

# Petrologie a geochemie metabazických hornin zastižených jádrovými vrty v povodích Na zeleném a Pluhův bor ve Slavkovském lese v západních Čechách

Petrology and whole-rock geochemistry of metabasites from borehole cores in the Na Zeleném and Pluhův Bor catchments in the Slavkov Forest, western Bohemia

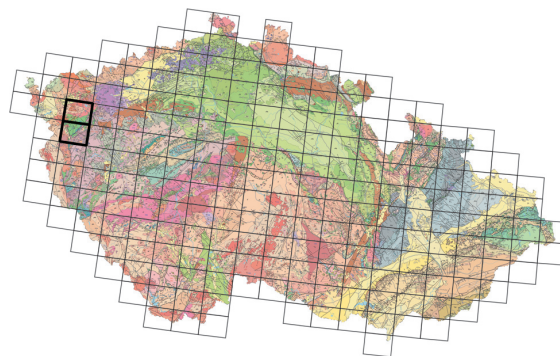
VERONIKA ŠTĚDRÁ<sup>1</sup> – PAVEL KRÁM<sup>2</sup> – JURAJ FARKAŠ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1;  
veronika.stedra@geology.cz

<sup>2</sup> Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5

**Key words:** Slavkov Forest, Mariánské Lázně Complex, catchment, core boreholes, metabasite, redwitzite, petrology, geochemistry, amphibolite, serpentinite

**Summary:** Long-term geochemical monitoring of soils and drainage water in three lithologically contrasting catchments in the Slavkov Forest in western Bohemia (KráM et al. 2012) challenged the project team to study also the subsurface variability of basement rocks. Three core boreholes were drilled in the Lysina (granite, LY-V1), Pluhův Bor (serpentinite, PB-V1) and Na Zeleném (amphibolite, NZ-V1) catchments (Fig. 1). The latter two drill holes provided comparable samples of metamorphosed basic to ultrabasic rock suite belonging to the Mariánské Lázně Complex (MLC) on the triple junction between Saxothuringian, Moldanubian and Teplá-Barrandian regional units. The PB-V1 drill hole on the top of the Pluhův Bor ridge documents a thin serpentinite layer on its top only, and almost 20 m of mixed and highly sheared amphibolites of variable geochemical features with affinity mostly to calc-alkaline subvolcanic suite referred to as the source of some MLC amphibolites and metagabbros. The NZ-V1 drill hole proved mostly Mg-rich tholeiitic nature of retrogressed garnetiferous amphibolite in the Na Zeleném catchment, at the very rim of the MLC. Three parallel intrusions of



(11-23 Sokolov, 11-41 Mariánské Lázně)

perpotassic Mg-rich metadiorite (redwitzite) up to few metres in thickness were documented from the NZ-V1 core. These members of the redwitzite group were dated from the locality at  $324 \pm 4$  Ma by Jelínek et al. (2004). Profiles of both the boreholes are given in Tables 1 and 2, selected photomicrographs of serpentinitized spinel peridotite/amphibolite/Mg-schist assemblage from PB-V1 drill hole and the amphibolite series with redwitzite intrusions from NZ-V1 are presented in the Figures 2 and 3, respectively. Geochemical features of 23 rock samples (Tab. 3) are projected in selected ternary (Fig. 4) or binary (Fig. 5) plots of the main and trace elements showing principal geochemical features and selected classification indices of both rock series.

Geologické poměry trojného bodu mezi tepelsko-barrandienskou jednotkou (TBU), moldanubikem a saxothuringikem jsou komplikovány variskými intruzemi karlovarského a borského granitového plutonu. Rozhraní regionálních jednotek, mariánskolázeňského metabazického komplexu (MLK) na JZ a saxothuringické slavkovské rulové kry na SV, je v okolí Mariánských Lázní (ML) modifikováno i polyfázovou dislokační tektonikou. Jejím projevem je např. mariánskolázeňský zlom a další zlomové a střížné zóny sz.-jv. a s.-j. směru v oblasti MLK a sousedních jednotek, zejména krystalinika Tepelské plošiny (řazené k TBU) a saxothuringické jednotky Kladské. Výchozové partie metamorfovaného krystalinika jsou v relativně plochých náhorních plošinách MLK a slavkovské kry omezeny na zářezy ojedinělých toků. V rámci evropského pro-

jektu SoilTrEC (Menon et al. 2014) byly v povodích Lysina, Na zeleném a Pluhův bor (KráM et al. 2012) vyvrtány tři jádrové vrty (obr. 1). Vzorkování a geochemická data pro vrt v granitovém povodí Lysina jsou předmětem samostatné publikace. Další dva vrty v povodích Na zeleném (s. od ML) a Pluhův bor (sv. od ML) však představují navzájem kompatibilní sady dat, neboť oba procházejí sekvencí bazických a ultrabazických metamorfítů mariánskolázeňského komplexu. Geologická dokumentace obou vrtů a základní geochemická a petrografická charakteristika hornin zastižených těmito dvěma vrty je předmětem tohoto příspěvku. Geochemická data jsou získána standardní analytickou metodikou pro horninové vzorky v laboratořích České geologické služby a zpracována pomocí programu GCDkit (Janoušek et al. 2006).

Tabulka 1. Zjednodušený vrtný profil vrtu PB-V1 v povodí Pluhův bor / Table 1. Simplified profile of the PB-V1 borehole in the Pluhův Bor catchment

metráž (m)	litologie
0–3,60	reziduum a hlíny
3,60–9,27	serpentinit s ojedinělými zbřidličnatělými polohami, od 6,10 m vyšší podíl tmavých amfibolických poloh
9,27–16,18	střížný kontakt s amfibolity, amfibolitové brekcie, místy s proniky metapyroxenitů a metadioritů
16,18–17,18	amfibolizované metadiority
17,18–22,76	heterogenní amfibolity až metagabra (± rutil)
22,76–25,17	masková břidlice, deformované serpentinity, tremolitovce
25,17–28,00	stříh; spodní jemnozrné drobně okaté amfibolity s plagioklasem; ukončení vrtu

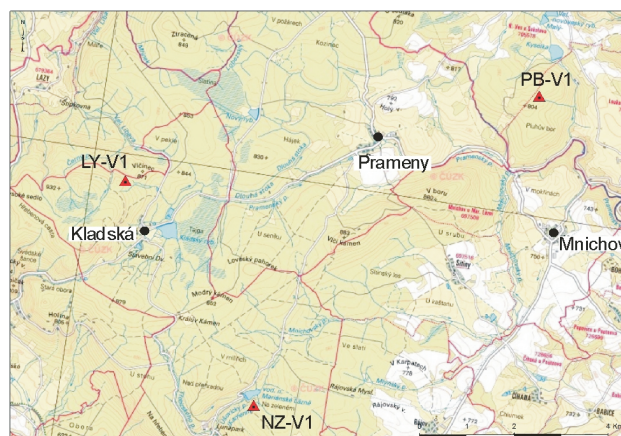
Tabulka 2. Zjednodušený vrtný profil vrtu NZ-V1 v povodí Na zeleném s. od Mariánských Lázní / Table 2. Simplified profile of the NZ-V1 borehole in the Na Zeleném catchment north of Mariánské Lázně

metráž (m)	litologie
0–2,0	reziduum a hlíny
2,0–4,10	amfibolizované metabazity, místy drobně okaté
4,10–6,05	heterogenní parciálně tavené amfibolity s plagioklasem
6,05–6,35	granátický amfibolit
6,35–8,90	epidotizované amfibolity s plagioklasem
8,90–13,52	heterogenní amfibolická metagabra a reliktní granátické metabazity
13,52–13,75	redwitzit drobnozrný
13,75–14,85	epidotický metabazit
14,85–21,10	redwitzit drobnozrný
21,10–22,12	heterogenní amfibolity se sulfidickou příměsí
22,12–23,37	redwitzit drobnozrný
23,37–26,14	amfibolické ruly, amfibolity, deformované epidot-chlorit-aktinolitové metabazity; ukončení vrtu

## Petrografická charakteristika hornin a zjednodušené vrtné profily

### Vrt PB-V1 v povodí Pluhův bor

Vrt PB-V1 je lokalizován při hlavním hřbetu Pluhova boru, asi 8 km ssv. od Mariánských Lázní (50° 03.840' N; 12°46.906' E). V tomto povodí ve výchozech převládají serpentinizované peridotity se spinelem. Amfibolické horniny byly při předchozí rekognoscaci terénu zjištěny ve výchozech vzdálených až několik set metrů od ohlubeně vrtu, nepravidelně podél sv. úbočí protažené elevace Vlčího hřbetu ve střídání s dominujícími serpentinity a drobnými



Obr. 1. Situace jádrových vrtů LY-V1, PB-V1 a NZ-V1 s. od Mariánských Lázní / Fig. 1. Location of the drill holes LY-V1, PB-V1 a NZ-V1 north of Mariánské Lázně.

tělesy světlých tremolitizovaných metapyroxenitů. Dokumentace povodí ukázala rozmanitost horninových typů v tomto masivu; geochemická data pro vzorky serpentinitů, amfibolitů a tremolitových a aktinolitových břidlic z výchozových partií studovaného povodí jsou publikována (Krám et al. 2009). Vrt PB-V1 prokázal přítomnost metabazitů mělce pod serpentinity v drobných vložkách již od 5,60 m a pak souvisleji od hloubky 9,27 m (tab. 1).

### Vrt NZ-V1 v povodí Na zeleném

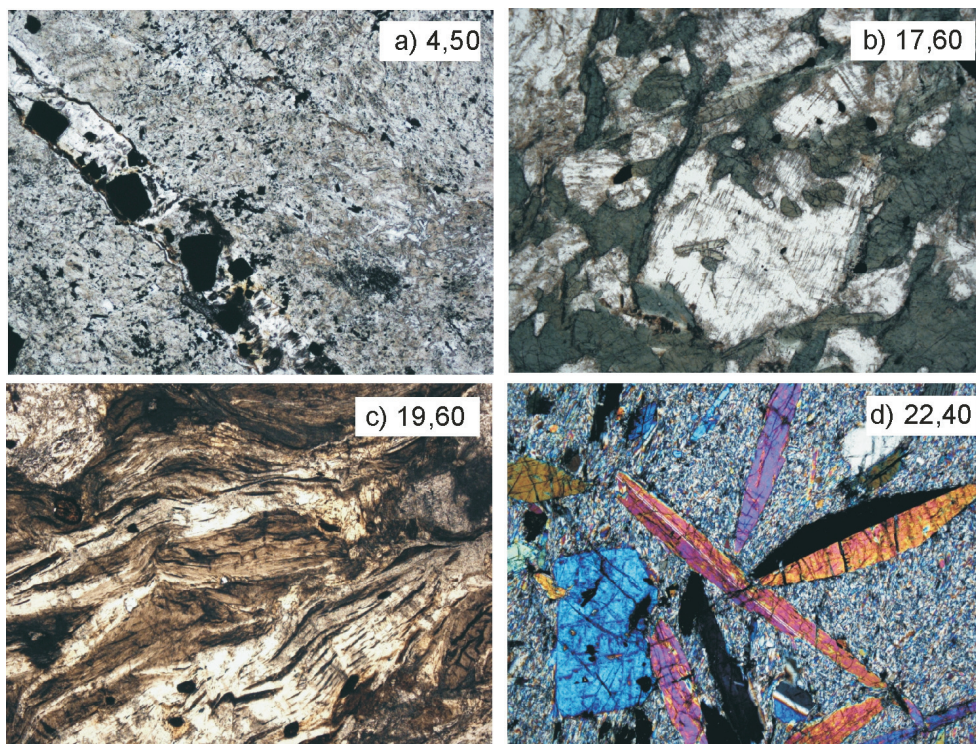
Vrt NZ-V1 se nachází při kontaktu tělesa amfibolizovaných metabazik s granitovou intruzí (50°03.784' N; 12°46.651' E). Vrt zachytil okrajovou sekvenci amfibolizovaných metagaber a retrogresovaných granátických amfibolitů, kterou protínají tři diskordantně uložená žilná tělesa drobně porfyrických redwitzitů. Na složení amfibolitové asociace okraje MLK (Tonika 1998) se podílejí horniny odpovídající retrogradně silně postiženým vysokotlakým metabazitům MLK původně s granátem (Timmermann et al. 2004). Jemnozrné žilné redwitzity (Ullmann 1920) tvoří tři desková tělesa zastížená ve spodní části vrtu v metrážích 13,52–13,75, 14,85–21,10 a 22,12 až 23,37 (tab. 2, obr. 3, Jelínek et al. 2004, Parat et al. 2010, Kovářková et al. 2010). Mezi těmito tělesy redwitzitu se od metráže 23,37 opět vyskytují heterogenní amfibolizované metabazity, místy původně granátické, jejichž méně alterované analogy byly nalezeny ve výchozu ve východním břehu vodního díla Mariánské Lázně (obr. 3d).

### Předběžná geochemická charakteristika metabazitů

Vzorky z obou vrtů jsou v obr. 4 označeny zkratkou vrtu (PB, NZ) a metráží bez desetinné čárky. Na základě obsahu hlavních a stopových prvků (tab. 3) lze vymezit v horninách z vrtu PB-V1 tři hlavní skupiny hornin (obr. 4): Mg-bohaté (ultra)bazické serpentinity a tremolitovce

Tabulka 3. Obsah hlavních (hmot. %) a stopových (ppm) prvků v bazických a ultrabazických metamorfitech z vrtu PB-V1 a NZ-V1 / Table 3. Major (wt. %) and trace (ppm) element content in basic and ultrabasic metamorphic rocks from the PB-V1 and NZ-V1 boreholes

vrt (m)	PB0450	PB0785	PB1020	PB1165	PB1530	PB1705	PB1750	PB1955	PB2030	PB2135	PB2245
	serpentin	hornblendit	m-bazit	m-bazit	m-bazit	m-bazit	amfibolit	Tc břidlice	amfibolit	amfibolit	m-bazit
SiO <sub>2</sub>	38,30	43,67	42,92	49,11	46,45	43,34	51,27	37,74	51,11	55,36	43,55
TiO <sub>2</sub>	0,03	0,28	0,03	0,52	0,48	0,98	0,58	0,57	0,49	0,47	0,48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,46	13,48	2,92	18,43	12,08	16,73	17,75	14,70	17,73	17,57	15,96
FeO	1,22	5,75	3,63	4,73	7,47	8,14	6,41	7,08	4,74	3,42	5,40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,50	2,12	0,31	1,89	1,15	2,10	2,00	0,94	1,42	1,90	1,07
MnO	0,09	0,11	0,14	0,10	0,16	0,16	0,10	0,08	0,10	0,08	0,13
MgO	38,72	19,08	22,04	8,30	15,67	12,64	8,42	24,76	9,30	7,64	16,06
CaO	0,04	5,85	14,55	9,38	10,49	7,92	5,30	4,66	7,23	5,86	11,16
Na <sub>2</sub> O	0,03	1,62	0,38	3,35	2,05	2,64	4,91	0,96	4,53	5,43	2,72
K <sub>2</sub> O	0,01	0,54	0,73	0,51	0,10	0,48	0,22	0,16	0,39	0,42	0,13
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	0,04	0,01	0,14	0,07	0,20	0,04	0,11	0,11	0,09	0,01
F	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	0,05	0,04	0,03	0,04
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	12,42	5,94	2,53	2,94	2,81	3,80	2,30	7,75	2,34	1,39	2,54
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,85	0,80	0,37	0,40	0,18	0,28	0,21	0,36	0,21	0,20	0,18
suma	99,73	99,31	90,60	99,85	99,19	99,45	99,53	99,91	99,75	99,86	99,42
Cr	1456,0	521,0	1408,0	157,0	720,0	21,0	89,0	549,0	201,0	13,0	777,0
Ni	1993,0	332,0	1001,0	81,0	826,0	49,0	61,0	335,0	96,0	29,0	413,0
Rb	2,0	6,0	3,0	16,0	2,0	8,0	2,0	3,0	10,0	11,0	3,0
Sr	0,0	23,0	36,0	401,0	52,0	230,0	542,0	14,0	434,0	257,0	44,0
Zr	0,0	18,0	0,0	50,0	38,0	133,0	64,0	79,0	56,0	62,0	32,0
Nb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	2,0	4,0	1,0	1,0	0,0
Y	12,0	18,0	14,0	23,0	32,0	31,0	26,0	20,0	26,0	19,0	32,0
Th	5,0	2,0	3,0	4,0	1,0	13,0	15,0	3,0	3,0	1,0	5,0
vrt (m)	PB2310	PB2515	PB2775		NZ0325	NZ0405	NZ0865	NZ1145	NZ1450	NZ2375	NZ2595
	pyroxenit	hornblendit	m-bazit		amfibolit	amfibolit	amfibolit	amfibolit	m-bazalt	Grt amf.	Ep amf.
SiO <sub>2</sub>	50,39	58,33	55,30		43,91	43,15	46,20	47,94	46,74	50,97	47,21
TiO <sub>2</sub>	0,05	0,03	0,00		1,84	1,50	2,46	2,15	0,25	0,82	4,30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,89	1,47	17,67		14,30	15,23	14,82	14,46	23,23	17,96	15,25
FeO	3,45	4,28	4,15		10,95	10,08	9,14	9,57	4,30	5,68	7,38
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,52	0,30	1,13		2,88	2,93	1,96	2,20	1,19	1,47	2,20
MnO	0,10	0,12	0,09		0,25	0,20	0,23	0,23	0,13	0,16	0,28
MgO	25,81	23,83	7,31		10,51	11,39	9,51	8,73	6,78	7,31	4,56
CaO	9,21	7,19	4,67		10,29	8,83	6,97	8,54	10,25	8,24	6,97
Na <sub>2</sub> O	0,14	0,31	6,26		1,28	1,84	2,25	2,10	2,03	3,19	3,17
K <sub>2</sub> O	0,14	0,04	0,28		0,32	0,69	1,15	0,78	1,43	1,34	1,87
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	0,01	0,19		0,02	0,20	0,04	0,01	0,05	0,10	2,09
F	0,03	0,03	0,03		0,03	0,09	0,04	0,04	0,06	0,05	0,13
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4,64	3,45	1,97		2,28	2,79	3,54	2,18	2,97	2,17	3,01
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,11	0,16	0,24		0,17	0,24	0,33	0,11	0,11	0,07	0,15
suma	99,49	99,54	99,28		99,03	99,15	98,64	99,04	99,52	99,53	98,58
Cr	1998,0	1943,0	25,0		234,0	192,0	332,0	228,0	444,0	327,0	36,0
Ni	1379,0	1499,0	55,0		150,0	119,0	128,0	111,0	68,0	94,0	56,0
Rb	0,0	3,0	8,0		7,0	14,0	28,0	20,0	53,0	48,0	52,0
Sr	9,0	11,0	405,0		60,0	109,0	122,0	95,0	371,0	377,0	165,0
Zr	0,0	0,0	131,0		39,7	28,0	60,8	59,3	26,5	36,1	73,8
Nb	0,0	0,0	9,0		5,4	6,4	7,7	5,2	0,0	0,0	6,6
Y	11,0	12,0	30,0		33,2	40,9	37,7	36,1	14,4	27,7	47,4
Th	2,0	5,0	4,0		6,0	4,0	4,0	5,0	4,0	3,0	4,0



Obr. 2. Mikrofoto základních zastižených horninových typů ve vrtu PB-V1, Pluhův bor. a – jemnozrný až celistvý serpentinit se sekundárním magnetitem a žilkou chloritu se sulfidy; b – hrubozrné amfibolizované metagabro; c – hrubě lupenitá výplň střížné zóny tvořená převážně klinochlorem, mastkem, chloritem a tremolitem a klasty zelených amfibolů; d – mastková břidlice s cummingtonitem v jemnozrnném matrixu a s dvojčatnými vyrostlicemi tremolitu. Zkřížené nikoly, šíře všech snímků 6 mm / Fig. 2. Photomicrographs of main rock types in the PB-V1 borehole. a – fine-grained serpentinite rich in secondary magnetite and vein with chlorite and sulphides; b – coarse-grained amphibolized metagabbro; c – coarse-grained flakes of clinocllore, talc, chlorite and clasts of tremolite and green amphibole; d – talc schist with cummingtonite in the fine-grained matrix and twinned tremolite crystals. Crossed polars, width of all fields 6 mm.

s obsahem  $\text{SiO}_2$  37–43 %, dále skupina metabazitů s obsahem  $\text{SiO}_2$  43–47 %, které se v Jensenově diagramu promítají do pole komatiitů, a (Ep-)amfibolické metabazity gabrového až gabrodioritového složení. Podobný trend lze vysledovat i při vynesení analytických geochemických dat do ternárních klasifikačních a geotektonických diagramů a binárních diagramů (obr. 4, 5).

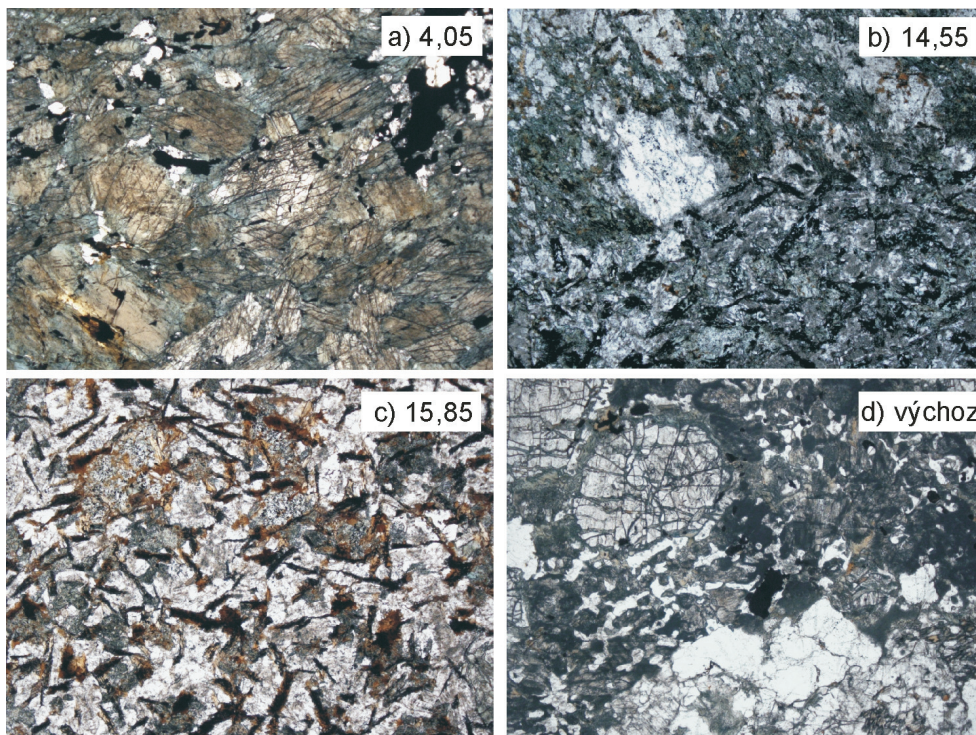
Skupina amfibolitů z metráže 2,0–13,52 ve vrtu NZ-V1, obsahující reliktů výšetlakové asociace s granátem, tvoří konzistentní skupinu v polích petrochemických diagramů (viz obr. 4). Lze je obecně hodnotit převážně jako Mg-tholeiitové bazalty ostrovních oblouků. Miyashirova projekce Al-Fe + Ti-Mg posunuje na základě obsahu stabilnějšího  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tři vzorky z okolí redwitzitových intruzí do okrajů polí bazaltu, andezitu a Fe-tholeiitu. Tyto tři vzorky amfibolitu v hlubší části vrtu PB-V1 mají podle Jensenovy ternární projekce spíše alkalicko-vápenatý charakter. Obsah mobilního draslíku může však být zvýšen druhotně díky přítomnosti hyperdraselného redwitzitu v jejich bezprostředním kontaktu. Horniny z vrtu NZ-V1 jeví navíc relativní homogenitu ve složení hlavních prvků. Podle obsahů  $\text{SiO}_2$  a alkálií spadají s výjimkou jednoho vzorku do pole gaber, po srovnání obsahů FeO a MgO (obr. 4a, 5) je zřejmé, že jejich větší část odpovídá tholeiitové a menší alkalicko-vápenaté sérii podobné části metabazitů z Pluhova boru.

Distribuce Rb a Sr indikuje podobně jako hlavní prvky

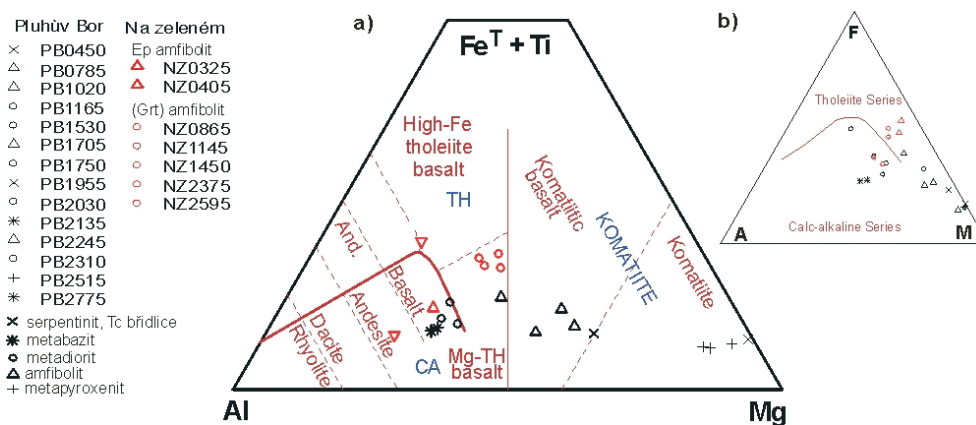
přítomnost tří skupin hornin na Pluhově boru. Amfibolity z vrtu NZ-V1 lze podle obsahu Sr rozdělit do dvou hlavních skupin (50–170 ppm a 300–400 ppm) při obsahu Rb do 55 ppm. Obsah Th v kombinaci se Zr a Nb pro studované metabazity z obou vrtů odpovídá poli alkalicko-vápenatých bazaltů. Starší diagram Nb/Y vs. Zr/ $\text{TiO}_2$  z r. 1977 výrazně odlišením obou skupin potvrzuje. Ze srovnání s metabazity a metagabry MLK (Štědrá et al. 2002) vyplývá, že metabazity z Pluhova boru jsou díky vyššímu poměru Zr/ $\text{TiO}_2$  poněkud mimo hlavní skupiny eklogitů a metagaber MLK a mohou mít blíže k amfibolickým horninám řazeným k jednotce Kladské (Kachlík 1993).

## Závěr

Dvěma jádrovými vrtů do hloubky 28,0, resp. 26,14 m, byly zkoumány metabazické horniny MLK v povodí Pluhův bor a Na zeleném s. od Mariánských Lázní. Metabazity z vrtu NZ-V1 odpovídají silně alterovaným amfibolitům s rutilem a granátem, místy s diablatickou pseudomorfní stavbou po výšetlakových minerálních fázích, a mají převážně tholeiitický subalkalický protolit typický pro amfibolity a eklogity MLK. Tyto amfibolity jsou v hlubší části vrtu v přímém intruzivním kontaktu se třemi paralelními žilnými tělesy jemnozrného redwitzitu. Částečně natavená alkalicko-vápenatá bazika bez granátu s přechody do ultra-



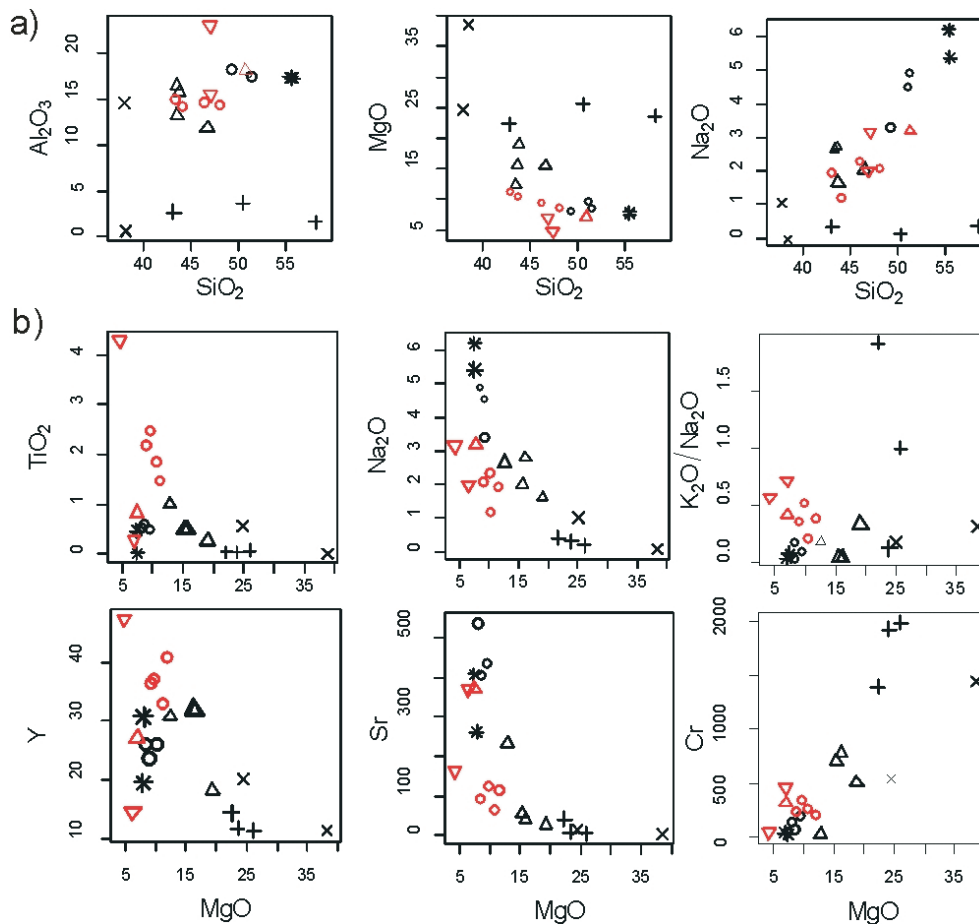
Obr. 3. Mikrofoto základních zastížených horninových typů ve vrtu NZ-V1 Na zeleném. a – hrubozrnný amfibolit s ilmenitem; b – intruzivní ostrý kontakt amfibolitu (nahore) s alterovaným redwitzitem (dole); c – slabě usměrněný redwitzit s elipsovými pseudomorfózami; d – amfibolizovaný, retrográdně postižený eklogit z výchozu pod v. břehem nádrže Mariánské Lázně. Šíře snímku (c) 3 mm, ostatní 6 mm / Fig. 3. Photomicrographs of main rock types in the NZ-V1 borehole: a – coarse-grained amphibolite with ilmenite; b – sharp intrusive contact of recrystallized aligned amphibolite (top) with redwitzite (bottom); c – weakly aligned redwitzite with pseudomorphs; d – amphibolized eclogite from the outcrop at the Mariánské Lázně reservoir eastern bank. Width of the (c) image 3 mm, others 6 mm.



Obr. 4. Diagramy pro porovnání geochemických parametrů v horninách z obou vrtů: a – diagram  $Fe^T + Ti$  vs. Mg vs. Al; b – klasifikační diagram zohledňující obsah alkálií (A) v AFM ternárním diagramu. Reference k diagramům viz Janoušek et al. (2006) / Fig. 4. Comparison of geochemical parameters in the classification diagrams: a –  $Fe^T + Ti$  vs. Mg vs. Al plot; b – the plot showing content of alkalis (A) in the AFM ternary projection. For reference to diagrams see Janoušek et al. (2006).

bazik z vrtu PB-V1 na hřebeni Pluhova boru jsou vesměs mimo pole složení metabazik a metagaber z jádra MLK. Serpentinizovaná ultrabazika, tremolitovec a aktinolitovec, zastížené vrtem PB-V1, jsou výsledkem intenzivního syntektonického metamorfního přepracování okraje tektonického bloku peridotitů a pyroxenitů Pluhova boru na bázi MLK.

*Poděkování. Tento výzkum byl financován evropským projektem SoilTrEC 244118. Vrtý provedla osádka SG IGHG Tachlovice pod vedením vrtmistra M. Topinky. Děkujeme za pomoc V. Bláhovi a M. Novákovi z České geologické služby, za cenné připomínky editorovi K. Breiterovi a recenzentům V. Kachlíkovi a J. Ulrychovi.*



Obr. 5. Vybrané víceprvkové diagramy pro vzorky z vrtů PB-V1 a NZ-V1. Legenda viz obr. 4 / Fig. 5. Selected multi-element plots for samples from the boreholes PB-V1, NZ-V1; for explanation see Fig. 4.

## Literatura

- JANOŠEK, V. – FARROW, C. M. – ERBAN, V. (2006): Interpretation of whole-rock geochemical data in igneous geochemistry: introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). – *J. Petrology* 47, 1255–1259.
- JELÍNEK, E. – SIEBEL, W. – KACHLÍK, V. – ŠTEMPROK, M. – HOLUB, F. V. – KOVÁŘIKOVÁ, P. (2004): Petrologie a geochemie mafických intruzí v západokrušnohorském granitovém plutonu v okolí Abertam a Mariánských Lázní. – *Zpr. geol. Výzk. v Roce 2003*, 109–111.
- KACHLÍK, V. (1993): The evidence of late Variscan nappe thrusting of the Mariánské Lázně Complex over the Saxothuringian terrane (West Bohemia). – *J. Czech Geol. Soc.* 38, 43–58.
- KOVÁŘIKOVÁ, P. – SIEBEL, W. – JELÍNEK, E. – ŠTEMPROK, M. – KACHLÍK, V. – HOLUB, F. V. – BLECHA, V. (2010): Dioritic intrusions of the Slavkovský les (Kaiserwald), Western Bohemia: their origin and significance in late Variscan granitoid magmatism. – *Int. J. Earth Sci.* 99, 415–429.
- KRÁM, P. – HRUŠKA, J. – SHANLEY, J.B. (2012): Streamwater chemistry in three contrasting monolithologic catchments. – *Appl. Geochemistry* 27, 1854–1863.
- KRÁM, P. – OULEHLE, F. – ŠTĚDRÁ, V. – HRUŠKA, J. – SHANLEY, J. B. – MINOCHA, R. – TRAISTER, E. (2009): Geocology of a forest watershed underlain by serpentine in central Europe. – *Northeast. Naturalist* 16, Spec. 5, 309–328.
- MENON, M. – ROUSSEVA, S. – NIKOLAIDIS, N. P. – VAN GAANS, P. – NAGOS, P. – DE SOUZA, D. M. – RAGNARSDOTTIR, K. V. – LAIR, G. J. – WENG, L. – BLOEM, J. – KRÁM, P. – NOVÁK, M. – DAVIDSDOTTIR, B. – GISLADOTTIR, G. – ROBINSON, D. A. – REYNOLDS, B. – WHITE, T. – LUNDIN, L. – ZHANG, B. – DUFFY, C. – BERNASCONI, S. M. – DE RUITER, P. – BLUM, W. E. H. – BANWART, S. A. (2014): SoilTrEC: A global initiative on critical zone. – *Env. Sci. Pollution Res.* 21, 3191–3195.
- PARAT, F. – HOLTZ, F. – RENÉ, M. – ALMEEV, R. (2010): Experimental constraints on ultrapotassic magmatism from the Bohemian Massif (durbachite series, Czech Republic). – *Contributions Mineralogy Petrology* 159, 331–347.
- ŠTĚDRÁ, V. – KACHLÍK, V. – KRYZA, R. (2002): Coronitic metagabbros of the Mariánské Lázně Complex and Teplá Crystalline Unit: inferences for the tectonometamorphic evolution of the western margin of the Teplá-Barrandian Unit, Bohemian Massif. – *Geol. Soc. Spec. Publ.*, London 201, 217–236.
- TIMMERMANN, H. – ŠTĚDRÁ, V. – GERDES, A. – NOBLE, S. R. – PARRISH, R. R. – DÖRR, W. (2004): The problem of dating HP metamorphism: a U-Pb isotope and geochemical study on eclogites and related rocks of the Mariánské Lázně Complex, Czech Republic. – *J. Petrology* 45 (7), 1311–1338.
- TONIKA, J. (1998): Geologická mapa ČR 1 : 50 000, listy 11-41 Mariánské Lázně a 11-23 Horní Slavkov s Vysvětlivkami. – *Čes. geol. služba, Praha*.
- ULLMANN, K. (1920): Die Redwitzite, eine neue Gruppe von granitischen Lamprophyren. – *Z. Dtsch. Geol. Ges.* 71, 1–33.