

Čedičové varhany u Rotavy na Sokolovsku

RNDr. Petr Rojík, Ph.D.

Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s., Sokolov, rojik@suas.cz

Přijato: 12. 11. 2010, recenzováno: 3. 12. a 27. 12. 2010

Abstrakt

Článek popisuje a hodnotí geologickou stavbu, složení a vznik čedičových vrchů Varhany a Skalka u Rotavy severně od Sokolova. Vulkanická tělesa Varhan a Skalky leží na zlomovém systému, který odděluje sokolovskou pánev od Krušných hor. Pomocí geologického mapování, petrografických, geochemických a strukturně geologických metod byla popsána architektura a složení zmíněných kopců. Jedná se pravděpodobně o vytlačené kupy (dómy) bazanitového složení, miocenního stáří. Varhany vznikly jediným klidným výlevem viskózní lávy nad ústím protáhlého jícnu a rychlým zesklotněním lávy na limburgit. Naproti tomu Skalka vznikla v několika fázích vytlačováním silně viskózní lávy z ústí jícnu a následným vyplňováním rozsedlin žilami nefelinického bazanitu.

Basalt organs near Rotava in the region of Sokolov

The paper describes the geological setting, composition and origin of the stone organs of the Varhany and Skalka hills near Rotava, north of Sokolov. The volcanic bodies are situated along the fault system that separates the Sokolov Basin and the uplifted area Krušné Hory Mountains. The architecture and composition of both volcanic bodies was studied by means of geological mapping and petrological, geochemical, and structural geological methods. The hills are likely Miocene cumulo-domes of basanitic composition. Varhany is a single dome elevated during one volcanic effusion of nepheline basanite above prolonged vents and subsequently rapidly solidified to limburgite. Skalka originated in several volcanic phases, subsequently fractured and filled with dykes of nepheline basanite.

Basaltorgel bei Rotava im Gebiet Sokolov

Der Artikel beschreibt und bewertet die geologische Struktur, Zusammensetzung und Entstehung der Basaltorgel und Skalka bei Rotava (Rothau) nördlich von Sokolov (Falkenau). Vulkanische Körper von Varhany (Orgel) und Skalka liegen auf einem Verwerfungssystem, welches das Sokolover Becken vom Erzgebirge trennt. Mithilfe der geologischen Kartierung, und der petrografischen, geochemischen und struktural geologischen Methoden wurde die Architektur und Zusammensetzung der erwähnten Hügel beschrieben. Es handelt sich voraussichtlich um Staukuppe (Dome) der Zusammensetzung aus Basanit, des miozänen Alters. Die Orgel entstand durch eine einzige ruhige Effusion von viskoser Lava oberhalb der Mündung des länglichen Rachens und durch rasche Verglasung der Lava auf Limburgit. Im Gegenteil Skalka entstand in mehreren Phasen durch Verdrängung der stark viskosen Lava aus der Mündung des Rachens und anschließende Ausfüllung der Klüfte durch Gänge des Nephelinbasanits.

Klíčová slova: sloupcová odlučnost, kamenné varhany, Varhany a Skalka u Rotavy, miocenní bazalty, západní Krušné hory.

Keywords: columnar jointing, stone organ, Varhany and Skalka near Rotava, Miocene basalts, western Krušné Hory Mountains.

1 Úvod

Rotavské varhany 16 km severně od Sokolova (obr. č. 1) jsou stěnou starého kamenolomu, který otevřel východní stranu čedičového pahorku běžně označovaného jako Varhany (dříve Flössberg). Odtud vybíhá západním směrem skalní hřeben, který je úzkým sedlem oddělen od pahorku Skalka (autorem navržený název, dříve Felsl) [5].

Varhany a Skalka jsou tradičním cílem přírodovědců, turistů a umělců. Jsou „místem, které vyzařuje wagnerovský majestát“ (E. Riedlová, ČGS). Mezi desítkami kamenných varhan v severozápadních Čechách vynikají Rotavské varhany pravidelnou přírodní architekturou a malebným zakomponováním do okolních lesů. Estetickou hodnotou se mohou srovnávat se slavnou Panskou skálou v Práchni u Kamenického Šenova. Rotavské varhany se z lokální atrakce vypracovaly na skvost, prezentovaný mezi hlavními geologickými lokalitami ČR (<http://www.geology.cz>) a v turistických průvodcích. Dostávají se do povědomí geologů jako „nejdokonalejší čedičový milíř v ČR“ (doc. J. Ulrych, GÚ AVČR). Dvojice pahorků Varhany a Skalka poněkud připomíná Trosky v Českém ráji.

První zpráva o existenci lomu na rotavském Flössbergu pochází z roku 1785 [7]. Čedič Varhan s obsahem magnetitu byl spolu se železnými rudami z okolí taven v nosticovské vysoké peci u Rotavy [2], která vyhasla roku 1818. Tento výklad může mít reálný základ, protože čedič obsahuje 14,6 % Fe_2O_3 ve formě magnetitu ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), silikátů a skla. Magnetická susceptibilita horniny dosahuje hodnot kolem $\kappa = 12 \cdot 10^{-3} \text{ SI}$.

Hlavní efekt přidavku čediče do vysoké pece však spočíval ve snížení teploty tání rud, protože čedič má vysoký obsah sloučenin usnadňujících tavení: suma ($\text{MgO} + \text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$) = 22,8 až 26,5 %.

Později byl čedič Varhan dobýván na kamenivo. Lomová stěna se nacházela ve stavu podobném dnešnímu již před sto lety [3]. Roztloukači kamene, zaměstnaní u hraběcích lesů, ještě po roce 1920 vylamovali čedičové sloupce železnými sochory a ručně je roztloukali na šterk pro lesní cesty [1].

Nynější krása Rotavských varhan vynikla zásahem do přírody formou kamenolomu. Předsazená louka je citlivě zplanýrovanou terasou, lemovanou věncem památných smrků. V dneš-



Obr. 1: Lomová stěna Varhan, vysoká 14 m a dlouhá 64 m.
Foto: P. Rojík

ním světle si nosticovský lom zaslouží ocenění jako vzorně renaturované území.

Lomová stěna Varhan spolu se zatravněnou terasou byla 1953 prohlášena za chráněné území. Paradoxně má celá přírodní památka Rotava antropogenní původ. Ačkoli zde byla později nalezena řada vzácných druhů rostlin, hlavním důvodem ochrany přírodní památky Rotava zůstávají vulkanické jevy.

Sousední lokalita Skalka je vulkanologickou lahůdkou, ale i těžkým oříškem k řešení. Je pozoruhodná zonární stavbou sopečné kupy, jejím rozštěpením a vyplněním rozsedlin čedičovými žilami. Pozornost si zaslouží také partie lávy bohaté na útržky cizorodých hornin, střídání pórovitých a celistvých čedičů a kamenná slunce.

2 Metodika

Obrys lokalit a nejdůležitější skalní výchozy byly geodeticky zaměřeny pomocí přesné GPS a zakresleny do plánu v měřítku 1:500. Geologická stavba zájmového území a blízkého okolí byla podrobně zmapována v měřítku 1:10 000. Petrografické výzkumy včetně přípravy nábrusů, výbrusů, optického studia v polarizačním mikroskopu NIKON Eclipse E600 a mikrofotografií byly provedeny autorem práce v laboratořích České geologické služby v Praze–Barrandově. Chemická analýza hornin byla pořízena v laboratoři VÚHU a.s. Most. Strukturně geologické prvky (především lineace osy sloupců) byly proměřeny na výchozech geologickým kompasem a vyneseny do plánu 1:500. Objemová magnetická susceptibilita hornin byla měřena polním kappametrem KT-5C.

3 Geologická stavba blízkého okolí

Varhany a Skalka v Rotavě jsou pozůstatkem vulkanických událostí v tzv. oherském riftu v třetihorách. Obě sblížené lo-

kality na severním okraji podkrušnohorského prolomu jsou součástí zlomové a vulkanické linie směru V-Z, která je na českém území 18 km dlouhá. V jejím středu, mezi Rotavou a Jindřichovicemi, se nacházel rozsáhlý vulkán Kernberg, který byl zcela odtěžen lomem (na současných mapách označen jako Štěrkovna). Odtud vybíhá pruh erozních zbytků vulkánů směrem na východ k Heřmanovu a Hradecké a na západ do Rotavy, Smolné, Kraslic, Landesgemeinde (výběžek území SRN), Počátek a dále k saskému Adorfu. Většina těchto vulkanitů, které autor článku zaměřil, dosud není zachycena na geologických mapách.

Některé vulkanity v této linii tvoří skalní výchozy, které byly rozkryty kamenolomy. Nejrozsáhlejším lomem byla Štěrkovna, která odtěžila horu Kernberg mezi Rotavou a Jindřichovicemi. Tento kdysi největší čedičový lom v ČR odkrýval v době mezi světovými válkami přes 40 m vysoké kamenné varhany, které byly mimořádnou turistickou atrakcí. Následující těžbou pak byl kopec nejen zarovnan, ale stěnový lom se navíc změnil v jámový, hluboký 65 m. Těžbou čediče bylo odkryto sopečné hrdlo, které se do hloubky trychtýřovitě zužuje.

K dalším významným výchozům zmíněné vulkanické zóny patří „čedičové varhánky“ Jetelí vížka (autorem navržený název, dříve Kleeühbl) u Kraslic, které obsahují útržky olivinitických hornin zemského pláště. Lůmky na bezejmenném návrší (dříve Kappenbühl) v Heřmanově pak odkrývají čedičové žíly a vějířek vodorovných sloupců čediče v přírodní dráze magmatu.

Dvojice vrcholů Varhan a Skalky, jimiž se zabývá tato studie, tvoří V-Z orientovaný, mírně zalomený, bezlesý hřbet, ostře vyčnívající ze zarovnané zalesněné krajiny o 40 m (obr. č. 2). Okolní náhorní rovina v nadmořské výšce 600 až 610 m je pokryta zbytky kaolinicky zvětralých žul. Jedná se o třetihorní zarovnaný povrch (etchplén). Základna čedičových suků leží v nadmořské výšce 610 až 620 m, tedy mírně nad

úrovni etchplénu, ale pod úrovní dřívější paroviny, která ležela v oligocénu asi 30 m nad úrovní dnešního etchplénu a v době výlevů čediče již byla snížena erozí.

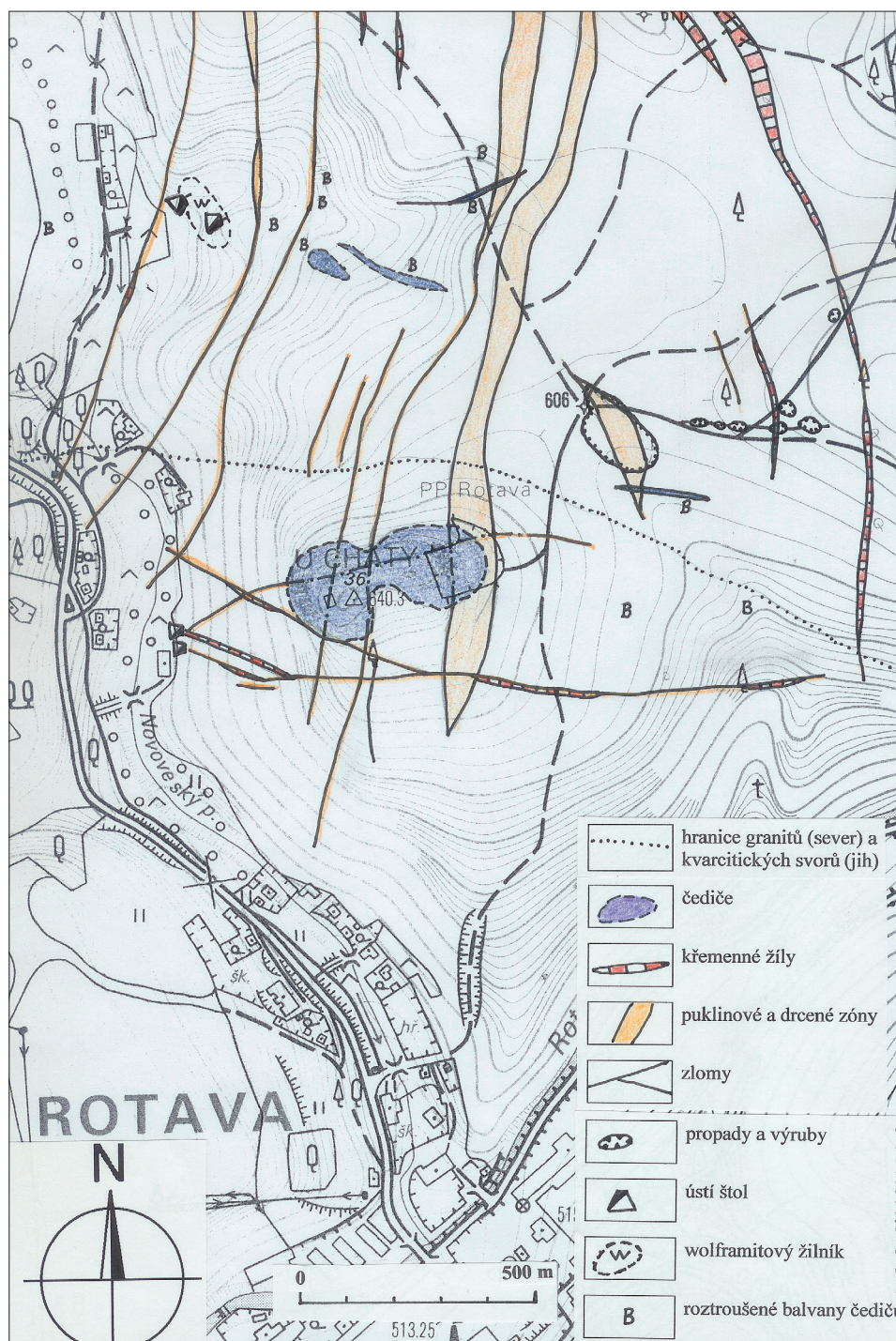
Jak ukázalo nové geologické mapování (obr. č. 2), oblast je silně prostoupená tektonickými poruchami - zónami drcených hornin, puklin a trhlin. Starší soustava poruch má směr V-Z, je vyplněna křemenem a místy hematitem, který byl předmětem dolování v několika šachticích a štolách. Krátké dilatační trhliny měly rozhodující roli při výstupu čedičových magmat. Mladší soustava zlomů má směr S-J. Všechny zlomy posunují hranici mezi žulami a metamorfovanými horninami, která prochází ve směru Z-V asi 150 severně od Skalky a Varhan

(obr. č. 2). Tyto výsledky kontrastují s publikovanými geologickými mapami, na nichž jsou Varhany a Skalka zakresleny jako jediné těleso na tektonizované hranici žul a metamorfik ve směru SZ-JV (např. Škvor – Sattran 1974, Kvičinský 1992).

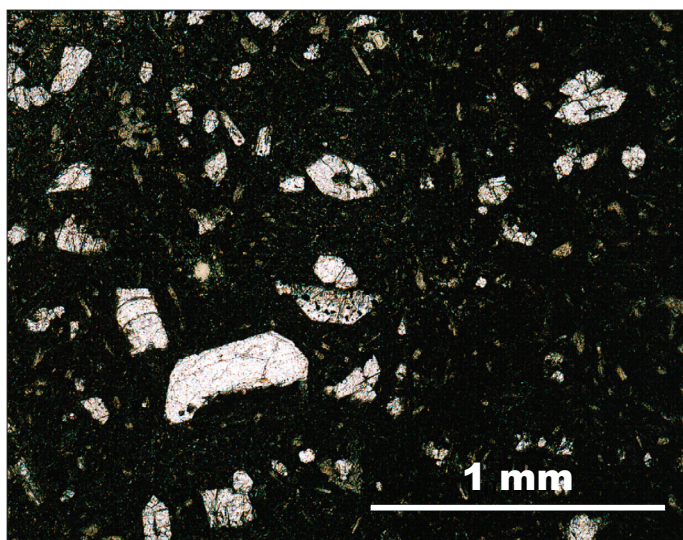
4 Varhany

4.1 Petrologie a geochemie

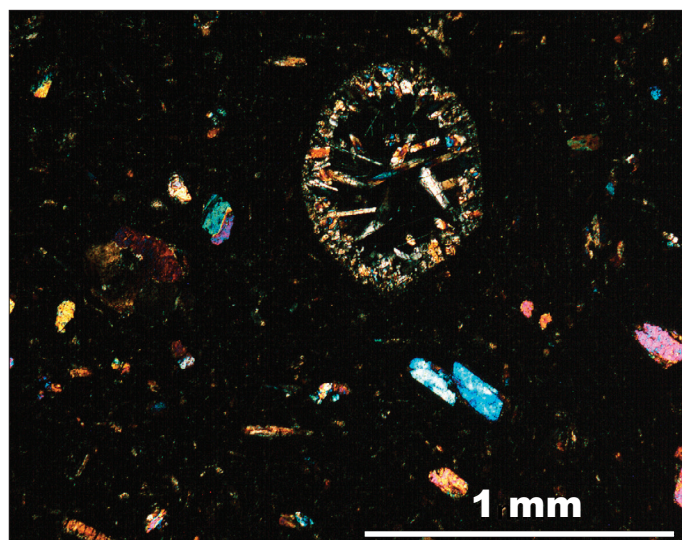
Hornina Varhan byla v literatuře označena jako bazalt [3] a limburgit [4,8]. Podle vlastního výzkumu lze horninu označit jako limburgit, protože masivní zesklotvení nedovolilo krystalizaci plagioklasu ani nefelínu. Přítomnost vyrostlic olivínu



Obr. 2: Geologická mapa okolí Varhan a Skalky s důrazem na tektonické prvky [5].



Obr. 3: Limburgit Varhan (mikrofoto, nikoly //). Vyroستlice augitu, olivínu a magnetitu plavou ve vulkanickém skle.



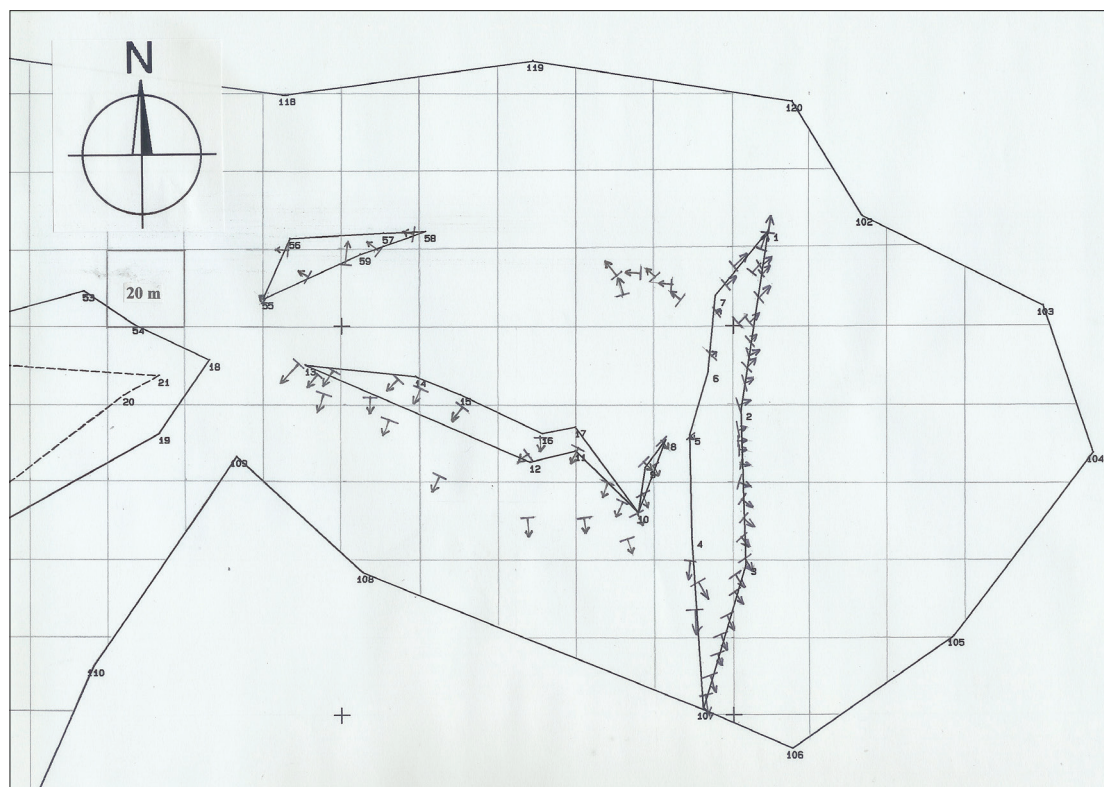
Obr. 4: Limburgit Varhan (mikrofoto, nikoly x) s agregátem zrn pyroxenu a reakční amfibolovou obrubou, vlevo zdvojitý olivín.

a chemické složení horniny (tab. č. 1) dokazují, že magma mělo složení blízké nefelinickému bazanitu až olivinickému nefelinitu.

Vyvělina je černošedá, homogenní, s drobnými porfyrickými vyrostlicemi augitu a olivínu a s řídce rozptýlenými drobnými mandlemi. Struktura je porfyrická s hemikrystalickou základní hmotou, ojediněle s náznakem fluidální struktury. Mikroskopické vyrostlice tvoří augit, magnetit a korodovaný olivín s obrubou z augitových krystalků. Základní hmota

obsahuje augit, mezi jehož zrnky se nachází proměnlivé množství skla s plynovými bublinkami, které uzavírá zrnka magnetitu, augitu a olivínu (obr. č. 3, 4). Limburgit obsahuje poměrně vzácné, drobné útržky granitů.

Analýza chemického složení horniny Varhan vcelku potvrzuje dosavadní poznatky [3,6,9]. Hornina je bazická, nenasyčená, alkalická, poměrně bohatá na oxidy Ti, Fe, Ca, Mg. Ve výše zmíněné vulkanické zóně, jejíž jsou Varhany a Skalka součástí, obsahy SiO_2 , K_2O a částečně Al_2O_3 klesají z prostřední



Obr. 5: Varhany – lineace. Šipky ukazují směr sklonu osy sloupců, délka šipek velikost sklonu (vodorovný průmět). Měřítko: délka strany čtverce 20 m [5].

Tab. 1: Petrografie, magnetická susceptibilita a chemické složení čedičů ve vulkanické zóně (pořadí lokalit od východu na západ). Chemické analýzy VÚHU a.s. Most, Shrbený [6], Ulrych et al. [9].

Č.	Lokalita	Hornina	K ⁺ (SI x 10 ⁻³)	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅	z.ž.
1	Daňčí vrch	nefelinický bazanit	19,5	32,11	1,65	12,61	13,36	0,21	13,72	16,12	4,47	0,82	1,65	1,19	2,09
2	Hradecký vrch	sodaliticko-olivinický nefelinit	22,1	35,47	2,81	13,35	11,37	0,20	12,28	13,65	4,80	0,87	1,70	1,00	2,50
				39,41	2,40	10,64	11,12	0,21	12,19	14,81	3,30	0,86	0,48	1,38	3,05
3	Větrník j. od Heřmanova	olivinický nefelinit	7,3	38,92	2,73	12,96	11,33	0,26	12,17	12,08	4,05	1,10	1,54	0,91	1,88
				41,71	2,13	11,10	10,94	0,20	11,28	13,96	3,23	1,07	0,12	1,18	2,64
				41,95	1,91	11,42	11,88	0,19	11,53	13,33	3,51	1,15	nest.	1,07	2,13
4	Kappenbühl s. od Heřmanova	sodalitický olivinický nefelinit	18,0	36,45	1,74	12,54	12,85	0,20	11,64	14,18	4,81	1,08	1,33	1,01	2,17
				40,29	2,32	10,33	11,08	0,22	13,27	13,62	3,51	0,81	0,40	1,24	2,55
5	Hinkenbühl z. od Heřmanova	nefelinický bazanit	21,8	35,63	1,67	12,04	13,00	0,27	14,64	13,14	4,15	0,88	1,34	0,98	2,26
				40,03	2,24	10,38	11,84	0,40	12,38	13,49	2,90	0,62	0,25	1,24	3,83
6	lom Kernberg Jindřichovice	nefelinický bazanit	15,7	48,76	2,27	11,08	12,37	0,16	4,23	9,93	5,94	1,57	1,58	1,11	1,00
				44,66	2,67	13,03	10,75	0,17	9,05	11,48	3,97	1,55	0,10	0,94	1,32
				43,38	2,28	13,25	11,36	0,15	9,00	11,36	4,20	1,53	nest.	0,99	1,88
7	Varhany Rotava	nefelinický bazanit	7 ÷ 17	37,88	3,71	12,87	14,65	0,06	11,20	9,63	4,71	0,99	0,02	0,01	4,26
				41,67	3,05	12,20	12,94	0,21	10,17	11,35	3,28	1,43	0,10	0,80	2,80
				44,07	2,72	12,36	12,38	0,20	10,10	11,01	3,48	1,63	nest.	1,02	1,45
8	Skalka Rotava	nefelinický bazanit po přepočtu na 100 %	5 ÷ 14	38,48	2,97	8,08	12,72	0,16	9,22	8,62	3,19	1,74	1,75	0,95	nest.
				43,79	3,38	9,19	14,47	0,18	10,49	9,79	3,63	1,98	1,99	1,08	nest.
9	Sklenký vrch	nefelinický bazanit	18 ÷ 33	32,33	2,09	13,06	13,73	0,22	13,99	13,90	4,59	0,74	1,33	1,17	2,84
10	Kleehübl Kraslice	olivinický nefelinit		33,56	2,31	9,04	12,88	0,20	13,06	16,01	2,77	1,33	1,28	1,14	nest.
11	Sněženský vrch	olivinický nefelinit	28,0	33,49	3,82	12,04	13,11	0,21	14,08	11,77	3,39	0,90	1,79	1,09	4,31
12	Landesgemeinde	olivin.-nefel. melilitit	?	29,64	2,80	8,11	9,97	0,19	15,47	15,57	1,91	0,47	0,02	0,01	15,84
13	Kuželka z. od Počátek	meliliticko-olivinický nefelinit (zvětralý)	28,8	34,56	3,66	10,10	13,86	0,24	13,34	9,21	3,38	1,21	1,46	1,07	7,91

a největší lokality Kernberg směrem ke koncovým malým výlevům ultrabazických láv na východě (Daňčí vrch u Hradecké) a na západě (Landesgemeinde). Aniž byla možnost studovat izotopy a stopové prvky, lze vyslovit opatrný předpoklad, že vyšší obsahy oxidů SiO_2 , K_2O a Al_2O_3 lze pokládat za indikátory kontaminace magmat při jejich průchodu horninami zemské kůry a při vytváření magmatických rezervoárů. Naproti tomu obsahy MgO , CaO a zčásti Fe_2O_3 se zvyšují od Kernbergu směrem k periférii. Vyšší obsahy těchto oxidů lze pokládat za složky původní taveniny. Oxidy TiO_2 a Na_2O mají v celé zóně poměrně vyšší, ale kolísavé obsahy (tab. č. 1). Jsou to typické indikační prvky alkalického vulkanismu.

Ultrabazická hornina z lomu Landesgemeinde (olivinicko-nefelinický melilitit) se složením nejvíce blíží původnímu, primitivnímu, nediferencovanému magmatu. Umístění Varhan a Skalky v západním sousedství Kernbergu zapadá do nastíněného trendu. Jejich složení má blíž k čedičům Kernbergu než k ultrabazické hornině Landesgemeinde. Jejich chemické složení ukazuje na možnou kontaminaci láv horninami ze svrchní části zemské kůry. Ta se projevuje vyššími obsahy SiO_2 a K_2O .

4.2 Strukturně geologické poměry

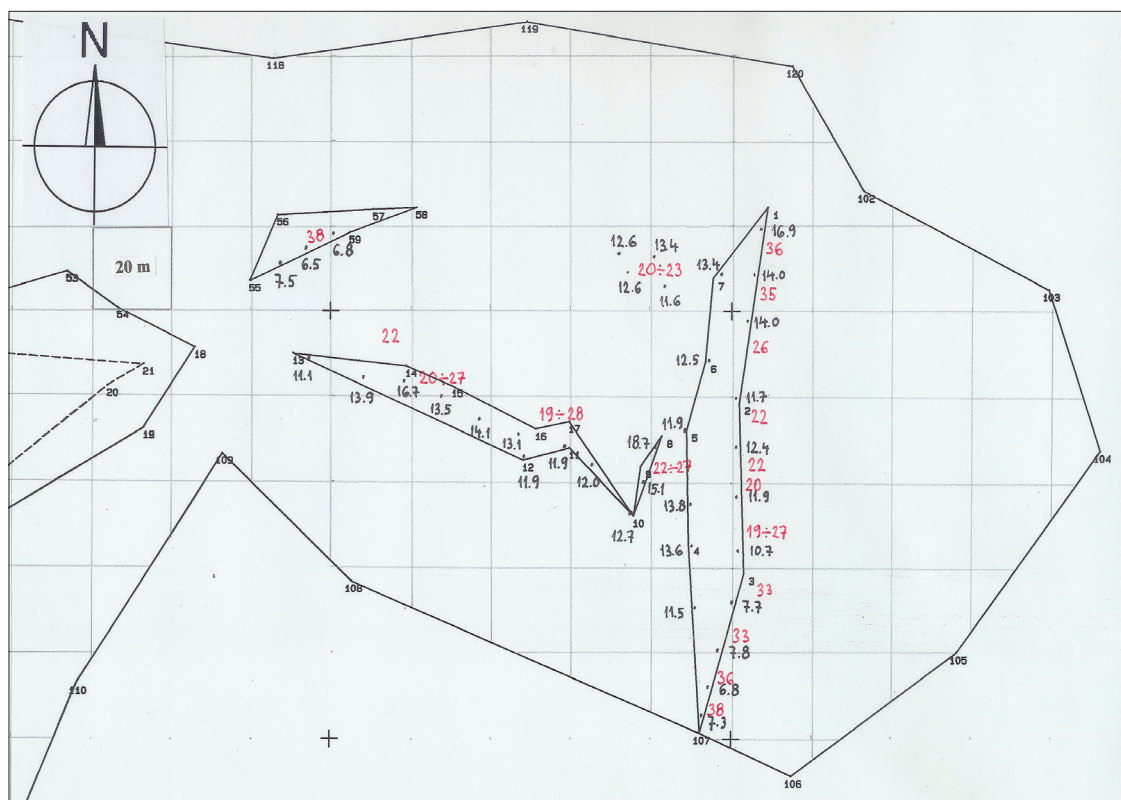
Dominantním strukturním prvkem Varhan a Skalky je sloupcovitá odlučnost čedičů (obr. č. 1). Obecně platí, že odlučnost čedičů je výsledkem vnitřního pnutí při ochlazování a smršťování lávy. Sloupce jsou orientované kolmo na kontaktní plochu, již láva předává teplo a od níž postupuje

chladnutí směrem do nitra vulkanického tělesa. Při povrchovém výlevu je touto plochou zemský povrch. Proto jsou sloupce utuhlých lávových proudů orientovány kolmo na reliéf krajiny v době výlevu. Hluběji pod zemským povrchem kopíruje kontaktní plocha průběh přírodní trhliny. Proto jsou zde sloupce orientovány přibližně vodorovně, tedy kolmo na svislý přívod. Mělce pod zemským povrchem se přírodní dráha trychtýřovitě rozšiřuje do vulkanického hrdla, které má válcovitou kontaktní plochu, jejíž úklon se směrem nahoru plynule zmenšuje. Důsledkem toho se sloupce směrem nahoru postupně zpříkřují. Tyto jevy jsou dobře sledovatelné v lomu Kernberg.

Z prostorové orientace sloupců tedy lze rekonstruovat podobu vulkanického tělesa, jeho přívod, hrdlo a výlev. Návrší Varhan má periklinální architekturu čedičových sloupců (obr. č. 5), podobnou milíři. Uprostřed návrší jsou hranoly vztyčené do vertikály a do všech světových stran se periklinálně pokládají. Struktura sloupců Varhan je spojitá, uzavřená do jediného celku. Architektura Varhan nemá ideálně kruhovou základnu, ale je protažena ve směru V-Z. Ve směru kolmém je osa struktury mírně vychýlená k S.

Šířka čedičových sloupců se plynule zeslabuje od boků severojižní lomové stěny (36–38 cm) do střední části (19–22 cm). Rozdíl v šířce sloupců je tedy dvojnásobný. Ve směru Z-V šířka sloupců osciluje méně. Ve směru vertikálním je tloušťka sloupců přibližně stálá (obr. č. 6). Ojedinele lze pozorovat podélné štěpení či spojování sloupců.

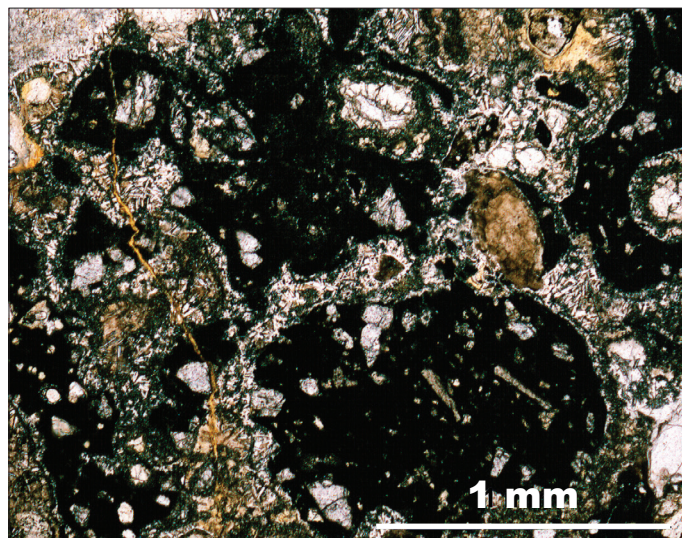
Polyedrie čedičových sloupců Varhan osciluje kolem čísla 6. Nejčastěji jsou hranoly šestiboké, méně pěti- a sedmiboké, vzácně čtyř- a osmiboké.



Obr. 6: Varhany – šířka sloupců (cm, červeně) a objemová magnetická susceptibilita (κ , 10^{-3} SI, černě). Měřítka: délka strany čtverce 20 m [5].



Obr. 7: Západní stěna Skalky s rozhraním čedičových těles.



Obr. 8: Nefelinický bazanit Skalky (mikrofoto, nikoly//). Krystalitější partie ze zrn augitu, olivínu, magnetitu, nefelinu a plagioklasu jsou obtékány sklem.

4.3 Magnetické vlastnosti

Objemová magnetická susceptibilita horniny Varhan je řádově zvýšená proti pozadí, ale odpovídá rozmezí čedičů. Kolísá v rozmezí dvou řádů:

$$\kappa = X \cdot 10^{-3} \text{ až } X0 \cdot 10^{-3} [\text{SI}]$$

Průměrná hodnota je $\kappa = 12,09 \cdot 10^{-3} \text{ SI}$ ($n = 37$, $s = 2,88$). Původcem magnetických vlastností je feromagnetický minerál magnetit Fe_3O_4 (obr. č. 6).

Zajímavým zjištěním je plynulý růst hodnot magnetické susceptibility ve stěně Varhan od jižního konce ($\kappa = 6,8$ až $7,3 \cdot 10^{-3} \text{ SI}$) po severní okraj stěny ($\kappa = 16,9 \cdot 10^{-3} \text{ SI}$), tj. více než o dvojnásobek.

4.4 Interpretace vzniku

Varhany jsou součástí vulkanické zóny směru V-Z mezi Hradeckou a Počátkami. Nově vymapované dilatační zlomy V-Z zapadají do osy protažení tělesa Varhan a sousední Skalky (obr. č. 2) a fungovaly pravděpodobně jako přírodní trhliny magmatu.

Návrší Varhan má periklinální, milířovitou architekturu čedičových sloupců. Struktura je protažena ve směru přírodní trhliny. Architektura sloupců je prostorově uzavřena do jednoho celku. Těleso tedy vzniklo při jediné vulkanické události.

Pravidelné uspořádání sloupců (obr. č. 1) ukazuje, že výstup lávy byl klidný, rovnoměrný, bez turbulencí. Dokládá to i nízké zastoupení xenolitů. Láva byla v době tuhnutí značně odplyněná, jak dokazuje nízká porozita a vzácná přítomnost mandlovcových dutinek.

Láva byla značně viskózní, což podporují dva argumenty: poměrně vysoký obsah SiO_2 a zejména strmost pahorku (obr. č. 1, 5), která kopíruje primární úhel zapadání sloupců. Ve srovnání s Varhanami a Skalkou silně bazická tělesa na obou koncích vulkanické linie Hradecká – Počátky utuhla

z relativně málo viskózních láv, které se rozlily do plochých příkrovů, z nichž zůstaly jen reliktu a roztroušené bloky hornin.

Při poměrně klidné efuzi Varhan pravděpodobně došlo k vytlačení dómu, přičemž láva zaplnila i přívod sopky. Tuhnutí pak nastalo za naprosto klidného stavu lávy. Podobný případ, názorně odkrytý do hloubky, byl pozorován v nedalekém lomu Kernberg (Štěrkovna). Tamní rozměry tělesa nefelinického bazaltu jsou mnohem větší než u Varhan, proto bylo i tuhnutí pomalejší a podíl krystalické fáze převládl nad sklem. Přesto periklinální architektura sloupců s původní strmostí kopce byly podle historických fotografií zcela obdobného charakteru jako Varhany.

Láva Varhan překryla zarovnaný povrch, který byl tehdy z větší části zbaven kaolinických zvětralin. Masivní zesklivatění horniny, dokonce i v jádru tělesa, je důkazem rychlého utuhnutí lávy.

Sloupcovitá odlučnost Varhan je odezvou lávy na její rychlé chladnutí, provázené vnitřním pnutím a smršťováním objemu po směru teplotního spádu. Z geometrie sloupců vyplývá, že chladnutí lávy postupovalo zejména od boků sopouchu, který se směrem dolů nálevkovitě zužoval. Prohnutý průřez sopouchu způsobil milířovité uspořádání sloupců.

Varhany jsou s největší pravděpodobností povrchovým sopečným útvarem - vytlačenou kupou (dómem) nad žilným přívodem. Jedná se o kombinaci dvou vulkanických forem. Protože čedič byl vytlačen z trhliny, dalo by se použít označení „trhlinový dóm“. Jedná se o pahorek, vytlačený nad jícnem trhlinového vulkánu z velmi viskózní lávy, která byla jako polotuhá pasta vytlačena do příkrého dómu (kupy). Proto nemá na vrcholu kráter.

5 Skalka

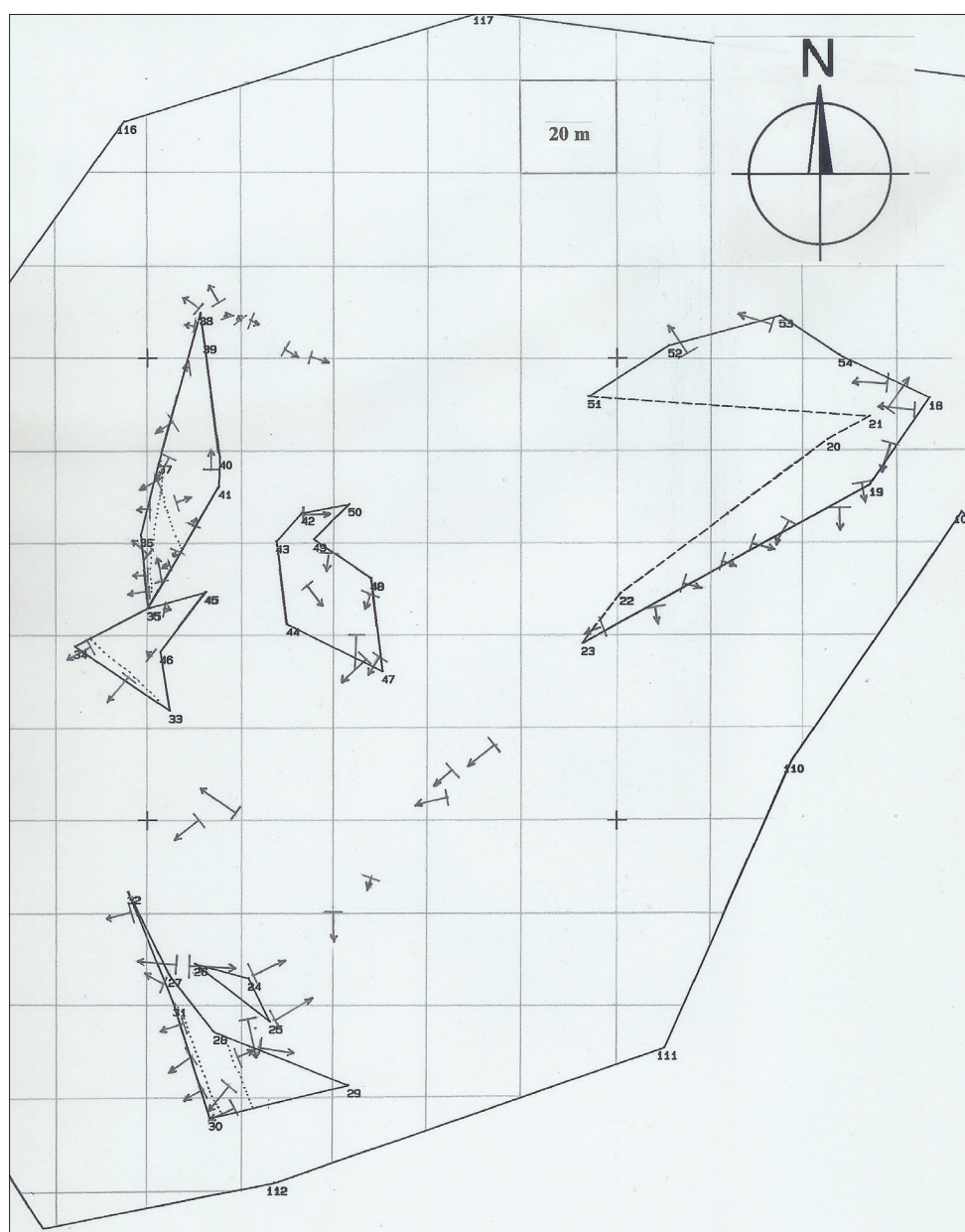
Skalka (dříve Felsl) je návrší v těsném západním sousedství Varhan. Tento velmi strmý pahorek je na západě ukončen skalnatým srázem (obr. č. 7).

5.1 Petrologie a geochemie

Hornina byla v literatuře označena jako bazalt [3], popř. limburgit [4,8]. Na jižní straně kopce hornina přechází do nefelinického bazanitu, kde je část živců nahrazena nefelinem [3,4,8]. Vlastní výzkum na výbrusech horniny JZ stěny Skalky ukazuje na nefelinický bazanit. Ve srovnání s limburgitem sousedních Varhan obsahuje menší množství skla, proto se v krystalové fázi objevují i zrnka nefelinu a lištičky plagioklasu. V některých partiích, makroskopicky celistvých, převládá sklo a hornina má charakter limburgitu. Nepravidelné střídání silně a slabě zesklivatělých partií je pro Skalku charakteristické. Vyrůstlice olivínu jsou rozpraskané, korodované, s kelyfitickou obrubou paprscitých jehliček amfibolu. Reakční lem dokazuje, že olivín jako dříve krystalizovaný minerál byl v chemické nerovnováze se zbytkovou taveninou. Čedič má brekciovitou texturu, s nepravidelným střídáním spečených pórovitých a celistvých částic. Sklovité partie tvoří ve vý-

brusech útvary velikosti až 1,2 mm, nepravidelného průřezu, s oválnými, ostrohrannými i kombinovanými okraji a místy s náznaky fluidální struktury. Některé sklovité oválné úseky s vyrůstlicemi olivínu jsou starší než převážně krystalická část, která je obklopuje. Převážně krystalické partie obsahují vyrůstlice olivínu a plagioklasu, ojediněle magnetit, jehličkovité krystalky amfibolu a oválné jemnozrné agregáty. Základní hmota obsahuje augit, olivín, nefelin, plagioklas a sklo (obr. č. 8). Magma tedy mělo složení blízké nefelinickému bazanitu až olivinickému nefelinitu. Struktura hornin je porfyrická s hemikrystalickou základní hmotou. Textura se střídáním hutných, celistvých partií a pórovitých až mandlovcových úseků makroskopicky připomíná lávové brekcie.

Čediče Skalky uzavírají četné ostrohranné útržky krystalických břidlic. Xenolity jsou z kvarcitických svorů a kvarcitů, místy s reakční obrubou, vzácněji granitů. V jihozápadní stěně tvoří xenolity až 25 % objemu horniny. Nově byly nalezeny



Obr. 9: Skalka – lineace. Šipky ukazují směr sklonu osy sloupců, délka šipek velikost sklonu (vodorovný průmět). Měřítko: délka strany čtverce 20 m.



Obr. 10: „Kamenné slunce“ v jihozápadní stěně Skalky.

natavené uzavřeniny čedičů, které se patrně uvolnily ze starších, vychladlých těles a zapadly do lávy mladší generace.

Geochemie Skalky byla nastíněna v předchozí kapitole o Varhanách.

5.2 Strukturně geologické poměry

Orientace sloupců na Skalce je ve srovnání s Varhanami méně zřetelná a na první pohled chaotická. Měření lineace hranolů (obr. č. 9) ukázalo, že strukturně geologické poměry Skalky jsou mnohem složitější než u Varhan. Už sama diskordance v sedle mezi Varhanami a Skalkou ukazuje, že se jedná o dva různé útvary.

Poměrně ploché temeno Skalky je vypodloženo nízkými kamennými varhanami z poměrně širokých a značně magnetických sloupců, s periklinálním (milířovitým) zapadáním. Svahy Skalky, které jsou příkré až téměř svislé, jsou tvořeny strmými až svislými poměrně tenkými a méně magnetickými sloupky s periklinálním úklonem. Převládá úpatí skalních stěn Skalky odkrývají velmi široké sloupce s mírnějším periklinálním zapadáním. Spojitost všech lávových těles je porušena přibližně svislými čedičovými žilami, až několik metrů mocnými, se subhorizontálním úklonem hranolů, směru V-Z a SZ-JV.

Zvětráváním horizontálně vyčnívajících sloupců čedičových žil ze skalních stěn vzniká iluze kulovité odlučnosti. Zvětrávání čedičů vede ke vzniku kamenných koulí, které povlékají svahy pod Skalkou i pod Varhanami, kde o původní sloupcovité odlučnosti není pochyb. Ke vzniku kulovitě koncentrických útvarů na Skalce přispěly xenolity chladných hornin zapadlých do lávy. Kolem nich se láva rychleji ochlazovala a smršťovala, čímž vznikla síť koncentrických a radiálních puklin (obr. č. 10) typu kamenných sluncí.

5.3 Magnetické vlastnosti

Většina hornin Skalky se mezi sebou významně neliší petrograficky ani magneticky. Magnetická susceptibilita kolísá v rozmezí $\kappa = 5,2 \cdot 10^{-3}$ až $14,6 \cdot 10^{-3}$ [SI] (obr. č. 11). Průměrná hodnota je $\kappa = 8,90 \cdot 10^{-3}$ SI ($n = 64$, $s = 2,15$). Nízké varhany

na temeni Skalky mají susceptibilitu $\kappa \approx 9$, subvertikální tenké sloupce ve svazích $\kappa \approx 8$, široké sloupce na bázi Skalky $\kappa \approx 8,3$, čedičová žila v rozštěpeném vrcholu Skalky $\kappa \approx 7,6$ a žíly v jihozápadní stěně $\kappa \approx 11 \cdot 10^{-3}$ SI.

5.4 Interpretace vzniku

Nově vymapované dilatační zlomy směru V-Z (obr. č. 2) pravděpodobně fungovaly jako přírodní trhliny magmatu.

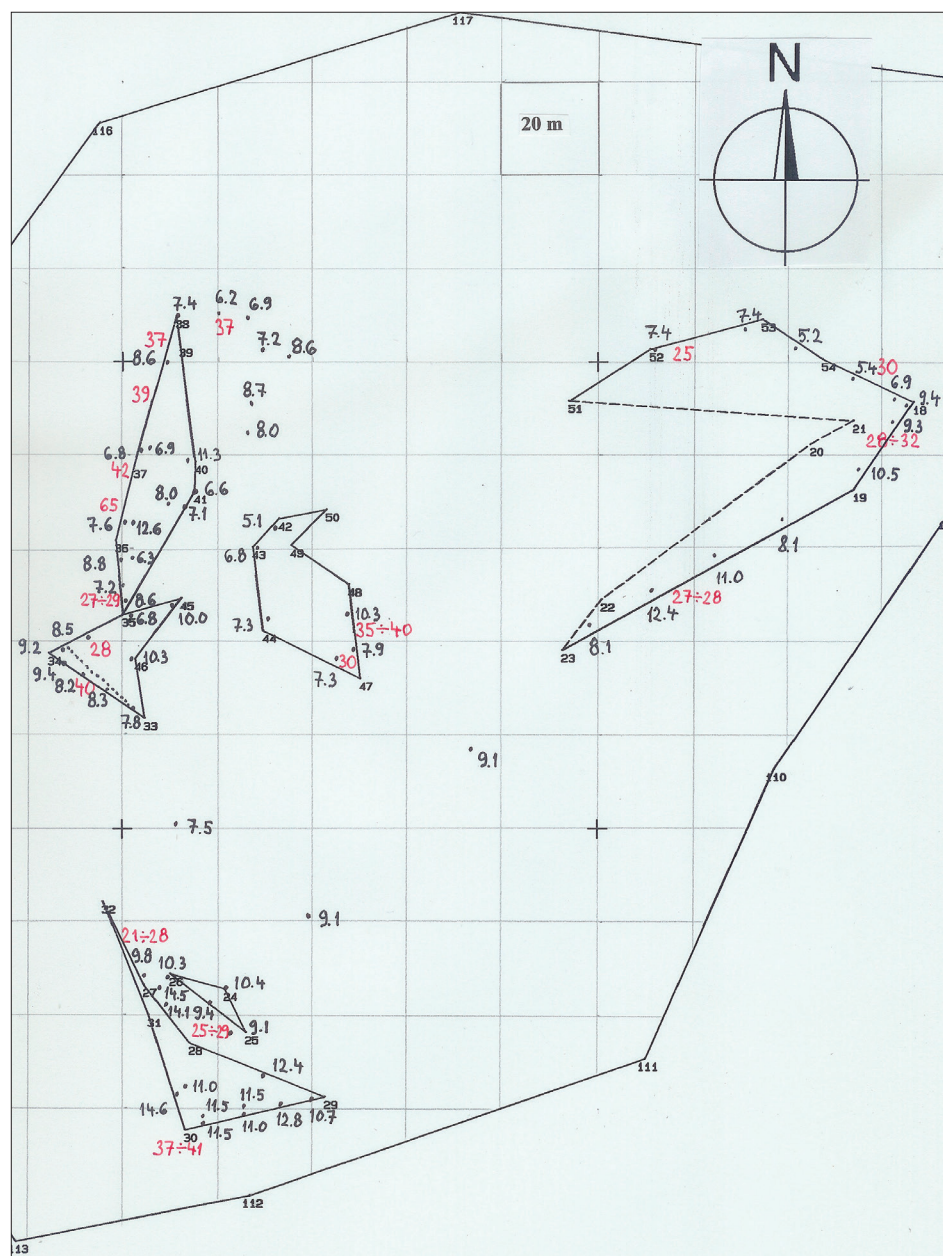
Skalka, podobně jako Varhany, má tendenci vytvářet periklinální, milířovitou architekturu sloupců. Na rozdíl od Varhan se však nejedná o spojitou architekturu v horizontálním ani vertikálním směru. Vertikálně se sloupce pravděpodobně dělí do tří samostatných uskupení nad sebou. Každá poloha má samostatnou architekturu s periklinální (milířovitou) stavbou. Horizontálně jsou horninová tělesa rozpojena čedičovými žilami se subhorizontální orientací sloupců. Skalka je tedy pravděpodobně útvar, vzniklý při několika vulkanických událostech.

Proměnlivá orientace čedičových sloupů, všeobecně méně pravidelný tvar sloupců a vzájemné uřezávání vějířů svědčí o turbulentním pronikání lávy. Dokládá to i vysoký podíl ostrohranných útržků cizorodých hornin (xenolitů). Láva byla poměrně málo odplyněna, horniny jsou značně porézní, místy mají až struskovitý charakter a obsahují hojné mandlovcové dutinky mimo těleso na temenu Skalky. To naznačuje, že většina čedičů utuhla mělce pod povrchem, pod prvním výlevem, který tvoří varhany na temenu Skalky. Lávy byly poměrně značně viskózní. Svědčí o tom velmi příkrý až svislý primární úklon pahorku v souladu s úhlem zapadání sloupců, poměrně vysoký obsah SiO_2 v hornině a masový výskyt drobné horninové tříště z kvarcitů. Xenolity se podílejí na objemu horniny až z 25 %. Kvarcity se nacházejí mělce pod povrchem, proto masivní tříštění bočních hornin nastalo až v poslední fázi výstupu magmatu. Příčinou tříštění bylo rychlé tuhnutí viskózní taveniny, vytváření bariér z tuhnujících láv, tlak magmatických plynů a freatické vodní páry. Hojná kvarcitická drť přispěla nejen ke zvýšení viskozity taveniny, ale také jí odnímala teplo a podpořovala tvorbu skelné fáze. To by vysvětlovalo nehomogenitu většiny čedičů Skalky, které vykazují chaotické střídání poměrně celistvých a pórovitých partií. Na výbrusech je patrné, že odplyněné sklovité partie jsou starší, obklopené krystalickou horninou. Místy tvoří celistvý čedič tělíska na způsob xenolitů. Může jít o úlomky čedičů ze stropu již utužlého tělesa, které zapadly do mladší, dosud neutužlé lávy. Výsledná hornina pak připomíná lávovou brekciu.

Růst a vyklenování vytlačené kupy (dómu) ve 3 fázích se projevuje existencí tří lávových těles nad sebou, které lze v terénu rozlišit podle šířky, úklonu a magnetičnosti sloupců. V závěrečné fázi vyklenování kupy se dóm s téměř svislými svahy pravděpodobně rozevřel a láva vyplnila rozsedliny. Vzniklé čedičové žíly byly ochlazovány od dříve utužlých čedičových boků, takže sloupce žil jsou uloženy subhorizontálně.

6 Závěr

Byla sestavena podrobná geologická mapa Varhan a Skalky v měřítku 1:10 000, která ukazuje pravděpodobný průběh přírodních trhlín magmatu.



Obr. 11: Skalka – šířka sloupců (cm, červeně) a objemová magnetická susceptibilita (κ , 10^{-3} SI, černě). Měřítko: délka strany čtverce 20 m.

Horninou Varhan je limburgit, jehož chemické složení má charakter nefelinického bazanitu. Horninou jihozápadní stěny Skalky je nefelinický bazanit. Obsahuje hojné xenolity připovrchových hornin a úlomky čedičů ze staršího výlevu.

Podle chemické analýzy jsou čediče Varhan a Skalky středně bazické, nenasycené, alkalické horniny, kontaminované silikátovými horninami při výstupu magmatu zemskou kůrou.

Na výchozech byla změřena lineace osy čedičových sloupců (směr a velikost úhlu sklonu) a výsledky vyneseny do plánů 1:500. Dále byla proměřena šířka a polyedrie sloupců a objemová magnetická susceptibilita hornin s cílem odlišit vulkanické fáze.

Byla zjištěna periklinální, milířovitá architektura čedičových sloupců Varhan a Skalky, mírně protažená ve směru pravděpodobné přírodní trhliny.

Souhrnným vyhodnocením analýz a strukturních měření byly Varhany a Skalka interpretovány jako vytlačené kupy (dómy). Návrší Varhan vzniklo při jediné vulkanické události, kdy viskózní láva byla vytlačována z přírodní trhliny poměrně klidně, bez turbulencí, a v době chladnutí již nenastával pohyb. Naproti tomu Skalka má složité strukturně geologické poměry, které se projevují náhlými změnami lineace, geometrie sloupců, petrografických a magnetických vlastností čedičů. Základem stavby jsou zde tři periklinální, příkře skloněná samostatná čedičová tělesa, vytvořená postupně shora dolů za současného vyklenování dómu. Tato stavba je porušena čedičovými žilami ve výplni rozsedlin. Výstup silně viskózních a proplyněných láv byl u Skalky turbulentní, provázený tříštěním kvarcitických hornin v obvodu sopouchu a jejich asimilací v magmatu.

Poděkování

Děkuji RNDr. Jiřímu Hejkalovi a MěÚ Kraslice za podpoření této práce, RNDr. Michalu Řehořovi, Ph.D. (VÚHU a.s. Most) za pořízení a zajištění rentgenových a chemických analýz, Ing. Martinu Procházkovi (Sokolov) za zaměření lokalit, RNDr. Zdenku Táborskému a RNDr. Tamaře Sidorinové (ČGS Praha) za pomoc při pořízení mikrofotografií a anonymnímu recenzentovi za přínosnou diskusi.

- [9] ULRYCH J., JELÍNEK E., ŘANDA Z., LLOYD F.E., BALOGH K., HEGNER E., NOVÁK J.K.: *Geochemical characteristics of the high- and low-Ti basaltic rocks from the uplifted shoulder of the Ohře Rift, Western Bohemia*. *Chemie der Erde* 70, 319-333, 2010.

Literatura

- [1] BARTL A.: *Ein halbes Jahrhundert Rothau*. Graslitzer Heimatbrief, reprint 55 pp., 1961.
- [2] BRANDL H.: *Festschrift zur 400. Jahrfeier der Stadt Heinrichsgrün*. Graslitz, 1937.
- [3] HEINICH R.: *Die geologisch-petrographischen Verhältnisse der Umgebung von Rothau im böhmischen Erzgebirge*. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, 23, Beil. Band, 474-528, Stuttgart, 1907.
- [4] JIRÁNEK J.: *Neovulkanity západní části Krušných hor*. Diplomová práce UK Praha, 1969.
- [5] ROJÍK P.: *Rotavské varhany – vulkanologická studie. Skalka v Rotavě – vulkanologická studie*. Proměny vztahu člověka a hory. *Příroda Kraslicka* 2/2009, 3-66, Kraslice.
- [6] SHRBNÝ O.: *Chemical composition of alkaline neovolcanics of the Krušné hory Mts., Bohemia*. Věstník Ústř. ústavu geologického 55, 1, 5-10, Praha, 1980.
- [7] SCHALLER J.: *Topographie des Königreichs Böhmen*, II. Ellbogner Kreis. Prag, 1795.
- [8] Závěrečná zpráva o geologických výzkumech Krušných hor a Smrčín. ÚÚG Praha, 1970.

Přehled akcí 2011

Datum	Název akce	Místo	Pořadatel/Kontakt
29. 4. 2011	122. skok přes kůži - valná hromada SHHS ČR	Chomutov	VŠB-TU Ostrava, Fakulta hornicko-geologická Hornická společnost podkrušnohorské oblasti Most
13. - 15. 5. 2011	14. evropský hornický a hutnický den	Heerlen (Holansko)	www.knappentag.nl
4. 6. 2011	12. hornické slavnosti v Rudolfově	Rudolfov	Společnost přátel Rudolfova www.spolecnost.rudolfov.cz
11. 6. 2011	Rýžování zlata na naučné stezce - otevřená zlatorudná žíla	Albrechtovice Záblatí u Prachatic	Český klub zlatokopů toms@nettel.cz
24. - 26. 6. 2011	Jihlavský havířský průvod - nejvýpravnější historický havířský průvod v ČR	Jihlava	os. Jihlavský havířský průvod, Město Jihlava www.jihlava.com/pruvod/
25. - 26. 6. 2011	Kutnohorské stříbření - středověké slavnosti, historický průvod	Kutná Hora	Občanské sdružení Stříbrná Kutná Hora www.stribreni.cz
25. - 26. 6. 2011	22. historická hornická Prokopská pouť	Příbram - Březové Hory	Spolek Prokop Příbram www.spolek-prokop-pribram.cz