

Szegedi Tudományegyetem
Földtudományok Doktori Iskola
Ásványtani, Geokémiai és Közöttani Tanszék

A DITRÓI ALKÁLI MASSZÍVUM LAMPROFÍRJAINAK PETROGENEZISE

PhD értekezés tézisei

BATKI ANIKÓ

Témavezető

Dr. Pál-Molnár Elemér

Szeged
2009

I. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, AZ ÉRTEKEZÉS CÉLKITŰZÉSEI

A Ditrói Alkáli Masszívum [DAM] a Gyergyói-havasok (Keleti-Kárpátok, Románia) D-i és DNy-i részét képezi. A DAM a XX. század első felében Európa egyik legjobban megkutatott és egyben keletkezését tekintve, a legvitatottabb földtani képződménye volt. Ismertségét, a kezdetekben, főleg Albert Streckeisen közetani munkáinak köszönhette. Az elmúlt másfél évszázad kutatásait olyan neves geológusok neve fémjelzi, mint Herbach Ferenc, Fellner Alajos, Koch Antal, Szádeczky Gyula, Mauritz Béla, Vendl Miklós, Földvári Aladár, Pantó Gábor, Alexandru Codarcea, Emil Constantinescu, Jakab Gyula, Brian Upton, Godfrey Fitton és Pál-Molnár Elemér.

A DAM több magmás közettípus és a hazai, illetve a nemzetközi szakirodalomban meghonosodott magmás közetnév (*ditróit* – szodalitos nefelinszienit, *orotvit* – alkáligabbró-alkáldiorit, *ditróessexit* – alkálimonzogabbró-alkálimonzodiorit) locus typicusa (Pál-Molnár, 1994, 2008).

Míg a DAM ásvány- és közettanára, szerkezetére, keletkezésének módjára, idejére, valamint a kőzetek és ércek gazdasági potenciáljára vonatkozóan számos tudományos munka született, a masszívum területén megjelenő lamprofír teléreket eddig csak érintőlegesen vizsgálták (Mauritz, 1912; Mauritz et al., 1925; Streckeisen, 1954; Anastasiu, Constantinescu, 1982). Mivel a DAM északi részén található a lamprofírok legtöbb kontaktusa természetes feltárásban a masszívum más közettípusaival, ezért a vizsgált terület az Orotva-patak és jobb oldali mellékágainak (Tarnica-, Tászok-, Fülöp- Gudu- Török- és Nagyág-patakok) völgyeit öleli fel.

Az értekezés célja a DAM északi részén felszínre bukkanó lamprofír testek települési, petrográfiai, geokémiai és petrogenetikai viszonyainak összegzése, továbbá a lamprofírok masszívumon belüli, illetve kívüli kapcsolatainak meghatározása, a komagmás és kogenetikus sorozatok elkülönítése az elvégzett vizsgálati eredmények függvényében.

II. ALKALMAZOTT VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

A kitűzött kutatási célok megvalósítására terepi, petrográfiai, ásvány geokémiai, teljes kőzet fő- és nyomelem geokémiai, illetve radiogén izotóp geokémiai vizsgálati módszereket alkalmaztam. Az Orotva-, Tarnica-, Tászkok-, Fülöp-, Gudu-, Török- és Nagyág- patakok völgyéből, 9 feltárásból összesen 55 lamprofír mintát gyűjtöttem, amelyekből összesen 65 vékonycsiszolat készült. A szöveti sajátosságok vizsgálatát Olympus SX-9 binokuláris mikroszkóppal, illetve Nikon Microphot FXA és Olympus BX-41 polarizációs mikroszkópon végeztem az SZTE, Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszékén.

Az ásvány geokémiai vizsgálatok CAMECA SX50 elektronmikroszondán történtek 15 nA mintaáram, 20 kV gyorsítófeszültség mellett, természetes standardok segítségével az Uppsalai Egyetem Geológiai Tanszékén. Az elemtérképek és spektrumok röntgen fluoreszcens spektrofotometriával, HORIBA JOBIN-YVON XGT-5000-es berendezéssel készültek 30 kV gerjesztő feszültség és automatikusan szabályozott 0,2-1,0 mA anódáram mellett, az SZTE, Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszékén. A mérési idő spektrumok felvétele esetén 1800 s, az elemtérképek esetében 50 s szkennelésenként. A katódlumineszcens felvételek reliontron „hideg-katódos” mikroszkóppal, 5-8 kV gyorsítófeszültség és 0,9 mA mintaáram mellett, az MTA Geokémiai Kutatóintézetében, Budapesten készültek.

A 26 teljes kőzet geokémiai elemzés a Stockholmi Egyetem Geológiai és Geokémiai Tanszékén történt. A főelem geokémiai elemzések HR-ICP-MS módszerrel készültek Finnigan MAT Element tömeg spektrométer segítségével, a nyomelem összetétel meghatározása, pedig Varian Vista AX spektrométeren történt ICP-AES módszerrel.

Sr és Nd izotóp vizsgálatok 4 lamprofír teléren és a DAM két fő intrúziójához kapcsolódó hornblenditen, illetve szieniten történtek Finnigan MAT261 termál ionizációs tömeg spektrométerrel (TIMS) a Stockholmi Természettudományi Múzeum Izotóp Geológiai Laboratóriumában.

III. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A terepi munka, illetve a begyűjtött kőzetminták petrográfiai és ásványkémiai vizsgálata alapján a DAM északi részén felszínre bukkanó lamprofírok három csoportját azonosítottam, amelyek mind térben, mind ásványos összetételben elkülönülnek egymástól:

- **I. csoport:** piroxénes, kaersutit tartalmú lamprofírok (Orotva-, Tarnica-, Tászok-, Fülöp- és Gudu-patakok völgye – Tarnica Komplexum területe), amelyek ladini-karni korú hornblendittel és nefelinszienittel vannak kontaktusban.
- **II. csoport:** piroxénmentes, magneziohastingsit tartalmú lamprofírok (Fülöp-Török- és Nagyág-patakok völgye), amelyek ladini-karni korú nefelinszienittel és karni-raethi korú gránittal érintkeznek.
- **III. csoport:** piroxénes, ferrorichterit tartalmú lamprofírok (Nagyág-patak felső völgye), amelyek tinguait telérekben jelennek meg, ezért a nagy intruzív testekkel való esetleges kontaktusokról nincs információ.

A piroxénes, kaersutit tartalmú és a piroxénmentes, magneziohastingsit tartalmú lamprofírok hornblendittel, nefelinszienittel és gránittal való kontaktusa, illetve a lamprofírokat átjáró apti-albai korú alkáliföldpátszienit telérek alapján megállapítottam, hogy a lamprofírok ezen csoportjai felső-triász (karni-raethi) és alsó-kréta (apti) között jelentek meg a DAM-ban, valamint a lamprofír telérek nem a legutolsó fázisú intrúziói a DAM magmás fejlődéstörténetében.

2. A lamprofír csoportok ásványfázisain végzett főelem geokémiai elemzések alapján a DAM lamprofírjainak kutatásában először történt meg a kőzetalkotó és másodlagos ásványok pontos összetételének meghatározása, amelynek során egy új, a masszívumban ezidáig nem ismert ásvány, a lizetit leírására is sor került.

2.1. A piroxénes, kaersutit tartalmú lamprofírok piroxénje Si-ben szegény, Al- és Fe^{2+} -tartalmú diopszid $[(Ca_{0,89}Na_{0,05-0,07}Fe^{2+}_{0,04-0,06})(Mg_{0,70-0,73}Fe^{2+}_{0,02-0,03}Fe^{3+}_{0,14-0,16}Ti_{0,06}Al_{0,05})(Al_{0,26-0,27}Si_{1,73-1,74})O_6]$. A piroxénes, ferrorichterit tartalmú lamprofírok piroxénjeinek uralkodó komponense szintén Al- és Fe^{2+} -tartalmú diopszid $[(Ca_{0,89}Na_{0,04}Fe^{2+}_{0,07})(Mg_{0,73}Fe^{2+}_{0,05}Fe^{3+}_{0,13}Ti_{0,06}Al_{0,04})(Al_{0,24}Si_{1,76})O_6]$, kisebb

mennyiségben Na-, Al- és Fe^{2+} -tartalmú diopszid $[(Ca_{0,86}Na_{0,13})(Mg_{0,48}Fe^{2+}_{0,19}Fe^{3+}_{0,25}Ti_{0,04}Al_{0,02})(Al_{0,23}Si_{1,77})O_6]$, illetve egirinaugit $[(Ca_{0,5}Na_{0,5})(Fe^{3+}_{0,47}Fe^{2+}_{0,25}Mg_{0,16}Mn_{0,04}Ti_{0,04}Al_{0,03})(Al_{0,07}Si_{1,93})O_6]$ jelenik meg.

2.2. A piroxénes, kaersutit tartalmú lamprofírok amfibolja kaersutit maggal $[(Na_{0,6-0,7}K_{0,2})_A(Ca_{1,9}Na_{0,1})_B(Mg_{2,6-2,7}Fe^{2+}_{1,3-1,6}Ti_{0,6-0,8}Al_{0,1-0,3})_C(Al_{2,0-2,2}Si_{5,8-6,0})O_{23}]$ és magneziohastingsit szegéllyel $[(Na_{0,5-0,6}K_{0,0-0,4})_A(Ca_{1,8}Na_{0,2})_B(Mg_{1,9-2,5}Fe^{2+}_{1,4-1,9}Ti_{0,1-0,3}Fe^{3+}_{0,3-0,9}Al_{0,1-0,2})_C(Al_{1,7-1,9}Si_{6,1-6,3})O_{23}]$ rendelkezik. A piroxénmentes, magneziohastingsit tartalmú lamprofírok amfibolja hastingsit-magneziohastingsit $[(Na_{0,4-0,6}K_{0,2-0,3})_A(Ca_{1,9}Na_{0,1})_B(Mg_{1,8-2,2}Fe^{2+}_{1,8-2,0}Fe^{3+}_{0,5-0,7}Ti_{0,2-0,4}Al_{0,2-0,4})_C(Al_{1,8-2,2}Si_{5,8-6,2})O_{23}]$. A piroxénes, ferrorichterit tartalmú lamprofírok amfibolja, pedig Na-gazdag ferrorichterit $[(Na_{1,0})_A(Ca_{1,7-2,0}Na_{0,8-1,4})_B(Fe^{2+}_{2,6-2,7}Mg_{0,9-1,1}Al_{0,2-0,3})_C(Al_{0,0-0,1}Si_{7,9-8,0})O_{23}]$.

A piroxénes, kaersutit tartalmú lamprofírokban piroxénekből átalakult, másodlagos Ca-amfibolok jelennek meg. A tremolit összetétele: $(Ca_{1,8-2,0})_B(Mg_{4,0-4,8}Fe^{2+}_{0,0-0,4}Fe^{3+}_{0,0-0,5}Al_{0,0-0,1})_C(Fe^{3+}_{0,0-0,2}Al_{0,0-0,5}Si_{7,5-8,0})O_{23}$. Az aktinolit összetétele: $(Ca_{1,9}Na_{0,1})_B(Mg_{4,0}Fe^{2+}_{0,7}Fe^{3+}_{0,3})_C(Al_{0,2}Si_{7,8})O_{23}$. A magneziohornblende összetétele: $(Na_{0,0-0,2})_A(Ca_{1,7-1,9}Na_{0,0-0,1})_B(Mg_{3,3-4,4}Fe^{2+}_{0,0-1,3}Fe^{3+}_{0,3-0,6}Al_{0,0-0,1})_C(Fe^{3+}_{0,0-0,2}Al_{0,3-0,7}Si_{7,3-7,5})O_{23}$.

2.3. A piroxénes, kaersutit, illetve ferrorichterit tartalmú lamprofírok elsődleges és másodlagos csillámjai Mg-biotitok ($mg\#=0,60-0,65$) és flogopitok ($mg\#=0,67-0,73$), míg a piroxénmentes, magneziohastingsit tartalmú lamprofírok biotitja Fe-ben gazdagabb Fe-Mg-biotit ($mg\#=0,47-0,50$).

2.4. A piroxénes, kaersutit tartalmú lamprofírok plagioklászai albit – oligoklász ($An=5,3-16,0$) összetételűek, a piroxénmentes, magneziohastingsit tartalmú lamprofírokban albit – andezin ($An=3,9-34,0$) a jellemző plagioklász tartomány, míg a piroxénes, ferrorichterit tartalmú lamprofírok földpátjai tiszta albitok ($Ab=99,6$). A piroxénes, ferrorichterit tartalmú lamprofírokban előforduló alumínium-, nátrium-, ferrovas-tartalmú diopszid szemcsék zónahatárain és magjában másodlagos káliföldpát ($Or=96,0-96,6$) jelenik meg.

2.5. A lizetit a piroxénes, ferrorichterit tartalmú lamprofírok ocellumaiban és alapanyagában jelenik meg, amelynek meghatározása nemcsak a DAM

lamprofírjaiban, hanem az egész masszívum ásványtanában először történik. A lizetit összetétele: $Ca_{0,90-0,92}Na_{2,01-2,21}Al_{3,84-3,90}Si_{4,07-4,11}O_{16}$.

2.6. A piroxénes, kaersutit tartalmú lamprofírok ocellumainak egyes plagioklász földpát magjaiban allanit-(Ce,La) jelenik meg, amely a plagioklászok kaersutit lécekkal való összenövésénél jellemző.

2.7. A piroxénes, kaersutit tartalmú lamprofírok Al- és Fe^{2+} -tartalmú diopszidja Nimis (1999) alapján 800-1000 °C-os tartományban 9-17 kbar között keletkezett. A piroxénes, ferrorichterit tartalmú lamprofírok Al- és Fe^{2+} -tartalmú diopszidja 800-1000°C hőmérséklet tartomány között 7-16 kbar nyomáson vált ki, Na-, Al- és Fe^{2+} -tartalmú diopszidja pedig 800-1000 °C között 6-19 kbar-on képződött (Nimis, 1999). A piroxének Ti/Ca+Na arányuk alapján alkáli magmából keletkeztek, Ti+Cr/Ca arányuk alapján, pedig anorogén eredetűek. Az egirinaugit Ti/Al eloszlása alapján kis nyomáson keletkezett.

2.8. Hammarstrom, Zen (1986), Hollister et al. (1987), és Schmidt (1992) alapján a piroxénes, kaersutit tartalmú lamprofírok kaersutitja 7-9 kbar, magneziohastingsitje 5,4-6,9 kbar között keletkezett, míg a piroxénmentes, magneziohastingsit tartalmú lamprofírok hastingsit-magneziohastingsitje 6-9 kbar-on vált ki, amelyek Ca+Al vs. Si+Na+K eloszlása korai magmás szakaszban való kristályosodásukat jelzi. A piroxénes, ferrorichterit tartalmú lamprofírok ferrorichteritje Brown (1977) alapján az alapanyagban 7 kbar felett, az ocellumokban pedig 6 kbar körül kristályosodott.

2.9. A ferrorichterit léceket tartalmazó lizetit a piroxénes, ferrorichterit tartalmú lamprofírok ocellumaiban 6 kbar körüli nyomáson keletkezhetett, ami összhangban áll a lizetit kísérletileg meghatározott stabilitási mezejével (400 °C esetén 10 ± 4 kbar) (Smith et al., 1986).

3. Fő- és nyomelem geokémiai vizsgálatok alapján megállapítottam, hogy a piroxénes, kaersutit tartalmú és piroxénmentes, magneziohastingsit tartalmú lamprofírok Si-ben és Al-ben telítetlen, bazanitos összetételű, alkáli bázikus kőzetek, valamint primer olvadékok másodlagos differenciátumai.

A DAM piroxénes, kaersutit tartalmú és piroxénmentes, magneziohastingsit tartalmú lamprofírjai kis SiO_2 -tartalmuk, nagy alkáli, TiO_2 , LILE, LREE koncentrációjuk, nagy Yb/Nb, Ti/V, $(\text{La}/\text{Yb})_N$ arányaik, Zr/ TiO_2 vs. Nb/Y eloszlásuk, nefelin és olivin normatív összetételük alapján Si-ben telítetlen, bazanitos összetételű, alkáli bázikus kőzetek. Al-ben telítetlen metalumíniumos összetételük, valamint primitív köpenyre normált nyomelem eloszlásuk megegyezik az átlagos alkáli lamprofírokéval.

A piroxénes, kaersutit tartalmú lamprofírok mg#, Cr, Ni, Co, Sc koncentrációjuk alapján primitívebb olvadékból származnak, mint a piroxén mentes, magneziohastingsit tartalmú lamprofírok. Primitív olvadékot néhány piroxénes, kaersutit tartalmú lamprofír minta képvisel, de a lamprofírok nagy többsége differenciált olvadékból származik. A DAM lamprofírjai nem tartalmaznak sem köpeny xenolitokat sem olivint, legtöbbjük mg-értéke 44–60 közötti, ami arra utal, hogy primer olvadékok másodlagos differenciátumai.

4. A radiogén izotóparány, az erősen inkompatibilis nyomelem összetétel, a LILE/HFSE, illetve LREE/HFSE arányok alapján megállapítottam, hogy a DAM piroxénes, kaersutit tartalmú és piroxénmentes, magneziohastingsit tartalmú lamprofírjai HIMU és EM I köpenykomponens jellegekkel bíró OIB köpenyrégióból származnak. Lemezen belüli eredetüket alátámasztja Ti/100-Zr-Y*3 eloszlásuk is.

A DAM piroxénes, kaersutit tartalmú és piroxénmentes, magneziohastingsit tartalmú lamprofírjainak $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0,70334-0,70371$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0,51273-0,51283$, negatív ε_{Sr} ($-11,2$ – $-16,5$) és pozitív ε_{Nd} ($1,8$ – $3,8$) értékei egyértelmű köpeny eredetet mutatnak. A lamprofírok La/Nb, Zr/Nb, Ba/Nb, Ba/La, Rb/Nb és K/Nb arányai, a radiogén izotóp értékekkel összhangban HIMU és EM I köpenykomponensek jelenlétét jelzik a DAM lamprofírjainak forrásrégiójában. A lamprofírok óceáni sziget bazaltokra (OIB) normált REE értékei és Ti/100-Zr-Y*3 eloszlása a lamprofírok lemezen belüli petrotektonikai környezetből való származását tükrözik.

5. A DAM piroxénes, kaersutit tartalmú és piroxénmentes, magneziohastingsit tartalmú lamprofírjainak nagy könnyű ritkaföldfém és igen kis nehéz ritkaföldfém koncentrációja ($La/Yb=15-26$) alapján a lamprofírok gránát lherzolit igen kisfokú (~1-2 %-os) parciális olvadásával keletkeztek. Ez esetben a DAM lamprofírjainak minimális képződési mélysége a gránát peridotit megjelenésének minimum mélysége, ami átlagos köpeny esetén 60-80 km mélységben van (Watson, McKenzie, 1991).

Míg a piroxénes, kaersutit tartalmú és piroxénmentes, magneziohastingsit tartalmú lamprofírok HREE tartalma a primitív köpenynek csak 5-9-szerese, LREE koncentrációja annak 50-100-szorosa. A könnyű és nehéz ritkaföldfémek ilyen mértékű frakcionációja ($La/Yb=15-26$) azt mutatja, hogy a lamprofírok keletkezésekor, parciális olvadás során a magma LREE-ben sokkal nagyobb mértékben gazdagodott, mint HREE-ben. A keletkezett magma kis nehéz ritkaföldfém koncentrációját a lherzolit reziduális gránát fázisa, nagy könnyű ritkaföldfém tartalmát, pedig annak igen kismértékű (~1-2 %-os) parciális olvadása okozhatta.

6. Ritkaföldfém, illetve radiogén izotóp geokémiai vizsgálatok alapján megállapítottam, hogy a piroxénes, kaersutit tartalmú lamprofírok, a piroxénmentes, magneziohastingsit tartalmú lamprofírok és a DAM hornblenditjei ugyanabból a magmából és azonos petrotektonikai környezetben keletkeztek, vagyis a lamprofírok keletkezése a masszívum fejlődéstörténetének első földtani eseményéhez köthető.

6.1. *A piroxénes, kaersutit tartalmú és piroxénmentes, magneziohastingsit tartalmú lamprofírok teljesen azonos primitív köpenyre, illetve óceáni sziget bazaltra normált ritkaföldfém lefutása azt bizonyítja, hogy egymással komagmásak, radiogén izotóp eloszlásuk alapján, pedig kogenetikusak.*

6.2. *A piroxénes, kaersutit tartalmú és piroxénmentes, magneziohastingsit tartalmú lamprofíroknak a DAM hornblenditjére normált REE koncentrációja alapján kijelenthető, hogy a lamprofírok a hornblenditekkal komagmásak, radiogén izotóp eloszlásuk alapján, pedig kogenetikusak. Tehát a lamprofírok keletkezése a DAM magmás fejlődéstörténetének első (középső triász – felső triász) szakaszához köthető, vagyis a kontinentális lemezen belüli tektonikai környezetben, primitív olvadékból keletkezett ultrabázitok telérfázisai.*

IV. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMÁJÁBAN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

- BATKI, A.** (2004): A Ditrói Alkáli Masszívum É-i részén (Orotva-völgy) felszínre bukkanó lamprofírok petrográfiája. XXXV. Ifjú Szakemberek Ankétja, Sárospatak, 42-43.
- BATKI, A., PÁL-MOLNÁR, E.** (2004): Petrology of lamprophyres occurring in the northern part of the Ditró Alkaline Massif (Jolotca Creek Basin). *GeoLines*, Prague, 17, 18-21.
- BATKI, A., PÁL-MOLNÁR, E.** (2004): A Ditrói Alkáli Masszívum É-i részén (Orotva-völgy) felszínre bukkanó lamprofírok petrográfiája. *GEO 2004 - Magyar földtudományi szakemberek VII. világtalálkozója*, Szeged, 53.
- BATKI, A., PÁL-MOLNÁR, E., BÁRDOSSY, A** (2004): Occurrence and petrology of lamprophyres from the northern part of the Ditrău Alkaline Massif, Eastern Carpathians, Romania. *Acta Mineralogica-Petrographica*, Szeged, 45/2, 21-28.
- BATKI, A., PÁL-MOLNÁR, E.** (2005): Az Orotva-völgyben felszínre bukkanó lamprofírok geokémiai vizsgálata (Ditrói Alkáli Masszívum, Románia). *EMT, VII. Bányászati-Kohászati-Földtani Konferencia*, Nagyvárad, 71-72.
- BATKI, A., PÁL-MOLNÁR, E.** (2005): Geochemistry of Lamprophyres of the Ditrău Alkaline Massif. *GeoLines*, Prague, 19, 20-22.
- BATKI, A., PÁL-MOLNÁR, E.** (2005): Petrological aspects of alkaline lamprophyres from the northern part of the Ditrău Alkaline Massif, Romania. *5th International Conference of PhD Students*, Miskolc, 241-246.
- BATKI, A., PÁL-MOLNÁR, E.** (2005): Lamprofír telérek eredete, Ditrói Alkáli Masszívum, Románia (Origin of lamprophyre dykes from the Ditrău Alkaline Massif, Romania). *The 7th Meeting of Szeklerland's Geologists*, Csíkszereda, 32-33.
- BATKI, A., PÁL-MOLNÁR, E.** (2006): Mineralogy of lamprophyres from the Ditrău Alkaline Massif, Romania. *Acta Mineralogica-Petrographica Abstract Series*, Szeged, 5, 9.
- BATKI, A., PÁL-MOLNÁR, E.** (2006): Trace element and Nd-Sr isotopic composition of lamprophyres from the Ditrău Alkaline Massif, Romania. *Geolines*, Prague, 20, 17-18.

- BATKI, A., PÁL-MOLNÁR, E. (2006):** Rock-forming minerals of lamprophyres from the Ditrău Alkaline Massif, Romania. *Mineralogia Polonica Special Papers*, 28, 22-24.
- BATKI, A., PÁL-MOLNÁR, E. (2006):** Az Orotva völgyi kamptonitok ásványkémiái vizsgálata, Ditrői Alkáli Masszívum (Mineral chemistry of the Orotva camptonites from the Ditrău Alkaline Massif). The 8th Meeting of Szeklerland's Geologists, Csíkszereda, 32-34.
- BATKI, A., PÁL-MOLNÁR, E. (2007):** A Ditrői Alkáli Masszívum lamprofirjainak petrogenetikája, nyomelem- és ritkaföldfém-tartalmuk tükrében. EMT, IX. Bányászati-Kohászati-Földtani Konferencia, Buziásfürdő, 172.
- BATKI, A., PÁL-MOLNÁR, E. (2009):** Calcic to sodic-calcic amphiboles of lamprophyres from the Ditrău Alkaline Massif. *Mitt.Österr.Mineral.Ges.*, 155, 29.

V. EGYÉB PUBLIKÁCIÓK

- PÁL-MOLNÁR, E., KOVÁCS, G., **BATKI, A. (2001):** Petrological characteristics of Variscan granitoids of Battonya Unit (SE Hungary). *Acta Mineralogica-Petrographica*, Szeged, 42, 21-31.
- PÁL-MOLNÁR, E., KOVÁCS, G., **BATKI, A. (2001):** Petrological characteristics of Algyő –Ferencszállás – Makó area granitoids (SE Hungary). *Acta Mineralogica-Petrographica*, Szeged, 42, 51-58.
- PÁL-MOLNÁR, E., **BATKI, A., KÓBOR, B. (2003):** Rock-forming minerals of Battonya and Csongrád Unit granitoids. *Acta Mineralogica-Petrographica Abstract Series*, Szeged, 1, 82.
- PÁL-MOLNÁR, E., LELKES-FELVÁRI, GY., **BATKI, A., SASSI R. (2005):** Metamorphic petrology and geochemistry of the Sarkadkeresztúr Basement-High with special regard to the orthogneiss (Tisza Mega-unit, SE Hungary). *Acta Geologica Hungarica*, 48/4, 395-418.
- PÁL-MOLNÁR, E., ANDRÁS, E., KASSAY, ZS., BUDA, GY., **BATKI, A. (2008):** Petrology of Păuliș granites (Apuseni Mts., Romania). *Acta Mineralogica-Petrographica*, Szeged, 48, 33-41.