

---

# MÓRÁGYI GRANITOIDOK ÖSSZEHASONLÍTÓ U-PB KORMEGHATÁROZÁSA CIRKON KRISTÁLYOKON

*Comparative U-Pb geochronology of granitoids in the Mórág Subunit,  
Hungary based on zircon crystals*

Kis Annamária <sup>1</sup>, Weiszbürg Tamás <sup>1</sup>, Dunkl István <sup>2</sup>, Friedrich Koller <sup>3</sup>,  
Vácz Tamás <sup>1</sup>, Buda György <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Ásványtani Tanszék, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest*

<sup>2</sup> *Dept. of Sedimentology and Environmental Geology, University of Göttingen*

<sup>3</sup> *Dept. of Lithospheric Research, University of Vienna*

<sup>1</sup> *annamari.kis@gmail.com*

## **Abstract**

Based on laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-ICP-MS) studies of carefully pre-selected zircon crystals we refined the genetic picture of Mórág Subunit (Hungary) and its correlation with Rastenberg Pluton (Austria) for a better paleotectonic reconstruction of the Variscan plutonic rocks across Europe.

The current presentation focuses on the identification and clarification of geological processes based on their preserved imprints in zircons texture from the two intrusions. Zircon (Zr[SiO<sub>4</sub>], tetragonal) is the most suitable mineral for U-Pb age determination. Nevertheless, due to their frequent internal inhomogeneity we can not ignore the complex textural and structural examination of zircon crystals before reliable dating.

The LA-ICP-MS analysis was performed on 120, texturally and structurally fully mapped zircons. Out of the 313 measured spots 190 gave concordant date, suitable for the determination of crystallization age of plutons, while 45 slightly discordant data sets could be used for dating the overprinting events.

The concordant ages of the granitoid (host) rocks are the same in both intrusions. The two other rock types (mafic enclaves, hybrid rocks) from Mórág gave the same age, indicating in situ unmixing for genetical relationship of three rock types. Zircons from two localities show bimodal age distribution (Mórág: 345.9 ± 0.95 Ma and 335.6 ± 0.74 Ma; Rastenberg: 345.4 ± 3.5 Ma and 333.2 ± 4.8 Ma). These ages were invariant for zircon morphology, zircon primary texture types as well as for rock types. The results confirm the continuous crystallization of both plutons through a long time interval (ca. 10 Ma). The slightly discordant age data (Rastenberg (268 ± 19 Ma) Mórág (115 ± 48 Ma)) show, that the overprinting effect reached the two plutons in different time.

*Keywords: Variscan granitoids, zircon, U-Pb dating, concordant age, discordant age*

## **Bevezetés**

Munkánk célja a mórággyi granitoidok (Magyarország) genetikájának részletes rekonstrukciója, valamint a vele rokon rastenbergi (Ausztria) granitoidok eredetének összevetése. Kutatásunk illeszkedik az Európa-szerte előforduló K-Mg-dús variszkuszi granitoidok („durbachit”) keletkezésének vizsgálatába.

Az 1960-as évektől kezdődően több ásványon, számos módszer segítségével történtek geokronológiai célú vizsgálatok a mórággyi granitoidokon, amelyek néhány alapkérdést, például a variszkuszi besorolást sikerrel megválasztottak. Több fontos kérdés azonban nyitva maradt az intrúzió fejlődéstörténetét illetően. Nevezetesen a fő kőzet (granitoid) és a benne elhelyezkedő mafikus zárványok genetikájának tisztázása, illetve a területet ért felülbélyegző hatások időbeni lehatárolása. Az e kérdések megválaszolására tett korábbi kísérleteket elemezve úgy ítéltük meg, hogy a sikeres válaszadás kulcsa az U-Pb kormeghatározás időfelbontásának javítása lehet.

## **Geológiai háttér és petrográfia**

A Mg-K gazdag granitoidokban („durbachit”) előforduló mafikus zárványok genetikájának vizsgálata egész Európában (Vogézek, Fekete-erdő, francia Központi-hegyvidék, Közép- és Dél-Bohémiai Masszívum, Ibériai-félsziget, Korzika) igen nagy múltra tekint vissza.

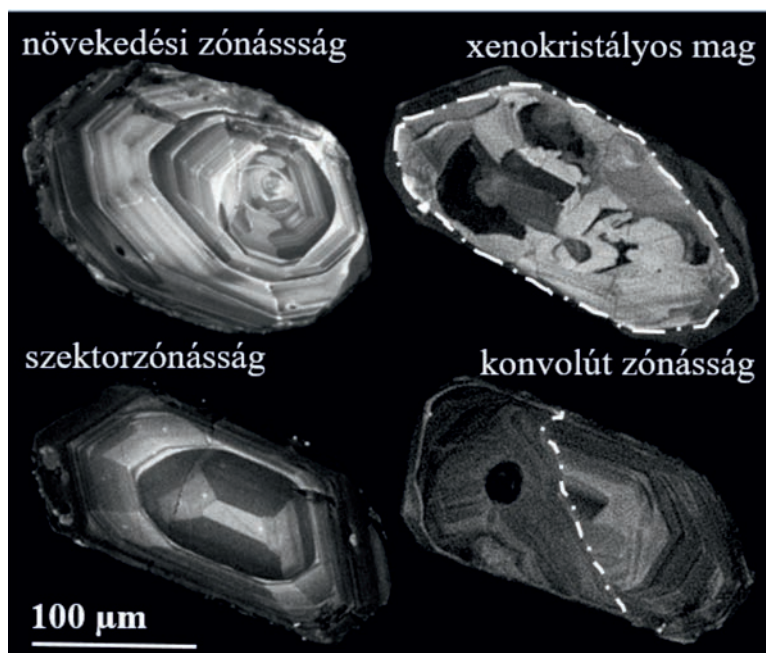
Mindkét kutatási területünk a Moldanubikumi zóna tagjai közül kerül ki. A dél-magyarországi mórággyi intrúzió, mely része a Tiszai Nagyszerkezeti Egységnek, egyben a DK-Bohémiai Masszívum, tektonikailag különálló

eleme is (Kovács et al. 2000). Míg a rastenbergi intrúzió, a Dél-Bohémiai Masszívum részeként, Észak-Ausztria területén foglal helyet (Klötzli, Parrish 1996).

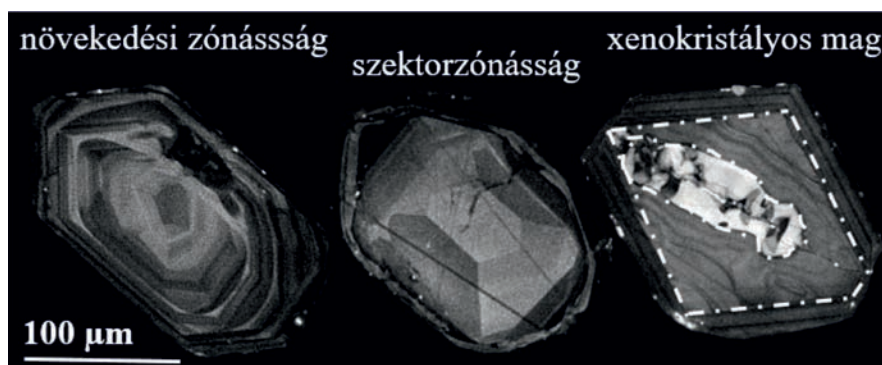
A vizsgált területen háromféle kőzettípus bukkan felszínre, melyek geokronológiai munkánk alapját is képezték: mikroklin-megakristályos granitoid, mafikus zárvány, illetve a kettő határán megjelenő hibrid kőzet. Az elemzett kőzetek az I-típusú (metalumíniumos) granitoidok csoportjába tartoznak (Buda et al. 1999; Gerdes et al. 2000; Király, Koroknai 2004).

### ***Cirkonok U-Pb geokronológiai célú szöveti és szerkezeti elővizsgálata***

A válogatott cirkonkristályok szöveti (zonáció) megfigyeléseit pásztázó elektronmikroszkóp (SEM) segítségével készített visszaszórt elektron képek (BSE) és katódlumineszcens képek (CL) elemzése során végeztük el. A cirkon szövetek között elsődleges (növekedési zónásság ± xenokristályos mag, szektor zónásság) és másodlagos (konvolút zónásság) típusokat is azonosítottunk (1. és 2. ábra). Az előbbieket mind a két területen, míg az utóbbit – esetleg a ritka előfordulásból és a rastenbergi cirkonok kis mintaszámából adódóan – egyelőre csak a mórággyi granitoidok cirkonjai között észleltük. Előzetes megfigyeléseink alapján azt várjuk, hogy az elsődleges, növekedési szöveti típusok korhatározása fogja adni a magmás kristályosodás korát.



1. ábra. Mórággyi cirkonok szöveti típusai (CL képek)



2. ábra. Rastenbergi cirkonok szöveti típusai (CL képek)

Raman spektroszkópiai vizsgálatok alapján a cirkon zónák szerkezeti állapotát a  $\nu_3$  ( $\text{SiO}_4$ ) rezgési sáv félértékszélessége alapján három kategóriába soroltuk: (Nasdala et al. 1995): 1. jól kristályos ( $<5 \text{ cm}^{-1}$  FWHM), 2. átmeneti ( $5\text{--}15 \text{ cm}^{-1}$  FWHM), 3. metamikt ( $>15 \text{ cm}^{-1}$  FWHM). Az elővizsgált cirkonok között mind a három típus megjelenik. A szerkezeti heterogenitás kiküszöbölésére az erősen sugárkárosodott (metamikt) zónákat kizártuk a korolásra szánt területekből. Ezek a zónák a kőzeteket ért utólagos geológiai folyamatok által vezérelt fluidumaktivitással szemben

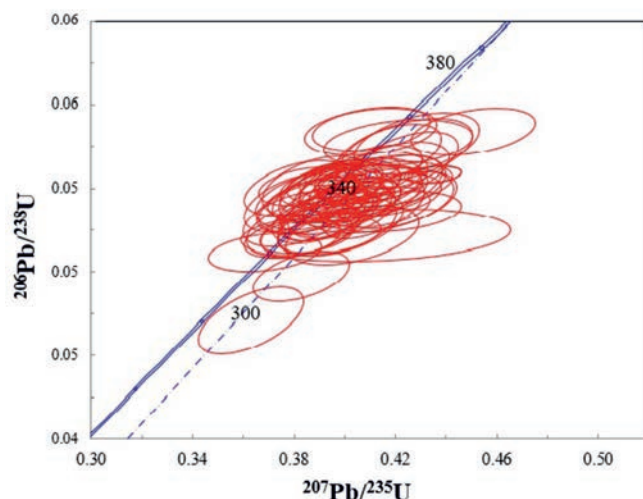
(Putnis 2009) kevésbé ellenállóak, így Pb-vesztettek is lehetnek, ezáltal torzíthatják az U-Pb korhatározás adatait, rontva ezzel a geológiai szempontból stabilnak vélt adatok statisztikáját és értelmezhetőségét.

## *U-Pb geokronológia*

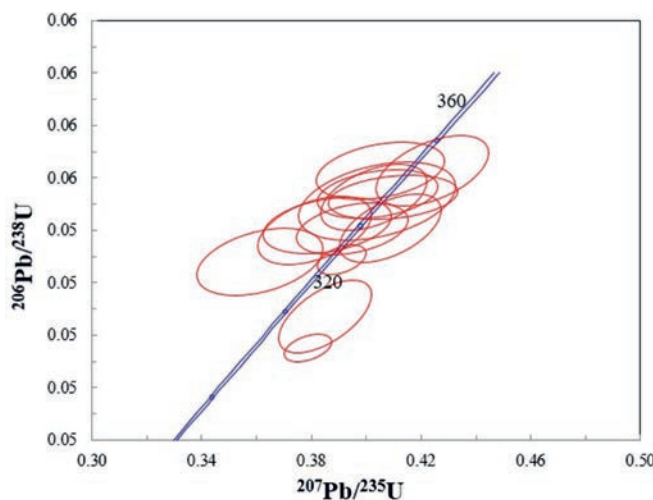
### *1. Konkordáns korok*

Az ily módon elővizsgált cirkonokon LA-ICP-MS segítségével 313 pontelemzést végeztünk. A cirkonok a mórágyi granitoidok esetén az összes kőzettípusból (granitoid (99), mafikus zárvány (39), hibrid kőzet (35)), míg a rastenbergi granitoidok esetén – a jobb korreláció érdekében – csak a nagy tömegben előforduló granitoid, fő kőzetből (17) kerültek ki. 190 konkordáns ( $x > 10\%$ ) koradatból az intrúziók eredetére kaptunk választ.

A mórágyi (3. ábra) és rastenbergi granitoidok (4. ábra) cirkonjainak konkordáns, egy populációra számolt koradatai egyezést mutatnak, igazolva ezzel, hogy a két intrúzió kialakulása egy időben zajlott.



3. ábra. Mórágyi granitoidok kristályosodási kora (konkordiakor):  $339,6 \pm 4$  millió év, MSWD: 1,4



4. ábra. Rastenbergi granitoidok kristályosodási kora (konkordiakor):  $344,1 \pm 4$  millió év, MSWD: 1,7

A mórágyi intrúzió esetén a különböző kőzetek azonos kora a korábban geokémiai (Király, Koroknai 2004) és geokronológiai (Koroknai et al. 2010) vizsgálatok alapján felmerült magmakeveredés elméletét támasztja alá.

Tovább értékelve a két területről származó koradatokat, két populációra számolt statisztikai módszer segítségével (ISOPLOT UNMIX), részben átlapolódó, Gauss-eloszlást mutató sűrűségfüggvényeket kaptunk. Ezek bimodális eloszlást mutatnak, mely kőzettípustól, cirkonmorfológiától, cirkonszövettől egyaránt függetlenül jelentkezik. Az eloszlás hitelességét, külön statisztikai módszert alkalmazva, t-próbával is ellenőriztük. Ennek során nem-egyenlő szórásnégyzeteknél a kétmintás t-próba statisztikája (szignifikancia szint = 0,05) két különálló, hibahatáron belül nem átfedő értéket adott (Mórágyp:  $345,9 \pm 0,95$  és  $335,6 \pm 0,74$  millió év; Rastenberg:  $345,4 \pm 3,5$  és  $333,2 \pm$

---

4,8 millió év) jelezve ezzel, hogy a granitoid intrúziók kristályosodási ideje nem egy adott (geológiai) pillanathoz köthető, hanem időben elhúzódó folyamat.

## 2. Gyengén diszkordáns korok

123 elemzési pontban – a cirkonokat ért utólagos hatások nyomán – diszkordáns koradatokat kaptunk. Közülük a 45 *gyengén* diszkordáns ( $10\% < x < 15\%$ ) koradatot geológiailag értelmezhetőnek találtuk, míg a többit, az ólomvesztésből adódó magas diszkordancia miatt, nem. A gyengén diszkordáns koradatok nagyjából azonos számban képviselték a két vizsgált intrúziót (Mórág: 26, Rastenber: 19).

Az eredmények szerint a felülbélyező hatások a két területet már egymástól függetlenül, eltérő időben érték. A rastenbergi granitoidokat már a perm időszakban ( $268 \pm 19$  millió év) alakították, míg a mórági granitoidok szövetét a kréta időszakban ( $115 \pm 48$  millió év) bélyegezték felül.

## Összefoglalás

Jelen munkánk során összesen 120 cirkonszemcse részletes szöveti és szerkezeti térképezését, illetve U-Pb kormeghatározását végeztük el. A vizsgálatok során a következő eredményekre jutottunk az intrúziók fejlődéstörténetét illetően:

- 1.) A mórági és rastenbergi intrúziók fő (granitoid) kőzeteiből származó cirkonszemcsék konkordáns kora igazolta/alátámasztotta az azonos keletkezési időt.
- 2.) A mórági intrúzió különböző kőzeteiből (granitoid, hibrid, mafikus) válogatott cirkonok konkordáns koradatai megegyeznek. Ez a magmakeverési modell helyességét igazolja az intrúzió kialakulását illetően.
- 3.) A mórági és rastenbergi granitoidok létrejöttéhez köthető konkordáns koradatok bimodális eloszlása jelzi, hogy az intrúziók kőzeteinek megszilárdulása egy hosszabb idő intervallumban, kb. 10 millió éven keresztül zajlott: (Mórág:  $345,9 \pm 0,95$  millió év és  $335,6 \pm 0,74$  millió év, Rastenber:  $345,4 \pm 3,5$  és  $333,2 \pm 4,8$  millió év).
- 4.) A gyengén diszkordáns koradatok alapján megállapítható, hogy az utólagos hatások a két vizsgált területet már eltérő időben érték. A felülbélyező folyamat kora, a rastenbergi pluton esetén a perm időszakra ( $268 \pm 19$  millió év), míg a mórági intrúzió esetén a kréta időszakra ( $115 \pm 48$  millió év) tehető.

## IRODALOM

- Buda Gy., Lovas Gy., Klötzli U., Cousen B.I. 1999: Variscan granitoids of the Mórág Hills (South Hungary). Beihefte zur European Journal of Mineralogy, 11, pp. 21–32.
- Gerdes A., Wörner G., Finger F. 2000: Hybrids, magma mixing and enriched mantle melts in post-collisional Variscan granitoids: the Rastenber Pluton, Austria. In: Franke W., Haak V., Oncken O., Tanner D. (eds) Orogenic Processes: Quantification and Modelling in the Variscan Fold Belt. Geological Society London Special Publications, 179, pp. 415–431.
- Király E., Koroknai B. 2004: The magmatic and metamorphic evolution of the north-eastern part of the Mórág Block. Annual Report of the Geological Institute of Hungary, pp. 299–310.
- Klötzli U.S., Parrish R.R. 1996: Zircon U/Pb and Pb/Pb geochronology of the Rastenber granodiorite, South Bohemian Massif, Austria. Mineralogy and Petrology, 58, pp. 197–214.
- Klötzli U., Buda Gy., Skiöld T. 2004: Zircon typology, geochronology and whole rock Sr-Nd isotope systematics of the Mecsek Mountain granitoids in the Tisia Terrane (Hungary). Mineralogy and Petrology, 81, pp. 113–134.
- Koroknai B., Gerdes A., Király E., Maros Gy. 2010: New U-Pb and Lu-Hf isotopic constraints on the age and origin of the Mórág Granite (Mecsek Mountains, South Hungary). IMA 20th General Meeting, 21–27 August, Budapest, Hungary, Abstracts, p. 506.
- Kovács S., Szederkényi T., Haas J., Buda Gy., Császár G., Nagymarosi A. 2000: Tectonostratigraphic terranes in the pre-Neogene basement of the Hungarian part of the Pannonian area. Acta Geologica Hungarica, 43, pp. 225–328.
- Nasdala L., Irmer G., Wolf D. 1995: The degree of metamictization in zircons: a Raman spectroscopic study. European Journal of Mineralogy, 7, pp. 471–478.
- Putnis A. 2009: Mineral replacement reactions. In: Putirka K. D., Tepley F. J. (eds) Minerals, inclusions and volcanic processes. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, Mineralogical Society of America, Chantilly, 70, pp. 87–124.