

Válasz

Dr. Demény Attila, az MTA rendes tagja

Pál-Molnár Elemér: „Zárt és nyílt rendszerű magmás folyamatok a Ditrői Alkáli Masszívumban” című, az MTA doktora cím elnyeréséért benyújtott értekezéséről készített bírálói véleményére

Mindenekelőtt szeretném megköszönni Demény Attila akadémikus úrnak az elmúlt években tanúsított ösztönző, bátorító hozzáállását az értekezésem elkészítéséhez és beadásához. Köszönöm alapos, sok részletre kiterjedő kritikai észrevételeit, gondolatébresztő megjegyzéseit és javaslatait. Nagyon köszönöm MTA doktori értekezésem eredményeinek méltatását, pozitív értékelését.

A bírálatban feltett kérdésekre, észrevételekre az alábbiakban válaszolok (az *opponensi megjegyzéseket és kérdéseket, valamint az idézeteket dőlt betűvel szedtem*).

1. Az értekezés alapvetően jól feldolgozható, világos. Ugyan nem mentes az elütésektől, nyelvtani hibáktól, de a zavaró mértéket nem éri el. Esetenként apróságokban lehet hibát találni, mint pl. az 5.1. fejezet első bekezdésében, a „mágneses tömegspektrométer” említése, hiszen minden tömegspektrométer mágneses. Érdekes megjegyezni, hogy az 5.1 fejezetben gyakoriak a hibák, lásd a Balogh (1985) hivatkozás helyett „Balogh Kad. (1985)”. A standard deviáció helyett standard szórást írnék, a „legkevésbé bomlott” közetek helyett pedig „legkevésbé átalakult” lenne a javaslatom. Ezek apróságok, nem is képezik a jelen értékelés lényegi részét.

Elfogadom Opponensem kritikai észrevételeit. Értekezésemben minden igyekezetem – és több éves könyvszerkesztői tapasztalatom – ellenére is előfordul néhány szakmaiatlan, magyartalan megfogalmazás, rossz elválasztás, vagy nyelvtani hiba. Annak azért örülök, hogy mindezek a hibák „a zavaró mértéket nem érik el”.

Opponensem azon megjegyzéséhez miszerint „az 5.1 fejezetben gyakoriak a hibák, lásd a Balogh (1985) hivatkozás helyett „Balogh Kad. (1985)” a következőt fűzném hozzá: 1995-ben, társszerzőmmel Árváné Sós Erzsébettel írt cikkünk irodalomjegyzékének összeállításánál szerzőtársam felhívta figyelmem, hogy Balogh Kadosa munkáinak hivatkozásánál a Balogh, Kad. változatot használjam, mert a Balogh, K. félreértésekre adhat okot, ugyanis könnyen összetéveszthető Balogh Kálmán (Balogh, K.) kiváló geológusunk munkáival. Tiszteletben tartottam kérését, minekutána Balogh Kadosa is Balogh, Kad.-ként jegyezte munkáit. Az alábbiakban bemutatott hivatkozáslista éppen Balogh Kadosa 2006-ban írt akadémiai doktori értekezése irodalomjegyzékének egy részlete.

Balogh Kad. (1984): A K/Ar földtani kormeghatározási módszer hazai bevezetése és alkalmazásának eredményei. Kand. Ért., MTA ATOMKI, Debrecen, p. 104.

Balogh Kad. (1995): K/Ar study of the Tihany Volcano, Balaton Highland, Hungary. Report on the work supported by the European Community in the frame of program ‘Integrated Basin Studies’, Institute of Nuclear Research, Hungarian Acad. Sci., Debrecen, p. 12

Balogh Kad. (1999): K/Ar módszeres földtörténeti kutatások, a módszer alkalmazási lehetőségeinek kiterjesztése. Zárójelentés a T 014961 sz. OTKA projektről (1995-1998). MTA ATOMKI, Debrecen, p. 20

2. Az értekezés érdeme a részletes makroszkópos és petrográfiai leírás, a dolgozat a későbbi tanulmányokhoz rendkívül hasznos kiinduló dokumentációt jelent. Ehhez azonban rendkívül hasznos lett volna egy részletes mintavételi térkép, a feltárások részletes dokumentálása, esetleg GPS-koordinátákkal. Egy teljes értékű, a későbbi korok kutatói által is kiindulásként használható értekezésnek ez fontos eleme lenne, talán egy online verzióban ezt később is meg lehetne oldani.

Miután Dr. Karátson Dávid bírálóm is hasonló véleményt fogalmazott meg, mindkét Opponensemnek adott válaszom azonos.

„Opponensem véleményével teljes mértékben egyetértek, a folyamatban lévő és a jövőbeli masszívummal kapcsolatos bármilyen jellegű vizsgálat alapját a feldolgozott kőzet- és laborminta anyag fellelhetősége, azonosíthatósága és úgy általában a reprodukálás lehetőségének biztosítása jelenti. MTA doktori értekezésem limitált terjedelmi korlátai nem tették lehetővé a több száz begyűjtött és vizsgált kőzetminta lelőhelyi és makroszkópos megjelenítését és bemutatását. Ez azonban nem jelenti azt, hogy ezek ne lennének dokumentálva.

Kőzettani kutatásaink az 1987–1989, valamint az 1993–1996, illetve 2004–2020 közötti földtani (kőzettani) térképezési kampányokra támaszkodtak. A térképezés során közel 40 fontosabb szelvény mentén több mint ezer ponton történt megfigyelés és kőzetmintagyűjtés. Emellett feldolgoztuk az 1-es, 6-os, 12-es, 19-es, 20-as, 25-ös és 28-as számú tárók, valamint a 2-es számú akna meddőhányóinak kőzeteit is. Természetesen a kezdetektől fogva gondosan dokumentáltuk és jegyzőkönyveztük a feltárásokat, a mintavételi helyeket és a begyűjtött kőzetmintákat. Idővel alkalmaztuk a műszaki fejlődés adta lehetőségeket is. Amióta rendelkezésünkre áll a GPS-alkalmazás, a feltárások, kőzetminták térképi helymeghatározása ezzel a módszerrel történik. Egy ilyen 2020-as terepi és laboratóriumi vizsgálati online dokumentációs részlet az alábbiakban látható. A dokumentáció tartalmazza a terepi és a makroszkópos fotódokumentációt is.”

Minta-azonosító	Kőzettípus			Lelelőhely és GPS koordináták	Kézi-példány	Vékony-csiszolat	Teljes kőzet geokémia	Ásványgeokémia	
	Terepi meghatározás	Mikroszkópos meghatározás	Teljes kőzet geokémiai meghatározás					Főelem elemzés	Nyomelem elemzés
LBH2	Irányított szövetű szienit	Irányított szövetű monzodiorit	Monzonit	Hegyoldal a Bordea-pataktól Ny-ra 46.86200, 25.51558	✓	1 db	Vancouver AcmeLabs	Orléans (mikroszonda) Amp, Bt, Mc, Pl,	Orléans (LA-ICP-MS) Amp, Bt, Mc, Pl,
LI18f	Irányított szövetű szienit	Irányított szövetű monzonit	Monzonit	Orotva, iskolaépület mögött 46.86448, 25.52762	✓	1 db	Vancouver AcmeLabs	Orléans (mikroszonda)	Orléans (LA-ICP-MS)
LTa29	Alkáliföldpát szienit	Monzonit	Monzonit	Tászok-patak 46.86344, 25.50844	✓	1 db	Vancouver AcmeLabs	Orléans (mikroszonda) Amp, Act, Cpx,	Orléans (LA-ICP-MS) Amp, Act, Cpx,
LTo35	Kvarcszenit	Monzogranit	Kvarcmonzonit	Török-patak 46.8887, 25.55766	✓	1 db	Vancouver AcmeLabs	Orléans (mikroszonda)	Orléans (LA-ICP-MS)
LN50/1	Gránit	Gránit	Gránit	Nagyrez-patak 46.86842, 25.58544	✓	1 db	Vancouver AcmeLabs	Orléans (mikroszonda)	Orléans (LA-ICP-MS)
LO52/1	Lamprofir	Lamprofir	Bazanit	Orotva-patak 46.86653, 25.58136	✓	1 db	Vancouver AcmeLabs	Orléans (mikroszonda) Amp, Bt, Cpx, Pl,	Orléans (LA-ICP-MS) Amp, Bt, Cpx, Pl,



Az LO52/1 számú kőzetminta (lamprofir) feltárási és makroszkópos fotódokumentációja

Köszönöm Opponensem tanácsát az online dokumentáció létrehozását illetően. Teljes mértékben egyetértek, egy ilyen, a világhálón mindenki számára elérhető, hozzáférhető terepi, laboratóriumi dokumentáció a későbbi korok kutatói számára, kiindulásként, összehasonlításként nagyon hasznos lenne, lehetne. (Megjegyzem, egy ilyen dokumentációnak mi is nagyon örültünk volna.) A dolog tervben van, adataink nagy része www-kompatibilis, azonban úgy gondoltam, amíg az általam irányított kutatócsoport aktív a DAM területén és folyamatban lévő kutatásaink vannak, addig ezt nem, vagy csak részben (a publikált adatok határáig) tesszük közkinccsé.

3. A 9. oldalon a magmafejlődés vizsgálatában a cirkonok korhatározásának felhasználása lábjegyzetben szerepel, érdemes lett volna a jelölt korábbi társszerzőjének, Lukács Rékának ide vonatkozó publikációit megemlíteni.

Köszönöm Opponensem észrevételét. Még véletlenül sem szeretném annak a látszatát kelteni, hogy nem adnám meg a kellő tiszteletet kutatótársaimnak. Nagyon köszönöm Haranginé Lukács Rékának a magmás folyamatok idejének, sorrendiségének és időtartamának pontosításában nyújtott segítségét. Köszönetemet kifejeztem a Köszönetnyilvánítás bevezető fejezetben is. Első – a masszívummal kapcsolatos – közös munkánk éppen az értekezés beadásának évében, 2021-ben jelent meg (Pál-Molnár et al., 2021) és ezt a munkát messze nem tekintem/tekintjük lezártnak.

Pál-Molnár, E., Kiri, L., Lukács, R., Dunkl, I., Batki, A., Szemerédi, M., Almási, E.E., Sogrik, E., Harangi, Sz. (2021): Timing of magmatism of the Ditrău Alkaline Massif, Romania – A review based on new U–Pb and K/Ar data. *Central European Geology*, **64**, 1–20.

4. Feltűnt számomra a rendkívül sok laboratórium elemzési adatainak felhasználása, ugyanakkor a laboratóriumi vizsgálatokat szolgáltató kollégák nincsenek megemlítve. A több laboratóriumból származó adatok esetében alapvető kérdés az adatok (mint pl. nyomelemadatok és izotópadatok) összehasonlíthatósága. Kérdésem, hogy erre vonatkozóan történt-e kísérlet, és a jó egyezés miatt hiányzik-e ez az összehasonlítási értékelés?

Köszönöm Opponensem észrevételét, kérdését. Egyetértek tisztelt Opponensemvel, miszerint a különböző laboratóriumból származó adatok esetében alapvető kérdés az adatok összehasonlíthatósága. A mérési módszerek hitelesített referenciaminták és laboratóriumi összemérések segítségével validálhatók, alkalmazhatóságukat valós mintákon kellene tesztelni. Értekezésem alapját nagyrészt a már publikált eredmények képezik. A különböző – logikájában ugyan összefüggő –, de mégis különálló részeredmények értelmezésénél használt műszeres analitikákat, a laboratóriumi vizsgálatokban segédkező munkatársakat és intézményeket az alábbi táblázatban foglalom össze.

A kutatásaink során használt mérési módszerek, műszeres analitikák naprakészek, a mindennapi petrológiában használatos, korunkbeli ásványtani, közettani és geokémiai tanulmányoktól elvárt fő-, mikro- és nyomelemvizsgálatok és izotópelemzések teljes közeteken és/vagy azok közetalkotó, továbbá egyes járulékos ásványain készültek. A munkában részt vevő laboratóriumok általában nemzetközi akkreditációval rendelkeznek (pl. a kanadai AcmeLabs a szűkebb szakterületünk egyik legnagyobb szolgáltatója) és nemzetközi egy- és többelemes kalibrációs sztenderdekkel dolgoznak. A mérések zömében nagy szakmai műhelyekhez és az alkáli magmás folyamatok nemzetközileg elismert kutatóihoz, társszerzőimhez is kapcsolódnak (pl. Edinburgh – Brian Geoffrey Johnson Upton; Tübingen – Gregor Markl; Stockholm – Alasdair Skelton; Cardiff – Andrew C. Kerr; Göttingen – Dunkl István). A felhasznált adatok első kontrollja ezeknek a szakmai műhelyeknek a szűrője volt. A második kontroll az egyes adatok publikálásának nagyon szigorú analitikai ellenőrzése és a mérési paraméterek megfelelő dokumentálása volt, amikor – mint például a kumulátumközetek esetében is – a mérések során felhasznált sztenderdek részletes leírását, valamint a kimutatási határokat is megadtuk online platformon elérhető mellékletben (pl.

<https://doi.org/10.1016/j.lithos.2015.09.022>, Supplementary material). Az is gyakori volt (igaz csak a teljes kőzet fő- és nyomelem-koncentrációk esetében), hogy ugyanazt a mintát elküldtük egy másik laboratóriumba is. Ezeknél az adatoknál soha nem tapasztaltunk szignifikáns eltérést.

	Lamprofirok						
Név	Carl-Magnus Mörrth		Birgitta Boström Hajnal Klára		Åke Johansson		Hans Harryson
Intézmény	Stockholmi Egyetem (Svédország)		Stockholmi Egyetem (Svédország)		Svéd Természettudományi Múzeum (Svédország)		Uppsalai Egyetem (Svédország)
Elemzés	ICP-MS		ICP-AES		TIMS		EMPA
	Kumulátumok						
Név	Edinburgh-i Egyetem (Skócia, Egyesült Királyság)	ACME Labs (Kanada)	Carl-Magnus Mörrth Stockholmi Egyetem (Svédország)	Birgitta Boström, Hajnal Klára Stockholmi Egyetem (Svédország)	Berni Egyetem (Svájc)	Thomas Wenzel Tübingeni Egyetem (Németország)	Iain McDonald Cardiffi Egyetem (Wales, Egyesült Királyság)
Elemzés	XRF	ICP-ES ICP-MS	ICP-MS	ICP-AES	EMPA	EMPA	LA-ICP-MS
	Klinopiroxének						
Név	Thomas Wenzel			Dobosi Gábor		Iain McDonald	
Intézmény	Tübingeni Egyetem (Németország)		Berni Egyetem (Svájc)	MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont (Magyarország)		Cardiffi Egyetem (Wales, Egyesült Királyság)	
Elemzés	EMPA		EMPA	EMPA		LA-ICP-MS	
	Koradatok						
Név	Axel Gerdes			Dunkl István			
Intézmény	Goethe Egyetem Frankfurt am Main (Németország)			Göttingeni Egyetem (Németország)		MTA Atommagkutató Intézet (Magyarország)	
Elemzés	U-Pb (előzetes)			U-Pb		K/Ar	
	Tarnița Komplexum				Szienitek		
Név	Christoph Hauzenberger		ACME Labs (Kanada)	Saskia Erdmann, Patricia Benoist Sylvain Janiec			ACME Labs (Kanada)
Intézmény	Grazi Egyetem (Ausztria)			Orléans-i Földtudományi Intézet (Franciaország)			
Elemzés	EMPA, LA-ICP-MS		ICP-AES ICP-MS	EMPA, LA-ICP-MS			ICP-AES ICP-MS

A táblázatokban használt rövidítések: EMPA – elektronmikroszkonda; ICP-AES – induktív csatolású plazma atomemissziós spektrometria; ICP-MS – induktív csatolású plazma tömegspektrometria; K/Ar – kálium-argon kormeghatározás; LA-ICP-MS – lézer ablációs induktív csatolású plazma tömegspektrometria; TIMS – hőionizációs tömegspektrometria; U-Pb – urán-ólom kormeghatározás; XRF – röntgenfluoreszcens spektrometria

Még egyszer hangsúlyozom egyetértésemet tisztelt Opponensemvel az adatok jó egyezésének fontosságát illetően. A megfelelő mintavétel, mintaelőkészítés, a megfelelő analitikai műszer kiválasztása, az analitika módszertana és a megfelelő adatelőállítási protokollok elfogadása (a kalibrációs módszerek, pontosság és precizitás) alapvető fontosságú az alap- és alkalmazott geokémiai kutatásokban. Így a különböző laboratóriumokban, különböző műszerekkel történő elemzések eredményeinek összehasonlítása egy permanens

téma a geokémiában. Egy Weis et al. (2020) által publikált tanulmány szerint 7200 analitikai geokémiai közleményből mindössze 9%-a mutatta be a nyomonkövethetőséget biztosító hitelesített referenciaanyagok (*certified reference materials – CRMs*) eredményeinek mérését. Ez nyilvánvalóan azt jelenti, hogy elsősorban felhasználók vagyunk és megbízunk az adott laboratóriumok protokolljában. Az általánosan elfogadott (pl. ICP-MS, ICP-AES) technikákkal a főelemekre és nyomelemekre a pontosság 0,3–3% közötti vagy ennél is pontosabb. Ha ugyanabban a laboratóriumban, ugyanazokkal a műszerekkel, de különböző időben történne a mérés, akkor is lenne valamennyi – a megadott pontossági határokon belüli – eltérés az adatok között. Ez további kérdéseket is felvet, például az ugyanolyan műszeres analitikák használatából származó irodalmi, hivatkozási adatok összehasonlíthatóságát. Ha nem fogadjuk el, hogy a különböző helyen és időben mért, publikációkban megjelent (ott elfogadott) adatok összevethetők, akkor a teljes geokémiai kutatás értelmét vesztheti.

Opponensem kérdését nem megkerülve, rövid válaszom az, hogy az értekezésemhez külön nem végeztünk számításokat az adatok (mint pl. nyomelemaadatok és izotópadatak) összehasonlíthatóságát illetően, de ezt nem a jó egyezés hiánya miatt tettük, hanem a fent megfogalmazott okok miatt.

Weis, U., Stoll, B., Arns, J., Förster, M.W., Kaiser, V., Otter, L.M., Reichstein, L., Jochum, K.P. (2020): Geostandards and Geoanalytical Research Bibliographic Review 2019. *Geostand. Geoanalytical Res.*, **45**, 29–35.

5. A 7.2. fejezetben („Koradatok”) az adatok nem szerepelnek táblázatban és nincs hivatkozás a korok forrására, mintha ez a dolgozat lenne a primér forrás. A 81,3 millió éves kort itt említi, de az adat forrása nem világos. „A fiatalabb kort mutató értékek feltehetően posztmagmás folyamatokra vezethetők vissza,”. Miért, milyen bizonyíték alapján? „legmegbízhatóbb, U-Pb koradatok” Miért ezek a legmegbízhatóbbak? (feltételezhetően a magas záródási hőmérséklet miatt, de ennél több információ kellett volna a szövegben) „Mindezek az eredmények cáfolják Morogan et al. (2000), Pál-Molnár és Árva-Sós (1995), Kräutner és Bindea (1998), valamint Pál-Molnár (2000, 2008) többfázisú keletkezési elméletét.” A záródási hőmérsékletek és átalakultsági vizsgálatok nélkül ez így nem állja meg a helyét.

a. A 7.2. fejezetben („Koradatok”) az adatok nem szerepelnek táblázatban és nincs hivatkozás a korok forrására, mintha ez a dolgozat lenne a primér forrás.

A 7.2. fejezet háttérét a Pál-Molnár et al. (2021) közlemény adta. Az alábbiakban bemutatom a fejezetben használt új koradatainkat.

Table 2. Results of K/Ar age dating

Sample	Rock type	Locality and GPS coordinates	Studied fraction	K-content (%)	$^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}/\text{g}$ (ncm ³ /g)	$^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ (%)	Age (Ma)
VRG6546/b	Amphibole- and pyroxene-rich cumulate	Jolotca, Tarnița de Sus creek 46.87454, 25.49871	amphibole	1.16	$1.15 \cdot 10^{-5}$	78.1	238.6 ± 8.9
VRG6836	Nepheline syenite	Jolotca, Fagului Plat creek 46.86841, 25.55315	amphibole	1.62	$1.4450 \cdot 10^{-5}$	94.8	216.0 ± 8.1
VRG6827	Granite	Jolotca, Turcului creek 46.8706, 25.55029	amphibole	3.41	$2.7641 \cdot 10^{-5}$	93.6	197.3 ± 7.4
VRG6831	Granite	Jolotca, Turcului creek 46.88141, 25.55258	amphibole	1.33	$1.0719 \cdot 10^{-5}$	87.7	196.3 ± 7.4
			biotite	3.46	$2.8194 \cdot 10^{-5}$	92.4	198.3 ± 7.5
VRG6853	Granite	Jolotca, Creanga Mare creek 46.8743, 25.59169	biotite	4.04	$3.3468 \cdot 10^{-5}$	95	201.4 ± 7.6

Table 3. Summary of U–Pb titanite and zircon ages of the studied syenite and nepheline syenite samples from the Ditrău Alkaline Massif

Sample	Rock type	Locality and GPS coordinates	Studied fraction	Number of measured data/ concordant data	Lower intercept age (Ma)	MSWD	Concordia age (number of dates included)	MSWD	Interpreted main crystallisation age (Ma) with uncertainty (including 1% external uncertainties)
VRG7404	Syenite	Teasc creek 46.88086, 25.51715	titanite	30/0	225.3 ± 1.5	1.1	n.d.	n.d.	225.3 ± 2.7
VRG7546	Nepheline syenite	Teasc creek 46.88461, 25.5132	titanite	25/0	230.6 ± 2.6	1.5	n.d.	n.d.	230.6 ± 3.5
VRG7425	Syenite	Holoşag creek 46.87458, 25.53758	zircon	32/15	n.d.	n.d.	232.4 ± 2.4 (15)	14	232.4 ± 3.3
VRG7546	Nepheline syenite	Teasc creek 46.88461, 25.5132	zircon	105/82	n.d.	n.d.	230.6 ± 0.8 (81)	6.9	230.6 ± 2.4

Pál-Molnár, E., Kiri, L., Lukács, R., Dunkl, I., Batki, A., Szemerédi, M., Almási, E.E., Sogrik, E., Harangi, Sz. (2021): Timing of magmatism of the Ditrău Alkaline Massif, Romania – A review based on new U–Pb and K/Ar data. *Central European Geology*, **64/1**, 18–37.

b. *A 81,3 millió éves kort itt említi, de az adat forrása nem világos. „A fiatalabb kort mutató értékek feltehetően posztmagmás folyamatokra vezethetők vissza.”. Miért, milyen bizonyíték alapján?*

Tisztelt Opponensem jogosan kérdez rá a 81,3 millió éves korra, ugyanis az értekezésben valóban nincs hivatkozás az adat mellett, és így félreérthető, hogy saját vagy mások által mért (publikált) korról van-e szó. A nevesített adat (81,3±3,1 millió év) Mînzatu és Ardeleanu (1980) kéziratosa jelentésében szerepel. A mért kor egy – a Ditró-patak völgyéből származó – liebneritesedett nefelinszienit nefelin frakciójának K/Ar kora.

Mînzatu, S., Ardeleanu, P. (1980): Detailed radiometric research in the Ditrău massif (in Romanian, manuscript), Arch. IPEG “Harghita” (Csíkszereda).

A Ditrói Alkáli Masszívum közeteinek, mafikus telérfázisainak és érces ereinek geokémiai és petrológiai adatai jól bizonyítják a magmás folyamatok és a késő magmás, hidrotermális fluidumok kölcsönhatását (Honour et al., 2018; Fall et al., 2007). A masszívum valamennyi litológiai egységét jelentősen módosította ez a szubszolidsz fázisú, késő magmás fluidumhatás. A hidrotermás rendszer feltehetően a DAM magmatározójában alakult ki még a kristályosodás során (Honour et al., 2018; Fall et al., 2007). Ennek eredménye például a nefelinszienitek széleskörű hidrotermás felülbélyegzése, a Na-gazdag fluidumok hatására a nefelin kankrinitté és szodalittá alakult át (Honour et al., 2018; Fall et al., 2007; Kovács et al., 2005). A mafikus telérek (lamprofirok) benyomulása pedig lehetővé tette a késői K-gazdag fluidumok felfelé vándorlását is, aminek következtében a ritkaföldfémek és a nagy térerejű nyomelemek részben kioldódtak a szienites kőzetekből (Honour et al., 2018; Shaw et al., 2017). Klötzli et al. (2022) az utómagmás folyamatokhoz kapcsolódó karbonátos ereket is dokumentált (RFF-mineralizáció, monacit/xenotim) a Békény-patak környékéről és azok korhatározását is elvégezte, amelyre $\sim 215 \pm 1$ millió éves kort kaptak. Ennél fiatalabb magmás vagy hidrotermás folyamatra viszont Klötzli et al. (2022) sem találtak bizonyítékot a DAM területén.

Honour, V.C., Goodenough, K.M., Shaw, R.A., Gabudianue, I., Hirtopanu, P. (2018): REE mineralisation within the Ditrău Alkaline Complex, Romania: Interplay of magmatic and hydrothermal processes. *Lithos*, **314–315**, 360–381.

- Fall, A., Bodnár, J.R., Szabó, Cs., Pál-Molnár, E. (2007): Fluid evolution in the nepheline syenites of the Ditrău Alkaline Massif, Transylvania, Romania. *Lithos*, **95/3–4**, 331–345.
- Klötzli, U., Burda, J., Tibuleac, P. (2022): Petrochronology of the REE mineralization of Belcina, Ditrău Alkaline Massif, Eastern Carpathians, Romania. *Mineralogia, Special papers*, **50**, 14.
- Kovács, G., Pál-Molnár, E. (2005): A Ditrői Alkáli Masszívum granitoid kőzeteinek petrogenézise. *Földtani Közlöny*, **135/1**, 121–143.
- Shaw, R., Goodenough, K., Roberts, N., Honour, V., Horstwood, M., Lenz, C. (2017): Timing and Source of Rare Earth Element Mineralisation in the Ditrău Alkaline Complex, Romania. *Appl. Earth Sci.*, **126**, 93.

c. „legmegbízhatóbb, U-Pb koradatok” *Miért ezek a legmegbízhatóbbak? (feltételezhetően a magas záródási hőmérséklet miatt, de ennél több információ kellett volna a szövegben)*

Definíció szerint – geokronológiai módszertől és vizsgált ásványfázistól függetlenül – a záródási hőmérséklet az a hőmérséklet (vagy hőmérséklet-tartomány), amelyet követően az adott izotóprendszer zártnak tekinthető, vagyis amely hőmérsékleti érték alatt a keletkező leányizotóp megőrződik az adott ásványban. Ezt a hőmérsékletet az egyes izotóprendszerekre az adott leányizotóp ásványfüggő diffúziós viselkedése, valamint az adott bezáró kristály alak, méretbeli, ásványtani jellemzői és a vizsgált rendszer hűlési rátája határozza meg. A záródási hőmérséklet nem jellemezhető csupán egy értékkel, hanem minden ásványra és geokronológiai módszerre egy-egy hőmérséklet-tartomány adható meg.

A nagy urántartalmú akcesszórius ásványok záródási hőmérséklete [pl. apatit: 450–550°C (Cherniak et al., 1991); cirkon: 900°C< (Cherniak, Watson, 2000); titanit: 635–780°C (Cherniak, 1993)] nagyobb, mint a K/Ar kormeghatározásra alkalmas ásványoké [amfibol: 510 ± 25°C (Harrison, 1981); biotit: 300 ± 50°C (Harrison, McDougall, 1980; Purdy, Jäger, 1976); alkáliföldpát: 150 ± 40°C (Dodson, McClelland-Brown, 1985)]. Az akcesszóriák az utólagos fizikai-kémiai folyamatokkal szemben is jóval ellenállóbbak. Mindezen tulajdonságaik alapján ezek a fázisok ideálisak a magmás kristályosodás korának pontosabb meghatározására. Továbbá a K/Ar koradatok megbízhatósága ellen szól a szakirodalmi (és a saját) eredmények hatalmas szórása (~238–81 millió év), akár egy-egy kőzettípuson belül is. Különösen az archív, 1985 előtti (főként teljes kőzet) K/Ar mérések mutatnak a cirkon koradatoknál szignifikánsan fiatalabb (jura–kréta) korokat. Hasonló különbségek adódtak pl. a Kárpát-Pannon-térség permi vulkanitjainak geokronológiai vizsgálatai során (Szemerédi et al., 2020), ahol a cirkon U-Pb kormérésekkel igazolt középső permi (270–260 millió éves) képződési korrall ellentétben, a '70-80-as évek (archív) K/Ar elemzése kizárólag triász és jura korokat eredményeztek (Barabásné Stuhl, 1988). Mindkettő esetben a fiatalabb (keverék) korok mögött az alpi szerkezetfejlődéshez kapcsolódó posztmagmás eseményeket feltételezhetünk, így a K/Ar korok többségét elvetettük, és ebből adódóan az értelmezések alapját a cirkon és titanit U-Pb koradatok adják. Mindez nem jelenti azt, hogy valamennyi K/Ar koreredmény hibás és félrevezető, hiszen azok bizonyos fázisokra és kőzettípusokra a cirkon és titanit U-Pb adatokkal jól átfednek (pl. magas hőmérsékletű amfibolok hornblenditben, dioritban és nefelelinszenitben), viszont mindenképpen fenntartásokkal kell kezelni a már enyhén kilógó (fiatalabb) értékeket is (pl. a gránitokból mért ~200 millió éves amfibol és biotit K/Ar korokat, amelyek mögött már a fázisok alacsonyabb záródási hőmérséklete állhat).

- Barabásné Stuhl, Á. (1988): A Dél-Baranyai dombság és a Villányi hegység permi képződményeinek kutatásáról készített összefoglaló jelentés IV. fejezete a permi képződményekről. *Mecsekérc Ltd.*, 100–213.
- Cherniak, D.J. (1993): Lead diffusion in titanite and preliminary results on the effects of radiation damage on Pb transport. *Chemical Geology*, **110**, 177–194.
- Cherniak, D.J., Lanford, W.A., Ryerson, F.J. (1991): Lead diffusion in apatite and zircon using ion implantation and Rutherford Backscattering techniques. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **55**, 1663–1673.
- Cherniak, D.J., Watson, E.B. (2000): Pb diffusion in zircon. *Chemical Geology*, **172**, 5–24.

- Dodson, M.H., McClelland-Brown, E. (1985): Isotopic and palaeomagnetic evidence for rates of cooling, uplift and erosion. Geological Society London Memoirs, **10/1**, 315–325.
- Harrison, T.M. (1981): Diffusion of ^{40}Ar in Hornblende. Contributions to Mineralogy and Petrology, **78**, 324–331.
- Harrison, T.M., McDougall, I. (1980): Investigations of an intrusive contact, northwest Nelson, New Zealand, II. Diffusion of radiogenic and excess ^{40}Ar in hornblende revealed by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age spectrum analysis. Geochimica et Cosmochimica Acta, **44**, 2005–2020.
- Purdy, J.W., Jäger, E. (1976): K-Ar ages on rock forming minerals from the Central Alps. Memorie degli Istituti di Geologia e Mineralogia dell'Università di Padova, vol. XXX, 31 p.
- Szemerédi, M., Lukács, R., Varga, A., Dunkl, I., Józsa, S., Tatu, M., Pál-Molnár, E., Szepesi, J., Guillong, M., Szakmány, Gy., Harangi, Sz. (2020): Permian felsic volcanic rocks in the Pannonian Basin (Hungary): new petrographic, geochemical and geochronological results. International Journal of Earth Sciences, **109**, 101–125.
- d.** „Mindezek az eredmények cáfolják Morogan et al. (2000), Pál-Molnár és Árva-Sós (1995), Kräutner és Bindea (1998), valamint Pál-Molnár (2000, 2008) többfázisú keletkezési elméletét.” A záródási hőmérsékletek és átalakultsági vizsgálatok nélkül ez így nem állja meg a helyét.
- A Bagdasarian (1972), valamint Streckeisen és Hunziker (1974) és Mînzatu et al. (1980, 1981) által közölt teljes kőzet mintákon végezett mérések eredményei kevert korok, így azokból messzemenő következtetések nem vonhatók le; az értekezésbe, illetve a releváns publikációba a kutatástörténeti teljesség igénye által vezérelve kerültek be. A biotitból és földpátokból származó K/Ar koradatok, e két fázis alacsony záródási hőmérséklete miatt, a magmás esemény utáni – főleg a hidrotermális és tektonikai – események korát rögzítik. Mindezek alapján a masszívum kialakulása szempontjából csak a K/Ar és Ar/Ar módszerrel vizsgált (magas hőmérsékleten kristályosodott) amfibolok (és kellő óvatosság mellett néhány biotit) (Pál-Molnár és Árva-Sós, 1995; Dallmeyer, 1997), valamint az U-Pb módszerrel vizsgált cirkonok, apatitok és titanitok (Pană et al., 2000; Pál-Molnár et al., 2021; Klötzli et al., 2022) szolgálnak releváns adatokkal a magmás esemény korát illetően.
- Bagdasarian, G.P. (1972): Despre vîrsta absolută a unor roci eruptive și metamorfice din masivul Ditrău și Munții Banatului din România. Stud. Cerc. Geol. Geofiz. Geogr. Ser. Geol., **17/1**, 13–21.
- Dallmeyer, D.R., Kräutner, H.G., Neubauer, F. (1997): Middle-late Triassic $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ hornblende ages for early intrusions within the Ditrău alkaline massif, Rumania: Implications for Alpine rifting in the Carpathian orogen. Geologica Carpathica, **48**, 347–352.
- Mînzatu, S., Ardeleanu, P. (1980): Detailed radiometric research in the Ditrău massif. (in Romanian, manuscript), Archiva IPEG “Harghita” (Csíkszereda).
- Mînzatu, S., Vâjdea, E., Romanescu, O., Iosipenco, N. (1981): K–Ar ages of the Ditrău massif. (in Romanian, manuscript), Archiva IPEG “Harghita” (Csíkszereda).
- Klötzli, U., Burda, J., Li, Q-L., Liu, Y., Jakab, G., Ionescu, L., Tibuleac, P. (2022): Petrochronological Evidence for a Three-Stage Magmatic Evolution of the Youngest Nepheline Syenites from the Ditrău Alkaline Massif, Romania. Minerals, **12/5**, 657.
- Pană, D., Balintoni, I., Heaman, L. (2000): Precise U–Pb zircon dating of the syenite phase from Ditrău Alkaline Igneous Complex. Studia Universitatis Babeș-Bolyai, Geologia, **45/1**, 79–89.
- Pál-Molnár, E., Árva-Sós, E. (1995): K/Ar radiometric dating on rocks from the northern part of the Ditrău Syenite Massif and its petrogenetic implications. Acta Mineralogica- Petrographica, Szeged, **36**, 101–116.
- Pál-Molnár, E., Kiri, L., Lukács, R., Dunkl, I., Batki, A., Szemerédi, M., Almási, E.E., Sogrik, E., Harangi, Sz. (2021): Timing of magmatism of the Ditrău Alkaline Massif, Romania – A review based on new U–Pb and K/Ar data. Central European Geology, **64/1**, 18–37.
- Streckeisen, A., Hunziker, J.C. (1974): On the origin of the Nephelinsyenit Massif of Ditró (Transylvania, Romania). Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, **54**, 59–77.

6. A 8.3.1. fejezetben nincs szó olyan diagnosztikus elemarányokról, mint a Ce/Pb, a Nb/U, a Ba/Nb, stb. „a rendszer nem marad zárt és így a Rb könnyen mobilizálódik. A különösen alacsony kiindulási Sr-koncentráció az ilyen, módosult kőzetekre jellemző leginkább”: ha a Rb mobilizálódik, akkor miért a Sr-koncentráció alacsony? „A vizsgált kamptonitok nagy LILE (pl. Ba, Sr, Zr, Nb) és LREE, valamint kis nehéz ritkaföldfém (HREE) koncentrációja, kicsi Lu/Yb aránya (0,12–0,16) és a pozitív Eu-anomália hiánya arra utal, hogy a kőzetek kialakulása során nem történt kéregkontamináció.” Erre a Ce/Pb vagy a Ba/Nb arány nagyon jó, de a Sr izotóparány is fontos. A közölt Sr izotóparány nagyon nagy, kéregkontaminációt jelez. Az idézett cikkoldal (Batki et al., 2014) táblázatából és a cikk anyagából is az derül ki, hogy az izotópgeokémiai vizsgálatokat teljes kőzeten végezték. Tekintettel a lamprofirok általánosan nagyfokú átalakultságára az ellenálló ásványok szeparátumain történő mérés sokkal informatívabb eredményeket szolgáltatott volna. A teljes kőzeten végzett mindenféle elemzés, legyen az izotóp- vagy nyomelemgeokémiai, meglehetősen bizonytalan és az értelmezést kérdésessé teszi. Erre való utalást csak a Sr izotópösszetételek esetében találtam, sőt ennek alapján a Sr izotóparányokat nem is tárgyalja a jelölt.

Köszönöm Opponensemnek, hogy felhívta figyelmem a Sr-izotóparány értelmezésének pontatlanságára. Szövegközi magyarázatom félreérthető volt. Az átlagos köpenyértékeknél is alacsonyabb kiindulási $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ arányok és a magas Rb-koncentráció (ebből adódóan a magasabb Rb/Sr arányok) hidrotermális átalakulás következményei (Streckeisen, Hunziker, 1974; Kräutner, Bindea, 1998; Fall et al., 2007; Honour et al., 2018). Mivel a Rb egy könnyen mobilizálódó elem, ezért a Rb-Sr izotóprendszert külső hatások (mint pl. a kéregkontamináció vagy a hidrotermális tevékenység) könnyen megzavarják, és nem marad zárt a rendszer. Ez a jelenség nem ritka átalakult kőzeteknél, amelyek hasonlóan alacsony kiindulási Sr-izotóparányokkal rendelkeznek (White, 2013). Az általunk vizsgált kőzetek Rb/Sr izotóparánya feltehetően a már említett hidrotermális folyamatok hatására módosult, így a kezdeti $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ arányok értékei is bizonytalanságokkal terheltek. Már a Rb/Sr arány kismértékű növekedése is (függetlenül attól, hogy a rendszerhez Rb adódik vagy Sr-veszteség történik) hasonlóan alacsony kiindulási Sr-izotóparányokat eredményezhet. A félreértést a pontatlan fogalmazásom okozta. Nem a kiindulási Sr-koncentráció alacsony, hanem a kiindulási Sr-izotóparányok értéke.

Egyetértek Opponensemvel, „a lamprofirok általánosan nagyfokú átalakultságára az ellenálló ásványok szeparátumain történő mérés sokkal informatívabb eredményeket szolgáltatott volna.” Ezek a mérések tervben vannak, a mintákat előkészítettük, de a mérések még nem történtek meg. Értekezésemben – a fentiekben is leírt okok miatt – a kéregkontamináció megállapításánál a Sr-izotóparányokat nem vettem figyelembe. A közölt Sr-izotóparányok ebben az esetben nem feltétlenül kéregkontaminációt jeleznek. Ódri et al. (2020) által végzett oxigénizotóp-vizsgálatok eredményei is alátámasztják a kéregkontamináció hiányát (ÁGK 7437 piroxéntartalmú kumulátum, amfibol $\delta^{18}\text{O}=5,14\text{‰}$; az átlag köpeny szélsőtag oxigénizotóp-összetétel spinel-, gránát-tartalmú peridotitok esetén $5,5\text{‰}$ – Matthey et al., 1994; Vaselli et al., 1995; Kempton et al. 1997; Eiler, 2001).

- Eiler, J.M. (2001): Oxygen isotope variations of basaltic lavas and upper mantle rocks. *Rev. Mineral. Geochem.*, **43**, 319–364.
- Fall, A., Bodnár, J.R., Szabó, Cs., Pál-Molnár, E. (2007): Fluid evolution in the nepheline syenites of the Ditrău Alkaline Massif, Transylvania, Romania. *Lithos*, **95/3–4**, 331–345.
- Honour, V.C., Goodenough, K.M., Shaw, R.A., Gabudianue, I., Hirtopanu, P. (2018): REE mineralisation within the Ditrău Alkaline Complex, Romania: Interplay of magmatic and hydrothermal processes. *Lithos*, **314–315**, 360–381.
- Kempton, P.D., Downes, H., Embey-Isztin, A. (1997): Mafic granulite xenoliths in Neogene alkali basalts from the western Pannonian Basin: insights into the lower crust of a collapsed orogen. *J. Petrol.*, **38**, 941–970.

- Kräutner, H.G., Bindea, G. (1998): Timing of the Ditrău alkaline intrusive complex (Eastern Carpathians, Romania). *Slovak Geological Magazine*, **4**, 213–221.
- Mattey, D., Lowry, D., Macpherson, C. (1994): Oxygen isotope composition of mantle peridotite. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **128/3–4**, 231–241.
- Ódri, Á., Harris, C., Le Roux, P. (2020): The role of crustal contamination in the petrogenesis of nepheline syenite to granite magmas in the Ditrău Complex, Romania: evidence from O-, Nd-, Sr- and Pb-isotopes. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **175**, 100.
- Streckeisen, A., Hunziker, J.C. (1974): On the origin of the Nephelinsyenit Massif of Ditró (Transylvania, Romania). *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, **54**, 59–77.
- Vaselli, O., Downes, H., Thirlwall, M., Dobosi, G., Coradossi, N., Seghedi, I., Szakacs, A., Vannucci, R. (1995): Ultramafic xenoliths in PlioPleistocene alkali basalts from the Eastern Transylvanian Basin: depleted mantle enriched by vein metasomatism. *J. Petrol.*, **36**, 23–53.
- White, W.M. (2013): *Geochemistry*. Wiley-Blackwell, 668 p.

7. „A Sistema Central kamptonitjai izotópos összetételük alapján két csoportba sorolhatók: PREMA-jellegű (izotópos összetételében kimerült), valamint BSE (Bulk Silicate Earth)-jellegű (izotópos összetételében gazdagodott)...”, majd később ez szerepel: „izotópos összetételbeli gazdagodás”. A kimerülés vagy gazdagodás valamilyen komponens esetében történik meg. Itt mit jelent az összetételi kimerülés és gazdagodás?

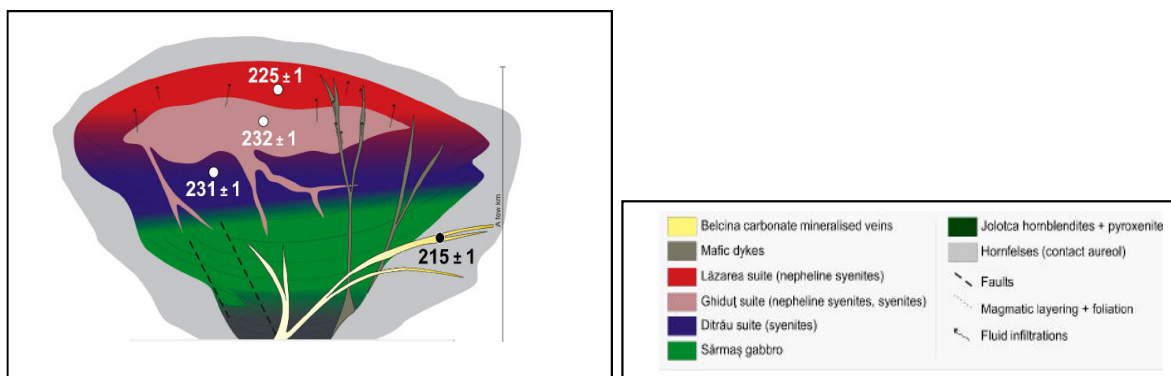
A PREMA-jellegű asztenoszféra-komponenst nagy ϵNd (6–8), $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (0,51295–0,51305), $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (18,25–18,50) és kis $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (15,45–15,50), valamint $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0,7033–0,7035), míg a BSE-jellegű litoszféra-komponenst kis ϵNd (-1–1), $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (0,51255–0,51265), $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (17,75–18,25), valamint nagy $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (15,55–15,70) és $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0,7045–0,7050) izotóparány jellemzi (Wilson, 1989; Zindler, Hart, 1986).

Wilson, M. (1989): *Igneous petrogenesis: a global tectonic approach*. Unwin Hyman, Boston, 466 p.

Zindler, A., Hart, S. (1986): Chemical geodynamics. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, **14**, 493–571.

8. 8.4.4. Az ocellumok kialakulása c. fejezet. A kalcit képződése az ocellumokban gyakran másodlagos átalakulási folyamathoz, üregkitöltéshez vagy átalakuláshoz köthető. Ebben az esetben a biotittal, albittal és magnetittal történő összenövés magmás karbonátra utal, ami további, pl. izotópgeokémiai vizsgálatok szempontjából lehet érdekes. Honnan származik ez a karbonát? Primér karbonatitkomponens? Szubdukált üledékes karbonát? Kéregasszimiláció? Ennek a jelentősége akkor erősödik fel, amikor a teljes masszívum szülőolvadékának képviselőjeként tekintünk a kamptonitokra. (51. oldal)

Köszönöm Opponensem észrevételét, kérdéseit. Mint arról már az 5.b pontban írtam, Honour et al. (2018) és Fall et al. (2007) is megerősítik a késő magmás, hidrotermális fluidumok jelenlétét a Ditrói Alkáli Masszívumban. Ennek a Na-gazdag hidrotermális hatásnak tulajdonítható például a nefelinszenitek széleskörű felülbélyegzése, a nefelin kankrinitedése és szodalitosodása. Ugyanakkor Honour et al. (2018) arra is rámutattak, hogy a magmatározó fejlődésének késői fázisában a mafikus telérek (lamprofirok) hidrotermális fluidumok csatornáiként működtek, amelyek ritkaföldfémeket és nagy térerejű nyomelemeket oldottak ki a környező szenites kőzetekből. Véleményük szerint így a ritkaföldfém-gazdagodás, az RFF-tartalmú ásványtársulás, a masszívumot átjáró karbonátokban gazdag, a masszívum utolsó eseményeként értelmezett karbonatit fázishoz köthető. Ezt Klötzli et al (2022) a xenotim és a monacit $215,9 \pm 1,4$, illetve $215,7 \pm 1,2$ millió éves koradatai is bizonyítják. Shaw et al. (2017a,b) rámutattak, hogy a ritkaföldfém-ércásványok (monacit, xenotim, hidroxilbásztnazit, allanit stb.) szulfidokkal és karbonátokkal paragenézisben jelennek meg (Békény-típusú ércesedés). Az RFF-ásványos erekből és a meddő karbonátjából származó $\delta^{13}\text{C}$ és $\delta^{18}\text{O}$ értékek elsődleges magmás eredetre utalnak. A Klötzli et al (2022) a fent bemutatott eseménysort egy nagyon leegyszerűsített, Honour et al. (2018) után módosított ábrán vázolják fel.



Tisztelt Opponensem észrevétele, miszerint az ocellumok karbonátos magját albit, biotit és opak ásványok vagy ritkán titanit ásványtársulás alkotta perem veszi körül, magmás karbonátra utal, helytálló lehet, azonban ennek az eredetnek, továbbá az ocellumok és a karbonátos hidrotermális folyamatok kapcsolatának bizonyítása további vizsgálatokat igényel. A DAM ritkaföldfém-gazdag telérrendszereinek p – T és fluidum-összetétel fejlődés-rekonstrukciója egy futó projektünk témáját képezi. Az ásványkémiai és fluidumzárvány-vizsgálatok adatainak kombinálásával pontosíthatjuk a ritkaföldfém-tartalmú erek képződési körülményeit becslő termobarometriai eljárásokat. Ráadásul a karbonátokban csapdázott fluidumzárványok záródási hőmérsékletének, valamint a befoglaló karbonát stabil-oxigénizotóp arányainak kombinálásával lehetőség nyílik annak a fluidumnak a forráskörnyezetét megbecsülni, amelyből a befoglaló karbonát kivált. Az orotvai teléres RFF-ércesedés meddő karbonátjából (Sr-dolomit) stabil oxigén- és szénizotóp-mérések folynak jelenleg is a karbonát eredetének meghatározása céljából. Opponensem javaslatára a továbbiakban a lamprofir-telérek vizsgálatát is bevonjuk ebbe a kutatásba, a lamprofirok ocellumaiban stabil O- és C-izotópos méréseket tervezünk végezni és az eredményeket össze kívánjuk vetni az orotvai erek karbonátjaiból kapott eredményekkel.

- Honour, V.C., Goodenough, K.M., Shaw, R.A., Gabudianue, I., Hirtopanu, P. (2018): REE mineralisation within the Ditrău Alkaline Complex, Romania: Interplay of magmatic and hydrothermal processes. *Lithos*, **314–315**, 360–381.
- Fall, A., Bodnár, J.R., Szabó, Cs., Pál-Molnár, E. (2007): Fluid evolution in the nepheline syenites of the Ditrău Alkaline Massif, Transylvania, Romania. *Lithos*, **95/3–4**, 331–345.
- Kovács, G., Pál-Molnár, E. (2005): A Ditrői Alkáli Masszívum granitoid kőzeteinek petrogenézise. *Földtani Közlöny*, **135/1**, 121–143.
- Shaw, R., Goodenough, K., Roberts, N., Honour, V., Horstwood, M., Lenz, C. (2017a): Timing and source of rare earth element mineralisation in the Ditrău Alkaline Igneous Complex (DAIC), Romania. *Goldschmidt 2017*, Abstract.
- Shaw, R., Goodenough, K., Roberts, N., Honour, V., Horstwood, M., Lenz, C. (2017b): Timing and Source of Rare Earth Element Mineralisation in the Ditrău Alkaline Complex, Romania. *Appl. Earth Sci.*, **126**, 93.
- Klötzli, U., Burda, J., Li, Q-L., Liu, Y., Jakab, G., Ionescu, L., Tibuleac, P. (2022): Petrochronological Evidence for a Three-Stage Magmatic Evolution of the Youngest Nepheline Syenites from the Ditrău Alkaline Massif, Romania. *Minerals*, **12/5**, 657.

9. 9.4.4. „A mafikus-ultramafikus kumulátumok eredete” c. fejezet, 71. oldal. A jelölt megemlíti, hogy a nyomelemösszetételek alapján az amfibolok változatos fejlődésű olvadékból kristályosodtak, majd konklúzióként OIB-jellegű olvadékot ad meg. A szubdukcióból származó kontamináció lehetőségét a Nb-Ta anomália hiányának alapján elveti. Ugyanakkor a doi számmal idézett cikk (Pál-Molnár et al., 2015) adataiból kiindulva a nyomelemek kéregkontamináció szempontjából diagnosztikus arányai (pl. Ce/Pb, Nb/U, Ba/Nb) jelzik, hogy mind a kamptonitok, mind az amfibolok esetében kéregkomponens jelenhet meg.

A Ce/Pb arány a köpeny esetében nagyobb, mint 15, a kéregre pedig ennél kisebb értékek jellemzőek (Hofmann, 1997). Az olivintartalmú kumulátumok, valamint egyetlen piroxéntartalmú kumulátum (VRG6710) és kamptonit (VRG7299) kis Ce/Pb aránya (3,1–10,3) jelezhet kéregkomponenst, a többi minta Ce/Pb aránya (21,7–78,0) a köpenyre jellemző érték.

A köpeny Nb/U aránya 37–57 (Hofmann et al., 1986), míg a kéregre jellemző átlagos érték 9–12 (Taylor, McLennan, 1981, 1985; Weaver, Tarney, 1984). A VRG7299 (kamptonit-I) minta kivételével (Nb/U = 33,6) valamennyi vizsgált kőzet Nb/U aránya (49,1–385,8) köpenyeredetre utal.

A köpenyre jellemző Ba/Nb arány 0,7 és 15 között változik (Shuguang, 1995). A vizsgált kumulátumkőzetek és kamptonitok Ba/Nb aránya is ebbe a tartományba esik (Ba/Nb = 2,7–13,6). Egyedül a VRG7296 azonosítójú, kamptonit-I csoportba sorolt kőzet Ba/Nb aránya (19,3) jelez kéregkomponenst.

Mindezen összevetések alapján azt feltételezhetjük, hogy a piroxén- és amfiboltartalmú kumulátumkőzetekben valamint a kamptonitokban, tehát a Ditrői Alkáli Masszívum forrásolvadékában alapvetően a kéregkontamináció nem játszott szerepet. Kétség a nyomelem-arányok sorából azonban az olivintartalmú kumulátum alacsony Ce/Pb (3,1–4,3) és Nd/Pb (2,2–4,5) aránya, illetve egyetlen piroxéntartalmú kumulátum-minta (VRG6710), amelyek már a kontinentális kéregre jellemző értékeket mutatnak. Ezek az értékek nem zárják ki, hogy az olivintartalmú kumulátumok forrásolvadéka (pl. a rendszer többi primitív olvadékánál valamivel magasabb hőmérséklete miatt) néhány %-ban nem tartalmazna alsó kéreg komponenst (mint pl. Lustrino et al., 2000), azonban ennek egyértelmű bizonyításához szükséges izotóp-geokémiai adatok sajnos nem állnak rendelkezésre. Megjegyzem, az Ódri et al. (2020) által végzett oxigénizotóp-vizsgálatok eredményei is (ÁGK 7437 – piroxéntartalmú kumulátum, amfibol $\delta^{18}\text{O}=5,14\text{‰}$) a kéregkontamináció hiányára utalnak.

Hofmann, A.W. (1997): Mantle geochemistry: the message from oceanic volcanism. *Nature*, **385**, 219–229.

Hofmann, A.W., Jochum, K.P., Seufert, M., White, W.M. (1986): Nb and Pb in oceanic basalts: new constraints on mantle evolution. *Earth and Planetary Science Letters*, **79**, 33–45.

Lustrino, M., Melluso, L., Morra, V. (2000): The role of lower continental crust and lithospheric mantle in the genesis of Plio-Pleistocene volcanic rocks from Sardinia (Italy). *Earth and Planetary Science Letters*, **180/3–4**, 259–270.

Ódri, Á., Harris, C., Le Roux, P. (2020): The role of crustal contamination in the petrogenesis of nepheline syenite to granite magmas in the Ditrău Complex, Romania: evidence from O-, Nd-, Sr- and Pb-isotopes. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **175**, 100.

Shuguang, L. (1995): Implications of $\epsilon\text{Nd-La/Nb}$, Ba/Nb , Nb/Th diagrams to mantle heterogeneity – Classification of island-arc basalts and decomposition of EMII component – La/Nb , Ba/Nb , Nb/Th diagrams to mantle heterogeneity – Classification of island-arc basalts and decomposition of EMII component. *Chinese Journal of Geochemistry*, **14/2**, 117–127.

Taylor, S.R., McLennan, S.M. (1981): The composition and evolution of the continental crust: rare earth element evidence from sedimentary rocks. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A*, **301**, 381–399.

Taylor, S.R., McLennan, S.M. (1985): *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. Blackwell, 312 p.

Weaver, B.L., Tarney, J. (1984): Empirical approach to estimating the composition of the continental crust. *Nature*, **310**, 575–577.

10. „Magmakeveredés” fejezet. A bevezetésben gyakorlatilag nem derül ki, hogy ez a kérdés miért fontos. Mivel a megjelent cikkekre korábban is csak doi számmal történő hivatkozással utal a jelölt, itt pedig ilyen doi hivatkozás nincs, nem világos, hogy már megjelent anyag összefoglalását olvassuk, vagy ezek új, még nem publikált eredmények.

Köszönöm Opponensem észrevételét. A nyílt rendszerű magmatározók esszenciális eleme az ismétlődő magmabenyomulás (periodikus újratöltődés, a különböző magmacsomagok interakciója során bekövetkező magmakeveredés és magmaelegyedés). A masszívum egyedisége abban is rejlik, hogy egy ilyen fosszilis magmatározó rendszer a felszínen

tanulmányozható, így megszilárdult kőzetanyaga iskolapéldája a magmakeveredés s.l. folyamatainak is. A magmatározó egyes (hasonló vagy éppen különböző forrású, összetételű, idejű) magmacsomagjainak értelmezése nagyon hipotetikus lenne, ha csak az integrált ásványszöveti és geokémiai elemzésekre hagyatkoznánk. Véleményem szerint egy ilyen magyarázat csak akkor elfogadható, ha validálása a terepen is megtörténik, vagyis az elméleti megközelítésünk in situ terepen is látható, igazolható és *vice versa*, a terepen megfigyelt, dokumentált összefüggések megfelelnek a geokémiai interpretációnak.

Való igaz, magáról a magmakeveredés és magmaelegyedés folyamatának értelmezéséről kevesebb publikációnk jelent meg, és a megjelent közlemények (Heincz et al., 2018, <https://doi.org/10.23928/foldt.kozl.2018.148.2.125>; Kiri et al., 2022, <https://doi.org/10.1556/24.2022.00113>) csak a magmakeveredés szöveti értelmezését tárgyalják. A magmakeveredés 10. fejezetben bemutatott kőzet- és ásványkémiai értelmezése új, először az értekezésemben bemutatott, még nem publikált eredmény. A Tarnița Komplexum és a masszívum felzikus kőzeteinek magmakeveredési és magmaelegyedési folyamatának publikálása folyamatban van (egy benyújtás előtt álló – Pál-Molnár et al. –, és egy már benyújtott – Kiri et al., Lithos – kézirat).

Heincz, A., Pál-Molnár, E., Kiss, B., Batki, A., Almási, E.E., Kiri, L. (2018): Nyílt rendszerű magmás folyamatok: magmakeveredés, kristálycsere, kumulátum recirkuláció nyomai a Ditrói Alkáli Masszívumban (Orotva, Románia). *Földtani Közöny*, **148/2**, 125–142.

Kiri, L., Szemerédi, M., Pál-Molnár, E. (2022): Petrographic evidences of open-system magmatic processes in the felsic rocks of the northern part of the Ditrău Alkaline Massif (Eastern Carpathians, Romania). *Central European Geology*, **65/1**, 49–76.

11. 12. fejezet, „Összefoglalás”, I. pont. A jelölt a dolgozat egyik jelentős eredményének tartja a digitális földtani-kőzettani térképek elkészítését, azonban a dolgozathoz csatolt térképek nem interaktívak, hivatkozást pedig az esetleges interaktív, nagyítható térképekre nem találtam.

Köszönöm Opponensem észrevételét. A térképekkel kapcsolatosan felmerült kérdésekre, kritikai észrevételekre részletesen válaszoltam Dr. Karátson Dávid opponensemnek adott, 6. pontban összefoglalt visszajelzéseimben. Nem ismételném magam. Tisztelt Opponenseim tanácsai megerősítették szándékomat a kőzettani (tartalmában, felbontásában már földtani) térképnek a közeljövőben – első körben legalább is elektronikusan – történő publikálásra.

Végezetül ismételten megköszönöm Demény Attila akadémikus úrnak, hogy elvállalta MTA doktori értekezésem bírálatát. Köszönöm méltató szavait, külön köszönöm, hogy kritikai megjegyzéseivel, hasznos tanácsaival segítette munkámat/munkánkat. Köszönöm támogatását az MTA Doktora cím odaítélését illetően.

Szeged, 2023. február 06.

Tisztelettel:



Dr. Pál-Molnár Elemér