

Válaszok Tari Csaba Gábor, OMV Energy főgeológusa, az MTA külső tagja által felvetett bírálói véleményre és kérdésekre

Lukács Réka „Cirkonalapú kutatások a Kárpát–Pannon térség neogén-kvarter Si-gazdag vulkáni képződményeinek korára, rétegtani szerepére és petrogenézisére” című értekezéséhez

Elsőként szeretném megköszönni Bírálónak gyors bírálatát, elismerő megjegyzéseit és az értekezésemhez fűzött értékes és izgalmas kérdésfelvetéseket. Ezek a kérdések lehetőséget adnak számomra, hogy néhány olyan dolgot is kifejtsek, amire a rövid értekezés szabta keret nem adott lehetőséget. Az alábbiakban a kritikai kérdésekre, megjegyzésekre válaszolok, amelyeket a továbbiakban dőlt betűvel idézek.

1A. „*a jelölt munkájának ez a része dominánsan leíró, nem pedig értelmező munka*”

A radiometrikus kormeghatározásban és annak földtani felhasználása során nagyon fontos, hogy értsük mi a különbség a koradat és a kor között. A koradat (date) egy szám, amit a bomlási egyenletek megoldásából kapunk az időre (t). Egy koradatnak nincs geológiai jelentősége addig, amíg nem értelmezzük azt egy földtani folyamat tükrében. A koradatokból a geológiai folyamatokra végzett értelmezés során nyert eredményt hívjuk kornak (age). Geokronológiai munkám több ezer cirkon kristályon végzett izotópos pontelemzésen és az adatok kiértékelésén, valamint értelmezésén alapul. Minden minta esetében, a lehetőségeknek megfelelően, 30–70 pontmérés készült, a bemutatott korok ezeknek az egyedi adatoknak az értékelését, majd az adott mintára vonatkozó, egy földtani folyamatra vonatkozó értelmezését jelentik. Az elmúlt évtizedek rohamos tudományos fejlődése a geokronológiát önálló tudománnyá erősítette, amelyben integrálni szükséges a mérési technikát, a korrekciós eljárásokat, az izotópos eredményekből a korszámítást, az egyedi koradatokból értelmezett földtani kort. A koradatoknak az értelmezése nem egyszerű, mivel számos tényező befolyásolhatja az egyedi koradatokat, mint például átöröklött és antekristályok vagy domének léte, közönséges ólom, illetve ólomvesztés torzító hatása, a mért térfogat helye a kristályban, az analitikai módszer, a detektálás megbízhatósága, stb, amiket mind figyelembe kell venni. A vulkáni képződményeken történő cirkon U-Th-Pb korolás, a koradatok értelmezése során következtethetünk a vulkáni képződmény kitörési korára, vagy a magmatározóban eltöltött időre, adott esetben a magmautánpótlások gyakoriságára, a magma/cirkon kristályok forrására. A geokronológiai kor, tehát egy több lépcsős értelmezésen alapul úgy, ahogy a geofizikai és geokémiai adatok értékelése is. Erre többek között felhívta a figyelmet az AGU (Amerikai Geofizikai Unió) 2015-ös kiadványa, ami 'It's About Time' címmel jelent meg (Harrison et al., 2015), pl: „Geochronologists agree that every date generated requires some level of interpretation. Geochronologic systems are complex, with unconstrained variables that can compromise both the determination and significance of a date.” vagy „But geochronology (establishing timescales, rates, physical mechanisms, etc.) is more than geochronometry (i.e., the measurement tool). It requires integration with geology, geophysics, and geochemistry using theoretical and numerical modeling techniques and the creation and transfer of knowledge between disciplines and researchers with diverse skill sets and expertise.”

Bár az eredmények felsorolása „leírónak” tűnhet, e mögött sok szempontot figyelembe vevő értelmező munka áll.

1B. *„Például a 'ezek arra utalnak, hogy az első 50 fokos forgás 17,1 Ma és 16,8 Ma között történhetett, sokkal később, mint korábban gondolták' kijelentés véleményem szerint túlhangsúlyozza a finomított kormeghatározás geodinamikai fontosságát.”*

A kormeghatározási eredmények számszerűsítik földtani események, beleértve bizonyos tektonikai események idejét is. A Bükkalja és Észak-Magyarország területén korábban a paleomágneses forgási adatok és a K/Ar koradatok alapján Márton és Pécskay (1998) és Márton et al. (2007) két jelentős forgási, azaz tektonikai rotációs eseményt állapítottak meg a vulkáni működés ideje alatt. Az új cirkon geokronológiai eredmények nem csak a rétegtani korokat pontosította (többnyire fiatalította), hanem e forgások korát is. Az első, 50 fokos forgási esemény Márton Emő és munkatársai szerint 17,5 és 18,5 millió év között történt az akkori, K/Ar koradatok figyelembevételével. Az új cirkon geokronológiai eredmények szerint azonban ez a tektonikai esemény a 17,1 Ma és 16,8 Ma korú vulkáni képzőmények kialakulása között, azaz jóval később, és rövidebb idő alatt zajlott. Mindezek alapján azt gondolom, hogy a geokronológiai eredmények segítenek tektonikai, ezen keresztül pedig geodinamikai események idejét is pontosítani, adott esetben újraértelmezni a korábbi adatokat, ami fontos lehet egy térség fejlődéstörténetének jobb megismerésében.

2. *„Ezek az eredmények ismét csak analitikus, leíró kontextusban kerülnek bemutatásra, és kissé hiányzik az értelmező nyomon követés”*

E felvetésre ismét az 1A kérdésre adott válaszomat tudom felhozni. A geokronológiai eredmények bemutatása mögött sokrétű értelmező munka áll, ennek tömör összefoglalását a dolgozat 3.1.2. fejezetében és az eredmények publikációiban részletesen is taglalom. Az eredmények tézisszerű összefoglalásában értelemszerűen már az értelmezett korokat mutatom be, bár az 1. tézis elején néhány mondatban kitérek az értelmezés lényegi elemeire is. A táblázatban valóban fordított sorrendben szerepelnek a korok, azaz az idősebbtől halad lefelé a fiatalabbakig. Egyetértek bírálómmal, hogy ezt jobb lett volna a geológiai időskálának megfelelően feltüntetni.

3. *„Ezt nem találtam a dolgozat tézises összefoglalójában, lehet, hogy véletlenül kimaradt”*

A 3. tézis az új koradatok is figyelembe véve litosztratigráfiai egységek definiálása és felülvizsgálata. Ennek részletesebb bemutatását a dolgozat 10.-12. oldalán, a 3.1.2. fejezet végén, ezen belül az 1. táblázatban és a 2. ábrán mutatom be.

5. *„Egyedi cirkon kristályok in-situ Hf izotópos adatainak meghatározása és értelmezése fontos új előrelépés, és ebben a tekintetben a jelölt elég messzire ment ahhoz, hogy következtetéseket vonjon le ennek az adatsornak a Bükkalja és Tokaj-hegyalja geodinamikai jelentőségére vonatkozóan.”*

A Hf izotópos adatok fontos hozzájárulást jelentnek, hogy a magmák földköpeny, illetve kontinentális földkéreg eredetű részarányát megértsük. A cirkon kristályokon végzett in-situ Hf izotópos eredményeim azt mutatják, hogy időben az erős negatív értékektől pozitív értékekig változik a korral korrigált epszilon Hf érték, ami azt jelzi, hogy idővel csökken a kontinentális kéregből származó komponens és nő a földköpeny-eredetű magma részaránya. Ez a változás értelmezhető, beilleszthető

a vulkáni működéssel egyidőben zajló fokozatosan elvékonyodó litoszféra modellbe, ami összhangban van a geodinamikai értelmezésekkel is (pl. Tari et al., 1999; Balázs et al., 2016). A részletesebb geodinamikai modellt, amit a Tokaji-hegységre vonatkozóan 2024-ben publikáltunk le (Lukács et al., 2024, Gondwana Research) és nem szerepel külön az összefoglaló dolgozatomban és a tézisek között, különböző szakterületeken dolgozó munkatársaimmal közösen alkottuk meg. Az ívmögötti medence kérdését már egy új, 2025-ös munkában tárgyaljuk társszerzőimmel (Harangi et al., 2025), ez a téma még nem volt része a disszertációnak.

7. „Ahhoz, hogy a vizsgált fejlett magmák kialakulhassanak, legalább kétszer annyi bazaltos magmának kellett lennie az alsó kéregben és a kéreg-légkör határon. A mafikus magma mennyisége tehát elérhette a 100 000 köbkilométert”. Remélem, hogy a jelölt megpróbálja ezt a számot az ÉNY-i Pannon-medence konkrét kontextusába helyezni, azaz szükség volna egy konkrét értelmezési modellre, azaz hogy ez az óriási mennyiségű magma hogyan oszolhatott el a felszín alatt”

A jelenleg széles körben elfogadott magmatározó modellek (Annen et al., 2006; Annen, 2009; Bachmann és Huber, 2016; Cashman et al., 2017) szerint a földkéreg alsó részén, illetve a földkéreg és földköpeny határzónájában halmozódik fel a mafikus, azaz bazaltos magmatömeg, aminek kristályosodása során kialakult fejlett magmák nyomulnak feljebb és alakítanak ki szilíciumgazdag magmatározót a középső-felső földkéregben. A fúrási adatok alapján 18,1 Ma és 14,4 Ma között több mint 4000 köbkilométer szilíciumgazdag vulkáni anyag került a felszínre. A White et al. (2006) által megadott minimális vulkáni/plutoni térfogatarány alapján ennek tízszerese lehet a plutoni térfogat, míg a frakcionációs kristályosodás petrogenetikai modellszámítása szerint ennek több mint kétszerese lehet a kiindulási bazaltos magmatömeg, amire így legalább 100 ezer köbkilométert kapunk. Ez természetesen egy hozzávetőleges becslés, de azt gondolom nagyságrendileg megfelelő és összhangban van a hasonló vulkáni rendszerekre kapott eredményekkel. A kéreg-köpeny határon a bazaltos magmatározó vastagsága akár a 20 kilométert is meghaladhatja (Huang et al., 2015; Yellowstone modell). Átlagos 10 kilométer vastagsággal is számolva a 100 ezer köbkilométernyi magmatározó 100 km x 100 km kiterjedést jelent, mindez persze eloszolva térben és időben a kialakuló Pannon-medence alatt, vélhetően jelentős részben a Közép-Magyarországi Tektonikai Zóna mentén. Ez nem is tűnik így olyan jelentősnek, még ha ezt csak minimális értéknek is vesszük. Mindazonáltal elindíthat egy gondolkodást, kutatást ebbe az irányba is, hogy a geofizikai eredményekkel együtt pontosabb képet kapjunk erről.

8. „a jövőre nézve azt javaslom, hogy a jelölt építsen többet a mediterrán hátsó ívű (back-arc) medencék, például az Égei-tenger és a Tirrén-tenger medencéjének megfelelő analógiáira”

Köszönöm szépen a javaslatot, mindenképpen tervezzük ezt a nagyléptékű összehasonlító kutatást is a jövőben!

Tisztelettel:



Budapest, 2025. 04. 22.

Haranginé Lukács Réka

Hivatkozott irodalom

- Annen, C., 2009. From plutons to magma chambers: Thermal constraints on the accumulation of eruptible silicic magma in the upper crust. *Earth and Planetary Science Letters* 284, 409-416. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2009.05.006>
- Annen, C., Blundy, J.D., Sparks, R.S.J., 2005. The Genesis of Intermediate and Silicic Magmas in Deep Crustal Hot Zones. *Journal of Petrology* 47, 505-539. 10.1093/petrology/egi084
- Bachmann, O., Huber, C., 2016. Silicic magma reservoirs in the Earth's crust. *American Mineralogist* 101, 2377-2404. doi:10.2138/am-2016-5675
- Balázs, A., Maţenco, L., Magyar, I., Horváth, F., Cloetingh, S., 2016. The link between tectonics and sedimentation in back-arc basins: New genetic constraints from the analysis of the Pannonian Basin. *Tectonics* 35, 1526-1559. 10.1002/2015TC004109
- Cashman et al., 2017
- Harangi Sz., Seghedi I., Lukács R., 2025. The Neogene–Quaternary volcanism of the Carpathian–Pannonian region: from initial plate tectonic models to quantitative petrogenetic explanations. *Geological Society Special Publications* 554 Paper: 2024-84 , 46 p.
- Huang, H.-H., Lin, F.-Ch., Schmandt, B., Farrell, J., Smith, R.B., Tsai, V.C., 2015. The Yellowstone magmatic system from the mantle plume to the upper crust. *Science* 348, 773-776. DOI:10.1126/science.aaa5648
- Lukács, R., Guillong, M., Szepesi, J., Szymanowski, D., Portnyagin, M., Józsa, S., Bachmann, O., Petrelli, M., Müller, S., Schiller, D., Fodor, L., Chelle-Michou, C., Harangi, S., 2024. Mid-Miocene silicic explosive volcanism of the Tokaj Mts., eastern-central Europe: Eruption chronology, geochemical fingerprints and petrogenesis. *Gondwana Research* 130, 53-77. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2024.01.004>
- Márton E., Pécskay, Z., 1998. Complex evaluation of paleomagnetic and K/Ar isotope data of the miocene ignimbritic volcanics in the Bükk Foreland, Hungary. *Acta Geologica Hungarica* 41, 9.
- Márton, E., Zelenka, T., Márton, P., 2007. Paleomagnetic correlation of Miocene pyroclastics of the Bükk Mts and their forelands. *Central European Geology* 50, 47-57. 10.1556/CEuGeol.50.2007.1.4
- Harrison, T. M., Baldwin, S.L., Caffee, M., Gehrels, G. E., Schoene, B., Shuster, D. L., Singer, B. S., 2015. It's About Time: Opportunities and Challenges for U.S. Geochronology. *Institute of Geophysics and Planetary Physics Publication* 6539, University of California, Los Angeles, 56 pp.
- Tari, G., Dövényi, P., Dunkl, I., Horváth, F., Lenkey, L., Stefanescu, M., Szafián, P., Tóth, T., 1999. Lithospheric structure of the Pannonian basin derived from seismic, gravity and geothermal data. In: Durand, B., Jolivet, L., Horváth, F., Séranne, M. (Eds.): *The Mediterranean Basins: Tertiary extension within Alpine Orogen*. Geological Society, London, Special Publications 156, 215-250. 10.1144/gsl.sp.1999.156.01.12

White, S.M., Crisp, J.A., Spera, F.J., 2006. Long-term volumetric eruption rates and magma budgets. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 7.

