

Sbor. geol. věd	Geologie 45	Str. 37—64	9 obr.	6 tab.	— příl.	Praha 1990 ISSN 0581-9172
--------------------	----------------	---------------	-----------	-----------	------------	------------------------------

## Metavulkanity jihovýchodní části lugika, jejich geochemie a geotektonická interpretace

### Metavolcanites of the SE part of the Lugicum, their geochemistry and geotectonic interpretation

Mojmír Opletal<sup>1</sup> - Emil Jelínek<sup>2</sup> - Vratislav Pecina<sup>3</sup> -  
- Karel Pošmourný<sup>1</sup> - Eva Poubová<sup>4</sup>

Předloženo 22. února 1988

1 : 50 000  
04-33  
14-11, 12, 14, 22, 23, 24, 32, 41  
24-12

*Bohemian Massif  
Metavolcanic rocks  
Geochemistry  
Petrology  
Rare earths*

Opletal, M. - Jelínek, E. - Pecina, V. - Pošmourný, K. -  
Poubová, E. [1990]: Metavulkanity jihovýchodní části lugika, jejich geo-  
chemie a geotektonická interpretace. — Sbor. geol. Věd, Geol., 45, 37—64.  
Praha.

**V ý t a h:** Metamorfované mafické vulkanity (zelené břidlice, amfibolity) novoměstského, staroměstského, zábřežského a letovického krystalinika mají subalkalický charakter. Distribuce velkých litofilních prvků, ploché distribuční křivky vzácných zemin a slabá pozitivní europiová anomálie jsou podobné recentním tholeiitickým bazaltům mořského dna. Felzické metavulkanity ze studovaného území mají vápenato-alkalický charakter. Tomu odpovídá i jejich mikrochemismus. Všechny metavulkanity lze považovat za komagmatické. Povaha mafických metavulkanitů ukazuje, že všechny čtyři jednotky mohly vzniknout v sedimentačním prostředí s kůrou oceánského typu.

<sup>1</sup> Ústřední ústav geologický, Malostranské nám. 19, 118 21 Praha 1

<sup>2</sup> Přírodovědecká fakulta Karlovy univerzity, Albertov 6, 128 43 Praha 2

<sup>3</sup> Ústřední ústav geologický, Leitnerova 22, 602 00 Brno

<sup>4</sup> Geindustria, s. p., U průhonu 32, 170 00 Praha 7

### Úvod

Nová geochemická data jsme spolu s údaji dříve publikovanými nebo uloženými v archivních zprávách (Domečka - Opletal 1977, 1980; Jelínek et al. 1984; Poubová 1984; Pecina 1985; Opletal et al. 1985) použili pro celkové srovnání společenstev metamorfovaných vulkanických hornin novoměstského, staroměstského, zábřežského a letovického krystalinika.

Uvedené krystalinické jednotky tvoří v. až jv. část západosudetské soustavy (Svoboda - Chaloupský et al. 1961, Svoboda et al. 1964), která je přibližně shodná s lugiem Suessovým (1926). Mísař et al. (1983) řadí novoměstské, zábřežské a staroměstské krystalinikum do lugičské oblasti, letovické krystalinikum do středočeské oblasti, kterou považují za součást saxothuringika, ale současně zdůrazňují podobnost letovického a staroměstského krystalinika (srov. Jelínek et al. 1984, Mísař 1979, Mísař et al. 1984). Většina geologů považuje metamorfované horniny těchto regionálních jednotek za součást jedné a téže litologické, resp. litostratigrafické jednotky (Kettner 1922; Urban 1934; Mísař 1958, 1963; Svoboda - Chaloupský et al. 1961; Svoboda et al. 1964 aj.). Mísař (1963) ji označil jako zábřežskou sérii s.l., obsahující břidličné, drobové a pestré neritické facie. Novoměstské a zábřežské krystalinikum považoval Mísař za typické představitel drobové facie, v případě letovického a staroměstského krystalinika uvažoval o příslušnosti k drobové a pestré neritické facii. Domečka - Opletal (1976), viz též Opletal et al. (1980), kteří studovali novoměstské krystalinikum a jeho vztah k okolním jednotkám, předpokládají, že Mísařovu drobovou facií zábřežské série s.l. lze považovat za jedinou velkou litostratigrafickou jednotku, novoměstsko-zábřežskou skupinu, která se skládá ze dvou podskupin, starší (?) podložní zábřežské a mladší (?) novoměstské. Metamorfované vulkanity, převážně mafické, jsou zejména v Orlických horách a jejich podhůří soustředěny hlavně při styku obou podskupin.

Novoměstsko-zábřežskou skupinu pokládá většina autorů za proterozoickou (Kettner 1922, Mísař 1963, Domečka - Opletal 1980 a mnozí další), i když ne bez výjimek. O paleozoickém stáří některých částí této jednotky uvažovali kdysi Bukowski (1883) a Kretschmer (1902), později Zapletal (1932) a Kodým - Svoboda (1949) a dnes tuto možnost znovu oživily mikropaleontologické údaje, podle našeho názoru zatím ne dost průkazné (Konžalová 1978, Harazim - Pacltová - Poubá 1981, Koverdýnský - Konžalová 1986 aj.).

Metamorfované vulkanity, převážně bazické, se vyskytují ve všech uvedených krystalinických jednotkách. V novoměstském, staroměstském a letovickém krystaliniku jsou s nimi asociovány i felzické metavulkanity (Domečka - Opletal 1976, Skácel 1981). V letovickém a staroměstském krystaliniku jsou v horninových sledech poměrně hojně zastoupena tělesa ultramafitů, příp. metagaber (ojedinělé výskyty jsou i v zábřežském a novoměstském krystaliniku). Společenstvo ultramafických a mafických metamorfitů letovického a staroměstského krystalinika řadí Mísař (1979), Mísař et al. (1984) a Jelínek et al. (1984) do

moravskoslezské ofiolitové zóny. S k á c e l (1981) píše o ofiolitové zóně ve „staroměstských pásmech“.

Horniny všech čtyř regionálních jednotek jsou metamorfovány ve facii zelených břidlic a v amfibolitové facii, ze staroměstského pásma jsou známé ojedinělé výskyty silně retrográdně přeměněných eklogitů (K o p a 1982). Nejsilněji jsou metamorfovány horniny staroměstského, zábřežského a letovíckého krystalinika (převážně staurolitová zóna, případně cordieritová zóna, především v okolí „tonalitových“ těles).

Metabazity jsou zastoupeny zelenými břidlicemi a amfibolity (malá část amfibolitů mohla vzniknout i z gaber, zvláště v staroměstském a letovíckém krystaliniku), felzické metavulkanity pak metakeratofyry a porfyroidy. Jejich metamorfóza se zdá být izochemická, s výjimkou koncentrace  $H_2O$  a  $CO_2$ . Menší část metabazitů může představovat přeměněné tufy. Metamorfované ultramafity jsou reprezentovány různě silně serpentinizovanými peridotity, gabra metagabry, případně středně až hrubě zrnitými amfibolity (M í s a ř et al. 1984, aj.).

Kromě uvedených hornin vystupují v novoměstském, zábřežském a staroměstském krystaliniku i více nebo méně deformovaná intruziva od gaber po granity. Nejběžnější z nich jsou relativně tmavé intruzivní horniny se středně vysokou koncentrací  $SiO_2$ , obvykle v literatuře popisované jako tonality. Protože jejich minerální složení tonalitu často neodpovídá, používáme tento název v úvozovkách a přikládáme mu pouze skupinový, spíše geologický než petrografický význam (srov. O p l e t a l et al. 1980).

### Geochemická charakteristika metavulkanitů

Klasickou silikátovou analýzou na mokré cestě byly analyzovány všechny odebrané vzorky. Rentgenofluorescenční metodou a atomovou absorpcí bylo v horninách stanoveno 14 stopových prvků. Metodou gama spektrometrie byly analyzovány u části vzorků U, Th a K. Instrumentální neutronovou aktivační analýzou byl u některých vzorků zjišťován obsah vzácných zemin (dále pro zkrácení TR). Výsledky dosud nepublikovaných analýz z celé oblasti jsou obsaženy v tabulkách 1–6. V jednotlivých geologických úsecích byly zhodnoceny všechny získané informace o chemismu hornin, konfrontovány s petrografickým výzkumem a poté tyto úseky vzájemně korelovány (viz obr. 1–8).

Metamorfované vulkanické horniny novoměstského krystalinika popsali D o m e č k a a O p l e t a l (1977, 1980) a O p l e t a l et al. (1980) a charakterizovali jejich mafické členy, především na základě koncentrací hlavních prvků, jako přeměněné bazalty, svou povahou blízké bazaltům oceánského dna. Obdobný charakter mají mafické metavulkanity v le-

Tabulka 1

Chemické složení bazických metavulkanitů novoměstského krystalinika

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO <sub>2</sub>	50,66	49,45	50,14	58,99	65,52	65,60	54,54	46,99	58,02	48,31
TiO <sub>2</sub>	1,51	2,13	1,84	0,79	0,72	0,71	1,47	2,36	0,80	1,84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,87	13,99	15,10	15,25	16,30	15,55	14,63	14,56	16,24	15,14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,60	2,09	2,21	2,65	2,15	2,30	2,10	2,21	2,71	2,99
FeO	7,68	8,69	7,73	6,67	2,94	3,08	6,71	8,99	3,59	7,47
MnO	0,159	0,191	0,182	0,135	0,063	0,084	0,119	0,149	0,112	0,182
MgO	8,17	7,36	6,85	2,89	1,70	2,10	5,95	7,15	4,80	6,62
CaO	9,78	10,46	7,95	4,93	1,07	0,92	7,20	10,46	3,81	12,00
Li <sub>2</sub> O	0,003	0,004	0,004	0,003	0,004	0,009	0,004	0,006	0,009	0,003
Na <sub>2</sub> O	3,27	3,31	3,37	4,59	3,75	2,99	2,78	3,35	3,14	2,74
K <sub>2</sub> O	0,33	0,25	1,09	0,42	2,58	3,17	1,33	0,74	3,77	0,57
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,15	0,26	0,27	0,17	0,11	0,14	0,29	0,39	0,34	0,26
CO <sub>2</sub>	0,29	0,01	0,13	0,03	0,05	<0,01	0,05	0,07	0,18	0,05
C org	0,04	0,05	0,04	0,08	0,38	0,66	0,07	0,06	0,03	0,04
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1,98	1,74	2,34	1,51	2,05	2,60	2,28	2,55	2,55	1,46
F	0,02	0,04	0,03	0,19	0,06	0,05	0,06	0,07	0,09	0,05
S	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,16	0,09	0,17	0,12	0,11	0,31	0,24	0,22	0,31	0,14
celkem	99,70	100,13	99,46	99,36	99,56	100,28	99,82	100,33	100,49	99,86

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SiO <sub>2</sub>	49,61	47,60	46,92	54,39	56,54	49,23	48,82	46,89	44,78	50,41
TiO <sub>2</sub>	2,23	1,34	1,92	1,36	0,31	2,21	2,01	2,25	2,13	1,56
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,24	16,27	14,43	15,15	9,69	13,59	16,01	16,58	15,90	13,82
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,87	1,70	2,09	3,85	0,66	2,64	4,40	4,82	2,17	2,22
FeO	8,47	10,03	9,74	5,90	3,02	10,34	6,49	9,64	10,10	7,78
MnO	0,141	0,169	0,163	0,160	0,100	0,214	0,179	0,255	0,276	0,151
MgO	4,33	5,59	7,87	5,40	12,30	7,08	5,94	3,21	6,31	5,69
CaO	8,03	10,57	11,03	5,59	11,90	8,23	7,74	7,60	11,80	9,07
Li <sub>2</sub> O	0,004	0,003	0,003	0,002	0,001	0,002	0,003	0,004	0,003	0,005
Na <sub>2</sub> O	3,61	2,48	2,64	5,28	1,40	3,44	2,56	4,20	2,65	2,96
K <sub>2</sub> O	0,93	0,80	0,54	0,51	1,34	0,29	1,85	0,54	0,51	2,54
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,35	0,22	0,30	0,24	0,44	0,29	0,23	1,02	0,40	0,16
CO <sub>2</sub>	0,03	0,03	0,05	<0,01	0,14	<0,01	0,12	0,03	0,03	0,48
C org	0,05	0,47	0,06	0,03	0,03	0,13	0,02	0,03	0,11	0,01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2,30	2,25	2,16	1,82	2,14	2,15	3,03	2,16	1,85	2,16
F	0,06	0,05	0,05	0,06	0,08	0,06	0,06	0,06	0,07	0,08
S	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,13	0,04	0,04	0,34
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,30	0,31	0,19	0,24	0,15	0,17	0,61	0,20	0,16	0,14
celkem	99,55	99,90	100,16	99,97	100,23	100,07	100,15	99,51	99,26	99,46

tovíckém a staroměstském krystaliniku [Jelínek et al. 1984]. Dat o mafických metamorfitech zábřežského krystalinika je podstatně méně a nebyly dosud souborně zhodnoceny. Na základě studia metabazitů mo-

Tabulka 2

Stopové prvky v bazických metavulkanitech novoměstského krystalinika

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
As	<7	<7	<7	<7	7	81	109	11	9	<7
Au	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Co	38,7	39,4	33,1	23,0	9,42	13,6	45,0	53,1	17,2	46,5
Cr	205	126	492	14	55	77	368	365	88	167
Cs	<1	1,07	1,82	1,36	3,21	2,37	1,04	2,34	5,64	<1
Cu	<7	74	18	140	13	29	44	57	23	36
Hf	3,57	1,47	4,13	2,14	7,63	6,67	4,32	4,04	7,39	4,19
Mo	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7
Nb	<7	<7	<7	<7	10	8	<7	<7	<7	<7
Ni	63	48	79	8	30	49	274	266	29	135
Pb	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	8	<7
Rb	<7	<7	43	14	82	83	35	9	130	8
Sb	<1	<1	<1	<1	<1	1,35	2,05	1,96	<1	4,57
Sc	44,7	48,3	45,4	35,5	16,3	16,7	23,1	30,1	21,4	36,8
Sn	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7
Sr	211	217	327	195	144	103	351	536	428	334
Th	<1	<1	1,82	<1	8,19	8,47	2,95	1,30	13,0	<1
U	<3	<3	<3	<3	4,74	3,71	<3	<3	4,59	<3
Y	23	31	33	21	38	33	23	25	35	30
Zn	60	75	88	61	72	98	110	91	89	114
Zr	84	128	156	35	190	185	82	179	182	127

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
As	30	26	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	9
Au	<0,05	0,11	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Co	64,2	59,2	49,5	21,4	8,54	17,1		21,4	65,2	43,2
Cr	378	518	224	68	15	146	186	<7	273	56
Cs	2,40	3,54	1,25	<1	1,86	1,97		1,68	<1	<1
Cu	40	65	42	13	<7	41	32	26	87	109
Hf	5,05	3,41	4,77	2,14	3,43	<1		8,50	6,91	2,65
Mo	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7
Nb	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	8	14	<7
Ni	284	315	199	51	24	61	72	<7	250	42
Pb	<7	<7	<7	<7	10	<7	<7	<7	<7	<7
Rb	19	25	7	<7	40	8	59	12	<7	125
Sb	2,64	<1	<1	<1	<1	<1		1,55	1,26	1,41
Sc	28,8	37,9	29,6	36,4	5,30	21,8		27,5	31,1	43,2
Sn	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7
Sr	504	375	416	431	157	148	224	301	510	188
Th	1,16	<1	1,25	1,27	1,09	<1		27,5	13,7	7,55
U	<3	<3	<3	<3	<3	5,82		7,61	6,98	3,82
Y	22	22	22	35	15	44	33	46	32	41
Zn	121	81	80	34	148	135	90	123	85	74
Zr	170	93	135	75	59	233	107	335	208	93

novoměstské jednotky Domečka a Opletal (1977, 1980) rozšířili předpoklad Jakeše et al. (1975), podle kterého se horniny svrchního proterozoika tepelsko-barrandienské oblasti vytvořily na oceánské kůře,

Tabulka 3  
Prvky vzácných zemin v bazických metavulkanitech novoměstského krystalinika

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
La	3,49	9,55	12,9	5,95	27,9	31,1	15,5	16,8	37,8	8,06
Ce	17,1	29,3	37,4	18,5	55,8	63,0	42,3	55,7	47,3	37,4
Sm	3,22	4,58	5,47	2,34	5,89	5,64	4,43	5,80	7,20	4,83
Eu	1,24	1,45	1,73	0,83	1,26	1,24	1,44	1,36	1,36	1,53
Tb	<1	1,69	1,24	<1	<1	1,04	<1	1,39	1,41	1,02
Yb	1,64	2,73	2,92	2,87	2,70	3,50	3,18	3,23	1,88	2,35
Lu	0,32	0,79	0,43	0,39	0,58	0,50	0,39	0,56	0,41	0,41

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
La	11,2	8,22	12,7	7,40	17,4	8,71	6,19	15,8	13,2	12,5
Ce	59,5	34,2	47,2	28,6	38,5	33,2	26,5	51,0	50,1	28,1
Sm	4,79	3,52	4,93	4,09	3,62	5,72	4,92	9,38	5,89	4,41
Eu	1,67	1,33	1,64	1,40	0,74	0,70		5,15	2,07	1,73
Tb	1,07	1,14	1,11	<1	<1	<1		1,31	1,69	<1
Yb	3,16	2,68	<1	3,22	1,05	3,89	3,09	3,10	1,96	4,11
Lu	0,61	0,28	0,40	0,54	0,14	0,59	0,96	0,71	0,51	0,46

Vysvětlivky k tabulkám 1–3

1 — amfibolit — Poříčí-Skuhrov, pravý břeh Měčky Bělá, 1200 m jv. od okraje obce Osečnice, 200 m j. od hradu Nový hrad; 2 — amfibolit — Antonínovo údolí, 200 m jv. od hájovny v Antonínově údolí, 1500 m v. od okraje obce Osečnice; 3 — amfibolit — Souvlastní, 1200 m jv. od okraje obce Souvlastní, 100 m s. od křižovatky silnic Bělá—Nebeská Rybná; 4 — amfibolická břidlice — Rokytnice v Orlických horách, 600 m v. od pily, 800 m sv. kostela na náměstí; 5 — amfibolit — Rokytnice v Orlických horách, 150 m v. od pily, 500 m sv. od kostela na náměstí; 6 — amfibolit — Přím, 500 m z. od okraje obce Pěčín, 800 m s. od k. 480 m; 7 — amfibolit — Bredůvka, 500 m v. od okraje obce Bredůvka, 1500 m jz. od k. 638 m; 8 — amfibolit — Jablonné nad Orlicí, 500 m jv. od k. 537 m, 800 m jz. od železniční stanice Jablonné nad Orlicí; 9 — amfibolit — Jablonné nad Orlicí, 900 m jv. od k. 537 m, 1000 m jz. od železniční stanice Jablonné nad Orlicí; 10 — amfibolit — Bystřec, 400 m v. od k. 588 m (Na Vartě); 11 — amfibolit — Štíty, 1800 m z. od obce Štíty, 500 m vsv. od osady Polsko; 12 — amfibolit — Horní Heřmanice, 500 m jv. od k. 645 m, 750 m s. od křižovatky silnic Horní Heřmanice—Rýdřovice; 13 — amfibolit — Koburk, 100 m jv. od mostku přes Moravskou Sázavu; 14 — amfibolit — Výprachtice—Halda, 900 m z. od k. 620 m, 1300 m sv. od křižovatky silnic Horní Čermná—Výprachtice; 15 — amfibolit — Koburk, 500 m sv. od k. 548 m, 1000 m z. od centra obce Koburk; 16 — amfibolická břidlice — Výprachtice, 800 m s. od k. 576 m, 900 m jv. od křižovatky silnic Lanškroun—Bystřec; 17 — amfibolická břidlice — Bystřec, 500 m z. od k. 536 m, 1200 m sz. od k. 588 m; 18 — amfibolit — Souvlastní, 250 m sz. od křižovatky v obci; 19 — amfibolit — Klášterec nad Orlicí, 500 m jz. od k. 658 m, 200 m s. od k. 543 m; 20 — amfibolická břidlice — Klášterec nad Orlicí, 500 m sv. od k. 551 m

i na novoměstské krystalinikum a teoreticky na celý v. okraj lugika. Přítomnost rozčleněných ofiolitů v letovickém a staroměstském krystaliniku (Mísař 1979, Jelínek et al. 1984, Mísař et al. 1984) je s takovou představou v dobrém souladu. Geochemickou charakteristiku mafických

Tabulka 4

Chemické složení kyselých metavulkanitů novoměstského krystalínika

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO <sub>2</sub>	77,40	73,80	71,01	74,42	73,86	72,41	72,79	75,70	67,56
TiO <sub>2</sub>	0,08	0,20	0,16	0,04	0,10	0,11	0,38	0,50	0,61
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,52	14,09	15,38	14,35	14,38	13,53	13,53	12,02	14,77
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,64	0,63	0,44	0,15	0,83	0,52	1,18	0,98	1,21
FeO	0,36	0,72	0,58	0,28	0,32	0,96	2,00	1,72	3,14
MnO	0,011	0,037	0,029	0,015	0,011	0,052	0,068	0,054	0,082
MgO	0,07	0,49	0,38	0,07	0,07	0,19	0,93	1,16	1,94
CaO	0,20	0,88	1,38	0,91	0,07	1,20	0,73	1,43	1,09
Li <sub>2</sub> O	0,001	0,002	0,002	0,001	0,003	0,002	0,003	0,001	0,004
Na <sub>2</sub> O	6,97	5,33	5,03	5,41	4,64	5,07	5,66	3,83	3,89
K <sub>2</sub> O	0,55	2,57	3,34	3,25	4,32	3,14	0,61	0,79	2,51
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03	0,05	0,05	0,03	0,04	0,05	0,09	0,11	0,18
CO <sub>2</sub>	0,04	0,03	0,82	<0,01	0,05	0,70	0,03	<0,01	<0,01
C org	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,04	0,03	0,03	0,04
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,45	0,59	0,78	0,26	0,70	2,31	1,29	0,90	2,15
F	0,02	0,03	0,03	<0,01	0,04	0,02	0,03	0,03	0,05
S	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,06	0,08	0,05	0,07	0,06	0,09	0,22	0,16	0,10
celkem	99,48	99,55	99,47	99,35	99,32	100,41	99,59	99,42	99,32

	10	11	12	13	14	15	16	17
SiO <sub>2</sub>	69,54	72,22	76,39	71,05	72,53	75,84	76,05	72,44
TiO <sub>2</sub>	0,43	0,32	0,10	0,63	0,36	0,16	0,16	0,45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,93	13,74	13,52	13,27	14,26	12,52	13,32	13,93
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,08	1,31	0,61	0,99	0,53	0,75	0,68	0,85
FeO	0,76	2,11	0,36	2,86	1,43	1,01	0,58	2,12
MnO	0,036	0,045	0,022	0,068	0,031	0,036	0,031	0,056
MgO	0,94	1,06	0,10	1,62	0,84	0,21	0,33	1,10
CaO	1,81	1,79	0,15	1,28	0,93	0,54	0,78	1,85
Li <sub>2</sub> O	0,003	0,002	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001	0,002
Na <sub>2</sub> O	7,19	5,07	5,88	4,18	4,77	4,10	6,97	4,60
K <sub>2</sub> O	0,62	0,42	1,29	1,26	3,48	3,61	0,13	0,64
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,14	0,07	0,01	0,17	0,12	0,05	0,02	0,10
CO <sub>2</sub>	0,15	0,08	0,03	0,05	<0,01	0,05	<0,01	0,02
C org	0,01	0,01	0,03	0,04	0,02	<0,01	0,02	0,01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1,14	1,23	0,83	1,73	0,94	0,48	0,39	1,39
F	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	<0,01	0,02
S	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,15	0,12	0,09	0,11	0,11	0,08	0,08	0,16
celkem	99,89	99,64	99,48	99,35	100,38	99,48	99,57	99,76

i felzických metavulkanitů novoměstského krystalínika ukazují obrázky 1a, 2a, 3a, 4a, 5.

Doplněním geochemických dat z této oblasti včetně stanovení prvků ze

Tabulka 5

Stopové prvky v kyselých metavulkanitech novoměstského krystalinika

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
As	12	7	9	16	17	10	15	<7	<7
Au	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Co	<1	2,44	1,50	<1	<1	2,52	9,61	7,04	11,6
Cr	<7	13	11	12	<7	8	13	69	57
Cs	<1	1,81	2,00	1,91	1,37	1,37	<1	1,23	<1
Cu	15	9	<7	<7	18	122	66	23	41
Hf	12,6	4,22	5,04	3,19	8,06	6,45	5,19	5,25	5,47
Mo	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7
Nb	82	12	9	9	34	36	<7	<7	<7
Ni	7	8	<7	<7	<7	7	12	27	33
Pb	<7	32	45	41	<7	13	<7	<7	<7
Rb	26	97	145	148	112	79	18	18	64
Sb	2,25	1,03	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,01
Sc	2,10	3,96	5,37	2,22	1,62	2,27	14,8	7,70	13,8
Sn	<7	<7	<7	<7	<7	9	<7	<7	<7
Sr	63	111	139	62	48	83	176	240	229
Th	27,5	18,7	7,55	8,28	12,5	9,63	4,99	5,63	9,47
U	7,61	6,98	3,82	<3	4,93	7,27	<3	<3	<3
Y	79	34	23	17	40	24	19	11	22
Zn	<7	17	26	<7	15	16	24	19	37
Zr	108	69	85	23	180	172	136	178	155

	10	11	12	13	14	15	16	17
As	16	<7	<7	<7	11	<7	<7	<7
Au	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Co	1,12	5,69	1,70	10,9	3,61	2,47	2,67	6,47
Cr	23	12	9	74	7	10	16	24
Cs	<1	1,03	<1	1,31	1,08	<1	<1	<1
Cu	19	9	12	9	<7	27	44	17
Hf	7,62	3,47	9,27	6,34	4,45	9,72	6,81	6,66
Mo	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7
Nb	<7	<7	19	<7	<7	16	12	<7
Ni	<7	<7	<7	33	<7	<7	<7	<7
Pb	<7	<7	<7	<7	25	<7	<7	<7
Rb	14	<7	33	27	92	71	<7	15
Sb	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Sc	9,53	15,2	5,41	11,0	5,77	3,00	4,70	7,65
Sn	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7
Sr	179	134	59	281	173	47	99	354
Th	7,06	1,61	11,8	6,06	13,0	17,0	14,2	3,15
U	5,44	7,00	4,01	4,15	8,95	5,82	4,30	<3
Y	71	26	62	16	21	84	41	27
Zn	41	11	<7	36	23	9	<7	29
Zr	232	61	186	211	129	184	173	246

skupiny vzácných zemin (TR) byly získány některé nové poznatky. Poměry Th/U v metabazitech jsou podobné průměrům abysálních tholeiitů (Rivalenti 1976). Havelka - Hofrichterová (1983) udávají



Tabulka 6

Prvky vzácných zemin v kyselých metavulkanitech novoměstského krystalinika

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
La	5,09	16,6	7,81	2,82	17,0	35,4	10,3	21,5	27,1
Ce	24,7	39,1	23,1	7,41	40,5	75,5	39,8	50,9	67,3
Sm	3,86	4,13	1,95	<1	3,26	5,66	3,04	3,29	4,41
Eu	0,86	0,33	0,36	0,12	0,55	1,03	0,62	0,83	1,01
Tb	1,85	1,07	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Yb	11,6	3,38	1,56	<1	4,23	2,99	2,97	1,21	1,76
Lu	2,00	0,44	0,22	<0,1	0,64	0,36	0,55	0,30	0,52

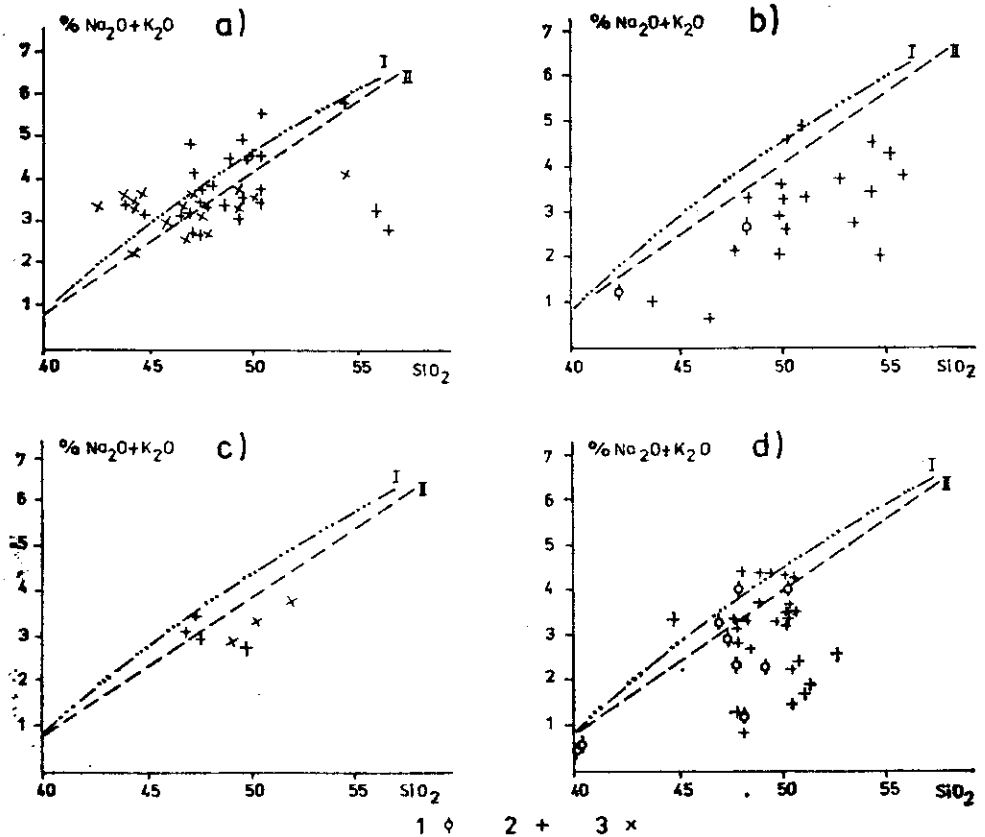
	10	11	12	13	14	15	16	17
La	25,7	7,69	10,6	23,0	25,4	31,6	35,2	18,2
Ce	65,5	24,2	64,2	61,7	58,2	82,3	73,6	41,5
Sm	10,4	3,04	2,61	4,29	4,18	8,81	6,01	4,03
Eu	1,87	0,75	0,33	1,11	0,68	0,74	0,57	0,98
Tb	1,89	<1	1,21	1,03	<1	2,01	1,18	<1
Yb	6,44	3,31	6,92	1,98	1,41	9,25	4,27	2,84
Lu	0,87	0,66	0,91	0,46	0,19	1,43	0,69	0,53

## Vysvětlivky k tabulkám 4—6

1 — porfyroid — Dobřany, 400 m sv. od k. 598 m, 800 m j. od k. 655 m; 2 — keratofyr — Polom, 50 m jv. od k. 668 m; 3 — keratofyr — Sedloňov, 650 m s. od kostela v obci; 4 — keratofyr — Sedloňov, 30 m v. od kostela v obci; 5 — keratofyr — Sediviny, 70 m s. od k. 566 m, 1100 m jv. od k. 657 m; 6 — keratofyr — Klečkov, 1200 m sv. od hájovny v Antonínově údolí, levý břeh říčky Bělá, 7 — metakvarceratofyr — Uhřínov pod Deštnou, 150 m jv. od kostela v obci; 8 — metakvarceratofyr — Uhřínov pod Deštnou, 900 m sv. od okraje osady Bukový, pravý břeh říčky Kněžna; 9 — metakvarceratofyr — Uhřínov pod Deštnou, 950 m sv. od okraje osady Bukový, pravý břeh říčky Kněžna; 10 — metakvarceratofyr — Uhřínov pod Deštnou, 900 m vsv. od okraje osady Bukový, 2500 m j. od samoty Polanka; 11 — metakvarceratofyr — Prorubky, 1400 m sv. od k. 581 m (Šibeník); 12 — křemenný keratofyr — Rampuše, 350 m jz. od k. 660 m, 1300 m sv. od s. okraje obce Hláška; 13 — metakvarceratofyr — Rampuše, 550 m jz. od chaty Kovárna, 500 m jv. od k. 660 m; 14 — keratofyr — Souvlastní, 150 m s. od křižovatky silnic Bělá—Nebeská Rybná, 800 m vjv. od okraje obce Souvlastní; 15 — křemenný keratofyr — Popelov, 200 m v. od křižovatky silnic Bělá—Nebeská Rybná, 1200 m sz. od kostela v Nebeské Rybné; 16 — křemenný keratofyr — Nebeská Rybná, 350 m vjv. od kostela v obci; 17 — metakvarceratofyr — Nebeská Rybná, 700 m vjv. od kostela v obci

Silikátové analýzy (tab. 1 a 4) a rentgenofluorescenční analýzy (tab. 2 a 5) byly provedeny v laboratořích Ústředního ústavu geologického (M. Huka, E. Krystová a kol. 1984), instrumentální neutronové aktivační analýzy (tab. 3 a 6) v laboratořích s. p. Geindustria v Černošicích (V. Moučka a kol. 1984)

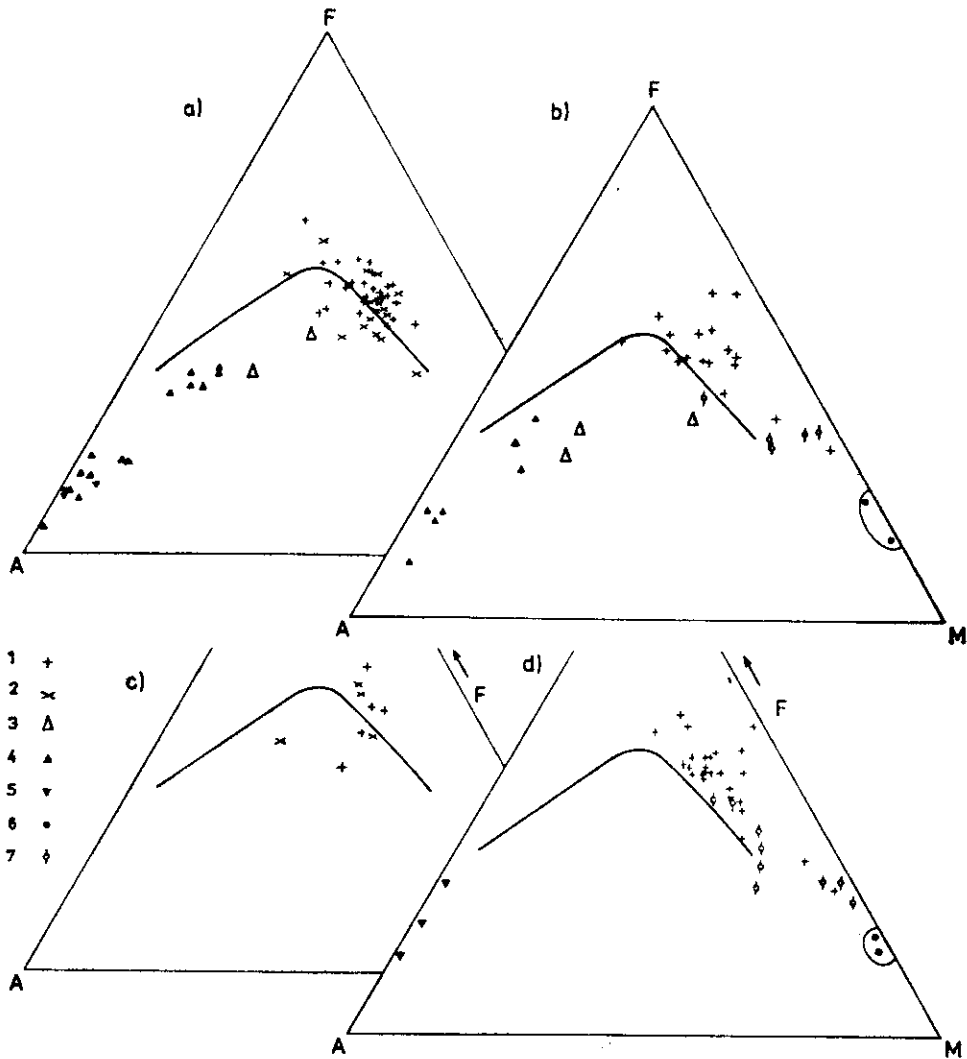
hodnoty U a Th pro devonské keratofyry vrbenské skupiny z Horního Města (Th 9,2—16,1 ppm) a Horního Benešova (Th 1,7—12,2 ppm). Srovnáme-li jejich údaje s obsahy v kyselých metavulkanitech novoměstské skupiny (Th 11 až 17 ppm), vidíme určitou podobnost s horninami od Horního Města. Naproti tomu obsahy U jsou v obdobných horninách novoměst-



1. Metabazity, amfibolity a metagabra novoměstského (a), zábřežského (b), staroměstského (c) a letovického krystalinika (d) v diagramu  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} : \text{SiO}_2$  (hmotnostní %). Hranice mezi alkalickými a subalkalickými horninami: I — podle T. N. Irvina - W. R. A. Baragara (1971), II — podle G. A. Macdonalda - T. Katsury (1964). I — metagabra; 2 — amfibolity; 3 — metabazity nerozlišené

ské skupiny vyšší (4,01—5,82 ppm) než v devonské vrbenské skupině (3,4—3,5 ppm). Poměry K/Rb (viz obr. 6) se pohybují převážně mezi 200 až 500, což ukazuje na celkem primitivní charakter zdrojového materiálu jak bazických, tak kyselých metavulkanitů a dokonce i „tonalitů“. Ploché distribuční křivky prvků vzácných zemin, které jsou normalizované chondrity, ukazují na primitivní, nepříliš diferencovaný materiál bazických vulkanitů. Poměr  $\text{Ce}_N/\text{Yb}_N$  se pohybuje kolem 2,9,  $\text{La}_N/\text{Lu}_N$  kolem 1,7. Podle nízkého stupně obohacení lehkými prvky TR je možno potvrdit názor Domečky - Opletala (1977, 1980), že bazické metavulkanity novoměstské skupiny jsou podobné tholeiitickým bazaltům oceánského dna — viz obr. 7a.

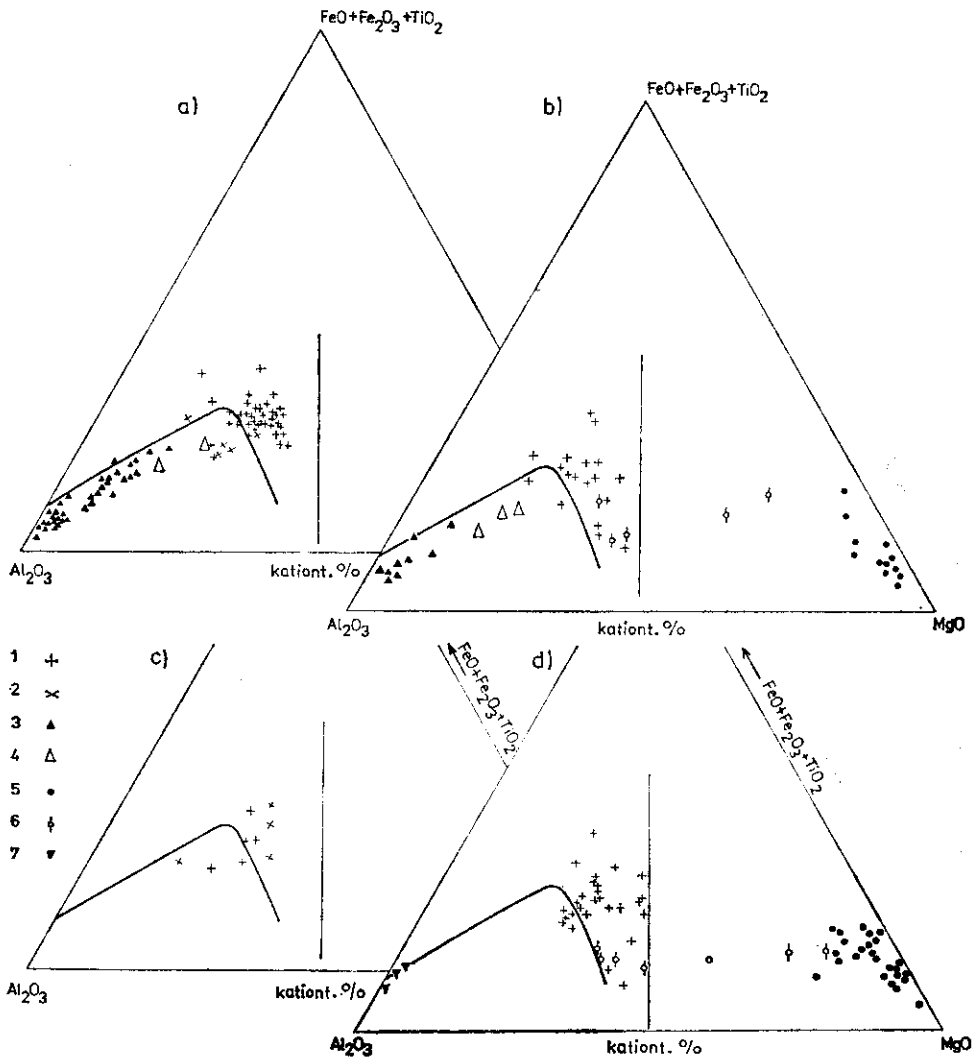
Hlavní součástí zábřežského krystalinika jsou metasedimenty zábřež-



2. Metavulkanity jv. části luga v diagramu AFM (a – novoměstské, b – zábřežské, c – staroměstské, d – letovické krystalinikum) (rozhraní tholeiitického a alkalicko-vápenatého pole podle T. N. Irvina - W. R. A. Baragara 1971)  
 1 – amfibolity; 2 – metabazity nerozlišené; 3 – „tonality“; 4 – metakeratofyry;  
 5 – porfyroidy; 6 – ultrabazity; 7 – metagabra

ské skupiny (chloritová a staurolitová zóna). Původní sedimenty měly často drobový charakter. Slaběji metamorfované sedimenty (např. fylity z okolí Moravské Třebové) jsou pravděpodobně ekvivalentní novoměstským fylitům.

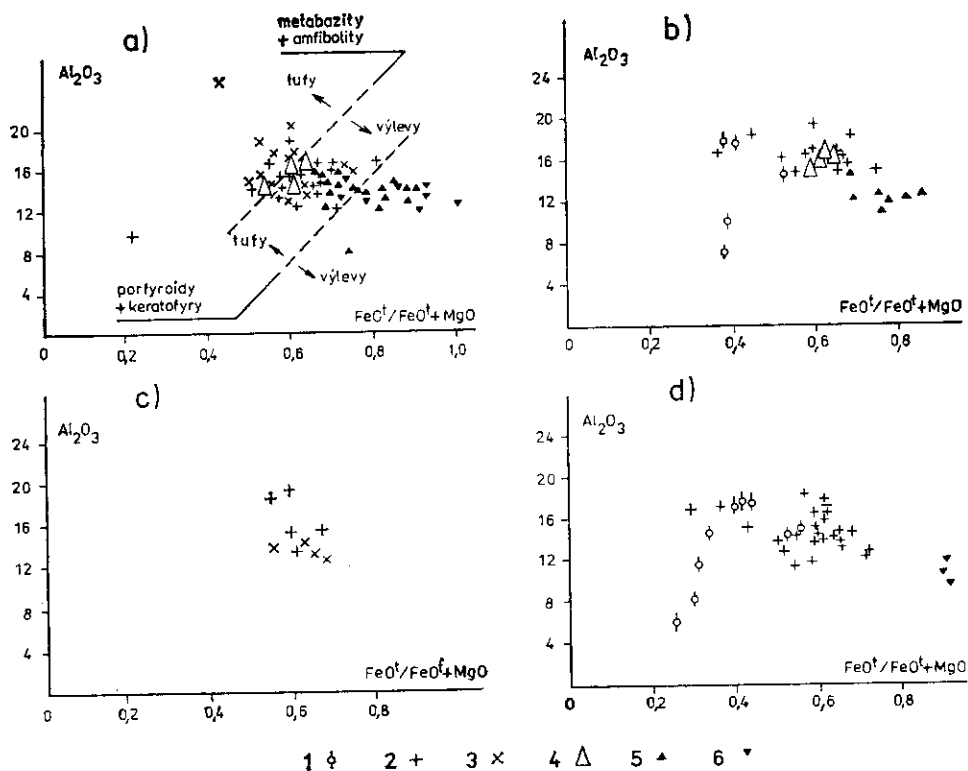
Do metasedimentů intrudují deskovitá tělesa „tonalitů“, okolo kterých



3. Metavulkanity jv. části luga v kationtovém diagramu podle L. S. Jensena (1979) (a – novoměstské, b – zábřežské, c – staroměstské, d – letovické krystalinikum). Rozhraní mezi komatiitovou a bazaltovou sérií je značeno *svislou plnou* čarou  
 1 – amfibolity; 2 – metabazity nerozlišené; 3 – metakeratofyry; 4 – „tonality“;  
 5 – ultrabazity; 6 – metagabra; 7 – porfyroidy

dochází k periplutonní metamorfóze, při které vznikají perlové a migmatitické ruly (sporně se objevuje sillimanit a cordierit).

V komplexu metasedimentů se kromě „tonalitů“ objevují hojná tělesa metabazitů a ojediněle i kyselé metavulkanity a drobná tělesa ultramafitů (hadce). Bazické metavulkanity (zelené břidlice a amfibolity) jsou

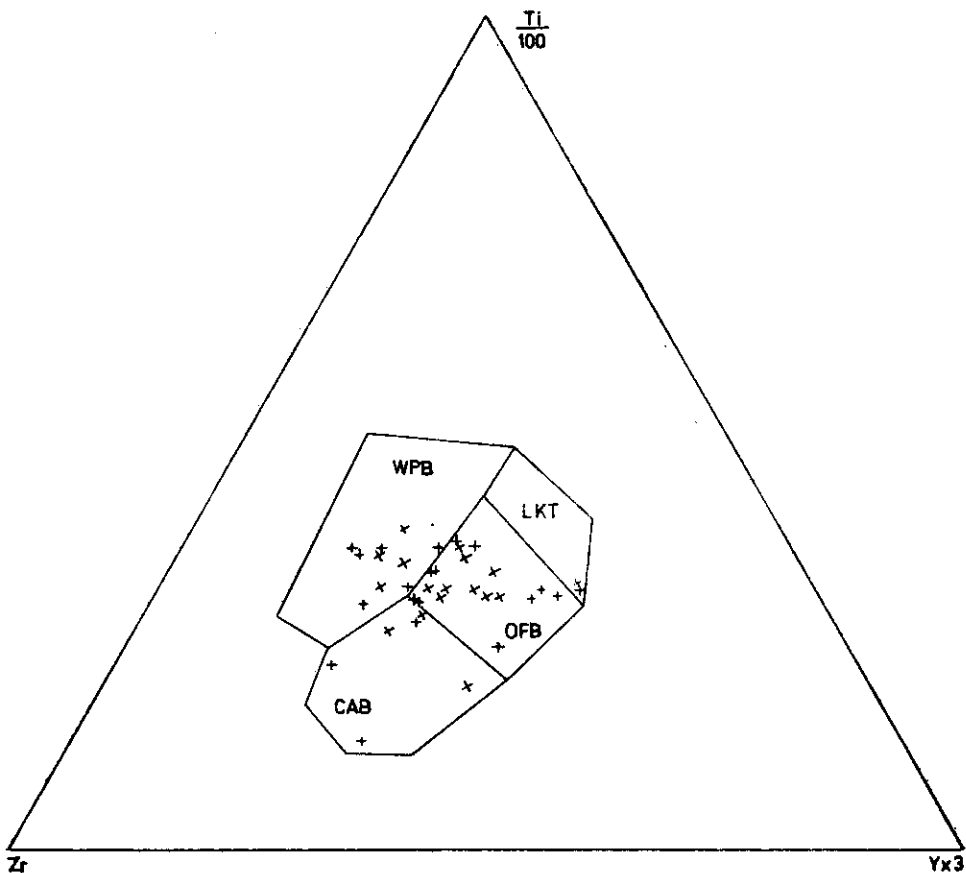


4. Metavulkanity jv. části ligu v diagramu  $Al_2O_3 : FeO^l/FeO^t+MgO$  (a — novoměstské, b — zábřežské, c — staroměstské, d — letovické krystalinikum). Hranice stanoveny na základě petrografického studia  
 1 — metagabra; 2 — amfibolity; 3 — metabazity nerozlišené; 4 — tonality; 5 — metakeratofyry; 6 — porfyroidy

hraničním horizontem mezi zábřežskou a novoměstskou skupinou. Přestože jsou metamorfovány od zóny chloritové až po staurolitovou, zachovávají si stále stejný chemismus. To dokazuje izochemickou metamorfózu předpokládanou D o m e č k o u a O p l e t a l e m (1977, 1980). Distribuce hlavních prvků (viz obr. 1, 2, 3) v metabazitech zábřežské skupiny ukazuje na jejich subalkalický tholeiitický charakter.

Chondrity normalizované distribuční křivky vzácných zemin (obr. 8a) nevykazují obohacení lehkými TR proti těžkým ( $La_N/Ce_N/Yb_N \sim 1$ ); obsahy jsou velmi nízké, obojí je podobné distribuci těchto prvků v bazaltech oceánské kůry. Slabá pozitivní europiová anomálie nasvědčuje obohacení plagioklasem.

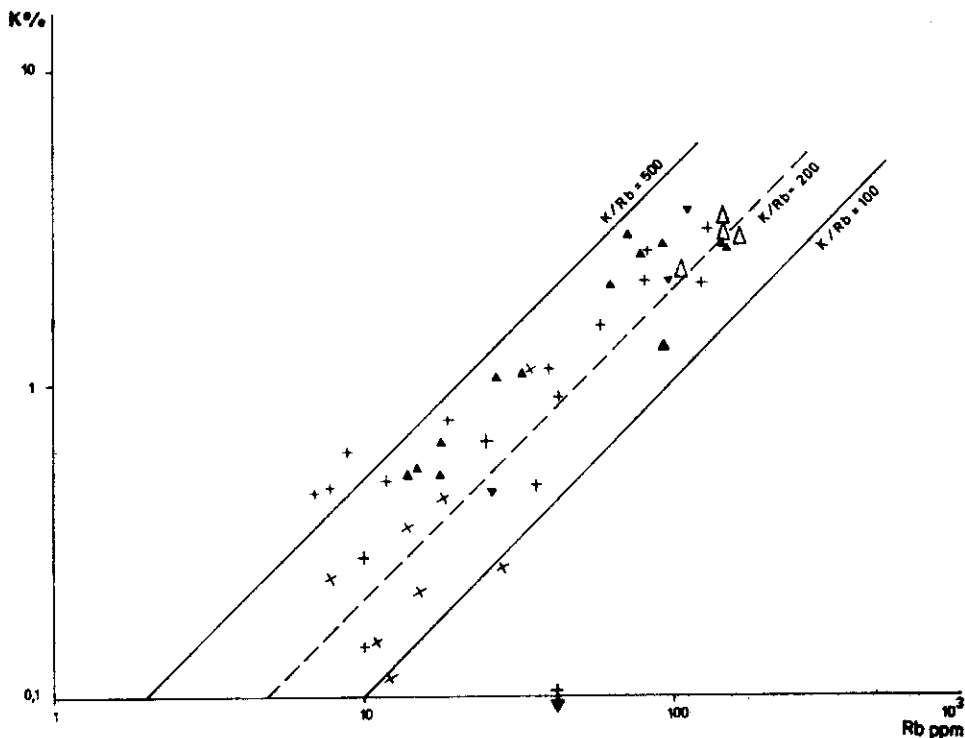
Staroměstská skupina na rozdíl od novoměstské a zábřežské skupiny je heterogenním souborem metasedimentů, z nichž část je ekvivalentní novoměstské a část horninám zábřežské skupiny (srov. též S k á c e l



5. Bazické metavulkanity novoměstského krystalinika v diskriminačním diagramu  $Ti/100 : Zr : Y \times 3$  (podle J. A. Pearce - G. R. Canna 1974)  
 OFB — pole bazaltů oceánského dna; LKT — bazalty ostrovních oblouků; WPB — vnitrodeskové bazalty; CAB — alkalicko-vápenaté bazalty. + — amfibolity; X — metabazalty nerozlišené

1981). Poměrně časté jsou ve staroměstském krystaliniku převážně ložní tělesa „tonalitů“. Důležitá je přítomnost metavulkanitů, které jsou výše metamorfovaným ekvivalentem obdobných hornin novoměstského krystalinika. Místy se vyskytují tělesa ultramafických hornin (peridotitů) a ojedinele gaber. Tímto se staroměstské krystalinikum jako celek blíží letoveckému. Mísař et al. (1984) také oba komplexy řadí do moravskoslezské metaofiolitové zóny, přestože letovecké krystalinikum je počítáno již k středoečeské oblasti (Mísař et al. 1983).

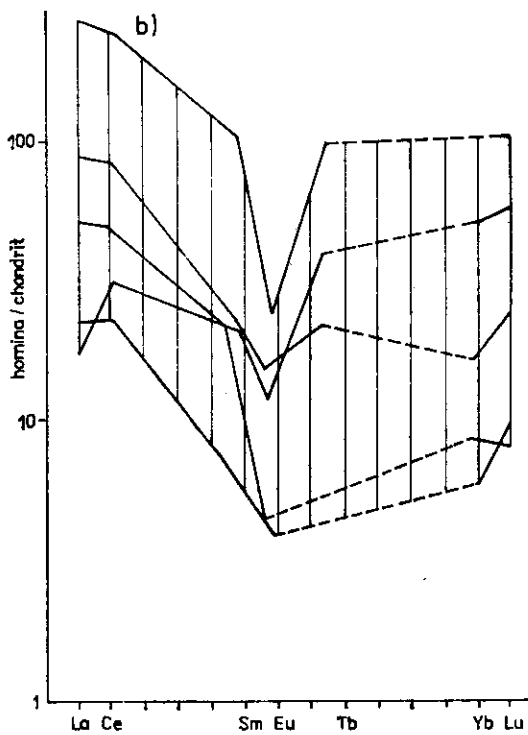
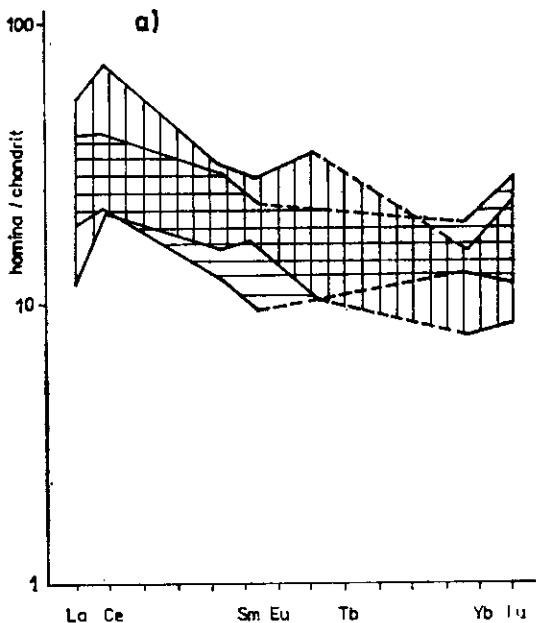
Metavulkanity reprezentované různými typy amfibolitů v heterogenních metasedimentech staroměstského krystalinika jsou ekvivalentní spodním amfibolitům z rozhraní novoměstské a zábřežské skupiny. Ačkoliv je sta-



6. Metavulkanity novoměstského krystalinika v diagramu K/Rb  
Vysvětlivky viz obr. 4

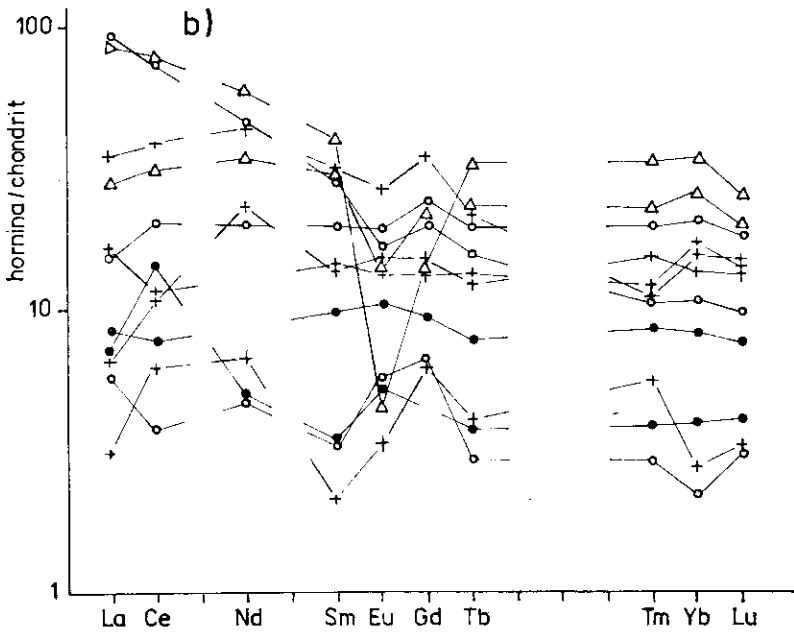
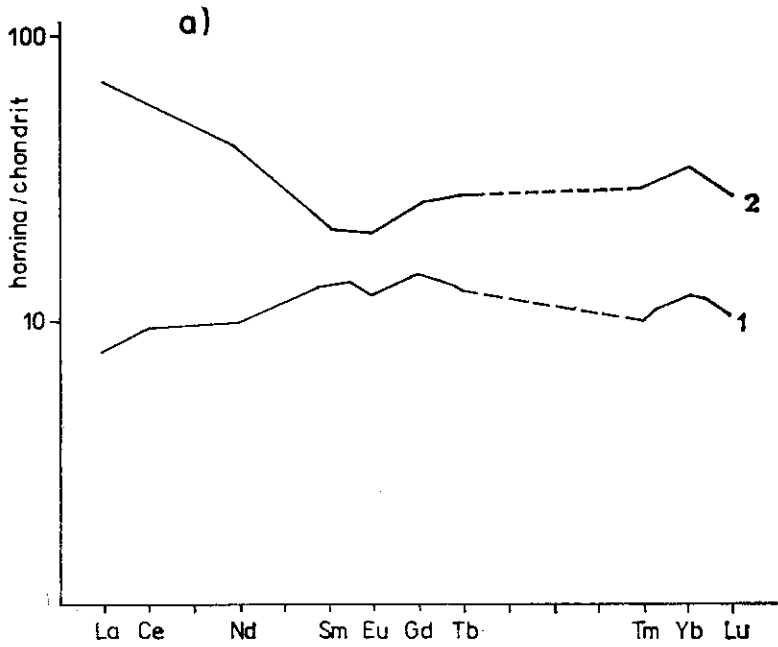
roměstské krystalinikum jako celek nejsilněji metamorfováno, na chemismu hornin a distribuci stopových prvků se vliv metamorfózy neprojevuje. Bazické metavulkanity mají opět subalkalický, tholeiitický charakter. Prakticky zde chybějí horniny s tufogenní příměsí s alkalicko-vápenatým chemismem (obr. 1b, 2b, 3b, 4b). Kyselé metavulkanity typu keratofyrů a porfyroidů spadají do alkalicko-vápenatého pole. Rozptyl jejich projekčních bodů je způsoben různým zastoupením tufogenní příměsí — obr. 4a, 4b.

Vulkanismus je charakterizován i distribucí prvků TR (obr. 8b). Jejich celkové obsahy jsou nízké, i když ve srovnání s obdobnými horninami zábřežské skupiny mírně vyšší. Normalizované křivky vzácných zemin jsou ploché, bez výrazného obohacení lehkými TR. Poněkud vyšší rozptyl (srov. obr. 6 a 7 s obr. 8) je způsoben dvěma vzorky peridotitů ve spodní části diagramu, jejichž stupeň obohacení lehkými TR je sice obdobný amfibolitům, ale celkové obsahy vzácných zemin jsou nižší. V mafických horninách staroměstského krystalinika je opět celková distribuce vzác-



7. Distribuce prvků vzácných zemin (TR) v metavulkanitech novoměstského krystalinika. Obsahy stopových prvků jsou normalizovány chondritem (F. A. Frey et al. 1968)
- a* — stanovena pole pro metabazity nerozlišené (vodorovná šrafa) a amfibolity (svislá šrafa) (celkem 15 vzorků); *b* — pole kyselých metavulkanitů určeno z 16 vzorků, z nichž některé jsou vyneseny





8. Distribuce prvků vzácných zemin v amfibolitech (1) a zelených břidlicích (2) zábřežského krystalinika (a) a staroměstského krystalinika (b)

Vysvětlivky viz obr. 2

ných zemín blízka bazaltům oceánské kůry. Místy se projevuje velmi slabá pozitivní Eu-anomálie ( $Eu/Eu^* \approx 1$ ).

Ve svrchní části diagramu na obrázku 8b se soustřeďují průmětné body vzorků kyselých metavulkanitů. Vykazují obohacení lehkými vzácnými zemínami i celkově vyšší koncentrací TR oproti mafickým metavulkanitům. Negativní Eu-anomálie se projevuje zvláště u vzorku z Vojkovic. Lze uvažovat o komagmatickém původu kyselých i mafických metavulkanitů, přičemž kyselé členy mohly vzniknout z taveniny po frakcionaci plagioklasu, obohacené lehkými TR. Podobná distribuce byla zjištěna i pro TR v metavulkanitech novoměstského krystalinika.

Letovické krystalinikum je tvořeno komplexem epizonálně i mezozonálně metamorfovaných sedimentů, v nichž jsou uzavřena tělesa ultramafických hornin (peridotitů), gaber a hojně polohy metavulkanitů (amfibolitů). Ultramafické a mafické horniny letovického krystalinika považují M í s a ř et al. (1984) a J e l í n e k et al. (1984) za část ofiolitového komplexu kadomského stáří. Polyfázová deformace a metamorfóza tohoto komplexu probíhala za podmínek facie zelených břidlic a amfibolitové (400–600 °C a 200–500 MPa). Zmínění autoři řadí letovické krystalinikum do moravskoslezské ofiolitové zóny. Nehojné polohy kyselých metavulkanitů zde zjistila P o u b o v á (in O p l e t a l et al. 1985) v amfibolitech.

Z geochemického hlediska jsou mafické horniny letovického krystalinika srovnatelné s obdobnými horninami ofiolitových komplexů (J e l í n e k et al. 1984). Jedná se o subalkalické, tholeiitické typy s primitivní distribucí nekompatibilních prvků. Metavulkanity se neliší od stejného komplexu v novoměstské, zábřežské a staroměstské skupině (obr. 1d, 2d, 3d, 4d).

### Faktorová analýza

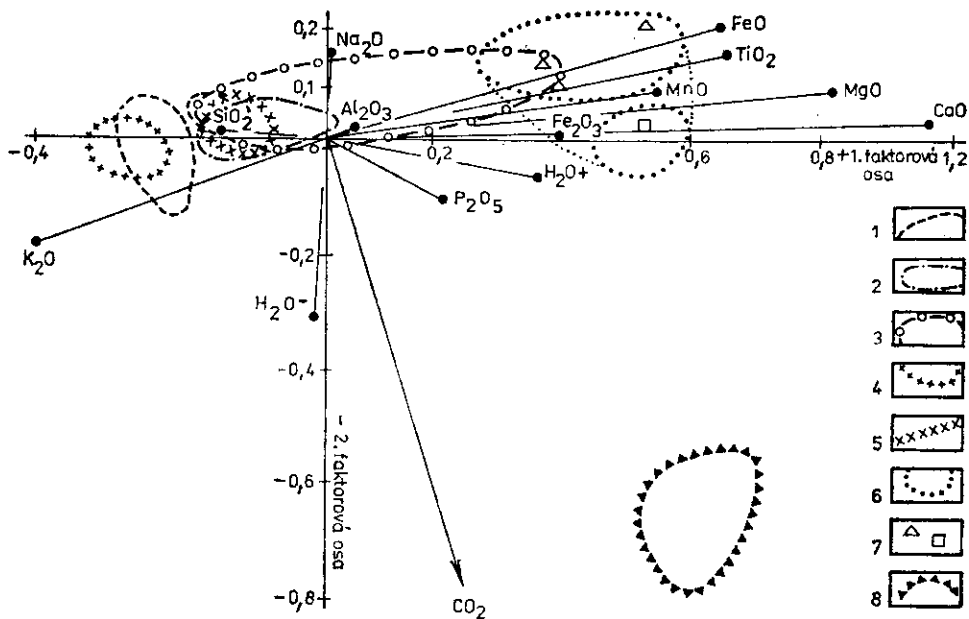
Pro matematicko-statistické vyhodnocení chemismu hlavních prvků metavulkanitů metodou faktorové analýzy byl vybrán soubor silikátových analýz z krystalinika Orlických hor. Stalo se tak proto, že počtem analýz (celkem 70 vzorků) je tento soubor ze studovaného regionu nejobsáhlejší a je navíc podložen podrobným geologickým, strukturním, petrografickým a geochemickým výzkumem (D o m e č k a - O p l e t a l 1977, 1980; O p l e t a l et al. 1980; P e c í n a 1985; O p l e t a l et al. 1989). Pro možnost posouzení geochemických vztahů k jiným horninám tohoto území byly do matematicko-statistického zpracování zahrnuty i metasedimenty novoměstského a zábřežského krystalinika a svorů stroňské skupiny, dále ortoruly a migmatity jádra orlicko-kladské klenby, granitoidy a žilné vyvřeliny. Počet hodnocených vzorků tak dosáhl 188.

Jako matematického aparátu bylo použito korespondenční analýzy (Benzecri 1970, David et al. 1977, Belonin et al. 1982). Analýza sdružuje Q a R způsob faktorové analýzy a není ovlivněna statistickým rozdělením dat. Výsledkem analýzy je sdružení proměnných (zde 14 složek silikátové analýzy) v souřadnicovém faktorovém prostoru, zároveň se seskupením příbuzných vzorků hornin. Tím je rovněž určeno, které soubory znaků se podílejí na rozčlenění vzorků. První faktorová osa vysvětluje 60,2 % a druhá 14,7 % celkového rozptylu. Proto je výhodné redukovat původní mnoharozměrový faktorový prostor na dvourozměrný, aby bylo umožněno přehledné grafické znázornění chemismu hlavních prvků studovaných vzorků. Jak ukázal výpočet a názorně pak obrázek 9, hodnoty zátěží na 1. faktorové ose jsou ovlivňovány v záporném úseku faktorového diagramu hlavně  $K_2O$  a  $SiO_2$ , v kladném úseku  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $TiO_2$ ,  $FeO$ ,  $MnO$ ,  $Fe_2O_3$  a  $H_2O^+$ . Zátěže na 2. faktorové ose ovlivňují především  $CO_2$  a  $H_2O^-$ . (Kromě prvních dvou faktorových os je zde zajímavá i osa 3., vysvětlující 9,2 % celkového rozptylu. Hodnoty zátěží na ní ovlivňují především  $Na_2O$  a  $P_2O_5$ .)

Na základě uvedeného sdružení znaků pomocí faktorové analýzy můžeme v našem případě vyčlenit 2 základní faktory ovlivňující seskupování vzorků: faktor I vyjadřuje koncentraci salických minerálů (převážně křemene a K-živce) na jedné straně a koncentraci femických minerálů na straně druhé. Faktor II vysvětluje proces povrchového zvětrávání a endogenní alterace.

Pro účely interpretace faktorové analýzy byly studované horniny rozděleny do 8 skupin: 1. metakeratofyry a porfyroidy novoměstského krystalinika, 2. metasedimenty téhož krystalinika, 3. „tonality“, 4. acidní granitoidy novohrádeckého a kudowsko-olešnického masívu, 5. intermediární granitoidy kudowsko-olešnického masívu, 6. metabazity novoměstského krystalinika, 7. gabrodiorit (Špičák), gabro (Pěčín), 8. metamorfované „bazické tufy“. Další vyčleněné typy horninových grup (metasedimenty a porfyroidy stroňské skupiny a ortoruly) byly využity pro vzájemné porovnání, ale z důvodu přehlednosti obrázku 9 byly vypuštěny. Horninové grupy vytvářejí v diagramu větší či menší „pole“, která vznikla idealizovaným omezením rozptýlených průmětných bodů (tj. jednotlivých analýz vzorků hornin). Pozice „polí“ horninových grup ve faktorovém diagramu (obr. 9) naznačuje vzájemnou chemickou podobnost jednotlivých souborů a jejich vztahy k vyčleněným faktorům I a II. Podle velikosti a tvaru lze hodnotit variabilitu v chemickém složení vyčleněných horninových souborů.

Kyselé metavulkanity jsou na obrázku 9 soustředěny kolem záporného úseku první faktorové osy a jsou tedy ovlivňované faktorem I. Metakvarceratofyry jsou blízké metasedimentům novoměstské a zábřežské skupiny



9. Chemické složení horninových souborů z novoměstského krystalinika, vyjádřené ve dvourozměrném faktorovém prostoru spolu s osami jednotlivých složek  
 1 — metakeratofyry a porfyroidy; 2 — metasedimenty; 3 — „tonality“; 4 — acidní granitoidy novohrádeckého a kudovsko-olešnického masívu; 5 — intermediární granitoidy kudovsko-olešnického masívu; 6 — metabazity nerozlišené; 7 — gabrodiorit Špičáku (trojúhelník), gabro z Pěčína (čtverec); 8 — metabazity (nerozlišené) vzniklé z bazických tufů

a současně intermediární granitoidům kudovsko-olešnického masívu. Porfyroidy a keratofyry novoměstského krystalinika jsou geochemicky sblížené s acidními granitoidy a zároveň s ortorulami. Horninový komplex „tonalitů“ má velmi proměnlivý chemismus zřetelně spjatý s faktorem I, jak dokazuje jeho elipsovitě protažené „pole“ podle 1. faktorové osy. Žilné lamproidní horniny jsou převážně ovlivněny také faktorem I a leží jako skupina s větším rozptylem vně „polí“ acidních granitoidů, keratofyrů, metasedimentů a metakvarceratofyrů. Metabazity (amfibolity a zelené břidlice) novoměstského krystalinika tvoří „pole“ vázané hlavně na faktor I. Gabrodiority Špičáku spadají do „pole“ metabazitů. Gabro od Pěčína a několik dalších vzorků metabazitů lze vyčlenit jako samostatnou podskupinu, prodlužující „pole“ amfibolitů a zelených břidlic ve směru záporného úseku 2. faktorové osy. Od vlastních metabazitů se svým chemismem výrazně odlišují horniny vzniklé metamorfózou bazických tufů, spjaté zejména s faktorem II (zvětrávání, alterace). Lze to vysvětlit především slabou odolností primárních minerálních složek těchto hornin vůči sekundárním endogenním a exogenním procesům.

Pozice kyselých a bazických metavulkanitů na 1. faktorové ose — se pětí s faktorem I — svědčí o jejich komagmatickém původu. Je možné rovněž předpokládat, že komagmatický vztah ke kyselým a bazickým metavulkanitům mají všechny další studované, částečně deformované magmatické horniny: od gaber přes „tonality“, intermedilární granitoidy až k acidním granitoidům.

## Závěr

Ze srovnání metamorfovaných vulkanických hornin a s nimi asociovaných metasedimentů novoměstského, staroměstského, zábřežského a letovíckého krystalinika vyplývají tyto závěry:

1. Přes petrografickou pestrost a různý stupeň metamorfózy si metavulkanity v celé studované oblasti zachovávají velmi podobné chemické složení, doložené koncentracemi a distribucemi jak hlavních, tak stopových prvků, včetně TR. Všechny mafické členy mají subalkalickou tholeiitickou povahu, všechny felzické členy jsou vápenato-alkalické. Geologické faktory, koncentrace prvků a distribuce TR mafických a felzických hornin ukazují, že obě skupiny se mohly vytvořit ze společného zdroje. Tímto zdrojem by bylo subalkalické bazaltové magma, chemicky podobné magmatu recentních bazaltů dnešního oceánského dna. Negativní Eu-anomálie na normalizovaných distribučních křivkách TR felzických metavulkanitů ukazuje, že jejich vlastní magma mohlo být zbytkovým magmatem výrazně obohaceným o lehké TR, vzniklým po frakcionaci bazického plagioklasu.
2. Charakter metavulkanitů ve studovaných geologických jednotkách odpovídá sedimentačnímu prostoru s kůrou oceánského typu. To potvrzuje závěry Domečky a Opletala (1977, 1980) a Opletala et al. (1980) pro novoměstské krystalinikum. Mísař et al. (1984) a Jelínek et al. (1984) považují letovícké a staroměstské krystalinikum za součásti jedné metaofiolitové zóny. Jakeš et al. (1975) zjistili, že svrchní proterozoikum tepelsko-barrandienské oblastí vzniklo rovněž v prostředí s oceánským typem kůry. Zábřežské krystalinikum, které se považuje za ekvivalent středočeského svrchního proterozoika už od dob Kettnerovy srovnávací studie (1922), má rovněž metavulkanity shodného typu jako předešlé tři jednotky.
3. Metasedimenty všech čtyř jednotek mají podobný ráz. V novoměstské skupině byly původně pelitické až peliticko-psamitické, v zábřežské skupině převážně peliticko-psamitické, často drobového charakteru. V heterogenním staroměstském krystaliniku lze zjistit horniny, odpovídající horninám jak zábřežského, tak novoměstského krystalinika.

Metasedimenty letovického krystalinika jsou blízké horninám krystalinika zábřežského.

4. Výsledky faktorové analýzy podporují předchozí představy o komagmaticnosti mafických a felzických metavulkanitů a spolu s koncentracemi a distribucemi hlavních a stopových prvků (včetně TR) ukazují, že také částečně deformované intruzivní typy hornin, od gaber přes „tonality“ až po granity, by mohly pocházet z téhož magmatického zdroje. Ze dvou základních vyčleněných faktorů nám faktor I vysvětluje proces koncentrace salických minerálů na jedné straně a femických minerálů na straně druhé; faktor II vysvětluje proces povrchového zvětrávání a endogenní alterace metavulkanitů.

Autoři děkují dr. P. Jakešovi a recenzentovi dr. J. Chábovi za řadu podnětných připomínek k předložené práci. Dále děkují ing. D. Fialové a dr. P. Rambouskovi za pomoc při odběru vzorků a jejich vyhodnocení faktorovou analýzou.

*K tisku doporučil J. Cháb*

### Literatura

- Belonin, M. D. - Golubeva, A. N. - Skublov, V. I. (1982): Faktornyj analiz v geologii. — Izdat. Nedra. Moskva.
- Benzecri, J. P. (1970): Distance distributionelle et mètrique du Chi deux en analyse factorielle des correspondances. — 3<sup>rd</sup> ed Lab. Statist. Math., Fac. Sci. Paris.
- Bukowski, G. (1883): Über den Bau der südlichen Sudetenausläufer östlich von der March. — Verh. K.-Kön. geol. Reichsanst. Wien.
- David, M. - Dagbert, M. - Beauchemin, Y. (1977): Statistical analysis in geology: correspondence analysis method. — Quart. Color. Sch. Mines, 72, 1, 1—60. Golden. Colorado.
- Domečka, K. - Opletal, M. (1976): Stratigrafie, stavba a metamorfóza severní části novoměstské série. — Sbor. geol. Věd, Geol., 28, 157—187, Praha.
- (1977): Metamorfované svrchnoproterozoické tholeiity v západní části orlicko-kladské klenby. — MS Geofond. Praha.
- (1980): Metamorphosed Upper Proterozoic tholeiites of the NE part of the Bohemian Massif. — Krystalinikum, 15, 55—80. Praha.
- Frey, F. A. - Haskin, M. A. - Poetz, J. A. - Haskin, L. A. (1968): Rare earth abundances in some basic rocks. — J. geophys. Res., 73, 6085—6098. Washington.
- Harazim, S. - Pacltová, B. - Pouba, Z. (1981): Organické zbytky v krystaliniku silesika a východního luga. Sbor. Korelace proterozoických a paleozoických stratiformních ložisek, 6, 224—247. — Úst. geol. věd přírodověd. fak. Univ. Karl. Praha.
- Havelka, J. - Hofrichterová, L. (1983): Studium radioaktivity křemenné mineralizace a okolních křemitých hornin v oblasti Hrubého a Nízkého Jeseníku a Oderských vrchů. — Geol. Průzk., 25, 6, 168—170. Praha.
- Irvine, T. N. - Baragar, W. R. A. (1971): A guide to chemical classification of the common volcanic rocks. — Can. J. Earth. Sci., 8, 523—548. Ottawa.

- Jakeš, P. - Zoubek, J. - Zoubková, J. (1979): Graywackes and metagraywackes of the Teplá-Barrandian Proterozoic area. — Sbor. geol. Věd, Geol., 33, 83—122. Praha.
- Jelínek, E. - Pačesová, M. - Mísař, Z. - Martinec, P. - Weiss, Z. (1984): Geochemistry of a dismembered metaophiolite complex, Letovice, Czechoslovakia. — Trans. Ray. Soc. Edinburgh Earth Sci., 75, 37—48. Edinburgh.
- Jensen, L. S. (1979): A new kationt plot for classifying subalkalic volcanic rocks. — Miscellaneous pap., 66, Ontario division of Mine, 1—22. Ontario.
- Kettner, R. (1922): Algonkium na Moravě. — Čas. Vlasten. Spol. mus., 33, 1, 1—4. Olomouc.
- Kodym, O. - Svoboda, J. (1949): Zpráva o geologických výzkumech v Orlických horách (list generál. mapy Vysoké Mýto). — Věst. St. geol. Úst. Čs. Republ., 24, 2—3, 106—109. Praha.
- Konzalová, M. (1978): Some results of micropaleontological research in the East Sudetic sedimentary sequence. — Čas. Mineral. Geol., 23, 4, 389—394. Praha.
- Kopa, D. (1982): Horniny s hyperstenem nebo cummingtonitickým amfibolem v Rychlebských horách. — Čas. Slez. Muz., Sér. A, 31, 3, 229—236. Opava.
- Koverdinský, B. - Konzalová, M. (1986): Problematika stratigrafického zařazení záměškové skupiny. — Věst. Ústř. Úst. geol., 61, 3, 159—167. Praha.
- Kretschmer, F. (1902): Die nutzbaren Minerallagerstätten Westmährens. — Jb. K.-Kön. geol. Reichsanst., 52, 354—495. Wien.
- Macdonald, G. A. - Katsura, T. (1964): Chemical composition of Hawaiian lavas. — J. Petrology, 5, 82—133. Oxford.
- Mísař, Z. (1958): K rozšíření a charakteristice metamorfovaného proterozoika na severovýchodním okraji Českého masívu. — Acta Univ. Carol., Geol., 3, 215—220. Praha.
- (1963): Předdevonský geologický vývoj sv. okraje Českého masívu. — Rozpr. Čs. Akad. Věd, Ř. mat. přír. Věd, 73, 1—60. Praha.
- (1979): The position of ultrabasic rocks in geotectonic cycles and geological units of the Bohemian Massif. — In: Vanek, J. et al. (editor): Geodynamic investigations in Czechoslovakia, 167—177. Veda, Bratislava.
- Mísař, Z. - Dudek, A. - Havlena, V. - Weiss, J. (1983): Geologie ČSSR I. Český masív. — Stát. pedagog. nakl. Praha.
- Mísař, Z. - Jelínek, E. - Pačesová, M. (1984): The Letovice dismembered metaophiolites in the framework of the Saxo-Thuringian zone of the Bohemian Massif. — Mineral. Slovaca, 16, 13—28. Bratislava.
- Opletal, M. et al. (1980): Geologie Orlických hor. — Ústř. Úst. geol. Praha.
- Opletal, M. - Jelínek, E. - Poubová, E. - Pecina, V. (1985): Geochemie metavulkanitů sv. okraje Českého masívu. Dílčí zpráva, In: K. Pošmourný - P. Jakeš et al.: Shrnutí výsledků výzkumů na úkole C 52-347-201/DÚ04. — MS Geofond. Praha.
- Opletal, M. - Pecina, V. - Pošmourný, K. - Rambousek, P. (1989): Geochemická charakteristika hornin krystalinika Orlických hor pomocí faktorové analýzy. — Zpr. geol. Výzk. v Roce 1986, 107—108. Praha.
- Pearce, J. A. - Cann, G. R. (1974): Ophiolite origin investigated by discriminant analysis using Ti, Zr and Y. — Earth. planet. Sci. Lett., 339—349. Amsterdam.
- Pecina, V. (1985): Geochemie metavulkanitů novoměstského krystalinika [Diplom. práce.] — MS přírodověd. fak. Univ. Karl. Praha.
- Poubová, E. (1984): Amphibolites of the Letovice Crystalline Complex and their genetic interpretation. — Krystalinikum, 17, 112—121. Praha.
- Rivalenti, G. (1976): Geochemistry of metavolcanic amphibolites from south-west

- Greenland. — In: „The early history of the Earth“. Editor B. F. Windley, 213—223. John Willey, London.
- Skácel, J. (1981): Geologie krystalinických sérií v okolí města Jeseníku. — Sbor. Prací Univ. Palackého (Olomouc), 70, Geogr. Geol., 20, 107—126. Olomouc.
- Suess, F. E. (1926): Intrusionstektonik und Wandertektonik im variszischen Grundgebirge. — Berlin.
- Svoboda, J. et al. (1964): Regionální geologie ČSSR I/1. — Ústř. úst. geol. Praha.
- Svoboda, J. - Chaloupský, J. et al. (1961): Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1:200 000 M-33-XVII Náchod. — Ústř. úst. geol. Praha.
- Urban, K. (1934): Předběžná zpráva o geologických poměrech v území mezi Zábřehem a Šilperkem na severní Moravě. — Čas. Vlasten. Spol. mus., 47, 3—4, 85—89. Olomouc.
- Zapletal, K. (1932): Geologie a petrografie země Moravskoslezské s ohledem na užitková ložiska. — Vlastivěd. čas. jz. Moravy „Od Horácka k Podýjí“, 283. Brnc



## **Metavolcanites of the SE part of the Lugicum, their geochemistry and geotectonic interpretation**

*(Summary of the Czech text)*

Mojmír Opletal - Emil Jelínek - Vratislav Pecina - Karel  
Pošmourný - Eva Poubová

Received February 22, 1988

Metamorphosed, predominantly basic volcanites occur in the Nové Město, Zábřeh, Staré Město and Letovice crystalline complexes. The volcanites in the Nové Město, Staré Město and Letovice crystalline complexes are associated also with felsitic metavolcanites (Domečka - Opletal 1976, Skácel 1981). The rock successions of the Letovice and Staré Město crystalline complexes exhibit quite frequently ultramafite or metagabbro bodies (single occurrences were observed also in the Zábřeh and Nové Město crystalline complexes).

The rocks of the four regional units are metamorphosed in the greenschist and amphibolite facies; single occurrences of strongly retrograde-metamorphosed eclogites are known from the Staré Město crystalline complex (Kopa 1982). The rocks of the Staré Město, Zábřeh and Letovice crystalline complexes (prevalingly staurolite zone, locally sillimanite or cordierite zones, especially in the vicinity of "tonalite" bodies) are the most strongly metamorphosed ones.

Beside the above rocks the Nové Město, Zábřeh and Staré Město crystalline complexes exhibit also intrusive rocks such as gabbros to granites. The most common of them are relatively dark intermediate intrusive rocks usually described as tonalites in literature.

Metavolcanites in the entire studied area exhibit very similar chemical composition documented by concentrations and distributions of both the major and trace elements including REE. All mafic rocks show a subalcalic tholeiitic character while the felsitic rocks attain calc-alcalic character. Geological factors, element concentrations and distribution of REE mafic and felsitic rocks provide evidence that both groups may have originated from a common source — subalcalic magma. The magma was comparable with the basaltic magma of the recent mid-ocean ridges. The negative Eu-anomaly on standard distribution curves of REE felsitic metavolcanites shows that their own magma was a residual magma after

fractionation of basic plagioclase. The residual melt was significantly enriched with light REE.

The character of the metavolcanites indicates that the sediments and volcanites of all the four described geological units were formed in the sedimentary area with an ocean-type crust.

The set of 188 silicate analyses from the Orlické hory Mts. crystalline complex including mafic and felsitic metavolcanites, metasediments of the Nové Město and Zábřeh crystalline complexes, mica schists, orthogneisses and migmatites of the Orlice-Kladsko crystalline complex, granitoids and dyke rocks was processed using factor (correspondence) analysis. On the basis of combining codes using correspondence analysis two basic factors influencing grouping of the studied rock samples in the given set can be defined: the factor I explains concentration of the salic minerals on one, and femic minerals on the other hand. The factor II explains the process of surface weathering and endogenic alteration. The results of the correspondence analysis support the theory of comagmatic origin of the mafic and felsitic metavolcanites and together with concentration and distributions of the major trace elements show that partially deformed intrusive rocks — gabbros, tonalites to granites — may have originated from the same magmatic source.

*Přeložila T. Hlavatá*

#### Explanation of tables

Table 1. Chemical composition of basic metavolcanites of the Nové Město crystalline complex.

1 — amphibolite — Poříčí-Skuhrov, right bank of the Bělá river, 1200 m SE of Osečnice village limits, 200 m S of the Nový hrad castle; 2 — amphibolite — Antonínovo údolí valley, 200 m SE of gamekeeper's lodge, 1500 m E of Osečnice village limits; 3 — amphibolite — Souvlastní, 1200 m SSE of Souvlastní village limits, 100 m N of Bělá—Nebeská Rybná road crossing; 4 — amphibolite schist — Rokytnice v Orlických horách, 600 m E of sawmill, 800 m NE of the church in the square; 5 — amphibolite — Rokytnice v Orlických horách, 150 m E of sawmill, 500 m NE of the church in the square; 6 — amphibolite — Přím, 500 m W of Pěčín village limits, 600 m N of 480 m elevation; 7 — amphibolite — Bredůvka, 500 m E of Bredůvka village limits, 1500 m SW of 638 m elevation; 8 — amphibolite — Jablonné nad Orlicí, 500 m SE of 537 m elevation, 600 m SW railway station Jablonné nad Orlicí; 9 — amphibolite — Jablonné nad Orlicí, 900 m SSE of 537 m elevation, 1000 m SW of railway station Jablonné nad Orlicí; 10 — amphibolite — Bystřec, 400 m E of 588 m elevation (Na Vartě); 11 — amphibolite — Štítý, 1800 m W of Štítý village, 500 m ENE of Polsko settlement; 12 — amphibolite — Horní Heřmanice, 500 m SE of 645 m elevation, 750 m N of Horní Heřmanice—Rýdrovice road crossing; 13 — amphibolite — Koburk, 100 m SE of bridge across the Moravská Sázava river; 14 — amphibolite — Výprachtice - Halda, 900 m W of 620 m elevation, 1300 m NE of Horní Čermná—Výprachtice road crossing; 15 — amphibolite — Koburk, 500 m NE of 548 m elevation, 1000 m W of Koburk village

center; 16 — amphibole schist — Výprachtice, 800 m N of 576 m elevation, 900 m SE of Lanškroun—Bystřec road crossing; 17 — amphibole schist — Bystřec, 500 m W of 536 m elevation, 1200 m NW of 588 m elevation; 18 — amphibolite — Souvlastní, 250 m NW of road crossing in the village; 19 — amphibolite — Klášterec nad Orlicí, 500 m SW of 658 m elevation, 200 m N of 543 m elevation; 20 — amphibole schist — Klášterec nad Orlicí, 500 m NE of 551 m elevation.

Table 2. Trace elements in basic metavolcanites of the Nové Město crystalline complex.

Table 3. Rare earth elements in basic metavolcanites of the Nové Město crystalline complex.

Table 4. Chemical composition of acid metavolcanites of the Nové Město crystalline complex.

1 — porphyroid — Dobřany, 400 m NE of 598 m elevation, 800 m S of 655 m elevation; 2 — keratophyre — Polom, 50 m SE of 668 m elevation; 3 — keratophyre — Sedloňov, 650 m N of the village church; 4 — keratophyre — Sedloňov 30 m E of the village church; 5 — keratophyre — Šediviny, 70 m N of 566 m elevation, 1100 m SE of 657 m elevation; 6 — keratophyre — Klečkov, 1200 m NE of gamekeeper's lodge in Antonínovo údolí valley, left bank of the Bělá river; 7 — metaquartzkeratophyre — Uhřínov pod Deštnou, 150 m SE of the village church; 8 — metaquartzkeratophyre — Uhřínov pod Deštnou, 900 m NE of Bukový village limits, right bank of the Kněžna rivulet; 9 — metaquartzkeratophyre — Uhřínov pod Deštnou, 950 m NE of Bukový village limits, right bank of the Kněžna rivulet; 10 — metaquartzkeratophyre — Uhřínov pod Deštnou, 900 m ENE of Bukový village limits, 2500 m S of Polanka lonely house; 11 — metaquartzkeratophyre — Prorůbky, 1400 m NE of 581 m elevation (Šibeník); 12 — quartz keratophyre — Rampuše, 350 m SSW of 660 m elevation, 1300 m NE of the north limits of Hláška village; 13 — metaquartzkeratophyre — Rampuše, 550 m SW of Kovárna cottage, 500 m SE of 660 m elevation; 14 — keratophyre — Souvlastní, 150 m N of Bělá—Nebeská Rybná road crossing, 800 m ESE of Souvlastní village limits; 15 — quartz keratophyre — Popelov, 200 m of Bělá—Nebeská Rybná road crossing, 1200 m NW of Nebeská Rybná church; 16 — quartz keratophyre — Nebeská Rybná, 350 m ESE of the village church; 17 — metaquartzkeratophyre — Nebeská Rybná, 700 m ESE of the village church.

Table 5. Trace elements in acid metavolcanites of the Nové Město crystalline complex.

Table 6. Rare earth elements in acid metavolcanites of the Nové Město crystalline complex.

### Explanation of text-figures

- Metabasites, amphibolites and metagabbros of the Nové Město (a), Zábřeh (b), Staré Město (c) and Letovice (d) crystalline complexes in the diagram  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} : \text{SiO}_2$  (mass %). Boundary between alkaline and subalkaline rocks: I — after T. N. Irvine - W. R. A. Baragar [1971], II — after G. A. Macdonald - T. Katsura [1964]. 1 — metagabbros, 2 — amphibolites, 3 — metabasites, undistinguished.
- Metavolcanites of SE part of the Lugicum in the AFM diagram; (a — Nové Město, b — Zábřeh, c — Staré Město, d — Letovice crystalline complexes). Boundary between tholeiitic and alkali-calcic fields after T. N. Irvine - W. R. A. Baragar 1971. 1 — amphibolites; 2 — metabasites undistinguished; 3 — "tonalites"; 4 — meta-keratophyres; 5 — porphyroids; 6 — ultrabasites; 7 — metagabbros.

3. Metavolcanites of SE part of the Lugićum in the cation diagram of L. S. Jensen (1979) (*a* — Nové Město, *b* — Zábřeh, *c* — Staré Město, *d* — Letovice crystalline complexes). Boundary between the komatiite and basalt series is marked by a vertical full line.  
1 — amphibolites; 2 — metabasites undistinguished; 3 — metakeratophyres; 4 — "tonalites"; 5 — ultrabasites; 6 — metagabbros; 7 — porphyroids.
4. Metavolcanites of SE part of the Lugićum in the diagram  $Al_2O_3 : FeO^{\text{Fe}}/FeO^{\text{Fe}} + MgO$  (*a* — Nové Město, *b* — Zábřeh, *c* — Staré Město, *d* — Letovice crystalline complexes). Boundaries determined on the basis of a petrographic study.  
1 — metagabbros; 2 — amphibolites; 3 — metabasites undistinguished; 4 — "tonalites"; 5 — metakeratophyres; 6 — porphyroids.
5. Basic metavolcanites of the Nové Město crystalline complex in the discrimination diagram  $Ti/100 : Zr : Y \times 3$  (after J. A. Pearce - G. R. Canne 1974).  
OFB — ocean floor basalt; LKT — low-potassium tholeiite; WPB — within-plate basalts; CAB — calc-alkaline basalts. 1 — amphibolites; 2 — metabasalts undistinguished.
6. Metavolcanites of the Nové Město crystalline complex in the diagram K/Rb.  
For explanation see fig. 4.
7. Distribution of rare earth elements (TR) in metavolcanites of the Nové Město crystalline complex. Contents of trace elements are standardized by chondrite (F. A. Frey et al. 1968).  
*a* — determined fields for undifferentiated metabasites (horizontal shading) and amphibolites (vertical shading — total 15 samples; *b* — field of acid metavolcanites determined from 16 samples.
8. Distribution of rare earth elements in amphibolites (1) and greenschists (2) of the Zábřeh (*a*) and Staré Město (*b*) crystalline complexes.  
For explanation see fig. 2.
9. Chemical composition of rock sets of the Nové Město crystalline complex expressed in two-dimension factor area together with axes of individual components.  
1 — metakeratophyres and porphyroids; 2 — metasediments; 3 — "tonalites"; 4 — acid granitoids of the Nový Hrádek and Kudowa-Olešnice massifs; 5 — intermediary granitoids of the Kudowa-Olešnice massif; 6 — metabasites undifferentiated; 7 — gabbrodiorite of Mt. Špičák (triangle), gabbro from Pěčín (square); 8 — metabasites (undifferentiated) from basic tuffs.

**Метавулканы ю.-в. части Лужицкой зоны,  
их геохимия и геотектоническая интерпретация**

Мафические метаморфизованные вулканические породы (зеленосланцы и амфиболиты) кристаллических комплексов новоместского, староместского, забржежского и летовицкого обладают составом, близким к щелочному. Распределение в них больших литофильных элементов, плосковершинные кривые распределения редкоземельных элементов и слабая положительная европиевая аномалия подобны тем, которыми характеризуются современные толеитовые базальты морского дна. Фельзические метавулканы области исследования обладают известково-щелочным составом, чему соответствует также их микрохимизм. Все метавулканы можно считать комагматическими. Характер мафических метавулканитов указывает на то, что все четыре вышеприведенных комплекса возникли, по всей вероятности, в среде осадконакопления с корой океанского типа.

*Přeložil A. Kříž*