

# Grosulár a vesuvianit v brekciovitých rekryštalizovaných vápencoch z lokality Magnetový vrch pri Tisovci (Slovenská republika)

## Grossular and vesuvianite in the brecciated recrystallized limestones from Magnet hill near Tisovec (Slovak Republic)

PETER RUŽIČKA<sup>1)\*</sup>, PETER BAČÍK<sup>1)</sup>, TOMÁŠ MIKUŠ<sup>2)</sup> A STANISLAVA MILOVSKÁ<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Katedra mineralógie a petrológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Ilkovičova 6, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, Slovenská republika; \*e-mail: peter.ruzicka@uniba.sk

<sup>2)</sup>Ústav vied o Zemi, Slovenská akadémia vied, Ďumbierska 1, 974 11 Banská Bystrica, Slovenská republika

RUŽIČKA P, BAČÍK P, MIKUŠ T, MILOVSKÁ S (2019) Grosulár a vesuvianit v brekciovitých rekryštalizovaných vápencoch z lokality Magnetový vrch pri Tisovci (Slovenská republika). Bull Mineral Petrolog 27(1): 72-81 ISSN 2570-7337

### Abstract

The recrystallized limestones from Magnet Hill near Tisovec (Slovak Republic) locally contain breccia fragments with veins containing garnets and vesuvianite. Garnets have an oscillatory zoning with dominant grossular component in the range of 70 - 75 mol. % and 88 - 95 mol. % in Fe- and Al-rich zones, respectively. Andradite component varies between 23 and 28 mol. % in Fe-rich zones and 4 and 10 mol. % in Al-rich zones. Vesuvianite has a relatively high Mg content (1.44 - 1.95 *apfu*) and the Fe content reaches 0.74 *apfu*. The Raman spectrum of vesuvianite is similar to low-temperature vesuvianite. Grossular and vesuvianite have likely formed during contact metamorphism.

**Key words:** grossular, vesuvianite, metacarbonate, Magnet Hill, Tisovec, Slovak Republic

Obdrženo 9. 2. 2019; přijato 16. 5. 2019

### Úvod

V blízkosti tektonicky aktívnych poruchových zón v oblasti Magnetového vrchu pri Tisovci vznikla skarnová mineralizácia, ktorá patrí k mineralogicky zaujímavým lokalitám Slovenska. Banícka činnosť zameraná na získavanie železných rúd pre metalurgické účely z tejto oblasti je známa od začiatku 17. storočia s ukončením ťažby v roku 1893 (Koděra et al. 1990). Montánnu históriu exploatacie rúd komplexne spracovali Ulrich, Slavík (1923) a Bergfest (1955).

Článok prináša detailný pohľad na minerálne zloženie jedného zo špecifických typov rekryštalizovaných vápencov, ktoré vznikli počas účinkov kontaktnej metamorfózy.

### Lokalizácia

Skúmané územie je situované 5 km severozápadne od mesta Tisovec v okrese Rimavská Sobota (obr. 1a). Mimoriadne členitý terén je zo západnej strany obmedzený dolinou potoka Furmanec a z východnej strany dolinou rieky Rimava. Rudné výskytý sú na východných svahoch Magnetového vrchu, odkiaľ pokračujú juhovýchodným smerom do Kyzovej doliny, na Kyzový vrch, do Mašnianskej doliny a na vrch Mašna. Z hľadiska geomorfologického členenia Slovenskej republiky (Mazúr, Lukniš 1980) sa lokalita Magnetový vrch (964 m n. m.) nachádza v oblasti Slovenského rudohoria v rámci celku Veporské vrchy s podcelkom Fabova hoľa. Poloha lokality zodpovedá 48°42.919' severnej šírky a 19°53.826' východnej dĺžky s nadmorskou výškou 833 m. Vzorky rekryštalizovaných vápencov boli odobierané zo skalného odkryvu v záreze lesnej cesty (obr. 1b).

### Geologická charakteristika

Základom prevažnej časti skúmaného územia sú paleozoické (kráľovohofská zóna veporika) a mezozoické (Muránsky kras silicika) horniny modelované tektonickými a erozívno-denudačnými procesmi s vulkanickou aktivitou v neogéne (obr. 2). V kenozoiku sa odohrával výzdvih veporika a peneplenizácia územia s denudáciou povrchovej stavby veporského stratovulkánu s výnimkou zvyškov výplne pôvodných paleodolín. Denudačným zrezom bol pravdepodobne obnažený subvulkanický intruzívny komplex Magnetového vrchu (Konečný et al. 2011; 2015). Relikty neogénneho vulkanizmu boli identifikované počas detailného geologického mapovania územia (Bacsó 1964; Klinec 1976; Vojtko 2000; Konečný et al. 2001, 2011, 2015). Čez intruzívny komplex Magnetového vrchu preniká roj andezitových dajok. Na juhozápadnom svahu Magnetového vrchu zistil Vojtko (2000) prítomnosť dajok bazaltického andezitu až bazaltu, ktoré označil ako formácia Pacherka.

Konečný et al. (2001) vyčlenili centrálnu, prechodnú (proximálnu) a periférnu (distálnu) vulkanickú zónu s variabilným horninovým zastúpením. V oblasti centrálnej vulkanickej zóny intruzívneho komplexu Magnetový vrch je hlbokým denudačným zrezom odkryté subvulkanické teleso dioritu, ktoré v nižšej úrovni rieky Rimava preráža granodiority až granity kryštalinika veporika. Na západnom svahu, pod Magnetovým vrchom, intrúzia prechádza do niekoľkých apofýz, ktoré prenikajú v podobe ložných žíl pri rozhraní granitu s nadložnými vápencami a dolomitmi stredného triasu (Konečný et al. 2011, 2015). Pri západ-

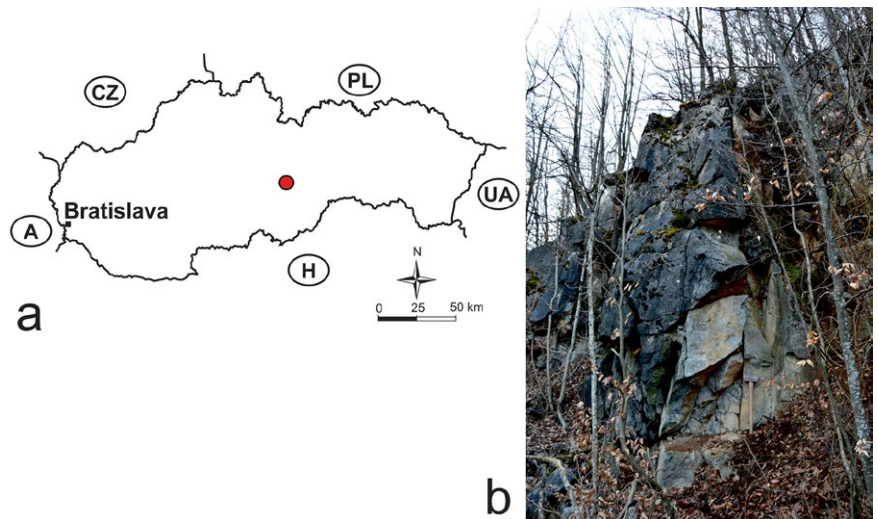
nom okraji Magnetového vrchu sa intruzívny komplex lokálne stretáva s alpínsky deformovaným vrchnopaleozoicko-mezozoickým metasedimentárnym obalom južného veporika (Föderatska skupina). Vojtko (2000) uvádza aj priamy styk intruzívneho komplexu so sedimentami paleogénu.

Miocénne diority a andezity v tektonicky najviac oslabených zónach prerazením granitoidov veporika a prenikom cez muránsky príkrov silicika kontaktnými účinkami iniciovali vznik skarnov s lokálnymi prejavmi polymetalickej mineralizácie pri súčasnej rekrystalizácii triasových karbonátov (Bacsó 1959, 1964, 1973).

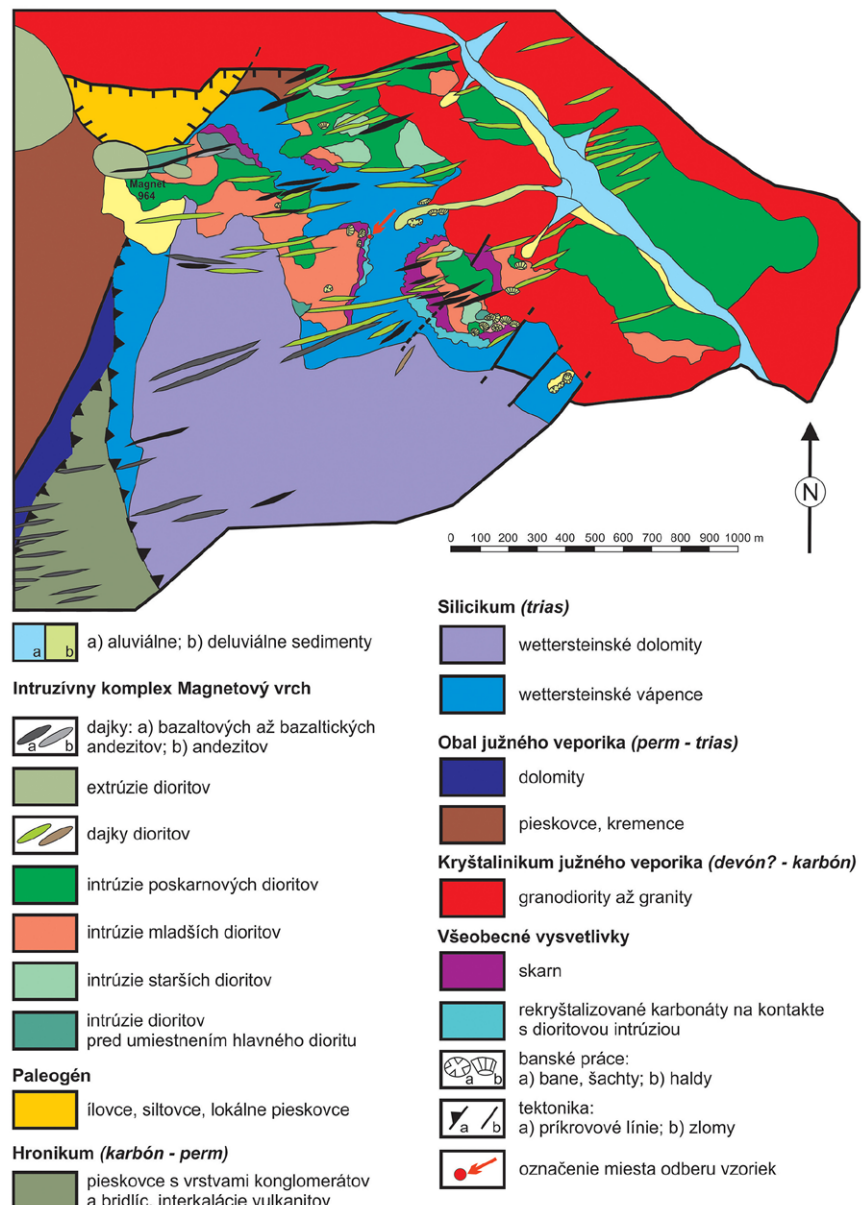
### Skarnová mineralizácia

Rozšírenie, charakter a typy skarnovej mineralizácie sú viazané na kontaktné účinky okolitých hornín (karbonáty príp. ílovité bridlice). Vznik nepravidelných šošovkovitých skarnových polôh a hniezd súvisel s výstupom subvulkanických dioritových telies a hypoabysálnych andezitových žíl, pričom sa uvoľnilo dostatočné množstvo postmagmatických roztokov, ktoré sa dostali na miesta kontaktov, kde mohli sprostredkovať transfer zložiek z dioritov a andezitov do okolitých hornín. Postmagmatické skarnotvorné roztoky postupovali v prípade ílovitých bridlíc pozdĺž plôch bridličnatosti a selektívnou metasomatózou podmienili vznik zrudnenej skarnovej polohy (zrohovcovatenie). Diority a andezity bez vplyvu postmagmatických roztokov danej erupčnej fázy spôsobili len termálnu rekrystalizáciu okolitých hornín bez účinkov vysokotermálnej metasomatózy.

Bacsó (1959, 1964, 1973) na základe identifikácie postupnosti kryštalizácie jednotlivých minerálnych asociácií rozlíšil vývojové štádiá skarnovej mineralizácie v oblasti Magnetového vrchu. Vysokotermálne skarnotvorné roztoky boli schopné vyvolať frontálnu metasomatózu hornín, kým nižšie termálne roztoky spôsobili len hydrotermálne alterácie okolitých hornín. Vysokotermálne skarny sú viazané na kontakty dioritu s dolomitickými vápencami a nižšie termálne skarny na kontakty andezitov s vápencami.



Obr. 1 Lokalizácia skúmaného územia: a) v mape SR; b) detail na miesto odberu vzoriek zo strmého skalného masívu s nepravidelnou blokovou odlučnosťou. Foto P. Ružička 2018.



Obr. 2 Zjednodušená geologická mapa intruzívneho komplexu Magnetový vrch v mierke 1: 10 000 (Konečný et al. 2011; 2015).

**Počas magmatického štádia**, ktoré prebiehalo súčasne s výstupom dioritov boli kontaktné metamorfované dolomity, vyskytujúce sa na sv. svahu vrchu Pacherka, čím vznikli horečnaté skarny so spinelovo-olivínovou asociáciou.

V spojitosti s dioritovým magmatizmom sa tvorili postmagmatické skarnotvorné roztoky, ktoré vplyvom postupného a periodicky sa meniaceho pôsobenia vyvolávali zonálnu, mineralogicky pestrú, skarnizáciu. Ďalšia migrácia postmagmatických roztokov spojená s opätovnou tvorbou viacnásobnej zonálnej skarnizácie s dominantným vývojom magnetitového zrudnenia bola viazaná na andezitový vulkanizmus, ktorý postupoval po tektonických poruchách. Na konci skarnotvorného procesu prebiehala hydrotermálna mineralizácia.

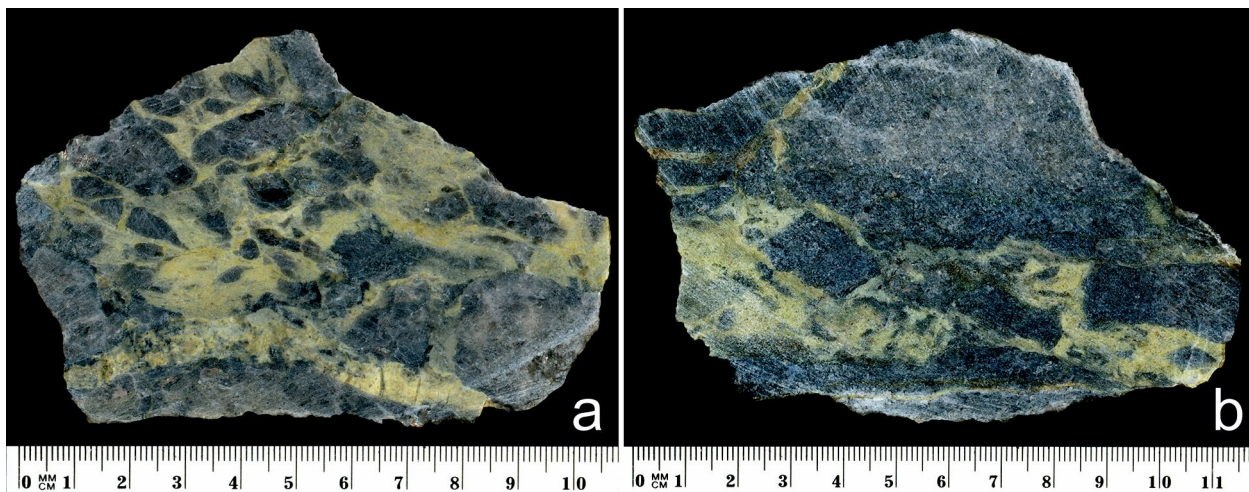
**V rannom postmagmatickom skarnovom štádiu** vznikla anortitovo-magnetitová mineralizácia, ktorú podrobne charakterizovala Šamajová (1968). **V rámci hlavného postmagmatického skarnového štádia** vznikli dve mineralizácie. Prvá grosulárovo-andraditová mineralizácia zastúpená wollastonitom, Ti-andraditom (melanitom), andraditom I, pyroxénmi diopsidovo-hedenbergitového zloženia, titanitom, grosulárom, vesuvianitom a minerálmi epidotovej superskupiny I. Druhú magnetitovú mineralizáciu tvorí magnetit II, minerály epidotovej superskupiny II, kalcit I, chlorit a kremeň I. **V neskorom postmagmatickom skarnovom štádiu** vznikla granátová mineralizácia s asociáciou andradit II, albit, kalcit II a kremeň II. Na nižšie termálne skarny je naložená hydrotermálna mineralizácia s karbonátovo-kremeňovo-sulfidickým štádiom tvorená manganosideritovou, pyrotitovou a polymetalickou mineralizáciou (Bacsó 1959, 1964, 1973).

## Metodika

Minerálne zloženie a mikroštruktúra vzoriek bola pozorovaná vo výbrusoch pomocou polarizačného mikroskopu Leica DM2500P na Katedre mineralógie a petrológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave. Účelom mikroskopického pozorovania v prechádzajúcom svetle bolo zistenie štruktúrnych vzťahov a vyznačenie fáz pre identifikáciu pomocou elektrónového mikroanalyzátora. Leštené výbrusy, vákuovo naparené tenkou uhlíkovou vrstvou, boli analyzované na elektró-

novom mikroanalyzátoze JEOL JXA 8530FE na Ústave vied o Zemi Slovenskej akadémie vied v Banskej Bystrici. Vzorky boli analyzované pri urýchľovacom napätí 15 kV a prúde 20 nA. Priemer elektrónového lúča sa prispôboval počas merania pre silikáty na 3  $\mu\text{m}$  a pre kalcit na 8  $\mu\text{m}$ . Použila sa ZAF korekcia. Mikroštruktúrne znaky a distribúcia fáz sa pozorovali v spätne rozptýlených elektrónoch (BSE - back scattered electron). V silikátoch sa analyzovali uvedené prvky pri použití nasledovných štandardov (kryštál, rtg. čiary): Si(TAP,  $K\alpha$ ) - kremeň, Ti(LIF,  $K\alpha$ ) - rutil, Al(TAP,  $K\alpha$ ) - albit, Fe(LIF,  $K\alpha$ ) - hematit, Mn(LIF,  $K\alpha$ ) - rodonit, Mg(TAP,  $K\alpha$ ) - diopsid, Ca(PETL,  $K\alpha$ ) - diopsid. V kalcite boli analyzované nasledovné prvky pri použití uvedených štandardov (kryštál, rtg. čiary): Fe (LIFH,  $K\alpha$ ) - hematit, Mn (LIFL,  $K\alpha$ ) - rodonit, Mg (TAP,  $K\alpha$ ) - diopsid, Ca (PETL,  $K\alpha$ ) - diopsid. Elektrónové mikroanalýzy granátov boli prepočítané v zmysle klasifikácie Grew et al. (2013) na 8 katiónov. Elektrónové mikroanalýzy vesuvianitu boli prepočítané na 50 katiónov podľa Ak-senov et al. (2016), pričom prepočet poskytol empirické vzorce s lepšou stechiometriou ako prepočet na 19 Ca katiónov. Distribúcia Si, Ti, Al, Fe a Mg bola rtg. mapovaná v oscilačne zonálnom granáte, ktorý je v asociácii s vesuvianitom. Rtg. mapovanie distribúcie prvkov prebiehalo pri urýchľovacom napätí 15 kV s meracím prúdom 15 nA a dwell time 50 msec.

Cieľom mikroRamanovej spektroskopie vesuvianitu bolo potvrdenie jeho prítomnosti vo vzorke a odlišenie od granátu. Spektrá boli snímané z lešteného výbrusu pri izbovej teplote zariadením LabRAM-HR 800 (Horiba Jobin-Yvon), vybaveným optickým mikroskopom Olympus BX41 a detektorom Synapse (Horiba Jobin-Yvon) s termoelektricky chladeným CCD. Na snímanie spektier bol použitý excitačný laser 532 nm (Nd-YAG). Ramanov rozptyl bol snímaný objektívom 50 $\times$  (n.a. 0.75) a dispergovaný pomocou difrakčnej mriežky s hustotou 600 vrypov/mm. Spektrá boli kalibrované laserovou líniou (0  $\text{cm}^{-1}$ ) a Ramanovými líniami teflónu (734 a 1382  $\text{cm}^{-1}$ ). Spektrálne rozlíšenie bolo menej ako 6  $\text{cm}^{-1}$ . Výsledné spektrá sú priemerom niekoľkých po sebe nasledujúcich snímaní, ktoré boli získané na dosiahnutie optimálneho pomeru signál/šum a boli spracované pomocou softvéru LabSpec5. Merania boli robené na Ústave vied o Zemi SAV v Banskej Bystrici.



Obr. 3 Prierezy vzoriek skúmaných rekryštalizovaných vápencov z lokality Magnetový vrch pri Tisovci. Foto P. Ružička.

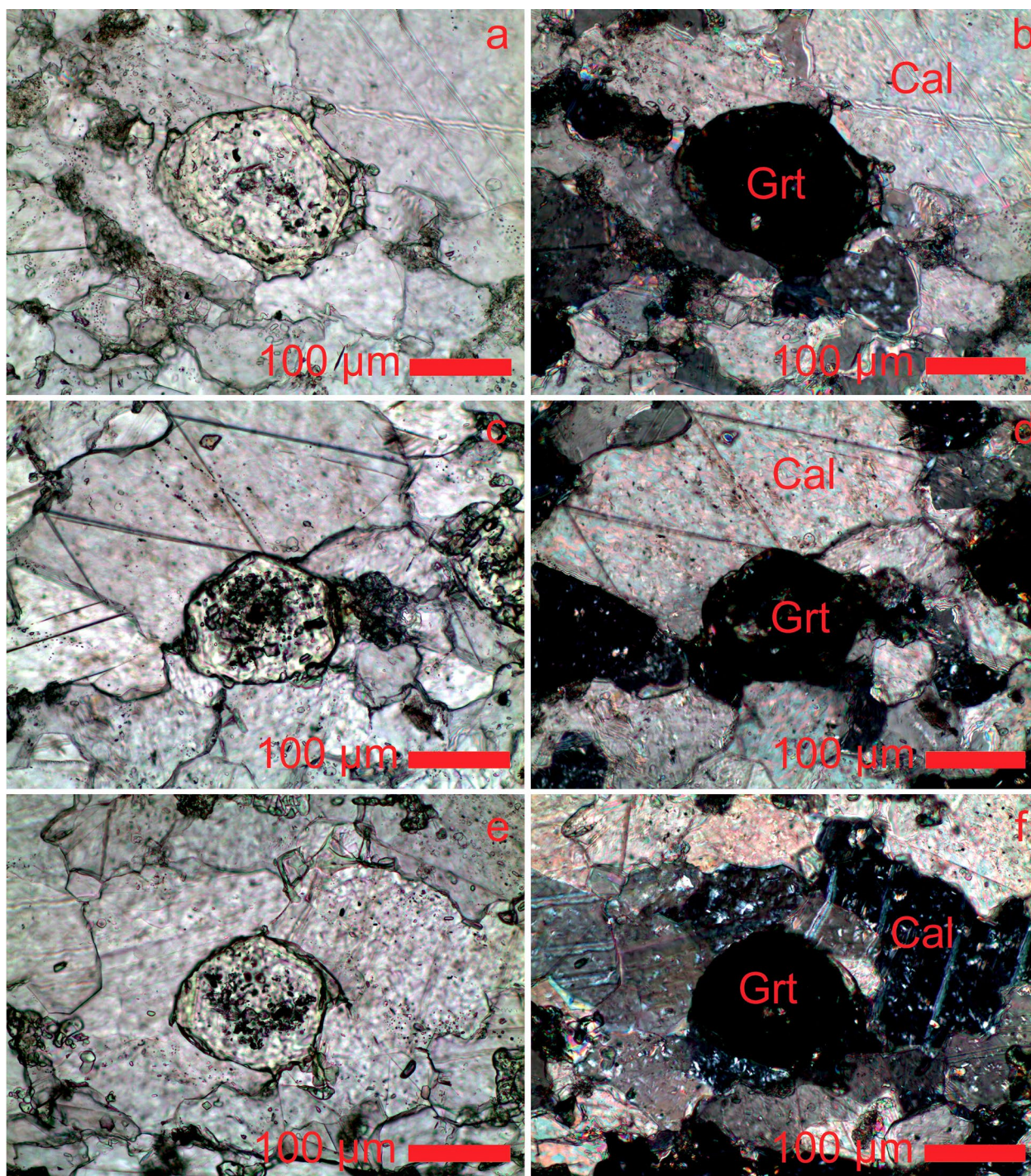
## Výsledky

### Petrografický opis a minerálne zloženie

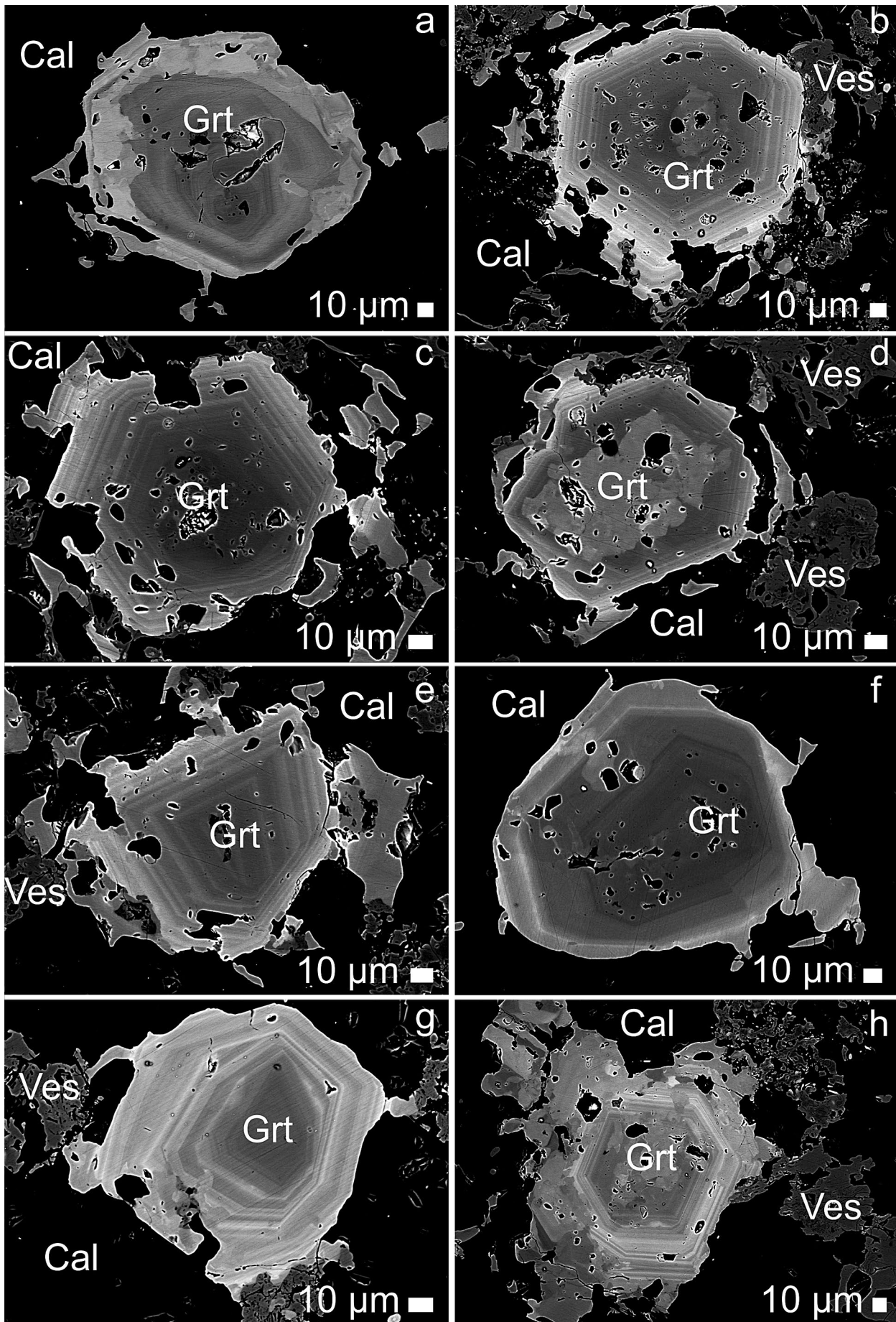
Masívne, hrubozrnné rekryštalizované vápence modrosivej farby lokálne prechádzajú do brekciovitého vývoja. Fragmenty rôznych veľkostí a tvarov s ostrohranným nepravidelným obmedzením sú tmelené žltozelenými žilkami obsahujúcimi granát a vesuvianit (obr. 3). Granátovo-vesuvianitové spojivo brekciovitých rekryštalizovaných vápencov pravdepodobne predstavuje prienik postmagmatických roztokov, ktoré vypĺňali tektonicky oslabené zóny počas pôsobenia účinkov kontaktnej metamorfózy. V minerálnom zložení rekryštalizovaných vápencov je zastúpený len kalcit, prítomnosť dolomitu nebola potvrdená.

### Granáty

Makroskopicky majú granáty zelenosivú farbu. Tvoria súčasť spojiva s vesuvianitom. Pri pozorovaní pod mikroskopom pri jednom nikole sú bezfarebné s výrazným reliéfom a vytvárajú roztrúsené agregáty izometrických zŕn, ktoré si vo výbrusoch zachovávajú mierne zaoblené hexagonálne prierezy (obr. 4). Opticky sú izotropné a prejavujú zonálnosť v podobe pozorovateľných úzkych prírastkových zón. V rŕg. mape zonálneho granátu sú jadro aj okrajová zóna obohatené kremíkom a hliníkom (obr. 6). Titánom sú obohatené prírastkové zóny hrubé cca 1-2  $\mu\text{m}$ . Zóna, ktorá je chudobná o kremík a hliník, je obohatená o železo prípadne titán. Hliník tvorí tri výrazné zóny



Obr. 4 Mikroskopické detaily granátov pozorované pri jednom a v skrížených nikoloch prechádzajúceho polarizovaného svetla. Význam použitých skratiek: Grt – granát, Cal – kalcit. Foto P. Ružička.



Obr. 5 Oscilačná zonálnosť granátov pozorovaná v režime BSE. Význam použítých skratiek: Grt – granát, Ves – vesuvianit, Cal – kalcit. BSE foto T. Mikuš.

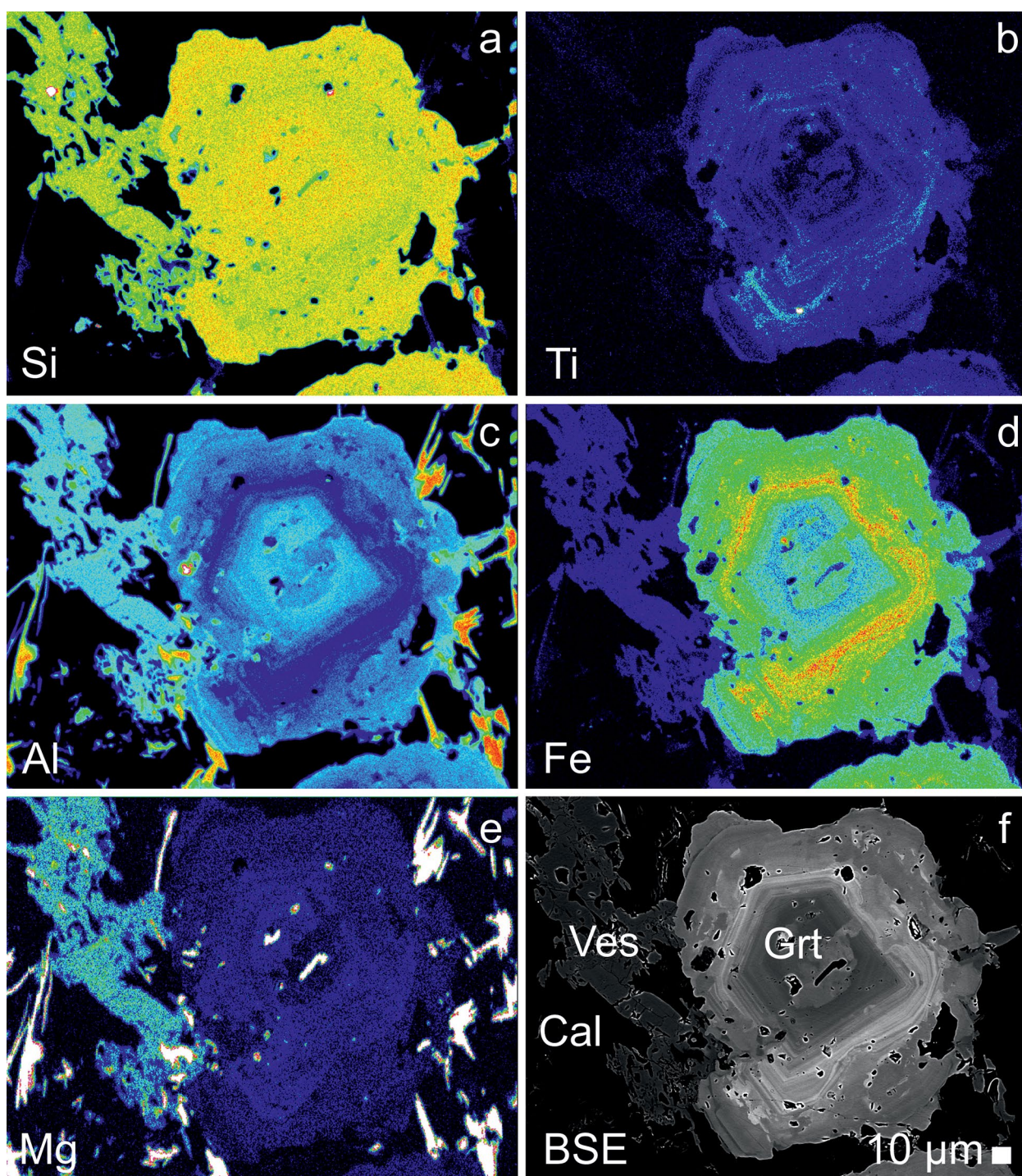
(obr. 6c), pričom pri kremíku je situácia podobná, ale so slabšou intenzitou farebného kontrastu jednotlivých zónálnych ohraničení. Distribúcia železa sa mení v jednotlivých zónach najvýraznejšie. Zmeny v distribúcii horčíka v granátoch sú najmenej výrazné. Príkladom je „mikrojadro“ v rámci jadra granátu, ktoré je ochudobnené o horčík a hliník, ale obohatené železom.

Granáty majú zloženie grosuláru (obr. 7a), ktorého pomer ako koncového člena sa pohybuje v intervale 70 - 75 mol. % v Fe-bohatých zónach, ktoré sú v BSE obrazoch svetlé a medzi 88 až 95 mol. % v Al-bohatých zónach, ktoré sú v BSE tmavé (obr. 5). Andraditová zložka

dosahuje 23 až 28 mol. % v Fe-bohatých zónach a 4 až 10 mol. % v Al-bohatých zónach. Ostatné zložky majú výrazne nižšie obsahy do 1 mol. % (tab. 1). Zvýšený obsah Ti v Fe-bohatých zónach je kompenzovaný zvýšeným obsahom  $\text{Fe}^{2+}$  v oktaedrickej pozícii.

#### Vesuvianit

V spojení spolu s grosulárom je vesuvianit menej zastúpený. Tvorí nedokonale vyvinuté zrná, ktoré prechádzajú do nepravidelných agregátov so svetlozeleným sfarbením a veľmi slabým, takmer nepozorovateľným pleochroizmom. Často obrastá oscilačne zónálne granáty (obr. 5).



Obr. 6 Rtg. mapovanie distribúcie vybraných prvkov v oscilačne zónálnom granáte a okolitom vesuvianite. Foto T. Mikuš.



Vesuvianit obsahuje 1.44 - 1.95 *apfu* Mg, 0.74 *apfu* Fe a do 0.07 *apfu* Mn (tab. 2). Na základe použitého klasifikačného diagramu (obr. 7c) analyzované body spadajú na spodnú hranu diagramu z dôvodu nestanovenia pomeru Fe<sup>2+</sup> a Fe<sup>3+</sup> z mikrosondových analýz. V prípade, aj keby celé železo bolo vyjadrené ako Fe<sup>3+</sup>, tak Mg prevláda. V rámci zorného poľa zonálneho granátu je prítomný aj vesuvianit, ktorý bol rtg. zmapovaný. Horčík výrazne prevláda nad železom (obr. 6e) a obsahuje hliník a kremík. Všetky prvky mapované vo vesuvianite sú homogénne distribuované, okrem titánu, ktorý neobsahuje (obr. 6b).

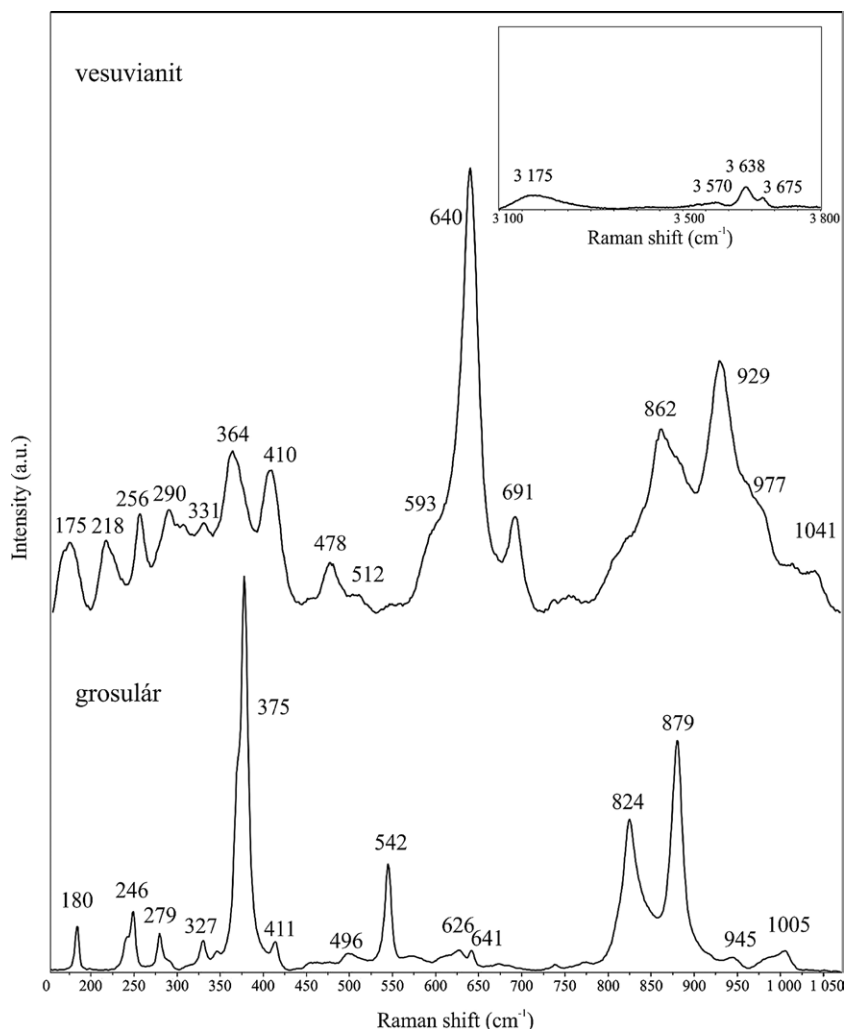
Pomocou Ramanovej spektroskopie bola potvrdená prítomnosť vesuvianitu v asociácii s grosulárom (obr. 8). V spektrálnom rozsahu od 100 do 1050 cm<sup>-1</sup> sa prejavilo niekoľko vibračných pásov, z ktorých dominantné sú pri: 364, 410, 478, 640, 691, 862 a 929 cm<sup>-1</sup>. Vo vysoko frekvenčných oblastiach sa prejavili široké línie pri 3175, 3534, 3570, 3638 a 3675 cm<sup>-1</sup>. Spektrum vesuvianitu v oblasti pásov hlavných Si-O valenčných a deformačných vibrácií a M-O-valenčných vibrácií v rozsahu od 100 do 1050 cm<sup>-1</sup> možno priradiť k spektrám nízkoteplotného vesuvianitu s usporiadanou štruktúrou (P4/n) z rodingitov Kazachstanu (Galuskin et al. 2007a), z Transvaal Jade v Južnej Afrike (Paluszkiwicz, Żabiński 2004) alebo so spektrom, ktoré publikovali Perraki et al. (2010). Vysokofrekvenčné línie zodpovedajú OH vibráciám v štruktúre vesuvianitu (Galuskin et al. 2007b).

#### Kalcit

V rekrýtalizovaných vápencoch je kalcit dominantne zastúpený. V mikroskope má granoblastickú štruktúru s hrubozrnným vývojom kalcitových agregátov, ktoré tvoria základnú rekrýtalizovanú matrix kontaktné metamorfovaných vápencov. Z hľadiska chemického zloženia analyzované kalcity sú homogénne a obsahy Fe, Mn a Mg dosahujú len minimálne hodnoty (tab. 3).

#### Diskusia

Prvý krát prejavy kontaktných účinkov dioritovej magmy na okolité horniny v oblasti Magnetového vrchu opísal Junghann (1912), čo neskôr potvrdili Adam et al. (1956). Genetickými otázkami komplikovaného vývoja subvulkanického intruzívneho komplexu Magnetový vrch pri Tisovci sa zaoberali Konečný et al. (2001, 2011, 2015), ktorí identifikovali relikty jednotlivých horninových typov. Na základe ich zloženia a datovania vyčlenili 7 intruzívnych vývojových fáz s predpokladom, že skarnizačné procesy sa uplatnili hlavne počas 1. a 2. intruzívnej fázy. Intruzívny dioritový komplex Magnetový vrch centrálnej vulkanickej zóny datovaný K/Ar metódou má modelový vek ~ 12 Ma (Konečný et al. 2011, 2015). V blízkosti rekrýtalizo-



Obr. 8 Ramanove spektrá grosuláru a vesuvianitu.

Tabuľka 3 Reprezentatívne mikrosondové analýzy kalcitu (hm. %) prepočítané na 1 atóm kyslíka, ktoré tvoria matrix rekrýtalizovaných vápencov.

	1	2	3	4	5
FeO	0.04	0.01	0.06	0.07	0.01
MnO	0	0.05	0.05	0.03	0.04
MgO	0.01	0	0	0.16	0.03
CaO	55.38	55.38	55.50	55.49	56.11
CO <sub>2</sub> *	43.56	43.52	45.19	44.19	44.18
Suma	98.99	98.96	100.79	99.94	100.37
Fe <sup>2+</sup>	0.001	0	0.001	0.001	0
Mn <sup>2+</sup>	0	0.001	0.001	0	0.001
Mg <sup>2+</sup>	0	0	0	0.004	0.001
Ca <sup>2+</sup>	0.999	0.999	0.998	0.995	0.998
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Symbol\* vyjadruje dopočítanie CO<sub>2</sub>.

vaných vápencov sa vyskytuje intenzívne skarnizovaný nehomogénny až brekciovitý diorit postihnutý naloženými hydrotermálnymi premenami (silicifikácia, chloritizácia, karbonatizácia, príp. adularizácia), ktorý zaradili Konečný et al. (2011) do 2. intruzívnej fázy.

Kontaktnou metamorfózou vápence získali deko-



ratívny hrubokryštalický až brekciovitý charakter, ktorý lokálne zvyrazňujú čierne žilky magnetitu (Tomko et al. 1973). Horniny 2. intruzívnej fázy podľa typu a intenzity premien reagovali s okolitými wettersteinskými vápencami a menej s dolomitmi, čo viedlo k vzniku skarnizácie a rekryštalizácie vápencov so znižovaním jej intenzity smerom so zvyšovaním vzdialenosti od kontaktu s intrúziou. V pásmach skarnizácie sa vyskytujú miesta s detailnou fragmentáciou vápencov na brekciu tmelenú skarnovými minerálmi. Dianiška et al. (1980) predpokladajú, že výrazný charakter puklín v brekciovitých mramoroch má pomociennú genézu t.j., že vznikli po ukončení cirkulácie skarnotvorných roztokov cez pôvodný puklinový systém a boli obnovené po ukončení magmatickej a postmagmatickej činnosti.

Genézou a mineralizáciou tisoveckých skarnov sa v minulosti zaoberali Bacsó (1959, 1964, 1973) a Šamajová (1964, 1965, 1966, 1968, 1972). Z posledného obdobia Hurai a Huraiová (2011) identifikovali v skarnoch Mn-obohatený sfalerit, Fe-alabandit, hübnerit, mangánový magnéziohornblend a Mn-karbonáty. Genetickú spojitosť skarnov s vývojom rudnej mineralizácie podrobne charakterizoval Bacsó (1959, 1964, 1973), ktorý vyčlenil niekoľko štádií mineralizácie v závislosti od termálnosti skarnotvorných a hydrotermálnych roztokov, od veľkosti a chemického charakteru ich zdroja, ako aj geologického prostredia, do ktorého prenikali.

Podľa genetických predpokladov v zmysle pôvodnej kryštalizačnej sukcesie vývojových štádií skarnovej mineralizácie, ktorú definoval Bacsó (1959, 1964, 1973), môžeme skúmané vzorky rekryštalizovaných vápencov zaradiť do skupiny nízko termálnych skarnov viazaných na kontakty andezitov, ktoré vznikli v rámci hlavného postmagmatického skarnového štádia na základe prítomnosti grosuláru a vesuvianitu. Naše tvrdenie podporuje Ramanové spektrum vesuvianitu, ktoré je porovnateľné s publikovanými spektrami nízkoteplotných vesuvianitov (Paluszkiwicz, Žabiński 2004; Galuskin et al. 2007a; Perraki et al. 2010).

Problematickým bodom je klasifikácia vesuvianitu. Panikorovskii et al. (2017a; b) opísali dva nové členy vesuvianitovej skupiny - magneziovesuvianit  $\text{Ca}_{19}\text{Mg}(\text{Al},\text{Mg})_{12}\text{Si}_{18}\text{O}_{69}(\text{OH})_9$  a alumovesuvianit  $\text{Ca}_{19}\text{Al}(\text{Al},\text{Mg})_{12}\text{Si}_{18}\text{O}_{69}(\text{OH})_9$ . V oboch prípadoch ide o minerály s prevahou Mg. Pre magneziovesuvianit sú uvedené obsahy MgO v rozsahu 1.62 až 1.99 hm. % (Panikorovskii et al. 2017a), v alumovesuvianite sa pohybujú v intervale 1.60 - 2.48 hm. % MgO (Panikorovskii et al. 2017b). Obidva minerály sú výrazne ochudobnené o Fe, magneziovesuvianit obsahuje do 0.23 hm. % FeO (Panikorovskii et al. 2017a), v alumovesuvianite je maximálne 0.80 hm. %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Panikorovskii et al. 2017b). V našich analyzovaných vesuvianitoch sa obsahy MgO pohybujú v intervale 2.00 až 2.69 hm. % a obsahujú viac železa od 1.30 do 1.80 hm. %. Mocnosť Fe nie je určené analyticky a jeho kalkulácia z nábojovej bilancie môže byť zavádzajúca (tab. 2). Keďže sa minerály vesuvianitovej skupiny klasifikujú na základe obsadenia pozície Y1A,B, ktorá je obvykle obsadená  $\text{Fe}^{3+}$  (Giuseppetti, Mazzi 1983; Panikorovskii et al. 2016), je možné, že v našich vzorkách je napriek prevahe Mg nad Fe dominantným kationom v tejto pozícii  $\text{Fe}^{3+}$  a teda ide o vesuvianit. Ak by Fe bolo dvojmocné, preferovalo by oktaedrické pozície a v takom prípade by išlo o magneziovesuvianit, ak by dominovalo Mg nad Al v pozícii Y1A,B, alebo v opačnom prípade o alumovesuvianit. Na základe súčasných údajov bez štruktúrnej ana-

lyzy a stanovenia mocnosti Fe je nemožné klasifikovať študované vzorky do minerálneho druhu.

Skarnové granáty z Tisovca prejavujú zložitú oscilačnú chemickú zonálnosť. Často býva vyvinutá oscilačná zonálnosť v grosulárovo-andraditových granátoch, ktoré pochádzajú napríklad z hydrotermálnych systémov (Jamtveit et al. 1995). V hexagonálnych prierezoch zonálnosť granátov pozorovala už Šamajová (1964, 1966, 1972), ktorá ju dáva do súvislosti s optickou anizotropiou, ktorú podľa jej zistení spôsobuje prevaha grosulárovej zložky v tisoveckých granátoch. Na druhej strane Bacsó (1973) tvrdí, že anomálna anizotropia granátov je spôsobená nižšou teplotou ich vzniku. V našich vzorkách sa prítomnosť opticky anizotropných granátov nepotvrdila, čo pravdepodobne súvisí s tým, že nami študované granáty nie sú priamo asociované s magnetitovou skarnovou mineralizáciou.

## Záver

Objektom mineralogického štúdia boli vzorky fragmentovanej zóny brekciácie rekryštalizovaných vápencov, ktoré vznikli počas pôsobenia kontaktnej metamorfozy. Pôvodné svetlosfarbené triasové vápence wettersteinského typu boli kontaktne metamorfované s prienikom skarnotvorných roztokov a hydrotermálnych fluid, cez ich puklinový systém, čím sa formovala minerálna asociácia skarnového typu významne meniacia štruktúrno-textúrny charakter sedimentárnych vápencov na brekciovité mramory. Rekryštalizované vápence majú kontaktné granoblastickú štruktúru. Svetlo modrosivé hrubozrnnejšie formy rekryštalizovaných vápencov sú vyvinuté bližšie pri kontakte s intruzívnym telesom. Postupne ďalej od kontaktu sa vyskytujú cukrovobiele jemnozrnnejšie formy.

V puklinách rekryštalizovaných vápencov sa vytvorila minerálna asociácia vo forme grosulárovo-vesuvianitových žiliek žltozelenej farby, ktoré boli predmetom nášho výskumu. Identifikované granáty prejavovali oscilačnú zonálnosť, ktorá je odrazom rôznej distribúcie prvkov v rámci zastúpenia grosulárovej a andraditovej zložky. Identifikovaný vesuvianit všeobecne patrí k málo rozšíreným minerálom tisoveckých skarnov, ktorý sa vyskytuje spoločne s grosulárom. Na základe získaných výsledkov bude skúmaný vesuvianit predmetom detailnej štruktúrnej analýzy zameranej na jeho klasifikovanie do konkrétneho minerálneho druhu, aby sme sa mohli exaktne vyjadriť či sa jedná o magneziovesuvianit alebo alumovesuvianit.

## Podakovanie

*Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-15-0050 a grantom VEGA 1/0079/15. Vyslovujeme podakovanie recenzentom článku za podnetné pripomienky, ktoré prispeli k skvalitneniu rukopisu.*

## Literatúra

- AKSENOV S M, CHUKANOV N V, RUSAKOV V S, PANIKOROVSKII T L, GAINOV R R, VAGIZOV F G, RASTSVETAEVA R K, LYSSSENKO K A, BELAKOVSKIY D I (2016) Towards a re-visitation of vesuvianite-group nomenclature: the crystal structure of Ti-rich vesuvianite from Alchuri, Shigar Valley, Pakistan. *Acta Cryst B*72: 744-752
- ADAM L, PTÁK J, ŠALÁT J (1956) Zpráva o geologickom mapovaní územia severozápadne od Tisovca vzhľadom na rudný výskyt na vrchu Magnetová. *Geol Práce Zpr* 9: 120-123

- BACSÓ Z (1959) Ložisko skarnového typu pri Tisovci (veporidy). Diplomová práca. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 61 s
- BACSÓ Z (1964) Potriasové skarnové ložiská pri Tisovci. Geol Práce Zpr 31: 13-45
- BACSÓ Z (1973) Vznik potriasového skarnového ložiska pri Tisovci. Rigorózná práca. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 115 s
- BERGFEST A (1955) Tisovec. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 20 s
- DIANIŠKA I, SÝKORA J, VALKO P (1980) Tisovec - Magnetový vrch, surovina: kryštalický vápenec - mramor, stav k: 1.8. 1979. Záverečná správa a výpočet zásob. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 79 s
- GALUSKIN E V, GALUSKINA I O, STADNICKA K, ARMBRUSTER T, KOZANECKI M (2007a) The crystal structure of Si-deficient, OH-substituted, boron-bearing vesuvianite from the Wiluy river, Sakha-Yakutia, Russia. *Canad Miner* 45, 2: 239-248
- GALUSKIN E, JANEČEK J, KOZANECKI M, SITARZ M, JASTRZEBSKI W, WRZALIK R, STADNICKA K (2007b) Single-crystal Raman investigation of vesuvianite in the OH region. *Vibrat Spectrosc* 44, 1: 36-41
- GIUSEPPETTI G, MAZZI F (1983) The crystal structure of a vesuvianite with  $P4/n$  symmetry. *Tsch Miner Petrogr Mitt* 31: 277-288
- GREW E S, LOCOCK A J, MILLS S J, GALUSKINA I O, GALUSKIN E V, HALENIUS U (2013) Nomenclature of the garnet supergroup. *Am Miner* 98: 785-811
- HURAI V, HURAIOVÁ M (2011) Origin of ferroan alabandite and manganian sphalerite from the Tisovec skarn, Slovakia. *N Jb Miner, Abh* 188: 119-134
- JAMTVEIT B, RAGNARSDOTTIR K V, WOOD B J (1995) On the origin of zoned grossular-andradite garnets in hydrothermal systems. *Eur J Miner* 7: 1339-1410
- JUNGHANN H (1912) Das Eruptivgebiet von Tiszolcz (Comitat Gömör, Ungarn). *N Jb Miner Beil Bd* 33, Bonn
- KLINEC A (1976) Geologická mapa Slovenského rudohoria (stred) a Nízkych Tatier (východ) 1: 50 000. ŠGÚDŠ, Bratislava
- KODÉRA M, ANDRUSOVÁ-VLČEKOVÁ G, BELEŠOVÁ O, BRIATKOVÁ D, DÁVIDOVÁ Š, FEJDIOVÁ V, HURAI V, CHOVAN M, NELIŠEROVÁ E, ŽENIŠ P (1990) Topografická mineralógia Slovenska 3 Sed-Ž. Veda, vydavateľstvo SAV, Bratislava, 1105-1590
- KONEČNÝ V, LEXA J, ŠIMON L, DUBLAN L (2001) Neogénny vulkanizmus stredného Slovenska. *Miner Slov* 33: 159-178
- KONEČNÝ P, KONEČNÝ V, KUBEŠ P (2011) Paleovulkanická rekonštrukcia veporského stratovulkánu. Čiastková správa k záverečnej správe geologickej úlohy: Aktualizácia geologickej stavby problémových území Slovenska v mierke 1:50 000. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava: 235 s
- KONEČNÝ V, KONEČNÝ P, KUBEŠ P, PÉCSKAY Z (2015) Paleovolcanic reconstruction of the Neogene Vepor stratovolcano (Central Slovakia), part I. *Miner Slov* 47, 1: 1-76
- MAZÚR E, LUKNIŠ M (1980) Geomorfologické jednotky (mapa 1: 500 000). MAZÚR E, JAKÁL J (eds) Atlas SSR. SAV a Slov. úrad geod. a kart., Bratislava: 54-55
- PALUSZKIEWICZ C, ŻABIŃSKI W (2004) Vibrational spectroscopy as a tool for discrimination of high and low vesuvianites. *Vibrat Spectrosc* 35: 77-80
- PANIKOROVSKII T L, KRIVOVICHEV S V, ZOLOTAREV A A JR, ANTONOV A A (2016) Crystal chemistry of low-symmetry ( $P4_{nc}$ ) vesuvianite from the Kharmanikul' cordon (south Urals, Russia). *Zap Ross Mineral Obsh* 145, 3: 94-104 (v ruštine)
- PANIKOROVSKII T L, SHILOVSKIKH V V, AVDONTSEVA E Y, ZOLOTAREV A A, KARPENKO V Y, MAZUR A S, YAKOVENCHUK V N, KRIVOVICHEV S V, BAZAI A V, KRIVOVICHEV S V, PEKOV I V (2017a) Magnesiovesuvianite,  $Ca_{19}Mg(Al,Mg)_{12}Si_{18}O_{89}(OH)_9$ , a new vesuvianite-group mineral. *J Geosci* 62, 1: 25-36
- PANIKOROVSKII T L, CHUKANOV N V, AKSENOV S M, MAZUR A S, AVDONTSEVA E YU, SHILOVSKIKH V V, KRIVOVICHEV S V (2017b) Alumovesuvianite,  $Ca_{19}Al(Al,Mg)_{12}Si_{18}O_{89}(OH)_9$ , a new vesuvianite-group member from the Jeffrey mine, asbestos, Estrie region, Québec, Canada. *Mineral Petrol* 111: 833-842
- PANIKOROVSKII T L, CHUKANOV N V, RUSAKOV V S, SHILOVSKIKH, V V, MAZUR A S, BALASSONE G, IVANYUK G Y, KRIVOVICHEV S V (2017c) Vesuvianite from the Somma-Vesuvius Complex: New data and revised formula. *Minerals* 7, 248: 1-16
- PERRAKI M, KARIPI S, RIGOPOULOS I, TSIKOURAS B, POMONIS P, HATZIPANAGIOTOU K (2010) Grossular / hydrogrossular in rodingites from Othrys ophiolite (central Greece): Raman spectroscopy as a tool to distinguish it from vesuvianite. *Scientific Annals, School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki Proceedings of the XIX CBGA Congress, Thessaloniki, Greece, Special volume* 99: 317-322
- ŠAMAJOVÁ E (1964) Príspevok k mineralógii tisoveckého skarnového ložiska. *Zpr geol Výsk v roku 1963, časť 2*: 27-29
- ŠAMAJOVÁ E (1965) Zpráva o geologickom výskume minerálnej asociácie kontaktne metasomatického ložiska pri Tisovci. *Zpr geol Výsk v roku 1964, časť 2*: 64-65
- ŠAMAJOVÁ E (1966) Granate der kontakt-metasomatischen Lagerstätte bei Tisovec. *Geol Sbor Geol Carpath* 17, 2: 223-235
- ŠAMAJOVÁ E (1968) Magnetit-anortitová minerálna asociácia v tisoveckom skarne. *Acta geol geogr Univ Comen Geol* 13: 129-140
- ŠAMAJOVÁ E (1972) Anisotrope Granate aus der Skarn-Lagerstätte bei Tisovec. *Acta geol geogr Univ Comen Geol* 22: 187-197
- TOMKO I, ABÓNYI A, BACSÓ Z (1973) Slovensko - dekoračný kameň, surovínová štúdia, oblasť Tisovec - Dobšiná, stav k 1.1.1973. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 62 s
- ULRICH S, SLAVÍK F (1923) Posudok o kutacích prácach pri Tisovci na Slovensku. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 6 s
- VOJTKO R (2000) Are there tectonic units derived from the Meliata-Hallstatt trough incorporated into the tectonic structure of the Tisovec karst? (Muráň karstic plateau, Slovakia). *Slovak Geol Mag* 6, 4: 335-346