

Szulfidolvadék-beágyazódások jelentősége a felsőköpenyben

Zárójelentés a 78425. számú OTKA pályázathoz

Témavezető: Szabó Csaba

1. Bevezetés

A platina-csoport elemei (PGE: Os, Ir, Ru, Rh, Pt, Pd) eloszlásuk, különleges geokémiai viselkedésük és gazdasági jelentőségük miatt az utóbbi évtizedben intenzíven kutatott és számos kérdésben erősen vitatott elemcsoport. Egyik ilyen kérdés az elemcsoport tagjainak gyakorisága, ami a szilikátos Földben (primitív köpenyben) nagyságrenddel nagyobb a kísérleti kőzettani vizsgálatok alapján várt adatoktól, és emellett a Pd/Ir és Ru/Pt arányaik közel kondritos értékeket mutatnak (Lorand et al., 2008a). Ezen anomáliát magyarázó elméletek közül az ún. „későn érkező” („Late Veneer”; Chou, 1978) modell a legismertebb, ami a primitív köpeny PGE többletét és a közel kondritos arányokat nagy mennyiségű kondritos meteorit hozzáadásával magyarázza - a mag-primitív köpeny elkülönülés után - az ún. késői erős meteorit bombázás („Late Heavy Bombardment”) hatására a földtörténet korai szakaszában (4,0-3,8 milliárd év között).

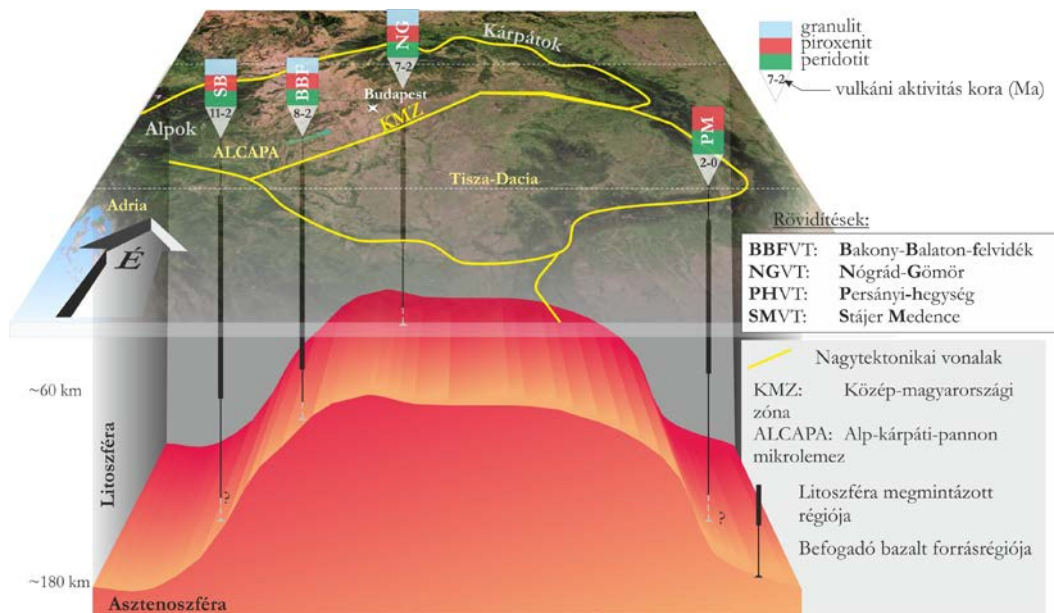
Az utóbbi években a platina-csoport elemeit egyre többször alkalmazzák a szubkontinentális litosferikus köpenyben zajló metasomatikus és olvadási folyamatok nyomkövetésére (pl. Handler & Bennett, 1999; Lee, 2002; Schmidt et al., 2003; Becker et al., 2006; Lorand et al., 2008a; Alard et al., 2011) főleg fanerozoos mafikus lávákban előforduló xenolitok tanulmányozásával. A köpenyben a platina-fémek 90 %-a szulfidásványokban található, így ezek vizsgálatával közvetlen információ nyerhető a felsőköpeny PGE-tartalmáról. Kutatásunk során e szulfidásványok, valamint a teljes kőzetek PGE-koncentrációját határoztuk meg a Kárpát-Pannon régió plio-pleisztocén alkáli bazalt vulkanizmus során felszínre szállított, szelektált felsőköpeny eredetű xenolitokban.

2. Geológiai háttér – mintavétel

A Kárpát-Pannon régió komplex geodinamikai fejlődésének egyes mozzanata a felsőköpeny ultramafikus anyagában is megőrződött. A szubkontinentális litosféra xenolitokon végzett deformációs vizsgálatok, valamint a számolt szeizmikus anizotrópia adatok értelmezése (Hidas et al., 2007; Falus et al., 2008) azt sugallja, hogy a régió alatt a neogén során jelentős, elsősorban egy Ny-K-i irányú asztenoszferikus köpenyáramlás történt, amit az alpi kollízió vezérelt (Kovács et al., 2011; 2012). E folyamatnak a függőleges komponense játszhatott szerepet a köpeny felboltozódásában és a litosféra extenziójában (Horváth, 1993; Bada és Horváth, 2001; Huismans et al., 2001), míg a vízszintes komponens elősegítette az ALCAPA kilökődését (Kázmér és Kovács, 1985), a Kárpáti öblözet eltűnését, az európai lemez szubdukcióját, majd a szubdukciós lemez visszagördülését (Horváth, 1993; Horváth & Cloetingh, 1996).

A posztextenziós plio-pleisztocén alkáli bazalt vulkanizmus öt vulkáni területen mintázta meg a régió alatti felsőköpenyt: Stájer-medence (SMVT), Kisalföld, Bakony-Balaton-felvidék (BBFVT), Nógrád-Gömör (NGVT) és Persány-hegység (PHVT) (1. ábra). Ebben a munkában, a felsorolt vulkáni területekről olyan üde, 20 mikrométernél nagyobb átmérőjű szulfid ásványokat tartalmazó lherzolit xenolitot választottunk ki, amelyekben az amfibol - ha előfordul - 1 tf. %-nál kisebb részarányban van jelen. Ennek megfelelően Kapfensteinről (SMVT) 4, Füzes-tóról (BBFVT) 4, Maskófalváról, Fülekről, Bárnáról (NGVT) 6, valamint Alsórákos-Olthévízről, Berekről (PHVT) 6, összesen 20 xenolitot találtunk megfelelőnek (1.

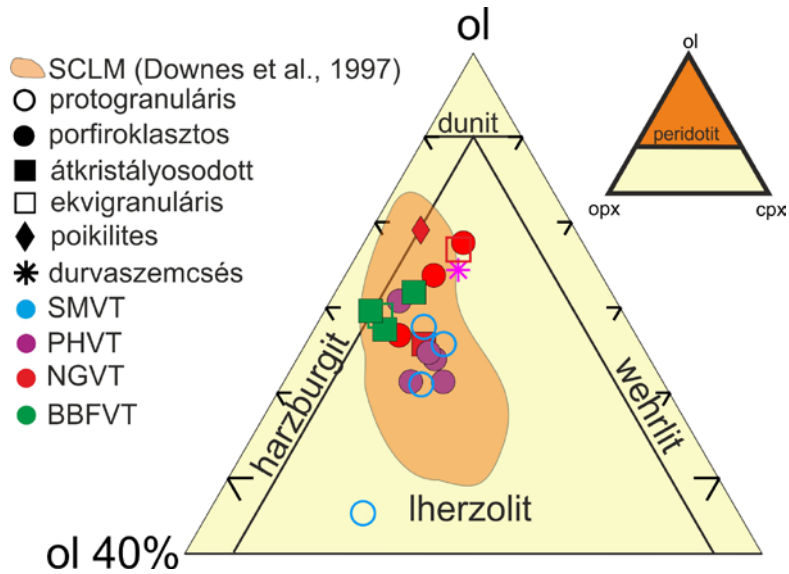
táblázat). A kisalföldi Gérce lelőhelyről nem sikerült olyan xenolitot gyűjtenünk, ami a fenti kritériumok mindegyikének megfelelt, ezért ez a vulkáni terület kimaradt a részletes geokémiai vizsgálatból.



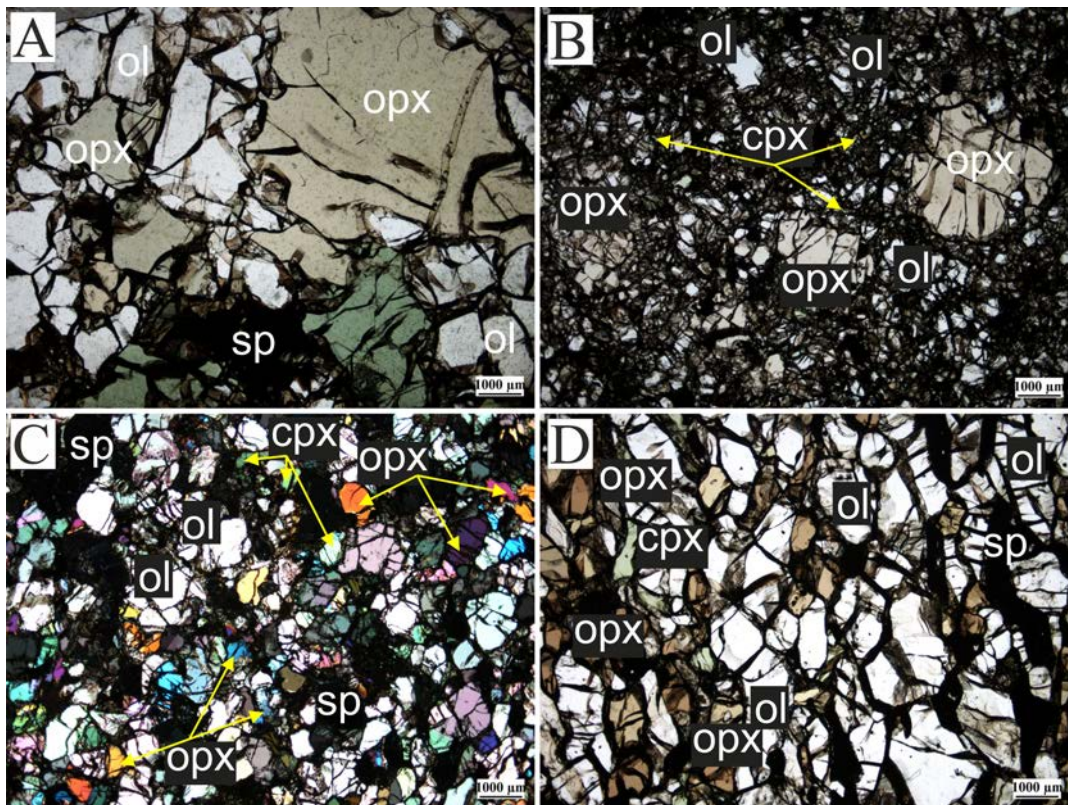
1. ábra Sematikus, túlmagasított szelvény a Kárpát-Pannon régión (KPR) keresztül.

3. Petrográfia

Amint a Streckeisen-diagram (2. ábra) mutatja a vizsgált spinell lherzolit xenolitok a Föld átlagos szubkontinentális litoszféra köpeny összetételének (Downes, 1997) megfelel kettő xenolit - a nógrád-gömöri NFL0304 és a stájer-medencei KPFS0402 - kivételével: az előbbinek kisebb, az utóbbinak lényegesen nagyobb a piroxén részaránya a modális összetételben. A xenolitok szövete a protogranuláristól a porfiroklasztosig változik (1. táblázat, 3. ábra) Mercier & Nicolas (1974) rendszere szerint, azonban néhány esetben – az NFL0304, KPFS0420 és KPFS0421 lherzolitokban - poikilites jellemvonás is megfigyelhető. A Stájer-medencét képviselő xenolitok mindegyike protogranuláris (3a. ábra), a nógrád-gömöri és a persány-hegységi lherzolitok között pedig a porfiroklasztos szövet (3b-3c. ábra) dominál, míg a Füzes-tői minták átkristályosodott (3d. ábra) és ekvigranuláris szövetűek, ami részben egyezést mutat korábbi irodalmi adatokkal (Szabó et al., 1995, 2004). Hét tanulmányozott xenolitban – minden vulkáni területről – volt azonosítható intersticiális amfibol 1 tf. %-tól kisebb mennyiségben.



2. ábra A vizsgált KPR xenolitok modális összetétele a Streckeisen diagramban.



3. ábra A vizsgált KPR xenolitok jellegzetes szövettípusai, A: protogranuláris szövetű lherzolit (KPF50404), 1N, B: porfiroklasztos szövetű lherzolit (NBN0322), 1N, C: ekvigranuláris szövetű lherzolit (NBN031), +N, D: átkristályosodott szövetű lherzolit (FTP7), 1N.

Teljes-kőzet geokémia

Tizenkettő xenolit esetén volt lehetőség a teljes-kőzet fő- és egyes mikroelemeinek a meghatározására XRF technikával (2. táblázat). Ahol a xenolitok mérete ezt nem tette lehetővé, ott az ásványkémi adatok és mikroszkópos képek digitális feldolgozása alapján meghatározott ásványos összetételekből tömegegyensúly számolással számoltuk ki a teljes kőzet

összetételeket (2. táblázat). A kőzetek illótartalma (LOI) minden esetben 1 m/m % alatt volt; a kőzetek összetétele 100 m/m %-ra lett normálva.

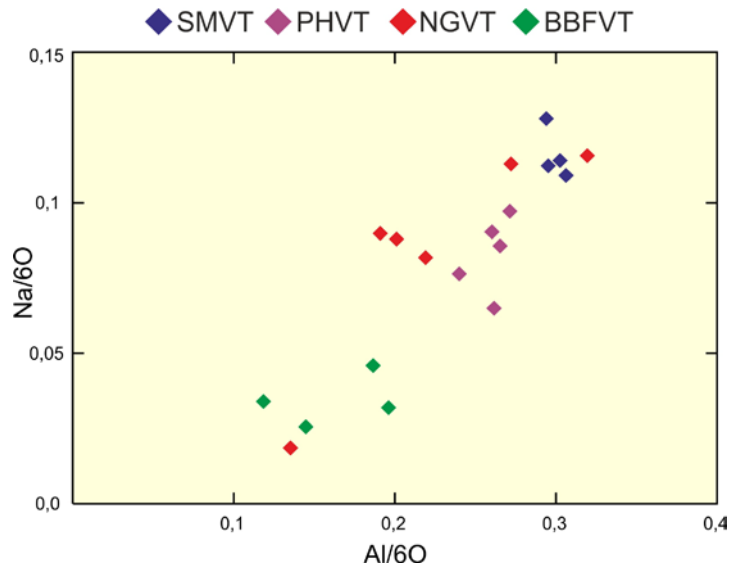
A xenolitok főelemösszetétele megfelel a régióból eddig leírt xenolitokénak (Szabó et al., 2004, és a benne lévő hivatkozások). A kőzetek MgO tartalma 45,1 és 36,5 m/m % között változik és pozitív korrelációt mutat a Ni, valamint negatív az Al_2O_3 , CaO, és TiO_2 koncentrációjával. Az Al_2O_3 koncentrációja igen változatos (1,13-4,36 m/m %), általában a Stájer-medence és a Persány-hegység xenolitjai mutatják a legnagyobb értéket. A TiO_2 tartalom 0,01 és 0,12 m/m % között változik, a CaO 1,54 és 3,48 m/m % között. A totál Fe_2O_3 koncentrációja kis változékonyságot mutat (8,08-9,95 m/m %). A Ni mennyisége 1607 és 2573 ppm, a krómé 1361 és 3381 ppm között mozog. Ez alól az FT07 xenolit kivétel, mivel a Cr (számolt) koncentrációja meghaladja az 5000 ppm-et. A kőzetek Na_2O tartalma igen kicsi, sok esetben a kimutatási határ alatti, csak a számolt koncentrációk esetében éri el a 0,1 m/m %-t. A K_2O koncentrációja 3 xenolitban (KPFS0402, NBN031 és NBN0322) 0,1 m/m %-nál nagyobb.

4. Ásványkémia

A vizsgált xenolitok olivinjeinek mg-száma 0,89 és 0,91 között változik egy persány-hegységi xenolit (BCII1050) kivételével. A NiO tartalom 0,35 és 0,41 m/m % között változik, kivéve a poikilites szöveti elemeket is mutató stájer-medencei KPFS0421 és KPFS0420 xenolitokat, amelyekben a NiO koncentráció 0,13-0,15 m/m % közötti. Az MnO mennyiségének a változása éppen fordított képet mutat. A CaO-tartalom 0,04-0,07 m/m % közötti, egyedül a persányi BCII1050 xenolitban több, mint 0,1 m/m % (3. táblázat).

Az ortopiroxének mg-száma 0,89 és 0,91 között változik, azonban a persány-hegységi BCII1050 lherzolit a mg-száma 0,88 alatti. Az ortopiroxének Al_2O_3 tartalma 2,61-5,14 m/m % között mozog, a legnagyobb értékeket következetesen a stájer-medencei xenolitok mutatják, míg a legkisebb értékek egy-egy bakony-balaton-felvidéki (FT07 és nógrád-gömöri (NBN031) lherzolitban mérhető (4. táblázat).

A klinopiroxének mg-száma 0,87 és 0,93 között változik. Kiugróan nagy szám a bakony—balaton-felvidéki FT07 xenolitra, míg a legkisebb érték a persány-hegységi BCII1050 lherzolitra jellemző. A Na és Al kationszám alapján (4. ábra) a stájer-medencei xenolitok és egyes nógrád-gömöri (NMS0321, NMS0322) lherzolitok mutatják a leggazdagabb bazaltos elemösszetételt, míg a bakony—balaton-felvidéki xenolitok, továbbá a nógrád-gömöri NBN031 lherzolit a legnagyobb mértékben elszegényedtek ezekben az elemekben (5. táblázat).



4. ábra A tanulmányozott KPR xenolitok klinopiroxénjében a Na és Al kationszámának változása.

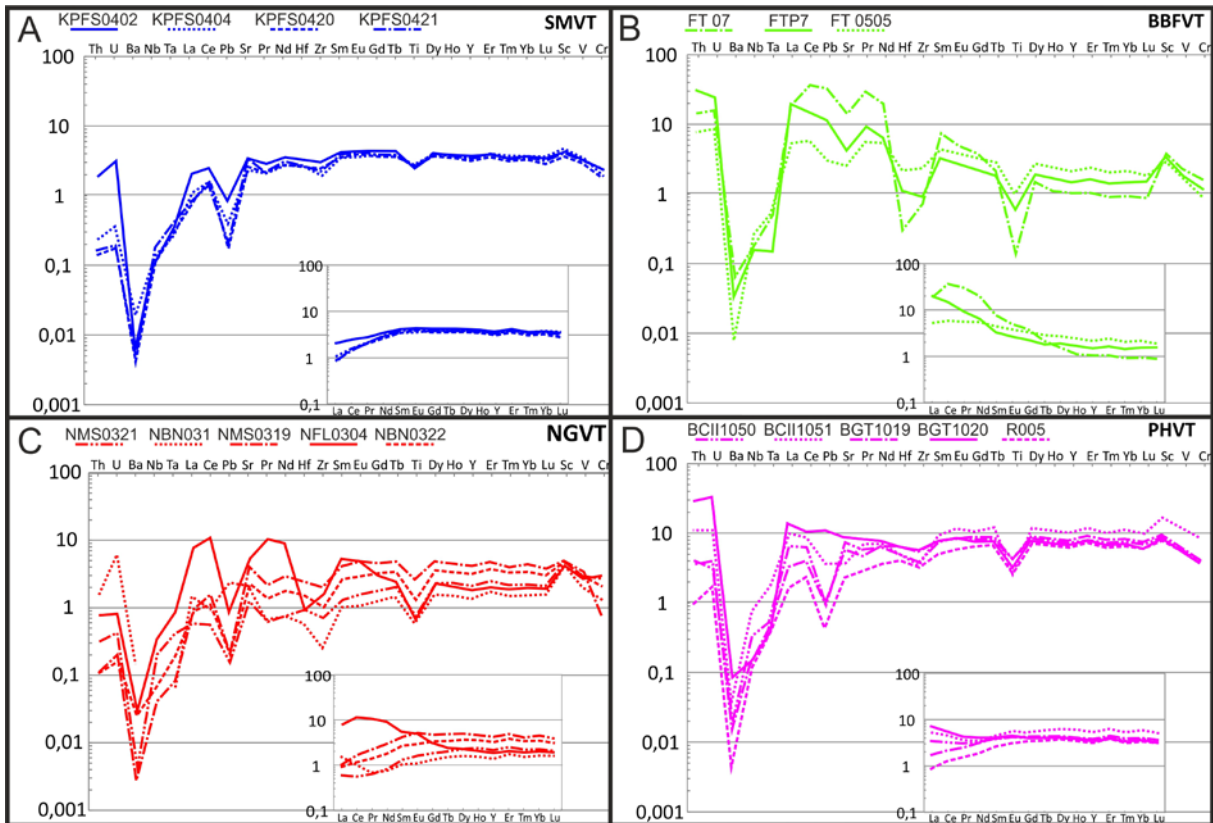
A spinell cr- (0,10-0,36) és mg-száma (0,64-0,75) jelentős változatosságot mutat. A legkisebb cr- és a legnagyobb mg-számok a stájer-medencei és a persány-hegységi xenolitokat jellemzik. A változatos bakony—balaton-felvidéki és nógrád-gömöri lherzolitok közül nagy cr-számával az FT07 (cr#: 0,36) és az NBN031 (cr#: 0,29) xenolit, valamint a kis mg-számával az NFL0304 és az FT07 (mg#: 0,75) xenolit különül el (6. táblázat).

Az alárendelt részarányban előforduló amfibol általában spinell mellett kis méretű szemcseként vagy olvadékcsoportokban, részlegesen megolvadva van jelen a mintákban, ezért csak négy esetben lehetett mikroszondával megelemezni. Összetételük pargasitnak felel meg az IMA 2012-es ajánlásai alapján Hawthorne et al. (2012) rendszerében, a korábbi - teljes KPR-re vonatkozó amfibol vizsgálatokkal - összhangban (Szabó et al., 2004 és hivatkozásai). Azonban TiO₂ és Na₂O koncentrációban jelentős különbségek figyelhetők meg: a bakony—balaton-felvidéki lherzolitokban: mindkét bazaltos elem lényegesen kevesebb, mint a többi lelőhelyről származó lherzolitok amfiboljában (7. táblázat).

5. Klino- és ortopiroxén nyomelemgeokémia

A LA-ICPMS elemzések alapján megállapítható, hogy a vizsgált xenolitok klinopiroxénjei a primitív köpenyhez (McDonough & Sun, 1995) képest szinte kivétel nélkül gazdagabbak inkompatibilis nyomelemekben, a Ba-, Nb- és Ta-tól eltekintve. Emellett a xenolitok többségét könnyű ritkaföldfém és Pb szegénység jellemzi (5. ábra, 8. táblázat). A stájer-medencei xenolitok mutatják a legkisebb változékonyságot nyomelemeloszlásban és teljes ritkaföldfém+ittrium (RFY) tartalomban (5a. ábra). A Persány-hegységből származó xenolitok erősen inkompatibilis elemekben (Th, U, La, Ce, Pr, Sr) és különösen a Pb tartalomban jeleznek változékonyságot, ami a BGT1020 és BCII1051 lherzolitokban megnövekedett koncentrációkban nyilvánul meg (5d. ábra). Továbbá feltűnő a kevésbé inkompatibilis (a Ti-től eltekintve) és a kompatibilis elemek gazdagsága. A bakony—balaton-felvidéki xenolitok a leggazdagabbak erősen inkompatibilis elemekben, de egyben a legjelentősebb változékonyság is jellemző rájuk (5b. ábra). Szembeszökő a jelentős könnyű

ritkaföldfém gazdagság és a nehéz ritkaföldfémek és ittrium kis koncentrációja, ami a legnagyobb $(La/Lu)_N$ arányban is kifejezésre jut (8. táblázat). E RFY frakcionáció leginkább az FT07 és legkevésbé a FT0505 lherzolitra jellemző. A nógrád-gömöri xenolitok mutatják a legváltozékonyabb nyomelemeloszlást (5c. ábra), ami az NFL0304 lherzolit jelentős és az NBN031 xenolit kismértékű és eltérő természetű inkompatibilis elemgazdagodásában nyilvánul meg.



5. ábra A tanulmányozott KPR xenolitok klinopiroxjeinek nyomelem és ritkaföldfém+Y eloszlása primitív köpenyre (McDonough és Sun, 1995) normálva.

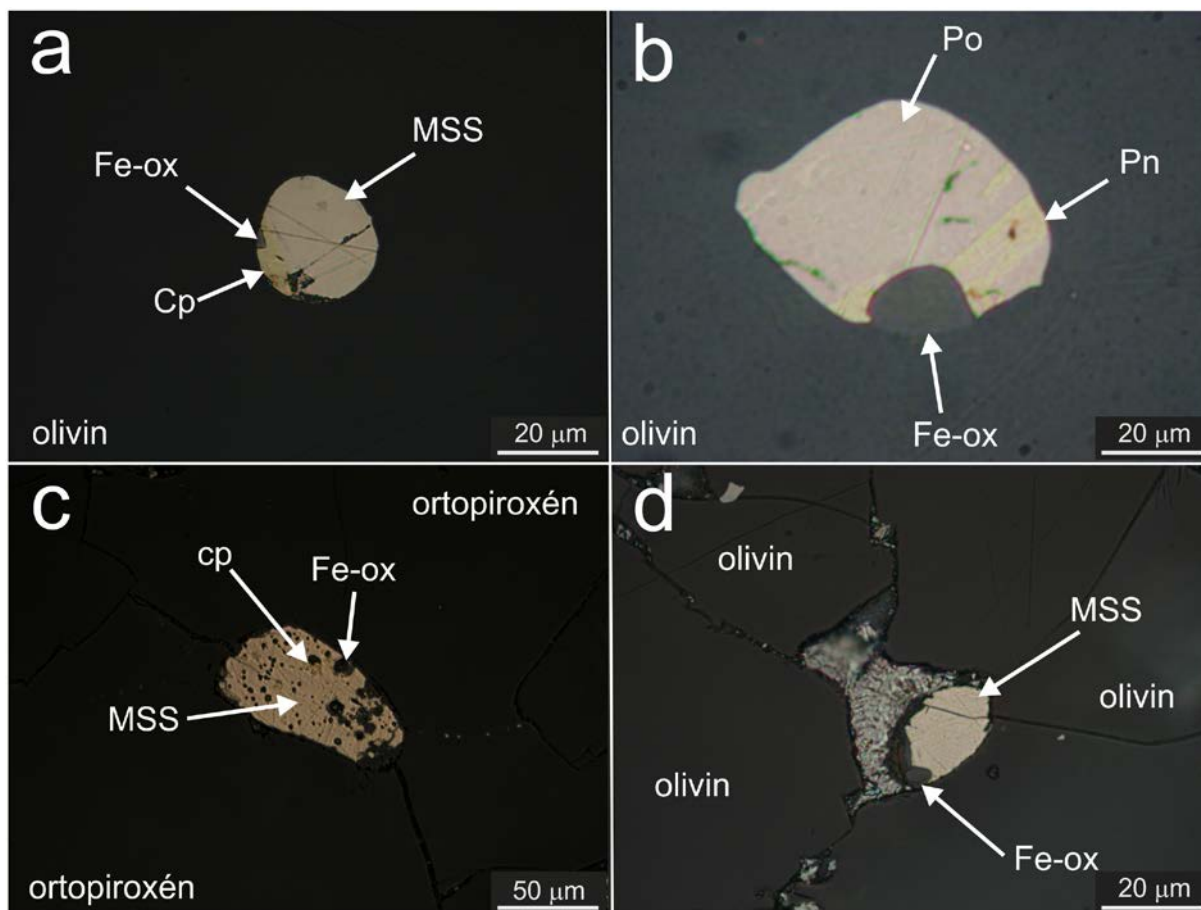
Az ortopiroxének nyomelemeloszlása egységes képet mutat (9. táblázat). A kompatibilis Sc, V, Cr kivételével minden nyomelem a primitív köpenyhez képest kis koncentrációban jelenik meg. A Stájer-medencében gyűjtött xenolitokban az Pb és a Ti mutat primitív köpenyhez közeli értéket, míg a persány-hegységi xenolitokban a fenti nyomelemek mellett az U, Hf és Zr mutatja a legnagyobb dúsulást. Az ortopiroxén totál RFY-tartalma e két terület xenolitokban a legnagyobb. A bakony—balaton-felvidéki xenolitokban az U és kismértékben a Hf-Zr dúsulása figyelhető meg, míg a nógrád-gömöri lherzolitokra a Ti pozitív csúcsa karakterisztikus. Ez utóbbi xenolitok ortopiroxénje jellemezhető a legkisebb RFY-tartalommal. Feltűnő, hogy a bakony—balaton-felvidéki xenolitokban a legnagyobb RFY-tartalmú ortopiroxénhez a legkisebb RFY-tartalmú klinopiroxén (FT0505) társul, ez az FT07 xenolittra fordítva igaz (9. táblázat).

6. Szulfid ásványok

6.1. Petrográfia

A feldolgozott xenolitokban előforduló szulfidszemcsék két csoportba oszthatók korábbi tanulmányok alapján (pl. Szabó és Bodnar, 1995; Lorand, 1989). 1) Elsődleges szulfid cseppek, amelyek általában gömb alakúak és közetalkotó felsőköpeny szilikátok és ritkán spinell szemcsék zárvényaiként jelennek meg (6a-6b. ábra). Roedder (1984) definíciója alapján ezek a beágyazások szulfidolvadék-zárványoknak tekinthetők. Maximális méretük a vizsgált xenolitokban 100 μm . Általában több fázisból – főleg pentlanditból, pirrhotinból és kalkopiritből – állnak. A kalkopirit rendszerint a szulfidolvadék-zárvány szegélyén, míg a pirrhotin és a pentlandit a belsejében jelenik meg, esetenként jellegzetes szételegyedési lamellákat tartalmazva (6a-6b. ábra). 2) Intersticiális szulfidszemcsék, amelyek a köpenyásványok szemcséközi terében láthatók, ennek megfelelően rendszerint szögletes alakúak (6c-6d. ábra). Felépítésükben főleg pentlandit, pirrhotin és kalkopirit vesz részt hasonló szöveti elemeket mutatva, mint a szulfidolvadék-zárványok (6a-6b. ábra). Maximális méretük (200 μm) meghaladja a szulfidzárványokét. A szulfid szemcsék mindkét típusa esetenként részlegesen Fe-oxidá átalakult. Feltűnő, hogy a bakony—balaton-felvidéki xenolitok szinte kizárólag szulfidolvadék-zárványokat tartalmaznak, míg a nógrád-gömöri lherzolitokban az intersticiális szulfidszemcsék a gyakoriak. A stájer-medencei és persány-hegységi felsőköpenyben mindkét szulfid típus előfordul.

A vizsgált xenolitok mindegyikére jellemző beforrt, intragranuláris vagy intergranuláris repedéshez kapcsolódó, maximum 15 μm átmérőjű, gyakran szilikátolvadékkal és/vagy CO_2 -vel társuló, sorokban rendezett szulfidszemcse is. Ezeket a szulfid beágyazásokat a korábbi vizsgálatok alapján (Szabó és Bodnar, 1995) – másodlagos eredetük miatt - részletesen nem tanulmányoztuk a pályázat keretében.



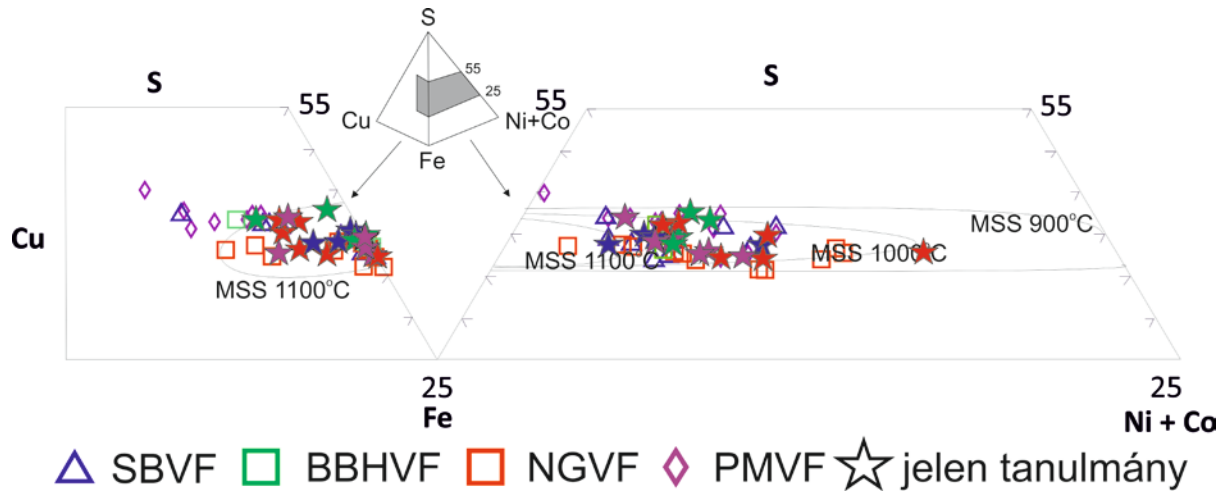
6. ábra A tanulmányozott KPR xenolitok szulfid ásvány típusai: a és b: szulfidzárványok; c és d: intersticiális szulfidásványok. Pn – pentlandit, Po – pirrhotin, MSS – monoszulfid szilárdoldat, Cp – kalkopirit, Fe-ox – vas oxid.

6.2. Főelem összetétel

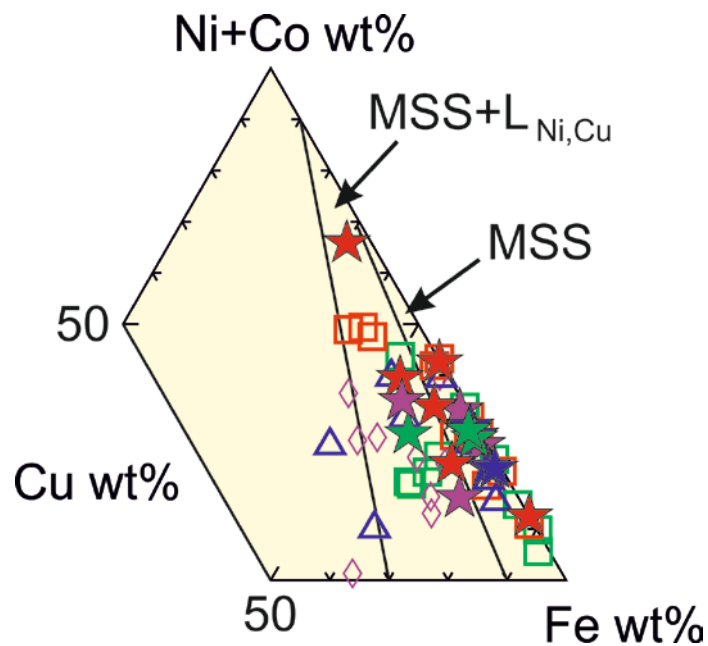
A tanulmányozott xenolitok különböző ásványos összetételű szulfid szemcséi a főelem összetételük (Fe, Ni, Co, Cu, S) alapján főleg monoszulfid szilárd oldatból, pentlanditból és kalkopiritből állnak függetlenül attól, hogy szulfidolvadék-zárványként vagy intersticiális szemcsékként vannak jelen a xenolitokban (6. ábra). A legváltozatosabb szulfidásvány összetételeket a nógrád-gömöri xenolitok mutatják. A maskófalvi lherzolitokban - a kalkopirit mellett - olyan Co és Ni gazdag pentlandit is előfordul, amiben a Co 5 m/m %-t (NMS0322), a Ni 38 m/m %-t is eléri (NMS0319). Kalkopiritet önálló fázisként a nógrád-gömöri minták közül a NBN0322 kivételével mindegyikben, az összes bakony—balaton-felvidéki és a stájer medencei KPFS0421 lherzolitban sikerült azonosítani.

A vizsgált xenolitok tömegegyensúly alapján számolt teljes szulfid tartalma alapján a monoszulfid szilárd oldatra minimum 1000 °C-on érvényes (Kullerud et al., 1969) stabilitási tartományába esik a szulfid-tetraéder Ni(+Co)-Fe-S háromszögében (7. ábra). Az ásványos összetétellel összhangban a nógrád-gömöri xenolitoknak van a legváltozatosabb teljes szulfid összetétele (10. táblázat). Az NMS0319 xenolitban a teljes szulfid a legkisebb Fe (18,8 m/m %) és a legnagyobb Ni (38,2 m/m %) és Co (3,1 m/m %) tartalommal jellemezhető. Az említett elemek mellett a Cu is jelentős változást mutat a nógrád-gömöri xenolitok teljes összetételében: 0,01 és 5,2 m/m % között mozog. Hasonló változatosságot mutatnak a persány-hegységi

minták (0,03-6,98 m/m% Cu). A legnagyobb Cu-tartalma (7,5 m/m %) a bakony—balaton-felvidéki FT07 lherzolit szulfidjainak van (7. ábra). A Cu-Ni(+Co)-Fe rendszerben (8. ábra) a teljes közetre számolt szulfidösszetételek a monoszulfid szilárd oldat (MSS), valamint az MSS+Ni+Cu gazdag olvadék 1000 °C feletti stabilitási mezejébe esnek (Craig és Kullerud, 1969).



7. ábra A KPR vizsgált xenolitjaira számolt teljes-szulfid összetételek a Cu-Fe-S-(Ni+Co) tetraéderben. Korábbi adatok forrása: Nógrád-Gömör: Szabó & Bodnár (1995); Persány-hegység, Stájer-medence, Bakony—Balaton-felvidék: Falus (2000).



8. ábra A KPR vizsgált xenolitjaira számolt teljes-szulfid összetételek a Cu-(Ni+Co)-Fe rendszerben. A jelmagyarázat megegyezik a 7. ábrával.

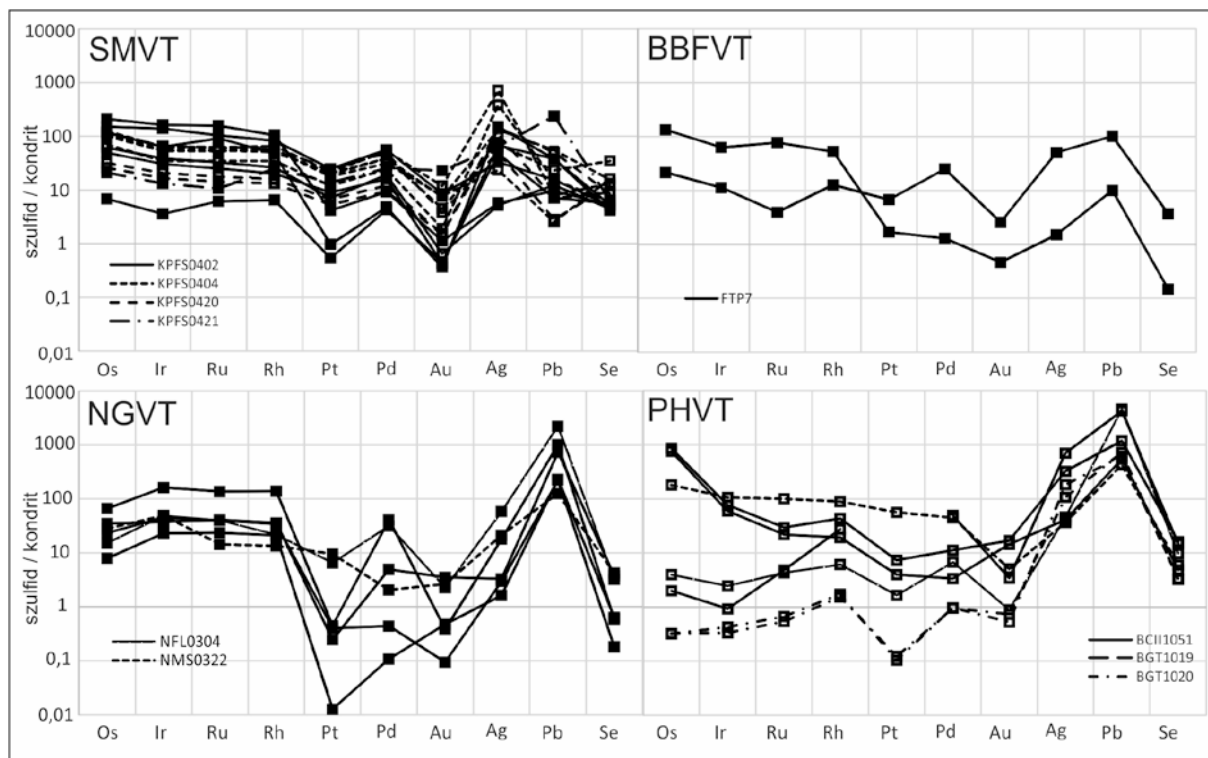
6.3. Nyomelem összetétel

Az erősen sziderofil platina-csoport (PGE: Os, Ir, Ru, Rh, Pt és Pd) elemei és az Au mellett a kalkofil Ag, Pb és Se mennyiségének meghatározása in-situ LA-MC-ICPMS (Alard et al. 2000) eljárással történtek. A mérés során a szulfid szemcsék teljes térfogatát abláltuk, így a koncentrációk a teljes szulfid ásvány összetételét reprezentálják (9. ábra, 11. tábla). A platina-

csoport elemeinek teljes mennyisége igen nagy változatosságot mutat: 4 és 513 ppm között változik az egyes elemzett szulfid szemcsékben. Ezek legtöbbje változó Os, Ir és Ru koncentrációt, valamint kismértékű szegényedést mutat a palládium-típusú platina csoport elemek (Rh, Pt, Pd) felé, legtöbb esetben feltűnően kis Pt koncentrációval.

A stájer-medencei xenolitok szulfidjainak a platinafém-eloszlása azonos: az Os-tól fokozatosan csökken a Pd-ig, egy gyenge Pt negatív anomáliával. A BBFVT-t képviselő FTP7 xenolit egyik szulfidzárványában a platinafémek lefutása egyenletesen csökken az Os-tól a Pd-ig, míg a másikban közel egyenes eloszlást mutatnak. A nógrád-gömöri xenolitok szulfidjainak eloszlása azonos az Ir-tól a Rh-ig, az $(Os/Ir)_{N<1}$, ami a legerősebben kompatibilis Os gyenge kimerülését jelzi. Ezzel szemben nagy a változatosság Pt- és Pd-ban. A Persány-hegység xenolitjaiban talált szulfidok PGE és Au koncentrációi mutatják a legnagyobb variabilitást. Eszerint az elemek lefutása három típusra osztható. Az egyik típusra jellemző, hogy a PGE eloszlás Os-tól a Rh-ig emelkedik és a kevésbé kompatibilis palládium-csoport+Au koncentrációk igen változékonyak. Egy másik típus ezzel ellentétes lefutást mutat Os-tól Rh-ig, aminek oka a kiemelkedően nagy Os és Ir értékekben keresendő. A harmadik típus (amit a BGT18 Iherzolit képvisel) közel egyenletesen csökkenő PGE eloszlást mutat igen kicsi Au koncentrációval (9. ábra).

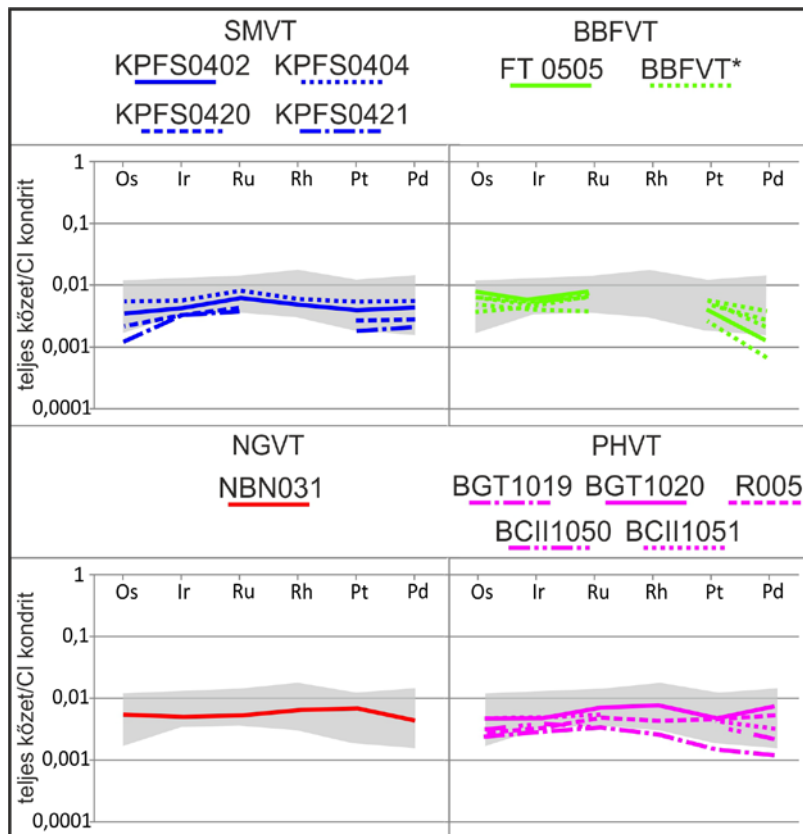
A szulfid szemcsékben mért kalkofil elemek (Ag, Pb és Se) koncentrációja nagyobb, mint a CI kondrit értéke, leszámítva néhány nógrád-gömöri, persány-hegységi és az egyik BBHVF szulfid Se tartalmát (9. ábra). Az ólom dúsulása különösen figyelemreméltó, ami meghaladhatja a $1000 \times CI$ értéket a legtöbb nógrád-gömöri és persány-hegységi szulfidban. Az ezüst változik a legnagyobb mértékben: a BBFVT és NGVT xenolitok szulfidjaiban a közel kondritos értéktől egészen a SMVT és PHVT xenolitok 1000-szeres kondrit értékekig. A vizsgált kalkofil elemek a stájer-medencei xenolitok kivételével egységes eloszlási képet jeleznek, ugyanis lefutásuk közel párhuzamos, mennyiségi eloszlásuk a következő: $Pb_N > Ag_N > Se_N$. A Stájer-medence xenolitjaiban azonban – a KPFS0421 Iherzolit kivételével – a kalkofil elemek a fent említettektől eltérő lefutást mutatnak: csökkenés figyelhető meg az Ag-tól a Se-ig, némely szulfid szemcsében negatív Pb csúccsal.



9. ábra A vizsgált KPR xenolitokban előforduló egyedi szulfidszemcsék erősen sziderofil (PGE+Au) és kalkofil (Ag, Pb, Se) nyomelemeinek koncentrációi CI kondritra (Grevesse és Sauval, 1998) normálva. Teli négyzet – szulfidzárvány, üres négyzet – intersticiális szulfid.

7. Xenolitok teljes-kőzet platinafém tartalma

A xenolitok teljes kőzetek platina-fém tartalma nagy változatosságot mutat (10. ábra, 2. táblázat), 7 és 21 ppb között változik. Az Ir-típusú elemek (Os, Ir, Ru) koncentrációja összességében nagy, ami a tanulmányozott xenolitok felsőkőpeny reziduális eredetét mutatja. Az Os/Ir arány a stájer-medencei és persány-hegységi xenolitok esetében nem éri el a kondritos értéket (Grevesse és Sauval, 1998), míg a bakony—balaton-felvidéki xenolitok kondritos Ru/Ir arányt mutatnak. A kondritra normált (Grevesse és Sauval, 1998) PGE eloszlások alapján az iridium-típusú elemek koncentrációja növekvő gyakoriságot mutat a kondrithoz képest, azonban az egyetlen elemzett nógrád-gömöri xenolitban negatív Ir anomália jelenik meg ($(Os/Ir)_N=1,41$). Az összes bakony—balaton-felvidéki xenolit, valamint 3 persány-hegységi xenolitban (BGT1019, BCII1050, BCII1051) a Pd relatív szegényedést mutat a Pt-hoz képest, míg a stájer-medencei lherzolitok és a persány-hegységi RO05 és BGT1020 xenolitok relatív gazdagodást. Az iridium- és palládium-típusú Pt-csoport elemek, valamint a Pt és Pd közötti frakcionáció legjobban a bakony—balaton-felvidéki xenolitban szembeűnő ($(Pd/Ir)_N=0,222$, $(Pt/Pd)_N=3,107$). Összehasonlítva más területek kainozoos vulkanitjai által megmintázott felsőkőpeny eredetű xenolitokkal (Lorand & Alard, 2001; Schmidt et al., 2003; Becker et al., 2006; Wittig et al., 2010) a Pannon-medence felsőkőpenye hasonló koncentrációban és eloszlásban tartalmazza a platinafémeket (10. ábra) a KPFS0421 és BGT1019 lherzolit kivételével, amelyekben kisebb koncentrációkat tapasztaltunk.



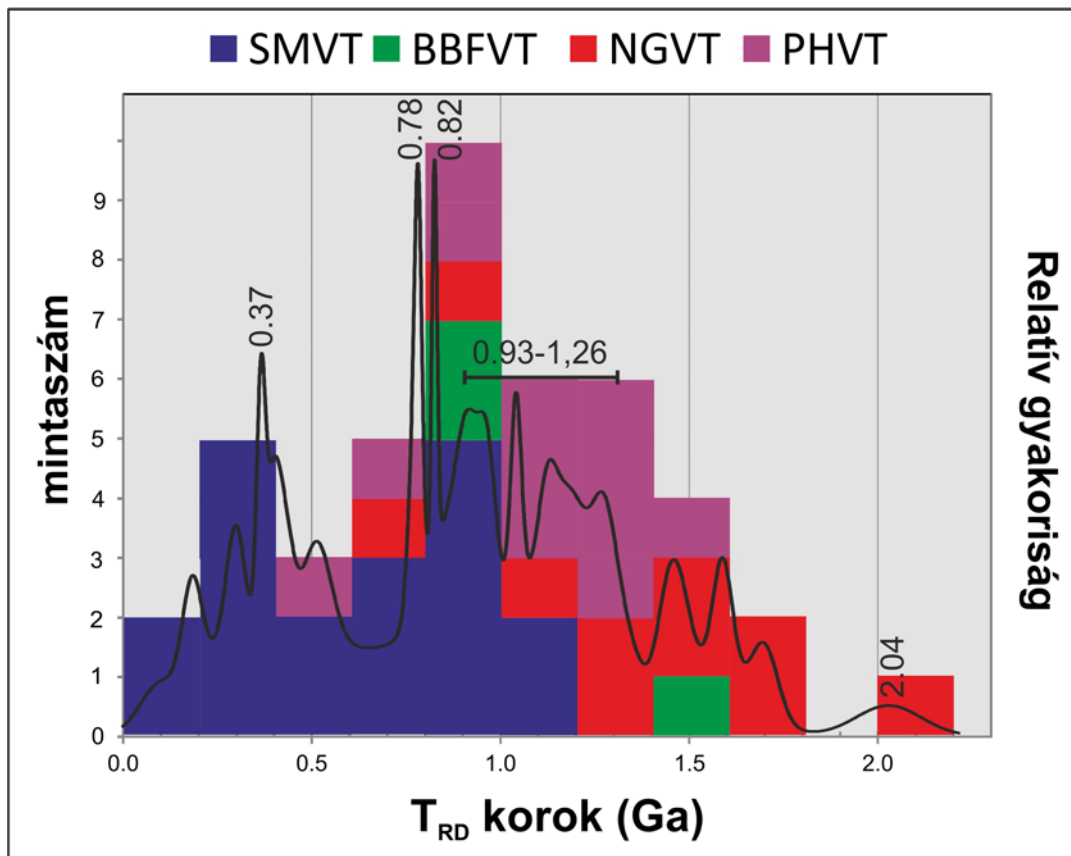
10. ábra A KPR xenolitjainak teljes-kőzet platina-csoport elem koncentrációi CI kondritra (Grevesse és Sauval, 1998) normálva. A szürke mező a Földön eddig ismert kainozoos Iherzolit xenolitok mezejét mutatja (Lorand & Alard, 2001; Schmidt et al., 2003; Becker et al., 2006; Wittig et al., 2010).

8. In situ Re-Os izotóp

Az egyedi szulfid szemcsék Os és Re izotópjainak meghatározása LAM-ICP-MS módszerrel (Pearson et al., 2002) történt. Az elemzéshez legalább 50 μm nagyságú szemcsék jelenléte szükséges. Az $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ izotóparányok 0,1111 és 0,1765 között változnak, míg a $\gamma\text{Os}^{\text{ECR}}$ értékek ($\gamma\text{Os}^{\text{ECR}} = [(^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}_{\text{minta}})/(^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}_{\text{ECR}}) - 1] * 100$) -13 és 38 között, amelyek alapján 25 szulfid szemcséje mutat a kondritos rezervoár értéktől nagyobb értéket. A $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ arányok 0,005 és 2,619 között változnak.

A rénum kimerülési korokat (T_{RD} , Rénium-depletion age; Walker, 1989) kizárólag olyan szulfid szemcsékre számítottuk ki, amelyek megfelelnek González-Jiménez et al. (2013) által támasztott kritériumoknak. Ezek a következők: $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os} < 1,2$, szubkondritos $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ ($< 0,1281$), valamint a T_{RD} hibája $2\sigma < 0,2$. Összesen 119 szulfid szemcséje elemzésből az adatok szűrése után 47 adat elégtette ki a fenti kritériumokat (12. táblázat).

A mért korok a koreloszlást bemutató hisztogramon jól elkülönülő csúcsokat formálnak (11. ábra). A legnagyobb csúcs 0,8 milliárd évre esik, továbbá jelentős csúcsok jelentkeznek 0,93-1,26 milliárd év között, valamint egy kisebb csoport 1,5 milliárd évnél is idősebb korokat ad. A korok eloszlása nem mutat szoros kapcsolatot a lelőhellyel, azonban a három nógrád-gömöri xenolit (NFL0304, NMS0319, NMS0320) több szulfid szemcséje is idősebb 1,5 milliárd évnél, a legidősebb szulfid kort az NMS0319 xenolit szulfidolvadék-zárványa adta ($2,03 \pm 0,17$ milliárd).



11. ábra A KPR tanulmányozott xenolitjaiban előforduló szulfid szemcsék rénius kimerülési korainak histogramja (oszlopok), és relatív gyakoriságuk (fekete vonal). A számok a főbb csúcsokat jelölik.

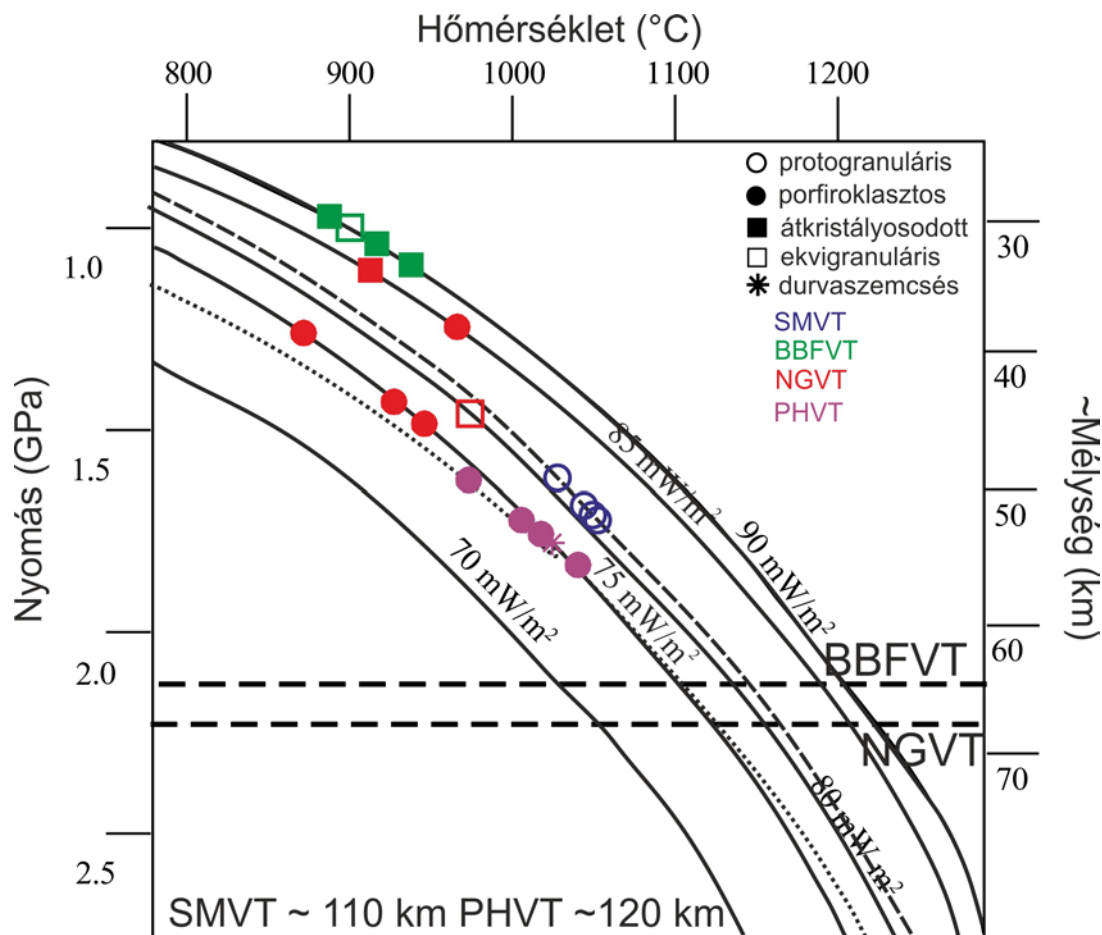
9. Diskusszió

9.1. Egyensúlyi hőmérséklet, származási mélység

A kiválasztott xenolitok egyensúlyi hőmérsékletét két-piroxén (Brey & Köhler, 1990) termométer segítségével határoztuk meg. Az alkalmazott termométer alapján az összes xenolit kémiai egyensúlyban van. Egyensúlyi hőmérsékletük 872 és 1101±16 °C között változik. A Stájer-medence xenolitjai rendelkeznek a legnagyobb (1027-1053 °C), a nógrád-gömöri minták pedig a legkisebb (872-966 °C) egyensúlyi hőmérséklettel (1. táblázat). A számolt oxigénfugacitás értékek (Ballhaus et al., 1991) +1 és -1 között változnak a fayalit-magnetit-kvarc (FMQ) bufferhez képest, kettő maskófalvi xenolitot (NMS0319 és NMS0321) kivéve, amelyek ennél kisebb, illetve nagyobb értéket adnak.

A xenolitok származási mélységének meghatározásához (12. ábra) felhasználtuk az egyensúlyi hőmérsékletüket, valamint az egyes vulkáni területen jelenleg mérhető geotermális gradienseket (Sachsenhofer et al., 1997; Lankreijker et al., 1997; Lenkey et al., 2002; Artemieva, 2009). Ezek alapján a xenolitok lelőhelyük alapján elkülönülnek. A legsekélyebb köpenyrégióból a bakony—balaton-felvidéki (~28-35 km) és a nógrád-gömöri xenolitok származnak (~35-45 km). Ennél mélyebb (~50-58 km) litoszféra köpenyrégiót képviselnek a PHVT és a SMVT lherzolitjai, amelyek főelem összetételük (2. táblázat), részben az egyensúlyi

hőmérséklet és a szövet alapján (1. táblázat) is elkülönülnek a többi régió xenolitjaitól. Megállapítható, hogy a vizsgált xenolitok közül a kisebb Al_2O_3 , SiO_2 és CaO és nagyobb MgO tartalmú lherzolitok a sekélyebb felsőköpenyből eredeztethető, míg a mélyebbről származó stájer-medencei és persány-hegységi xenolitok egy kevésbé kimerült, fertilisebb köpenyt képviselnek. Tekintettel arra azonban, hogy a tanulmányozott xenolitok kiválasztása a megfelelő szulfid szemcsék szempontjából történt az itteni adatok nem szükségszerűen reprezentálják az adott lelőhelyek és főleg nem az egyes vulkáni területek litoszférikus köpenyét.



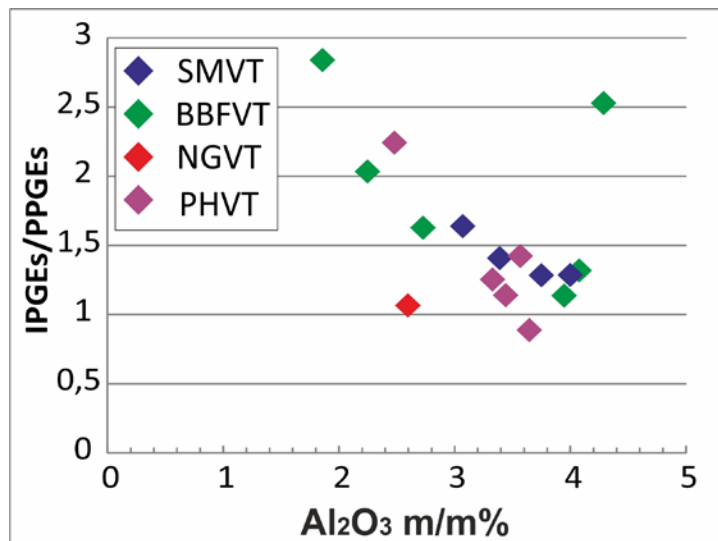
12. ábra A vizsgált xenolitok becsült származási mélysége. Az NGVT és BBFVT xenolitok a 75-80-85-90 mW/m^2 geotermákra (Lenkey et al., 2002 és Artemieva 2009) lettek illesztve. A pontozott görbe a Persány-hegységben (Lankreijker et al., 1997), míg a szaggatott görbe a Stájer-medencében (Sachsenhofer et al., 1997) jelenleg mérhető geotermát jelöli. A vízszintes szaggatott vonalak, valamint a két mélységérték a bakony—balaton-felvidéki és a nógrád-gömöri vulkáni területek alatti, jelenlegi litoszféra-asztenoszféra határt jelzik. Ez a felület a Stájer-medence alatt 110 km, a Persány-hegység alatt 120 km mélységben adható meg (Horváth, 1993). Jelkulcs: SMVT (kék), BBFVT (zöld), NGVT (piros), PHVT (lila).

9.2. Parciális olvadás és metasomatózis

A tanulmányozott xenolitok klinopiroxénjein végzett LA-ICPMS elemzések alapján megállapítható, hogy a vizsgált xenolitok klinopiroxénjei a primitív köpenyhez (McDonough és Sun, 1995) képest szinte kivétel nélkül gazdagabbak inkompatibilis nyomelemekben, a Ba-, Nb- és Ta-tól eltekintve (5. ábra), ami mafikus olvadék által okozott metasomatózisra utal (pl. O'Reilly & Griffin, 1988). Ugyanakkor az elemgazdagodás ellenére a xenolitok nagy többsége könnyű ritkaföldfémekben szegények a primitív köpenyhez képest a RFY diagramokon (5.

ábra), ami a parciális olvadás bizonyítéka. Ennek mértéke megbecsülhető a klinopiroxének Y és Yb koncentrációjának (8. táblázat) kondritra normált arányával (Norman, 1998), ami azt sejteti, hogy tanulmányozott litosferikus köpeny szegmensek közül a bakony—balaton-felvidéki és nógrád-gömör különböző mértékű (max. 14 %) részleges olvadást szenvedett a fejlődése során. Legnagyobb mértékű parciális olvadásról (>7 %) három BBFVT (FT07, FTP7, FT0505) és három NGVT (NBN031, NFL0304, NMS0322) xenolit RFY adata árulkodik. Ezzel összhangban - az FT0505 lherzolit kivételével - ezeknek xenolitoknak a spinellje leggazdagabb krómban (cr-szám: 0,23-0,36; 6. táblázat), ami kb. 20 %-os parciális olvadást sejtett (Arai, 1987). Továbbá a klinopiroxének Na-Al variációs diagramjában (4. ábra) az összes tanulmányozott BBFVT, valamint a nógrád-gömöri NBN031 xenolit a legszegényebb ezekben az ún. bazaltos elemekben, ami szinten a legnagyobb mértékű kimerülés jelzője (Dick et al., 1984; Szabó & Taylor, 1994).

A xenolitok geokémiai kimerülésének megbízható mutatója az erősen kompatibilis Ir-típusú Pt-csoport elemek (IPGE) és a kevesbé erősen kompatibilis Pd-típusú Pt-csoport elemek (PPGE) arányának növekedése a parciális olvadás mértékével arányosan változó Al_2O_3 tartalom függvényében (13. ábra). A diagram az FT0505 xenolit kivételével világosan kirajzolja az olvadás során bekövetkező szegényedést Al_2O_3 -ban és PPGE-ben, amit legmeggyőzőbben a bakony—balaton-felvidéki xenolitok mutatják. Az IPGEs/PPGEs vs. Al_2O_3 érzékenységét és erejét jól jelzi, hogy az egyéb geokémiai jegyekben alig különböző masszív stájer-medencei xenolitokat is a BBHVT és a PHVT xenolitok trendjébe állítja, ami valószínű, hogy a CPR-en túlmutató szubkontinentális litoszféra trendnek tekinthető.



13. ábra A vizsgált KPR xenolitok Ir-típusú/Pd-típusú Pt-csoport elemarányainak (IPGE/PPGE) változása az Al_2O_3 függvényében.

A részleges olvadáson kívül azonban a legtöbb xenolit a rejtett metasomatózis (Dawson, 1984) hatását is mutatja (5. ábra), ami - akár többszörösen ismétlődve - felülírhatta az olvadási eseményeket. Azonban a nagy (<2) $(La/Lu)_N$ arány, valamint a La-tól Gd-ig csökkenő RFY eloszlás a köpeny peridotiton áthaladó olvadék kölcsönhatását mutathatja. E folyamat eredménye - azaz a primitív köpenyhez képest számottevő inkompatibilis nyomelem gazdagodás - látható az összes bakony—balaton-felvidéki lherzolitban, továbbá nógrád-gömöri

NFL0304 xenolitban és néhány persány-hegységi mintában (BGT1020, BCII1051, BCII1050). Ezzel szemben a rejtett metasomatózis geokémiai bélyege nem ismerhető fel a stájer-medencei lherzolitokon, továbbá egyes nógrád-gömöri (NBN031, NMS0321, NBN0322, NMS0319) és persány-hegységi (RO05, BGT1019) xenolitokon (5. ábra), ami a reziduális peridotitok egyik jellemzője (pl. Workman & Hart, 2005).

Ezek alapján a megállapítható, hogy a vizsgált bakony—balaton-felvidéki és nógrád-gömöri xenolitok olyan köpenyszegmensekből származnak, ahol a különböző parciális olvadási és metasztatikus folyamatok átalakították a köpenyt, amelyek jól ismertek az irodalomban (pl. Downes, 1992; Szabó és Taylor, 1994; Falus et al., 2007; Dobosi et al., 2010; Berkesi et al., 2012; Liptai et al., 2014). Ez a jelenség nem dokumentált eddig a Stájer-medence alatt, viszont jelen van a Persány-hegység köpenyében, de kiterjedése nem ismert (Vaselli et al., 1995; Charlot-Prat & Boullier, 1997).

9.3. Szilikát (olivin) és szulfid egyensúly

A xenolitok olivinjeiben előforduló szulfidolvadék-zárványok segítségével megállapítható, hogy a két - szilikát és szulfid - fázis egyensúlyban van-e /vagy alakult ki/ (Fleet & Stone, 1990). A megoszlási együttható a szulfidzárvány és az olivin Fe és Ni tartalma között az alábbiak szerint írható fel: $Kd_3 = XNiS * XFe_2SiO_4 / XFeS * XNi_2SiO_4$. Ennek értéke kísérleti adatok alapján 900-1300 °C-on és 1 atm-n 30 körül alakul (Fleet & McRae, 1987; Clark & Naldrett, 1972). Természetes mintákban azonban ez az érték igen nagy szórást mutat. Peridotit xenolitokban 4-40 között értéket határozott meg Dromgoole & Pasteris (1987), Fleet & Stone (1990) és Ishimaru & Arai (2007). A Kd_3 érték meghatározást olvinek szulfidolvadék-zárványaira (6a-b. ábra), valamint olyan intersticiális szulfidokra végeztük el, amelyek kizárólag olivinekkel érintkeznek és szöveti egyensúlyt mutatnak a vékonycsiszolati kép szerint (6.d ábra). Az így vizsgált xenolitok jelentős részében a Kd_3 20 alatt marad (13. táblázat), csupán két, kiemelkedően nagy Ni-tartalmú ($XNiS > 0,5$) intersticiális szulfid szemcse lépi túl ezt az értéket az NMS0319 xenolitban. Ezek az adatok (is) megfelelnek Ishimaru & Arai (2007) feltételezésnek, miszerint a felsőköpeny xenolitokban a szilikát-szulfid egyensúly inkább 10 és 20 közötti Kd_3 érték mellett következik be, aminek oka lehet a nagy oxigénfugacitás a köpenyben (Brenan & Caciagli, 2000), valamint a többnyire kisebb hőmérsékleten bekövetkezett új egyensúlyi állapot (Szabó & Bodnar, 1995). Utóbbi feltételezést azonban nem támasztja alá jelen kutatás, ugyanis a nagyobb egyensúlyi hőmérséklettel jellemezhető xenolitok (Stájer-medence és Persány-hegység) kisebb Kd_3 -értékkel jellemezhetők (13. táblázat). Korábbi irodalmak (Szabó és Bodnar, 1995; Falus, 2000) alapján megállapítható, hogy a Kd_3 értékek nem mutatnak szoros kapcsolatot a szulfidok szöveti helyzetével, azok inkább lelőhelyenként változnak. Ezért szoros, genetikai következtetéseket a fent említett okok miatt nem vonhatunk le az értékéből. Jelen tanulmány azonban rávilágít arra, hogy míg a szulfidzárványok Kd_3 értékei viszonylag szűk határok között mozognak, addig az olvinek közti intersticiális szulfid szemcsék értékei igen változatosak. Ennek oka lehet a két szulfid szemcsetípus genetikai (és fejlődési) különbsége, azaz, az intersticiális zárványok esetében nem beszélhetünk tisztán olivin-szulfid ávány, hanem inkább csak szilikát-szulfid ávány egyensúlyról.

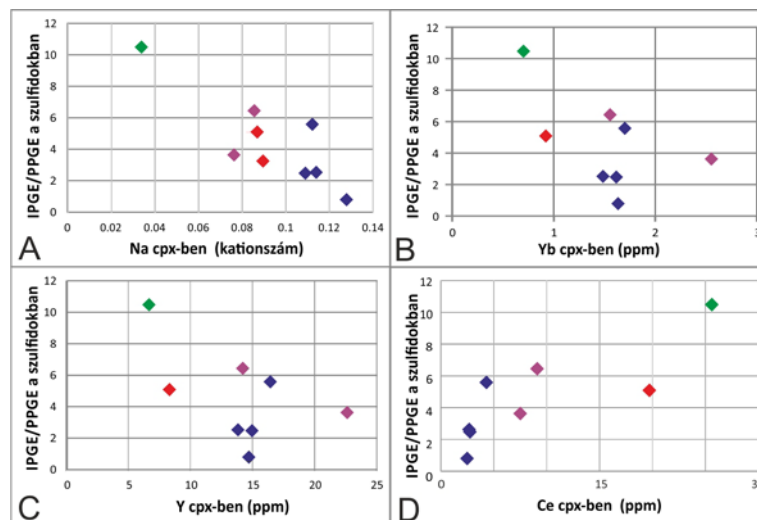
9.4. Szulfid szemcsék

Eddig két munka foglalkozott részletesen KPR peridotit xenolitokban található szulfidszemcsék mikroszkópos leírásával és főelemösszetételével. Szabó és Bodnar (1995) NGVT xenolitokon végzett részletes vizsgálatot, míg Falus (2000) munkájában a SMVT, Kisalföldi Vulkáni Terület, BBFVT, valamint a PMVT szulfidszemcsét tartalmazó xenolitjainak szöveti elemzése és a szulfidok elektronmikroszondás elemzési adatainak kiértékelése történt. Jelen pályázathoz hasonlóan mindkét munkában a szöveti elemek alapján kizárólag az elsődleges szulfidolvadék-zárványok és intersticiális szulfid szemcsék voltak a vizsgálat tárgyai. A szulfid szemcsék ásványos összetétele hasonló az itt bemutatott adatokhoz (6. ábra), bár pirrotint önálló ásványfázisként és (másodlagos?) Ni-gazdag ásványfázist – violaritot – ezúttal nem sikerült azonosítani. Azonban Falus (2000) munkájával ellentétben nem csak egyes persány-hegységi xenolitokra jellemző a Cu-gazdagság, hanem néhány nógrád-gömöri és bakony—balaton-felvidéki xenolitokra is. Szabó és Bodnar (1995) vizsgálata alapján a nógrád-gömöri xenolitok szövete és teljes szulfidösszetétele között feltűnő kapcsolat van, amihez hasonlóan Falus (2000) is megállapított a persány-hegységi xenolitokra. Az új adatok ezt a relációt nem erősítették meg, ami valószínű, hogy a mintaszelektálás alapjaival - azaz a nagyobb méretű szulfid szemcsékre való fókuszálással - függ össze. Egyes nógrád-gömöri xenolitok nagy Ni- és Co-gazdagságuk egyedi sajátjának tekinthető (10. ábra).

Az individuális szulfidszemcsék erősen sziderofil elemeinek (platina-csoport/PGE/+Au) koncentrációi információt adhatnak a szulfidszemcsék (és így a köpeny) eredetéről és történetéről. Alard et al. (2000) a Massif Central felsőköpeny xenolitjait tanulmányozva megállapította, hogy a szulfidszemcsék szöveti bélyegeik és PGE tartalmuk alapján két részre oszthatók. Elkülöníthető egy ősi, 'refraktórikus' típus, ami elsősorban szulfidolvadék-zárványként jelenik meg főleg olivinben, valamint egy intersticiális helyzetben azonosítható, metasomatikus eredetű csoport. Előbbiek főleg az irídium-típusú platinafémeket (IPGE), míg utóbbiak a palládium-típusú platinafémeket (PPGE) koncentrálik. A KPR szulfid szemcséiben az egyértelmű szöveti megjelenés ellenére ilyen kémiai elkülönülést nem tapasztaltunk. Egyedül a bakony—balaton-felvidéki FTP7 és a persány-hegységi BGT18 xenolit szulfid szemcséiben figyelhető meg a PGE+Au eloszlásában (9. ábra) a csökkenő kompatibilitásuknak köszönhető, egyenletes csökkenés az Os-tól az Au-ig. Minden más szulfid szemcse esetében markáns negatív Pt-anomália fedezhető fel (9. ábra). Ez a jelenség jól ismert az irodalomban (pl. Alard et al., 2000; Lugué et al., 2001; Lorand és Alard, 2001) és oka az, hogy a Pt kis hőmérsékleten – 900 °C-on, - a Cu-Fe-Ni MSS szolidusza alatt gyakran alkothat önálló fázist, elsősorban arzénal kapcsolódva PtAs₂ (sperrylit) formájában (Lorand et al., 2008b). Ezért eloszlása erősen inhomogén a szulfid szemcséken belül és mennyisége nem az MSS-hez kapcsolódik (Lorand et al., 2008b). Ezt a jelenséget sikerült megfigyelni az NMS0319 xenolit szulfidjában egy szubmikronos Pt-As ásvány formájában.

Az egyedi szulfid szemcsékben mért IPGE/PPGE arányok is értelmes korrelációt jeleznek egyes, a szilikátásványokat ért parciális olvadási és metasomatikus folyamatokat diagnosztizáló elemekkel. A fenti PGE arány a klinopiroxéneknél inkompatibilis fő- (Na) és kevésbé inkompatibilis nyomelemekkel (pl. Y és Yb) negatív korrelációt mutatnak ($r=-0,85$ Na esetében). A parciális olvadás hatására a reziduális köpenyben csökkennek az inkompatibilis

elemek (Na, RfY) részaránya és a kevésbé kompatibilis PPG-elemek (különösen a Pt és Pd) mennyisége, ennek megfelelően a Fig. 14a-c. ábrán a legnagyobb parciális olvadást mutató bakony—balaton-felvidéki és legkisebb parciális olvadást jelző stájer-medencei xenolitok a trendvonal két végén helyezkednek. Ezzel szemben az IPGE/PPGE arány az erősen inkompatibilis elemek (pl. Ce) koncentrációjával pozitív korrelációt mutat (Fig. 14d). Ennek oka az, hogy az erősen inkompatibilis ritkaföldfémek érzékenyebben reagálnak – azaz dúsulnak – a metasztatikus folyamatokra a klinopiroxénben, míg a kompatibilis PG-elemek érzéketlenek – azaz az IPGE/PPGE arányuk a korábbi parciális olvadás hatását őrzik, miközben a klinopiroxén erősen inkompatibilis nyomelemben gazdagodik.



14. ábra A tanulmányozott KPR xenolitok szulfid szemcséiben meghatározott irídium-típusú platina-csoport elemek (IPGE) és palládium-típusú platina-csoport elemek (PPGE) arányának változása a klinopiroxének geokémiájának függvényében. A jelkulcs megegyezik a 13. ábrán találhatóval.

Ezek alapján megállapítható, hogy a vizsgált KPR xenolitok szulfid- és klinopiroxén szemcséit (és a bennük koncentrállódó platinafémeket és inkompatibilis elemeket) elsősorban a köpenyrégiót ért olvadási és metasztatikus folyamatok nyomozására/kimutatására lehet használni.

9.5. Re-kimerülési korok és hozzájuk köthető geológiai események

Az individuális szulfid szemcsékre meghatározott rénius-kimerülési korok (T_{RD}) sem mutatnak éles különbséget a szulfid szemcsék szövetei helyzete alapján (12. táblázat). Mivel a Kárpát-Pannon régióban elsősorban paleozoos és fiatalabb kőzetek ismertek a felszínről, valamint fúrásokból, ezért közvetlenül nem lehet összehasonlítani a kéreg és a szubkontinentális köpenylitoszféra koradatai. Mindössze néhány felzikus granulit cirkonjainak U-Pb konkordia kora áll rendelkezésre (Kodolányi J. publikálatlan adatai), ezek azonban két cirkon kivételével (111 ± 12 és 228 ± 22 Ma) 100 millió évnél fiatalabbak és legnagyobb gyakoriságuk 36, 60 és 72 Ma-nél található.

A koreloszlási diagramon (11. ábra) megfigyelt legnagyobb csúcsok a Rodinia kontinens képződéséhez (1.1-0.75 Ga) és annak felbomlásához (0.8-0.7 Ga) (Torsvik, 2003; Cawood, 2005) köthető. A ~370 millió évnél (késő devon) tapasztalt legfiatalabb

gyakoriságmaximum is jóval idősebb a granulitok mért legöregebb egyedi cirkon mérésénél. Feltűnő, hogy a fenti földtörténeti eseményektől idősebb földtörténeti folyamatot elsősorban nógrád-gömöri xenolitok őrizték meg, míg a legfiatalabb geológiai folyamatok történései a stájer-medencei felsőköpenyben nyomozhatók.

González-Jiménez et al., (2013) a nyugat-mediterráneumi szubkontinentális litoszférát két fő doménre osztotta fel: egy archai-paleoproterozoos (2,6-2,2 Ga) mediterrán régióra, valamint egy fiatalabb, paleoproterozoos részre (max. 1.8 Ga), ami legfőképpen az európai platformon, valamint a mediterrán régió perifériáin jelenik meg. Ez alapján a Kárpát-Pannon régiót önálló egységként egyértelműen nem lehet besorolni egyik nagy doménbe sem, mivel a legidősebb szulfid szemcse több, mint 2 milliárd éves, és ezen kívül nem jelennek meg további archai és paleoproterozoos korok. Meg kell jegyezni, hogy González-Jiménez et al. (2013) az elkülönítéshez felhasznált teljes-kőzet Re-Os korokat is, amelyek azonban keverék korokat adnak, hiszen a felsőköpeny peridotit szulfidjai többszörösen is áttestek parciális olvadási és metasomatikus eseményeken, amelyek a hosszú fejlődéstörténet során - időben - erősen elkülönülnek egymástól. Így teljes-kőzetre kapott Re-Os koradatokban mindig az ilyen szulfidok keverékét látjuk, amelyek egy pontatlanabb, kiátlagolt kort jelentenek.

10. Összefoglalás

A platina-csoport elemek gyakorisága és eloszlása a felsőköpenyben e munka során lett először vizsgálva a Kárpát-Pannon régióban. Az eredmények rávilágítottak arra, hogy a PG elemek eloszlása heterogén a régió vizsgált négy felsőköpeny szegmensében és, hogy minden vulkáni terület egyedi lefutású nyomelem mintázattal, azaz geokémiai tulajdonsággal (és fejlődéstörténettel) rendelkezik.

A KPR tanulmányozott xenolitjaiban előforduló szulfid szemcsék a legtöbb esetben igen változatos Os, Ir, Ru és Rh koncentrációval, csökkenő Pd és anomálishan kicsi Pt tartalommal jelentkeznek. E változatosság a köpenyben lezajlott parciális olvadási és metasomatikus folyamatok okozták, amelynek egyes geokémiai ujjlenyomata a felsőköpeny egyéb elegyrészeinek (klinopiroxén, spinell) kémiai összetételében is nyomot hagyott.

Irodalomjegyzék

- Alard, O., Griffin, W. L., Lorand, J. P., Jackson, S. E., & O'Reilly, S. Y. (2000). Non-chondritic distribution of the highly siderophile elements in mantle sulphides. *Nature*, *407*(6806), 891-894.
- Alard, O., Lorand, J. P., Reisberg, L., Bodinier, J. L., Dautria, J. M., & O'Reilly, S. Y. (2011). Volatile-rich metasomatism in montferrier xenoliths (Southern France): implications for the abundances of chalcophile and highly siderophile elements in the subcontinental mantle. *Journal of Petrology*, *52*(10), 2009-2045.
- Arai, S. (1987). An estimation of the least depleted spinel peridotite on the basis of olivine-spinel mantle array. *Neues Jb. Mineral. Mh.*, 1987, 347-354.
- Artemieva, I. M. (2009). The continental lithosphere: reconciling thermal, seismic, and petrologic data. *Lithos*, *109*(1), 23-46.
- Bada, G., & Horváth, F. (2001). On the structure and tectonic evolution of the Pannonian basin and surrounding orogens. *Acta Geologica Hungarica*, *44*(2), 301-327.
- Ballhaus, C., Berry, R. F., & Green, D. H. (1991). High pressure experimental calibration of the olivine-orthopyroxene-spinel oxygen geobarometer: implications for the oxidation state of the upper mantle. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, *107*(1), 27-40.
- Becker, H., Horan, M. F., Walker, R. J., Gao, S., Lorand, J. P., & Rudnick, R. L. (2006). Highly siderophile element composition of the Earth's primitive upper mantle: constraints from new data on peridotite massifs and xenoliths. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *70*(17), 4528-4550.
- Berkesi, M., Guzmics, T., Szabó, C., Dubessy, J., Bodnar, R. J., Hidas, K., & Ratter, K. (2012). The role of CO₂-rich fluids in trace element transport and metasomatism in the lithospheric mantle beneath the Central Pannonian Basin, Hungary, based on fluid inclusions in mantle xenoliths. *Earth and Planetary Science Letters*, *331*, 8-20.
- Brenan, J. M., & Caciagli, N. C. (2000). Fe-Ni exchange between olivine and sulphide liquid: Implications for oxygen barometry in sulphide-saturated magmas. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *64*(2), 307-320.
- Brey, G. P., & Köhler, T. (1990). Geothermobarometry in four-phase lherzolites II. New thermobarometers, and practical assessment of existing thermobarometers. *Journal of Petrology*, *31*(6), 1353-1378.
- Cawood, P.A., 2005, Terra Australis Orogen: Rodinia breakup and development of the Pacific and Iapetus margins of Gondwana during the Neoproterozoic and Paleozoic: *Earth-Science Reviews*, v. 69, p. 249-279.
- Chalot-Prat, F., & Arnold, M. (1999). Immiscibility between calciocarbonatitic and silicate melts and related wall rock reactions in the upper mantle: a natural case study from Romanian mantle xenoliths. *Lithos*, *46*(4), 627-659.
- Chalot-Prat, F., & Boullier, A. M. (1997). Metasomatism in the subcontinental mantle beneath the Eastern Carpathians (Romania): new evidence from trace element geochemistry. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, *129*(4), 284-307.
- Chou, C.-L. (1978) Fractionation of siderophile elements in the Earth's upper mantle, Proc. Lunar Planet Sci. Conf. 9th, p. 219-230.
- Clark, T., & Naldrett, A. J. (1972). The Distribution of Fe and Ni Between Synthetic Olivine and Sulfide at 900 degrees C. *Economic Geology*, *67*(7), 939-952.
- Craig, J. R., & Kullerud, G. (1969). Phase relations in the Cu-Fe-Ni-S system and their application to magmatic ore deposits. *Economic Geology Monograph*, *4*, 344-358.
- Dawson, J.B. (1984) Contrasting types of upper mantle metasomatism. In: Kornprobst, J. (ed) *Kimberlites II: the mantle and crust-mantle relationships*. Elsevier, Amsterdam

- Dick, H. J., Fisher, R. L., & Bryan, W. B. (1984). Mineralogic variability of the uppermost mantle along mid-ocean ridges. *Earth and Planetary Science Letters*, 69(1), 88-106.
- Dobosi, G., Jenner, G. A., Embey-Isztin, A., & Downes, H. (2010). Cryptic metasomatism in clino- and orthopyroxene in the upper mantle beneath the Pannonian region. *Geological Society, London, Special Publications*, 337(1), 177-194.
- Dobosi, G., Kurat, G., Jenner, G. A., & Brandstätter, F. (1999). Cryptic metasomatism in the upper mantle beneath Southeastern Austria: a Laser Ablation Microprobe-ICP-MS study. *Mineralogy and Petrology*, 67(3-4), 143-161.
- Downes, H. (1997). Shallow continental lithospheric mantle heterogeneity—petrological constraints. In *Upper Mantle Heterogeneities from Active and Passive Seismology* (pp. 295-308). Springer Netherlands.
- Downes, H., Embey-Isztin, A., & Thirlwall, M. F. (1992). Petrology and geochemistry of spinel peridotite xenoliths from the western Pannonian Basin (Hungary): evidence for an association between enrichment and texture in the upper mantle. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 109(3), 340-354.
- Dromgoole EL, Pasteris JD (1987) Interpretation of sulfide assemblages in a suite of xenoliths from Kilbourne Hole, New Mexico. In: Norris EM, Pasteris JD (eds) Mantle metasomatism and alkali magmatism, Geol Soc Am Spec paper 215, pp 25–46
- Dromgoole, E. L., & Pasteris, J. D. (1987). Interpretation of the sulfide assemblages in a suite of xenoliths. *Mantle Metasomatism and Alkaline Magmatism*, 215, 25.
- Falus, G., Szabó, C., Kovács, I., Zajacz, Z., & Halter, W. (2007). Symplectite in spinel lherzolite xenoliths from the Little Hungarian Plain, Western Hungary: A key for understanding the complex history of the upper mantle of the Pannonian Basin. *Lithos*, 94(1), 230-247.
- Falus, G., Tommasi, A., Ingrin, J., & Szabó, C. (2008). Deformation and seismic anisotropy of the lithospheric mantle in the southeastern Carpathians inferred from the study of mantle xenoliths. *Earth and Planetary Science Letters*, 272(1), 50-64.
- Falus, Gy., (2000). Szulfid-beágyazódások geokémiai jelentősége a Belső-Kárpáti-medencék alkáli bazaltjaiban megjelenő Cr-diopszidos felsőkőpeny xenolitokban, diplomadolgozat, ELTE Közöttani és Geokémiai Tanszék, Budapest, (kézirat), p. 89.
- Fleet ME, MacRae ND (1987) Partition of Ni between olivine and sulfide: the effect of temperature, fO₂ and fS₂. *Contrib Mineral Petrol* 95:336–342
- Fleet ME, Stone WE (1990) Nickeliferous sulfides in xenoliths, olivine megacrysts and basaltic glass. *Contrib Mineral Petrol* 105:629–636
- Fleet, M. E., & MacRae, N. D. (1987). Partition of Ni between olivine and sulfide: the effect of temperature, fO₂ and fS. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 95(3), 336-342.
- Fleet, M. E., & Stone, W. E. (1990). Nickeliferous sulfides in xenoliths, olivine megacrysts and basaltic glass. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 105(6), 629-636.
- González-Jiménez, J. M., Villaseca, C., Griffin, W. L., Belousova, E., Konc, Z., Ancochea, E., O'Reilly, S. Y., Pearson, N. J., Garrido, C. J., and Gervilla F. (2013) The architecture of the European-Mediterranean lithosphere: A synthesis of the Re-Os evidence, *Geology* ;41;547-550
- Grevesse, N. and Sauval, A.J. (1998). Standard solar composition. *Space Science Reviews* 85: 161-174.
- Handler MR, Bennett VC (1999) Behaviour of platinum-group elements in the subcontinental mantle of eastern Australia during variable metasomatism and melt depletion. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 63: 3597-3618
- Harte, B., (1983) Mantle peridotites and processes: the kimberlite sample. In: Hawkesworth C.J., Norry, M.J. (ed). *Continental basalts and their xenoliths*. Shiva, Nantwich.

- Hawthorne, F. C., Oberti, R., Harlow, G. E., Maresch, W. V., Martin, R. F., Schumacher, J. C., & Welch, M. D. (2012). Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97(11-12), 2031-2048.
- Hidas, K., Falus, G., Szabó, C., Szabó, P. J., Kovács, I., & Földes, T. (2007). Geodynamic implications of flattened tabular equigranular textured peridotites from the Bakony-Balaton Highland Volcanic Field (Western Hungary). *Journal of Geodynamics*, 43(4), 484-503.
- Horváth, F. (1993). Towards a mechanical model for the formation of the Pannonian basin. *Tectonophysics*, 226(1), 333-357.
- Horváth, F., & Cloetingh, S. A. P. L. (1996). Stress-induced late-stage subsidence anomalies in the Pannonian basin. *Tectonophysics*, 266(1), 287-300.
- Huisman, R. S., Podladchikov, Y. Y., & Cloetingh, S. (2001). Dynamic modeling of the transition from passive to active rifting, application to the Pannonian basin. *Tectonics*, 20(6), 1021-1039.
- Ishimaru, S. & Arai S. (2008) Nickel enrichment in mantle olivine beneath a volcanic front *Contrib Mineral Petrol*, 156:119–131
- Ishimaru, S., & Arai, S. (2008). Nickel enrichment in mantle olivine beneath a volcanic front. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 156(1), 119-131.
- Kázmér, M., & Kovács, S. (1985). Permian-Paleogene paleogeography along the eastern part of the Insubric-Periadriatic lineament system: evidence for continental escape of the Bakony-Drauzug unit. *Acta Geologica Hungarica*, 28(1-2), 71-84.
- Kovács, I., Falus, G., Stuart, G., Hidas, K., Szabó, C., Flower, M. F. J., ... & Zilahi-Sebess, L. (2012). Seismic anisotropy and deformation patterns in upper mantle xenoliths from the central Carpathian–Pannonian region: Asthenospheric flow as a driving force for Cenozoic extension and extrusion?. *Tectonophysics*, 514, 168-179.
- Kovács, I., Falus, Gy., Stuart, G., Hidas, K., Szabó, Cs., Flower, M., Hegedűs, E., Posgay, K., Zilahi-Sebess, L., Fancsik, T. (2011) Asztenoszféra-áramlás mint a terciér kilökődés és extenzió hajtóereje? *Magyar Geofizika* 52/2, 79-87.
- Kullerud, G., Yund, R. A., & Moh, G. (1966) Phase relations in Fe-Ni-S, Cu-Fe-S and Cu-Ni-S systems, In *Economic Geology* (Vol. 61, No. 4, p. 804)
- Lankreijer, A., Mocanu, V., & Cloetingh, S. (1997). Lateral variations in lithosphere strength in the Romanian Carpathians: constraints on basin evolution. *Tectonophysics*, 272(2), 269-290.
- Lee, C. T. A. (2002). Platinum-group element geochemistry of peridotite xenoliths from the Sierra Nevada and the Basin and Range, California. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 66(22), 3987-4005.
- Lenkey, L., Dövényi, P., Horváth, F., & Cloetingh, S. A. P. L. (2002). Geothermics of the Pannonian basin and its bearing on the neotectonics. *EGU Stephan Mueller Special Publication Series*, 3, 29-40.
- Lorand, J. P. (1989) Mineralogy and chemistry of Cu-Fe-Ni sulfides in orogenic-type spinel peridotite bodies from Ariege (Northeastern Pyrenees, France), *Contrib. Min. Pet.* 103: 335-345
- Lorand, J. P., & Alard, O. (2001). Platinum-group element abundances in the upper mantle: new constraints from in situ and whole-rock analyses of Massif Central xenoliths (France). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 65(16), 2789-2806.
- Lorand, J. P., Luguët, A., & Alard, O. (2008a). Platinum-group elements: a new set of key tracers for the Earth's interior. *Elements*, 4(4), 247-252.
- Lorand, J. P., Luguët, A., Alard, O., Bezou, A., & Meisel, T. (2008b). Abundance and distribution of platinum-group elements in orogenic lherzolites; a case study in a Fontete Rouge lherzolite (French Pyrénées). *Chemical Geology*, 248(3), 174-194.

- Luguet, A., Alard, O., Lorand, J. P., Pearson, N. J., Ryan, C., & O'Reilly, S. Y. (2001). Laser-ablation microprobe (LAM)-ICPMS unravels the highly siderophile element geochemistry of the oceanic mantle. *Earth and Planetary Science Letters*, 189(3), 285-294.
- McDonough, W. F., & Sun, S. S. (1995). The composition of the Earth. *Chemical geology*, 120(3), 223-253.
- Mercier, J. C., & Nicolas, A. (1975). Textures and fabrics of upper-mantle peridotites as illustrated by xenoliths from basalts. *Journal of Petrology*, 16(2), 454-487.
- Norman, M. D. (1998). Melting and metasomatism in the continental lithosphere: laser ablation ICPMS analysis of minerals in spinel lherzolites from eastern Australia. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 130(3-4), 240-255.
- O'Reilly, S. Y., & Griffin, W. L. (1988). Mantle metasomatism beneath western Victoria, Australia: I. Metasomatic processes in Cr-diopside lherzolites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52(2), 433-447.
- Roedder, E. (1984). Fluid inclusions: an introduction to studies of all types of fluid inclusions, gas, liquid, or melt, trapped in materials from earth and space, and their application to the understanding of geologic processes. Washington DC: Mineralogical Society of America.
- Sachsenhofer, R. F., Lankreijer, A., Cloetingh, S., & Ebner, F. (1997). Subsidence analysis and quantitative basin modelling in the Styrian Basin (Pannonian Basin System, Austria). *Tectonophysics*, 272(2), 175-196.
- Schmidt, G., Witt-Eickschen, G., Palme, H., Seck, H., Spettel, B., & Kratz, K. L. (2003). Highly siderophile elements (PGE, Re and Au) in mantle xenoliths from the West Eifel volcanic field (Germany). *Chemical Geology*, 196(1), 77-105.
- Szabó, C., & Bodnar, R. J. (1995). Chemistry and origin of mantle sulfides in spinel peridotite xenoliths from alkaline basaltic lavas, Nógrád-Gömör Volcanic Field, northern Hungary and southern Slovakia. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59(19), 3917-3927.
- Szabó, C., Falus, G., Zajacz, Z., Kovács, I., & Bali, E. (2004). Composition and evolution of lithosphere beneath the Carpathian–Pannonian Region: a review. *Tectonophysics*, 393(1), 119-137.
- Szabó, C., Vaselli, O., Vannucci, R., Bottazzi, P., Ottolini, L., Coradossi, N., & Kubovics, I. (1995). Ultramafic xenoliths from the Little Hungarian Plain (Western Hungary): a petrologic and geochemical study. *Acta Vulcanologica*, 7, 249-264.
- Torsvik, T.H., 2003, The Rodinia jigsaw puzzle: *Science*, v. 300, p. 1379–1381.
- Vaselli, O., Downes, H., Thirlwall, M., Dobosi, G., Coradossi, N., Seghedi, I. & 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(1), 23-53.
- Walker, R. J., Shirey, S. B., Hanson, G. N., Rajamani, V., & Horan, M. F. (1989). Re-Os, Rb-Sr, and O isotopic systematics of the Archean Kolar schist belt, Karnataka, India. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53(11), 3005-3013.
- Wittig, N., Pearson, D. G., Baker, J. A., Duggen, S., & Hoernle, K. (2010). A major element, PGE and Re–Os isotope study of Middle Atlas (Morocco) peridotite xenoliths: evidence for coupled introduction of metasomatic sulphides and clinopyroxene. *Lithos*, 115(1), 15-26
- Workman, Rhea K., and Stanley R. Hart. "Major and trace element composition of the depleted MORB mantle (DMM)." *Earth and Planetary Science Letters* 231.1 (2005): 53-72.

1. táblázat. A Kárpát-Pannon régió tanulmányozott felsőköpeny xenolitjainak szövete, modális összetétele, egyesületi hőmérséklete és oxigénfugacitása

Xenolit	Lelőhely	Szövet	Modális összetétel				Amfibol	Egyensúlyi hőmérséklet (°C)	Oxigénfugacitás 1,5 GPa-on ($\Delta \log fO_2$)
			olivin	ortopiroxén	klinopiroxén	spinell			
								két-piroxén (Brey-Köhler 1990) $\pm 16^\circ\text{C}$	Balhaus et al. (1991) ± 0.17 GPa
Stájer-medencei vulkáni terület (SMVT)									
KPFS0402	Kapfenstein, Ausztria	protogranuláris	44.5	37	18	0.5	x	1052	0.22
KPFS0404	Kapfenstein, Ausztria	protogranuláris	64	21	13	2		1027	-0.22
KPFS0420	Kapfenstein, Ausztria	protogranuláris	67	20	12	1	x	1053	-0.11
KPFS0421	Kapfenstein, Ausztria	protogranuláris	67	20	11	2		1046	-0.57
Bakony–balaton-felvidéki vulkáni (BBFVT)									
FT0103	Monostorapáti	ekvigranuláris	68.5	25	6	0.5	x	900	-0.02
FT07	Monostorapáti	átkristályosodott	66	25	7	2		917	0.42
FTP7	Monostorapáti	átkristályosodott	71	20	8	1		888	0.71
FT0505	Monostorapáti	átkristályosodott	68.5	26	5	0.5	x	938	0.66
Nógrád-gömör vulkáni terület (NGVT)									
NBN031	Bárna, Nagy-kő	átkristályosodott	74	12	13	1		912	0.29
NBN0322	Bárna, Nagy-kő	porfiroklasztos	75	15	9	1		966	-0.62
NFL0304	Fülek, Kercsiktető, Szlovákia	ekvigranuláris	78.5	16	5	0.5		971	-0.38
NMS0319	Maskófalva, Szlovákia	porfiroklasztos	78	12	8	2	x	946	-1.82
NMS0321	Maskófalva, Szlovákia	porfiroklasztos	76	16	7	1	x	927	1.24
NMS0322	Maskófalva, Szlovákia	porfiroklasztos	80	13	6	1		872	-0.77
Persány-hegységi vulkáni terület (PHVT)									
BCII1050	Berek-II, Románia	durvaszemcsés	83	6	10	1		1023	0.14
BCII1051	Berek-II, Románia	porfiroklasztos	70	17	12	1		974	0.15
BGT18	Berek, Románia	porfiroklasztos	60	26	13	1		1005	0.28
BGT1019	Berek, Románia	porfiroklasztos	76	19	4	1		1042	0.03
BGT1020	Berek, Románia	porfiroklasztos	68	16	15	1		1018	-0.10
RO05	Rákos-Olthévíz, Románia	porfiroklasztos	70	15	14	1	x	932	0.22

KPFS - Kapfenstein, BGT - Berek, BCII - Berek-II, RO - Alsórákos-Olthévíz, FT - Füzestő, NBN - Bárna-Nagykő, NFL - Fülek-Kercsiktető, NMS - Maskófalva

2. táblázat. A tanulmányozott felsőköpeny xenolitjainak fő-, mikro- (m/m %) és nyomelem (ppm) koncentrációja. A *-gal megjelölt minták esetében a főelem összetétel a modális összetételből és az egyes ásványok főelemgeokémiájából lett kiszámítva. Az egyes platinafém arányok CI kondritra lettek normálva (Grevesse és Sauval, 1998). n.d. - nem detektált elem; n.a. - nem analizált elem

XRF m/m %	KPFS0402	KPFS0404	KPFS0420	KPFS0421	FT0103*	FTP7*	FT07*	FT0505	NBN031	NBN0322	NFL0304*	NMS0319*	NMS0321*	NMS0322*	BCII1050	BCII1051	BGT18	BGT1019	BGT1020	RO05
SiO ₂	46.63	44.54	44.81	44.85	44.33	43.54	44.30	45.67	45.35	44.28	41.84	42.51	43.67	43.41	44.43	44.37	44.39	43.59	43.97	44.74
TiO ₂	0.159	0.128	0.140	0.114	0.03	0.028	0.011	0.166	0.088	0.076	0.030	0.108	0.073	0.042	0.080	0.126	0.083	0.076	0.115	0.098
Al ₂ O ₃	4.04	3.80	3.40	3.10	1.45	1.37	1.57	4.36	2.66	2.63	1.13	2.68	2.09	1.48	3.34	3.58	2.49	2.50	3.47	3.69
Fe ₂ O ₃ (T)	8.25	9.07	9.00	9.05	9.95	8.84	8.52	9.33	9.08	8.85	9.84	9.91	8.94	8.84	8.78	9.44	9.49	9.04	9.03	8.08
MnO	0.127	0.133	0.131	0.125	0.16	0.132	0.140	0.143	0.141	0.125	0.138	0.135	0.128	0.123	0.129	0.136	0.143	0.129	0.133	0.121
MgO	36.84	39.03	39.07	40.05	42.99	44.27	43.42	36.35	39.20	41.57	45.14	42.12	42.75	43.96	40.02	39.00	40.30	42.58	40.29	39.29
CaO	3.34	2.81	3.01	2.25	1.54	1.98	1.76	3.40	2.83	2.02	1.77	2.32	2.15	1.99	2.77	2.95	2.90	1.75	2.56	3.48
Na ₂ O	0.030	n.d.	n.d.	n.d.	0.05	0.031	0.039	n.d.	n.d.	n.d.	0.105	0.207	0.199	0.154	n.d.	n.d.	0.21	n.d.	n.d.	n.d.
K ₂ O	0.118	0.098	0.088	0.078	0.00	0.001	0.002	0.089	0.231	0.139	0.004	0.003	0.003	0.003	0.072	0.061	0.00	0.076	0.073	0.089
P ₂ O ₅	0.020	0.017	0.013	0.011	n.a.	n.a.	n.a.	0.025	0.016	0.025	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.007	0.012	n.a.	0.013	0.019	0.014
Sum*	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
XRF ppm																				
Zn	52	62	47	52	n.a.	n.a.	n.a.	54	78	90	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	54	65	n.a.	83	86	84
Co	84	99	104	102	n.a.	n.a.	n.a.	96	98	103	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	107	99	n.a.	104	103	96
Ni	1699	1782	1940	2001	2177	2574	2430	1607	1681	2064	2726	2408	2464	2560	1977	1886	2196	2190	2014	2003
Pb	9	n.d.	n.d.	n.d.	n.a.	n.a.	n.a.	n.d.	n.d.	20	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.d.	n.d.	n.a.	11	n.d.	13
Sr	19	11	11	13	n.a.	n.a.	n.a.	34	20	18	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.d.	15	n.a.	7	18	12
Th	7	n.d.	4	14	n.a.	n.a.	n.a.	15	n.d.	12	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	23	12	n.a.	7	n.d.	10
V	74	62	66	60	n.a.	n.a.	n.a.	78	59	43	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	70	59	n.a.	44	56	60
Zr	16	11	15	11	n.a.	n.a.	n.a.	17	10	13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	11	13	n.a.	10	14	11
Cr	2377	2634	2029	2646	1361	2469	5338	2559	2974	2327	2859	2299	1990	2524	3381	2535	2679	1878	2456	3117
ICP-OES ppm																				
Co	72	61	70	76	n.a.	n.a.	n.a.	65	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	71	70	n.a.	77	74	58
Cu	7	4	18	22	n.a.	n.a.	n.a.	30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	27	22	n.a.	4	5	3
S	17	6	13	13	n.a.	n.a.	n.a.	20	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	10	10	n.a.	9	34	9
ICP-MS ppb																				
Os	1.60	2.63	1.04	0.59	n.a.	n.a.	n.a.	4.24	2.68	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1.48	2.25	n.a.	1.24	2.39	1.29
Ir	2.03	2.67	1.59	1.51	n.a.	n.a.	n.a.	2.85	2.34	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1.76	2.15	n.a.	1.29	2.35	1.49
Ru	4.26	5.77	2.90	2.46	n.a.	n.a.	n.a.	4.99	3.69	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2.26	3.68	n.a.	2.15	4.76	3.28
Rh*	0.69	0.84	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.80	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.29	0.98	0.53
Pt	3.70	5.42	2.59	1.68	n.a.	n.a.	n.a.	4.05	6.25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3.25	3.99	n.a.	1.38	4.40	4.10
Pd	2.32	3.22	1.34	1.10	n.a.	n.a.	n.a.	0.73	2.09	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1.14	1.69	n.a.	0.66	3.91	2.73
Total IPGE	7.89	11.07	5.53	4.55				12.08	8.71						5.50	8.07		4.68	9.50	6.07
Total PPGE*	6.71	9.48	3.93	2.78				4.78	9.14						4.39	5.68		2.33	9.29	7.35
Total PGE*	14.60	20.55	9.46	7.33				16.86	17.85						9.90	13.75		7.01	18.79	13.42
(Ru/Ir)N	1.42	1.46	1.23	1.10				1.18	1.06						0.87	1.16		1.12	1.37	1.48
(Pd/Ir)N	0.99	1.04	0.73	0.63				0.22	0.77						0.56	0.68		0.44	1.44	1.58
(Os/Ir)N	0.75	0.94	0.62	0.37				1.41	1.08						0.80	0.99		0.91	0.96	0.82
(Pt/Pd)N	0.90	0.95	1.08	0.86				3.11	1.68						1.60	1.33		1.17	0.63	0.84

3. ábra A tanulmányozott xenitok olivinjeinek tömegszázalékos főelemösszetétele, kation- és magnéziumszáma. Stdev - az elemzések szórása

xenolit	KPF0402		KPF0404		KPF0420		KPF0421		FT0103		FTP7		FT07		FT0505		NBN031		NBN0322	
szövet	proto		proto		proto		proto		mozaik ekvi		átkr		átkr		átkr		átkr		porfi	
elemzések száma	6	stdev	6	stdev	4	stdev	4	stdev	5	stdev	6	stdev	7	stdev	9	stdev	4	stdev	3	stdev
SiO2	40.1	0.1	40.2	0.1	40.4	0.4	40.4	0.2	40.5	0.1	40.3	0.5	40.8	0.1	40.2	0.3	40.4	0.5	40.6	0.6
Al2O3	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.02
FeO	9.91	0.12	10.07	0.14	9.97	0.05	9.92	0.11	10.40	0.14	9.10	0.16	8.81	0.09	10.83	0.14	9.90	0.09	9.33	0.15
MnO	0.14	0.02	0.14	0.02	0.36	0.02	0.36	0.02	0.16	0.01	0.14	0.02	0.15	0.01	0.15	0.01	0.15	0.04	0.12	0.02
NiO	0.40	0.14	0.39	0.47	0.15	0.22	0.13	0.24	0.36	0.24	0.42	0.23	0.42	0.19	0.38	0.31	0.38	0.10	0.39	0.79
MgO	50.4	0.0	50.1	0.0	49.3	0.0	49.7	0.0	49.4	0.0	50.8	0.0	50.6	0.0	49.3	0.0	49.9	0.0	49.8	0.0
CaO	0.07	0.03	0.07	0.03	0.07	0.02	0.07	0.02	0.06	0.02	0.04	0.02	0.05	0.03	0.06	0.02	0.08	0.02	0.07	0.05
Total	100.66		100.54		100.29		100.57		100.89		100.87		100.92		100.99		100.78		100.38	
Formula / 4O																				
Si	0.980		0.982		0.992		0.987		0.991		0.981		0.991		0.985		0.988		0.993	
Al	0.001		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.001	
Fe++	0.202		0.206		0.204		0.203		0.213		0.185		0.179		0.222		0.202		0.191	
Mn	0.003		0.003		0.008		0.007		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003	
Mg	1.833		1.824		1.802		1.812		1.799		1.847		1.833		1.802		1.817		1.817	
Ca	0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.001		0.001		0.002		0.002		0.002	
Ni	0.008		0.008		0.003		0.003		0.007		0.008		0.008		0.007		0.007		0.008	
Total	3.020		3.017		3.008		3.012		3.008		3.018		3.008		3.015		3.012		3.006	
mg# (Mg/Mg+Fe _{total})	0.90		0.90		0.90		0.90		0.89		0.91		0.91		0.89		0.90		0.90	

xenolit	NFL0304		NMS0319		NMS0321		NMS0322		BCII1050		BCII1051		BGT18		BGT1019		BGT1020		RO05	
szövet	ekvi		porfi		porfi		porfi		durva		porfi		porfi		porfi		porfi		porfi	
elemzések száma	5	stdev	14	stdev	8	stdev	8	stdev	4	stdev	5	stdev	4	stdev	4	stdev	4	stdev	4	stdev
SiO2	40.5	0.8	40.2	0.4	40.5	0.4	40.2	0.3	40.2	0.2	40.5	0.2	40.2	0.3	41.0	0.2	40.6	0.2	40.4	0.3
Al2O3	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
FeO	9.67	3.60	10.30	0.09	9.40	0.08	9.01	0.06	12.43	0.30	9.52	0.12	10.42	0.18	9.58	0.16	9.92	0.12	9.23	0.11
MnO	0.14	0.09	0.15	0.02	0.14	0.02	0.14	0.02	0.16	0.01	0.14	0.02	0.16	0.04	0.15	0.01	0.16	0.03	0.14	0.03
NiO	0.40	3.15	0.39	0.03	0.41	0.02	0.41	0.02	0.32	0.29	0.38	0.24	0.40	0.24	0.37	0.17	0.37	0.25	0.42	0.25
MgO	49.8	0.1	48.9	0.2	49.7	0.2	49.6	0.3	47.6	0.0	50.0	0.0	49.6	0.0	50.2	0.0	49.8	0.0	50.6	0.0
CaO	0.07	0.09	0.07	0.02	0.07	0.03	0.07	0.02	0.11	0.02	0.05	0.01	0.07	0.03	0.07	0.06	0.07	0.03	0.05	0.04
Total	100.58		100.00		100.24		99.50		100.83		100.62		100.86		101.43		100.94		100.89	
Formula / 4O																				
Si	0.990		0.991		0.993		0.992		0.992		0.989		0.984		0.993		0.990		0.984	
Al	0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000	
Fe++	0.198		0.213		0.193		0.186		0.257		0.195		0.213		0.194		0.202		0.188	
Mn	0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003	
Mg	1.817		1.799		1.816		1.825		1.752		1.823		1.811		1.813		1.811		1.838	
Ca	0.002		0.002		0.002		0.002		0.003		0.001		0.002		0.002		0.002		0.001	
Ni	0.008		0.008		0.008		0.008		0.006		0.008		0.008		0.007		0.007		0.008	
Total	3.010		3.009		3.007		3.008		3.007		3.011		3.015		3.006		3.010		3.015	
mg# (Mg/Mg+Fe _{total})	0.90		0.89		0.90		0.91		0.87		0.90		0.89		0.90		0.90		0.91	

4. táblázat A tanulmányozott xenilitok ortopiroxénjeinek tömegszázalékos főelemösszetétele, kation- és magnéziumszáma. Stdev - szórás

xenilit szövet	KPF50402		KPF50404		KPF50420		KPF50421		FT0103		FTP7		FT07		FT0505		NBN031		NBN0322	
	proto		proto		proto		proto		mozaik ekvi		átkr		átkr		átkr		átkr		porfi	
elemzések száma	6	stdev	6	stdev	4	stdev	4	stdev	6	stdev	10	stdev	16	stdev	13	stdev	3	stdev	4	stdev
SiO2	53.8	0.2	54.4	0.4	54.5	0.4	54.6	0.3	55.1	0.2	55.3	0.7	55.9	0.4	54.5	0.2	55.9	0.3	55.0	0.6
TiO2	0.15	0.01	0.13	0.03	0.14	0.01	0.15	0.02	0.06	0.01	0.06	0.02	0.01	0.01	0.09	0.02	0.05	0.02	0.08	0.01
Al2O3	5.06	0.20	4.70	0.29	5.14	0.15	4.62	0.09	3.73	0.08	3.29	0.04	2.61	0.05	4.24	0.04	2.99	0.05	3.87	0.36
Cr2O3	0.45	0.05	0.41	0.04	0.44	0.04	0.46	0.04	0.33	0.02	0.41	0.03	0.45	0.04	0.33	0.03	0.37	0.05	0.50	0.11
FeO	6.43	0.08	6.52	0.14	6.43	0.04	6.26	0.07	6.68	0.11	5.99	0.12	5.77	0.11	7.03	0.12	6.51	0.04	5.89	0.08
MnO	0.17	0.03	0.16	0.02	0.12	0.01	0.11	0.03	0.16	0.03	0.14	0.02	0.15	0.02	0.18	0.02	0.16	0.03	0.14	0.02
NiO	0.09	0.19	0.09	0.19	0.15	0.13	0.13	0.05	0.09	0.10	0.10	0.24	0.09	0.20	0.10	0.17	0.11	0.11	0.09	0.36
MgO	33.3	0.0	33.4	0.1	32.7	0.0	32.9	0.0	33.5	0.0	34.4	0.0	34.9	0.0	33.2	0.0	34.0	0.0	33.9	0.2
CaO	0.86	0.03	0.77	0.03	0.80	0.02	0.79	0.02	0.68	0.02	0.63	0.01	0.62	0.02	0.73	0.04	0.67	0.01	0.79	0.02
Na2O	0.12	0.01	0.11	0.01	0.11	0.01	0.14	0.01	0.03	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.03	0.01	0.00	0.01	0.06	0.00
Total	100.37		100.59		100.49		100.19		100.39		100.39		100.54		100.46		100.75		100.22	
Formula / 6 O																				
Si	1.859		1.874		1.879		1.887		1.901		1.904		1.920		1.886		1.920		1.896	
Al (iv)	0.141		0.126		0.121		0.113		0.099		0.096		0.080		0.114		0.080		0.104	
Al (vi)	0.065		0.065		0.088		0.075		0.053		0.038		0.026		0.059		0.042		0.053	
Fe total	0.186		0.188		0.185		0.181		0.193		0.173		0.166		0.203		0.187		0.170	
Cr	0.012		0.011		0.012		0.013		0.009		0.011		0.012		0.009		0.010		0.014	
Ti	0.004		0.003		0.004		0.004		0.002		0.002		0.000		0.002		0.001		0.002	
Mn	0.005		0.005		0.003		0.003		0.005		0.004		0.004		0.005		0.005		0.004	
Mg	1.717		1.715		1.678		1.695		1.726		1.768		1.786		1.711		1.740		1.741	
Ca	0.032		0.029		0.030		0.029		0.025		0.023		0.023		0.027		0.025		0.029	
Na	0.008		0.007		0.007		0.009		0.002		0.001		0.002		0.002		0.000		0.004	
Ni	0.003		0.003		0.004		0.004		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.002	
Total	4.030		4.024		4.011		4.013		4.017		4.021		4.021		4.021		4.012		4.018	
Mg/(Mg+Fe _{total})	0.90		0.90		0.90		0.90		0.90		0.91		0.91		0.89		0.90		0.91	

xenilit szövet	NFL0304		NMS0319		NMS0321		NMS0322		BCI1050		BCI1051		BGT18		BGT1019		BGT1020		RO05	
	ekvi		porfi		porfi		porfi		durva		porfi		porfi		porfi		porfi		porfi	
elemzések száma	16	stdev	9	stdev	7	stdev	8	stdev	4	stdev	4	stdev	4	stdev	4	stdev	4	stdev	4	stdev
SiO2	55.5	0.4	54.6	0.6	55.0	0.4	55.6	0.2	54.5	0.5	54.5	0.3	53.9	0.3	55.4	0.2	54.8	0.1	54.5	0.2
TiO2	0.05	0.02	0.14	0.04	0.09	0.02	0.04	0.01	0.13	0.10	0.07	0.01	0.10	0.01	0.09	0.01	0.10	0.02	0.08	0.02
Al2O3	3.20	0.09	4.58	0.51	4.28	0.46	3.11	0.19	4.29	0.28	4.55	0.31	4.62	0.10	4.60	0.08	4.46	0.08	4.38	0.38
Cr2O3	0.55	0.05	0.33	0.06	0.39	0.08	0.41	0.03	0.36	0.02	0.50	0.04	0.46	0.01	0.46	0.04	0.36	0.03	0.43	0.07
FeO	6.28	0.12	6.64	0.08	5.97	0.06	5.78	0.09	7.85	0.62	6.31	0.08	6.84	0.12	6.23	0.17	6.49	0.10	6.06	0.05
MnO	0.15	0.02	0.14	0.02	0.13	0.01	0.12	0.02	0.18	0.01	0.13	0.04	0.14	0.02	0.12	0.01	0.15	0.03	0.14	0.03
NiO	0.11	0.11	0.10	0.01	0.10	0.02	0.10	0.02	0.11	0.74	0.09	0.21	0.10	0.09	0.11	0.06	0.12	0.20	0.11	0.21
MgO	34.0	0.0	32.8	0.3	33.4	0.6	33.8	0.2	32.1	0.3	33.3	0.0	33.0	0.0	33.4	0.0	33.4	0.0	33.9	0.0
CaO	0.80	0.02	0.69	0.04	0.74	0.13	0.63	0.02	1.03	0.04	0.78	0.01	0.86	0.13	0.84	0.02	0.84	0.02	0.71	0.01
Na2O	0.07	0.01	0.08	0.01	0.08	0.03	0.07	0.02	0.07	0.01	0.05	0.01	0.16	0.01	0.09	0.01	0.07	0.00	0.04	0.01
Total	100.67		100.11		100.15		99.71		100.64		100.29		100.20		101.27		100.78		100.41	
Formula / 6 O																				
Si	1.909		1.889		1.896		1.923		1.890		1.883		1.870		1.891		1.885		1.880	
Al (iv)	0.091		0.111		0.104		0.077		0.110		0.117		0.130		0.109		0.115		0.120	
Al (vi)	0.039		0.076		0.070		0.050		0.065		0.068		0.060		0.076		0.066		0.058	
Fe total	0.181		0.192		0.172		0.167		0.228		0.182		0.199		0.178		0.187		0.175	
Cr	0.015		0.009		0.011		0.011		0.010		0.014		0.013		0.012		0.010		0.012	
Ti	0.001		0.004		0.002		0.001		0.003		0.002		0.003		0.002		0.002		0.002	
Mn	0.004		0.004		0.004		0.003		0.005		0.004		0.004		0.003		0.004		0.004	
Mg	1.742		1.693		1.718		1.745		1.659		1.712		1.708		1.699		1.711		1.742	
Ca	0.029		0.026		0.027		0.023		0.038		0.029		0.032		0.031		0.031		0.026	
Na	0.004		0.006		0.005		0.005		0.005		0.004		0.011		0.006		0.005		0.003	
Ni	0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003	
Total	4.019		4.012		4.012		4.009		4.016		4.017		4.030		4.010		4.019		4.024	
Mg/(Mg+Fe _{total})	0.91		0.90		0.91		0.91		0.88		0.90		0.90		0.91		0.90		0.91	

5. táblázat A tanulmányozott xenolitikok klinopiroxénjeinek tömegszázalékos főelemösszetétele, kation- és magnéziumszáma. Stdev - a mérések szórása

xenolit szövet	KPF0402		KPF0404		KPF0420		KPF0421		FT0103		FTP7		FT07		FT0505		NBN031		NBN0322	
	proto		proto		proto		proto		ekvi		átkr		átkr		átkr		átkr		porfi	
elemzések száma	5	stdev	6	stdev	4	stdev	4	stdev	4	stdev	8	stdev	2	stdev	9	stdev	4	stdev	4	stdev
SiO2	50.6	0.3	50.6	0.3	51.3	0.1	51.6	0.1	51.9	0.2	52.2	0.3	52.9	0.1	51.5	0.2	52.5	0.1	52.3	0.1
TiO2	0.51	0.05	0.55	0.02	0.59	0.05	0.56	0.02	0.23	0.02	0.14	0.01	0.04	0.00	0.26	0.03	0.15	0.01	0.29	0.01
Al2O3	6.85	0.17	7.12	0.15	7.06	0.20	6.87	0.18	4.34	0.12	3.36	0.06	2.75	0.04	4.56	0.07	3.15	0.04	5.13	0.15
Cr2O3	0.90	0.06	0.93	0.07	0.84	0.09	1.09	0.05	0.55	0.04	0.60	0.03	0.72	0.07	0.51	0.05	0.64	0.06	0.96	0.02
FeO	3.36	0.08	3.16	0.30	3.20	0.04	2.89	0.07	2.92	0.04	2.65	0.08	2.42	0.08	3.26	0.07	2.73	0.09	2.59	0.08
MnO	0.08	0.02	0.14	0.02	0.03	0.03	0.06	0.03	0.09	0.01	0.07	0.03	0.05	0.01	0.09	0.03	0.09	0.02	0.07	0.03
NiO	0.05	0.16	0.04	0.26	0.10	0.15	0.10	0.07	0.06	0.15	0.05	0.10	0.05	0.02	0.04	0.12	0.04	0.06	0.06	0.13
MgO	15.8	0.1	15.5	0.4	15.3	0.2	15.3	0.1	16.7	0.1	17.3	0.2	17.5	0.2	16.8	0.1	17.2	0.1	16.2	0.1
CaO	19.5	0.0	19.9	0.1	19.5	0.1	19.4	0.0	22.4	0.0	23.0	0.0	22.6	0.0	22.4	0.0	22.9	0.1	21.2	0.0
Na2O	1.58	0.00	1.54	0.00	1.62	0.01	1.82	0.00	0.65	0.00	0.36	0.01	0.48	0.01	0.45	0.00	0.26	0.00	1.16	0.00
Total	99.19		99.45		99.59		99.64		99.80		99.71		99.46		99.85		99.69		99.90	
Formula / 6 O																				
Si	1.851		1.847		1.863		1.872		1.892		1.905		1.930		1.880		1.915		1.895	
Al (iv)	0.149		0.153		0.137		0.128		0.108		0.095		0.070		0.120		0.085		0.105	
Al (vi)	0.146		0.154		0.166		0.166		0.078		0.050		0.048		0.076		0.050		0.114	
Fe total	0.103		0.096		0.097		0.088		0.089		0.081		0.074		0.099		0.083		0.079	
Cr	0.026		0.027		0.024		0.031		0.016		0.017		0.021		0.015		0.018		0.027	
Ti	0.014		0.015		0.016		0.015		0.006		0.004		0.001		0.007		0.004		0.008	
Mn	0.003		0.004		0.001		0.002		0.003		0.002		0.002		0.003		0.003		0.002	
Mg	0.861		0.842		0.831		0.828		0.909		0.942		0.952		0.914		0.938		0.876	
Ca	0.764		0.777		0.761		0.753		0.875		0.899		0.883		0.876		0.897		0.825	
Na	0.112		0.109		0.114		0.128		0.046		0.026		0.034		0.032		0.019		0.082	
Ni	0.001		0.001		0.003		0.003		0.002		0.002		0.001		0.001		0.001		0.002	
Total	4.030		4.025		4.014		4.014		4.023		4.022		4.016		4.023		4.013		4.014	
mg# (Mg/Mg+Fe _{total})	0.89		0.90		0.90		0.90		0.91		0.92		0.93		0.90		0.92		0.92	

5. táblázat folytatása

xenolit szövet	NFL0304		NMS0319		NMS0321		NMS0322		BCH1050		BCH1051		BGT18		BGT1019		BGT1020		RO05	
	ekvi		porfi		porfi		porfi		durva		porfi		porfi		porfi		porfi		porfi	
elemzések száma	6	stdev	17	stdev	7	stdev	10	stdev	4	stdev	3	stdev	6	stdev	3	stdev	5	stdev	4	stdev
SiO ₂	52.1	0.1	51.0	0.3	51.4	0.3	52.2	0.3	50.9	0.3	51.2	0.2	50.9	0.2	51.8	0.3	51.4	0.3	51.1	0.4
TiO ₂	0.17	0.03	0.66	0.06	0.43	0.06	0.18	0.01	0.52	0.16	0.28	0.15	0.39	0.02	0.38	0.03	0.37	0.07	0.31	0.06
Al ₂ O ₃	4.59	0.13	6.89	0.29	6.33	0.32	4.43	0.18	6.09	0.40	5.56	1.12	6.03	0.10	6.37	0.12	6.19	0.30	5.41	0.47
Cr ₂ O ₃	1.31	0.12	0.73	0.06	0.84	0.05	1.00	0.08	0.83	0.07	1.00	0.14	0.90	0.08	0.90	0.00	0.76	0.10	0.74	0.15
FeO	2.84	0.05	2.87	0.09	2.58	0.04	2.42	0.09	4.52	0.62	2.97	0.06	3.46	0.08	3.14	0.09	3.21	0.06	2.75	0.04
MnO	0.08	0.03	0.06	0.02	0.05	0.01	0.04	0.01	0.08	0.04	0.08	0.03	0.10	0.01	0.10	0.03	0.09	0.03	0.08	0.02
NiO	0.04	0.02	0.05	0.02	0.06	0.02	0.05	0.02	0.03	0.40	0.06	1.15	0.06	0.17	0.06	0.17	0.03	0.18	0.06	0.27
MgO	16.2	0.1	15.1	0.2	15.4	0.2	16.1	0.3	17.0	0.7	16.0	0.2	15.9	0.2	15.9	0.1	16.0	0.3	16.3	0.1
CaO	20.9	0.1	20.7	0.3	20.7	0.2	21.5	0.1	18.8	0.1	21.1	0.4	20.4	0.1	20.2	0.1	20.6	0.1	21.8	0.0
Na ₂ O	1.23	0.05	1.55	0.09	1.60	0.06	1.27	0.05	0.92	0.00	1.08	0.01	1.27	0.00	1.39	0.01	1.22	0.00	0.86	0.00
Total	98.81		99.5		99.33		99.09		99.70		99.27		99.41		100.24		99.86		99.38	
Formula / 6 O																				
Si	1.902		1.858		1.875		1.910		1.856		1.873		1.862		1.873		1.868		1.870	
Al (iv)	0.098		0.142		0.125		0.090		0.144		0.127		0.138		0.127		0.132		0.130	
Al (vi)	0.099		0.154		0.147		0.101		0.117		0.113		0.122		0.145		0.134		0.103	
Fe total	0.087		0.087		0.079		0.074		0.138		0.091		0.106		0.095		0.098		0.084	
Cr	0.038		0.021		0.024		0.029		0.024		0.029		0.026		0.026		0.022		0.021	
Ti	0.005		0.018		0.012		0.005		0.014		0.008		0.011		0.010		0.010		0.008	
Mn	0.002		0.002		0.001		0.001		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.002	
Mg	0.882		0.821		0.836		0.876		0.923		0.875		0.869		0.856		0.867		0.889	
Ca	0.817		0.807		0.808		0.844		0.735		0.826		0.801		0.783		0.802		0.854	
Na	0.087		0.109		0.113		0.090		0.065		0.076		0.090		0.097		0.086		0.061	
Ni	0.001		0.001		0.002		0.001		0.001		0.002		0.002		0.002		0.001		0.002	
Total	4.020		4.020		4.022		4.020		4.019		4.022		4.029		4.016		4.020		4.024	
mg# (Mg/Mg+Fe _{total})	0.91		0.90		0.91		0.92		0.87		0.91		0.89		0.90		0.90		0.91	

6. ábra A tanulmányozott xenitok spinelljeinek tömegszázalékos főelemösszetétele, kation-, króm és magnéziumszáma. Stdev - az elemzések szórása

xenit szövet	KPF50402		KPF50404		KPF50420		KPF50421		FT0103		FTP7		FT07		FT0505		NBN031		NBN0322	
	proto		proto		proto		proto		ekvi		átkr		átkr		átkr		átkr		porfi	
elemzések száma	6	stdev	8	stdev	4	stdev	4	stdev	3	stdev	5	stdev	7	stdev	5	stdev	3	stdev	4	stdev
TiO2	0.17	0.02	0.14	0.02	0.14	0.03	0.18	0.01	0.10	0.01	0.11	0.02	0.03	0.02	0.12	0.02	0.17	0.03	0.09	0.01
Al2O3	55.1	0.1	55.9	0.2	56.8	0.2	53.6	0.1	52.2	1.2	44.5	0.2	36.7	0.1	53.8	0.2	41.4	0.4	50.4	0.8
Cr2O3	11.0	0.2	10.9	0.3	9.6	0.2	13.9	0.2	14.3	1.2	21.3	0.2	30.3	0.4	11.9	0.1	24.7	0.3	17.7	0.6
FeO	12.1	0.1	11.7	0.2	11.4	0.1	11.0	0.1	12.9	0.3	14.8	0.3	15.1	0.2	13.9	0.1	14.4	0.5	10.7	0.4
MnO	0.12	0.01	0.11	0.02	0.37	0.02	0.38	0.02	0.13	0.01	0.15	0.03	0.15	0.03	0.16	0.02	0.16	0.02	0.11	0.02
NiO	0.38	0.03	0.39	0.03	0.12	0.00	0.13	0.03	0.34	0.01	0.32	0.04	0.25	0.04	0.43	0.04	0.27	0.02	0.31	0.04
MgO	21.2	0.1	20.9	0.2	21.2	0.1	20.8	0.1	19.9	0.5	19.0	0.2	17.6	0.2	19.9	0.1	18.7	0.3	20.5	0.1
Total	100.19		100.02		99.66		99.91		99.92		100.16		100.24		100.23		99.86		99.95	
Recalc Fe																				
Fe2O3	4.5		3.3		3.7		2.9		3.8		5.5		4.9		4.6		5.1		2.7	
FeO	8.1		8.7		8.1		8.4		9.5		9.9		10.7		9.7		9.8		8.3	
ReTotal	100.65		100.35		100.03		100.20		100.30		100.71		100.74		100.69		100.37		100.22	
Formula / 4 O																				
Ti	0.003		0.003		0.003		0.004		0.002		0.002		0.001		0.002		0.004		0.002	
Al	1.679		1.706		1.727		1.650		1.623		1.426		1.219		1.658		1.347		1.572	
Cr	0.226		0.223		0.196		0.286		0.298		0.457		0.675		0.247		0.540		0.371	
Fe ³⁺	0.088		0.065		0.071		0.057		0.075		0.113		0.104		0.091		0.106		0.054	
Fe ²⁺	0.174		0.187		0.175		0.184		0.209		0.224		0.252		0.213		0.226		0.184	
Mn	0.003		0.002		0.008		0.008		0.003		0.003		0.004		0.004		0.004		0.002	
Ni	0.008		0.008		0.002		0.003		0.007		0.007		0.006		0.009		0.006		0.007	
Mg	0.818		0.805		0.817		0.809		0.783		0.768		0.740		0.777		0.768		0.809	
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	0.82		0.81		0.82		0.81		0.79		0.77		0.75		0.79		0.77		0.81	
Cr/(Cr+Al)	0.12		0.12		0.10		0.15		0.16		0.24		0.36		0.13		0.29		0.19	
xenit szövet	NFL0304		NMS0319		NMS0321		NMS0322		BCII1050		BCII1051		BGT18		BGT1019		BGT1020		RO05	
elemzések száma	ekvi		porfi		porfi		porfi		durva		porfi		porfi		porfi		porfi		porfi	
	8	stdev	10	stdev	6	stdev	4	stdev	2	stdev	2	stdev	4	stdev	4	stdev	4	stdev	4	stdev
TiO2	0.13	0.01	0.10	0.04	0.08	0.02	0.06	0.00	0.59	0.00	0.11	0.01	0.13	0.02	0.11	0.02	0.10	0.02	0.08	0.01
Al2O3	40.45	0.41	57.7	0.6	55.3	0.7	46.1	0.5	50.5	0.5	50.7	0.3	52.1	0.3	53.8	0.1	55.3	0.1	54.02	0.26
Cr2O3	27.06	0.42	9.8	0.1	12.0	0.3	20.4	0.4	14.0	0.7	15.9	0.3	13.7	0.3	13.0	0.2	11.8	0.1	12.67	0.10
FeO	13.84	0.20	10.7	0.4	10.2	0.1	11.6	0.2	15.6	0.2	12.9	0.3	13.4	0.1	11.8	0.1	11.9	0.2	11.75	0.11
MnO	0.14	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.01	0.11	0.00	0.13	0.01	0.10	0.02	0.11	0.01	0.09	0.00
NiO	0.26	0.02	0.37	0.05	0.38	0.02	0.30	0.01	0.34	0.04	0.35	0.01	0.41	0.03	0.36	0.03	0.38	0.05	0.39	0.04
MgO	17.96	0.14	20.2	0.2	20.4	0.2	18.6	0.2	19.3	0.1	19.9	0.2	20.3	0.1	21.0	0.0	20.9	0.2	20.95	0.05
Total	99.19		98.84		98.39		97.09		100.41		100.09		100.22		100.07		100.46		99.96	
Recalc Fe																				
Fe2O3	3.49		1.2		1.6		2.1		5.2		4.0		4.942194801		4.0		3.6		3.98	
FeO	10.70		9.6		8.8		9.7		10.8		9.3		8.9		8.2		8.6		8.17	
ReTotal	100.19		98.96		98.55		97.31		100.93		100.42		100.72		100.47		100.83		100.36	
Formula / 4 O																				
Ti	0.00		0.002		0.002		0.001		0.012		0.002		0.002		0.002		0.002		0.00	
Al	1.33		1.771		1.716		1.506		1.578		1.581		1.613		1.650		1.683		1.66	
Cr	0.60		0.202		0.249		0.447		0.294		0.333		0.285		0.268		0.242		0.26	
Fe ³⁺	0.07		0.023		0.032		0.045		0.105		0.081		0.098		0.077		0.071		0.08	
Fe ²⁺	0.25		0.209		0.194		0.225		0.240		0.206		0.196		0.179		0.186		0.18	
Mn	0.00		0.000		0.000		0.000		0.003		0.002		0.003		0.002		0.002		0.00	
Ni	0.01		0.008		0.008		0.007		0.007		0.007		0.009		0.007		0.008		0.01	
Mg	0.74		0.785		0.799		0.769		0.761		0.786		0.795		0.814		0.806		0.81	
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	0.75		0.79		0.80		0.77		0.76		0.79		0.80		0.82		0.81		0.82	
Cr/(Cr+Al)	0.31		0.10		0.13		0.23		0.16		0.17		0.15		0.14		0.13		0.14	

7. táblázat A tanulmányozott xenolitok amfiboljainak tömegszázalékos főelemösszetétele és kationszámjai.
Stdev - mérések szórása

xenolit	KPF50402		FT0103		FT0505		NMS0321	
szövet	proto		ekvi		átkr		porfi	
elemzések száma	2	stdev	5	stdev	8	stdev	2	stdev
SiO ₂	42.33	0.1	42.79	0.1	42.76	0.2	42.22	0.1
TiO ₂	1.93	0.04	1.06	0.06	0.87	0.04	1.63	0.03
Al ₂ O ₃	15.08	0.1	14.80	0.1	14.86	0.1	14.92	0.1
Cr ₂ O ₃	1.09	0.06	1.14	0.08	1.05	0.05	1.23	0.00
MnO	0.07	0.00	0.05	0.01	0.08	0.03	0.01	0.00
FeO	4.54	0.11	4.18	0.06	4.63	0.08	3.60	0.03
NiO	0.08	0.01	0.11	0.03	0.12	0.03	0.12	0.01
MgO	18.04	0.1	18.10	0.1	18.24	0.1	17.70	0.0
CaO	9.97	0.1	11.46	0.0	11.54	0.1	10.88	0.0
Na ₂ O	3.81	0.02	3.10	0.04	2.83	0.06	4.10	0.13
K ₂ O	0.03	0.01	0.32	0.04	0.17	0.03	0.12	0.00
Total	95.80		95.87		95.99		95.15	
Fe ³⁺ /ΣFe	0.824		0.804		0.910		0.951	
Formula:								
T								
Si	6.105		6.152		6.125		6.124	
Al	1.895		1.848		1.875		1.876	
T subtotal	8.000		8.000		8.000		8.000	
C								
Ti	0.210		0.115		0.094		0.177	
Al	0.668		0.660		0.634		0.675	
Fe ³⁺	0.452		0.405		0.505		0.415	
Mg	3.671		3.821		3.767		3.733	
C subtotal	5.001		5.001		5.000		5.000	
B								
Mn ²⁺	0.009		0.006		0.009		0.001	
Fe ²⁺	0.096		0.099		0.050		0.021	
Mg	0.207		0.060		0.129		0.094	
Ca	1.541		1.766		1.771		1.690	
Na	0.147		0.070		0.041		0.194	
B subtotal	2.000		2.001		2.000		2.000	
A								
Na	0.918		0.794		0.745		0.959	
K	0.005		0.059		0.031		0.022	
A subtotal	0.923		0.853		0.776		0.981	
O	22.000		22.000		22.000		22.000	
W								
OH	1.580		1.771		1.811		1.645	
O	0.420		0.229		0.189		0.355	
W subtotal	2.000		2.000		2.000		2.000	
Sum T,C,B,A	15.924		15.855		15.776		15.981	
ásványfaj	pargazit		pargazit		pargazit		pargazit	

9. táblázat A tanulmányozott xenolitok klinopiroxéneinek nyomelemtartalma ppm-ben. n.d. - nem detektált elem

xenolit	KPFS0402	KPFS0404	KPFS0420	KPFS0421	FTP7	FT07	FT0505	NBN031	NBN0322	NFL0304	NMS0319	NMS0321	BCII1050	BCII1051	BGT1019	BGT1020	RO05
elemzések száma	6	4	8	6	2	4	4	5	5	5	4	5	4	4	6	6	4
Th	0.15	0.02	0.01	0.01	2.44	1.19	0.63	0.13	0.01	0.06	0.01	0.03	0.15	0.43	0.14	1.18	0.04
U	0.06	0.01	0.00	0.00	0.51	0.32	0.17	0.12	0.00	0.02	0.00	0.01	0.03	0.11	0.04	0.34	0.02
Ba	0.04	0.11	0.02	0.03	0.23	0.44	0.05	0.97	0.17	0.20	0.02	0.03	0.05	0.12	0.05	0.28	0.01
Nb	0.05	0.08	0.06	0.11	0.11	0.12	0.18	n.d.	0.05	0.23	0.03	0.13	0.11	0.25	0.05	0.05	0.04
Ta	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.01	0.03	0.00	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01
La	1.35	0.70	0.53	0.56	12.95	12.45	3.50	1.00	0.60	5.19	0.64	0.40	2.20	3.35	1.09	4.64	0.54
Ce	4.29	2.75	2.67	2.47	25.59	63.00	10.19	1.66	2.00	19.69	2.86	0.96	5.44	7.49	3.50	9.09	2.07
Pb	0.12	0.06	0.02	0.03	1.76	5.01	0.47	0.37	0.03	0.13	0.03	0.02	0.07	0.28	0.07	0.85	0.03
Sr	70.6	47.2	54.9	78.6	87.5	292.7	52.6	43.8	49.9	108.2	88.9	27.4	77.3	37.1	60.3	89.8	23.6
Pr	0.74	0.54	0.54	0.56	2.42	7.93	1.47	0.17	0.36	2.79	0.58	0.17	0.76	0.90	0.62	1.06	0.38
Nd	4.56	3.52	3.43	3.95	8.25	25.41	7.04	0.97	2.32	11.70	3.84	1.04	4.06	4.56	3.85	4.98	2.31
Hf	0.91	0.77	0.77	0.80	0.32	0.09	0.64	0.17	0.45	0.27	0.72	0.28	0.71	0.74	0.88	0.93	0.59
Zr	29.44	20.52	26.66	23.70	9.85	7.70	25.46	2.78	11.09	17.33	22.13	7.83	20.74	17.35	27.14	30.82	17.77
Sm	1.76	1.48	1.46	1.64	1.37	3.21	1.85	0.44	1.13	2.26	1.75	0.55	1.56	1.93	1.55	1.62	1.04
Eu	0.71	0.57	0.63	0.67	0.42	0.79	0.60	0.17	0.46	0.79	0.82	0.26	0.65	0.85	0.64	0.68	0.46
Gd	2.44	2.19	2.03	2.18	1.26	2.16	1.85	0.74	1.87	1.70	2.63	1.02	2.19	2.98	2.29	2.12	1.82
Tb	0.45	0.38	0.37	0.39	0.18	0.22	0.29	0.15	0.35	0.25	0.50	0.21	0.39	0.57	0.41	0.40	0.34
Ti	2945	3116	3068	3013	747	174	1253	729	1666	845	3265	952	2548	1526	2335	1989	1599
Dy	2.98	2.74	2.55	2.69	1.31	1.06	1.88	1.11	2.55	1.58	3.45	1.59	2.92	4.08	2.87	2.72	2.49
Ho	0.63	0.58	0.54	0.56	0.26	0.17	0.37	0.24	0.55	0.32	0.71	0.37	0.60	0.88	0.61	0.55	0.53
Y	16.38	14.90	13.77	14.65	6.59	4.63	9.53	6.11	14.34	8.25	18.72	9.54	15.27	22.57	15.99	14.15	13.70
Er	1.92	1.75	1.61	1.77	0.74	0.47	1.09	0.79	1.72	0.92	2.19	1.14	1.77	2.69	1.90	1.65	1.66
Tm	0.25	0.23	0.22	0.24	0.10	0.06	0.14	0.11	0.24	0.13	0.29	0.15	0.24	0.35	0.26	0.22	0.22
Yb	1.70	1.62	1.49	1.63	0.70	0.43	0.98	0.74	1.58	0.91	2.05	1.02	1.61	2.55	1.73	1.55	1.49
Lu	0.24	0.24	0.20	0.23	0.11	0.06	0.13	0.11	0.21	0.13	0.27	0.15	0.24	0.34	0.24	0.21	0.21
Sc	69.1	78.9	60.9	71.3	59.6	67.7	48.6	70.0	83.1	68.7	68.4	83.9	70.9	139.5	72.8	67.9	66.1
V	248.5	274.0	243.1	258.0	153.6	187.6	140.0	171.6	229.6	230.2	265.1	251.2	234.9	506.7	249.0	243.9	226.0
Cr	5672	4784	4792	6390	3087	4354	2470	3541	5685	8133	2039	7460	4988	11754	5382	4722	4950
Σ RFY (ppm)	40.40	34.17	32.02	34.19	62.25	122.06	40.93	14.50	30.28	56.62	41.29	16.61	39.89	56.09	37.57	45.63	29.25
(La/Lu) _N PM	0.59	0.30	0.28	0.26	12.67	21.06	2.83	0.93	0.29	4.03	0.25	0.29	0.97	1.03	0.33	2.33	0.27

10. táblázat A tanulmányozott xenolitik ortopiroxénjeinek nyomelemtartalma ppm-ben. n.d. - nem detektált elem

Minta	KPFS0402	KPFS0404	KPFS0420	KPFS0421	FT0505	FTP7	FT07	NMS0319	NMS0321	NFL0304	NBN031	NBN0322	BCII1050	BCII1051	BGT1019	BGT1020	RO05
elemzések száma	6	6	8	4	6	2	4	4	4	3	3	2	6	4	6	6	2
Th	n.d.	0.003	n.d.	n.d.	0.006	0.017	0.012	n.d.	n.d.	0.016	n.d.	n.d.	0.003	n.d.	n.d.	0.006	n.d.
U	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.006	0.007	0.009	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.003	0.004	0.006	n.d.
Ba	0.013	0.031	0.009	0.009	0.016	n.d.	0.006	n.d.	0.017	n.d.	n.d.	n.d.	0.101	n.d.	0.162	0.007	0.006
Nb	0.021	n.d.	n.d.	n.d.	0.022	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1.261	n.d.	n.d.	0.021	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ta	n.d.	n.d.	0.002	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.022	n.d.	n.d.	0.003	n.d.	0.004	0.005	n.d.
La	0.006	0.008	n.d.	0.000	0.007	0.016	0.013	n.d.	n.d.	n.d.	0.004	n.d.	0.016	n.d.	n.d.	0.012	n.d.
Ce	0.017	0.015	0.007	0.010	0.034	0.008	0.126	0.005	n.d.	0.007	0.009	0.005	0.062	0.005	0.015	0.045	0.004
Pb	0.068	0.036	0.035	0.023	0.022	0.017	0.015	0.017	n.d.	n.d.	0.013	n.d.	n.d.	n.d.	0.073	0.101	0.028
Sr	0.185	0.187	0.120	0.191	0.066	0.162	0.221	0.088	0.060	n.d.	0.050	0.030	0.481	0.045	0.185	0.222	0.031
Pr	0.007	0.008	0.006	0.006	0.009	0.002	0.020	n.d.	n.d.	0.059	n.d.	n.d.	0.013	n.d.	0.008	0.014	n.d.
Nd	0.055	0.053	0.016	0.054	n.d.	n.d.	0.116	0.064	n.d.	0.011	n.d.	n.d.	0.045	n.d.	0.057	0.061	n.d.
Hf	0.058	0.049	0.045	0.041	0.068	n.d.	n.d.	0.029	n.d.	0.033	0.026	n.d.	0.033	0.026	0.050	0.083	0.060
Zr	1.77	1.14	1.55	1.22	2.45	1.32	0.53	1.05	0.29	0.63	0.25	0.53	1.28	0.58	1.52	3.30	1.14
Sm	0.027	0.025	0.030	0.030	0.033	0.038	0.037	0.029	n.d.	0.061	n.d.	0.023	0.045	n.d.	0.029	0.034	n.d.
Eu	0.013	0.009	0.011	0.008	0.011	0.010	0.011	0.006	n.d.	0.041	n.d.	n.d.	0.018	0.008	0.011	0.013	0.008
Gd	0.049	0.028	0.045	0.040	0.063	0.006	0.043	0.065	0.029	0.011	n.d.	n.d.	0.065	0.036	0.050	0.063	0.042
Tb	0.014	0.013	0.012	0.009	0.012	0.008	n.d.	0.017	n.d.	0.037	0.012	n.d.	0.016	0.008	0.014	0.015	0.012
Ti	767	772	743	728	396	182	65	604	238	236	252	501	624	407	559	420	412
Dy	0.13	0.11	0.13	0.11	0.12	0.11	0.04	0.09	0.05	0.01	0.05	0.08	0.14	0.08	0.11	0.13	0.10
Ho	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.03	0.02	0.08	0.01	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03
Y	1.02	0.85	0.95	0.89	0.97	0.60	0.33	0.93	0.47	0.17	0.49	0.10	0.98	0.68	1.04	0.95	0.85
Er	0.16	0.14	0.14	0.14	0.14	0.10	0.04	0.14	0.08	0.03	0.08	0.13	0.15	0.11	0.17	0.15	0.13
Tm	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02	0.09	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02
Yb	0.24	0.22	0.24	0.21	0.24	0.16	0.07	0.22	0.15	0.02	0.13	0.16	0.21	0.18	0.25	0.26	0.20
Lu	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.13	0.02	0.03	0.03	0.17	0.02	n.d.	0.04	0.03	0.04	0.05	0.04
Sc	34.2	35.4	32.9	36.3	33.0	33.3	34.0	30.5	32.8	30.8	40.5	36.6	34.7	32.8	34.3	31.4	34.1
V	103.5	114.5	105.2	100.1	82.4	83.6	83.2	103.3	86.6	74.8	95.3	95.0	93.2	100.8	100.4	78.5	92.7
Cr	2801	2660	2477	2980	1995	2400	2904	928	3119	3642	2770	3674	2568	3138	2918	2005	2267
ΣRFY (ppm)	1.85	1.56	1.68	1.60	1.75	1.23	0.90	1.67	0.84	0.80	0.82	0.55	1.85	1.20	1.85	1.87	1.45

10. táblázat A tanulmányozott KPR xenolitok szulfidzárvány és intersticiális szemcséinek átlagos főelem összetétele m/m %-ban.

xenolit	Fe	Ni	Co	Cu	S	Total	Ni/Cu	Cu/S
Stájer-medence								
KPFS0402	46.70	13.01	0.24	0.92	40.17	101.04	14.22	0.023
KPFS0404	44.42	13.29	0.25	0.99	38.44	97.39	13.38	0.026
KPFS0420	48.79	9.59	0.28	2.29	37.55	98.50	4.18	0.061
KPFS0421	33.69	24.53	0.22	3.53	36.97	98.95	6.95	0.096
Bakony-Balaton-felvidék								
FT0103	43.66	16.88	0.21	0.02	39.88	100.66	925.97	0.000
FTP7	39.94	16.00	0.42	1.75	41.70	99.81	9.14	0.042
FT07	36.49	17.62	0.26	7.53	38.73	100.62	2.34	0.194
FT0505	43.17	16.23	0.25	0.95	38.27	98.87	17.04	0.025
Nógrád-Gömör								
NBN031	38.55	21.27	0.27	3.41	35.68	99.18	6.24	0.096
NBN0322	35.72	26.32	0.25	0.10	36.75	99.14	263.60	0.003
NFL0304	39.27	15.75	0.23	5.43	38.05	98.72	2.90	0.143
NMS0319	18.77	38.20	3.09	2.61	36.56	99.23	14.65	0.071
NMS0321	42.76	13.85	0.17	4.91	39.56	101.24	2.82	0.124
NMS0322	32.57	22.91	1.75	5.21	37.85	100.29	4.40	0.138
Persány-hegység								
BCII1050	45.17	14.55	0.15	0.03	39.00	98.90	511.68	0.001
BCII1051	44.55	9.45	0.16	6.34	39.24	99.74	1.49	0.162
BGT18	44.20	16.15	0.22	0.90	39.28	100.75	17.93	0.023
BGT1019	35.15	22.27	0.20	6.98	34.59	99.19	3.19	0.202
BGT1020	41.45	20.71	0.28	0.83	38.26	101.55	24.89	0.022
RO05	41.25	19.34	0.28	0.40	37.56	98.84	47.95	0.011

11. táblázat A tanulmányozott KPR xenolitok szulfid szemcséinek nyomelem összetétele ppm-ben.

xenolit	szulfid	Os	Ir	Ru	Rh	Pt	Pd	ΣPGE	Au	Ag	Pb	Se
Stájer-medence												
KPFS0402	21	31.31	18.50	23.30	3.52	6.97	10.56	94.16	0.10	1.14	1.77	97.37
	22	24.97	14.53	17.94	2.70	8.87	8.83	77.84	0.06	1.03	2.27	83.05
	11	106.38	77.93	111.91	14.04	4.09	5.08	319.43	0.17	13.44	6.98	77.30
	51	3.44	1.72	4.36	0.87	0.53	2.38	13.30	0.06	6.49	2.87	94.14
	41	59.33	30.40	65.27	6.30	0.96	2.65	164.91	0.05	29.77	7.00	96.96
	31	76.41	66.76	73.88	11.09	24.46	31.01	283.61	1.25	9.35	1.31	104.73
KPFS0404	31	35.34	16.63	24.57	4.63	11.89	13.41	106.47	0.28	10.18	0.52	225.38
	32	51.18	25.53	37.77	7.47	19.04	21.47	162.46	0.67	4.66	0.47	300.60
	33	53.45	26.16	39.27	6.82	20.15	21.47	167.32	1.09	76.14	2.79	115.68
	41	62.47	30.80	43.83	8.76	21.47	29.25	196.58	1.75	14.06	4.28	644.27
	12	58.84	31.09	44.36	8.13	23.45	27.42	193.29	0.56	26.21	10.14	288.84
	21	56.50	29.45	42.82	7.55	17.61	17.42	171.34	1.15	142.86	1.47	246.58
KPFS0420	11	13.14	7.96	10.07	1.76	5.24	5.25	43.42	0.22	21.53	1.30	166.10
	12	16.02	9.85	12.63	2.12	6.57	6.71	53.90	0.22	28.30	9.30	156.75
KPFS0421	1a	10.59	6.33	7.56	3.35	13.55	13.99	55.37	3.38	12.57	43.96	119.83
Bakony-Balaton-felvidék												
FTP7	1	10.92	5.41	2.80	1.70	6.71	13.94	41.48	0.38	10.10	18.74	68.53
	2	67.54	30.16	55.05	7.05	1.68	0.72	162.19	0.07	0.30	1.86	2.76
Nógrád-Gömör												
NFL0304	1	11.86	21.62	28.40	4.62	0.40	0.25	67.14	0.01	0.59	41.11	3.40
	11	33.61	77.84	97.53	18.61	0.44	22.68	250.71	0.06	3.58	187.54	11.00
	21	17.73	17.95	29.09	4.81	0.24	2.75	72.57	0.52	0.66	135.31	70.13
	22	4.02	11.06	16.81	2.84	0.01	0.06	34.80	0.07	0.32	42.75	11.89
	3	7.66	23.53	28.44	2.90	6.45	17.58	86.55	0.34	11.63	409.40	60.29
NMS0322	2	14.17	23.47	10.21	1.80	9.42	1.14	60.21	0.39	4.22	23.27	79.26
Persány-hegység												
BCII1051	2	2.01	1.18	3.06	0.82	1.63	3.76	12.46	0.13	9.19	841.16	182.02
	21	381.77	28.63	15.56	2.60	3.94	1.87	434.37	2.15	8.11	100.66	90.66
	22	436.11	36.67	21.02	5.83	7.26	6.25	513.13	2.51	64.33	218.43	299.77
	3	1.01	0.44	3.45	3.68	n.d	27.49	36.07	0.51	139.76	781.11	275.62
BGT18	11	91.25	50.91	71.15	11.95	55.45	24.81	305.52	0.75	7.25	78.67	111.33
BGT1020	11	0.17	0.16	0.38	0.21	0.12	0.53	1.57	0.11	21.37	133.04	60.36
	12	0.16	0.20	0.48	0.23	0.10	0.54	1.72	0.08	36.29	113.09	61.94

12. táblázat A vizsgált xenolitok szulfidjainak Re-Os izotóparányai, γOs értékei és rénius kimerülési korai (T_{RD}). zv - zárvány szulfid, int - intersticiális szulfid

xenolit-szulfid	szöveti helyzet	$^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$	2σ	$^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$	2σ	$\gamma\text{Os}^{\text{ECR}}$	T_{RD} (Ga)	2σ
Stájer medence								
KPFS0402-2	int	0.1264	0.0009	0.0273	0.0008	-1.35	0.25	0.13
KPFS0402-4	zv	0.1251	0.0003	0.0172	0.0015	-2.35	0.43	0.05
KPFS0402-6	zv	0.1256	0.0013	0.0968	0.0024	-1.98	0.36	0.19
KPFS0402-115	zv	0.1223	0.0001	0.0224	0.0011	-4.55	0.83	0.01
KPFS0402-110	int	0.1226	0.0001	0.0050	0.0044	-4.31	0.78	0.02
KPFS0402-11	zv	0.1228	0.0013	0.1839	0.0074	-4.18	0.76	0.18
KPFS0402-10	int	0.1206	0.0006	0.0314	0.0008	-5.82	1.05	0.08
KPFS0402-14	int	0.1220	0.0012	0.0560	0.0086	-4.74	0.86	0.17
KPFS0402-5	int	0.1201	0.0004	0.0259	0.0026	-6.21	1.12	0.05
KPFS0404-2	int	0.1241	0.0013	0.0534	0.0078	-3.11	0.56	0.18
KPFS0404-1	int	0.1212	0.0010	0.0929	0.0044	-5.37	0.97	0.15
KPFS0404-11	zv	0.1239	0.0013	0.3580	0.0060	-3.32	0.60	0.19
KPFS0404-12	int	0.1268	0.0004	0.0406	0.0030	-1.01	0.18	0.05
KPFS0404-5	int	0.1260	0.0003	0.0201	0.0008	-1.64	0.30	0.05
KPFS0404-3	int	0.1217	0.0004	0.1635	0.0024	-5.03	0.91	0.06
KPFS0404-2	int	0.1253	0.0003	0.1107	0.0400	-2.17	0.40	0.04
KPFS0404-4	int	0.1220	0.0008	0.1092	0.0150	-4.75	0.86	0.11
KPFS0420-4	int	0.1274	0.0008	0.1529	0.0178	-0.54	0.10	0.11
KPFS0420-5	int	0.1258	0.0013	0.4451	0.0360	-1.83	0.33	0.18
Bakony-Balaton-felvidék								
FT0103-1	zv	0.1218	0.0012	0.0472	0.0090	-4.89	0.89	0.17
FTP7-1	zv	0.1176	0.0004	0.0202	0.0019	-8.18	1.48	0.06
FTP7-2	zv	0.1213	0.0003	0.0332	0.0022	-5.32	0.97	0.04
Nógrád-Gömör								
NBN031-3	zv	0.1222	0.0008	0.0491	0.0046	-4.59	0.83	0.11
NBN031-2	zv	0.1255	0.0002	0.0149	0.0004	-2.01	0.37	0.02
NBN0322-1	zv	0.1201	0.0012	0.0881	0.0136	-6.28	1.14	0.16
NFL0304-1	zv	0.1196	0.0008	0.0957	0.0046	-6.65	1.20	0.11
NFL0304-1	zv	0.1168	0.0004	0.1057	0.0028	-8.82	1.59	0.05
NFL0304-4	zv	0.1170	0.0008	0.1857	0.0280	-8.69	1.57	0.11
NMS0319-6	zv	0.1255	0.0014	0.4319	0.0092	-2.05	0.37	0.20
NMS0319-2	zv	0.1136	0.0013	0.7196	0.0110	-11.30	2.03	0.17
NMS0320-1	int	0.1160	0.0005	0.0230	0.0018	-9.44	1.70	0.07
NMS0320-2	int	0.1187	0.0015	0.3821	0.0072	-7.34	1.33	0.21
NMS0320-4	int	0.1167	0.0015	0.2279	0.0062	-8.90	1.60	0.20
NMS0322-3	zv	0.1232	0.0013	0.0975	0.0104	-3.84	0.70	0.18
Persány-hegység								
BGT18-10	zv	0.1213	0.0011	0.1018	0.0070	-5.28	0.96	0.16
BGT18-5-3	zv	0.1179	0.0004	0.1714	0.0016	-7.99	1.44	0.06
BGT18-5-4	zv	0.1195	0.0015	0.1474	0.0048	-6.74	1.22	0.21
BGT18-1	zv	0.1187	0.0007	0.1963	0.0030	-7.31	1.32	0.10
BGT18-6	zv	0.1207	0.0002	0.4867	0.0005	-5.75	1.04	0.03
BGT1020-3	zv	0.1200	0.0008	0.2976	0.0188	-6.34	1.15	0.12
BGT1020-4 mag	zv	0.1215	0.0006	0.2248	0.0068	-5.15	0.93	0.08
BGT1020-4 perem	zv	0.1245	0.0007	0.0665	0.0028	-2.80	0.51	0.10
BC-II1051-4	zv	0.1226	0.0002	0.0516	0.0008	-4.26	0.77	0.03
BC-II1051-5	zv	0.1193	0.0008	0.4254	0.0420	-6.89	1.25	0.12
BC-II1051-6	zv	0.1191	0.0004	0.1277	0.0030	-7.06	1.28	0.06
BC-II1051-8	zv	0.1198	0.0005	0.0536	0.0019	-6.51	1.18	0.08

13. táblázat Olivin és szulfidolvadék-zárványokra (zv), valamint olivin és intersticiális szulfid szemcsére (int) számolt Kd3 értékek (Fleet & Stone, 1990), valamint egyensúlyi hőmérsékletek (eq. T, Brey & Köhler 1990).

Minta	szövet	XFeS	XNiS	XFe2SiO4	XNi2SiO4	Kd3	eq. T (C°)
Stájer-medence							
KPFS0404	int	0.781	0.199	0.101	0.0037	6.85	1027
KPFS0404	zv	0.747	0.235	0.101	0.0037	8.46	1027
Bakony-Balaton-felvidék							
FT0103	zv	0.736	0.261	0.105	0.0035	10.53	900
FT0103	zv	0.641	0.353	0.105	0.0035	16.39	900
FT0505	zv	0.733	0.261	0.109	0.0037	10.61	938
FT0505	zv	0.702	0.241	0.109	0.0037	10.24	938
FT0505	zv	0.727	0.269	0.109	0.0037	11.01	938
FT0505	zv	0.731	0.265	0.109	0.0037	10.82	938
Nógrád-Gömör							
NBN031	zv	0.676	0.321	0.100	0.0037	12.82	912
NBN031	zv	0.718	0.278	0.100	0.0037	10.47	912
NBN031	zv	0.625	0.347	0.100	0.0037	15.01	912
NBN0322	int	0.700	0.295	0.094	0.0038	10.50	966
NFL0304	int	0.918	0.080	0.098	0.0039	2.19	971
NFL0304	int	0.810	0.187	0.098	0.0039	5.79	971
NMS0319	int	0.361	0.541	0.105	0.0038	41.59	946
NMS0319	int	0.263	0.662	0.105	0.0038	69.75	946
NMS0322	int	0.539	0.435	0.092	0.0040	18.54	872
NMS0322	zv	0.496	0.392	0.092	0.0040	18.15	872
Persány-hegység							
BGT18	zv	0.753	0.217	0.105	0.0039	7.78	1005