lávaközet (Egerág–7 alsó szakasza); (4) riodácitos–dácitos összetételű lávaközet (Szalánta–3 alsó szakasza).

A Villányi-hegység északi előterében feltételezhető egy korábbi, lávaöntéssel járó magmás tevékenység (többek között Bisse–Vókány és Szava térségében egy riolitos összetételű lávadómot/lávaárat, míg Egerág–Szalánta térségében riodácitos–dácitos összetételű lávaközeteket létrehozva), időben ezt követte egy robbanásos kitérésekkel kísért vulkanizmus, amely jelentős vastagságú ignimbrittakaróval fedte be a területet.

A mélyfúrásokban feltárt, jelenleg riolitos összetételű piroklasztitok kristálygazdagsága szakirodalmi adatok alapján dácitos kiindulási olvadáközzetételre jellemző, ami hasonlít az úgynevezett monoton intermedier képződményekre. Az ilyen vulkáni kőzetek egy középső–felső kéregbeli magmatározó kristálykása reaktivációjaként értelmezhetők. Figye-

lembe véve, hogy a piroklasztitokat utólagos kálimetaszomatikus hatások érték (pl. a Peterd–1 fúrás földpátjainak adalárosodása), nem zárható ki azok kémiai összetételének módosulása. A Villányi-hegység északi előterében a permis vulkanizmus jellegének pontosításához ezért további részletes kutatás szükséges, amit az Egerág–7 és a Szalánta–3 fúrások piroklasztitjaiban megjelenő magmás eredetű gránátkristályok vizsgálata is elősegíthet.

Eredményeink azt mutatják, hogy a Villányi-hegység északi előterében — az európai Variszcidák analóg területeihez (pl. Intra-Szudéta-medence, Dél-Permi-medence, Erdélyi-szigethegység) hasonlóan — egy kemizmusát tekintve is összetett, akár hosszabb ideig fennálló vulkáni rendszer működhetett, amelynek kőzeteit korábban egyszerűsítve, egyetlen rétegtani marker képződményként kezelték. A rendszer alaposabb megismeréséhez a fúrásonkénti radiometrikus (U-Pb, cirkon) kormérések, továbbá a teljes kőzet (fő- és nyomelem) geokémiai vizsgálatok hozhatnak előrelépést.

Kulcsszavak: Villányi-hegység, Gyűrűfői Riolit, perm, piroklasztit, lávakőzet, gránát, kálimetaszomatózis

Bevezetés, előzmények

A Dél-Dunántúl nagy vastagságú paleozoos rétegsorában a Gyűrűfői Riolit az egyetlen vulkáni kőzetasszociáció, amely a Mecsek nyugati előterében, Gyűrűfőtől délre bukkan felszínre. A 20. század második felének uránérckutató fúrásai alapján a formáció felszín alatti elterjedési területei (Nyugati-Mecsek, Villányi-hegység északi előtere, Máriakémond–Báta közötti terület) is ismertté váltak, amelyek közül — a korábbi kutatási jelentésekben (FAZEKAS 1978, BARABÁSNÉ STUHL 1988, BARABÁS & BARABÁSNÉ STUHL 1998) leírt kőzettani változatosságból (láva, tufa, tufit, agglomerátum, kürtő fácies és szubvulkáni mikrogránit) adódóan — a Villányi-hegység északi előtere az egyik legnagyobb jelentőségű.

A korábbi összefoglaló tanulmányokban az alsó-perminek tekintett Gyűrűfői Riolit felszíni kőzetanyagát egységesen lávakőzetként írták le (SZEDERKÉNYI 1962, BARABÁSNÉ STUHL 1988, FÜLÖP 1994, BARABÁS & BARABÁSNÉ STUHL 1998, JAKAB 2005). Ezzel szemben HIDASI et al. (2015) és SZEMERÉDI

et al. (2016) a Nyugati-Mecsekből — Gyűrűfű és Dinnyeberki települések közötti területről — származó kőzetanyagot piroklasztár üledékként, azon belül egy átalakult, különböző mértékben összesült, kristálygazdag, horzsakőtartalmú lapillitufaként (ignimbrit) határozták meg. Cirkonkristályokból mért U-Pb izotópkor adatok alapján a nyugati-mecseki vulkanizmus legvalószínűbb kora $267,2 \pm 4,1$ millió év (VARGA et al. 2015, SZEMERÉDI 2016); azaz fiatalabb eseményről van szó, mint ahogyan azt korábban feltételezték (BARABÁSNÉ STUHL 1988, BARABÁS & BARABÁSNÉ STUHL 1998).

A nyugati-mecseki felszíni feltárás petrográfiai revízióját követően munkánkban a Villányi-hegység északi előteréből származó Gyűrűfői Riolit kőzetminták (fúrómagok és archivált csiszolatok) kőzettani újrvizsgálatát végeztük el. Sajnos napjainkra az egykori mélyfúrás kőzetanyag jelentős része megsemmisült, azonban a csekély számú minta a korábbi jelentések kritikai szemléletű áttekintésével együtt lehetőséget biztosított a modern szemléletű leírásra és az arra épülő genetikai értelmezésre.



1. ábra. A Gyűrűfői Riolit Formáció elterjedése a Dél-Dunántúl területén, az azt feltáró legfontosabb mélyfúrások feltüntetésével (BARABÁSNÉ STUHL 1988 alapján)

Jelmagyarázat: 1 – hegyvidék/dombvidék, 2 – a Gyűrűfői Riolit felszín alatti elterjedése, 3 – országhatár, 4 – mélyfúrás

Figure 1. The regional spread of Gyűrűfői Rhyolite Formation in the area of Southern Transdanubia, displaying the most significant deep drillings that explored the formation (based on BARABÁSNÉ STUHL 1988)

Key: 1 – hills/mountains, 2 – the subsurface spread of Gyűrűfői Rhyolite Formation, 3 – frontier, 4 – deep drilling

A Gyűrűfői Riolit Formáció elterjedése és megjelenése a Villányi-hegység északi előterében — a 20. századi kutatástörténet áttekintése

A Villányi-hegység északi előterében a Gyűrűfői Riolitot harántoló uránérckutató fúrások a 20. század második felében két hullámban mélyültek. A kutatások 1968–69-es, első szakaszában fúrták a Bisse–1, a Peterd–1, a Szava–1 és a Vókány–2 mélyfúrásokat, míg a második kutatási szakaszban, az 1980-as évek elején mélyítették az Egerág–7 és a Szalánta–3 fúrásokat (*I. ábra*). A Villányi-hegység északi előterének fúrásaira vonatkozó legfontosabb szakirodalmi adatokat (fekü, fedő, vastagság, petrográfiai jellemzők) az *I. táblázatban* foglaltuk össze.

A Villányi-hegység északi előterében feltárt kőzetanyagra vonatkozó korábbi petrográfiai megfigyeléseket nagyobb részletességgel az egykori Mecseki Ércbányászati Vállalatnál (MÉV) készített zárójelentésekben (FAZEKAS 1978, BARABÁSNÉ STUHL 1988) és a formációra is kitérő összefoglaló tanulmányokban (FÜLÖP 1994, BARABÁS & BARABÁSNÉ STUHL 1998) írták le. A következőkben az adattári jelentések alapján az egyes mélyfúrások által harántolt vulkanitokhoz tartozó legfontosabb megfigyeléseket, valamint azok korábbi értelmezéseit összegezzük.

Bisse–1

A Bisse–1 fúrás vulkanit összletét a korábbi dokumentációkban két részre bontották. Az alsó, kisebb vastagságú szakaszon változó keménységű, tarka „kvarcporfír” lávakőzetet írtak le (FAZEKAS 1978, BARABÁSNÉ STUHL 1988). Ezzel szemben a felső szakaszt dominánsan erősen lebontott, osztályozatlan és változó szemcseméretű, laza vagy rétegzett piroklasztitok (tufit, tufa, agglomerátum), alárendelten „kvarcporfír” (riolit) lávakőzetek alkotják, homokkő–aleurolit-betelepülésekkel. Az üledékes képződményekbe rendszertelenül „kvarcporfír” anyagú kavicsok is települnek (ún. „x fácies”; KASSAI 1976).

A fúrás alsó részén elkülönített, változatos szövetű (*I. táblázat*) riolitot egyöntetű lávaömlés (és/vagy felszín közeli magmabenyomulás) eredményeként értelmezték (KASSAI 1976, FAZEKAS 1978, BARABÁSNÉ STUHL 1988). A fúrás felső szakaszát egyidejű vulkáni működés és (legalább részben sekélyvízi) üledékképződés eredményének vélték (FAZEKAS 1978, BARABÁSNÉ STUHL 1988). KASSAI (1976) munkájában szintén víz alatti lerakódási körülményekkel magyarázta a rétegzett piroklasztitok létrejöttét, míg az „x fáciesű” törmelékes képződményeket (aleurolit, homokkő) az egyidejű vulkáni működés és üledékképződés eredményeinek tekintette.

Peterd–1

A Gyűrűfői Riolit a Peterd–1 fúrás által harántolt kifejlődésében homogén, a fúrás szakaszon belül se színben (fakóvörös–drapp), se szemcseméretben jelentős változást

nem figyeltek meg (FAZEKAS 1978). A fluidális, felziteszferolitos szövetű kőzetben a fenokristályok (34,6%) töredeztettek, jellemzően több mm-es méretűek (*I. táblázat*). A mintákban továbbá „cseppalakú képletek, tekervényes alakulatok” jelentek meg, amelyek sugaras körbefogták a porfirikiválásokat (FAZEKAS 1978). A minták szövege az archív jelentések alapján ép; átalakulás jelei csak a földpát kristályokban (agyagásványosodás) mutatkoztak. A genetikai értelmezés szerint a fúrás anyaga „típusos vulkáni láva kiömléses képződmény” (FAZEKAS 1978, BARABÁSNÉ STUHL 1988). KASSAI (1976) ezzel szemben a fúrásban feltárt kőzetanyagot a „vókányi kvarcporfír” mélységi megfelelőjeként értelmezte.

Szava–1

A Szava–1 fúrásban feltárt vulkanit a korábbi jelentések alapján egyöntetű, szürke, zöldesszürke vagy fakószürke színű, durvaporfíros (felzites, mikrogránitos és mikrogránitos-szferolitos) kőzet. Az alapszövet szemcsemérete a fúrás során belül változó. A kőzetanyagban különböző kitöltésű (pl. kvarc, hematit, karbonát)-ereket írtak le, továbbá hidrotérmás szulfidos ércesedés nyomait dokumentálták (FAZEKAS & VINCZE 1991). Az uránérckutató jelentésekben a Szava–1 fúrás kőzetanyagát szubvulkáni vagy telér kifejlődésű mikrogránit-porfírként értelmezték (FAZEKAS 1978, BARABÁSNÉ STUHL 1988). Kiemelték továbbá a Szava–1 fúrásban feltárt szubvulkánit és a Vókány–2 fúrás alsó szakaszában elkülönített „mikrogránit porfír” hasonló kémiai jellegét (FAZEKAS in KASSAI 1976, BARABÁS & BARABÁSNÉ STUHL 1998).

Vókány–2

A Vókány–2 fúrás Gyűrűfői Riolitot harántoló szakaszát a Bisse–1 mélyfúráséhoz hasonlóan két jól elkülönülő egységre osztották (FAZEKAS 1978, BARABÁSNÉ STUHL 1988). A Vókány–2 fúrás alsó szakaszán tömör, változó mértékben átalakult, mikrokristályos vulkanitot harántolt. A szakasz kőzeteinek szövege mikrogranofíros, mikroszferolitos és mikropoikilites (*I. táblázat*). A mélyfúrás alsó szakaszának kőzetanyagát korábban kürtő fáciesű képződményként értelmezték (FAZEKAS 1978, BARABÁSNÉ STUHL 1988). KASSAI (1976) nézete szerint azonban kis mélységben kristályosodott mikrogránit-porfír (szubvulkáni kürtő, kőzet-telér, kisméretű lakkolit), amely a fúrásban feltárt összlet felső részét alkotó „kvarcporfírral” ásványos- és kémiai jellege alapján ugyanazon magmából származik.

A kisebb vastagságú felső szakaszt vulkáni (láva és piroklasztit), vulkanoszediment és üledékes összlet alkotja (*I. táblázat*). A fluidális, felzites lávakőzetben gyakoriak a folyási szövetet követő „lencsék, tekervényes szalagok, amelyek belsejét agyagásvány tölti ki” (FAZEKAS 1978). A fakózöld tufa osztályozatlan, gyakran vörös és fakózöld agyagkő-, agyagpala- vagy aleurolitkavicsokat tartalmaz. A szakasz legalsó részén erősen lebontott, kovásodott, agyagosodott durva breccsát figyeltek meg. A fúrás felső szakaszát

I. táblázat. A Gyűrűfű Riolit Formációt a Villányi-hegység északi előterében feltáró mélyfúrások paramétereit (fékü, fedő, vastagság), illetve a kőzetanyagokhoz tartozó petrográfiai megfigyeléseket és genetikai értelmezéseket összefoglaló táblázat (KASSAI 1976, FAZEKAS 1978, KONRÁD 1981, BARABÁSNÉ STUHL 1988, FAZEKAS & VINCZE 1991)

Table I. Summarizing table of deep drillings (base, top, thickness) with the corresponding former petrographic observations and genetical interpretations, exploring Gyűrűfű Rhyolite Formation north from the Villány Mts, Southern Transdanubia (KASSAI 1976, FAZEKAS 1978, KONRÁD 1981, BARABÁSNÉ STUHL 1988, FAZEKAS & VINCZE 1991)

Fúrás	Fekü	Fedő	Vastagság (tagolás)		Petrográfiai megfigyelések	Átalakulások	Genetika
			428,3 m	felső szakasz: 348,8 m (676,2-1025,0 m-es mélységköz)			
Bísse-1	Korpádi Homokkő Formáció (alsó-perm)	Jakabhgyi Homokkő Formáció (alsó-triász)	428,3 m	alsó szakasz: 79,5 m (1025,0-1104,5 m)	laza piroklasztikumok homokkő-aleuroit betelepülésekkel – lebontott tufák; összetétel: kvarc, ortoklász és a kvarcporfir alapszövet törmelékai + alárendelten kvarcporfir lávák tarka kvarcporfirok: fluidális, sferolitós, felzites vagy gömbhéjas (perlités) szerkezet; töredezett alapszövet és porfirok (arányuk 20-30%, kvarc, plagioklász, kaliföldpát, biotit)	másodlagos kovásodás és agyagásványosodás, kvarcerek agyagásványosodás (argillitesedés) és kovásodás	egyidejű vulkáni működés és üledékképződés (sekélyvízi környezet)
Peterd-1	nem ért	Jakabhgyi Homokkő Formáció (alsó-triász)	≥ 66,2 m	(1224,4-1290,6 m-es mélységköz)	fakó vörös vagy drapp színű kőzet; az alapszövet fluidális, felzites-sferolitós, cseppalakú képletekkel; porfirus elegyrészek (kvarc, gyakran peritites kaliföldpát, szericitesezett plagioklász és biotit) arányuk 34,6%	alapszöveve alapvetően ép, lebontás jelei csak a földpatokban (agyagásványokkal kitöltött repedések)	vulkáni láva kiömléses képződmény egyöntetű kifejlődéssel
Szava-1	nem ért	tektonikusán, valószínűleg karbon	≥ 195,3 m	(320,4-515,7 m-es mélységköz)	(fakó) szürke, zöldesszürke mikrogranit porfir, felzites, mikrogranitós és mikrogranofiros-sferolitós szövettel; a több mm-es porfirok aránya 30-40% (kvarc, kaliföldpát, plagioklász, biotit)	kovásodás, karbonátosodás, szericitesezés, kaolinitesezés; szulfidos ércezesedés	szubvulkáni vagy telér kifejlődésű mikrogranit-porfir
Vókány-2	nem ért	Jakabhgyi Homokkő Formáció (alsó-triász)	460,7 m	felső szakasz: 133,7 m (742,2-876,0 m-es mélységköz)	láva-tufa-finomszemű homokkő-aleuroit sorozat; a vulkanitok fluidális felzites szövetek, 30-40% töredezett, szilánkos porfirral (kvarc, kaliföldpát, plagioklász, biotit); tufák fakózöldek, erősen lebontottak, osztályozatlanok	földpatok karbonátosodása, kaolinitesezés; alsó határon erősen lebontott, kovásodott, agyagosodott	egyidejű vulkáni működés és üledékképződés (sekélyvízi környezet)
Egerág-7	nem ért	pannoniai	831,0 m	(432,0-1263,0 m-es mélységköz)	tömör vulkanit: mikrokristályos alapszövet, porfirus elegyrészek (kvarc, földpát, biotit) áll. aránya 13,7% vörös színű porfirus (kvarc, kaliföldpát, plagioklász, biotit) lávakőzet, folyásos és enyhén irányított, (mikro)felzites textúrával (bőve 50-80°-os dőlésű megnyúlt tekervényekkel); kőzetzárványok és kitöltesek; fúras alsó szakaszban (1195,2-1242,0 m) kvarcban szegényebb, élénkörös színű, nagyporfirus telérkőzet	különböző mértékben lebontott szövet; agyagásványosodás irányított alakzatok átalakulásai + kőzetet ért szericitesezés, kaolinitesezés, karbonátosodás, kovásodás	kürtő fáciesű képződmény lávakőzet (beszakadás mozdította el) + kevés tufa-agglomerátum betelepülés
Szalánta-3	nem ért	pannoniai	316,2 m	(285,0-601,2 m-es mélységköz)	barnás színű, folyásos szövetű, porfirus lávakőzet közbetelepülő tufit és agglomerátum, valamint üledékes rétegekkel	kovásodás	lávakőzet, közbetelepülő piroklasztitokkal és egyéb üledékes képződményekkel

egyidejű vulkáni működés és (legalább részben sekélyvízi) üledékképződés eredményeként értelmezték (FAZEKAS 1978, BARABÁSNÉ STUHL 1988). Ezzel szemben KASSAI (1976) a felső szakaszt kvarcban gazdag, káliumban túltelített típusos kiömlési kőzetként írta le. A felső szakasz képződésének KASSAI (1976) elnevezését követően gyakran „vokányi kvarcporfirként” szerepel a hazai szakirodalomban, amellyel a térség több fúrásának (pl. Peterd-1, Szava-1) vulkanitjait is rokonították.

Egerág-7

A korábbi dokumentációkban (KONRÁD 1981, BARABÁSNÉ STUHL 1988) a fúrásban feltárt vulkanitot vörös színű porfíros lávakőzetként írták le. A kőzetanyagot szövete alapján két csoportra osztották: tömör vagy enyhén irányított, jól kristályosodott felzites szövetű változat (helyenként szferolitokkal), illetve fluidális, rosszul differenciált felzites (mikrofelzites) szövetű kifejlődés (*I. táblázat*). A leírás szerint a folyásos szövetet meredek (50–80°-os) dőlésű, „szabálytalan alakú, megnyúlt tekervények”, kvarc-földpát összetételű betelepülések határozzák meg, amelyeknek egy része korábban üreges lehetett. Ezek közepét kvarc, szericit és másodlagos kvarc tölti ki. A fluidális szövetű minták fenokristályai (rezorbeált vagy idiomorf kvarc; agyagásványosodott káliföldpát, szericitesedett plagioklász, átalakult biotit és ritkán gránát) erősen, míg a tömör, enyhén irányított szövetűeké gyengébben töredezték. A korábbi genetikai értelmezésben az Egerág-7 mélyfúrás kőzetanyagát lávakőzetnek tekintették, kevés tufa- és agglomerátum-betelepüléssel. A mélyfúrás alsó szakaszán (1195,2–1242,0 m) élenkvörös színű, nagyporfíros, a fenti kőzetanyagánál kvarcban szegényebb telérkőzet betelepülését írták le (KONRÁD 1981, BARABÁSNÉ STUHL 1988).

Szalánta-3

A fúrással harántolt vulkáni-vulkanoszediment rétegsorról csak tájékoztató jellegű ásvány-kőzettani vizsgálatok készültek, részletes vékonycsiszolati leírások nem állnak rendelkezésre. A korábbi érckutatási jelentés szerint (BARABÁSNÉ STUHL 1988) a makroszkóposan uralkodóan barnás színű, folyásos szövetű, porfíros lávakőzetet közbetelepülő piroklasztit (tufit, agglomerátum), valamint üledékes rétegek (szervesanyag-tartalmú homokkő) szakítják meg.

A Gyűrűfői Riolit Formáció kőzettani kifejlődése a Villányi-hegység északi előterében — a 21. század kutatástörténetének áttekintése

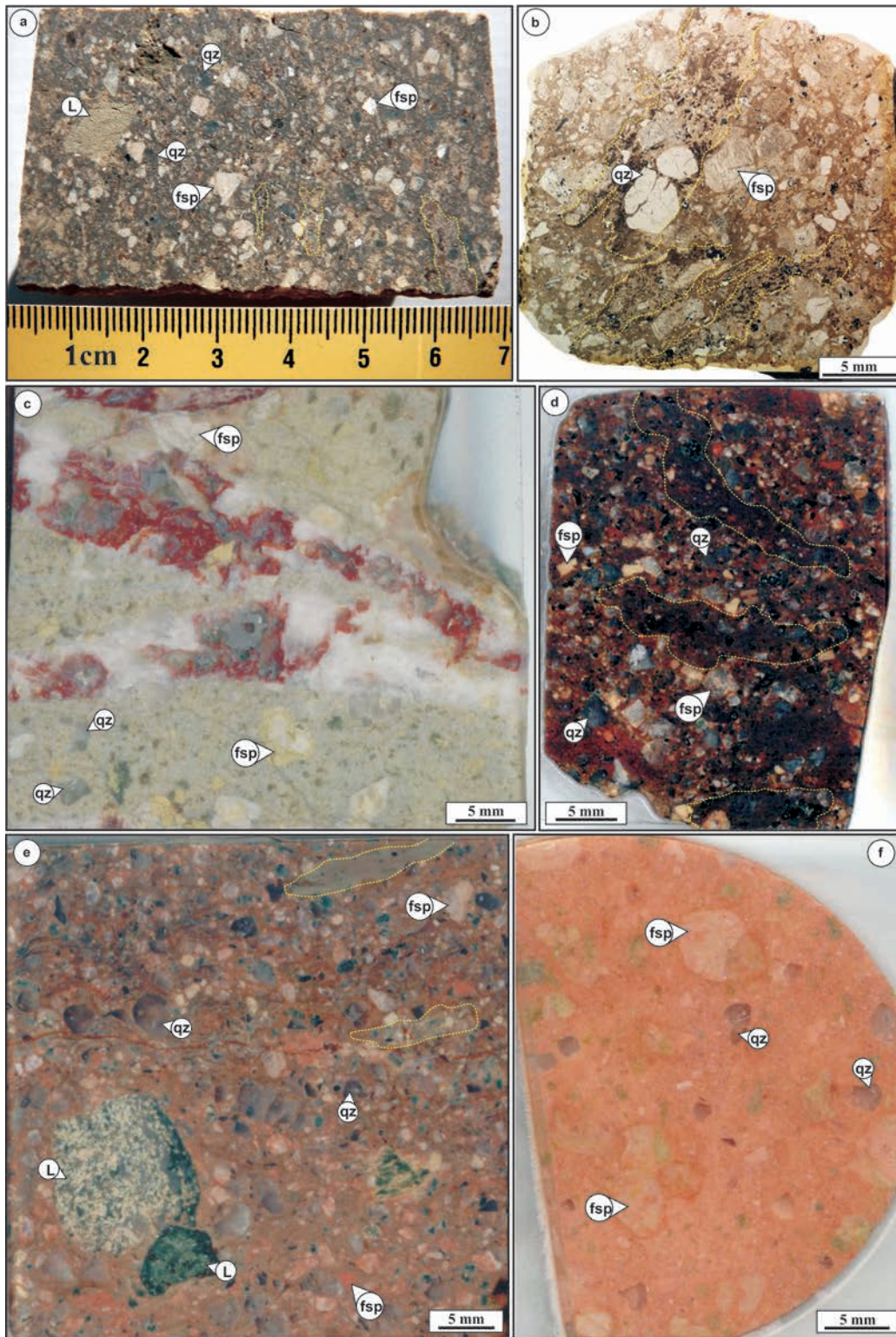
A Villányi-hegység északi előterének permokarbon vulkanitjairól a 21. században újabb ismereteket mindösszesen két diplomamunka hozott (JAKAB 2005, HIDASI 2013). JAKAB (2005) az ELTE Kőzetan-Geokémiai Tanszék csiszolatgyűjteményén keresztül a Gyűrűfői Riolitot feltáró

több villányi fúrásanyagot (Peterd-1, Vókány-2, Szava-1, Egerág-7, Szalánta-3) vizsgált (makroszkópos, polarizációs mikroszkópos és pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatra épülő petrográfia; teljeskőzet-geokémiai összehasonlítás), azonban rövid petrográfiai jellemzéseiben e rendkívül változatos kőzetanyagot egységesen kezelve, összefoglaló jelleggel írta le. A változó szemcseméretű alanyaggal rendelkező mintákban porfíros megjelenésű fő fenokristályokat (nagy, sajátalakú, gyakran átalakult káliföldpát, gyakran mállott, átalakult plagioklász és jellemzően sajátalakú, törött, gyakran visszaolvadt kvarc) írt le. Emellett egyes mintákban ritkán üde, kloritos vagy szericites biotitkristályokat, gyakori akcesszóriaként pedig főként cirkont és apatitot különített el. JAKAB (2005) az Egerág-7 és Szalánta-3 mélyfúrások kőzetanyagában gránátot (túlnyomórészt almandinos összetétellel), illetve turmalint is azonosított, azonban azokhoz genetikai értelmezést nem rendelt. A kőzetanyagban jellegzetes zárványokat (gránit, metamorf) figyelt meg. Véleménye szerint a szinte teljes mértékben beolvasztott gránitzárványok nagy, foltosan albitosodó káliföldpátokból és kisebb plagioklászokból állnak, közöttük mozaikos vagy szferolitos kvarckristályokkal. A metamorf zárványokon belül metahomokkővet, kvarcított és kloritos gneiszt azonosított.

HIDASI (2013) diplomamunkájában a Bisse-1 mélyfúrás anyagára vonatkozóan tett petrográfiai megfigyeléseket a „Vulkanitok, etalon kollektív” csiszolatgyűjtemény (MÉV) mintái alapján. Azok szerkezetét relikvies határozta meg, amelyben a fő fenokristályok porfírosak, gyakran erősen töredezték, repedeztek. A perlites szerkezet kialakulását az egykor üveges mátrix hidratációja eredményeként értelmezte. A perlites riolit genetikájáról azonban egyértelmű megállapítást nem tudott tenni.

Mintagyűjtés, vizsgálati módszerek

Munkánk során — az erősen korlátozott mennyiségű fúrómaganyag miatt (*2. ábra*) — döntően a korábbi kutatásokhoz készült vékonycsiszolatok (36 minta; *II. táblázat*) kőzettani leírását végeztük el. A minták jelentős része a MÉV geológusai által a korábbi jelentésekben (FAZEKAS 1978, BARABÁSNÉ STUHL 1988) leírt vékonycsiszolat volt, illetve a FAZEKAS Via által összeállított csiszolatgyűjtemény („Vulkanitok, etalon kollektív”) villányi preparátumait tanulmányoztuk (a minták száma: 49, 50, 80, 87–91, 93–95). További vékonycsiszolatok az Eötvös Loránd Tudományegyetem Kőzetan-Geokémiai Tanszékének bemutató gyűjteményéből származtak (Via-13–20). A minták kis hányada a Mecsekérc Zrt. jóvoltából rendelkezésünkre bocsátott kőzetanyagból (Peterd-1, Szava-1, Vókány-2) a Szegedi Tudományegyetem Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszékén készült sztenderd méretű új vékonycsiszolat. Petrográfiai vizsgálatunkat a Szegedi Tudományegyetem Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszékén végeztük, polarizációs mikroszkópot (Brunel SP-300-P, illetve Olympus BX41) használva.



2. ábra. A Gyűrűfű Riolit Formáció makroszkopos megjelenése a Villányi-hegység északi előterének fúrsaiban

a – Peterd-1 mélyfúrás (ismeretlen mélység); b – Peterd-1 mélyfúrás (MÉV gyűjteménye, 95. sz. vékonycsiszolat); c – Szava-1 mélyfúrás (444,8 m-es mélység); d – Szalánta-3 mélyfúrás (381,0 m-es mélység); e – Egerág-7 mélyfúrás (~700 m-es mélység); f – Egerág-7 mélyfúrás (~1200 m-es mélység); c-f: ELTE bemutató gyűjtemény; fotó: JAKAB 2005)

Rövidítések: L: litoklaszt, fsp: földpát, qz: kvarc. (Az átalakult horzsaköveket sárga szaggatott vonallal jelöltük.)

Figure 2. Macroscopic appearance of Gyűrűfű Rhyolite Formation in the northern foreland of the Villány Mts

a – Peterd-1 deep drilling (unknown depth); b – Peterd-1 deep drilling (collection of MÉV, thin section No 95); c – Szava-1 deep drilling (depth of 444.8 m); d – Szalánta-3 deep drilling (depth of 381.0 m); e – Egerág-7 deep drilling (depth of ~700 m); f – Egerág-7 deep drilling (depth of ~1200 m); c-f: samples from the exhibition collection of ELTE; photo: JAKAB 2005)

Abbreviations: L: lithics, fsp: feldspar, qz: quartz. (Altered pumices are highlighted by yellow dashed lines.)

II. táblázat. A Gyűrűfű Riolit Formáció tanulmányunkban bemutatott mintáit (vékonycsiszolatok) összefoglaló táblázat (minta száma; mélység; gyűjtemény neve)
Table II. Summarizing table of samples (thin sections) of Gyűrűfű Rhyolite Formation that are presented in this study (identifier of sample; depth; name of the collection)

Fúrás	Minta (gyűjteményen belüli szám)	Mélység	Gyűjtemény (származás)
Bisse-1	perlites kvarcporfir (50.)	valószínűleg ? 1025,0 m	Vulkanitok, etalon kollektio (MÉV)
	alsó vulkanit (80.)	-1100 m	MÉV
	Bisse-1 fúrás alja, B/1. sz. minta (49.)	-1100 m	Vulkanitok, etalon kollektio (MÉV)
Peterd-1	Peterd-1 fúrás (95.), 1057. m. (?)		MÉV
	Via-13	ismeretlen	ELTE bemutató gyűjtemény
Szava-1	X-II-401120 (90.)	353,5 m	Vulkanitok, etalon kollektio (MÉV)
	X-II-401188 (87.)	469,1 m	
	X-II-401191 (88.)	472,7 m	
	X-II-401194 (91.)	476,8 m	
	X-II-401195 (89.)	477,8 m	
	Szava-1 új	ismeretlen	SZTE ÁGK Tanszék (Mecsekérc Zrt.)
Vókány-2	Via-15	444,8 m	ELTE bemutató gyűjtemény
	V-2 400893 (93.)	774,8 m	MÉV
	V-2 400871 (94.)	1139,6 m	
	Via-14	1000,0 m	ELTE bemutató gyűjtemény
	Vókány-2 új	ismeretlen	SZTE ÁGK Tanszék (Mecsekérc Zrt.)
Egerág-7	Via-16	673,3 m	ELTE bemutató gyűjtemény
	Via-17	753,8 m	
	Via-18	700 m	
	Via-20	-1200 m	
Szalánta-3	16 darab minta	299,0–548,7 m	MÉV

A petrográfiai vizsgálatok eredménye és értelmezése

E fejezetben elsőként a korlátozott mennyiségű fúrómaganyag (Peterd-1: 1 db; Szava-1: 1 db; Vókány-2: 1 db; Egerág-7: 2 db; Szalánta-3: 1 db) makroszkópos jellemzőit ismertetjük a fúrások nevét követő bevezető részben (2. ábra). Ezt követően polarizációs mikroszkópos megfigyeléseinket (leírás) és a kőzetek genetikai értelmezését tesszük közzé.

Bisse-1 mélyfúrás

Leírás

A minták (3 db) szövete átkristályosodott mikrokristályos vagy kriptokristályos, fenokristályokat tartalmazó, perlites szerkezetű, másodlagos ásványokkal (pl. kvarc, földpát, agyagásvány, szericit, hematit) kitöltött, ívelt repedésekkel átjárt (3. ábra, a–e). A „Vulkanitok, etalon kollektio” 50. sz. csiszolatában szabálytalan alakú, erősen átalakult, gyengén irányított, mozaikos kvarcristályokkal kitöltött horzsakövek maradványait azonosítottuk (3. ábra, f).

A kőzetalkotó fenokristályok (kvarc, kálföldpát, plagioklász, biotit) aránya a kőzet térfogatának 20–30%-a. Mind az alapanyagra, mind a porfíros elegyrészekre töredezettség és repedések jellemzőek. Az alapanyagban található repedéseket gyakran másodlagos, mozaikos kvarcristályok töltik ki.

A kvarc szemcsék (3. ábra, c) aránya a kőzet térfogatának 10–15%-a. Átlagos méretük 700–750 µm, a legna-

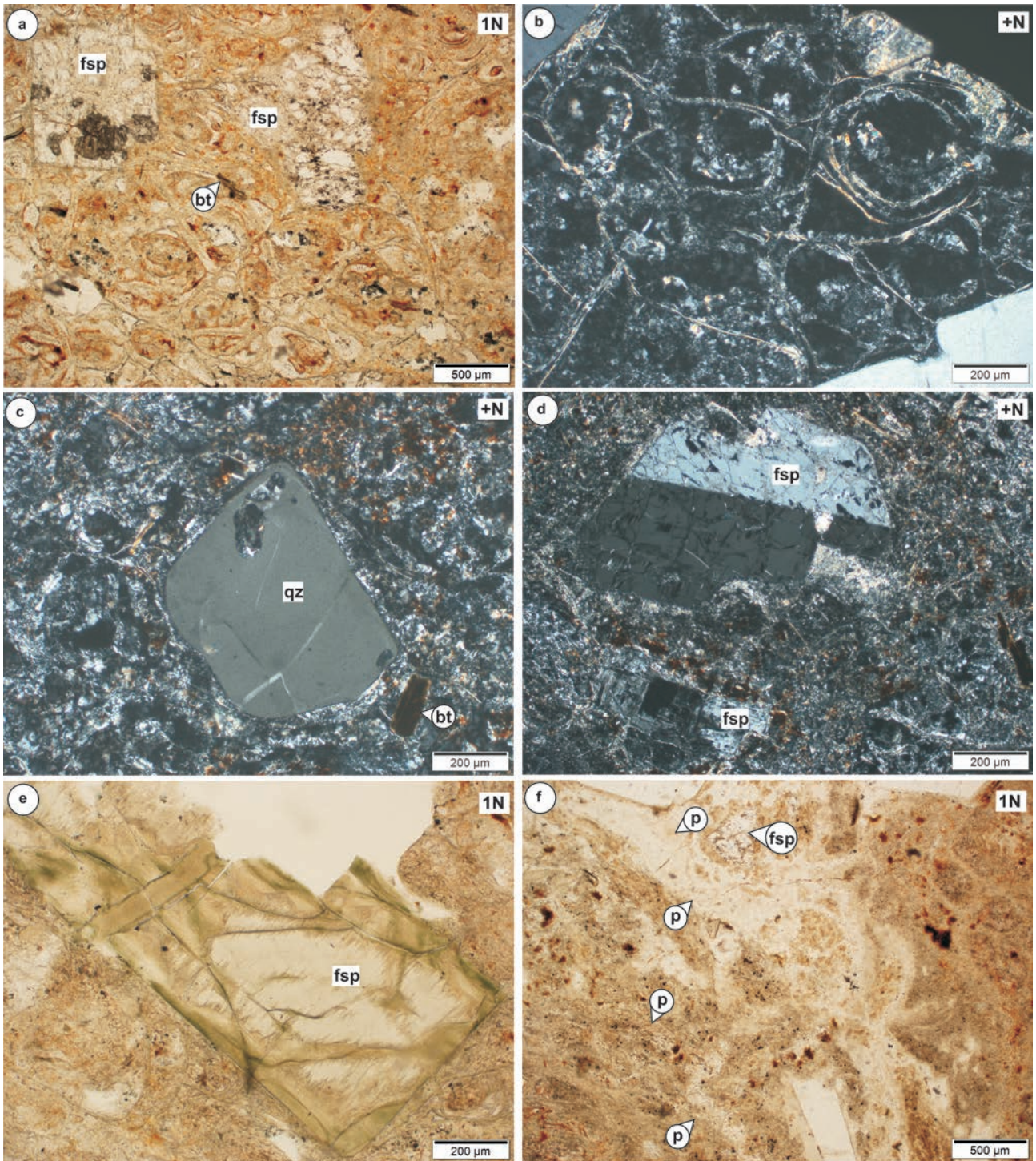
gyobb kristályok mérete 1–1,2 mm. Jellemzően sajátalakúak vagy félig sajátalakúak, gyakran rezorbeáltak. Belsejüket több esetben ívelt törések járják át.

A földpátok (10–15%) átlagos mérete ~800 µm, legnagyobb méretük ~1,5 mm. Uralkodóan félig sajátalakúak (3. ábra, d); míg a sajátalakú, táblás szemcsék (3. ábra, e) kisebb arányt képviselnek. Elkülöníthetők kétagú ikresedéssel rendelkező, viszonylag üde, esetleg gyengén pertites, szericitesedett kálföldpát kristályok, illetve gyakran erősen átalakult, zöld színárnyalattal rendelkező agyagásványosodott (valószínűleg szeladonit; 3. ábra, e), szericitesedett vagy karbonátosodott plagioklászok, amelyek egymáshoz viszonyított aránya a mintákban közel azonos.

A kőzetanyagban kifakult és/vagy opakásványosodott biotit kristályokat (1–3%; 3. ábra, a és c) azonosítottunk, amelyek aránya a 3 db mintában eltérő. Átlagos méretük ~250 µm, legnagyobb méretük 300–350 µm. A minták alapanyagában hintetten változó arányú Fe-tartalmú, opak fázis fordul elő. Akcesszórius elegyrészként ritkán cirkon kristályok figyelhetők meg, körülöttük gyakran közepes vagy nagy kiterjedésű pleokroos udvarral.

Értelmezés

A vizsgált minták perlites szerkezete az alapanyagot alkotó, hűlésben lévő koherens kőzetüveg hidratáció miatti duzzadása, és az azt kísérő térfogatnövekedés következtében alakult ki, amelyhez legalább 3–5% víztartalom szükséges (McPhie et al. 1993, Szepesi 2007, Szepesi & Kozák 2008). A perlites szerkezet az alapanyag eredetileg jelentős mértékű kőzetüveg tartalmára utal, ami piroklasztitokra (pl. ignimbit) és gyors lehűlésen átesett lávakőzetekre (pl.



3. ábra. A Bisse-1 mélyfúrásból (~ 1100 m-es mélység) származó riolit szöveti jellemzői

a – Relikt perlites szövet porphyris földpát kristályokkal és biotittal; b – Relikt perlites szövet; c – Félig sajátalakú kvarckristály és biotit relict perlites szövetű mintában; d – Káliföldpát (fent) és plagioklász földpát (lent) relict perlites alanyanyag; e – Agyagásványosodott, sajátalakú, táblás plagioklász földpát; f – Mikrokrystalos, relict perlites alanyanyag, irányítottan elhelyezkedő, egykori horzsakövek maradványaival, földpát- és kvarctörésekkel

Rövidítések: bt: biotit, fsp: földpát, p: átalakult horzsakő, qz: kvarc, 1N: párhuzamos nikol állás, +N: keresztezett nikol állás

Figure 3. Microphotos of the studied samples from Bisse-1 deep drilling (depth of ~ 1100 m)

a – Relict perlitic texture with porphyritic feldspar crystals and biotite; b – Relict perlitic texture; c – Hypidiomorphic quartz and biotite in a sample with relict perlitic texture; d – Potassium feldspar (top) and plagioclase feldspar (bottom) in relict perlitic matrix; e – Clay mineralized idiomorphic, tabular plagioclase feldspar; f – Microcrystalline, relict perlitic matrix with oriented remnants of altered pumices and fragments of quartz and feldspar

Abbreviations: bt: biotite, fsp: feldspar, p: altered pumice, qz: quartz, 1N: parallel nicols, +N: crossed nicols

riolit) egyaránt jellemző lehet (McPHIE et al. 1993, McARTHUR et al. 1998). Az egykori ívelt törések helyét kitöltő ásványfázisok által meghatározott szerkezet az eredeti, klasszikus perlites szövet átalakulásának eredménye, amelyben a másodlagos ásványokkal kitöltött törések alakja a piroklasztikus üvegszilánkjaira emlékeztet (*false siliceous/phyllous silicate shards*; ALLEN 1988, BREITKREUZ 2015).

Ásványos összetétele és szövete alapján a kőzet riolit, ezen belül perlites és horzsás perlit fáciesváltozatokat képvisel. Ennek megfelelően kialakulása legnagyobb valószínűséggel riolit lávadóm vagy lávaár külső, átmeneti övéhez vagy szegélyzónájához köthető (FINK & MANLEY 1987, STEVENSON et al. 1994, RICHNOW 1999, McPHIE et al. 1993, SZEPESI 2007, SZEPESI & KOZÁK 2008).

Peterd–1 mélyfúrás

A szürkésbarna, porfíros szövetű kőzet finomszemcsés alapanyagában (45–50%) kristályok (30–40%) és mm–cm-es méretű, gyakran megnyúlt, ellaposodott horzsakövek (5–10%) vannak jelen (2. ábra, a és b). A szabálytalan körvonalú, világosbarna–drapp, átalakult horzsakövek gyakran egymással párhuzamosan helyezkednek el, a kőzetnek gyenge irányítottságot adva. Nem porózus belsejünkben makroszkóposan is azonosítható fenokristályok vannak. A kőzetalkotó ásványok (kvarc, földpát) mérete széles skálán változik a mm-esnél kisebb szemcséktől az 5–6 mm-es kristályokig. Jellemzően félig sajátalakúak, gyakran töredezték. A földpátok között elkülöníthetők halvány narancsszínű és világosszürke, irizáló (káliföldpát), valamint erősen átalakult (agyagásványosodott, karbonátosodott) világosbarna kristályok (plagioklász) is. A földpátok gyakorisága meghaladja a szintelen, visszaolvadt kvarckristályokét. A klasztok között továbbá cm-es méretű, törmeléken üledékes litoklasztot is azonosítottunk.

Leírás

Vékonycsiszolatban a minták (2 db) finomszemcsés alapanyagból, néhány μm -estől mm-esig változó méretű fenokristályokból és szabálytalan alakú, kisebb vagy nagyobb mértékben megnyúlt, szintelen vagy világos, sárgásbarna színű horzsakövekből állnak (4. ábra, a és b). Mikroléptékben az irányítottságot a jellemzően megnyúlt, átkristályosodott üvegszilánkok hordozzák (4. ábra, c), amelyek gyakran folytonos sávot alkotva egymással és a horzsakövekkel is összetapadnak.

Az átalakult, devitifikált horzsakövek jellegzetes, az egykori buborékfalakra utaló „csipkés” jellegű külső határvonala felismerhető. Jellemzően ívelték, esetleg lapítottak, a fenokristályok környezetében erősen deformáltak, helyenként „kaptafaszerűen” körülölelik azokat. Belső szegélyükön káliföldpátból álló axiolit, míg belsejünkben gyakran káliföldpát szferolitok jelennek meg. Az átkristályosodott horzsakövek belseje nem porózus, azokat részben a fenokristályokkal megegyező (akár porfíros méretű) földpátok és kvarckristályok, részben az egykori pórások helyén

megjelenő mozaikos kvarc és/vagy finomszemcsés alapanyag tölti ki. A horzsakövek mérete a nagyobb, ~1 cm-es méretűektől fokozatosan csökken az üvegszilánkok méretéig. Az átkristályosodott üvegszilánkok alakja a legtöbb esetben megnyúlt, méretük ~100 μm .

A legfontosabb kőzetalkotó ásványok: kvarc, földpátok, piroxén és biotit utáni opak pszeudomorfóza, amelyek nem mutatnak irányítottságot, a mintákban gyakran töredezték. A kvarckristályok (4. ábra, a, d és e) aránya a kőzet térfogatának 10–15%-a. Átlagos méretük ~1 mm, a legnagyobb kristályok mérete 2,5–3 mm. Többnyire félig sajátalakúak, rezorbeáltak, de előfordulnak sajátalakú szemcsék, illetve törött, pengeszzerű (alig néhány 100 μm -es) kvarctörödékek is. Belsejünkben gyakran fordulnak elő fluidum-zárványosorok (4. ábra, d).

A földpátok (15–20%; 4. ábra, a és f) átlagos mérete ~700 μm , míg legnagyobb kristályaik mérete meghaladja a 2 mm-t. Gyakran átalakultak, jellemzően félig sajátalakúak, nagyon ritkák a sajátalakú, táblás szemcsék. A mintákban zárványdús és zárványmentes, vékony, szabálytalan domének sűrű váltakozásából álló, vagy agyagásványosodott káliföldpát kristályok dominálnak (~80%), míg a kisebb arányt (~20%) képviselő plagioklász-szemcsék szinte kivétel nélkül átalakultak, szericitesedtek, karbonátosodtak.

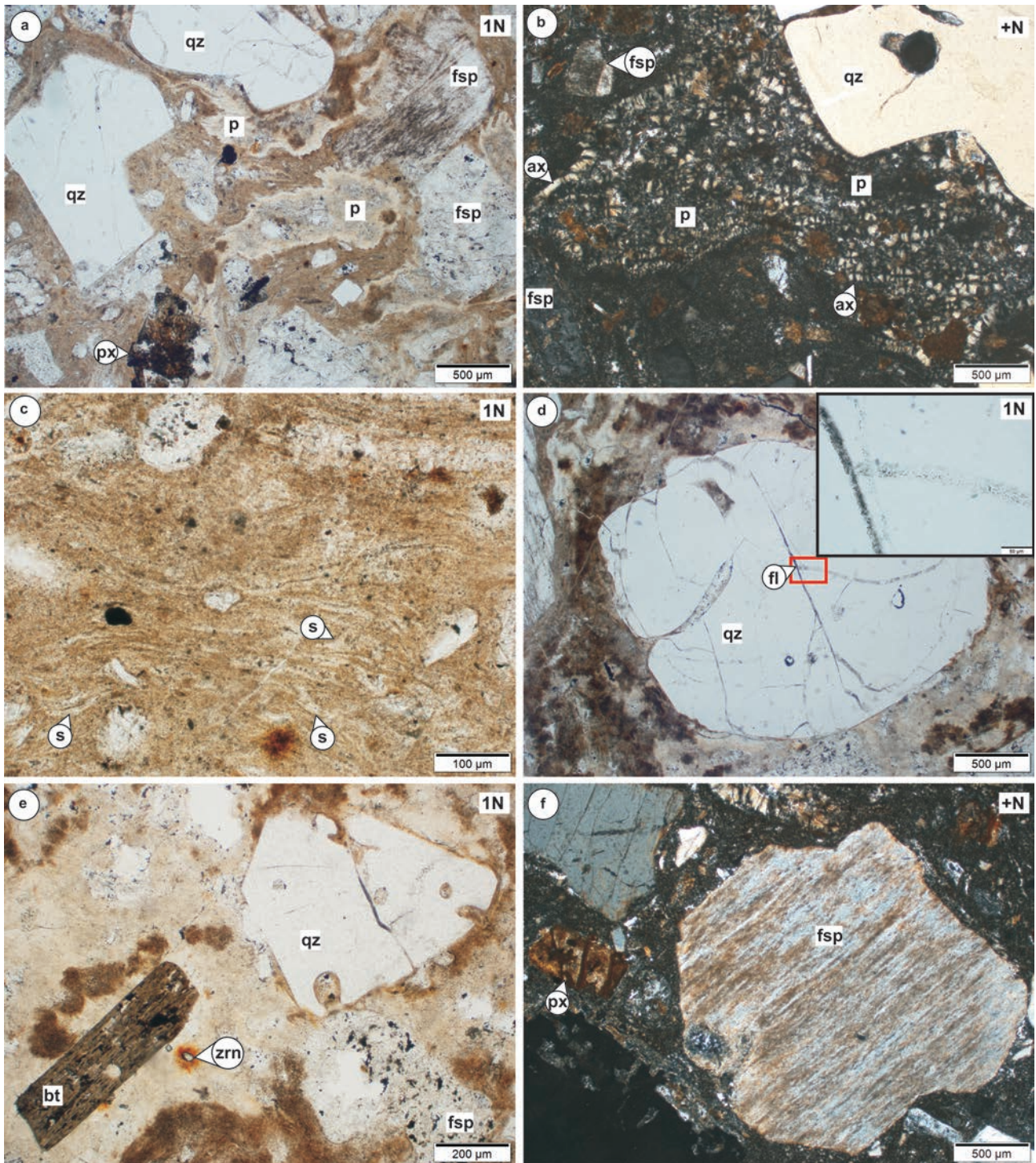
Jelentős mennyiségben található a mintákban továbbá átalakult színes elegyrészek (~5%), amelyek piroxén és biotit utáni pszeudomorfózáik; átlagos méretük ~650 μm . Az átalakult piroxénekre (4. ábra, a és f) jellemző legnagyobb kristálméret ~1 mm. Belsejük karbonátosodott, míg szegélyek és töréseik mentén gyakran opakásványosodtak. A biotit (4. ábra, e) lemezes, átalakult szinte teljes mértékben opak vas-oxid fázissal helyettesítve, maximális mérete ~500–600 μm .

Akcesszóriaként cirkon (4. ábra, e) és apatitkristályokat azonosítottunk. A gyakran törött cirkonzemcsék általában az alapanyagban fordulnak elő, viszonylag nagy mennyiségben. Általában kisméretűek, közepes vagy nagy kiterjedésű pleokroos udvarral, de akár néhány 100 μm -es kristályok is előfordulhatnak.

Értelmezés

A kőzet irányított szövetét az összetapadó juvenilis törmelékek (átalakult horzsakövek és egykori üvegszilánkok) határozzák meg, ami a rétegetterhelés hatására bekövetkező kompakció eredménye (fiamme; GIFFKINS et al. 2004). Az átalakult horzsakövek axiolitos szegélye, illetve belsejünkben a szferolitok nagy hőmérsékletű kristályosodás (devitifikáció) bélyegei (HTCD: *high temperature crystallization domains*; BREITKREUZ 2013). Ezek piroklasztikusokban az összesülés tipikus szöveti megjelenési formái, együttesen a kőzetminták irányított, eutaxitos szövetét alkotják (GIFFKINS et al. 2004, PAULICK & BREITKREUZ 2005, WILCOCK et al. 2013).

A juvenilis törmelékek mellett a csiszolatokban egyértelműen a káliföldpátok dominálnak; az ásványos összetételből adódóan tehát a vizsgált kőzetanyag riolitos jellegű piroklasztit, amit alátámaszt a komponensek általánosan



4. ábra. A Peterd-1 mélyfúrás kőzetanyagát (1240,0 m, illetve ismeretlen mélység) bemutató mikrofotók

a – Jellemzőes szöveti kép porfirios, dominánsan félig sajátalakú fenokristályokkal és átalakult horzsakövekkel; b – Devitrifikált horzsakő axiolitos szegéllyel; c – Egykori üvegszilánkok az alanyanyagban; d – Félig sajátalakú rezorbeált kvarckristály, belsejében fluidum-zárvánnyal; e – Rezorbeált kvarc, töredezett földpát és lemezes biotitkristály, akcesszórius cirkonnal; f – Fésűs földpát (adulár?) kristály és átalakult piroxén

Rövidítések: ax: axiolit, bt: biotit, fl: fluidum-zárvánnyal, fsp: földpát, p: átalakult horzsakő, px: piroxén, qz: kvarc, s: átalakult üvegszilánk, zrn: cirkon, 1N: párhuzamos nikol állás, +N: keresztezett nikol állás

A d) képen a felnagyított területhez tartozó skála 50 µm

Figure 4. Microphotos of the studied samples from Peterd-1 deep drilling (depth of 1240.0 m and unknown depth)

a – Typical textural image with porphyritic, dominantly hypidiomorphic phenocrysts and altered pumices; b – Devitrified pumice with axiolites at the margin; c – Former glass shards in the matrix; d – Hypidiomorphic, resorbed quartz with fluid inclusions inside; e – Resorbed quartz, fragmented feldspar and laminar biotite with accessory zircon; f – Pectinate feldspar crystal (adularia) and altered pyroxene

Abbreviations: ax: axiolite, bt: biotite, fl: fluid inclusions, fsp: feldspar, p: altered pumice, px: pyroxene, qz: quartz, s: altered glass shards, zrn: zircon, 1N: parallel nicols, +N: crossed nicols
The scale of the blowup picture d) is 50 µm

megfigyelhető rossz osztályozottsága is. Mindezek alapján a Peterd–1 fúrásban feltárt kőzet nem kiömlési kőzet, hanem egy átalakult, összesült, kristálygazdag horzsakőtartalmú lapillitufa. A makroszkópos megjelenés, az eltérő mélységből származó vékonycsiszolatokban tapasztalt hasonló litológia, valamint az archív jelentésekben (FAZEKAS 1978, BARABÁSNÉ STUHL 1988) a fúrásra vonatkozóan megállapított homogén kifejlődés alapján feltételezhető, hogy a kőzetszakasz robbanásos kitöréssel járó vulkáni esemény termékét képviseli.

Szava–1 mélyfúrás

A világosszürke kőzet alapanyagában (70–75%) nagyméretű (max. 7–8 mm), porfíros kristályok (25–30%) vannak jelen. Az irányítatlan szövetű kőzetet gyakran repedések és érkitöltések járják át (2. ábra, c). A fő kőzetalkotó fenokristályok a szürke kvarc, a narancsszínű káliföldpát, a halványzöld plagioklász és a vörösbarna–fekete biotit. A kvarc- és a földpátkristályok gyakran töredeztettek, átlagos méretük 4–5 mm, míg a biotit mérete nem haladja meg az 1–2 mm-t.

Leírás

A kőzet szövete (7 db) porfíros mikroholokristályos, benne a fő kőzetalkotó fenokristályok (kvarc, káliföldpát, plagioklász és biotit) mérete jellemzően mm-es–cm-es (5. ábra). Az alapanyag főként kvarc és földpát mikro kristályokból áll; a földpátok átalakulása eredményeként helyenként szericitesedett, agyagásványosodott részek, továbbá biotit lemeztörödékek jelenléte is jellemző. Egyes minták alapanyagában a kvarc és földpát egyidejű kristályosodása révén kialakuló granofíros szövetet azonosítottunk (5. ábra, b). Az alapanyagkristályok szemcsemérete változó a minták között; egyes csiszolatok alapanyaga homogén és az elegyrészek egymáshoz viszonyított mérete alapján ekvigranuláris, míg más mintákban inhomogén, inekvigranuláris alapanyagot figyeltünk meg,

A kőzetet jellemzően repedések, érkitöltések járják át. Utóbbiak anyaga a legtöbb esetben karbonát (5. ábra, c), agyagásvány, kvarc (+földpát), illetve hematit. A töredezettség, repedezettség a fő kőzetalkotó fenokristályokra is jellemző. Megfigyelhető továbbá, hogy az inhomogén alapanyaggal rendelkező minták fenokristályait erősebb töredezettség, illetve az alapanyagukat is markánsabb törések és érkitöltések jellemzik, mint a homogén alapanyaggal rendelkező mintákban lévőket.

A kvarckristályok (5. ábra, a és d) aránya a kőzettérfogat 15–20%-a. Átlagos méretük 1,5–2 mm, míg a legnagyobb kristályméret 5 mm. Jellemzően félig sajátalakúak, ritkábban sajátalakúak, gyakran visszaolvadt szegéllyel és beöblösödésekkel. Kioltásuk egyenes, belsejükben gyakran fluidum-zárványosok figyelhetők meg. A nagyobb kristályok gyakran több kisebb darabra töredezték szét, azonban a későbbi ható folyamatok eredményeként egyes darabok részben, vagy teljes mértékben újra egyesültek (*rehealed* kvarckristályok). Egyes kvarcsejtsékek visszaolvadt peremén helyen-

ként kisebb, egyenes határvonalakkal rendelkező, tüskeszerű továbbnövekedéseket figyeltünk meg.

A földpátporfirok (10–15%; 5. ábra, c és e) átlagos mérete 3–3,5 mm, legnagyobb méretük 8–9 mm. Töredeztettek, dominánsan félig sajátalakúak, gyakran erősen átalakultak. A táblás, gyakran kétagú ikresedést mutató káliföldpátok mellett poliszintetikus ikres, szericitesedett plagioklászok is megjelennek. Agyagásványosodás és karbonátosodás egyrészt töréseik mentén, másrészt felületükön jellemző, mindkét földpátra.

Biotit (5. ábra, f) jelenléte nem jellemző valamennyi vizsgált mintára, aránya a kőzettérfogat 1–3%-a. Átlagos mérete ~400 µm, a legnagyobb kristályok elérik a 2 mm-t. Gyakran kifakult, illetve egyes részeken opakásványosodott; az erősen töredezett mintákban lemezekre esett szét.

Akcesszóriaként cirkon és apatit gyakori. A törött vagy ép cirkonkristályok mind az alapanyagban, mind a fő fenokristályokban, zárványként megjelennek.

Értelmezés

A porfíros mikroholokristályos szövet intermedier és savanyú vulkanitokra jellemző szövettípus, míg a granofíros szövet elsősorban savanyú és neutrális kőzetekben fordul elő, és lassabb hűlésre utal (McPHIE et al. 1993). Figyelembe véve az ásványos összetételt, a Szava–1 fúrás kőzetanyaga riolit. A fenti szövet nem zárja ki a korábban BARABÁSNÉ STUHL (1988) által feltételezett szubvulkáni eredetet. A fúrásban feltárt kőzettestről rendelkezésre álló csiszolatok korlátozott száma, a kőzetanyag jelentős átalakulása és töredezettsége azonban a szubvulkáni kőzetek egyértelmű elkülönítését nem teszi lehetővé a lávakőzetekétől. A riolitos lávaárak/lavadómok és a sekély mélységű intrúziók esetében a homogén, ekvigranuláris alapanyag az intrúzió/extrúzió magját (*core facies*), míg az erős töredezettség/breccsásodás és inhomogén alapanyag az intrúzió peremi részét, a carapax fáciest (*carapace facies*) képviseli (BREITKREUZ 2015, PAULICK & BREITKREUZ 2005). Átalakult vulkanitoknál hasonló megjelenést eredményezhet a pszeudobreccsásodás, amelyet az elsődleges szövet nem tökéletes elbontása hoz létre (ALLEN 1988). Meg kell jegyeznünk azonban, hogy FAZEKAS (1978) a Szava–1 fúrás vulkanit feletti, 5,2 m vastagságú kontakt zónájában feltárt kőzetet tektoniként értelmezte. Az elterjedési terület kútkönyveinek ismeretében (FAZEKAS 1978, BARABÁSNÉ STUHL 1988) e breccsásodási folyamatban tektonikus okok is szerepet játszottak.

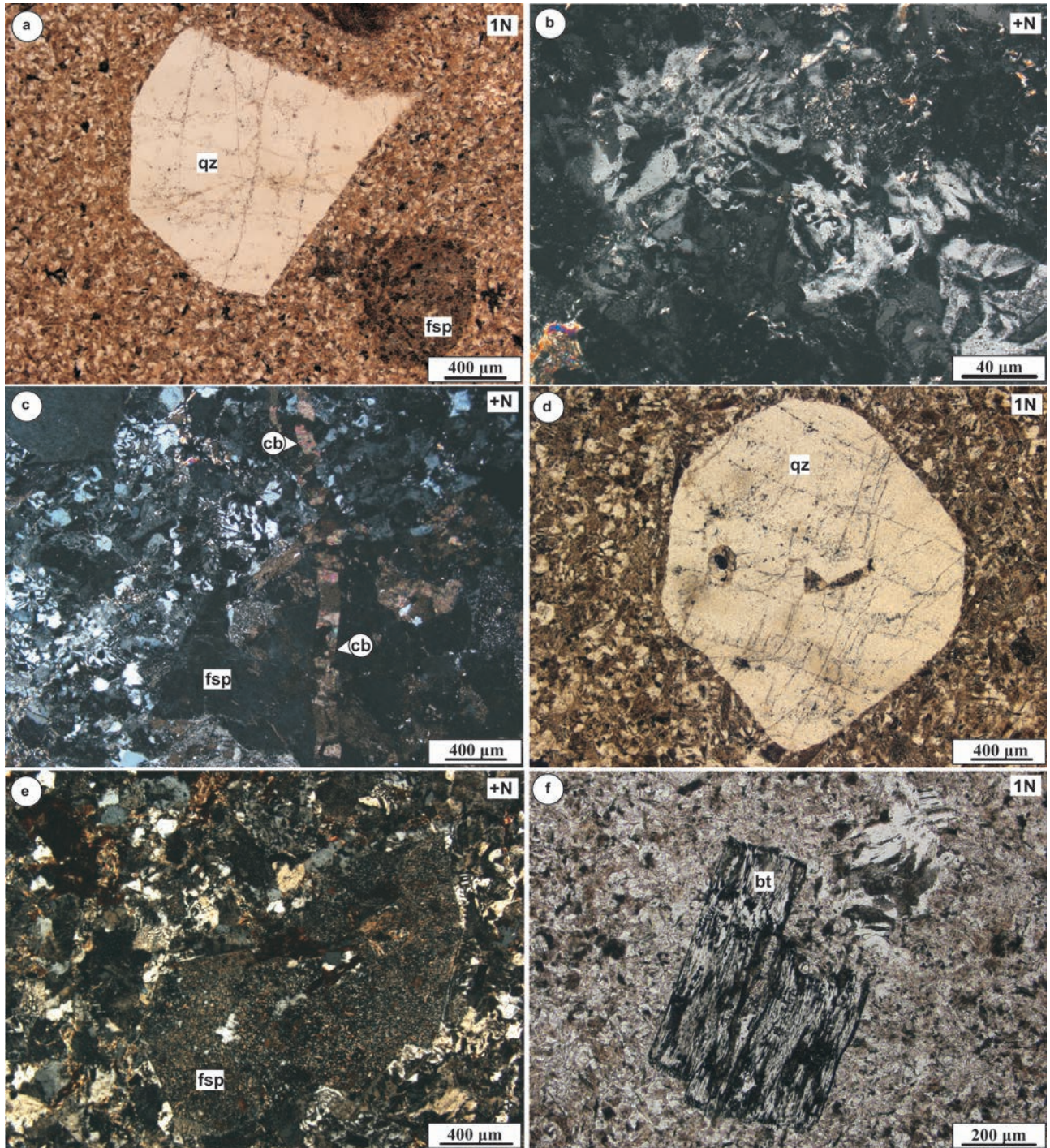
Vókány–2 mélyfúrás

A szürkéslila, nem irányított szövetű kőzet alapanyagában (70–75%) porfíros kristályok (25–30%) vannak jelen. A fő kőzetalkotó ásványok (kvarc, káliföldpát, plagioklász) mérete viszonylag széles tartományban változik a mm-esnél kisebb szemcséktől az akár 4 mm-es kristályokig. A kvarc sötétszürke, zsírfényű, jellemzően félig sajátalakú, gyakran rezorbeált. A káliföldpát kristályok főként félig sajátalakúak, narancsszínűek; gyakorúságuk és méretük meghaladja a fehér, félig sajátalakú, visszaolvadt plagioklászokét.

Leírás

A munkánk során vizsgált 4 minta szövete alapján két csoportra osztható. (1) A 94., a Via-14 és a Vókány-2 új minták szövete egyaránt átkristályosodott, felzites (6. ábra,

c és d); azok mátrixa kvarcból és földpátokból áll (a kőzet térfogatának kb. 70–80%-a). A fő kőzetalkotó fenokristályok porfirios kvarc, káliföldpát és plagioklász; méretük gyakran néhány mm-es (6. ábra, b–d). Mindhárom csiszoz-



5. ábra. A Szava-1 mélyfúrás (353,5–477,8 m-es mélység) kőzetanyagát bemutató mikrofotók

a – Porfirios mikroholokristályos szövet, félig sajátalakú kvarc és földpát kristállyal; b – Granofiros szövetű minta; c – A kőzetet átjáró karbonátos érkitöltés; d – Sajátalakú, enyhén rezorbeált kvarckristály; e – Átalakult, félig sajátalakú földpát kristály; f – Kifakult és opakásványsodott biotit

Rövidítések: bt: biotit, cb: karbonát, fsp: földpát, qz: kvarc, 1N: párhuzamos nikol állás, +N: keresztezett nikol állás

Figure 5. Microphotos of the studied samples from Szava-1 deep drilling (depth of 353.5–477.8 m)

a – Porphyritic microholocrystalline texture with hypidiomorphic quartz and feldspar crystals; b – Sample with granophyric texture; c – Vein, filled by carbonate crossing the texture; d – Idiomorphic, mildly resorbed quartz; e – Altered, hypidiomorphic feldspar; f – Biotite crystal, faded and partially turned to opaque phase

Abbreviations: bt: biotite, cb: carbonate, fsp: feldspar, qz: quartz, 1N: parallel nicols, +N: crossed nicols

latban szferolitok is találhatóak; a nagyobbak átmérője elérheti a 100 μm -t (6. *ábra*, *a*). Hintetten továbbá változó mennyiségű opak Fe-ásvány is jelen van a minták alapanyagában, illetve agyagásványos részek és kisebb biotit-kristályok figyelhetők meg (6. *ábra*, *d*).

A kvarckristályok (6. *ábra*, *b* és *c*) aránya a minták térfogatának 10–15%-a. Átlagos méretük ~900 μm , a maximális kristályméret ~2 mm. Jellemzően félig sajátalakúak, visszaolvadtak, helyenként mély beöblösődésekkel, üregekkel és belsejükben fluidum-zárványsorokkal. Az üregeket a minták átkristályosodott alapanyaga tölti ki. Helyenként néhány szilánkos kvarckristályt is megfigyeltünk. Gyakran fordulnak elő összeforrt (*rehealed*) kvarc szemcsék.

A földpátok (10–15%; 6. *ábra*, *b* és *d*) átlagos mérete 1–1,5 mm, míg a legnagyobb kristályméret ~2,5 mm. Uralakodóan félig sajátalakúak, visszaolvadt szegéllyel, de sajátalakú, táblás kristályok szintén előfordulnak. A káliföldpát dominanciája jellemző, de megjelennek a mintákban plagioklászok is. Gyakran átalakultak, szericitesedtek, agyagásványosodtak.

A ritkán (1–2%) előforduló biotitkristályok (6. *ábra*, *a*) átlagos mérete ~500 μm , míg a legnagyobb kristályméret ~1 mm. Gyakran kifakultak vagy opak pszeuromorfózákká alakultak át. Az opacitósodás mértéke az egyes minták között változó. A biotitban vagy a biotit és az alapanyag határán ritkán cirkonszemcséket figyeltünk meg.

(2) A fentiekől eltérően a 93. sz. mintát (6. *ábra*, *e* és *f*) finomabb szemcsékből álló alapanyag és gyenge osztályozottság jellemzi. Az alapanyagban továbbá átkristályosodott, relikv üvegszilánkok és egykori, kvarcmozaiikká kristályosodott horzsakövek jelennek meg. A juvenilis törmelékek irányítottágot nem mutatnak; a kőzet szövete relikv vitroklasztos.

A fő kőzetalkotó ásványok gyakran töredezték. A kvarckristályok megjelenésüket tekintve hasonlítanak a korábban bemutatottakhoz, azonban feltűnő a kisebb méretű, szilánkos szemcsék nagy gyakorisága. A mintában muszkovitot, illetve az alapanyag és biotitkristályok határán néhány cirkonszemcsét azonosítottunk. Helyenként a kőzetet pórusok járják át, amelyeket másodlagos kvarc tölt ki.

Az első csoport mintáival szemben vörös színű, üledékes eredetű (aleurolit) litoklaszt (6. *ábra*, *f*), továbbá kb. 100 μm -es méretű szenesedett növénymaradvány is található a mintában.

Értelmezés

Az első csoport mintáinak átkristályosodott, felzites, valamint szferolitós szövete a kőzetüveg devitrifikációja eredményeként alakult ki, ezek a savanyú kiömlési kőzetek jellemző szövettípusai (MCPHIE *et al.* 1993). Bár szferolitok lávakőzetekben és piroklasztitokban egyaránt előfordulhatnak (BREITKREUZ 2013), az előbbi három minta szöveti jellegéből (pl. juvenilis törmelékek és litoklasztok hiánya, kevés, töredezett fenokristály stb.) adódóan azok minden bizonnyal riolitos összetételű szubvulkáni vagy lávakőzetek lehetnek. Ugyanakkor az sem zárható ki, hogy az átkristályosodás mértéke annyira jelentős, hogy a korábbi (pl. az

összesült ignimbritekre jellemző eutaxitos) szövet teljes mértékben felülíródott, és az eredeti szövet felismerhetlenné vált. Ezek alapján a korábbi érckutatói jelentésekben mikrogránitos szövetű, kis mélységben kristályosodott, illetve kiűrt fációs riolitként dokumentált (KASSAI 1976, BARABÁSNÉ STUHL 1988) kőzetanyag genetikájáról egyértelmű megállapításokat nem lehet tenni.

A 93. számú, korábban tufaként dokumentált (FAZEKAS 1978, BARABÁSNÉ STUHL 1988) vékonycsiszolat esetében azonban megerősíthető a riolitos összetételű piroklasztit (tufa) besorolás.

Egerág–7 mélyfúrás

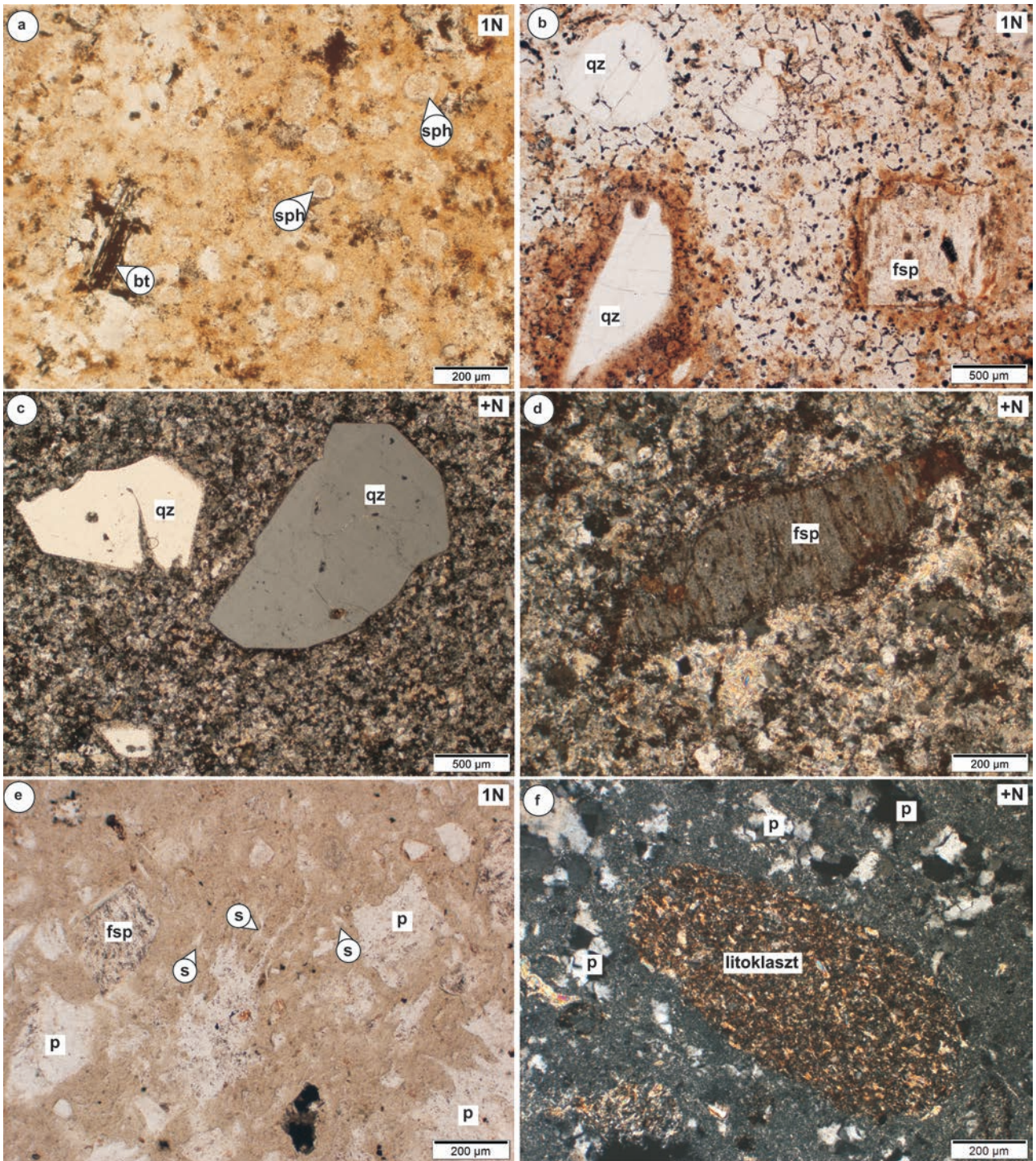
Az Egerág–7 mélyfúrásból rendelkezésünkre álló kőzetminták a fúrás ~700 m-es (2. *ábra*, *e*), illetve ~1200 m-es mélységeiből (2. *ábra*, *f*) származnak.

A teljes fúrás szakaszra vonatkozóan reprezentatívabb minta (2. *ábra*, *e*) vörösesbarna, porfíros megjelenésű kőzet. A finomszemcsés alapanyagban (60–65%) kristályok (30–35%) és mm–cm-es méretű, gyakran deformált, ívelt peremű klasztok (5%) vannak jelen. A klasztok színe sötétbarna, egymással gyakran párhuzamosan helyezkednek el, a kőzetnek gyenge irányítottágot adva. Megjelenésük alapján átalakult horzsakövek, amelyek belsejében gyakran jelentős arányban jelennek meg makroszkóposan is azonosítható fenokristályok. A kőzetalkotó kvarc és földpát mérete széles skálán változik a mm-esnél kisebb szemcséktől a 4–5 mm-es kristályokig. Jellemzően félig sajátalakúak, gyakran töredezték. A földpátok között elkülöníthető hússzínű káliföldpát, valamint gyakran erősen átalakult, agyagásványosodott, barnás–zöldes plagioklász-kristályok. A kvarckristályok szürkék, zsírfényűek. A mintában cm-es méretű litoklasztokat azonosítottunk, amelyek eredete magmás (granitoid) vagy metamorf.

Az ~1200 m-es mélységből származó mintát (2. *ábra*, *f*) korábban BARABÁSNÉ STUHL (1988) riolitlávába nyomult telérfázisként írta le. A kőzet hússzínű, porfíros szövetű. A fenokristályok jellemző mérete mm-es, maximális kiterjedésük elérheti a 7 mm-t; arányuk a kőzet térfogatának 25–30%-a. A finomszemcsés alapanyagban (70–75%) elkülöníthető fehér vagy halvány narancsszínű káliföldpát, fehér vagy zöldes színű (agyagásványosodott) plagioklász, valamint szürke, zsírfényű kvarc; a kristályok dominánsan félig sajátalakúak.

Leírás

Az Egerág–7 mélyfúrásból rendelkezésünkre álló 4 minta a petrográfiai bélyegek alapján két csoportra osztható. A fúrás kisebb mélységeiből származó minták (Via-16–18) gyengén osztályozott, finomszemcsés alapanyagból, különböző méretű fenokristályokból (a néhány 10 μm -es szemcséktől a mm-es nagyságrendű porfírokig), irányítottan elhelyezkedő, megnyúlt, erőteljesen ellaposodott, átalakult horzsakövekből és az alapanyagban elhelyezkedő, szintén többnyire megnyúlt, átkristályosodott üvegszilánkokból állnak (7. *ábra*, *a–d*). Az egykori üvegszilánkok



6. ábra. A Vókány-2 mélyfúrás kőzetanyaga (a-d: 1000,0 m, illetve 1139,6 m-es mélység; e-f: 774,8 m-es mélység)

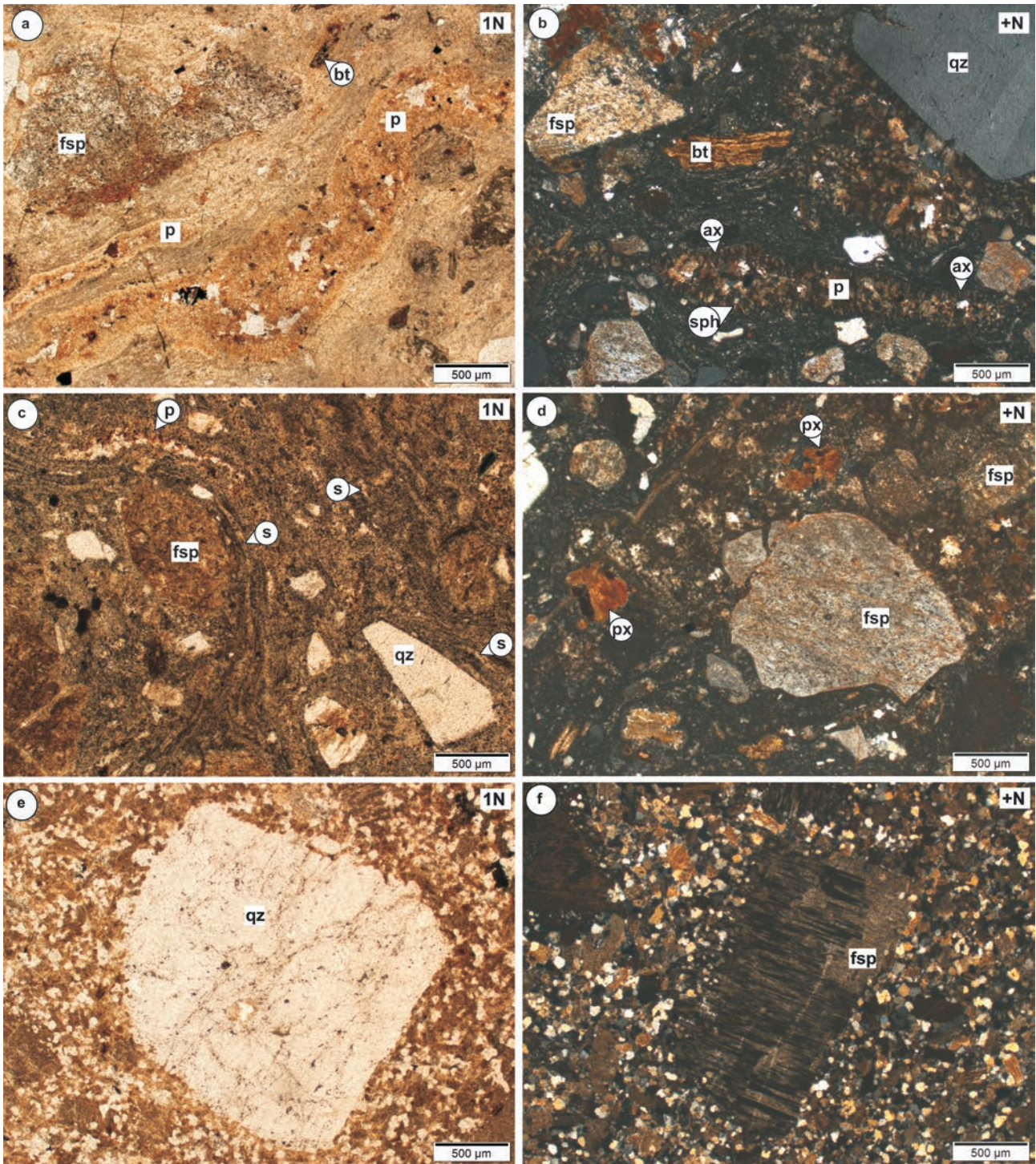
a – Átkristályosodott alanyag szferolitokkal és biotittal; b – Porfiros kristályok felzites szövetű mintában; c – Félíg sajátalakú, rezorbeált, illetve törött kvarckristályok; d – Káliföldpátkristály, szericitésedett, felzites szövetű mintában; e – Átalakult üvegszilánkok és horzsakövek piroklasztitban; f – Kvarcemozaiká kristályosodott horzsakövek és litoklaszt piroklasztitban

Rövidítések: bt: biotit, fsp: földpát, p: átalakult horzsakő, qz: kvarc, s: átalakult üvegszilánk, sph: szferolit, 1N: párhuzamos nikol állás, +N: keresztezett nikol állás

Figure 6. Microphotos of the studied samples from Vókány-2 deep drilling (a-d: depth of 1000.0 m and 1139.6 m; e-f: depth of 774.8 m)

a – Recrystallized matrix with spherulites and biotite; b – Porphyric phenocrysts in a sample with felsitic texture; c – Hypidiomorphic, resorbed and fractured quartz crystals; d – Potassium feldspar in a sericitized sample with felsitic texture; e – Altered glass shards and pumices in a pyroclastite sample; f – Former pumices crystallized to mosaic quartz and a piece of lithic clast in the pyroclastite

Abbreviations: bt: biotite, fsp: feldspar, p: altered pumice, qz: quartz, s: altered glass shard, sph: spherulite, 1N: parallel nicols, +N: crossed nicols



7. ábra. Az Egerág-7 mélyfúrás kőzetanyagát bemutató mikrofotók (a-d: 673,3–753,8 m-es mélység; e-f: ~1200 m-es mélység)

a – Irányítottan elhelyezkedő, devitrifikált horzsakövek, töredezett földpát és biotit; b – Átalakult horzsakő axiolitos szegéllyel és belsejében szferolittal, körülötte törött, félig sajátalakú kristályokkal; c – Irányítottan elhelyezkedő egykori horzsakövek és átkristályosodott üvegszilánkok; d – Káli-földpát és átalakult piroxén; e – Rójtos szegélyű kvarckristály; f – Porfiroz plagioklász mikroholokristályos szövetű mintában

Rövidítések: ax: axiolit, bt: biotit, fsp: földpát, p: átalakult horzsakő, px: piroxén, qz: kvarc, s: átalakult üvegszilánk, sph: szferolit, zrn: cirkon, 1N: párhuzamos nikol állás, +N: keresztezett nikol állás

Figure 7. Microphotos of the studied samples from Egerág-7 deep drilling (a-d: depth of 673.3–753.8 m; e-f: depth of ~1200 m)

a – Oriented devitrified pumices, fragmented feldspar and biotite; b – Altered pumice with axiolite at the margin and spherulite inside; around it fractured, hypidiomorphic crystals; c – Oriented former pumices and devitrified glass shards; d – Potassium feldspar and altered pyroxene; e – Quartz with fringed margin; f – Porphyritic plagioclase in a sample with microholocrystalline texture

Abbreviations: ax: axiolite, bt: biotite, fsp: feldspar, p: altered pumice, px: pyroxene, qz: quartz, s: altered glass shard, sph: spherulite, zrn: zircon, 1N: parallel nicols, +N: crossed nicols

egymáshoz és az ellaposodott horzsakövekhez is hozzátapadnak, velük összeolvadnak, kialakítva e minták erőteljesen irányított szövetét.

Az átalakult, deformált horzsakövek hossza jellemzően több mm-es; szegélyükön gyakran jelenik meg káliföldpát axiolit, belsejükben pedig káliföldpát szferolitok (7. ábra, b). Az átkristályosodott juvenilis klasztokat mozaikos kvarckristályok, a mintában lévő porfirokkal megegyező összetételű (dominánsan kvarc és földpát), kisebb (néhány 10 µm-es) kristályok, illetve finomszemcsés alapanyag tölti ki. Az egykori üvegszilánkok kvarccá és földpáttá kristályosodtak át, alakjuk többnyire megnyúlt (7. ábra, c), a nagyobb méretű egykori kőzetüveg szilánkok mérete ~200 µm.

A fő kőzetalkotók (kvarc, káliföldpát, plagioklász, illetve piroxén és biotit utáni pszeudomorfozák) mérete széles tartományban változik; a mintákban a fenokristályok gyakran töredezettek.

A kvarckristályok (7. ábra, b és c) a kőzet térfogatának ~15%-át teszik ki; méretük a néhány 10 µm-es, gyakran penge alakú kvarcszilánkoktól egészen a mm-es méretű porfirokig változhat (maximális méretük ~4 mm). Sajátalakúak vagy félig sajátalakúak, töröttek. Gyakran rezorbeáltak, és beöblösödéseket tartalmaznak, kioltásuk egyenes.

A mintában lévő földpátok (15–20%; 7. ábra, a–d) mérete a kvarckristályokéval mutat hasonlóságot. Átlagos méretük ~700 µm, míg legnagyobb kristályaik mérete ~3 mm. Közöttük gyakran kétagú ikresedéssel rendelkező, pertites vagy agyagásványosodott káliföldpátok és több esetben poliszintetikus ikres, szericitesedett plagioklászok különíthetők el. Kristályaik sajátalakúak, táblásak, vagy félig sajátalakúak, gyakran erőteljesen töredezettek, szegélyük mentén visszaolvadtak. A fúrás felső szakaszának mintáira a káliföldpátkristályok dominanciája jellemző.

Az átalakult piroxén- és biotitkristályok együttesen alkotják a kőzet térfogatának 4–5%-át. A piroxének (7. ábra, d) gyakran karbonátosodtak, nagyobb kristályaik mérete ~500 µm. A biotit (7. ábra, a és b) sajátalakú, lemezes, részben opakásványosodott, kloritosodott vagy kifakult, de kisebb gyakoriságban előfordulnak a mintákban viszonylag üde szemcsék is. Nagyobb kristályaik mérete 1–2 mm.

A minták alapanyagában jelentős gyakoriságban kis-méretű (néhány 10 µm-es) és általában pleokroos udvarral körülvett cirkonszemcséket azonosítottunk. További akcesszóriaként a kőzetanyagban turmalin és gránát jelenik meg. A gránátkristályok jellemzően félig sajátalakúak, szegélyük mentén gyakran visszaolvadtak, töredezettek, töröttek; a sajátalakú izometrikus formák viszonylag ritkák. Méretük széles skálán változik a néhány 10 µm-es töredékektől az akár 600–700 µm-es kristályokig. A nagyobb szemcsék belsejében ritkán zárványokat figyeltünk meg.

A fúrás talp közeléből származó minta (Via-20) kvarcból és földpátból álló mikroholokristályos szövetű, benne porfíros kristályokkal (7. ábra, e és f). Az alapanyag ekvigranuláris, az azt alkotó kvarc- és földpátkristályok mérete jellemzően néhány 10 µm-es, (max. ~100 µm-es); helyenként az alapanyag karbonátosodása figyelhető meg. A kvarc (~10%) és a földpát (15–20%) porfírok mérete általában

több mm-es. Sajátalakú, illetve ritkábban félig sajátalakú kristályaik szegélyük mentén gyakran visszaolvadtak, peremükön általában nem jól definiált lefutású vonal mentén, hanem rojtszerűen végződnek el, továbbnövekedve az alapanyag felé (7. ábra, e). A fúrás felső szakaszának mintáival ellentétben a kvarc fenokristályok aránya kisebb, továbbá nem az agyagásványosodott, gyakran pertites káliföldpát, hanem egyértelműen a poliszintetikus ikres, esetenként szericitesedett plagioklászok (7. ábra, f) dominanciája jellemző.

Értelmezés

A felső szakasz mintáit az azonosított szöveti bélyegek alapján piroklasztiként, átalakult, összesült, kristálygazdag horzsakőtartalmú lapillitufaként határoztuk meg. Az egykori horzsakövek megnyúlt alakja és erőteljes lapultsága az erősen összesült tufákra jellemző szöveti bélyeg. Az átalakult horzsakövek szegélyén e kőzetekben is megjelenő káliföldpát axiolitok, illetve belsejükben a földpát szferolitok szintén a nagy hőmérsékletű devitrifikáció bélyegei (GIFKINS et al. 2004, WILCOCK et al. 2013). A minták kvarcgazdagsága és a káliföldpát dominanciája alapján a fúrás kőzetanyaga a 432,0–753,8 m-es mélységközben riolitos összetételű piroklasztit.

A Via-20 mintában (~1200 m-es mélység) a korábbiakkal szemben a piroklasztit eredetre utaló szöveti bélyegeket nem azonosítottunk. A porfíros mikroholokristályos szövetű szubvulkáni vagy lávakőzet kemizmusa is eltérő, a fő fenokristályok alapján dácitos összetételű, azaz azoktól eltérő genetikával rendelkezik.

Szalánta–3 mélyfúrás

A Szalánta–3 mélyfúrásból rendelkezésünkre álló kézir példány (2. ábra, d) a fúrás 381,0 m-es mélységéből származik. A sötétbarna, porfíros megjelenésű kőzet finomszemcsés alapanyagában (70–75%) kristályok (20–25%) és mm–cm-es méretű, ívelt peremű klasztok (<5%) vannak jelen. A klasztok színe sötétbarna (az alapanyagénál sötétebb), egymással közel párhuzamosan helyezkednek el, a kőzetnek gyenge irányítottságot adva. Megjelenésük alapján ezek átalakult horzsakövek, amelyek belsejét jellemzően nem töltik ki makroszkóposan is azonosítható fenokristályok. A kőzetalkotó kristályok (kvarc, földpát) mérete széles skálán változik a mm-esnél kisebb szemcséktől az 5–6 mm-esekig. Jellemzően félig sajátalakúak, gyakran töredezettek. A földpátok gyakran átalakultak, elkülöníthetők hússzínű vagy mállott, rózsaszín káliföldpát, valamint átalakult, világosbarna–drapp plagioklászok kristályok. A kvarckristályok víztiszták, áttetszők vagy sötétszürkék, zsírfényűek.

Leírás

A Villányi-hegység északi előterének fentebb tárgyalt mélyfúrásaival ellentétben a Szalánta–3 fúrás az archivált MÉV csiszolatsorozat révén jelentős szakaszon (299,0–581,7 m) vizsgáltuk. A vulkáni-üledékes rétegsor kőzetanyagából készült csiszolatgyűjteményből 16 képviselte a

Gyűrűfű Riolitot, amelyek a 299,0–548,7 m-es szakasz különböző mélységéből származtak.

A Szalánta–3 mélyfúrásból rendelkezésünkre álló minták szöveteük és ásványos összetételük alapján két csoportra bonthatók. A fúrás felső szakaszának kőzetei (299,0–404,8 m, illetve az 505,5 m-es mélységből származó minta) egységesek, míg ezektől jelentős mértékben eltér a 459,3 m-es és az 548,7 m-es mélységből származó két minta.

Az első csoport mintái szintelen vagy halvány barnás-vörös, finomszemcsés alapanyagból és porfíros kristályokból (kvarc, káliföldpát, plagioklász földpát és biotit) állnak. A szövet változó mértékben irányított, amelyet átkristályosodott juvenilis törmelékek (horzsakövek és üvegszilánkok) hordoznak. A nem vagy csak részlegesen irányított szövetű mintákban gyakran a (mikro)felzites (kvarc–földpát–szericit összetételű) alapanyag dominál.

A horzsakövek alapvetően egymással párhuzamosan helyezkednek el (8. ábra, a), alakjuk megnyúlt, ellaposodott, a nagyobb fenokristályok környezetében jelentősen deformált (8. ábra, a és c), belsejükben buborékos szerkezet nem látszik. Szegélyüket jellemzően káliföldpát axiolitok alkotják (8. ábra, c), belsejükben földpát szferolitok is megjelennek, az átkristályosodás eredményeként kitöltésük mozaikos kvarc és földpát. Az átkristályosodás az alapanyag elsődleges szöveti bélyegeit több mintában szintén felülírta. A vulkáni üvegszilánkok alakja a mélység függvényében változhat, míg egyes mintákban az egykori üvegszilánkok eredeti X- és Y-alakja még felismerhető (8. ábra, b), addig máshol megnyúlt, deformált alakúak. Méretük átlagosan ~100–200 µm.

A fő kőzetalkotó ásványok (kvarc, káliföldpát, plagioklász és biotit) töredezetek, megjelenésük porfíros. A kvarckristályok (8. ábra, a–c) aránya ~10%, átlagos méretük ~700 µm, míg legnagyobb kristályaik mérete 2,5–3 mm. Sajátalakúak vagy félig sajátalakúak, rezorbeáltak, kisebb beöblösödésekkel, belsejükben gyakran fluidum-zárványosorokkal (8. ábra, c). Kristályaikat gyakran ívelt repedések járják át.

A földpát kristályok (10–15%; 8. ábra, b–d) átlagos mérete ~600 µm, míg legnagyobb kristályaik mérete ~3 mm. A kvarckristályokhoz hasonlóan félig sajátalakúak, töredezetek; a sajátalakú, táblás szemcsék ritkák. Elkülöníthetünk gyakran kétagú ikresedéssel rendelkező pertites káliföldpát-, illetve leggyakrabban szericitesedett, kloritosodott, poliszintetikus ikres plagioklász-kristályokat.

A biotit (1–3%; 8. ábra, a és c) átlagos mérete ~200 µm, a nagyobb kristályok mérete meghaladja az 500 µm-t. Főként sajátalakú, lemezes, de gyakoriak a szétesett vagy töredezett és a kompakt hatására meghajlott kristályok is (8. ábra, c). A feltárt szakasz felső részén (~300 m) a biotit erőteljes kloritosodása jellemző, míg a nagyobb mélységből származó mintákban saját színű, üde kristályok is azonosíthatók.

A fúrás e mintacsoportjában akcesszórikus elegyrészként gyakran közepes vagy nagy kiterjedésű pleokroos udvarral körülvett cirkont és apatitot (8. ábra, c) azonosítottunk, amelyek az alapanyagban vagy az alapanyag, illetve

valamelyik fenokristály (pl. biotit) határán találhatóak. Továbbá — főként a minták alapanyagában — gránátkristályok is megjelennek, amelyek jellemzően félig sajátalakúak, töredezetek, töröttek. Nagyobb kristályaik mérete meghaladja a 800 µm-t. Gyakran jelentős mértékben kloritosodtak, illetve belsejükben opakásványokat is azonosítottunk. Ritkán gránátkristályokat figyeltünk meg a fő fenokristályokban (pl. káliföldpát) zárványként, illetve azok gránátkristályokkal való összenövését is azonosítottuk.

Alárendelt mennyiségben valószínűleg metamorf eredetű, polikristályos kvarcból és biotitból álló litoklaszt (8. ábra, c) figyelhető meg.

A második csoport kőzeteinek szövete nem irányított, mikrofelzites–felzites, kvarc–földpát–szericit összetételű; benne a fenokristályok (uralkodóan plagioklász és káliföldpát) porfíros megjelenésűek (8. ábra, d–f). A felzites–porfíros szöveti elrendezést változatos ásványos összetételű (biotit/klorit, kvarc, földpát, opakásvány, karbonát) „cso-mók” (8. ábra, d) szakítják meg, amelyek mérete a néhány 100 µm-estől az 1–2 mm-esig terjed. Ezekben az ásványtársulásokban a biotitkristályok az opak ásványokat „koronaszerűen” körülveve jelennek meg (8. ábra, f).

A földpátok (25–30%) mérete széles tartományban változik a kisebb, néhány 100 µm-es, félig sajátalakú vagy szabálytalan alakú kristályoktól és töredékektől a 2–3 mm-es porfírokig. Általában félig sajátalakúak, szegélyük mentén gyakran visszaolvadtak és az alapanyaggal vékony ránövedési szegély mentén érintkeznek (8. ábra, e). A korábban bemutatott minták földpátjaihoz képest nagyobb az aránya az üde kristályoknak; az átalakult szemcsék általában enyhén szericitesedtek. Közel azonos arányban fordul elő a poliszintetikus ikres plagioklász (8. ábra, f) és a kétagú ikresedéssel rendelkező káliföldpát (8. ábra, e) az első mintacsoport egyértelmű káliföldpát dominanciájával szemben.

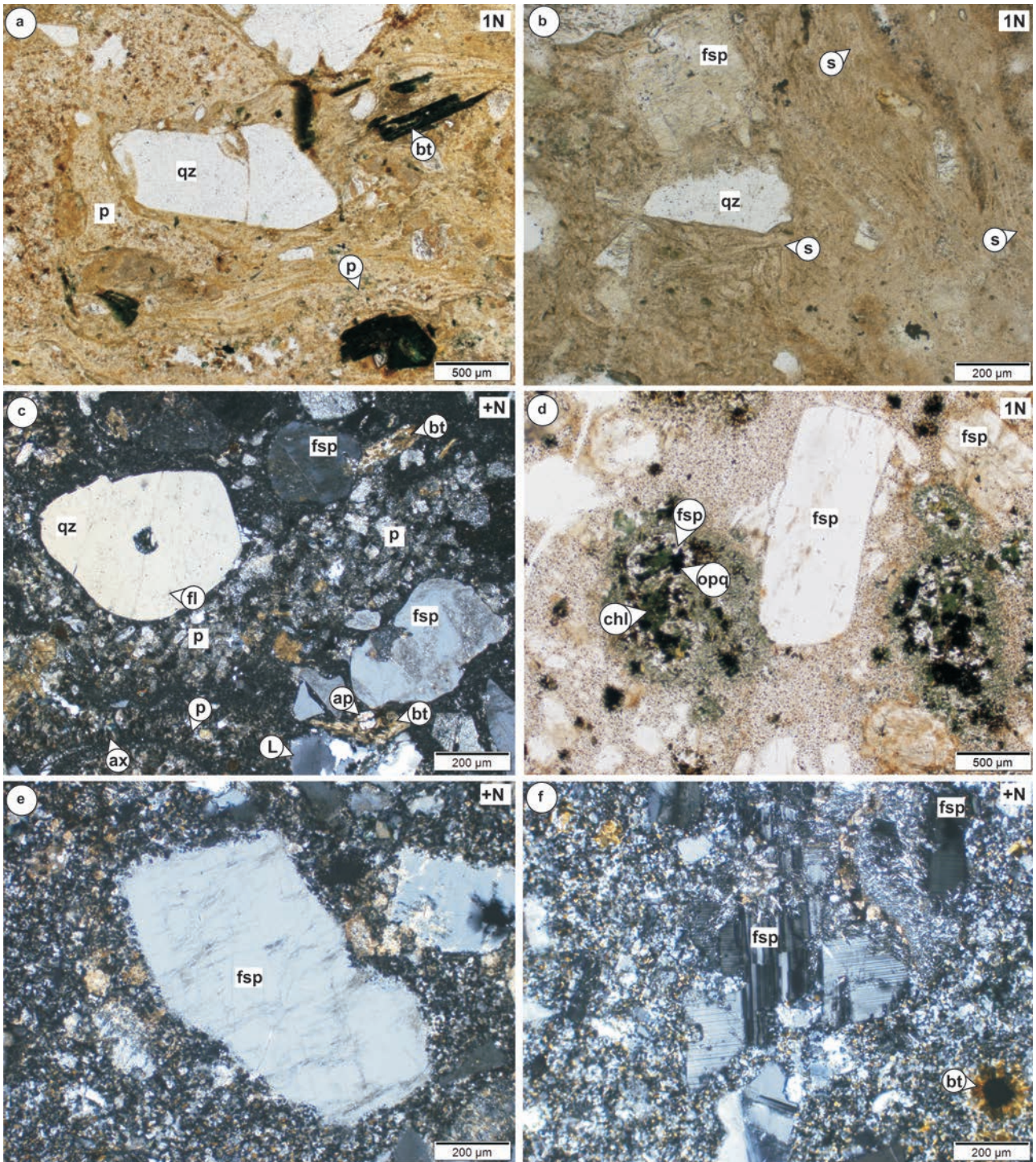
A mintákban továbbá nagyobb méretű (~500 µm) kloritosodott biotitkristályok is előfordulnak. Akcesszórikus elegyrészként cirkon jelenik meg az alapanyagban.

A Szalánta–3 mélyfúrás többi mintájához képest feltűnően kevés kvarckristályt tartalmaz e mintacsoport az alapanyagban mikrokristály, illetve kisebb kristálytöredékek (~100–200 µm-es méret) formájában.

Értelmezés

Az első csoporthoz tartozó minták egyértelműen piroklasztiként értelmezhetők. A horzsakövek megjelenésüket és szöveti elrendeződésüket tekintve az Egerág–7 fúrás mintáinak felsőbb szakaszain leírtakkal mutatnak jelentős hasonlóságot (erős lapultság, megnyúltság, devitrifikáció, nagyméretű kristályok hiánya). Azonban a minták között is tapasztaltunk különbséget a juvenilis törmelékek szöveti elrendeződésében, így feltételezzük, hogy a fúrás mentén az összesülés mértéke különböző volt. A riolitot összetételű kőzetanyag szöveti bélyegei alapján egy átalakult, változó mértékben összesült, kristálygazdag horzsakő-tartalmú lapillitufaként értelmezhető, és az egerági fúrásban feltárt piroklasztitokkal mutat egyezést.

Az Egerág–7 mélyfúrás felső szakaszához hasonlóan e



8. ábra. A Szalánta-3 mélyfúrás kőzetanyagát bemutató mikrofotók (a-d: 299,0–404,8 m-es mélység, illetve 505,5 m-es mélység; e-f: 459,3 m-es, illetve 548,7 m-es mélység)

a – Átalakult horzsakövek, félig sajátalakú rezorbeált kvarc és opakásványosodott biotit; b – Félig sajátalakú, törött, töredezett kvarc, földpát és átalakult üvegszilánkok; c – Mozaikos kvarccá kristályosodott egykori horzsakövek, körülöttük rezorbeált vagy törött kristályokkal; d – Biotit/klorit, kvarc, földpát, opakásvány összetételű csomók felzites szövetű vulkanitban; e – Rojtos szegélyű porfirós káli-földpát; f – Plagioklász földpát és opak ásvány körül koronaszerűen kristályosodott biotit

Rövidítések: ap: apatit, ax: axiolit, bt: biotit, cb: karbonát, chl: klorit, fl: fluidum-zárványsor, L: litoklaszt, opq: opakásvány, p: átalakult horzsakő, qz: kvarc, s: átalakult üvegszilánk, 1N: párhuzamos nikol állás, +N: keresztezett nikol állás

Figure 8. Microphotos of the studied samples from Szalánta-3 deep drilling (a-d: depth of 299.0–404.8 m and 505.5 m; e-f: depth of 459.3 m and 548.7 m)

a – Altered pumices, hypidiomorphic, resorbed quartz and biotite turned to opaque phase; b – Hypidiomorphic, fractured, fragmented quartz, feldspar and altered glass shards, c – Former pumices crystallized to mosaic quartz with resorbed or fractured crystals around them; d – Nodules with composition of biotite/chlorite, quartz, feldspar and opaque minerals in volcanics with felsitic texture; e – Porphyritic potassium feldspar with fringed margin; f – Crown-like crystallized biotite (around opaque phase) and plagioclase feldspar
Abbreviations: ap: apatite, ax: axiolite, bt: biotite, cb: carbonate, chl: chlorite, fl: fluid inclusions, L: lithics, opq: opaque mineral, p: altered pumice, qz: quartz, s: altered glass shard, 1N: parallel nicols, +N: crossed nicols

kőzetanyagban is megjelennek gránátkristályok, amelyek erősen átalakultak (kloritosodás, opakásványosodás); az átalakulások jelentős vastartalomra (almandinos összetétel) utalnak, amely JAKAB (2005) elektronmikroszkópi vizsgálataival is összhangban van. A Szalánta–3 mélyfúrás kőzetanyagában a gránátkristályok és a kálföldpát összenövése, valamint fenokristály-zárványként való megjelenésük felveti azok elsődleges magmás eredetét.

Ezzel szemben a másik mintacsoport felzites–mikrofelzites szövete erőteljes átkristályosodásra utal, ami savanyú kiömlési kőzetek jellegzetes szövettípusa (MCPHIE et al. 1993). Mind szöveti elrendezését, mind ásványos összetételét tekintve jelentős hasonlóságot mutat az Egerág–7 fúrás alsó (~1200 m-es mélység) szakaszáról származó mintával. A kvarc alárendelt szerepe és a plagioklász enyhe dominanciája miatt a kőzetanyag összetétele riódácitos–dácitos, így a fúrás felsőbb szakaszának piroklasztitjával nem mutat közvetlen genetikai rokonságot. Feltételezhetően e kőzet az egerági fúrás alsó litológiájával (szubvulkáni vagy lávakőzet) mutat egyezést. A fúrás alsó szakaszának két mintájában megjelenő, változatos ásványos összetételű „csomókhoz” hasonlókat a terület más fúrásanyagaiban nem figyeltünk meg. A bennük található, az opak ásványokat „koronaszerűen” körülvevő biotitkristályok feltételezhetően az elsődleges magmás szövetrel egyidőben kristályosodtak. Klorit a biotitkristályok, míg karbonát az alapvetően földpát- és kvarckristályokból álló alapanyag utólagos átalakulásával került az ásványtársulásokba.

Diszkusszió

A dél-dunántúli permi rétegsorban alpi regionális metamorf hatásokkal a szöveti fejlődésben nem kell számolni (FÜLÖP 1994, BARABÁS & BARABÁSNÉ STUHL 1998), ezért a vizsgált Gyűrűfői Riolit mintáiban a kihülés és az utóvulkáni hatások által létrehozott szöveti rendszert értelmeztük újra. A Villányi-hegység északi előterének mélyfúrásaiban feltárt kőzeteket egyrészt az archív leírások (FAZEKAS 1978, BARABÁSNÉ STUHL 1988) újraértelmezésével, másrészt petrográfiai megfigyeléseinkre támaszkodva különböző kőzettípusokra különítettük el (III. táblázat).

A korábbi ércutatási jelentésekben a Peterd–1, a Vókány–2 és az Egerág–7 mélyfúrások mintáiban „cseppalakú képleteket” és „tekervényes alakulatokat” írtak le, amelyek alapján azokat folyásos szövetű vulkáni kiömléses képződményekként értelmezték (FAZEKAS 1978, KONRÁD 1981, BARABÁSNÉ STUHL 1988). Petrográfiai vizsgálataink arra az eredményre vezettek, hogy a porfirós kristályokat is körülfogó „tekervényes alakulatok” devitrifikált horzsakövek, amelyek — és számos egyéb szöveti bélyeg — alapján ezek a kőzetek piroklasztitok. A korábbi jelentésekben leírt tömör vagy enyhén irányított, jól kristályosodott, felzites szövetű kőzetek kevésbé összesült, míg a fluidális, rosszul differenciált, felzites szövetű szakaszok erősen összesült litofáciest képviselnek. JAKAB (2005) az egykori horzsaköveket kristálygazdagságuk miatt beolvasztott gránitzár-

ványokként írta le. Bár a korábbi jelentésekben is azonosítottak piroklasztitokat a terület mélyfúrásaiból (pl. Bisse–1, felső szakasz, Vókány–2, felső szakasz), számottevő különbség az archív leírásokhoz képest azok kiemelten nagyobb aránya a vizsgált területen. A fenti eredmények jól illeszkednek a formáció kőzeteire vonatkozó korábbi kutatásainkban megállapítottakhoz, amelyek alapján a Gyűrűfői Riolit a Nyugati-Mecsekben piroklasztit, nem lávakőzet (II. táblázat; HIDASI et al. 2015, SZEMERÉDI et al. 2016).

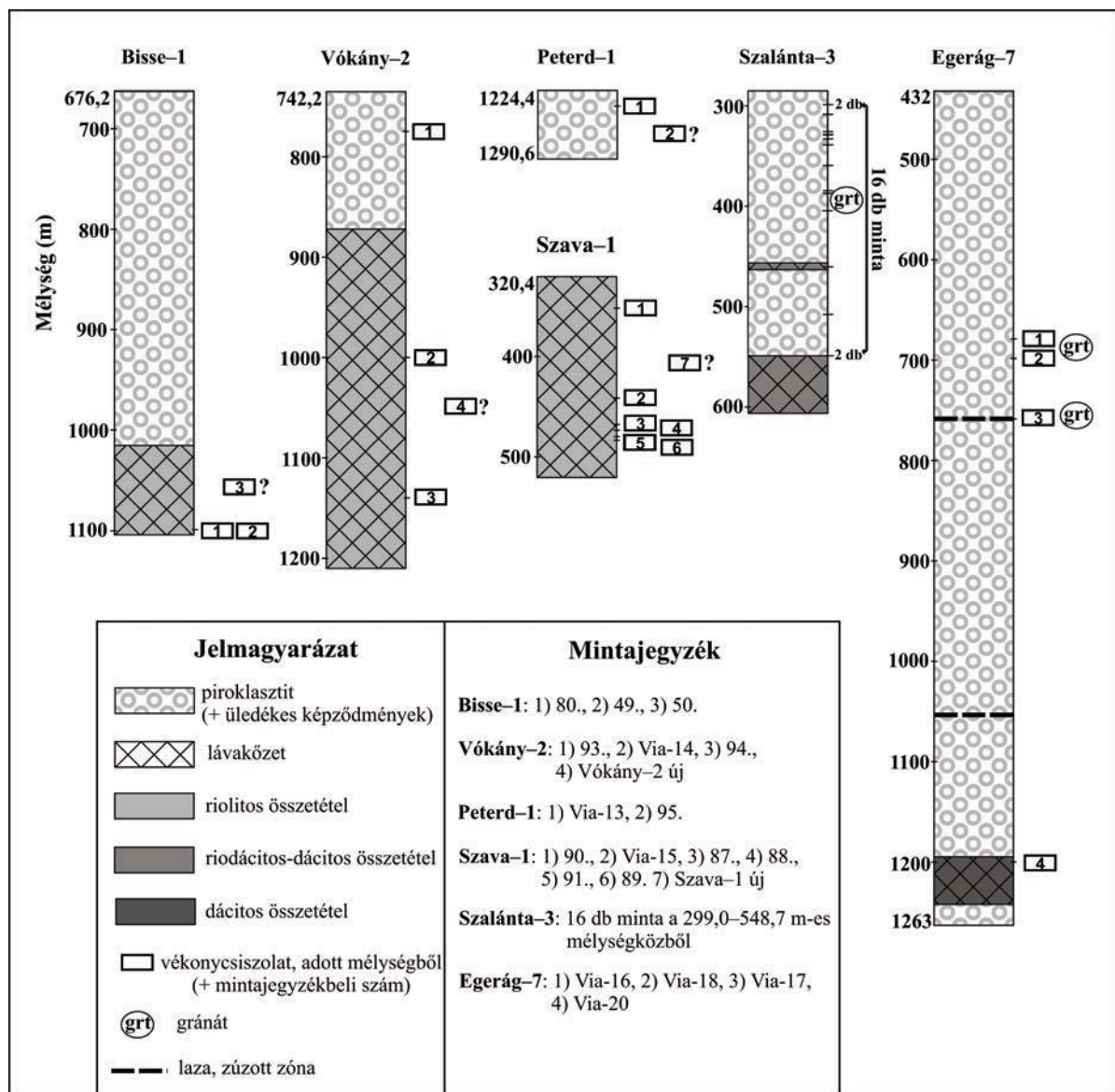
Terepi vulkanológiai megfigyelések hiányában, továbbá a kőzetek átkristályosodott, átalakult és gyakran erősen töredezett jellege miatt a szubvulkáni és lávakőzetek közötti egyértelmű petrográfiai elkülönítést nem lehetséges megtenni, annak ellenére, hogy a korábbi jelentésekben kategorizálásuk meglehetősen határozott és részletes volt (l. vulkáni kürtő, szubvulkáni mikrogránit; FAZEKAS 1978, BARABÁSNÉ STUHL 1988). Mindazonáltal az a tény, hogy a Bisse–1, a Vókány–2, az Egerág–7 és a Szalánta–3 mélyfúrásokban a szubvulkáni vagy lávakőzetekre közvetlenül piroklasztitok települnek (9. ábra) — közöttük üledékes rétegek nélkül —, illetve a Vókány–2 alsó szakaszának középső részén azonosított sferolitok, valamint a Bisse–1 mélyfúrás, alsó perlités fáciese arra utal, hogy lávafolyásokról/lávadómokról van szó. A Vókány–2 mélyfúrásban az alsó litológia nagy vastagsága — tekintve, hogy a savanyú lávafolyások jellemző vastagsága 20–300 m (WALKER 1973) — akár több folyási egységre/lávadómelegítésre is utalhat. Ezt megerősítik neogén savanyú lávaárakra/lávadómokra vonatkozóan SZEPESI (2009), illetve SZEPESI & KOZÁK (2008) eredményei (pl. a kőgáti savanyú lávaárszerkezet, Tokaji-hegység — legnagyobb vastagság: 207 m). Ellentmond az elképzelésnek viszont az a tény, hogy a Dél-Permi-medencében 30–600 m-es vastagságban írtak le riódácitos összetételű paleozoos lávaegységeket (PAULICK & BREITKREUZ 2005). Bár a Szava–1 mélyfúrás kőzetanyagát korábban szubvulkáni vagy telér kifejlődésű mikrogránit-porfírként értelmezték (FAZEKAS 1978, BARABÁSNÉ STUHL 1988), annak peremi breccsásodása és a carapax/mag fácies aránya alapján (PAULICK & BREITKREUZ 2005) szintén riolitos összetételű lávafolyásról/lávadómról lehet szó, amelyet a korábban leírt tektonikus hatások (FAZEKAS 1978, BARABÁSNÉ STUHL 1988) is módosíthattak. Az Egerág–7 és Szalánta–3 mélyfúrások esetében az egyes litológiák (piroklasztit és szubvulkáni/lávakőzet) ismétlődése (9. ábra) a telérek benyomulása (BARABÁSNÉ STUHL 1988) mellett tektonikai ismétléssel is magyarázható; a két litológia határán az üledékes képződmények hiánya, valamint a terület korábban bemutatott mélyfúrásai alapján szintén valószínűbb, hogy lávakőzetekről van szó. A tektonikai ismétlés lehetőségét a korábbi jelentésekben (KONRÁD 1981, BARABÁSNÉ STUHL 1988) leírt zúzott zónák is megerősítik (9. ábra).

A Villányi-hegység északi előterében a Gyűrűfői Riolit Formációba sorolt képződmények genetikailag alapvetően két nagy csoportba sorolhatók: piroklasztitok, illetve lávakőzetek (III. táblázat, 9. ábra). Megkülönböztethető: (1) piroklasztit riolitos összetétellel (Peterd–1, 1224,4–1290,6

III. táblázat. A Gyűrűfű Riolit Formáció fő litológiai csoportjai (piroklasztit, illetve lávaközet) a Nyugati-Mecsekben és a Villányi-hegység északi előterében (vizsgált kőzetanyag; fekü, fedő, kapcsolódó képződmények; új petrográfiai megfigyelések és értelmezések; fenokristályok; akcesszóriák; kémiai összetétel; radiometrikus koradatok; FAZEKAS 1978, BARABÁSNÉ STUHL 1988, SZEMERÉDI et al. 2016)

Table III. The main litological groups (pyroclastites and lava rocks) of the Gyűrűfű Rhyolite Formation in the area of the Western Mecsek Mts and the northern foreland of the Villány Mts (observed rocks; top, base, related formations; new petrographical observations and interpretations; phenocrysts; accessories; chemical composition; radiometric age data; FAZEKAS 1978, BARABÁSNÉ STUHL 1988, SZEMERÉDI et al. 2016)

Elterjedési terület – litológia	Nyugati-Mecsek – piroklasztit	Villányi-hegység északi előtere – piroklasztit	Villányi-hegység északi előtere – lávaközetek
Vizsgált kőzetanyag	Nyugati-Mecsek, felszíni feltárás (Gyűrűfű és Dinnyeberki települések közötti terület)	– Peterd-1 mélyfúrás – Vókány-2 (felső szakasz) – Egerág-7 (felső szakasz) – Szalánta-3 (felső szakasz) – Bisse-1 mélyfúrás?	– Szava-1 mélyfúrás – Vókány-2 (alsó szakasz) – Egerág-7 (alsó szakasz) – Szalánta-3 (alsó szakasz) – Bisse-1 mélyfúrás?
Fekü, fedő, kapcsolódó képződmények	– fekü: Korpádi Homokkő F. (alsó-perm) – fedő: Cserdi Formáció (középső-perm), illetve pleisztocén vagy pannóniai képződmények	– fekü: Korpádi Homokkő F. (alsó-perm; csak a Bisse-1 mélyfúrásban érték el) – piroklasztitok alatt egyes fúrásokban (Vókány-2, Egerág-7, Szalánta-3) lávaközetek – fedő: Jakabhegyi Homokkő F. (alsó-triász), illetve pannóniai képződmények	– fekü: Korpádi Homokkő F. (alsó-perm; csak a Bisse-1 mélyfúrásban érték el) – felettük piroklasztit (Vókány-2, Egerág-7, Szalánta-3) – fedő: Jakabhegyi Homokkő F. (Bisse-1), illetve tektonikus (Szava-1)
Petrográfiai megfigyelések és értelmezések	– eutaxitos szövetű, összesült és nem összesült, kristálygazdag horzsakőtartalmú lapillitufa (ignimbrit) – lapított, ívelt horzsakövek, axiolitos szegéllyel, belsejükben szferolitokkal és kristályokkal – litoklasztok (üledékes, Korpádi Homokkő F.)	– irányított, eutaxitos szövetű összesült horzsakőtartalmú lapillitufák (ignimbrit; Peterd-1, Egerág-7, részben a Szalánta-3) vagy nem irányított relikvit vitroklasztos szövet (Vókány-2) – axiolitos szegélyű horzsakövek, belsejükben szferolitokkal és kristályokkal, kivéve a Vókány-2 fúrás anyagát, ahol kvarcmozaikos a kitöltés – litoklasztok (Peterd-1 és Vókány-2, üledékes)	– porfíros mikroholokristályos (Szava-1, helyenként granofiros, Egerág-7), felzites-mirkofelzites (Vókány-2, szferolitokkal, Szalánta-3), perlitesszerkezet (egykori horzsakövek maradványaival, Bisse-1) – szubvulkáni és lávaközetek közötti egyértelmű elkülönítés gyakran nem lehetséges petrográfiai megfigyeléseken keresztül (töredezetség, átalakulások, alacsony mintaszám)
Fenokristályok	– félig sajátalakú, rezorbeált kvarc, belsejében fluidumzárvánnyal – mozaikos földpát kristályok (káli-földpát és plagioklász nehezen különíthető el) – opakásványosodott biotit – piroxén utáni pseudomorfóza	– félig sajátalakú, rezorbeált kvarc, belsejében gyakran fluidumzárvánnyal – irizáló, fésűs szerkezetű földpátok (Peterd-1); a többi kőzetanyagban káli-földpát-dominancia, gyakori átalakulások – opakásványosodott, kifakult vagy kloritosodott biotit – piroxén utáni pseudomorfóza (Peterd-1) – muszkovit (Vókány-2)	– félig sajátalakú, rezorbeált vagy rojtszerűen (Egerág-7) elvégződő kvarc, belsejében gyakran fluidumzárvánnyal – földpátok változatos átalakulásokkal; Egerág-7 és Szalánta-3: plagioklász-dominancia (többi fúrásban káli-földpát.), rojtszerű szegély – opakásványosodott, kifakult vagy kloritosodott biotit
Akcesszóriák	– cirkon: jelentős mennyiségben, gyakran törött, megnyúlt – apatit, monacit, rutil, xenotim, ilmenit	– cirkon: valamennyi fúrásban, változó mennyiségben – apatit (Peterd-1, Szalánta-3), gránát (Egerág-7, Szalánta-3)	– cirkon: változó mennyiségben; Szava-1: nagy gyakoriságban, izometrikus szemcsék – apatit (Szava-1)
Kémiai összetétel	riolitos	riolitos	riolitos (Bisse-1, Szava-1, Vókány-2), dácitos (Egerág-7), riódácitos-dácitos (Szalánta-3)
Radiometrikus koradatok (*BARABÁSNÉ STUHL 1988)	– 267,2±4,1 millió év (felszíni, U-Pb, 2015) – 199,2±7,5 millió év (Gyűrűfű 9018., K-Ar*)	– 240,15±9,0 millió év (Egerág-7, felső szakasz, K-Ar*) – 240,6±9,0 (Vókány-2, felső szakasz, K-Ar*)	– 240,2±9,0 millió év (Szava-1, K-Ar*) – 241,5±9,1 millió év (Egerág-7, alsó szakasz, K-Ar*)



9. ábra. A Gyűrűfű Riolit Formációba sorolt képződmények fúrasi rétegoszlopai a Villányi-hegység északi előterében

A „Mintajegyzékben” számokkal jelölt minták a „Vulkanitok, etalon kollektió” csiszolatgyűjteményből, míg a Via-X jelzésekkel ellátottak, az ELTE bemutató gyűjteményéből származnak, mindkét esetben a csiszolatok gyűjteménybeli azonosítóját adtuk meg

Figure 9. Geological columns of the penetrated sections of the Gyűrűfű Rhyolite Formation in the northern foreland of the Villány Mts

Samples are presented below 'Mintajegyzék': thin sections from collection called 'Vulkanitok, etalon kollektió' are marked by numbers, while samples from the collection of ELTE are marked by Via-X labels; in both case the identifier numbers from the appropriate collections are used

m; Vókány-2, 742,2–876,0 m; Egerág-7, 432,0–1200 m; Szalánta-3, 285,0–505,5 m; Bisse-1 (?), 676,2–1025,0 m); (2) lávaközet riolitos összetétellel (Bisse-1, 1025,0–1104,5 m; Szava-1, 320,4–515,7 m; Vókány-2, 876,0–1203,0 m); (3) lávaközet dácitos összetétellel (Egerág-7, ~1200–1242,0 m); továbbá (4) lávaközet riodácitos–dácitos összetétellel (Szalánta-3, 548,7–601,2 m; 9. ábra).

Az egyes litológiai (piroklasztitok és lávaközetek) települési helyzete alapján a Villányi-hegység északi előterében feltételezhető egy korábbi lávaöntéssel járó magmás tevékenység, amelyet egy robbanásos kitérésekkel kísért vulkanizmus követhetett, a területet helyenként — a helyi domborzat függvényében — kifejezetten nagy vastagságú (több

száz méter) ignimbrittakaróval befedve. A magmás tevékenység eredményeként Bisse–Vókány térségében (1. ábra) riolitos összetételű lávadóm/lávaár alakulhatott ki, amelynek a Vókány-2 mélyfúrás alsó szakaszának felzites, szferolitos kőzetanyaga a központi vagy ahhoz közeli (átmeneti) zónáját, míg a Bisse-1 fúrás alsó szakaszának perlitess/horzsás perlitess anyaga annak töredezett, peremi zónáját képviselheti (McPHIE et al. 1993, SZEPESI 2007, SZEPESI & KOZÁK 2008). Szintén savanyú összetételű lávafolyást/lavadómot tárhatott fel a Szava-1 mélyfúrás. A bissei és vókányi fúrásokhoz hasonlóan korrelálhatók az egymással szomszédos Egerág-7 és a Szalánta-3 mélyfúrások (1. ábra) alsó szakaszainak riodácitos–dácitos összetételű

lávaközei. E savanyú és/vagy intermedier vulkáni központokat temethette el az akár regionális léptékű ignimbrittakaró, amelynek képződményei a Peterd–1, a Vókány–2 (felső szakasz), az Egerág–7 (felső szakasz), a Szalánta–3 (felső szakasz) és a Bisse–1 (felső szakasz) mélyfúrásokban is feltárásra kerültek. Az Egerág–7 mélyfúrásban a piroklasztitok nagy vastagságából és az erősen, illetve kevésbé összesült kőzetváltozatok ismétléséből adódóan feltételezhető, hogy több folyási egységet tártak fel.

Elgondolkodtató e piroklasztitoknak a korábbi nyersanyagkutatási jelentésekben (KONRÁD 1981, BARABÁSNÉ STUHL 1988) leírt jellegzetessége: az Egerág–7 fúrásban 70–80°-os irányítottságú szövetrészeket figyeltek meg. Ezek kutatásaink alapján a devitrifikált horzsakövek, amelyek meredek (50–80°-os), akár közel függőleges dőlése a piroklasztikus telérek egyik jellemvonása (AGUIRRE-DÍAZ & LABARTHE-HERNÁNDEZ 2003). Analógiákra támaszkodva, főként a fiatalabb képződmények kutatásából (pl. Nyugati-Sierra Madre ignimbritjei) kiindulva, a horzsakövek ilyen orientációja akár extenziós környezetben zajlott permokarbon hasadékvulkanizmust is jelezhet, ahol kürtőként a terület normálvetői funkcionálhattak (AGUIRRE-DÍAZ & LABARTHE-HERNÁNDEZ 2003). Ugyanakkor a horzsakövek orientációja a hasadékvulkanizmus mellett utalhat tektonikus kibillenésre is.

A Villányi-hegység északi előterében feltárt piroklasztitok — a nyugati-mecseki felszíni kőzetanyaghoz hasonlóan (SZEMERÉDI et al. 2016) — kristálygazdagok, bennük a fenokristályok a kőzet térfogatának akár 30–40%-át is kitehetik. Az átalakult horzsakövekben szintén nagy mennyiségű kristály figyelhető meg. Közettani besorolásuk nem egyértelmű ásványos összetételük alapján, mert a plagioklász és szanidin fenokristályok mennyiségi jellemzői bizonytalanok a már korábban is felvetett változó mértékű albitosodás és kálimetaszomatózis lehetősége miatt (FAZEKAS 1978). A kőzetekben előforduló piroxén kristályok (illetve pszeudomorfózák) azonban a dácitos összetételt helyezik előtérbe a riolitossal szemben, és a dácitos összetételű piroklasztitok esetében gyakran megfigyelhető nagy kristálytartalom is.

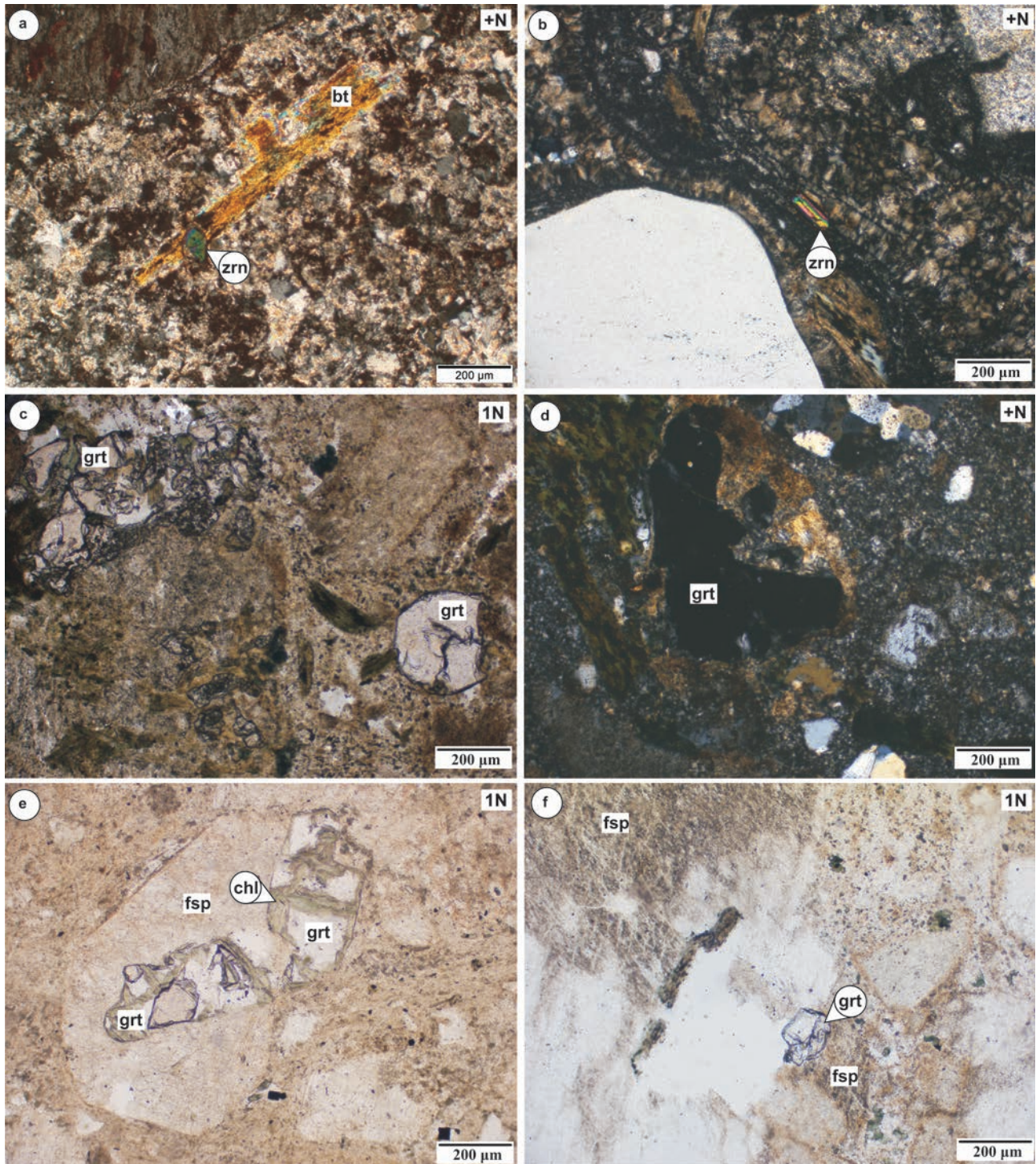
A másodlagos földpát átalakulások közül az irizáló káliföldpátok megjelenését emelnénk ki, ami többek között a Peterd–1 mélyfúrás kőzetanyagában a legszembetűnőbb. JAKAB (2005) elektronmikroszkópi vizsgálatai során e földpátszemcsékben a káliföldpát domének és Na-gazdag (Ab) sávok váltakozását mutatta ki, ami általában a káliföldpát (ortoklász) és az Ab-fázis lemezes mikro-kriptopertit alakban történő elkülönülésére jellemző (adulár vagy „holdkő”). Az általánosan elterjedt hidrotermás kristályosodási módtól (pl. érkitülő fenn-nőtt kristályok formájában) eltérően, piroklasztitokban ez a jellegzetes, csillogó földpátváltozat kálimetaszomatózisra utalhat. Arid környezetben hullott, vulkáni üvegben gazdag tufák gyakori átalakulási folyamata ugyanis az adulárosodás (ENNIS et al. 2000, ROUGVIE & SORENSSEN 2002). Hasonló hatások érhatték a korábbi tanulmányunkban (SZEMERÉDI et al. 2016) bemutatott nyugati-mecseki felszíni kőzetmintákat is, amelyekből szeparált földpátkristályok az előzetes röntgen pordiffrak-

ciós vizsgálatot alapján szintén aduláros összetételűek (SZEMERÉDI et al. 2016). A Peterd–1 mélyfúrásban azonosított irizáló földpátok mellett a nyugati-mecseki miocén konglomerátum kavicsanyagából is kerültek elő irizáló, kékes színjátékú földpátot tartalmazó riolitkavicsok (JÓZSA et al. 2009), így — a permi arid környezetből kiindulva — nem zárható ki egy akár regionális léptékű kálimetaszomatózis (ENNIS et al. 2000). Ez a folyamat a terület vulkanitjainak és piroklasztitjainak kémiai és ásványos összetételét módosíthatta, ezáltal a kristálygazdag dácitos kőzetből nagyobb alkáliatartalmú, legalább részben riolitos jellegű létrehozva.

A kristálygazdag, nagy vastagságú és homogén (kémiai gradiens nélküli) összetételű dácitos (63–71 m/m% SiO₂) ignimbritet a szakirodalom monoton intermedier képződménynek (*monotoneous intermediates*) nevezi (HILDRETH 1981). A villányi előtérben megfigyelhető piroklasztitokat kristálygazdagságuk, dácitos jellegük és látszólagos kémiai homogenitásuk alapján a monoton intermedier képződményekhez soroljuk. Ilyen kőzetként ismert például a Fish Canyon Tufa (USA, BACHMANN et al. 2002) és az Andokbeli Atana Ignimbrit (LINDSAY et al. 2001) is. Ezeknek a vulkáni formációknak a keletkezését BACHMANN & BERGANTZ (2004, 2008), valamint HUBER et al. (2012) a középső–felső kéregbeli magmatározóban kifejlődő kristálykásának egy új magmabenyomulás miatti reaktiválódásával és annak kirobbanásával magyarázzák.

Az akcesszóriák közül a cirkon korhatározási szempontból jelentős, a gránát viszont utalhat geodinamikai környezetben történt változásra (*10. ábra*). A terület egyes fúrásaiban (Egerág–7, Szalánta–3) feltételezhetően magmás eredetű gránátkristályok jelennek meg piroklasztitban, amelyek összetételét JAKAB (2005) túlnyomórészt almandinként határozta meg. Almandin elsődleges magmás fázisként olyan mészkalkáli vulkáni kőzetekben jelenhet meg, ahol a földkéregben kristályosodás során gránát is kiválik, nagy víztartalmú, Al-gazdag kőzetolvadékból, és a magma nem tartózkodik hosszú ideig sekély mélységű magmakamrában (HARANGI et al. 2001). A gyors feláramláshoz tektonikusan gyenge zónák, illetve a geodinamikai környezetben történő változás (pl. kompressziósból extenziós) szükséges, aminek eredményeképpen a magma gyorsan felszínre tud törni vetők, illetve törészónák mentén (HARANGI et al. 2001). Messzemenőbb petrogenetikai következtetéseket azonban csak a gránátkristályok részletes fő- és nyomelem geokémiai összetétel vizsgálata alapján lehet levonni. Ilyen potenciális törésvonalak jelenlétét sugallhatják a Villányi-hegység északi előteréből korábban bemutatott szerkezetek (pl. meredek dőlésű horzsakövek – piroklasztikus telérek), a hasadékvulkanizmus valószínűségét megerősítve.

Végezetül a hazai rétegtanban a Gyűrűfői Riolit Formációba sorolt kőzetekről rendelkezésre álló ismeretek értelmezéséhez elengedhetetlen az európai Variszcidák egyéb területeinek (pl. Erdélyi-szigethegység, Észak-Gömörikum, Észak-Veporikum, Intra-Szudéta-medence, Dél-Permi-medence) permokarbon savanyú-intermedier vulkanitjairól rendelkezésünkre álló ismeretek integrálása. A fenti területek permokarbon magmatizmusát gyakran többfázisú



10. ábra. Akcessóriák a Gyűrűfői Riolit Formáció Villányi-hegység északi előterében feltárt kőzetanyagából

a – Sajátalakú cirkon, zárványként, biotitkristályban, Vókány-2 (ismeretlen mélység); b – Sajátalakú, zónás cirkon, alanyanyagban, Szalánta-3 (333,3 m-es mélység); c – Töredezett gránátkristályok, Egerág-7 (~700 m-es mélység); d – Félíg sajátalakú gránát, Egerág-7 (~700 m-es mélység); e – Félíg sajátalakú kloritosodott, töredezett gránát, káliföldpáttal összenöve, Szalánta-3 (387,5 m-es mélység); f – Töredezett gránát, káliföldpátban, zárványként, Szalánta-3 (404,8 m-es mélység)

Rövidítések: bt: biotit, chl: klorit, fsp: földpát, grt: gránát, zrn: cirkon, 1N: párhuzamos nikol állás, +N: keresztezett nikol állás

Figure 10. Accessories in rock samples of Gyűrűfői Rhyolite Formation from the northern foreland of the Villány Mts

a – Idiomorphic zircon as an inclusion in biotite, Vókány-2 (unknown depth); b – Idiomorphic, zoned zircon in the matrix, Szalánta-3 (depth of 333.3 m); c – Fragmented garnet crystals, Egerág-7 (depth of ~700 m); d – Hypidiomorphic garnet, Egerág-7 (depth of ~700 m); e – Hypidiomorphic, chloritized, fragmented garnet showing intergrowth with potassium feldspar, Szalánta-3 (depth of 387.5 m); f – Fragmented garnet in potassium feldspar as an inclusion, Szalánta-3 (depth of 404.8 m)

Abbreviations: bt: biotite, chl: chlorite, fsp: feldspar, grt: garnet, zrn: zircon, 1N: parallel nicols

eseményként értelmezték, amelyet radiometrikus koradatok támasztanak alá (AWDANKIEWICZ 1999, AWDANKIEWICZ & KRYZA 2010, NICOLAE et al. 2014, VOZÁROVA et al. 2015). A permokarbon vulkáni-üledékes-rétegsorokban mind a vulkanizmus mechanizmusában (szubvulkáni intrúziók, lávaközetek és piroklasztitok), mind annak kemizmusában gyakran változó képződményeket tártak fel (pl. AWDANKIEWICZ 1999, NICOLAE et al. 2014, VOZÁROVA et al. 2015). Ebből adódóan az európai Variszcidák analóg területeinek magmatizmusa több esetben hosszú ideig fennálló, geokémiaiilag (a bázisostól a szilíciumgazdagig) változó, illetve működésében és a kitörés mechanizmusában, ezáltal a létrehozott formákban (pl. szubvulkáni intúziók: lakkolitok, dyke-ok; kalderák; ignimbrit-takarók stb.) is sokszínű, összetett események sorozata. Jelen tanulmányunkban bemutatott eredményeink arra engednek következtetni, hogy a Dél-Dunántúl területén is egy hasonlóan összetett, akár hosszabb ideig (~néhány 10 millió év) is fennálló vulkáni rendszer működhetett, amelynek kőzeteit korábban leegyszerűsítve, egyetlen rétegtani marker képződményként kezelték.

Az európai Variszcidák permokarbon savanyú magmatizmusait figyelembe véve külön kiemelendő a Dél-Permi medence egyik szubprovinciájának (Fletchingen-Altmark Szubprovincia) és a Villányi-hegység északi előterének nagyfokú hasonlósága, amely két tényezőben testesül meg. Egyrészt a Fletchingen-Altmark Szubprovinciát a Villányi-hegység északi előteréhez hasonlóan dominánsan nagyvastagságú (~600 m) horzsakő- és litoklasztgazdag ignimbrit-takaró jellemzi, amelyet lakkolitok, lávadómak és lávafolyások szakítanak meg (idősebb és fiatalabb képződmények egyaránt; GEISLER et al. 2008). Másrészt a korábban említett analóg területek esetében a Tiszai-egységen kívül (Erdélyi-sziget-hegység; NICOLAE et al. 2014) a fenti szubprovincia az egyetlen terület, ahol permokarbon ignimbritben akcesszórius elegyrészként gránát jelenik meg (GEISLER et al. 2008).

A Gyűrűfői Riolit vulkáni rendszerének alaposabb jellemzésében és korrelációjában a fúrások menti radiometrikus (U-Pb, cirkon) kormérések, illetve a teljes kőzet (fő- és nyomelem) geokémiai vizsgálatok hozhatnak előrelépést; azonban a korlátozott mintaszám miatt e megismerés valószínűleg teljes körű már nem lehet.

Következtetések

A Gyűrűfői Riolit Formáció Villányi-hegység északi előterében feltárt kőzetei két fő csoportba sorolhatók: elkü-

löníthetők piroklasztitok, valamint lávaközetek. A tanulmányunkban vizsgált fúrásanyagok és a korábbi nyersanyagkutatási jelentések adatai alapján, a területen feltételezhető egy idősebb, savanyú/intermedier lávaöntéssel járó magmás tevékenység, amelynek képződményeit — a vulkanizmus mechanizmusának változásával — egy regionális léptékű, nagyvastagságú ignimbrit-takaró fedte be. A piroklasztitok kristálygazdagsága helyenként eredetileg dácitos olvadék-összetételre utal, amelyet utólagos kálmetaszomatikus folyamat (l. földpát kristályok adalárosodása) érthetett. Az ignimbritekben elsődleges magmás gránatkristályokat azonosítottunk, amelyek részletes vizsgálata szintén információkkal szolgálhat a terület permi vulkanizmusáról.

Eredményeink azt mutatják, hogy a Dél-Dunántúlon — az európai Variszcidák analóg permi kifejlődési területeihez hasonlóan — egy komplex, akár hosszabb ideig fenálló vulkáni rendszer működhetett, amely alaposabb jellemzéséhez és korrelációjához további vizsgálatokat tervezünk.

Köszönetnyilvánítás

Ez a munka az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/114/14, LUKÁCS Réka) és az Emberi Erőforrások Minisztériuma UNKP-17-4 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának (VARGA Andrea) támogatásával készült. LUKÁCS Réka kutatómunkáját a NKFIH PD121048 sz. projektje tette lehetővé. Vékonycsiszolatok készítéséért BENCsik Attilának (SZTE TTIK Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék), míg a tanulmányozott kőzetminták rendelkezésünkre bocsátásáért JÓZSA Sándornak és SZAKMÁNY Györgynek (mindketten ELTE Kőzetan-Geokémiai Tanszék), valamint MÁTHÉ Zoltánnak (Mecsekérc Zrt.) mondunk köszönetet. SZEMERÉDI Máté paleozoos vulkanológiai kutatása az Introduction to physical volcanology and volcanic textures (Freiberg, 2015. június 19–22.) című rövidkurzushoz és az Uniwersytet Wrocławski fogadóintézményben 2015. szeptember 28. és 2016. február 14. között folytatott ERASMUS+ tanulmányokhoz (szerződésszám: 15/KA1HE/142/SMS-187) kapcsolódott.

Ezekhez tartozóan Christoph BREITKREUZ-ot (TU Bergakademie Freiberg, Németország) és Marek AWDANKIEWICZ-et (Uniwersytet Wrocławski, Lengyelország) illeti köszönet.

A kézirat gondos bírálatáért JÓZSA Sándor és SZEPESI János lektoroknak szeretnénk köszönetet mondani.

Irodalom — References

- ALLEN, R. L. 1988: False Pyroclastic Textures in altered silicic lavas, with implications for volcanic-associated mineralization. — *Economic Geology* **83**, 1424–1446. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.83.7.1424>
- AUGIRRE-DÍAZ, G. J. & LABARTHE-HERNÁNDEZ, G. 2003: Fissure ignimbrites: Fissure-source origin for voluminous ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and its relationship with Basin and Range faulting. — *Geology* **31**, 773–776. <https://doi.org/10.1130/g19665.1>
- AWDANKIEWICZ, M. 1999: Volcanism in the late Variscan intramontane trough: Carboniferous and Permian volcanic centres of the Intra-Sudetic Basin, SW Poland. — *Geologica Sudetica* **32**, 13–47.

- AWDANKIEWICZ, M. & KRYZA, R. 2010: The Góry Suche Rhyolitic Tuffs (Intra-Sudetic Basin, SW Poland): preliminary SHRIMP zircon age. — *Mineralogia - Special Papers* **37**, p. 70.
- BACHMANN, O. & BERGANTZ, G. W. 2004: On the origin of crystal-poor rhyolites: extracted from batholithic crystal mushes. — *Journal of Petrology* **45**, 1565–1582. <https://doi.org/10.1093/petrology/egh019>
- BACHMANN, O. & BERGANTZ, G. W. 2008: The magma reservoirs that feed supereruptions. — *Elements* **4**, 17–21. <https://doi.org/10.2113/gselements.4.1.17>
- BACHMANN, O., DUNGAN, M. A. & LIPMAN, P. W. 2002: The Fish Canyon magma body, San Juan volcanic field, Colorado: Rejuvenation and eruption of an uppercrustal batholith. — *Journal of Petrology* **43**, 1469–1503. <https://doi.org/10.1093/petrology/43.8.1469>
- BARABÁS A. & BARABÁSNE STUHL Á. 1998: A Mecsek és környéke perm képződményeinek rétegtana. — In: BÉRCZI I. & JÁMBOR Á. (szerk.): *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana*. — MOL Rt. – MÁFI kiadvány, Budapest, 187–215.
- BARABÁSNE STUHL Á. 1988: A Dél-Baranyai dombság és a Villányi hegység perm képződményeinek kutatásáról készített összefoglaló jelentés IV. fejezete a perm képződményekről. — Mecsekérc Zrt. (volt MÉV) Adattár, Pécs, 100–213.
- BREITKREUZ, C. 2013: Spherulites and lithophysae – 200 years of investigation on high-temperature crystallization domains in silica-rich volcanic rocks. — *Bulletin of Volcanology* **75**, 705, 16 p. <https://doi.org/10.1007/s00445-013-0705-6>
- BREITKREUZ, C. 2015: Introduction to physical volcanology and volcanic textures. — *Short course guide*, TU Bergakademie, Freiberg, 55 p.
- ENNIS, D. J., DUNBAR, N. W., CAMPBELL, A. R., CHAPIN, C. E. 2000: The effects of K-metasomatism on the mineralogy and geochemistry of silicic ignimbrites near Socorro, New Mexico. — *Chemical Geology* **167**, 285–312. [https://doi.org/10.1016/S0009-2541\(99\)00223-5](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(99)00223-5)
- FAZEKAS V. 1978: Kutatási Zárójelentés: A magyarországi felső-paleozoos vulkanitok ásvány-kőzettani-, kémiai-, valamint sugárzóanyag-tartalom vizsgálata. — *Kutatási zárójelentés*, Mecseki Ércbányászati Vállalat Kísérleti Adattár (J-3033), 141 p.
- FAZEKAS V. & VINCZE J. 1991: Hidrotermás ércindikációk a Villányi-hegység északi előtere mélyfúrásaiban. — *Földtani Közlemények* **121**, 23–56.
- FINK, J. H. & MANLEY, C. R. 1987: Origin of pumiceous and glassy textures in rhyolite domes and flows in the emplacement of silicic domes and lava flows. — *Geological Society of America Special Papers* **212**, 77–89. <https://doi.org/10.1130/spe212-p77>
- FÜLÖP J. 1994: *Magyarország geológiája Paleozoikum II*. — Akadémiai Kiadó, Budapest, 445 p.
- GIFKINS, C. C., ALLEN, R. L. & MCPHIE, J. 2005: Apparent welded textures in altered pumice-rich rocks. — *Journal of Volcanology and Geothermal Research* **142**, 29–47. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2004.10.012>
- GEISSLER, M., BREITKREUZ, C. & KIERSNOWSKI, H. 2008: Late Paleozoic volcanism in the central part of the Southern Permian Basin (NE Germany, W Poland): facies distribution and volcano-topographic hiatus. — *International Journal of Earth Sciences (Geol. Rundsch.)* **97**, 973–989. <https://doi.org/10.1007/s00531-007-0288-6>
- HARANGI SZ., DOWNES, H., KÓSA L., SZABÓ CS., THIRLWALL, M. F., MASON, P. R. D. & MATTEY, D. 2001: Almandin Garnet in Calc-alkaline Volcanic Rocks of the Northern Pannonian Basin (Eastern–Central Europe): Geochemistry, Petrogenesis and Geodynamic Implications. — *Journal of Petrology* **42/10**, 1813–1843. <https://doi.org/10.1093/petrology/42.10.1813>
- HIDAS T. 2013: A Gyűrűfői Riolit Formáció kőzetmintáinak vizsgálata a Mecseki Ércbánya Vállalat „Vulkanitok, etalon kollekció” csiszolatgyűjteményének felhasználásával. — *Diplomamunka SZTE Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, Szeged*, 77 p.
- HIDAS T., VARGA A., PÁL-MOLNÁR E. 2015: A Gyűrűfői Riolit kőzetmintáinak vizsgálata a Mecseki Ércbányászati Vállalat „Vulkanitok, etalon kollekció” csiszolatgyűjteményének felhasználásával: nyugat-mecseki preparátumok. — *Földtani Közlemények* **145/1**, 3–22.
- HILDRETH, W. 1981: Gradients in Silicic Magma Chambers: Implications for Lithospheric Magmatism. — *Journal of Geophysical Research* **86**, 10153–10192. <https://doi.org/10.1029/jb086ib11p10153>
- HUBER, C., BACHMANN, O., DUFEK, S. 2012: Crystal-poor versus crystal-rich ignimbrites: A competition between stirring and reactivation. — *Geology* **40**, 115–118. <https://doi.org/10.1130/g32425.1>
- JAKAB A. 2005: A Gyűrűfői Riolit kőzettani és geokémiai leírása. — *Diplomamunka*, ELTE Kőzettan-Geokémiai Tanszék, Budapest, 79 p.
- JÓZSA S., SZAKMÁNY GY., MÁTHÉ Z. & BARABÁS A. 2009: A Mecsek és környéke miocén konglomerátumok felszíni elterjedése és a kavicsanyag összetétele. — In: *Magmás és metamorf képződmények a Tiszai Egységben*, GeoLittera, Szeged, 195–217.
- KASSAI M. 1976: A Villányi-hegység előterének perm képződményei. — *Geologica Hungarica series Geologica*, Budapest, 88 p.
- KONRÁD GY. 1981: Egerág–7 sz. mélyfúrás paleozoos rétegeinek földtani leírása. — *Kézirat jelentés*, MÉV Adattár, Pécs, 53 p.
- LINDSAY, J. M., SCHMITT, A. K., TRUMBULL, R. B., DE SILVA, S. L., SIEBEL, W. & EMMERMANN, R. 2001: Magmatic evolution of the La Pacana caldera system, Central Andes, Chile: Compositional variation of two cogenetic, large-volume felsic ignimbrites. — *Journal of Petrology* **42**, 459–486. <https://doi.org/10.1093/petrology/42.3.459>
- MCCARTHUR, A. N., CAS, R. A. F. & ORTON, G. J. 1998: Distribution and significance of crystalline, perlitic and vesicular textures in the Ordovician Garth Tuff (Wales). — *Bulletin of Volcanology* **60**, 260–285. <https://doi.org/10.1007/s004450050232>
- MCPHIE, J., DOYLE, M. & ALLEN, R. 1993: *Volcanic textures: A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks*. — Centre for Ore Deposit and Exploration Studies, University of Tasmania, 198 p. <https://doi.org/10.1007/BF00326466>
- NICOLAE, I., SEGHEDI, I., BOBOȘ, I., AZEVEDO, M. R., RIBEIRO, S. & TATU, M. 2014: Permian volcanic rocks from the Apuseni Mountains (Romania): Geochemistry and tectonic constraints. — *Chemie der Erde* **74**, 125–137. <https://doi.org/10.1016/j.chemer.2013.03.002>
- PAULICK, H. & BREITKREUZ, C. 2005: The Late Paleozoic felsic lava-dominated large igneous province in northeast Germany: volcanic facies analysis based on drill cores. — *International Journal of Earth Sciences (Geol. Rundsch.)* **94**, 834–850. <https://doi.org/10.1007/s00531-005-0017-y>
- RICHNOW, J. 1999: Eruptive and post-eruptive processes in rhyolite domes. — *PhD thesis*, University of Canterbury, New Zealand, 546 p.
- ROUGVIE, J. R. & SORENSEN, S. S. 2002: Cathodoluminescence record of K-metasomatism in ash-flow tuffs: Grain-scale mechanisms and large-scale geochemical implications. — *Geology* **30**, 307–310. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2002\)030<0307:crokmi>2.0.co;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2002)030<0307:crokmi>2.0.co;2)

- STEVENSON, R. J., BRIGGS, R. M. & HODDER, A. P. W. 1994: Physical volcanology and emplacement history of the Ben Lomond rhyolite lava flow, Taupo Volcanic Centre, New Zealand. — *New Zealand Journal of Geology and Geophysics* **37**, 345–358. <https://doi.org/10.1080/00288306.1994.9514625>
- SZEDERKÉNYI T. 1962: Földtani jelentés a Ny Mecseki (Gyűrűfű) kvarcporfír földtani, kőzettani és radiológiai vizsgálatának eredményeiről. — *Kéziratok jelentés* (J–0100), Mecsekérc Zrt. (volt MÉV) Adattár, Pécs, 92 p.
- SZEMERÉDI M. 2016: A Gyűrűfű Riolit Formáció kőzeteinek komplex vizsgálata a Dél-Dunántúlon. — *Diplomamunka*, SZTE Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, Szeged, 99 p.
- SZEMERÉDI M., VARGA A., LUKÁCS R. & PÁL-MOLNÁR E. 2016: A Gyűrűfű Riolit Formáció kőzettani vizsgálata a felszíni előfordulások alapján (Nyugati-Mecsek). — *Földtani Közlemények* **146/4**, 335–357.
- SZEPESI J. 2007: Textural zonation and geochemistry of an acidic lava flow base, a case study of Sátor-Krakó range, Abaújszántó, Tokaj-mountains. — *Acta GGM Debrecina* **2**, 115–132.
- SZEPESI J. 2009: A savanyú vulkanizmus fáciesstani vizsgálata ÉK-Magyarországon. — *Doktori (PhD) értekezés*, Debreceni Egyetem, Földtudományi Doktori Iskola, Debrecen, 214 p.
- SZEPESI J. & KOZÁK M. 2008: A telkibányai Cser-hegy–Ó-Gönc riolit-perlit vonulat fáciesgenetikai és paleovulkáni rekonstrukciója. — *Földtani Közlemények* **138/1**, 61–83.
- VARGA A., PÁL-MOLNÁR E., RAUCSIK B., SCHUBERT F., GARAGULY I., LUKÁCS R. & KISS B. 2015: A dél-alföldi permo-mezozoos képződmények: a diagenézis-történet jellemzése és előzetes regionális korreláció kőzettani és geokémiai eredmények alapján. — In: DÁLYAY V., SÁMSON M. (szerk.): *Tisia Konferencia* (Pécs, 2015. február 27–28.), 17–20.
- VOZÁROVA, A., PRESNYAKOV, S., ŠARINOVÁ, K. & ŠMELKO, M. 2015: First evidence for Permian-Triassic boundary volcanism in the Northern Gemicum: geochemistry and U-Pb zircon geochronology. — *Geologica Carpathica* **66**, 375–391. <https://doi.org/10.1515/geoca-2015-0032>
- WALKER G. P. L. 1973: Length of lava flows. — *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A* **274**, 107–118. <https://doi.org/10.1098/rsta.1973.0030>
- WILCOCK M. A. W., CAS, R. A. F., GIORDANO, G. & MORELLI, C. 2013: The eruption, pyroclastic flow behaviour, and caldera in-filling processes of the extremely large volume (> 1290 km³), intra- to extra-caldera, Permian Ora (Ignimbrite) Formation, Southern Alps, Italy. — *Journal of Volcanology and Geothermal Research* **265**, 102–126. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2013.08.012>

Kézirat beérkezett: 2017. 03. 28.