 ISBN: 978-80-87686-03-4

Různé styly vulkanické aktivity a jejich produkty odkryté v lomu Rožmitál u Broumova (vnitrosudetská pánev)

Different styles of volcanic activity and their products exposed in the Rožmitál quarry near Broumov (Intra-Sudetic Basin)

Vladislav Rapprich [1], Marek Awdankiewicz [2], Marcela Stárková [1], Honorata Awdankiewicz [3]

1) Česká geologická služba, Klárov 3, CZ – 118 21, Praha, e-mail: vladislav.rapprich@geology.cz
2) Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersitet Wrocławski, ul. Cybulskiego 30, PL – 50 205, Wrocław
3) Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Dolnośląski, al. Jaworowa 19, PL – 53 122, Wrocław

Abstract: Permian mafic volcanic rocks (andesites) are exploited in the Rožmitál quarry near Broumov. The central part of the quarry exposes a sequence of pyroclastic rocks deposited by fall and surges during phreato-Strombolian and phreatomagmatic eruptions. The pyroclastic rocks are overlain with lava flow. Two similar lavas are exposed in the northern part of the quarry being separated from each other by a layer of autoclastic breccia. The southern part of the quarry is characterized by the presence of lava dome, coated with autoclastic and peperite breccias. The volcanic activity in the studied area started with phreato-Strombolian and phreatomagmatic eruptions and was followed by effusive activity forming lava domes and flows.

Key words: phreato-Strombolian eruption, pyroclastic deposits, autoclastic breccia, peperite, andesite, volcanic facies analysis

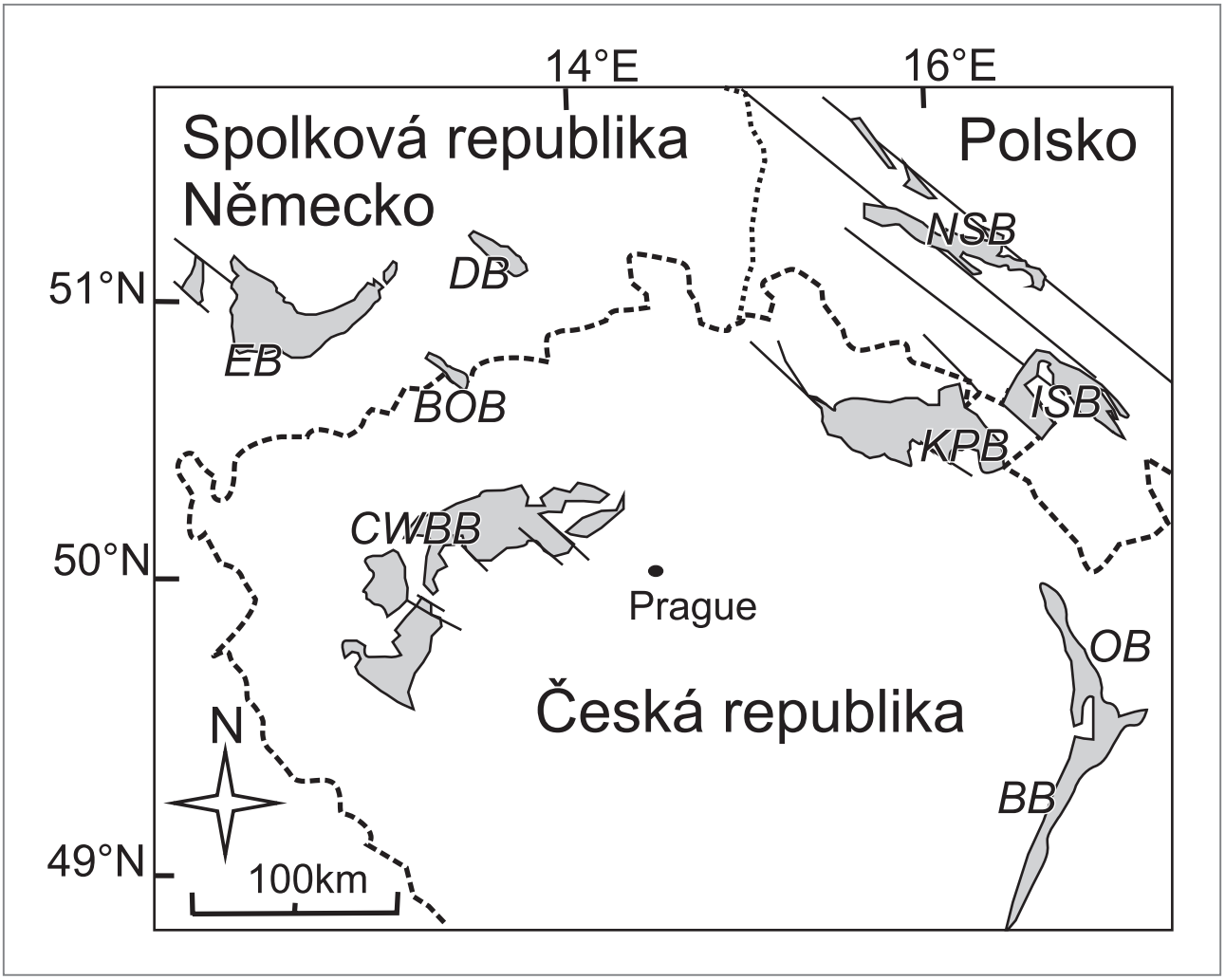
Lom Rožmitál je založen ve vulkanických horninách, které patří k vulkano-sedimentární výplni vnitrosudetské pánve. Sedimentace a sopečná činnost trvaly v této pánvi od karbonu do spodního triasu. Vnitrosudetská pánev patří k pásu intermontanních pánví, který se táhne napříč Českým masivem ve směru jihozápad-severovýchod ze západních Čech až do jihozápadního Polska (obr. 1 - PEŠEK 2001). Otevírání těchto pánví je spojeno s transtenzní a extenzní tektonikou, která následovala po období nestability a re-ekvilibrace zemské kůry ve střední a západní Evropě v důsledku kolapsu Variského horstva (VAN WEES JD & al. 2000). Permokarbonské vulkanické horniny mohou být rozděleny do dvou základních skupin: 1) kyselé vulkanity (ryolity, ryodacity, dacity a jejich pyroklastické ekvivalenty včetně ignimbritů) a 2) mafické vulkanity, takzvané melafyry (olivinické bazalty, bazaltické andezity, andezity, trachybazalty, bazaltické trachyandezity a jejich pyroklastika), derivované z výrazně metasomaticky postiženého pláště (ULRYCH & al. 2006). Horniny těžené v lomu Rožmitál patří do té druhé skupiny a s ohledem na chemické složení (obsah SiO_2 okolo 58 hm. %) jsou klasifikovány jako andezity (obr. 2).

Horniny zastižené lomem Rožmitál náleží z pohledu stratigrafie do svrchní části olivětínských vrstev, které představují střední část broumovského souvrství (Autun - PROUZA 1987). Celková mocnost olivětínských vrstev přesahuje 200 m s proměnlivou litologií. Prostředí ukládání těchto vrstev bylo interpretováno na základě sedimentárního záznamu jako aluviální plošiny s přechodnými jezery (TÁSLER 1979). Spodní část tvoří převážně fluviální pískovce a arkózy s vložkami méně hojných slepenců a červených prachovců. Fluviální facie spodní části olivětínských vrstev obsahují také dvě tělesa láv (spodní šonovské melafyry - FEDIUK 1966) se souvisejícími polohami vulkanoklastik překryté jemnými kyselými vulkanoklastiky (janovičské tufy). Sedimentace svrchní části olivětínských vrstev započala limnickým vápencem a prachovci následovanými sekvencí vulkanických hornin (svrchní šonovské melafyry - FEDIUK 1966). V oblasti mezi Janovičkami a Šonovem, kde se nachází i lom Rožmitál, dokonce melafyry a od nich odvozená vulkanoklastika ve svrchní části olivětínských vrstev převládají. FEDIUK (1966) pak v této sekvenci odlišil čtyři vulkanické jednotky: těleso Rudného vrchu (mocnost až 40 m, plošný rozsah asi 10 km), těleso Šišák (láva mocná až 20 m, s plošným rozsahem asi 1 km), aglomerátová jednotka (mocná až 100 m) s podřízenými tenkými polohami melafyrových láv velmi omezeného plošného rozsahu. Nejvyšší těleso Rožec s celkovou mocností 50 m a rozsahem 5 km je tvořeno lávami které leží na pyroklastických horninách. A právě tato nejmladší jednotka je odkrytá v lomu Rožmitál. Vulkanická aktivita v rámci olivětínských vrstev byla završena napadáním ryolitových tufů: tufy Mlýnského vrchu a benešovské tufy. Zdrojový vulkán těchto pyroklastik není dosud identifikován.

Popis a interpretace vulkanických hornin odkrytých v lomu jsou založeny na dvou terénních etapách. První dvoudenní výzkum v roce 2010 byl doplněn ještě jedním dnem v roce 2011. Terénní prace byly zaměřeny na popis geometrie, zrnitosti a textur každé vulkanoklastické jednotky a na odběr vzorků pro chemické analýzy (z kompaktních hornin) a přípravu výbrusů (jak z kompaktních tak i z vulkanoklastických hornin). Ve výbrusech pak byla pod mikroskopem studována zrnitost jemnějších poloh, geometrie a petrografie jednotlivých klastů ve vulkanoklastických uloženinách a také petrografie kompaktních vulkanických hornin (láv). Odebrané vorky láv byly analyzovány v laboratořích České geologické služby v Praze. Silikátová analýza hlavních prvků provedená mokrou cestou byla doplněna o stanovení stopových prvků včetně vzácných zemin na hmotovém spektrometru s indukčně vázanou plazmou (ICP-MS) Thermo Scientific XSeries2. Rozemleté vzorky byly před vlastní analýzou tavené v $LiBO_2$ a poté rozložené v kyselině.

Lom Rožmitál je tvořen třemi částmi. V každé části lomu je potom odkrytý jiný sled vulkanických hornin. Každá z těchto částí proto bude popsána a interpretována samostatně.

Kámen je v současnosti dobýván v severní části lomu.



***Obr. 1**. Svrchnopaleozoické pánve střední Evropy. BB – boskovická brázda, BOB – brandov-obersdorfská pánev, CWBB – pánve středních a západních Čech, DB – döhlenská pánev, EB – krušnohorská pánev, KPB – podkrkonošská pánev, ISB – vnitro-sudetská pánev, NSB – severo-sudetská pánev, OB – orlická pánev.*
***Fig. 1.** Late Paleozoic Basins of the Central Europe. BB – Boskovice Basin, BOB – Brandov-Obersdorf Basin, CWBB – Central and Western Bohemia Basins, DB – Döhlen Basin, EB – Erzgebirge Basin, KPB – Krkonoše Piedmont Basin, ISB – Intra-Sudetic Basin, NSB – North Sudetic Basin, OB – Orlice Basin.*

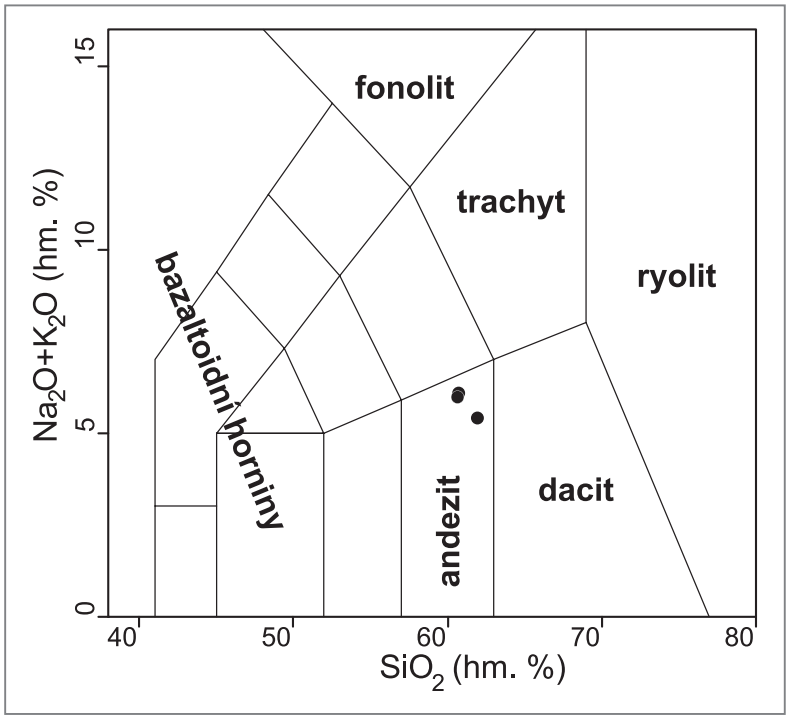


***Fig. 2.** Klasifikační diagram vulkanických hornin (LeBAS & al. 1986) s vynesenými vzorky hornin z lomu Rožmitál (černé tečky).*
***Fig. 2.** Classification diagram of volcanic rocks (LeBAS & al. 1986) with samples from the Rožmitál Quarry plotted as black dots.*

Zde jsou odkryté dva andezitové lávové proudy oddělené monomiktní andezitovou brekcií (obr. 12-1)*. Tam, kde je andezit nenavětralý a čerstvý, má tmavě šedou až černou barvu a nepravidelný až lasturnatý lom. Navětrání nebo alterace mění barvu do nafialovělých odstínů. Minerální složení andezitové lávy je potom dobře viditelné v mikroskopu (obr. 13-1). Nejhojnějším minerálem je plagioklas, který tvoří drobné lišty. Větší vyrostlice plagioklasu mají cedníkovitou strukturu. Takováto struktura bývá důsledkem druhotného tavení krystalů, které se formovaly v hlubším magmatickém rezervoáru, při dekompresy vystupujícího magmatu. Případně mohou indikovat, že před erupcí došlo k mísení dvou porcí magmat v odlišném stupni diferenciace. Mezi bílými lištami plagioklasu je možné identifikovat světle šedé krystaly pyroxenu. Obě minerální fáze jsou potom obklopeny hnědým sklem ve kterém jsou ještě uzavřena drobná černá zrnka magnetitu. Relativně hojně se také vyskytují xenokrysty křemene a draselného živce s korodovanými okraji a reakčními lemy tvořenými klinopyroxenem a sklem. Tyto xenokrysty mohou představovat zrna nabraná vystupujícím magmatem z podložních hornin a nebo mohou dokumentovat mísení andezitového magmatu s ryolitovým. Křemen ani draselný živec totiž v magmatu s nízkým obsahem K_2O a intermediárním složením (střední obsahy SiO_2) nejsou stabilní. Právě proto začaly tyto minerály s okolním magmatem reagovat a tvořit reakční lemy.

Brekcie mezi oběma lávovými proudy má podpůrnou strukturu klastů a je tvořená ostrohrannými a vesikulárními úlomky andezitové lávy o rozměrech až 40 cm. Prostor mezi klasty je vyplněn červenohnědým, místy zelenavým prachovitým až jemně písčitým materiálem. Původ tohoto materiálu (pyroklastický versus sedimentární) není dosud objasněn. Pouze lokálně zůstává prostor mezi klasty volný. Kontakt brekcie s oběma lávovými proudy je velmi nepravidelný. Charakter brekcie i její pozice svědčí o tom, že se jedná o autoklastickou brekcii, která lemuje lávové proudy.

Centrální opuštěná část lomu Rožmitál je po ukončení těžby přeměňována v přírodní památku přístupnou veřejnosti. Andezitová láva tu leží na sekvenci pyroklastických uloženin (obr. 12-2). Mezi pyroklastickými uloženinami je možné odlišit čtyři základní typy. Nejspodnější obnaženou polohou pyroklastik je až 7 m mocný hnědavý tuf s polohami bohatými na akreční lapilli (obr. 13-2).

Akreční lapilli jsou sférické popelové agregáty (v lomu Rožmitál dosahují zhruba 1,5 cm v průměru) s koncentrickou stavbou. Tyto popelové agregáty vznikají akrecí popelových zrn v pyroklastickém mraku bohatém na kondenzující vodní páru (SCHUMACHER & SCHMINCKE 1991). Tuf s polohami bohatými na akreční lapilli tak velmi pravděpodobně představuje uloženiny freatomagmatické erupce, při které došlo k intenzivní fragmentaci vulkanického materiálu a vzniku erupčního mračna bohatého na páru.

Do hnědavých tufů je zaříznuté koryto vyplněné vulkanickou brekcií s podpůrnou strukturou zrn až podpůrnou strukturou matrix. Tato brekcie patrně představuje proximální vulkanické facie přeplavené na krátkou vzdálenost přívalovým proudem, který také erodoval koryto v podložních tufech.

Nadložní lapillovec (lapillistone) až tufová brekcie má podpůrnou strukturu zrn. V uloženině převládají angulární až subangulární klasty dvojího typu. Odlišnost obou typů je zřetelná zejména pod mikroskopem. Hustě vesikulované úlomky s velmi nepravidelnými okraji (obr .13-3) připomínají útržky strusek vyvrhované při erupcích strombolského typu. Na vzniku struskových útržků se podílí zejména nukleace a růst vesikul (bublinek) v důsledku odmíšení magmatických plynů při poklesu tlaku v magmatu stoupajícím k povrchu. Nevesikulované fragmenty hypokrystalické lávy pak mají okraje pravidelnější, rovné nebo vypouklé (obr. 13-4). Růst krystalů i vesikul byl v tomto případě zastaven prudkým schlazením taveniny při kontaktu s externí vodou, patrně v důsledku pronikání magmatu skrz vodou nasycené horniny. Asociace dvou typů vulkanických úlomků: i) fragmentovaných vesikulací a ii) fragmentovaných tepelným šokem při podchlazení magmatu na kontaktu s chladnou vodou; se dá interpretovat jako produkt sopečné erupce hnané sopečnými plyny s neúplnou interakcí mezi magmatem a vnější vodou. Taková erupce se označuje jako freato-strombolská.

Nejsvrchnější poloha vulkanoklastik pod lávovým proudem je tvořená světlým laminovaným tufem, o mocnosti v řádu prvních metrů. Tuf je tvořen převážně alterovanými a částečně rekrystalovanými skelnými střípky (obr. 13-5). Textura a struktura horniny (např. křížové zvrstvení) naznačují, že tento tuf byl uložen procesem pyroklastických přívalů. Pyroklastické přívaly představují typ proudů pyroklastického materiálu s nízkou hustotou, které se tvoří při erupcích s velkým obsahem plynu, nebo při freatomagmatických erupcích, kdy je plyn doplněn vodní párou. Uloženiny pyroklastických přívalů jsou prokládány tenkými vložkami napadávek, často s lapillovými fragmenty, které se při dopadu zabořily do nezpevněného popela (obr. 13-6).

Láva v nadloží světlého tufu má při bázi neprůběžnou polohu autoklastické brakcie, zatímco vnitřní část lávy je masivní nebo deskovitě rozpukaná. Strop lávy sice není zachován, ale mocnost tohoto proudu patrně přesahuje 10 m.

Výrazně odlišná asociace vulkanických hornin je k vidění v jižní, opuštěné části lomu. Drobný výchoz v severní stěně této části odkrývá světlý tuf s náznaky křížového zvrstvení (ekvivalent světlého tufu z centrální části lomu). Ve světlém tufu jsou ale vložky struskových napadávek. Podobně jako v centrální části lomu, i zde jsou pod většími fragmenty patrné dopadové stopy.

Na většině stěn jižní části lomu pak převažují vulkanické brekcie. Brekcie mají většinou podpůrnou strukturu zrn, ale vyskytují se i facie s podpůrnou strukturou matrix. Mezi brekciemi jsou dvě tělesa láv, ale kontakty jsou často subvertikální (obr. 12-3). Skladba litologií sice připomíná severní část lomu, odlišná je však geometrie těles. Vertikální orientace poloh brekcií naznačuje, že lávy v jižní části lomu netvoří lávové proudy ale dómy. Některé facie vulkanických brekcií pak mají v prostorech mezi lávovými úlomky sedimentární materiál. Taková struktura se označuje jako peperit a vzniká pokud se láva nebo mělká intruze dostává do mokrých a nezpevněných sedimentů. Ty se totiž následně smísí s brekciovitým okrajem takového tělesa.

Závěr

Celkově je možné vulkanickou sekvenci odkrytou v lomu Rožmitál rozdělit do dvou fází. Během první fáze převažovala explozivní aktivita s významným vlivem interakce mezi magmatem a vodou. Vliv externí vody na styl erupce však byl v průběhu aktivity proměnlivý. Polohy produktů freatomagmatických erupcí se střídají s polohami erupcí freato-strombolských. Během druhé fáze pak převažovala aktivita výlevná, při které patrně vznikaly lávové dómy a z nich tekoucí lávové proudy. Vmístění dómu lávy intermediárního

*** odkazy se vztahují k barevné příloze časopisu**

složení do maaru vytvořeného freatomagmatickou erupcí bylo popsáno například v třetihorním vulkanizmu severních Čech (ZÁVADA & al. 2011). Jak lávové dómy tak i proudy jsou lemovány autoklastickými brekciemi. Některé brekcie, s významným podílem klastického materiálu v prostorech mezi lávovými úlomky, je možné interpretovat jako peperity. Ty vznikají pokud se láva dostane do mokrých a nezpevněných sedimentů.

Poděkování

Výzkum vulkanických hornin v lomu Rožmitál probíhal v rámci a s podporou Výzkumného záměru České geologické služby (MZP0002579801) a grantu N N307 133 837 (Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyzszego, Polska). Česko-polská spolupráce na výzkumu svrchno-paleozoických vulkanických systémů probíhá v rámci projektu VENTS (Volcanic systems within the central European permo-carbo-Niferous inTermontane basins and their baSement - http://www.ing.uni.wroc.pl/~VENTS/). Výzkum vulkanických hornin v lomu Rožmitál by také neproběhl bez laskavého svolení vedení tohoto lomu.

Literatura

FEDIUK, F. (1966) Melafyrový vulkanizmus na Broumovsku. In: Tásler, R. (ed): Základní geologický výzkum broumovského permu. Unpublished manuscipt, Česká geologická služba - Geofond, Praha. 121 pp.

Le BAS, M.J., Le MAITRE, R.W., STRECKEISEN, A. & ZANETTIN, B. (1986) A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. – *Journal of Petrology*, 27: 745–750.

PEŠEK, J. (ed.) (2001) Geologie a ložiska svrchnopaleozoických limnických pánví České republiky. Český geologický ústav, Praha. 243 pp.

PROUZA, V. (1987) Vysvětlivky k základní geologické mapě ČSSR 1:25 000, listy 03-324 Broumov a 04-321 Heřmánkovice. Ms.Česká geologická služba, Praha. 67 pp.

SCHUMACHER, R. & SCHMINCKE, H. U. (1991) Internal structure and occurrence of accretionary lapilli – a case study at Laacher See Volcano. – *Bulletin of Volcanology,* 53: 612–634.

TÁSLER, R. (ed.) (1979) Geologie české části vnitrosudetské pánve. Ústřední ústav geologický, Praha. 292 pp.

ULRYCH. J., PEŠEK. J., ŠTĚPÁNKOVÁ-SVOBODOVÁ. J., BOSÁK. P., LLOYD. F.E., VON SECKENDORFF, V., LANG, M. & NOVÁK J. K. (2006): Permo-Carboniferous volcanism in late Variscan continental basins of the Bohemian Massif (Czech Republic):geochemical characteristic. – *Chem Erde*, 66: 37-56.

VAN WEES, J.D., STEPHENSON, R.A., ZIEGLER, P.A., BAYER, U., Mc CANN, T., DADLER, R., GAUPP, R., NARKIEWICZ, M., BITZER, F. & SCHECK, M. (2000) On the origin of the Southern Permian Basin, Central Europe. – *Marine and Petroleum Geology,* 17: 43–59.

ZÁVADA, P., DĚDEČEK, P., MACH, K., LEXA, O., POTUŽÁK, M. (2011) Emplacement dynamics of phonolite magma into maar-diatreme structures – Correlation of field, thermal modeling and AMS analogue modeling data. – *Journal of Volcanology and geothermal research*, 201: 210-226.

+ fotografie v barevné příloze (viz odkazy v textu)