

Zárójelentés

A Kárpát-Pannon régió alatti preneogén szubkontinentális litoszféra megismerése a régió késő-kréta - paleogén alkáli bázisos kőzeteinek és köpenyzárványainak kőzettani és geokémiai vizsgálatával

című

FT1 64020 nyilvántartási számú OTKA pályázat kutatási eredményeiről

A kutatások célja

A Kárpát-Pannon régió szubkontinentális felsőköpenyének, fizikai állapota (pl. deformációja), geokémiai folyamatai (pl. parciális olvadás, oxidációs állapotváltozás vagy metasomatózis) a neogén alkáli bazaltok és felsőköpeny xenolitjainak kiterjedt, nemzetközi szinten is elismert szintű vizsgálatával (pl. Embey-Isztin et al., 1989; 1993; 2001; Szabó et al., 1993; 1995; 2004; Downes és Vaselli, 1995; Harangi, 2001; Dobosi és Horváth, 1988; Dobosi et al., 1999) a Föld egyik legjobban megkutatott régiójává vált. Ugyanakkor a kizárólag preneogén köpenyeseményeket és -állapotot megőrző felsőköpenyről lényegesen kevesebb az ismeret, annak ellenére, hogy a Kárpát-Pannon régiót alkotó blokkok közül mind az Alcapa és mind a Tisza hordoz olyan vulkáni képződményeket, amelyek felsőköpeny zárványt tartalmaznak (Szabó, 1985; Szabó et al., 1993; Downes et al. 1995; Nédli és M. Tóth, 2003; Nédli, 2004). Az utóbbi évek kutatásai területileg eltérő intenzitásúak voltak, elsősorban az Alcapa alatti szubkontinentális litoszférát célozták, ahonnan nagy számban ismerünk kéreg- és köpenyzárványokat (pl. preneogén: Dunántúli Középhegység ÉNy-i része, plio-pleisztocén: Bakony-Balaton-felvidék, Kisalföld, Nógrád-Gömör, Stájer-medence) (pl. Szabó, 1985; Kubovics et al., 1989; Embey-Isztin et al., 1989; Downes et al., 1995; Downes és Vaselli, 1995; Vaselli et al., 1996; Szabó et al., 2004). A Kárpát-Pannon régió Tisza egysége alatti litoszférából azonban jóval kevesebb ismerettel rendelkezünk. Erről a területről csak a 90-es évektől jelentek meg a köpenyzárványok három lelőhelyéről – plio-pleisztocén: Persány-hegység, preneogén: Ruzska-havasok és Villányi-hegység – szóló részletes petrográfiai és modern geokémiai közlemények (Vaselli et al., 1995; Downes et al., 1995; Nédli és M. Tóth, 1999; Nédli, 2004). A Villányi-hegységből és a Ruzska-havasokból származó köpeny zárványok éppen azért különlegesek, mert a Tisza egység alatti szubkontinentális litoszféra majdnem egyetlen adathordozói, és azért is, mert a régióban jórészt ismeretlen, késő mezozoós eseményektől idősebb, mély litoszféráról szolgáltatnak pótolhatatlan ismereteket.

A kutatások célja volt a Villányi-hegységből és a Ruzska-havasokból (Déli-Kárpátok) származó alkáli bázisos vulkanitok és köpeny xenolitok vizsgálata alapján a Tisza egység alatti szubkontinentális litoszféráról általában - és a régióban jórészt - ismeretlen, késő mezozoós eseményektől idősebb, a mély litoszférában lejátszódott deformációs és geokémiai folyamatokról ismereteket szerezni.

Az alkalmazott vizsgálati módszerek

Az eredeti munkatervnek megfelelően a kutatás első évében a terepbejárás, terepi dokumentáció, mintavétel került a kutatások előterébe, amíg a második-harmadik évben az anyagvizsgálatok és az adatok értelmezése történt.

A villányi-hegységi kőbányák közül a máriagyüdi, ún. Vízügyi kőfejtőből gyűjtöttem új mintákat. Mivel a beremendi és babarcszölösi kőfejtők állapotában a korábbi évekhez képest nem

történt változás, ezekről a lelőhelyekről újabb gyűjtés nem történt. A Ruzska-havasokról beszerzett irodalmak tanulmányozása után kiválasztottam a lehetséges mintavételi helyeket, majd többszöri terepbejárás során Cserbely és Nagymuncsel környékén gyűjtöttem bazaltoid és xenolit mintákat. Sajnos azonban a tervezett Mecsek és Villányi hg. közötti mélyfúrásokban megismert telérekből nem sikerült a még meglévő magraktárakból mintákat beszerezni. Emiatt és a ruszka-havasoki lelőhely igen kevéssé ismert volta miatt a továbbiakban a kutatások fókuszába a Ruzska-havasokból származó minták kerültek. A mintavételt követően elvégeztem a begyűjtött mintaanyag makroszkópos leírását és kiválasztottam a további vizsgálatokra alkalmasnak tűnő mintákat. Mintegy 30 mintából készült kétoldalt polírozott vékonycsiszolat, amelyek mikroszkópos vizsgálata után kiválasztottam az anyagvizsgálatokra ígéretesnek látszó mintákat.

A kutatások második évében, anyagi források hiányában egyéb projektek támogatásával, sikerült 5 reprezentatívnak ítélt ruszka-havasoki minta ásványait, előzetes vizsgálat céljából, elektronmikroszondával a Berliini Szabadegyetemen megelemezni.

Szintén megtörtént a legújabb gyűjtésű máriagyűdi telérből származó minták ortopiroxén megakristályainak és lamprofir befogadó kőzetének elektronmikroszondás vizsgálata. Anyagi források hiányában a mérésekre a K62468 számú OTKA projekttel való együttműködés keretében, a Geokémiai Kutató Intézetben került sor.

Szintén tudományos kapcsolatok segítségével sikerült megmérni a londoni Birkbeck College LA-ICPMS laboratóriumában két korábbi gyűjtésű beremendi xenolit klinopiroxénjének nyomelem összetételét, ami az első elemzés volt ebből a közetsorozatból.

A Tiszai egység vulkanitjaiban előforduló xenolitok (főleg klinopiroxének) nyomelem összetételének megállapítására a kutatások utolsó évében elnyertem a londoni Natural History Museum Synthesys ösztöndíját, amely háromhetes elektronmikroszondás és LA-ICPMS laboratóriumi munkára adott lehetőséget. A Berliini Szabadegyetemen elvégzett előzetes elektronmikroszondás vizsgálatok, a petrográfiai vizsgálatokkal együtt, kitűnő alapot adtak a mintáknak az itt megvalósított, részletes vizsgálatokhoz való kiválasztásakor. Ez a háromhetes laboratóriumi munka lehetőséget nyújtott 20 ruszka-havasoki minta részletes és szisztematikus elektronmikroszonda és LA-ICPMS elemzésére, az utóbbi szintén első elemzés volt ebből a közetsorozatból.

A kutatási tervben foglaltakon túl megvalósítottam a Trieszti Tudományegyetemen 2 villányi-hegységi és 3 ruszka-havasoki Iherzolit xenolit minta klinopiroxénjének egy-kristály röntgen diffraktométeres vizsgálatát is. A vizsgálatok MoKa sugárforrással, grafit monokromátorral ellátott KUMA-KM4 automatizált, 4 körös, K-geometriájú diffraktométerrel történtek. Ez a vizsgálati módszer lehetőséget kínál a xenolitok képződési körülményeinek, azon belül is az egyensúlyi nyomás becslésére, ezáltal a képződési mechanizmus megismerésére. Ez a spinell peridotit fáciesű xenolitokra különösen fontos, hiszen számos, ásványkémiai adatok alapján jól kalibrált termométert ismer a szakirodalom, ám megbízható geobarométer nem ismert, ezért a xenolitok egyensúlyi nyomásának becslése rendkívül bizonytalan. Ezzel szemben a kristályszerkezeti paramétereket az utóbbi évtizedben számos szerző alkalmazta eredményesen nyomásbecslésre a világ számos vulkáni területéről származó xenolitokon (pl. Dal Negro et al., 1984, 1989; Princivalle et al., 1994, 2000a, b). A ruszka-havasoki és villányi hegységi xenolitok vizsgálatával párhuzamosan a Bakony - Balaton-felvidék vulkáni területről származó xenolitok első vizsgálata is megtörténtek (Nédli et al., 2009) és kitűnő alapot szolgáltattak az adatok összehasonlításához.

A kutatás eredményei

A Villányi-hegyégből származó minták vizsgálatának eredményei

A Villányi-hegység lamprofir teléreinek és ultrabázisos xenolitjainak részletes petrográfiai és geokémiai vizsgálatát, petrogenetikai értelmezését megkezdtem doktori disszertációmban (Nédli, 2004). Az értekezés kitért a beremendi telérben található xenolitok elsődleges petrográfiai bélyegeinek leírására és a termobarometriai értelmezésére is. A tézis azonban, idő és anyagi források hiányában, nyitva hagyta a xenolitok és xenokristályok részletesebb vizsgálatának kérdését. Ezen kiegészítések elvégzésére volt módomban a pályázat ideje alatt a beremendi köpeny xenolitok egy-kristály röntgen diffrakciós és LA-ICPMS mérései és a máriagyüdi telér ortopiroxén megakristályainak elektronmikroszondás vizsgálata alapján. A tanulmányozás célja volt a xenolitok által reprezentált köpeny szegmens egyensúlyi hőmérsékleti-nyomási viszonyainak pontosítása, a köpeny kimerülési-gazdagodási folyamatainak megismerése nyomelem összetétel alapján és a megakristályok/xenokristályok köpeny eredetének vagy korai kristályosodási kapcsolatainak eldöntése.

A máriagyüdi telérből származó minták ortopiroxén megakristályainak elektronmikroszondás vizsgálata alapján megállapítható, hogy az ortopiroxén xenokristályok nem a köpenyből származnak. A lamprofir klinopiroxén fenokristályainak kémiai karaktere lemezen belüli keletkezési környezetet jelez és megerősíti a korábbi petrográfiai és teljes kőzet nyomelem geokémiai alapon feltételezett genetikai rokonságot a beremendi lamprofir telérről.

A londoni Birkbeck College LA-ICPMS laboratóriumában két korábbi gyűjtésű beremendi xenolit klinopiroxénjének nyomelem összetételét mértük meg a xenolitok által reprezentált köpeny kimerülési-gazdagodási folyamatainak vizsgálata céljából. Több mérésre sajnos a minták igen erős átalakulása miatt nem volt lehetőség. A nyomelemek eloszlása arra utal, hogy a köpeny, amelyet a xenolitok reprezentálnak, kismértékben kimerült, majd ezt követően igen kismértékű metasomatizist szenvedett, ami pozitív La-anomáliában nyilvánul meg. Ezen új eredmények összhangban vannak a petrográfiából (amfibol jelenléte egyes mintákban) és az ásványkémiai adatokból korábban levont következtetésekkel és a régió alatti köpenyből korábban ismeretlen gazdagodási folyamatra utalnak.

A xenolit klinopiroxének kristályszerkezeti paramétereinek meghatározása egy-kristály röntgendiffrakcióval igen érdekes és értékes eredményekkel gazdagította a Villányi zóna alatti preneogén köpenyről rendelkezésünkre álló ismereteket, ugyanis a beremendi, rekristallizált szövetű xenolitok igen nagy (plagioklász lherzolitokra jellemző) cella térfogatot mutatnak, meghaladva minden a világon eddig vizsgált spinell lherzolit xenolitra jellemző értéket. Ilyen nagy cella térfogat, a xenolitok kismértékű kimerültségi fokának ismeretében csak egy igen kis nyomáson (a plagioklász stabilitási mezejéhez közeli tartományban) való újrakristályosodására vezethetők vissza, ami a régió alatti, eddig nem ismert köpeny felemelkedéssel magyarázható.

A Ruzska-havasokból származó minták vizsgálatának eredményei

A Ruzska-havasokból származó alkáli vulkanitokról napjainkig néhány petrográfiai leírás és alapvető geokémiai elemzés készült (Downes et al., 1995), amely feltárta a magmatit késő-kréta – paleogén korát, szubdukciós forrásközethez kapcsolódó eredetét. Néhány köpeny eredetű xenolit petrográfiai és elektronmikroszondás vizsgálatát szintén elvégezték H. Downes és munkatársai (Downes et al. 1995). Megállapították, hogy a xenolitok által reprezentált litoszféra kimerült, nem metasomatizált, és csak kismértékben deformálódott, ugyanakkor széles egyensúlyi hőmérsékleti tartományt mutat (780-1050 °C).

A fenti lelőhelyekről új mintákat gyűjtöttem és a petrográfia alapján megállapítható, hogy azok többnyire I-típusú, 4-fázisú (olivin, ortopiroxén, klinopiroxén, spinell) felsőkőpenyt reprezentálnak. A minták egyike sem tartalmaz OH-tartalmú ásványokat, tehát modális metasomatózis nem mutatható ki a köpenyben, a korábbi leírásokkal összhangban. Jelentős változatosságot mutat azonban a minták modális összetétele: elsősorban a piroxének mennyisége változik tág határok között (pl. ortopiroxén = 1-45%). Az ortopiroxén-dúsulással párhuzamosan számos minta sorolható a világszerte ritka, ám a Kárpát-Pannon-Balkán régióban az utóbbi időben több helyről leírt (Cvetkovic et al., 2004; 2007; Bali et al., 2007; 2008) ortopiroxén-gazdag lherzolit/websterit típusba. A xenolit sorozat szövetileg is különleges: a minták kb. fele a világviszonylatban ritka, ám a Kárpát-Pannon régióban jól ismert (Embey-Isztin et al., 1989 2001, Bali et al., 2007) poikilites szövet típusba tartozik. A minták nagy része deformált jellegű is, nyírt szöveti bélyegeket és kezdődő újrakristályosodásra utaló jeleket mutatnak (pl. olivinek alszemcsékre szétesése, az alszemcsék rotációja, spinell szemcsék kerekded alakja és bezáródása a szilikát ásványokba).

A kutatások második évében, anyagi források hiányában egyéb projektek támogatásával, sikerült 5 reprezentatívnak ítélt cserbelyi minta ásványait, előzetes vizsgálat céljából, elektronmikroszondával a Berliini Szabadegyetemen megelemezni. Ezen előzetes mérésekot követte a kutatások utolsó évében a londoni Natural History Museum mikroszonda laborában 20 xenolit minta részletes vizsgálata. Az ásványkémiai adatok alapján a minták homogén ásványtani összetételt mutattak, ám a mérések egy kémiai különleges, nagy Na- és Al-tartalommal jellemezhető xenolit sorozatot tártak fel. Elvégeztem a minták termometriai becslését is és a kapott adatok azt mutatják, hogy ez a sorozat nagyjából azonos, nagy hőmérsékleten (kb. 1000°C) került egyensúlyba. Csak néhány, a későbbiekben a nyomelem vizsgálatok során elkülöníthető, 2. típusú és atipikus xenolit mutatott ennél jóval szélesebb hőmérsékleti tartományt (900-1100°C). A kapott adatok összehasonlítása a Ruszka-havasokból korábban leírt (Downes et al., 1995) xenolitokkal arra a következtetésre vezetett, hogy hasonlóan homogén kémiai jellegzetességű ill. nagy hőmérsékletű xenolit sorozat a régióban eddig nem volt ismert. H. Downes és munkatársai által a Ruszka-havasokból korábban leírt xenolitok közül egyesek kémiai hasonlóságot mutatnak az általam vizsgált mintákkal, de ezeket a korábbi leírások nem kezelték külön csoportként, annak ellenére, hogy kémiai összetételükben és szövetükben is eltérnek a többi xenolittól és pl. Al-tartalmuk világviszonylatban is igen nagy.

A londoni Natural History Museum LA-ICPMS laborában 20 xenolit és 3 klinopiroxén megakristály minta részletes vizsgálata során a xenolitok szilikát fázisainak (klinopiroxén, ortopiroxén, olivin) nyomelem összetételét határoztam meg. Mivel a xenolitok átlagos nyomelem tartalma igen kicsi, az ortopiroxének és olivinek nyomelem koncentrációi ritkán érték el detektálási határ feletti értékeket, ezért a zárványok geokémiai jellemzéséhez és értelmezéséhez a nyomelemekben gazdagabb klinopiroxéneket használtam fel. A xenolitok klinopiroxénjének nyomelem és ritkaföldfém tartalma alapján jellemeztem a kimutatható geokémiai változatosságot. A geokémiai jellemzés során elsősorban a ritkaföldfémek eltérő viselkedése adott alapot a xenolitok osztályozásához, eltérő köpeny folyamatok kimutatásához. A ritkaföldfém (és inkompatibilis nyomelem) tartalom alapján több nagy csoportba oszthatók a xenolitok illetve előfordul 1-2 atipikus minta is. A xenolitok nagy többségét alkotó 1. típusba egy „normál” köpenyként jellemezhető minták tartoznak, amelyekre jellemző a lapos ritkaföldfém lefutás, kismértékű könnyű ritkaföldfém kimerüléssel, amely jelzi, hogy különböző mértékben, de jellemzően kismértékben kimerültek. Ezek a minták utólagos nyomelem gazdagodást nem mutatnak, vagyis utólagos metasomatikus hatások nem érték őket és nagy Na- és Al-tartalommal rendelkeznek. A minták kisebb része a 2. típusba sorolható, amelyek ritkaföldfém lefutása eltér a „normál” köpenytől, jellemzőjük a monoton lejtő lefutás, könnyű ritkaföldfémekben gazdagok ám nehéz ritkaföldfémekben szegényebbek a „normál” köpenynél. Hasonló ritkaföldfém lefutás jellemzi a klinopiroxén megakristályokat is. Ezen xenolitok kémiai karaktere a köpenyben vándorló ősi olvadékokkal kölcsönhatásban alakulhatott ki. A kis számú atipikus xenolit kémiai karakterének kialakításában

(kisfokú befogadó magmával való kölcsönhatáshoz köthető nyomelem dúsulás, pl. Nb) pedig nagy valószínűséggel a mafikus befogadó közzel való kölcsönhatás játszott szerepet, ezért ezek a minták inkább a xenolit-befogadó magma kölcsönhatásáról szolgáltatnak adatokat és a köpeny eredeti összetételére kismértékben utalnak.

A petrográfiai és geokémiai vizsgálatok összevetésével kerestem a kapcsolatot a nyomelem-tartalom, modális összetétel és a xenolitok szövete között. Összegezve a kapott adatokat megállapítható, hogy látszólag a petrográfiai változások nem állnak kapcsolatban a kémiai változatossággal, a deformációt és az átkristályosodást nem kíséri a nyomelem tartalom megváltozása a xenolitokban. A petrográfia kezdeti köpeny deformációt mutat és az igen széles határok között mozgó ortopiroxén/klinopiroxén arány szilícium-gazdag olvadékok vándorlását sugallja a köpenyben. Az LA-ICPMS vizsgálatok egy nyomelemekben szegény, uralkodóan szilikátos olvadék-vándorlásra utalnak. Ezen olvadékok a geokémiaileg elérő jellegűek a Kárpát-Pannon régió és tágabb környezete alatti litoszférában mindezedig leírt (Cvetkovic et al., 2004; 2007; Bali et al., 2007; 2008) olvadékoktól.

A xenolit klinopiroxének kristályszerkezeti paramétereinek meghatározása egy-kristály röntgendiffrakcióval értékes eredményekkel gazdagította a kutatásokat és igen jól illeszkedett a xenolitok ásványkémiai adatsorai által sugallt PT történetébe. A villányi xenolitok adataival ellentétben, a ruszka-havasokból származó xenolitok klinopiroxénjei kicsi elemi cella térfogatot mutattak. Az adatok összhangban állnak egy nagy nyomású (a gránát lherzolit stabilitási mezejéhez közeli) tartományban egyensúlyba került, tehát a köpeny mélyebb régióival megegyező származási hellyel. A minták nagy egyensúlyi hőmérséklete és a klinopiroxénjeinek nagy Na- és Al-tartalma szintén alátámasztja a feltételezést, hogy a xenolitok nagy mélységből származnak.

A villányi és a ruszka-havasoki xenolitok vizsgálatai során kapott új eredmények összegzéseként elmondható, hogy azok jól illeszkednek a Kárpát-Pannon régióról meglévő ismereteinkbe, amelyek szerint a medence peremén vastagabb a litoszféra, amíg a medence központi régióiban a neogén folyamán jelentős elvékonyodást szenvedett (pl. Horváth, 1993). A neogén medencefejlődést megelőző vulkáni aktivitással a felszínre került ruszka-havasoki és villányi xenolit adatok azt jelzik, hogy ez, a korábban a neogénre kialakított modell már a mezozoikumban is érvényes lehetett.

Felhasznált hivatkozások

- Bali, E., Falus, Gy., Szabó, Cs., Peate, D.W., Hidas, K., Török, K., Ntaflós, T. (2007) Remnants of boninitic melts in the upper mantle beneath the central Pannonian Basin? *Mineral. Petrol.* 90, 51-72
- Bali, E., Zajacz, Z., Kovács, I., Szabó, C., Halter, W., Vaselli, O., Török, K., Bodnar, R.J. (2008) A quartz-bearing orthopyroxene-rich websterite xenolith from the Pannonian Basin, Western Hungary: evidence for release of quartz-saturated melts from a subducted slab. *J.Petrol.* 49, 421-439
- Cvetković, V., Downes, H., Prelević, D., Jovanović, M. (2004) Characteristics of the lithospheric mantle beneath East Serbia inferred from ultramafic xenoliths in Palaeogene basanites. *Contrib. Mineral. Petrol.* 148, 335-357
- Cvetković, V., Lazarov, M., Downes, H., Prelević, D. (2007) Modification of the subcontinental mantle beneath East Serbia: Evidence from orthopyroxene-rich xenoliths. *Lithos* 94, 90-110
- Dal Negro, A., Carbonin, S., Domenghetti, C., Molin, G.M., Cundari, A., Piccirillo, E.M. (1984) Crystal chemistry and evolution of the clinopyroxene in a suite of high pressure ultramafic nodules from the Newer Volcanics of Victoria, Australia. *Contrib. Mineral. Petrol.* 86, 221-229.
- Dal Negro, A., Manoli, S., Secco, L., Piccirillo, E.M. (1989) Megacrystic clinopyroxenes from Victoria (Australia): crystal chemical comparison of clinopyroxenes from high and low pressure regimes. *Eur. J. Mineral.* 1, 105-121.
- Dobosi, G., Horváth, I., (1988) High temperature- and low-pressure cognate clinopyroxenes from the alkali lamprophyres of the Velence and Buda Mountains, Hungary. *N Jb Min Abh* 158: 241-256.
- Dobosi, G., Kurat, G., Jenner, G.A., Brandstatter, F. (1999) Cryptic metasomatism in the upper mantle beneath southeastern Austria: a laser ablation microprobe-ICP-MS study. *Mineral. Petrol.* 67, 143-161.
- Downes, H. & Vaselli, O. (1995) The lithospheric mantle beneath the Carpathian Pannonian Region: a review of trace element and isotopic evidence from ultramafic xenoliths. *Acta Vulcanologica*, 7, 219-229

- Downes, H., Vaselli, O., Seghedi, I., Ingram, G., Rex, D., Coradossi, N., Pécskay, Z. és Pinarelli, L. (1995) Geochemistry of late Cretaceous – early Tertiary magmatism in Poiana Rusca (Romania). *Acta Vulcanol.*, 7(2), 209-217.
- Embey-Isztin, A., Scharbert, H.G., Dietrich, H., Poulitidis, H. (1989). Petrology and geochemistry of peridotite xenoliths in alkali basalts from the Transdanubian Volcanic Region, West Hungary. *J. Petrol.* 30, 79-105.
- Embey-Isztin, A., Downes, H., James, D.E., Upton, B.G., Dobosi, G., Ingram, G.A., Harmon, R.S., Schrabert, H.G., (1993) The petrogenesis of Pliocene alkaline volcanic rocks from the Pannonian Basin, Eastern Central Europe. *J. Petrol.* 34, 317-343.
- Embey-Isztin, A., Dobosi, G., Downes, H., (2001) Geochemical characterization of the Pannonian Basin mantle lithosphere and asthenosphere: an overview. *Acta Geol. Hung.* 44, 2-3, 259-280.
- Embey-Isztin, A., Dobosi, G., Altherr, R., Meyer H.P. (2001) Thermal evolution of the lithosphere beneath the western Pannonian Basin: evidence from deep-seated xenoliths. *Tectonophysics.* 331, 285-306.
- Harangi, Sz. (2001) Neogene to Quaternary volcanism of the Carpathian-Pannonian Region – a review. – *Acta Geol. Hung.* 44/2-3, 223-258.
- Horváth, F. (1993) Towards a mechanical model for the formation of the Pannonian basin. *Tectonophysics* 226, 333–357.
- Kubovics, I., Szabó, Cs., Gálné-Solymos, K. (1989) A new occurrence of lamprophyre in the Buda Mountains, Hungary. *Acta Geol. Hung.* 32: 149-168.
- Nédli, Zs. & M. Tóth, T. (1999) Mantle xenolith in in the mafic dyke at Beremend, Villány Mts., SW Hungary, *Acta Miner. Petr.*, Szeged, 40, 97-103.
- Nédli, Zs. & M. Tóth, T. (2003) Késő-kréta alkáli bazalt vulkanizmus a Villányi-hegységben. *Földtani Közlöny*, 133/1, 49-67.
- Nédli, Zs. (2004) A Villányi-hegység bázisos teléreinek petrográfiája, geokémiája és petrogenetikája, Ph.D. értekezés, Szegedi Tudományegyetem
- Nédli, Zs., Princivalle, F., Dobosi, G., Embey-Isztin, A. (2009) Crystal chemistry of clinopyroxenes from upper mantle xenolith series in the Balaton-Bakony Volcanic Area (Carpathian - Pannonian Region, Hungary). *Eur. J. Mineral.* 21, 433-442
- Princivalle, F., Salviulo, G., Fabro, C., Demarchi, G. (1994) Inter- and intra-crystalline temperature and pressure estimates on pyroxenes from the NE Brazil mantle xenoliths. *Contrib. Mineral. Petrol.* 116, 1-6
- Princivalle, F., Salviulo, G., Marzoli, A., Piccirillo, E.M. (2000a) Clinopyroxene of spinel peridotite mantle xenoliths from Lake Nji (Cameroon Volcanic Line, W Africa): crystal chemistry and petrological implications. *Contrib. Mineral. Petrol.* 139, 503-508
- Princivalle, F., Tirone, M., Comin-Chiaromonte, P. (2000b) Clinopyroxenes from metasomatized spinel peridotite mantle xenoliths from Nemby (Paraguay); crystal chemistry and petrological implications. *Mineral. Petrol.* 70, 25-35
- Szabó, Cs. (1985) Xenoliths from Cretaceous lamprophyres of Alcsutdoboz-2 borehole, Transdanubian Central Mountains, Hungary. *Acta Mineral Petrogr Szeged* 27, 39-50.
- Szabó, Cs., Kubovics, I. és Molnár, Zs. (1993) Alkaline lamprophyre and related dyke rocks in NE Transdanubia, Hungary: The Alcsutdoboz-2 (AD-2) borehole. *Min. Petrol.*, 47, 127-148.
- Szabó, Cs., Harangi, Sz., Vaselli, O., Downes, H., (1995) Temperature and oxygen fugacity in the lithospheric mantle beneath the Carpathian-Pannonian Region. *Acta Vulcanol.*, 7, 231-240.
- Szabó, Cs., Falus, Gy., Zajacz, I., Kovács, I., Bali, E. (2004) Composition and evolution of lithosphere beneath the Carpathian-Pannonian Region: a review. *Tectonophysics*, 393, 119-134.
- Vaselli, O., Downes, H., Thirlwall, M., Dobosi, G., Coradossi, N., Seghedi, I., Szakacs, A. & Vannucci, R. (1995) Ultramafic xenoliths in Plio-Pleistocene alkali basalts from the eastern Transylvanian basin: depleted mantle enriched by vein metasomatism., *Journal of Petrology*, 36, 23-53.
- Vaselli, O., Downes, H., Thirlwall, M.F., Vannucci, R., Coradossi, N. (1996) Spinel-peridotite xenoliths from Kapfenstein, (Graz Basin, Eastern Austria): a geochemical and petrological study. *Mineralogy and Petrology*, 57, 23-50.

A kutatási eredmények bemutatása

A kutatási eredmények bemutatása a kutatások előrehaladtával párhuzamosan megtörtént hazai és nemzetközi konferenciákon illetve publikációkban. A villányi-hegységi xenolitokon végzett kutatások jórészt publikálva lettek. A ruszka-havasoki xenolitok vizsgálati adatainak értelmezése is nagy részben megtörtént, és az előzetes adatok publikálva is lettek konferenciakiadványok formájában. Továbbá folyamatban van egy a petrológiai-geokémiai értelemezést bemutató cikk összeállítása, amelyet még ez év során egy referált, nemzetközi folyóiratba tervezek beadni.

A kutatási eredmények a következő konferenciákon kerültek bemutatásra:

EMTT (Erdélyi Magyar Tudományos Társaság) konferencia, Buziásfürdő, Románia, 2007
EGU (European Geosciences Union) éves összejövedele, Bécs, 2007
European Mantle Workshop, Ferrara, Olaszország, 2007
HunTek Workshop, Sopron, 2007
MFT Ásványtani-Geokémiai Szakosztály előadójelentése, Budapest, 2008
EGU (European Geosciences Union) éves összejövedele, Bécs, 2008
MinPet – MSCC konferencia, Budapest, 2009
MFT Alföldi Szakosztály előadójelentése, Szeged, 2009

A kutatási eredményeket továbbá a következő konferenciákon tervezem bemutatni:

EMTT (Erdélyi Magyar Tudományos Társaság) konferencia, Nagyenyed, Románia, 2010. április
IMA (International Mineralogical Association) Nemzetközi Konferencia, Budapest, 2010. augusztus

A kutatásokhoz kapcsolódóan megjelent konferenciakiadványok:

Nédli, Zs., M. Tóth, T., Szabó, Cs. (2007) A Tisza egység alatti szubkontinentális litoszféra megismerése a Villányi-hegység késő-kréta - paleogén alkáli bázisos kőzeteinek és köpenyzárványainak vizsgálatával (Cognition of the subcontinental lithosphere beneath the Tisza block with the study of Upper Cretaceous – Paleogene alkali basic rocks and their mantle xenoliths from the Villány Mts). EMTT conference, Buziásfürdő, March 2007

Nédli, Zs., Princivalle, F., Dobosi, G., Embey-Isztin, A. (2007) Clinopyroxene crystal chemistry of texturally heterogeneous upper mantle xenolith series from the Carpathian-Pannonian Region (Hungary): what does crystal structure message about xenolith petrogenesis and mantle pressure conditions? EGU General Assembly, Wien, April 2007. Geophysical Research Abstracts, Vol. 9, 07073, 2007, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU2007-A-07073

Nédli, Zs., M. Tóth, T., Szabó, Cs. (2007) The Mesozoic subcontinental lithospheric mantle beneath the Tisza Unit (S Hungary): upper mantle xenoliths in Late Cretaceous lamprophyre from Villány Mts. European Mantle Workshop (EMAW 2007), Ferrara, Italy, August 2007

Nédli, Zs., Princivalle, F., Dobosi, G., Embey-Isztin, A., Hidas, K., Berkesi, M., Szabó, Cs. (2007) Crystal chemistry of clinopyroxenes enclosed in upper mantle xenoliths from the Carpathian-Pannonian Region (Hungary): contributions to petrogenesis and pressure estimation. European Mantle Workshop (EMAW 2007), Ferrara, Italy, August 2007

Nédli, Zs., M. Tóth, T., Szabó, Cs. (2007) The pre-Neogene subcontinental lithosphere beneath the Tisza block, based on the study of Upper Cretaceous lamprophyre dykes and their mantle xenoliths from the Villány Mts. (S Hungary). HunTek Workshop, Sopron, September 2007

Nédli, Zs., Princivalle, F., Downes, H., Dégi, J., Szabó, Cs. (2008) Petrology and thermobarometry of mantle xenoliths from the Poiana Rusca (W Romania). Geophysical Research Abstracts, EGU General Assembly, Wien, April 2008

Nédli, Zs., Princivalle, F. & Szabó, Cs. (2009) Evolution of the pre-Neogene subcontinental lithospheric mantle beneath the Poiana Rusca (W Romania) Mitt.Österr.Mineral.Ges. 155., MinPet – MSCC 2009, Budapest, Hungary, September 2009

A kutatásokhoz kapcsolódóan megjelent tudományos közlemények:

Nédli, Zs., Princivalle, F., Lenaz, D., M. Tóth, T. (2008) Crystal chemistry of clinopyroxene and spinel from mantle xenoliths hosted in Late Mesozoic lamprophyres (Villány Mts, S Hungary). Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen, 185, 1-10.

Impakt faktor: 0.39

Nédli, Zs., Princivalle, F., Dobosi, G., Embey-Isztin, A. (2009) Crystal chemistry of clinopyroxenes from upper mantle xenolith series in the Balaton-Bakony Volcanic Area (Carpathian - Pannonian Region, Hungary). European Journal of Mineralogy, 21, 433-442

Impakt faktor: 1.22

Nédli, Zs., M. Tóth, T., Szabó, Cs. (2009) A Villányi-hegység felső-kréta lamprofir telérei. in: Magmás és metamorf képződmények a Tiszai egységben. M. Tóth, T. (ed.) Geoliter, Szeged, 219-244

Nédli, Zs., M. Tóth, T., Downes, H., Császár, G., Beard, A., Szabó, Cs. (elfogadva a Tectonophysics-be) Petrology and geodynamical interpretation of mantle xenoliths from Late Cretaceous lamprophyres, Villány Mts (S Hungary)

Impakt faktor: 1.67

Az eredmények hasznosításának lehetőségei

A kutatás alapvetően jellegű, nem áll közvetlen kapcsolatban a gyakorlattal, azonban az eredmények hozzájárulnak a Kárpát-Pannon régió alatti földképenyben a késő kréta előtt bekövetkezett fizikai, kémiai változások, a Pannon-medence kialakulása előtti litoszféra viszonyok megismeréséhez, ezáltal a Tiszai egység déli peremén lezajlott földtörténeti események újraértelmezéséhez és a vulkanizmusból következő új információkkal kiegészíthető az Alp-Kárpát-Pannon terület geodinamikai fejlődéséről rendelkezésünkre álló, a mezozoikumra vonatkozóan hiányos kép.

A kutatáshoz felhasznált egyéb támogatások

A kutatásokhoz anyagvizsgálati célú pénzügyi támogatást az OTKA nem tudott biztosítani, azonban az informális kapcsolatok és elnyert pályázatok révén, valamint a K62468 és TO 43686 számú OTKA projektekkel való együttműködés keretében a következő költséges analitikai lehetőségeket térítésmentesen használhattam, amelyek nélkülözhetetlen módon járultak hozzá a projekt megvalósításához: a Trieszti Tudományegyetem, KUMA automatizált egy-kristály röntgen diffraktómétere, a Berliini Szabadegyetem mikroszondája, a Geokémiai Kutató Intézet mikroszondája, a londoni Birkbeck College LA-ICPMS műszere és végül, de nem utolsó sorban az EU Synthesys ösztöndíja, amely lehetőséget adott a londoni Natural History Museumban 3 hetes mikroszonda és LA-ICPMS laboratóriumi munkára.