

Smrčín, které časově patří mezi YIC granity, ale chemicky jsou poměrně primitivní.

**Vrt KP-59 u Královského Poříčí** – apatit lze na základě velmi nízkých obsahů Mn i Fe klasifikovat jako příslušný k OIC, složení zirkonu a monazitu tomu neodporuje.

**Vrt GS-7 u Královského Poříčí** – apatit se nezachoval. Zirkon je velmi primitivní, bez stopových prvků, ale monazit je poměrně bohatý na thorium. Mohlo by jít o granit příslušný k pozdním doplňkovým intruzím staršího komplexu (OIC), které jsou známy i z výchozů v zářezu železniční trati v. od Královského Poříčí.

**Vrt HS-14 u Nového Sedla** – monazit má více Th, ale apatit i zirkon jsou chemicky velmi primitivní. Granit lze poměrně s jistotou zařadit ke staršímu intruzivnímu komplexu (OIC).

## Závěr

Apatit a monazit se ukazují být potenciálními klasifikačními minerály pro vývojová stadia granitových plutonů Krušných hor. Jejich použití je však omezeno na čerstvé a

slabě zvětralé horniny. Pro kaolinizované horniny je využití nelze, protože se během kaolinizace rozkládají.

Zirkon byl zachován ve všech vzorcích a je stabilní i v silně kaolinizovaných horninách. V každém vzorku má však velmi proměnlivé složení, proto ho pro klasifikaci vývojových stadií plutonu nelze použít.

Pravděpodobné zařazení všech vzorků granitu z vrtů do podloží ke staršímu intruzivnímu komplexu (OIC) je v souladu s představou, že výrazně převažující část dna pánve je tvořena granity horského typu (staršího intruzivního komplexu).

## Poděkování

Výzkum byl financován Ministerstvem životního prostředí v rámci projektu „3D modelování reliéfu podloží sokolovské a chebské pánve. Vytvoření datového souboru pro digitální modelování z databáze ČGS Geofondu“. Autor děkuje R. Čopjakové a R. Škodovi za pomoc při analýzách na mikrosondě.

## Literatura

HANCHAR, J. M. – HOSKIN, P. W. O., Eds (2003): Zircon. – Reviews in mineralogy and geochemistry, 53. – Mineral. Soc. Amer. Washington.

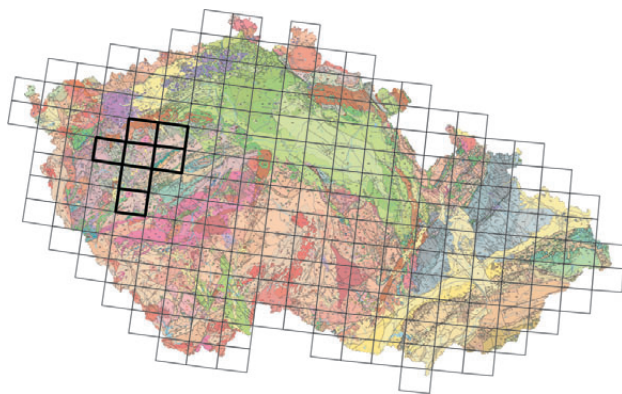
## TYPY A CHEMISMUS INTRUZIVNÍCH HORNIN V SZ. ČÁSTI BARRANDIENSKÉHO PROTEROZOIKA

### Intrusive rocks in the Barrandian Proterozoic and their chemical composition

DAVID DOLEJŠ

*Bayerisches Geoinstitut, Universität Bayreuth, 95440 Bayreuth, Bundesrepublik Deutschland*

(11-42 Mančetín, 12-13 Jesenice, 12-14 Rakovník, 12-31 Plasy, 12-32 Zdice, 12-33 Plzeň, 22-11 Přeštice)

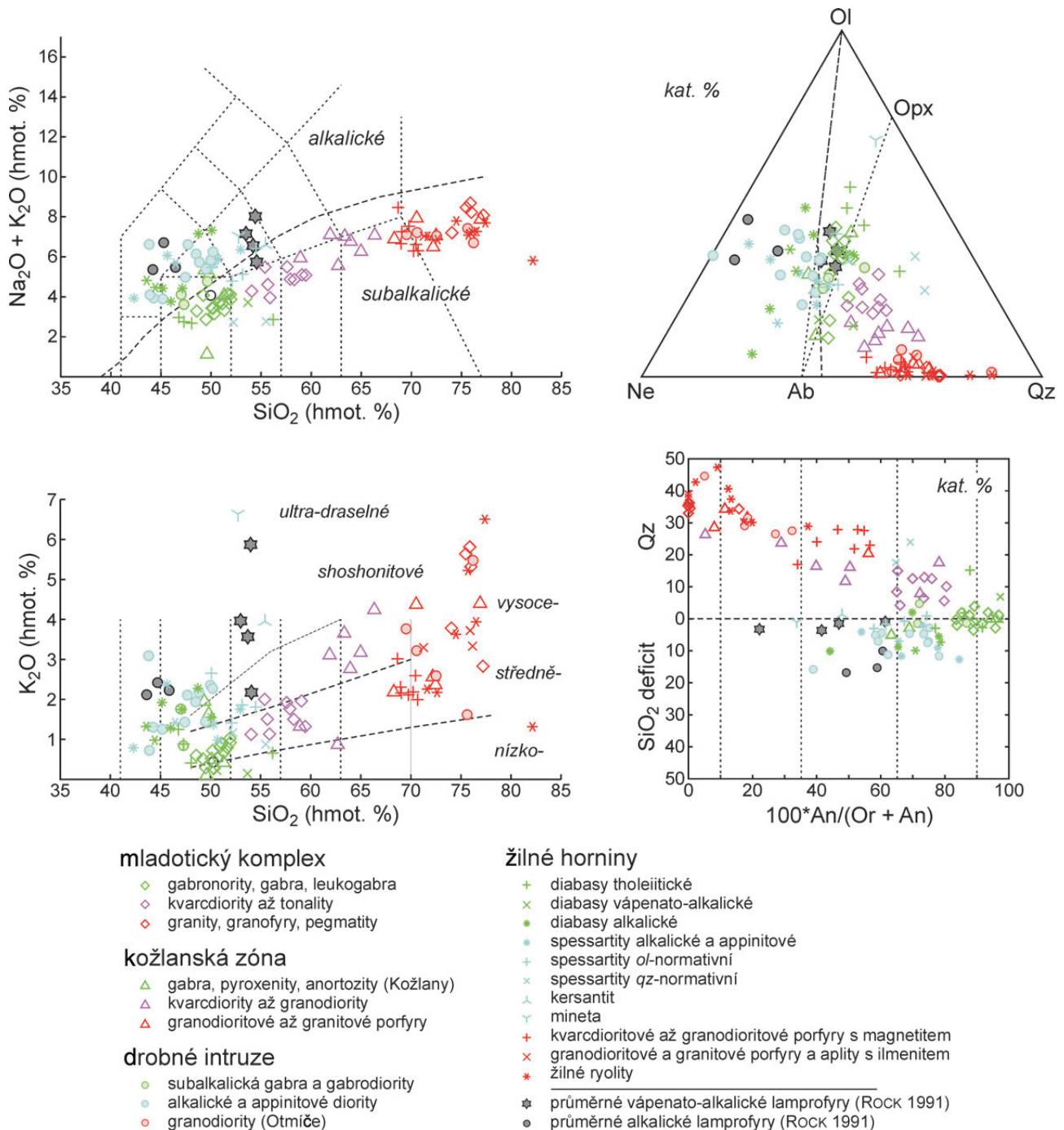


*Key words: small intrusions, dyke rocks, tholeiitic, calc-alkaline, alkaline, basalt, lamprophyre, porphyry, magma differentiation*

**Abstract:** Intrusive clusters, stocks and dyke swarms emplaced in the Neoproterozoic basement of the northwestern Barrandian reveal four tectonomagmatic events during the Paleozoic era: (1) tholeiitic gabbros and norites of the Mladotice complex, which are similar to Kdyně, Poběžovice and Bechlín bodies of Cambrian age; (2) medium- to high-K calc-alkaline quartz diorites to

granodiorites of the Kožlany intrusive zone, which are geochemically comparable to the 2nd extrusive phase of the Křivoklát-Rokyčany volcanic belt; (3) mafic stocks and dyke swarms ranging from subalkaline to alkaline types with appinitic and lamprophyric textures, whose chemical composition resembles that of Ordovician or Silurian volcanics of the Barrandian; (4) calc-alkaline quartz diorite to granodiorite porphyries, which appear to be related to the Čistá granodiorite pluton. Intermediate extrusives and intrusives are often accompanied by spatially restricted occurrences of granite, aplite, rhyolite or spessartite dykes.

Vulkanosedimentární sekvence proterozoika v sz. části Barrandienu proráží řada intruzivních hornin nejrůznější petrografické povahy. Základní petrografický výzkum drobných výskytů provedl SLAVÍK (1902), na jehož práci navazují příspěvky PAUKA (1930), KRATOCHVÍLA (1968, 1969) a dalších. V souvislosti s podrobným petrologicko-geochemickým studiem drobných bazických těles v okolí čistecko-jesenického plutonu (ULRYCH et al. 1976, FEDIUŠKOVÁ – FEDIUŠKA 1978) vznikla koncepce satelitního uspořádání drobných bazických intruzí kolem čisteckého tělesa tohoto plutonu (např. FEDIUŠKOVÁ – FEDIUŠKA 1989). Následující výzkum drobných intruzí a žilných hornin v západočeském proterozoiku vedl podle geologicko-petrografických kritérií k vymezení intruzivních zón, drobných



Obr. 1. Chemické a katanormativní složení intruzivních hornin barrandienského proterozoika.

intruzí (pňů) a žilných rojů, na čistecko-jesenickém plutonu patrně nezávislých (DOLEJŠ 1995a,b, 1996). Tento příspěvek podává systematický přehled intruzivních skupin a jejich geochemickou charakteristiku, která vychází z vyhodnocení 101 publikovaných i nově provedených chemických analýz (obr. 1).

### Intruzivní zóny

*Intruze vulkanických zón* představují bazické až intermediární intruze, pravděpodobně kambrického stáří, které vy-

stupují ve vulkanických pásech barrandienského proterozoika – kdyňský pluton, poběžovický pluton, mladotický komplex a pravděpodobně i diority až kvarcdiority ve vrtu Bechlín u Roudnice nad Labem (CHÁB 1975). *Mladotický komplex* je intruzivní shluk s polyfázovým vývojem, obsahující olivinitické gabronority až amfibolické gabra, která při vmístění způsobila anatexi proterozoických metasedimentů za vzniku granitů, alkalicko-živcových granofyry a pegmatitů. Následné míšení vedlo ke vzniku amfibol-biotitických kvarcdioritů až tonalitů za souběžné frakcionace leukogabrových kumulátů.

*Kožlanská intruzivní zóna* tvoří sv.-jz. pruh intermediár-

ních intruzí mezi Rakovníkem, Kožlany a Kralovicemi (DOLEJŠ 1995a). V severovýchodní části se nachází granodioritová intruze u Lubně, pestrý vývoj má kožlanský kvarcdioritový peň s gabrovým tělesem (FEDIUK – FEDIUKOVÁ 1989) a j. od Kralovic sem řadíme kvarcdiorit na Holém vrchu. Do této zóny lze volně přiřadit i skrytý výskyt granodioritu v podloží karbonu na s. okraji Rakovníka, ložní žíly granodioritových porfyrů u Krakova a Všesulova, granitových porfyrů a granofyrů u Kožlan (KRATOCHVÍL 1969) a patrně i drobné těleso u Babiny v. od Plas. V rámci kožlanské zóny se mění složení hornin i hloubka vmístění intruzí od JZ k SV. Na Kralovicku převažují intermediární kvarcdiority s širokými kontaktními aureolami, zatímco u Rakovníka se vyskytují granodiority s výraznými, nízkoteplotními hydrotermálními alteracemi a rozptýleným zrudněním.

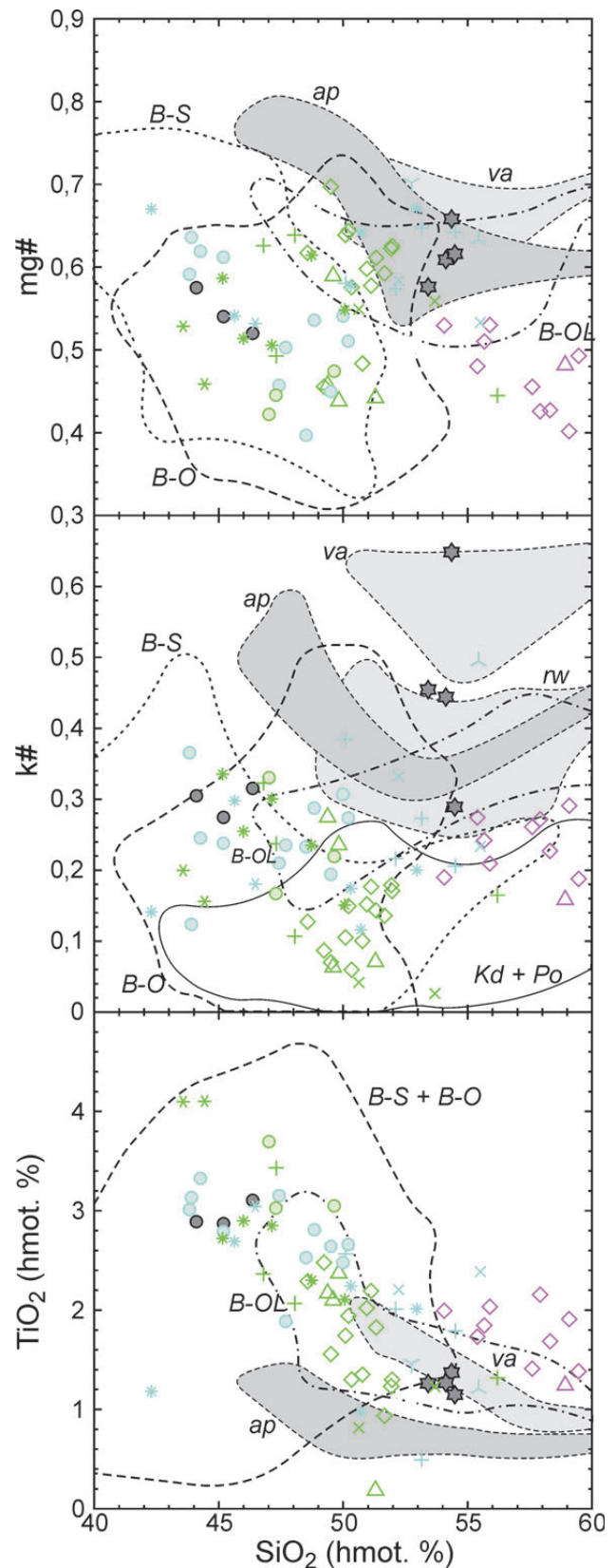
V jihozápadní části kožlanské zóny se vyskytuje několik mohutných žil granitových porfyrů (Plasy – Trojany), které doprovázejí hololeukokratické diferenciaty žilných ryolitů (Rybnice – Trojany). Spojujícím rysem mezi bazaltickou intruzivní zónou a plaským žilným rojem je petrografická příbuznost granodioritových členů, častá přítomnost xenolitů, prostorová návaznost obou zón a společná pozice v ne-vulkanickém pásu proterozoika.

### Drobné intruze

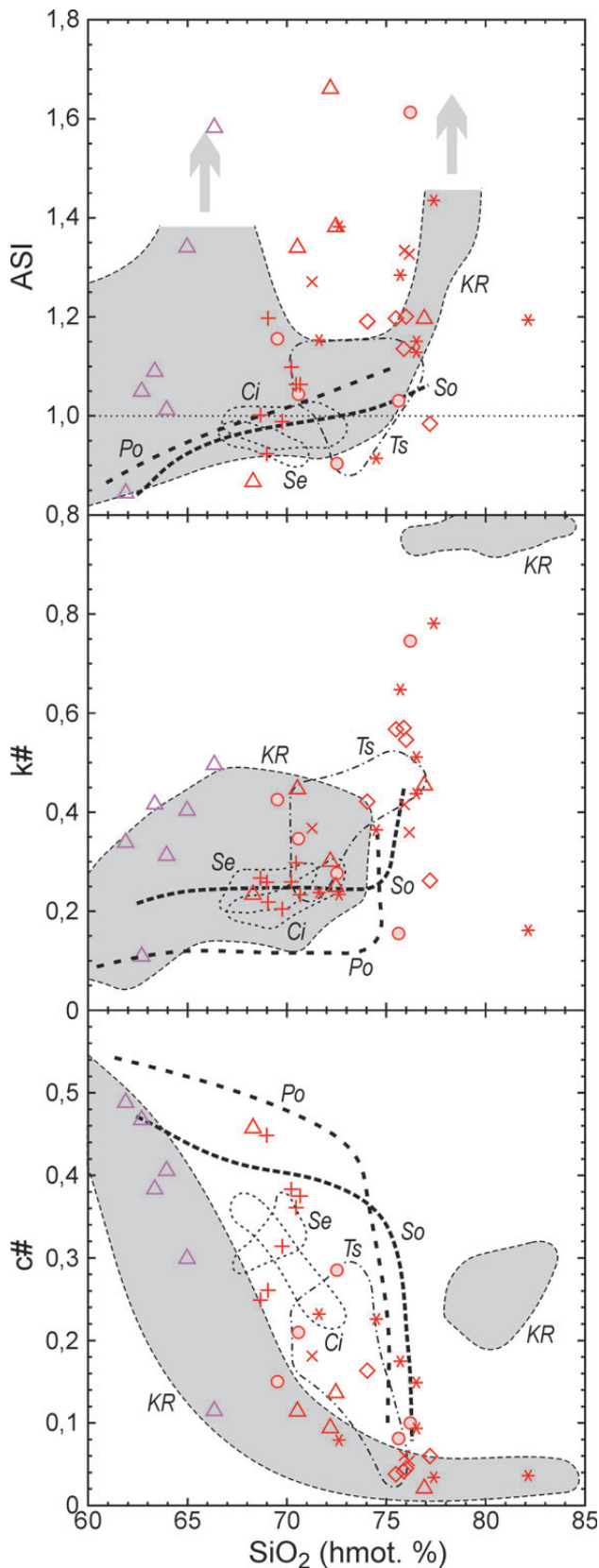
Drobné intruze jsou koncentrovány především v prostoru mezi Rakovníkem, Manětínem, Rokycany a Křivoklátem. Část z nich byla sloučena do předchozích intruzivních zón a skupin, zbývající jsou nestejně rozptýlené drobné pně a žilné intruze o velikosti desítek až stovek metrů. Prozatím je podle petrografického a chemického složení dělíme do dvou skupin: (1) *subalkalická gabra až gabrodiority*, např. amfibol-pyroxenické gabra Kosobody (FEDIUKOVÁ – FEDIUK 1978), amfibolické gabra Kalec, amfibolický gabrodiorit Ledce, amfibolické gabra až diorit Plasy, pyroxenické gabra až diorit Chocenický Újezd; (2) biotit-amfibolické a biotit-pyroxenické diority až kvarcmonzodiority, převážně *alkalického typu* (Modřejevovice, Malá Černá Hať), popř. diority lamprofyrového rázu (Plasy-Špitál, Mladotice-Střela, Hodovíz) a kvarcmonzodiority (Městečko).

*Skupina alkalického (appinitového) typu* také zahrnuje těleso petrovického meladioritu (melagabra, ULRYCH et al. 1976) a několik obdobných výskytů u Lašovic, Pavlíkova a Krakova (DOLEJŠ 1995b). Diority až meladiority se vyznačují proměnlivou zrnitostí, přítomností miarolitických výplní a výskytem podružných leukokratických a albititových facií. Nově tuto intruzivní sérii rozšiřujeme na Z do okolí Plas a Mladotic, kde se vyskytují biotit-amfibolické diority (Mladotice-Střela), biotit-amfibolické diority až spessartity (Plasy-Špitál) a amfibolické a biotitické diority (Hodovíz; DOLEJŠ 2008). Na Rakovnícku i Mladoticku jsou diority protínány žilami miarolitických (appinitových) spessartitů.

Samostatné postavení mezi drobnými intruzemi mají *granodiority* na Rokycansku a v podobě xenolitů známé z ordovických a silurských vulkanitů jihozápadního Barrandienu.



Obr. 2. Variační diagramy pro bazické intruzivní horniny. Symboly mg# a k# = molární poměry  $MgO/(MgO + FeO_{tot})$  a  $K_2O/(Na_2O + K_2O)$ . Kd – kdyňský pluton, Po – poběžovický pluton, B-O – ordovické vulkanity Barrandienu, B-OL – ordovické biotitické lamprofyry Barrandienu, B-S – silurské vulkanity Barrandienu, rw – redwitzity, ap – appinity, va – vaugnerity.



Obr. 3. Variační diagramy pro intermediární a acidní intruzivní horniny. Symboly ASI, k# a c# = molární poměry  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ ,  $\text{K}_2\text{O}/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  a  $\text{CaO}/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ . KR – křivoklátsko-rokycanské pásmo, Ci – čistecský pluton, Se – štěnovický pluton, Ts – tiský (a jesenícký) pluton, So – stodský pluton, Po – poběžovický pluton.

## Žilné horniny

Žilné horniny tvoří petrograficky nejrozmanitější skupinu, zahrnující ultramafity, diabasy, lamprofyry a leukokratické porfyry. *Ultramafity* se vyskytují pouze jako jediný výskyt amfibolického pyroxenitu u Horního Liblína. Nejhojnějšími horninami jsou *žilné bazaltoidy (diabasy)*, které z chemického hlediska náležejí tholeiitickým, vápenato-alkalickým i alkalickým bazaltům. Tholeiitické diabasy jsou poměrně vzácné a vyskytují se hlavně v blízkosti vulkanických pruhů a patrně jde o žilné ekvivalenty tohoto bazického vulkanismu (Čivice, Skryje, Vrážné). Vápenato-alkalické diabasy (vysokohlinité bazalty) mají zvýšený obsah plagioklasu, který často vystupuje ve vyrostlicích (tzv. diabasové porfyry). Nejčastější jsou alkalické diabasy, zahrnující pyroxenické, olivinické, amfibolické a biotit-amfibolické typy (např. okolí Plas). *Spessartity* tvoří několik typů: (1) mocné žíly v okolí tělesa petrovického meladioritu; (2) spessartity (s magmatickými brekciemi) až mikrodiority appinitového typu obklopující tělesa dioritů v okolí Plas, Mladotic a na Rakovnicku; (3) žilný doprovod intermediárních intruzí kožlanské zóny (FEDIUK – FEDIUKOVÁ 1989, DOLEJŠ 1995a); (4) samostatné žíly na Kralovicku a v čisteckém plutonu. *Biotitické lamprofyry* jsou vzácné a tvoří pouze ojedinělé výskyty v celém území. Patří minetám (Panoší Újezd, Kožlany) a kersantitům (Tytry, Kožlany, Plasy); výskyty křemenných kersantitů v s. okolí Plas jsou prostorově spjaté s biotitickými mikrodioritami.

*Granodioritové až kvarcdioritové porfyry* s magnetitem na Rakovnicku a Kralovicku tvoří mohutný roj žil v.-z. až vjv.-zsz. směru, který začíná sz. od Mladotic a pokračuje přes Řemešín, Potvorov a okolí Kralovic do jz. okolí Rakovníka. Tyto horniny jsou chemicky shodné s čisteckým granodioritem. *Granitoidní porfyry a aplity* s ilmenitem tvoří nehojně, petrograficky variabilní žíly v širším s. okolí Plas, v okolí Velké Černé Hatě a v jz. okolí Rakovníka; jejich genetická příslušnost ani vztah k rozšířenějším porfýrům s magnetitem nejsou zatím jasné. *Aplity a pegmatity* jsou úzce vázány na některé větší intruze – vyskytují se v čisteckém granodioritu a jeho s. okolí (Kosobody, Plaveč), další aplity jsou finálními diferenciaty kvarcdioritového pně na Holém vrchu. Svérázný charakter má žilný doprovod křivoklátsko-rokycanského pásma, reprezentovaný *ryolity* a jedním výskytem dioritového porfyru. K žilným ryolitům náleží i mohutná žíla mezi Račicemi a Žilinou, pokračující do podloží kladensko-rakovnické pánve.

## Chemismus intruzivních hornin

Gabroidy mladotického komplexu představují tholeiitická magmata ( $< 1,1$  hmot. %  $\text{K}_2\text{O}$ ) odpovídající primitivním členům kdyňského a poběžovického plutonu (obr. 2). Kvarcdiority a tonality mají středně draselný vápenato-alkalický charakter, který je pro mladotický komplex specifický a byl způsoben intenzivní asimilací proterozoických fylitů a metadrob. Intruziva kožlanské zóny mají vápenato-alkalický chemismus, který se směrem od JZ

k SV vyvíjí od nízko- k vysokodraselnému typu. Svým složením jsou velmi podobné andezitům a dacitům křivoklátsko-rokycanského pásma, především jeho druhé intruzivní fázi, a svými poměry Ca, Na a K se liší od západočeských intermediárních a acidních plutonitů (obr. 3).

Bazické žilné horniny dělíme podle chemického složení do následujících skupin: (1) vápenato-alkalické lamprofyry s. s. s více než 52 hmot. %  $\text{SiO}_2$  a *hy*-normativním charakterem (kersantity, minety a spessartity v okolí Kralovic a Kožlan); (2) subalkalické, převážně tholeiitické diabasy s méně než 3 hmot. %  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ , které doprovázejí metabazaltové vulkanity (Čivice, Vrážné); (3) alkalické žilné horniny (43–52 hmot. %  $\text{SiO}_2$ ), které mají složení alkalických bazaltů až alkalických lamprofyřů (normativní *ne*, 2,0–4,1 hmot. %  $\text{TiO}_2$ ) a zahrnují petrograficky rozmanitou škálu hornin od olivinických diabasů přes amfibolické diabasy k biotitickým spessartitům, jejichž textury se plynule mění od ofitických k miarolitickým a appinitovým typům. Tato petrografická a texturní variabilita je výsledkem heteromorfních minerálních vztahů (např. olivín + klinopyroxen + anortit + [nefelín]<sub>liq</sub> +  $\text{H}_2\text{O} = \text{pargasit} + \text{albit}$ ), které odrážejí proměnlivou aktivitu  $\text{H}_2\text{O}$  v magmatu a vysvětlují absenci foidů v amfibolických typech.

Drobné bazické intruze dělíme konvenční hranicí  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 0,41 \text{ SiO}_2 - 15,05$  v beztěkavinové bázi na „subalkalickou“ a alkalickou skupinu (obr. 1). Subalkalická amfibol-pyroxenická až amfibolická gabra a gabrodiority mají *hy*-normativní charakter (Kosobody, Kožlany, Kalec, Ledce), zatímco alkalická gabra, diority a plutonické spessartity s appinitovými texturami (Petrovice, Mladotice – Střela) jsou *ne*-normativní.

Celou skupinu bazických intruzí a alkalických žilných hornin charakterizují zvýšené obsahy  $\text{TiO}_2$  (1,0–4,1 hmot. %),  $\text{K}_2\text{O}$  (0,7–3,2 hmot. %). Jejich molární poměr  $\text{MgO}/(\text{MgO} + \text{FeO}_{\text{tot}})$  ve vztahu k  $\text{MgO}$  je zřetelně nižší než u primárních plášťových magmat, vaugneritů, vápenato-alkalických lamprofyřů, appinitů a redwitzitů. Obsahy  $\text{K}_2\text{O}$  jsou podobné suitě redwitzitů, ale zvýšené obsahy  $\text{Na}_2\text{O}$  u alkalických bazik posouvají hodnoty molárního poměru  $\text{K}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$  pod charakteristické rozpětí vaugneritů, appinitů a redwitzitů.

Acidní žilné horniny (67–77 hmot. %  $\text{SiO}_2$ ) mají široké rozpětí molárního poměru  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 0,8$  až 1,7 (obr. 3). Podle chemického složení je můžeme rozdělit na následující typy: (1) granodioritové porfyry (s magnetitem) se zvýšenými obsahy  $\text{CaO}$  (2,1–4,3 hmot. %) a sníženou koncentrací  $\text{K}_2\text{O}$  (2,0–3,0 hmot. %); (2) porfyrové diferenciaty kožlanské zóny, kde molární poměr  $\text{CaO}/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  klesá k hodnotám 0,14 až 0,03; (3) porfyry a aplity s ilmenitem, jejichž složení odpovídá granitovému minimu (75–77 hmot. %  $\text{SiO}_2$ ); (4) žilné ryolity, které svým rozptylem chemismu nasvědčují slabé hydrotermální alteraci a silicifikaci.

## Shrnutí

V barrandienském proterozoiku se uplatnilo několik magmatických etap, které se projevují produkty tholeiitického, vápenato-alkalického a alkalického charakteru a zahrnují ultramafické až acidní horniny. Na základě terénních pozorování je možné sestavit časový sled intruzí: (1) bazické a intermediární intruze stříbrsko-plaské zóny (mladotický komplex) s geochemickou návazností na primitivní tholeiitická bazika kdyňského a poběžovického plutonu, pravděpodobně kambrického stáří; (2) intermediární a acidní intruze kožlanské zóny, které geochemicky navazují na svrchnokambrické křivoklátsko-rokycanské pásmo; (3) subalkalické, alkalické až appinitové drobné intruze a žilné horniny, jejichž chemismus odpovídá ordovickým, popř. silurským vulkanitům Barrandienu a liší se od žilných hornin příbramské a domažlické oblasti; (4) granodioritové až kvarcdioritové porfyry s magnetitem v okolí Mladotic, Kralovic a Rakovníka, které odpovídají čisteckému granodioritu. Prostorově omezené a nehojné výskyty peraluminických tonalitových až granitových porfyřů a ryolitů jsou lokální diferenciaty intermediárních magmatitů, zatímco vápenato-alkalické spessartity okolí Kralovic pravděpodobně náležejí k čistecko-jesenickému plutonu.

*Poděkování patří prof. Ferry Fediukovi (GeoHELP Praha) za četné inspirující podněty v úvodních fázích této studie.*

## Literatura

- DOLEJŠ, D. (1994): Granodioritová intruze u Lubné jz. od Rakovníka. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 1993, 20–21.
- DOLEJŠ, D. (1995a): Žilné horniny appinitového typu v sz. křídle Barrandienu. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 1994, 39–40.
- DOLEJŠ, D. (1995b): Intermediární intruze v proterozoiku mezi Rakovníkem a Plas. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 1994, 40–42.
- DOLEJŠ, D. (1996): Geologické poměry okolí Mladotic ssz. od Plzně. – Zpr. Geol. Výzk. v Roce 1995, 43–45.
- DOLEJŠ, D. (2008): Intruzivní horniny v barrandienském proterozoiku okolí Plas. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2007, 17–21.
- FEDIUK, F. – FEDIUKOVÁ, E. (1989): Složený intruzivní peň od Kožlan na Kralovicku. – Acta Univ. Carol., Geol., 1988, 4, 437–479.
- FEDIUK, F. – FEDIUKOVÁ, E. (1996): Příspěvek k petrografii a mineralogii hlavních typů gabronoritických až kvarcdioritických plutonitů intruzivního shluku u Mladotic, západní Čechy. – Erica, 5, 3–19.
- FEDIUKOVÁ, E. – FEDIUK, F. (1978): Gabro od Kosobod na Rakovnicku. – Acta Univ. Carol., Geol., Kratochvíl Vol., 3/4, 365–392.
- CHÁB, J. (1975): Intruzivní horniny strukturního vrhu Bechlín u Roudnice nad Labem. – Sbor. geol. Věd. Geol., 27, 55–82.
- KRATOCHVÍL, F. (1968): Žilné vyvěřeliny na mapovém listu Radnice. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 1966, 3–33.
- KRATOCHVÍL, F. (1969): Druhá zpráva o žilných vyvěřelinách na mapovém listu Radnice. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 1967, 82–86.
- PAUK, F. (1930): Předběžná zpráva o intrusivních vyvěřelinách při Střele u Plas. – Sbor. St. geol. Úst. Čs. Republ., 9, 369–411.
- ROCK, N. M. S. (1991): Lamprophyres. – 285 str. Blackie. London.
- SLAVÍK, F. (1902): Příspěvek k poznání vyvěřelin středočeského praekambria. – Rozpr. Čes. Akad. Vědy Slovesn. Umění, Tř. II, 11, 4, 32 str.
- ULRYCH, J. – CIMBÁLNÍKOVÁ, A. – FIALA, J. – KASPAR, P. – LANG, M. – MINÁŘÍK, L. – PALIVCOVÁ, M. – PIVEC, E. (1976): Petrology of the Petrovice melagabbro. – Rozpr. Čs. Akad. Věd, Ř. mat. příř. Věd, 86, 9, 57 str.