

SROVNÁNÍ SUBVULKANICKÝCH ŽIL V BRNĚNSKÉM MASIVU A BOSKOVICKÉ BRÁZDĚ

Comparison of subvolcanic dykes in the Brno Massif and Boskovice Furrow

David Buriánek

Česká geologická služba, Leitnerova 22, 658 59, Brno; e-mail: david.burianek@geology.cz

(24-34 Ivančice)

Key words: Brno massif, Boskovice furrow, subvolcanic rocks, chemical composition, hydrothermal alteration

Abstract

Basic subvolcanic rocks in the Brno Massif and Boskovice Furrow can be classified as basalts, basaltic andesites, andesite, alkalic basalts and microdiorites. Rocks from both units show similar geochemical characteristics, which indicate post-collisional within-plate extensional tectonic settings. Generally show subalkaline affinity and calc-alkaline character sometime with some tholeiitic signatures. Primary mineral assemblage of the studied rocks is affected by post-magmatic replacement (chloritization, carbonatization and albitization). Even some samples exhibit K, Rb, Ba depletion and Na enrichment as a consequence of hydrothermal alteration.

Úvod

Horniny brněnského masivu jsou proráženy celou řadou bazických žil, které bývají označovány jako bazalty (Němec 1995), mikrodiority a porfyrické mikrodiority (např. Gadas et al. 2007). Podle chemického složení je můžeme klasifikovat jako žilné ekvivalenty dioritů a gaber (Gregerová 1977, Němec 1995, Hanzl et al. 1995). Žíly vyplňují křehké pukliny v celém brněnském masivu. Na rozdíl od hornin ve svém okolí nejsou postiženy duktilní deformací a proto pravděpodobně vznikly až po ukončení hlavních variských orogenních pohybů. Prozatím existují jen tři radiometrická datování, jejichž výsledky nejsou stejné.

Porfyrické mikrodiority od Blanska a Lhoty Rapotiny byly na základě radiometrického datování K/Ar metodou označeny za karbonské (309 mil. a 324 mil. let, Šmejkal 1964). Naproti tomu stáří zjištěné K/Ar metodou řadí žílu bazaltu z lomu v Želešicích do spodního siluru (434 ± 8 mil. let, Přichystal 1999). Rozdíly ve stáří bazických žil, které mají z geologického hlediska velmi podobné postavení, jsou podezřelé. Zmíněná datování mohou naznačovat polyfázovou intruzi bazických žil v různých stadiích vývoje variského orogénu. Nemůžeme však také vyloučit, že zvolená metoda nebyla pro daný typ horniny vhodná. Bazické horniny ve studované oblasti totiž většinou nesou známky slabé metamorfozy ve facii prehnit-pumpellyitové (Buriánek 2010).

Petrograficky podobné žíly bazických hornin se také vyskytují v boskovické brázdě. Proráží zde permské sedimenty, a proto musí být jejich stáří permské nebo dokonce mladší. V boskovické brázdě byly bazalty popsány v okolí Budkovic, Oslavan a také Předního Arnoštova (Přichystal 1993). Většinou se jedná o žíly s mocností maximálně několik metrů, které vyplňují křehké trhliny v pískovcích a prachovcích. Stejně jako v brněnském masivu, tak i zde

nesou žilné horniny známky intenzivních sekundárních přeměn (Kratinová 2007).

Výskyt petrograficky podobných žil postižených stejnými sekundárními alteracemi v boskovické brázdě a brněnském masivu naznačuje, že by se mohlo jednat o produkt jedné magmatické (vulkanické) události. Srovnání žilných bazických hornin z obou geologických jednotek by tedy mohlo pomoci při určení jejich stáří a geneze.

Metodika

Všechny studované lokality se nachází z. a jz. od Brna. Pro studium bylo použito 9 výbrusů, které byly zčásti zapůjčeny z depozitářů ČGS a MZM (4 vzorky).

Analýzy minerálů 3 studovaných výbrusů (Oslavany, d. b. BB564; Popůvky, d. b. BB088; Omice, d. b. BB202) byly provedeny na elektronové mikrosondě Cameca SX100 v Brně (Laborař elektronové mikroskopie a mikroanalýzy, Společné pracoviště Ústavu geologických věd PŘF MU a České geologické služby) ve vlnově disperzním módu. Analýzy minerálů byly provedeny při urychlovacím napětí 15 kV, proudu svazku 10 nA (amfibol, živce, slídy, atd.). Hlavní prvky byly načítány 10–20 s. Chlority byly přepočteny na 28 kyslíků a živce na 8 kyslíků. Při vyhodnocení bylo pro amfiboly užito platné klasifikace Leake et al. (1997) a trojmocné železo bylo počítáno metodou 13eCNK (Schumacher, 1996). Empirické vzorce minerálů epidotové skupiny, pumpellyitu a prehnitu jsou přepočteny na 12,5 aniontu. Empirické vzorce ilmenitu byly přepočteny na 6 kyslíků, magnetitu na 4 kyslíky a trojmocné železo je určeno podle stechiometrie. Použité zkratky minerálů jsou podle Kretze (1983).

Pro podrobnější studium chemického složení hornin byly zvoleny lokality Omice a Oslavany (tab. 1). Horninové analýzy dvou studovaných vzorků byly provedeny metodou ICP-MS v laboratořích Acme Analytic Laborato-

vzorek	BB202B	BB554
lokalita	Omice	Oslavany
SiO ₂	55,77	44,96
TiO ₂	1,13	1,88
Al ₂ O ₃	17,08	16,31
Fe ₂ O ₃	7,71	8,53
MnO	0,13	0,14
Cr ₂ O ₃	0,006	0,002
MgO	3,7	3,72
CaO	6,57	7,84
Na ₂ O	4,11	5,53
K ₂ O	1,68	0,49
P ₂ O ₅	0,26	0,48
LOI	1,6	9,9
celkem	99,746	99,782
Ba	445	151
Co	18,1	24,2
Cu	16,2	53,6
Ni	7,7	19,1
Rb	103,5	8,1
Sr	569,2	337,7
V	123	230
Sn	2	1
Zn	43	85
As	0,8	4,4
U	1,6	1,2
Nb	11,4	14,1
Y	23,6	27,6
Zr	137,2	168,9
Pb	3,2	2,6
Cs	2,2	0,4
Th	4,3	3,3
Hf	3,9	4
Sc	17	23
Ga	19,3	19,4
La	27,6	36,5
Ce	50,1	83,1
Pr	7,05	10,94
Nd	27,5	44
Sm	5,64	8,47
Eu	1,45	2,39
Gd	4,88	7,15
Tb	0,78	1,02
Dy	4,15	5,18
Ho	0,83	0,96
Er	2,24	2,64
Tm	0,36	0,39
Yb	2,31	2,59
Lu	0,35	0,37

Tab. 1: Chemické složení studovaných vzorků z lokality Omice a Oslavany.

Tab. 1: Chemical composition studied samples from locality Omice a Oslavany.

ries Ltd., Vancouver, Kanada. Ostatní prezentované analýzy (10 vzorků) jsou převzaty ze starších prací (Němec 1995, Leichmann 1996, Hanžl et al. 1995, Hanžl et al. 2000, Gadas et al. 2007).

Geologická pozice studovaných žil

V brněnském masivu (obr. 1a) bazické žíly proráží granodiority, granity, metabazity, metadiority nebo ryolity. Jejich mocnost obvykle nepřesahuje 3 m, avšak některé mohou být mocné jen několik cm. Bývají orientovány ve směru JJV–SSZ až V–Z (obr. 1b). Kontakt s okolními horninami je ostrý, na kontaktu je vyvinuta 1 až 2 cm mocná zóna tvořená jemnozrnnějším bazaltem s menším množstvím vyrostlic (schlazený okraj). Pro studium chemického složení byl odebrán vzorek ze subvulkanické žíly v údolí Omického potoka jv. od obce Omice. Žíla zde proráží amfibol-biotitické granodiority a kontakt obou hornin je ostrý.

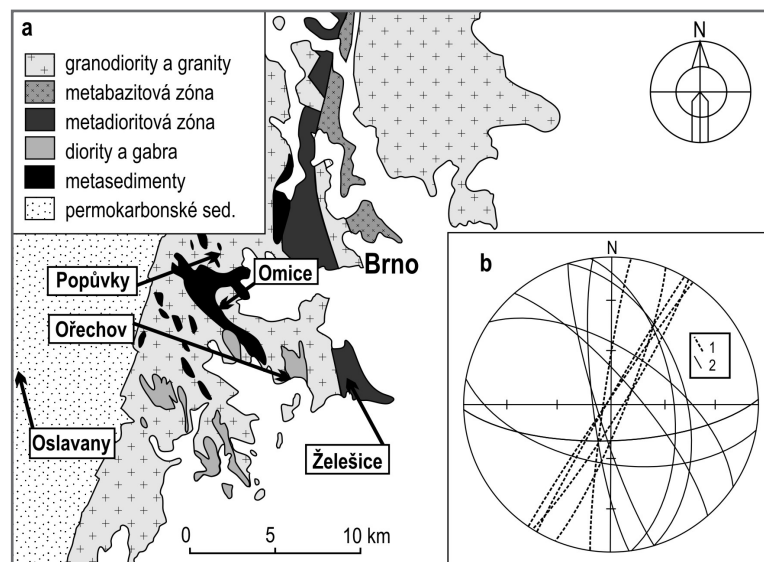
Subvulkanická žíla v boskovické brázdě vystupuje v erozním zářezu bezejmenného potoka, asi 1 km sv. od Oslavan. Až 2 m mocná žíla proráží červenohnědé jílovce, prachovce a jemnozrnné pískovce padochovského souvrství. Žíla obsahuje četné drobné mandle vyplněné kalcitem o velikosti až 1 cm. Při okrajích žíly jsou menší a často dokonce nejsou vyvinuty vůbec. V sedimentech na kontaktu s bazalty jsou patrné barevné změny. Žíla je orientována zhruba ve směru V–Z (49/76).

Petrografická charakteristika

V rámci této práce byly studovány vzorky vykazující poměrně velkou diverzitu v petrografickém složení i ve stupni sekundárních přeměn.

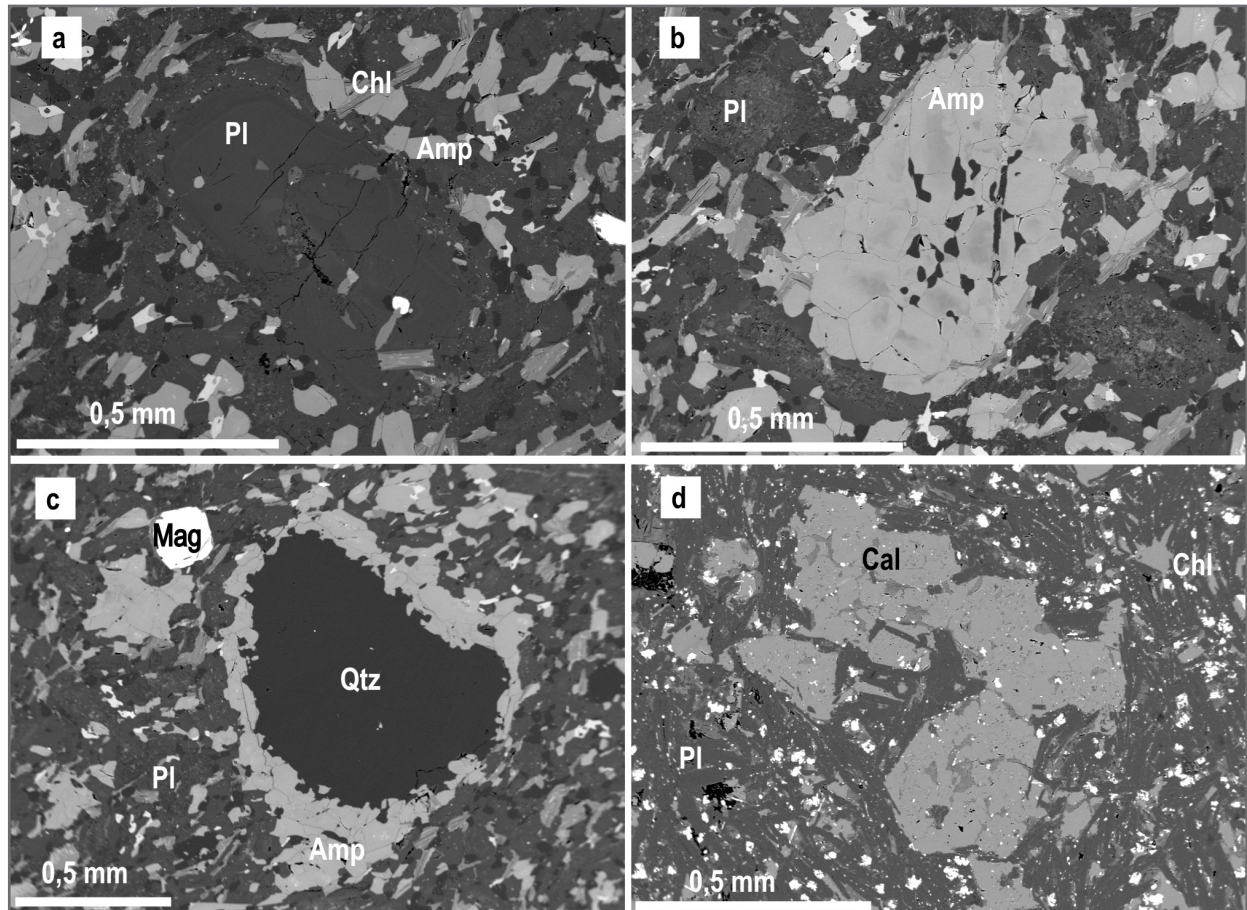
Poměrně vzácné jsou žíly pyroxenických bazaltů popsané Němcem (1995) z lomu v Želešicích. Zde jsou vyrostlice pyroxenu částečně zatlačovány mastkem. V základní hmotě se také objevuje biotit zatlačovaný chloritem. Někteří autoři dokonce uvádí pseudomorfozy po olivínu (Hanžl et al. 1999).

Většina žil svým petrografickým složením odpovídá bazaltickým andezitům až andezitům (např. Omice, Popůvky, Ořechov). Jemnozrnná základní hmota se skládá z plagioklasu, amfibolu, biotitu a někdy také pyroxenu (například na lokalitě Želešice). Vyrostlice pak tvoří nejčastěji plagioklas (obr. 2a) nebo amfibol. Základní hmota je postižena sekundárními přeměnami, avšak primárně pravděpodobně měla hyaloofitickou, ofitickou, případně trachytickou stavbu. Amfiboly tvoří drobné hypautomorfní sloupce, nepravidelná zrna nebo agregáty zrn. Glomerofyrické vyrostlice patrně vznikly na úkor pyroxenu v závěrečných fázích magmatické krystalizace (obr. 2b). Chemické složení amfibolu (obr. 3) odpovídá tschermakitu až pargasitu přičemž někdy na okrajích zrna přechází do magnesiohornblendu až aktinolitu (Mg/(Fe+Mg) = 0,6–0,8; Si = 6,2–7,5 apfu). Biotit je většinou téměř zcela nahrazen chloritem (Fe/(Fe+Mg) = ~0,4; Al = 3,5–4,3 apfu). Automorfní až hypautomorfní plagioklas (An_{26–50}) v základní hmotě i ve vyrostlicích bývá postižen sekundárními přeměnami. Vyrostlice plagioklasu mají normální a na okraji pak oscilační zonálnost. Mezi produkty přeměn dominuje albit až oligoklas (An_{7–16}), běžně je také přítomen prehnit, kalcit a „sericit“. V základní



Obr. 1: Zjednodušená geologická mapa střední části brněnského masivu: a – pozice subvulkanických žil (upraveno podle Mitrenga a Rejl 1993); b – stereografické zobrazení (spodní polokoule) ukazuje orientace foliací mylonitů na okrajovém zlomu boskovické brázdě (1) a subvulkanických žil (2).

Fig. 1: Simplified geological map of central part of the Brno Massif: a – the position of the subvolcanic dykes (modified from Mitrenga and Rejl 1993); b – stereographic projection (lower hemisphere) represent orientations of foliations of mylonites on the marginal fault Boskovice Furrow (1) and subvolcanic dykes (2).

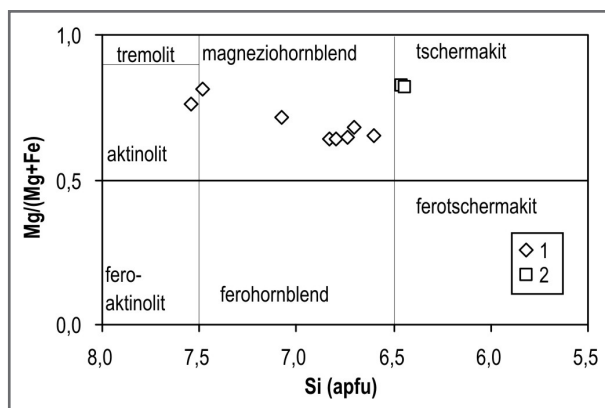


Obr. 2: Andezit z lokality Omice (a–c) a bazalt z lokality Oslavany (d) v BSE obraze: a – vyrostlice plagioklasu; b – glomerofyrická vyrostlice amfibolu; c – xenokryst křemene lemovaný amfibolem; d – pseudomorfoza kalcitu po neznámém minerálu (amfibol?).
 Fig. 2: Andesite from locality Omice (a–c) and basalt Oslavany (d) in BSE images: a – plagioclase phenocryst; b – glomerophyric phenocryst amphibole; c – quartz xenocryst rimmed by the amphibole; d – pseudomorphosis of calcite after unknown mineral (amphibole?).

hmotě se místy objevuje novotvořený xenomorfní draselný živec (Ab_2) a křemen. Chlorit zde tvoří drobné xenomorfní lupínky nebo agregáty zrn, svým chemickým složením odpovídají klinochloru ($Al/(Fe+Al+Mg) = 0,29-0,31$; $Si = 6,0-6,3$ apfu). Xenomorfní až hypautomorfní zrna epidotu ($Ps = 0,26-0,29$ mol. %) se vyskytují v produktech přeměn tmavých minerálů v asociaci s chloritem. Jako akcesorické

minerály se vyskytují zrna ilmenitu (5–34 mol. % pyrofanitové komponenty) a magnetit až chrómem bohatý magnetit ($Fe^3/(Fe^3+Cr+Al) = 0,4-1,0$; $Cr_2O_3 = 0,1-22,4$ hmot. %). Vzácně byly nalezeny xenokrysty křemene (obr. 2c) lemované amfibolem (Omice, Ořechov).

Žíla prorážející horniny boskovické brázdy u Oslavan byla podle obsahu K_2O+Na_2O a SiO_2 klasifikována jako bazaltický trachyandezit (Přichystal 1994) a na základě některých hlavních a stopových prvků pak nově jako bazalt (obr. 4 a, b). Jde o jemnozrnnou horninu, která má nazelenalou barvu a trachytickou stavbu. Skládá se z lištovitých plagioklasů, které jsou zvláště na okrajích žíly výrazně přednostně uspořádány. Plagioklas jsou postiženy intenzivní albitizací (An_{1-2}). Prostor mezi živci vyplňují sekundární minerály (hlavně klinochlor ($Fe/(Fe+Mg) = 0,28-0,31$, $Al = 3,79-4,54$ apfu). Poměrně hojně jsou drobné mandle vyplněné kalcitem. Místy jsou patrné kalcitové pseudomorfozy (obr. 2d) po neznámém minerálu (podle tvaru se patrně jedná o amfibol). Poměrně běžná jsou drobná zrnka titanitu a magnetitu ($TiO_2 =$ kolem 6 hmot. %).

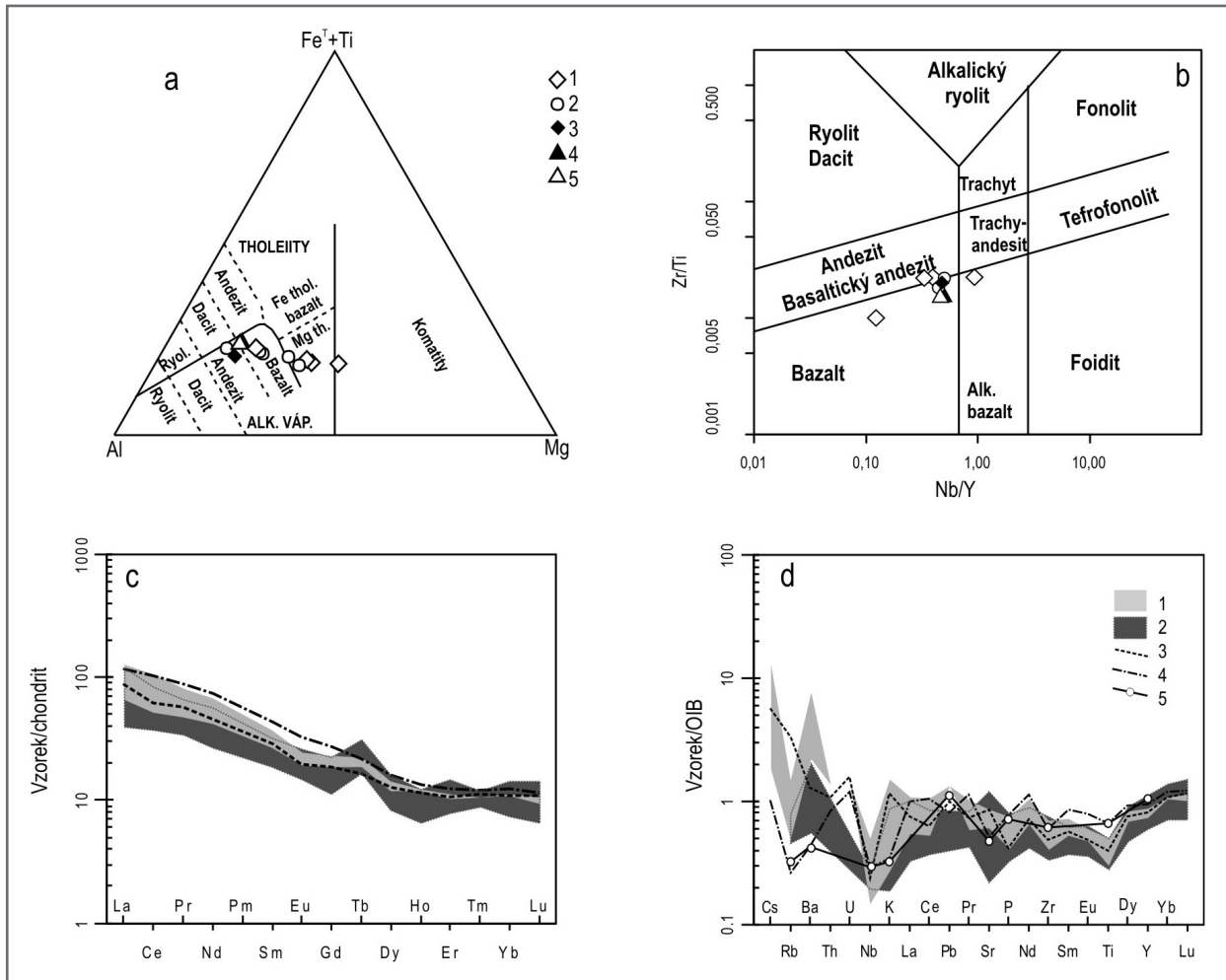


Obr. 3: Klasifikační diagram pro amfiboly (Leake et al. 1997): 1 – bazalt Omice, 2 – bazalt Popůvky.

Fig. 3: Classification diagram of amphiboles (Leake et al. 1997): 1 – basalt Omice, 2 – basalt Popůvky.

Geochemická charakteristika

Žilné bazické horniny v brněnském masivu klasifikované na základě petrografie jako bazalty až andezity nebo mikrodiiority mají velmi podobné tvary křivek REE



Obr. 4: Chemické složení bazických žil z brněnského masivu (1–3) a boskovické brázdy (4–5): a – ternární diagram Al-Fe+Ti-Mg (Jensen 1976); b – klasifikační diagram Nb/Y vs. Zr/Ti (Pearce 1996); c – chondritem normalizované REE (Boynton 1984); d – nekompatibilní prvky normalizované hodnotami pro OIB (Sun – McDonough 1989). Legenda: 1 – bazalty až bazaltické andezity (tato práce, Němec 1995, Hanžl et al. 2000); 2 – mikrodiority (Hanžl et al. 1995, Gadas et al. 2007); 3 – andezit z lokality Omice; 4 – bazalt z lokality Oslavany; 5 – bazalt z lokality Budkovice (Leichmann 1996).

Fig. 4. Chemical composition of basic dykes from Brno Massif (1–3) and Boskovice Furrow (4–5): a – ternary diagram Al-Fe+Ti-Mg (Jensen 1976); b – classification diagram Nb/Y vs. Zr/Ti (Pearce 1996); c – variation in REE normalized to chondrite (Boynton 1984); d – variation in incompatible trace elements normalized to OIB (Sun – McDonough 1998). Legend: 1 – basalts to basaltic andesites (Němec 1995, Hanžl et al. 2000); 2 – microdiorites (Hanžl et al. 1995, Gadas et al. 2007); 3 – andesite from locality Omice; 4 – basalt from locality Oslavany; 5 – basalt from locality Budkovice (Leichmann 1996).

normalizovaných chondritem a velmi podobné obsahy hlavních a stopových prvků (obr. 4a–d).

Podle klasifikačního diagramu Jensea (1976) náleží většina studovaných hornin alkalicko-vápenaté série, výjimečně také mohou ležet v poli tholeitických bazaltů (obr. 4a). Horniny jsou charakterizovány vysokými poměry $SiO_2/K_2O = 24–193$. Většina žil bazických hornin v brněnském masivu a v boskovické brázdě nese známky sekundárních přeměn. Důležitá je zejména chloritizace tmavých minerálů, saussuritizace a albitizace živců a karbonatizace. Ztráta žíháním (LOI) se pohybuje mezi 2–10 hmot. %, a proto byl pro klasifikaci subvulkanických hornin použit diagram založený na nemobilních prvcích (Pearce 1996). Na základě této klasifikace můžeme studované bazické horniny označit jako bazalty, bazaltické andezity až andezity a jeden vzorek pak jako alkalický bazalt (obr. 4b).

V důsledku sekundárních přeměn (např. albitizace) mají bazalty z boskovické brázdy vyšší obsahy Na_2O

ve srovnání s ostatními studovanými vzorky (5,5–7,1 vs. 2,5–4,1 hmot.%). Tímto způsobem také můžeme vysvětlit nižší obsahy K_2O , Ba, Rb, které negativně korelují s Na_2O . Patrně právě v důsledku sekundárních procesů se chemické složení některých vzorků přesunulo z pole subalkalických do alkalických hornin ($K_2O+Na_2O = 2,9–7,6$ hmot.%). Sekundárními alteracemi však nemůžeme vysvětlit poněkud vyšší obsahy TiO_2 v bazaltu z boskovické brázdy (1,9 oproti 0,8–1,4 hmot.% v bazaltech z brněnského masivu). Pokud však srovnáme ostatní obsahy hlavních a stopových prvků z obou skupin hornin, nalezneme velké podobnosti a proto je budeme v dalším textu popisovat společně.

Normalizované křivky vzácných zemin (Boynton 1984; obr. 4c) vykazují pouze nepatrnou Eu anomálii ($Eu/Eu^* = 0,8–1,1$) a nabohacení LREE ($La_N/Yb_N = 5,4–11,9$). U většiny dříve analyzovaných vzorků je patrná pozitivní Tb anomálie, která u nových analýz chybí (obr. 4c; může to však také být způsobeno rozdílnou metodikou analýz).

Obsahy stopových prvků normalizované průměrným OIB (Sun a McDonough 1989; obr. 4d) ukazují obohacení LREE, negativní Nb a Ti anomálie. Podle obsahů nekompatibilních prvků se studované horniny svým charakterem blíží vnitrodeskovým bazaltům (např. Pearce a Norry 1979). Bazalty vykazují oproti mikrodioritům poněkud vyšší obsahy některých nekompatibilních prvků Ba, Th, U, Pb (obr. 4d).

Diskuze

Na základě geologické pozice byly studované bazické žíly rozděleny na dvě skupiny: (1) bazické žíly v brněnském masivu, (2) bazické žíly v boskovické brázdě. Obě skupiny žil mají podobnou orientaci a často svírají ostré úhly s mylonitovými zónami, které provází okrajový zlom boskovické brázdě (obr. 1). Podobná orientace studovaných žil může indikovat jejich vznik ve stejném extenzním režimu, který souvisí s formováním boskovické brázdě.

Bazické žíly v brněnském masivu klasifikované jako mikrodiority, bazalty až bazaltické andezity představují po petrografické stránce poměrně pestrou skupinu hornin vápenato-alkalického až tholeitického charakteru. Někdy je přítomen pyroxen, avšak většinou jsou tmavé minerály reprezentovány amfibolem, jenž je často doprovázen biotitem (do této skupiny patří také studovaná žíla z Omic).

Studovaná bazická žíla z Oslavan má trachytickou stavbu, čímž se podobá žilám popsaným od Budkovic (Kratinová 2007). Žíly na obou lokalitách obsahují vyrostlice albitu a minerální asociace celé horniny je z velké části nahrazena sekundárními minerály (hlavně chlorit a kalcit).

Interpretace bazických žil v brněnském masivu a boskovické brázdě je výrazně komplikována intenzivními sekundárními přeměnami, které postihly většinu studovaných žil. Tyto přeměny proběhly v boskovické brázdě za vysoké aktivity hydrotermálních fluid při teplotě kolem 100 °C (Kratinová 2007) a měly za následek rozpad primární magmatické minerální asociace na směs chloritů, karbonátů a albitu. Také bazické horniny v brněnském masivu jsou postiženy sekundárními přeměnami (Ab + Chl + Ep + Prh ± Qtz) za teplot kolem 200–300 °C (Buriánek 2010). Zde se však lokálně zachovaly primární magmatické minerály (pyroxen, amfibol, plagioklas). V důsledku sekundárních přeměn se patrně změnilo zastoupení některých LIL prvků (K, Rb případně také Ba).

Obě skupiny mají řadu podobných geochemických charakteristik (obsahy REE a řady HFS prvků obr. 4d). V celém studovaném souboru chemických analýz je patrný variabilní obsah Th, Pb, U a Ti. Vyšší obsahy těchto prvků souvisí s modifikací primárního plášťového magmatu procesem asimilace v magmatickém krbu za podmínek spodní kůry (např. Baker et al. 2000, Wedepohl a Baumann 1999). Bazické magma mohlo být minerálně a chemicky modifikováno také během svého vmístění, jak o tom svědčí nálezy xenokrystů křemene.

Chemické složení obou studovaných skupin bazických subvulkanických hornin naznačuje jejich společný původ. Pozorovaná mineralogická diverzita patrně souvisí s procesy probíhajícími během výstupu magmatu k povrchu a krátce po jeho vmístění do extenzních trhlin.

Závěry

Bazické žíly v brněnském masivu a boskovické brázdě jsou výrazně postiženy sekundárními přeměnami, které znesnadňují interpretaci jejich geneze. Obě skupiny ale vykazují řadu podobností v obsazích petrogeneticky důležitých nízké mobilních stopových prvků (např. Nb, Y, REE). Převážně alkalicko-vápenaté vulkanity svým chemickým složením indikují vznik v podmínkách vnitrodeskového extenzního geotektonického prostředí. Rozdíly v obsazích některých nekompatibilních prvků (Th, Pb, U) mohou souviset s kontaminací korovým materiálem. Podobnost bazických žil z obou geologických jednotek naznačuje, že mají stejný zdroj. Zjištěné stáří a geologická pozice některých žil indikují vulkanickou aktivitu v oblasti boskovické brázdě a jejího okolí během karbonu a permu. Tato vulkanická aktivita byla vázána na extenzní tektoniku spojenou s vývojem boskovické brázdě. Poněkud nejasná je pozice bazaltových žil u Želešic, které se liší mineralogií (přítomnost pyroxenu) a stářím (silur). Vzhledem k malému počtu analýz a intenzivním sekundárním přeměnám však prozatím není možné jejich vývoj a genezi jednoznačně interpretovat.

Poděkování

Autor děkuje A. Přichystalovi za kritické pročtení rukopisu. Práce byla vypracována s finanční podporou projektů ČGS č. ú. 390003 (Základní geologické mapování Brněnska v měřítku 1 : 25 000) a 321090 (Geneze centrálního bazického pásma brněnského masivu, interní úkol ČGS).

Literatura

- Baker, J. A. – Macpherson, C. G. – Menzies, M. A. – Thirlwall, M. F. – Al-Kadasi, M. – Matthey, D. P. (2000): Resolving Crustal and Mantle Contributions to Continental Flood Volcanism, Yemen; Constraints from Mineral Oxygen Isotope Data. – *Journal of Petrology*, 41(12), 1805–1820.
- Boynnton, W. V. (1984): Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. – In: Henderson, P. (ed.) *Rare Earth Element Geochemistry*. Elsevier, 63–114. Amsterdam.
- Buriánek, D. (2010): Variská metamorfóza velmi nízkého stupně bazaltových a ryolitových žil v brněnském masivu. – *Zprávy o geologických výzkumech v roce 2009*, 22–27. Praha.
- Gadas, P. – Gregerová, M. – Krmíčec, L. (2007): Bazické žíly s pyroxenem v okolí Blanska. – *Zprávy o geologických výzkumech v roce 2006*, 69–72. Brno.
- Gregerová, M. (1977): Tmavé žilné horniny brněnského masivu. – MS, rigorózní práce, PŘF UJEP. Brno.
- Hanžl, P. – Přichystal, A. – Melichar, R. (1995): The Brno massif: volcanites of the northern part of the metabasite zone. – *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Geology*, 34, 75–82. Olomouc.
- Hanžl, P. et al. (2000): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČR 1 : 25 000, list 24-322 Blansko. – ČGS Praha. In: *Litogeochemická databáze České geologické služby*, Praha.
- Hanžl, P. – Melichar, R. – Leichmann, J. (eds) (1999): Excursion guide of 4th meeting of the Czech tectonic studies group. – *Geolines*, 8, 80–96.
- Jensen, L. S. (1976): A new cation plot for classifying subalkaline volcanic rocks. – *Miscellaneous Paper – Ontario Division of Mines No. 66*.
- Kratinová, L. (2007): Alterace hornin boskovické brázdy – produkt fosilního hydrotermálního systému? – MS, diplomová práce, PŘF MU Brno.
- Kretz, R. (1983): Symbols for rock-forming minerals. – *American Mineralogist*, 68, 277–279.
- Leake, B. E. – Woolley, A. R. – Arps, C. E. S. – Birch, W. D. – Gilbert, M. C. – Grice, J. D. – Hawthorne, F. C. – Kato, A. – Kisch, H. J. – Krivovichev, V. G. – Linthout, K. – Laird, J. – Mandarino, J. – Maresch, W. V. – Nickel, E. H. – Rock, N. M. S. – Schumacher, J. C. – Smith, D. C. – Stephenson, N. C. N. – Ungaretti, L. – Whittaker, E. J. W. – Youzhi, G. (1997): Nomenclature of amphiboles. Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names. – *European Journal of Mineralogy*, 9, 623–651.
- Leichmann, J. (1996): *Geologie und Petrologie des Brunner Massivs*. – MS, University of Salzburg., 118 p.
- Mitrenga, P. – Rejl, L. (1993): Brněnský masiv. – In: Přichystal, A. – Obstová, V. – Suk, M. (eds): *Geologie Moravy a Slezska. – Moravské zemské muzeum*, 9–14.
- Němec, D. (1995): Basalt dykes of the Brno massif, Moravia, Czech Republic. – *Věstník Českého geologického ústavu*, 70, 2, 75–80. Praha.
- Pearce, J. A. (1996): A User's Guide to Basalt Discrimination Diagrams. In: Wyman, D. A. (ed.): *Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Application for Massive Sulphide Exploration*. Short Course Notes 12, 79–113. – Geological Association of Canada. Winnipeg, Manitoba.
- Pearce, J. A. – Norry, M. J. (1979): Petrogenetic Implications of Ti, Zr, Y, and Nb Variations in Volcanic Rocks. – *Contributions To Mineralogy and Petrology*, 69, 33–47.
- Přichystal, A. (1993): Vulkanismus v geologické historii Moravy a Slezska od paleozoika do kvartéru. – In: Přichystal, A. – Obstová, V. – Suk, M. (eds): *Geologie Moravy a Slezska*, 59–70. MZM a SGV PŘF MU. Brno.
- Přichystal, A. (1999): Kalium-argonové datování bazaltové žíly ze Želešic (brněnský masiv). – *Zprávy o geologických výzkumech v roce 1998*, 6, 120–121. Brno.
- Schumacher, J. (1996): The estimation of the proportion of ferric iron in the electron-microprobe analysis of amphiboles. – *Canadian Mineralogist*, 34, 238–246.
- Sun, S. S. – McDonough, W. F. (1989): Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. – In: Saunders, A. D. – Norry, M. J. (eds): *Magmatism in ocean basins*. Geological Society of London Special Publications, 42, 313–345.
- Šmejkal, V. (1964): Absolutní stáří některých vyvřelých a metamorfovaných hornin Českého masívu stanovené kalium–argonovou metodou (II. část). – *Sborník geologických věd*, G, 4, 121–136. Praha.
- Wedepohl, K. H. – Baumann, A. (1999): Central European Cenozoic plume volcanism with OIB characteristics and indications of a lower mantle source. – *Contributions To Mineralogy and Petrology*, 136(3), 225–239.