

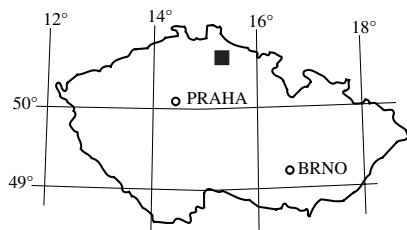
## SPODNOAUTUNSKÉ VULKANITY KOZÁKOVA, SEVERNÍ ČECHY

### Early Autunian volcanics of the Kozákov-hill, N-Bohemia

FERRY FEDIUK

Geohelp, Na Petřínách 1897, 16200 Praha 6, e-mail fediukgeo@atlas.cz

(03-32 Jablonec nad Nisou)



**Key words:** Permian, volcanics, volcanology, geochemistry

**Abstract:** The classic locality of the Votrubeč-quarry on the Kozákov-hill offers not only a wide scale of minerals but also a series of remarkable phenomena in Early Permian volcanics. Seven lava sheets, spread on a wet, transvaporization producing substratum and one tuffitic interlayer can be recognized here. The lava movement produced typical structural features such as the elongation of amygdules and rolling and ropy fabrics. It can be concluded from them that the lava flow took place from E to W running oblique to the actual, tectonically modified dip of the lava sheets. The sheets show systematic trends of chemical changes from the lowest to the highest one which can be attributed to the gradual mild fractionation of the same magmatic source. Trachybasalts in the lower part and basaltic trachyandesites in the upper section represent its product.

## Úvod

Kozákov, výrazná krajinná dominanta na rozhraní pohraničních hor a vnitřku české kotliny, zaujímá v národním povědomí místo, jež ho klade do jedné řady s Řípem, Blaníkem či Radhoštěm. Významný podíl na tomto genu loci má i pestrá geologie, dramatický uzel na konci lužické poruchy, v němž se na jediném vrchu setkávají čtyři jednotky, zahrnující rozpětí několika set milionů let: na severním svahu železnobrodské krystalinikum, na hamštejnském hřbetu křída, kolem vrcholu neogenní alkalické bazaltoidy a na jižním úbočí perm, sedimentární i vulkanický. Právě permu vděčí Kozákov za proslulost, ani ne tak níže položeným sedimentům, v nichž se kdysi dokonce neúspěšně kutalo na uhlí, zato ve vrchovaté míře výše ležícím „melafyřům“ a především na ně vázaným, sběratelsky proslulým minerálům z mandlí, žil a puklin, většinou pocházejícím z tzv. Votrubečova lomu. Mineralogii této lokality byla věnována řada studií, nejpodrobněji práce TABORSKÉHO (1968). Lom je již řadu let mimo provoz a možnost najít zde nějakou mineralogickou pozoruhodnost se rok od roku snižuje. Přesto sem z tradice dále proudí zájemci, od nichž restituent vybírá vstupné, inkasuje i za odnášené vzorky a prodává své vlastní. Mineralogická sláva lomu zcela zastí-

nila zájem o petrografickou a vulkanologickou stránku lokality, která zůstávala neřešena. Teprve FEDIUK (1972) překonal představu, že zdejší horniny mají povahu bazaltu s.s., a prokázal, že jsou alkaličtější a zčásti i kyselejší. Hlavní přínos však byl vulkanologický: doložil sled sedmi lávových příkrovů, přítomnost provazových láv, valivých textur a tufitu. Odebral a homogenizoval i vzorky hornin pro chemické analýzy, jejichž výsledky však zůstaly v archivu. Objevily se pak v podobě ne zcela přesné a s nesrovnalostmi o původu analýz v některých archivních zprávách (např. BOUŠKA a kol. 1985), které jsou navíc těžko dostupné, takže je účelné zpřístupnit je autentickou verzí.

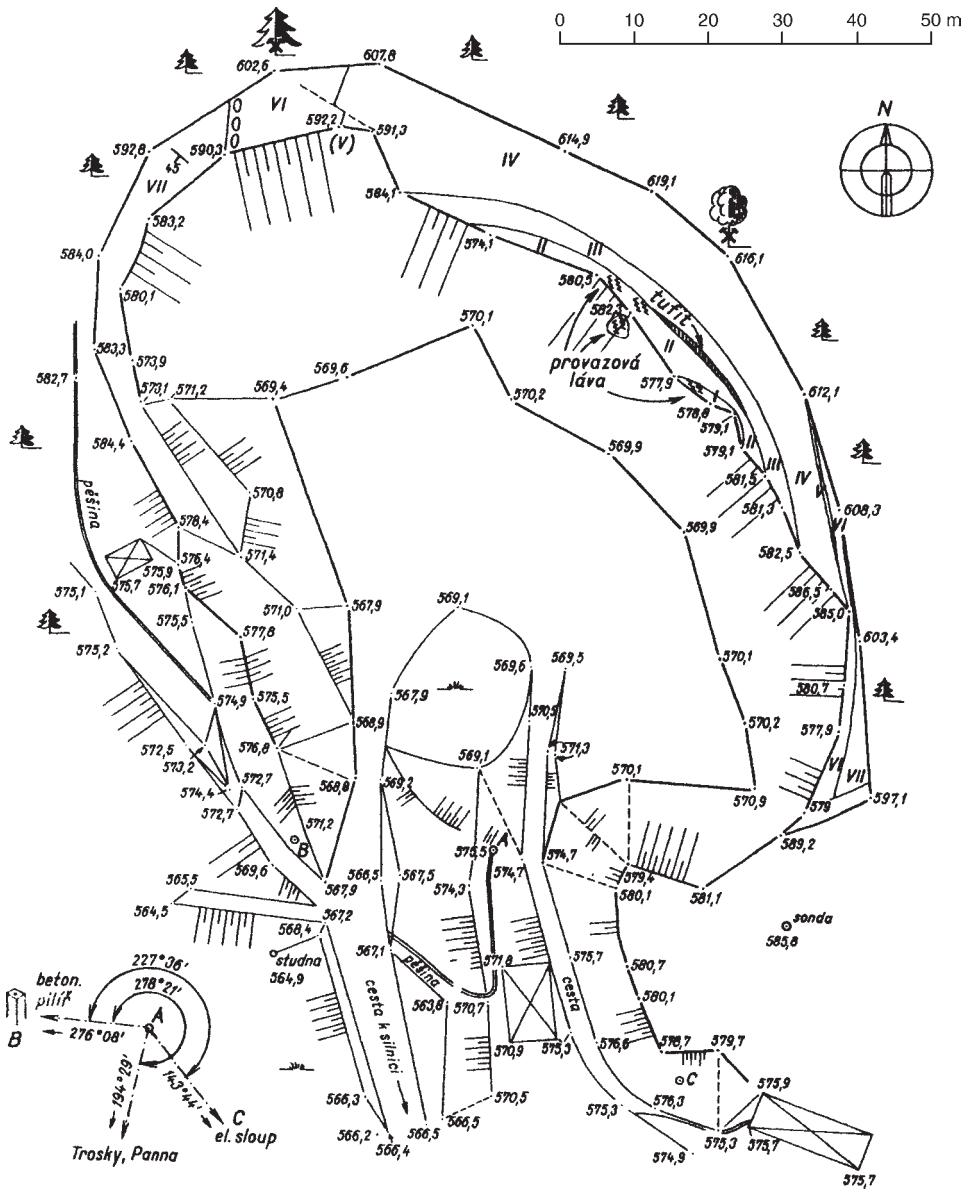
## Podkladové materiály

K pořízení tachymetrického plánu Votrubečova lomu (J. Chlum, Přírodovědecká fakulta UK) byl na vrcholu haldy na j. okraji lomu zapuštěn betonový patníček s centrální kovovou trubkou jako základní měřičský bod A. Souřadnice byly zaměřeny (J. Fafejta, Geoindustria) elektrooptickým dálkoměrem Wild DI3S a spočteny v systému JTSK  $x = 995\,473,04$ ,  $y = 676\,256,84$ . Nadmořská výška  $z = 575,48$  je v systému Balt. Tento plán se zakreslením příkrovů I až VII je uveden jako obr. 1, rozvinutý nákres lomové stěny včetně geologie je v obr. 2.

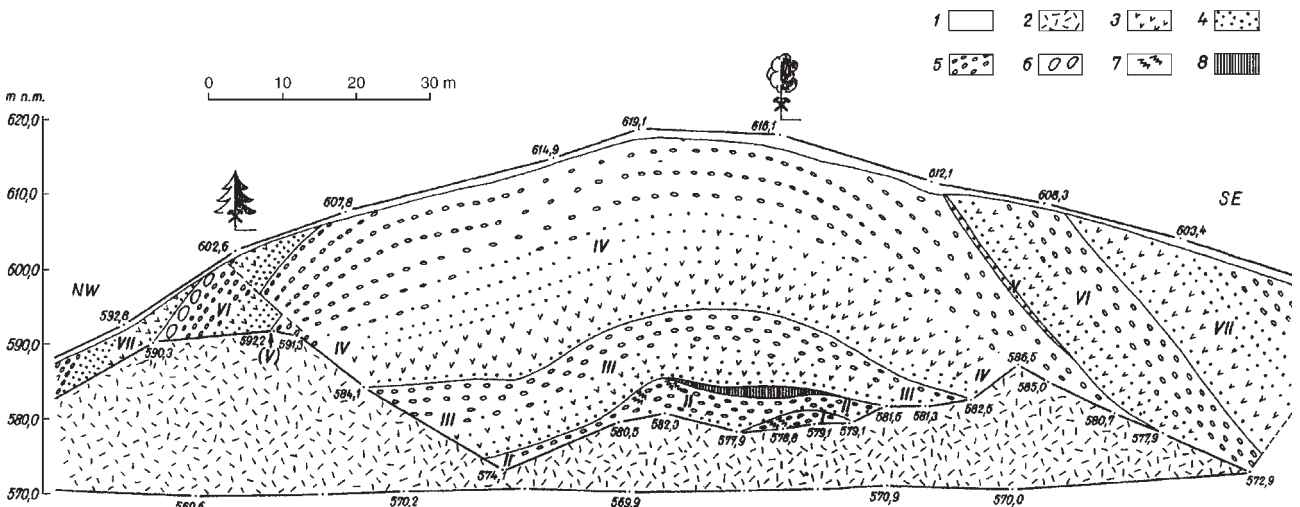
Analýzy makrochemismu byly realizovány v Českém geologickém ústavu (analytik M. Huka, 3 vzorky) a v Ústavu geologických věd Univerzity Karlovy (J. Adam, 6 vzorků). Stopové prvky byly stanoveny v Ústavu nerostných surovin v Kutné Hoře (analytik Z. Randa, 6 vzorků).

## Vulkanologie

Tradovaný názor, že ve zdejším lomu je odkryt přírodní kanál „melafyřového“ magmatu, se ukázal jako chybný. Lokalita je naopak instruktivním příkladem, odkrývajícím komplex ryze efuzivního aparátu, který sestává ze sledu sedmi lávových příkrovů. Mocnost odkrytého komplexu je zhruba 50 m, z čehož na příkrov II připadá v průměru 4 m, na příkrov III 6 m, na příkrov IV 12 m, na příkrov V necelý 1 m a na příkrov VI 9 m. Mocnost příkrovů I a VII zůstává neznáma a extrapolaci ji lze odhadnout v obou případech na nejméně 10 m. S výjimkou příkrovu V jsou všechny dobře přístupné z báze lomu – příkrovů I, II a III v dolní polovině severní stěny a příkrovů IV, VI a VII ve východní stěně, příkrovů VI a VII navíc nad sutí v severozápadní části lomu (viz foto 1 a 2 v příloze VI). Pro odběr horniny příkrovu V, jehož výskyt je omezen na horní část sv. stěny, musela být použita horolezecká technika. Mezi příkrovů II



1. Tachymetrický plán Votrubcova lomu na Kozákově se zakreslením lávových příkrovů I až VII. A = základní měřický bod.



2. Náčrt do roviny rozvinuté stěny Votrubcova lomu se situací lávových příkrovů I až VII. Vysvětlivky: 1 – hlína, 2 – suť, 3 – masivní facie vulkanitů, 4 – drobně mandlovcovitá facie, 5 – výrazně mandlovcovitá facie, 6 – valivá textura, 7 – provazová láva, 8 – tufit.

Tabulka 1. Chemické analýzy vulkanitů Votrubcova lomu (hmot. %)

	I	II	III	IVa	IVb	V	VI	VIIa	VIIb
SiO <sub>2</sub>	46,71	45,93	47,44	52,18	48,15	50,60	51,79	51,39	53,70
TiO <sub>2</sub>	1,44	1,34	1,50	1,44	1,46	1,44	1,50	1,34	1,40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,74	16,07	17,84	16,23	16,28	16,43	16,18	15,97	15,81
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,69	9,79	5,02	4,51	5,07	5,64	8,03	7,06	4,53
FeO	0,95	0,68	3,48	3,34	3,82	2,90	1,58	1,84	4,20
MnO	0,14	0,11	0,22	0,17	0,19	0,32	0,16	0,13	0,14
MgO	7,22	6,06	8,33	3,61	5,36	4,35	3,74	4,29	3,75
CaO	6,98	7,20	5,39	8,37	7,96	8,04	6,48	7,81	7,58
Na <sub>2</sub> O	4,39	4,18	4,11	4,54	3,78	3,88	3,60	4,55	3,69
K <sub>2</sub> O	0,74	0,91	0,88	1,81	1,03	1,80	1,96	1,90	1,93
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,47	0,43	0,42	0,56	0,62	0,52	0,64	0,55	0,59
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	5,10	4,96	3,98	2,69	2,72	2,37	1,66	2,01	1,26
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	2,05	1,02	0,70	0,77	3,46	0,28	1,92	0,90	1,70
CO <sub>2</sub>	0,50	0,83	0,42	0,56	0,30	1,01	stopy	0,09	stopy
celkem	100,12	99,51	99,73	100,78	100,21	99,58	99,24	99,83	99,28

Číslování vzorků odpovídá pořadí lávových výlevů od nejstaršího k nejmladšímu. Vzorky IVb, VI a VIIb byly analyzovány v Českém geologickém ústavu, Praha, ostatní vzorky v bývalém Ústavu geologických věd Karlovy univerzity.

a III se v severní stěně lomu vkládá až 120 cm mocná poloha tufitu, příkrovy VI a VII jsou na západě profaty až 1 m mocnou větvenou žílou převážně hmot SiO<sub>2</sub>, která pod bází lomu pokračuje ke konci východní stěny, kde vyklíňuje.

Každý ze sedmi lávových příkrovů má obdobnou stavbu. Při bázi příkrovu je vyvinuta drobně mandlovcovitá poloha představující jen asi desetinu celkové mocnosti příkrovu. Jejich vznik lze přisoudit transvaporizaci z vlhkého podloží.

Do nadloží přechází tento mandlovec plynule do kompaktní polohy, která u tenkých příkrovů, jako je II a III, může téměř chybět, zatímco u mocnějších příkrovů, jakými jsou zejména příkrovy IV, VI a VII, může dosáhnout mocnosti 1 až 5 m. Horní část všech příkrovů je vždy mandlovcovitá, často velmi bohatě, kdy objem mandlí místy převyšuje až jednu třetinu celkového objemu horniny. Tyto mandle, na rozdíl od drobných transvaporizačních mandlí podložních, jsou degazačního původu. Dosahují nezřídka velikosti i hodně přes 1 cm a delší osa jejich eliptických tvarů leží subhorizontálně a kolmo k pohybu magmatu (srov. PROUZA et al. 2000). Jejich tvar a orientace ukazují, že vznikaly v málo viskózním valivém prostředí. O takovém pohybu svědčí i provazové lávy (foto 3 a 4) na povrchu příkrovů I a II. Jde o první a zatím jediné zjištěné provazové lávy v českých permokarbonských vulkanitech. Dalším, pro dynamiku lávového pohybu příznačným znakem jsou valivé textury blízké tzv. pahoe-hoe toes, poněkud až simulující texturu polštářových láv. Jsou dobře patrné, byť ne tak instruktivně jako v „melafyrovém“ lomu ve Frýdštejně, na příkrovech IV a VI.

## Geochemie

Horniny všech sedmi příkrovů byly analyzovány (tab. 1 a 2; ve zprávě BOUŠKY a kol. 1985 je příkrov V chybně veden jako VI), z toho na makroelementy příkrovy IV a VII nezávisle dvakrát (v interpretaci se počítá s aritmetickým průměrem). Byly vybírány vzorky kompaktní, relativně čerstvé, pokud možno bez mandlí. Přesto však obsahy těkavin vesměs převyšují hodnotu 2 %, která je požadována jako maximum klasifikační komisí IUGS; toto kritérium by však znemožnilo klasifikovat naprostou většinu našich permokarbonských vulkanitů.

V klasifikaci TAS (obr. 3) spadají tři spodní příkrovy do pole trachybazaltu (hawaiiitu), čtyři svrchní příkrovy do bazaltického trachyandezitu (mugearitu, podružněji až šošonitu). V dělení Irvine-Baragara jsou všechny na rozhraní pole alkalického a subalkalického. Diagram AFM je jednoznačně promítá do pole alkalicko-vápenatého, zatímco kritérium SiO<sub>2</sub> – FeO<sub>tot</sub>/MgO spíše svědčí pro přechod CA a TH. Podle CIPW jsou všechny příkrovy hyperstennormativní (nejvíce I), I, II a III poklesově olivínnormativní a horniny příkrovů IV až VII kvarcnormativní. Zřetelný je trend růstu acidity a alkaličnosti (při stoupající poměru K<sub>2</sub>O : Na<sub>2</sub>O – obr. 4) k nadloží, kompenzovaný poklesem zejména MgO. Ze stopových prvků rostou v tomtéž směru obsahy Ba, Cs, Rb, Zr, Th a U, naopak klesá množství Cr a Sc. Normalizované obsahy REE mají vesměs silnou převahu LREE nad HREE (Ce<sub>N</sub>/Yb<sub>N</sub> 4 až 6,5) a mírnou negativní Eu-anomálii Eu<sub>N</sub>/Eu<sub>N</sub>\* (kolem 0,8); závislost na stratigrafické výšce je však nevýrazná.

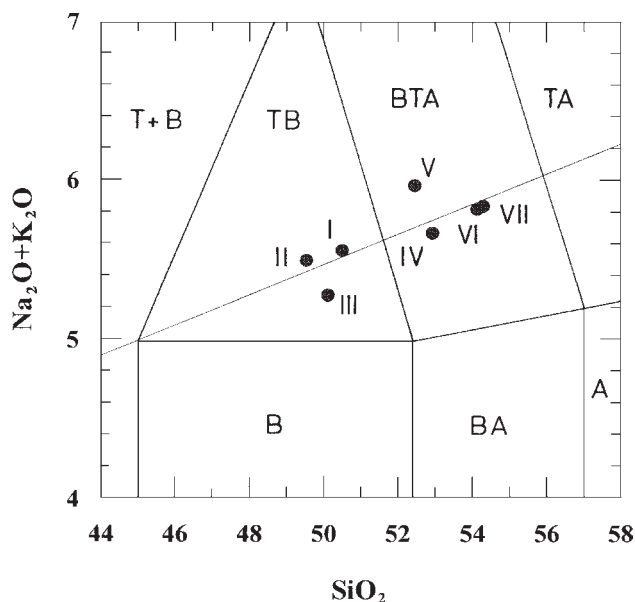
Tabulka 2. Obsahy stopových prvků (ppm) ve vulkanitech Votrubcova lomu

	I	II	III	IVa	V	VIIa
Ba	249	219	408	394	446	482
Co	34,8	40,2	35,0	45,2	32,4	24,5
Cr	159	138	102	99	85	88
Cs	0,51	0,28	0,42	0,72	1,15	1,58
Cu	4	18	190	65	65	86
Hf	6,73	7,55	9,92	9,35	9,20	8,75
Ni	77	148	118	98	110	63
Rb	19,6	22,6	16,5	31,0	32,7	38,0
Sc	37	30,5	23	27	22,5	24
Sr	218	396	331	220	339	365
Ta	1,55	1,45	1,90	1,50	1,90	1,80
V	290	390	310	350	380	280
Zr	285	365	nest.	nest.	452	nest.
Th	4,95	4,50	7,50	6,90	8,20	7,80
U	1,38	1,23	nest.	nest.	1,58	nest.
La	32	31	41	44	43	40
Ce	77	69	95	86	94	82
Nd	48	32	44	46	44	38
Sm	9,5	8,5	8,6	7,8	8,8	8,1
Eu	2,1	2,1	2,4	2,5	2,4	2,5
Gd	9,8	10,0	11,7	12,5	12,0	11,2
Tb	0,99	1,1	1,2	1,3	1,2	1,5
Dy	7,0	5,3	7,0	7,2	5,1	7,7
Ho	2,4	1,3	2,7	1,2	2,6	2,3
Er	4,4	1,5	4,2	2,6	6,8	3,8
Tm	1,0	1,0	0,41	0,95	1,9	0,96
Yb	3,7	2,7	3,4	3,6	2,95	4,2
Lu	0,47	0,40	0,54	0,46	0,51	0,49

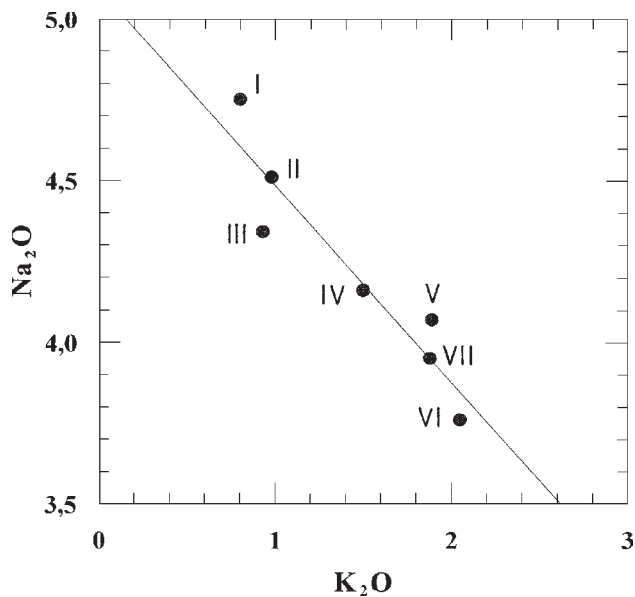
Číslování vzorků jako v tab. 1. Cu, Ni a V stanoveny metodou SPA, ostatní prvky metodou INAA, analytik Z. Řanda, ÚNS Kutná Hora.

## Závěr

Klasická lokalita Votrubcův lom na Kozákově je pozoruhodná nejen svou mineralogií, ale i z hlediska tamních spodnopermských vulkanitů. Je tu odkryto sedm lávových příkrovů vylévaných na vlhké, transvaporizaci vyvolávající prostředí a výskyt tufitové polohy. Pohyb láv se promítl do protažení mandlí a valivých a provazových staveb. Lávotok směřoval od V k Z a je k dnešnímu, tektonicky modifikovanému úklonu příkrovů (k JJZ), kosý. Příkrovy vykazují trend změn chemismu od spodního k nejvyššímu, reflektující postupnou frakcionaci téhož magmatického zdroje. Produktem jsou nejprve hawaitické trachybazalty, které nadložním směrem plynule přecházejí do převážně mugearitických bazaltických trachyandezitů.



3. Výšek klasifikačního diagramu TAS (IUGS) s průměrnými body analýz příkrovů I až VII a příslušnou regresní linií. Označení klasifikačních polí: T + B = tefrit + bazanit, TB = trachybazalt, BTA = bazaltický trachyandezit, TA = trachyandezit, B = bazalt, BA = bazaltický andezit, A = andezit.



4. Binární graf  $\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$  s průměrnými body analytických hodnot příkrovů I až VII a s regresní linií pro soubor jako celek.

## Literatura

- BOUŠKA, V. a kol. (1985): Petrologický a geochemický výzkum svrchnopaleozoických vulkanitů. – MS Přírodověd. Fak. Univ. Karl. Praha.  
 FEDIUK, F. (1972): Staropaleozoické, mladopaleozoické a neoidní vulkany na Železnobrodsku. – Úst. geol. věd Univ. Karl. Praha.  
 PROUZA, V. – COUBAL, M. – MÁLEK, J. (2000): Směry toku lávových proudů podkrkonošských mladopaleozoických andezitoidů a lokalizace jejich vulkanických center. – Zpr. geol. Výzk. 1999, 73, Praha.  
 TÁBORSKÝ, Z. (1968): Mineralogické studium zeolitů z Kozákova. Dipl. práce. – MS Přírodověd. fak. Univ. Karl. Praha.

Fotografie 1–4 jsou v příloze VI.