

Mineralogická charakteristika mramorov z lokality Nižný Klátov (Volovské vrchy, Slovenská republika)

Mineralogical characteristics of marbles from the locality Nižný Klátov (Volovské vrchy Mts., Slovak Republic)

PETER RUŽIČKA^{1)*}, JAKUB ŠAUSA²⁾, TOMÁŠ MIKUŠ³⁾ A PETER BAČÍK¹⁾

¹⁾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

²⁾Katedra ložiskovej geológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Ilkovičova 6, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, Slovenská republika

³⁾Ústav vied o Zemi Slovenskej akadémie vied, Ďumbierska 1, 974 11 Banská Bystrica, Slovenská republika

RUŽIČKA P, ŠAUSA J, MIKUŠ T, BAČÍK P (2017) Mineralogická charakteristika mramorov z lokality Nižný Klátov (Volovské vrchy, Slovenská republika). Bull Mineral Petrolog 25(2): 209-227 ISSN 2570-7337

Abstract

Studied marbles occurring in the stone quarry near Nižný Klátov, Slovakia are parts of amphibolites. They form a lithologic member of the Klátov complex of Gemericum. Marbles contain fragments of amphibolites and feldspar porphyroblasts. The colour of marbles is grey light to greyish green. The rock has a massive texture and granoblastic structure. The identified mineral association of marbles forms calcite + amphiboles (magnesio-hornblende, pargasite, ferri-tschermakite, actinolite) + clinopyroxenes (diopside) + albite + orthoclase + epidote-super group minerals + titanite. Actinolite has a Mg/(Mg+Fe) (X_{Mg}) ratio in the range 0.55 - 0.85. In the dark zone of actinolite, Mg²⁺ contents increase (from 3.102 to 3.889 *apfu*) and Fe²⁺ contents decrease (from 1.068 to 1.766 *apfu*), while in the light zone the Mg²⁺ contents decrease (from 2.868 to 3.284 *apfu*) and the Fe contents increase (from 1.615 to 2.071 *apfu*). With an increasing ratio of tschermakite molecule, the ratio of X_{Mg} decreases to 0.50. The clinopyroxenes have a high ferrous diopside composition with an X_{Mg} ratio of 0.54 to 0.60. The composition of titanite is close to the end member without any significant substitution, Al content is max. 0.07 *apfu*, Fe³⁺ is below 0.02 *apfu*. Max. 0.05 *apfu* of Na is founded in the orthoclase, contents of Ca and K together in the albite is below 0.01 *apfu*. Epidote-super group minerals form two compositional trends. The first trend is the epidote-clinozoisite divided into three groups: 1. Epidotes containing Fe³⁺ 0.80 - 0.95 *apfu*; 2. Epidotes to clinozoisites containing Fe³⁺ 0.47 - 0.63 *apfu*; 3. Clinozoisites containing Fe³⁺ below 0.03 *apfu*. The second trend is a REE-enriched epidote containing 0.40 *apfu*. In the dark zone of the epidote, a higher Al³⁺ content (0.363 - 0.604 *apfu*) and a lower Fe³⁺ content (0.382 - 0.633 *apfu*) are present. In the light zone of the epidote, a higher Fe³⁺ content (0.802 - 0.952 *apfu*) and a lower Al³⁺ content (0.011 - 0.175 *apfu*) are present. Calcite is chemically pure; the presence of dolomite has not been confirmed. Marbles are products of local metamorphic processes that were randomly generated in the tectonic zones of amphibolites.

Key words: mineralogy, marbles, Nižný Klátov, Slovak Republic

Obdrženo: 14. 10. 2017; přijato: 3. 12. 2017

Úvod

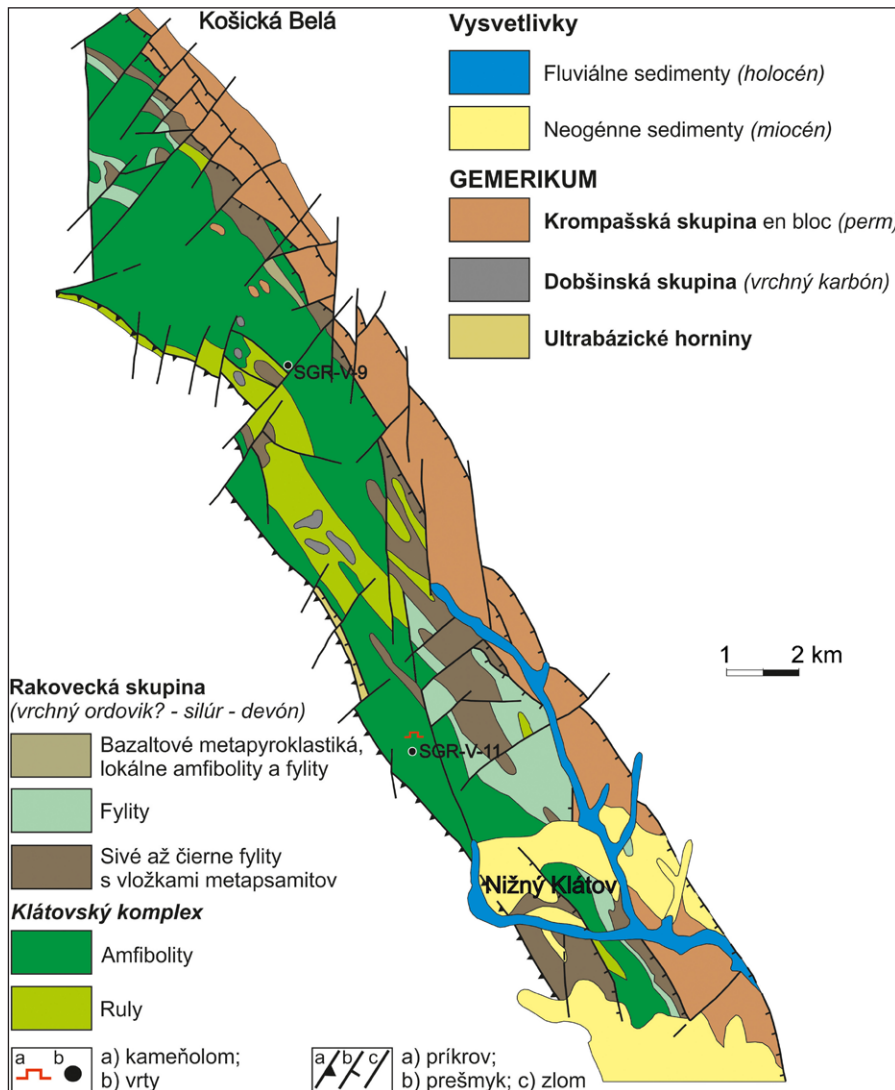
Článok prináša nové informácie o minerálnom zložení mramorov, ktoré môžu byť perspektívne použité pre doplnenie poznatkov geodynamického vývoja klátovského komplexu gemerika. Skúmané mramory neboli doteraz v takomto rozsahu podrobne študované a publikačne spracované.

Geologická charakteristika

Koncepcia geologického vývoja klátovského komplexu gemerika, ktorého súčasťou sú skúmané mramory, nemá z pohľadu publikovaných údajov jednoznačný scenár. Rôznorodosť názorov je odrazom komplikovaného geodynamického vývoja.

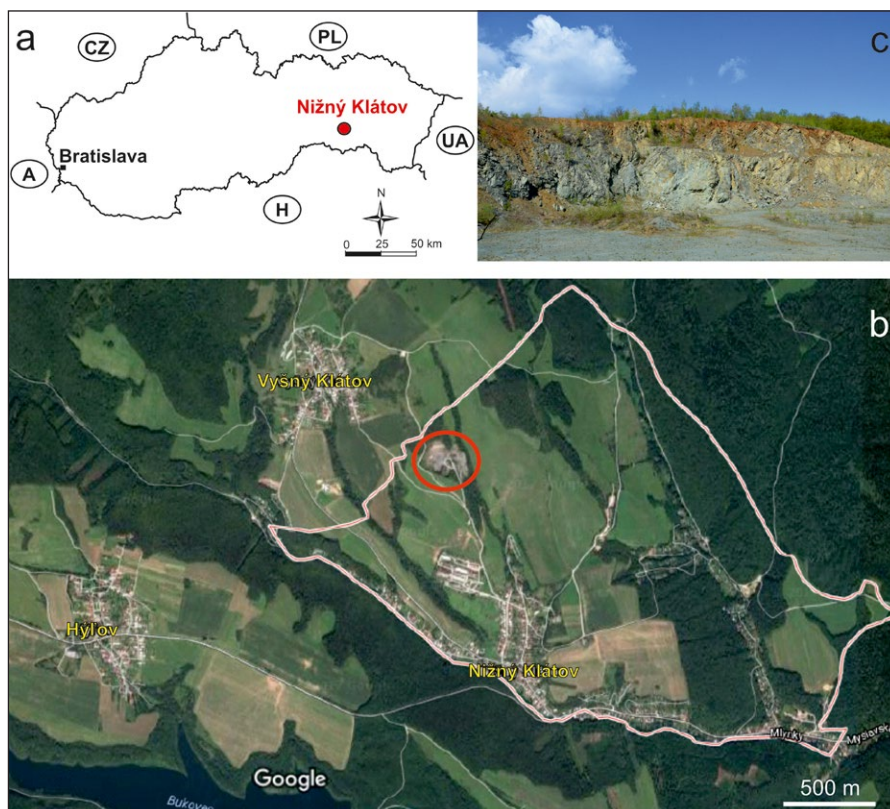
Klátovský rulovo-amfibolitový komplex je súčasťou zložitej príkrovovej stavby gemerika. Bol definovaný Ho-

vorkom et al. (1984) ako klátovský príkrov a Spišiakom et al. (1985) ako samostatná litostratigrafická jednotka pod názvom klátovská skupina. Pomenovanie dostala podľa obcí Vyšný a Nižný Klátov, v okolí ktorých vystupuje v typickom vývoji. Tvorí tektonicky rozsegmentovaný fragment s nesúvislými povrchovými výskytmi. V západnej časti klátovského komplexu sú rozsiahlejšie povrchové výskyt na sever od Dobšinej, pričom ďalej na východ boli potvrdené len banskými dielami (Mlynky, Rudňany) a na povrchu sa opäť objavuje pri Slovinkách a tvorí súvislejší pruh medzi Košickou Belou a Nižným Klátovom (obr. 1). Tektonické podložie tvorí rakovecká skupina a v nadloží vystupuje rudnianske a zlatnícke súvrstvie dobšinskej skupiny (Ivan 2012). Keďže z pôvodného klátovského terénu sú v súčasnej alpinskej stavbe gemerika zachované len fragmenty, dôležité údaje o jeho zložení poskytol materiál klastov vrchnokarbónskych polymikt-



ných konglomerátov rudnianskeho súvrstvia dobšinskej skupiny (Krist 1954; Vozárová 1973, 1993, 2000; Radvanec 1998). Problematické je definovanie vzťahu rulovo-amfibolitového komplexu a rakoveckej skupiny, ktorý niektorí autori považujú za tektonický (Hovorka et al. 1984; Faryad 1990, 1995), kým iní (Grecula 1982; Radvanec 1992, 1994a, b) vidia medzi nimi postupný prechod. Klátovský rulovo-amfibolitový komplex je v zmysle Bajanička et al. (1984) a Greculu et al. (2009, 2011) súčasťou rakoveckej skupiny.

Rulovo-amfibolitový komplex predstavuje staropaleozoický, čiastočne migmatizovaný fragment s polyštádiálnym vývojom metamorfozy, ktorý sa považoval za súčasť melanže neúplnej ofiolitovej suity (Dianiška, Grecula 1979). V poslednom období sa koreluje s leptynitovo-amfibolitovým komplexom Západných Karpát (Hovorka, Méres 1993; Hovorka et al. 1997; Ivan, Méres 2000; Ivan 2012; Ivan, Šimurková 2015; Ivan 2016). Rulovo-amfibolitový komplex z oblasti Klátova charakterizovali Dianiška a Grecula (1979), neskôr Faryad (1986). Petrografickým opisom rulovo-amfibolitového komplexu v oblasti Dobšinej sa venovali Rozložník (1965), Spišiak et al. (1989) a v oblasti Rudnians Popreňák et al. (1973); Hovorka et al. (1979); Hovorka a Spišiak (1981); Spišiak a Hovorka (1985).



Obr. 1 Geologická mapa klátovského komplexu v úseku Košická Belá - Nižný Klátov v mierke 1 : 50 000 (modifikované podľa Grecula et al. 2009).

Obr. 2 Lokalizácia skúmaného územia: a) Nižný Klátov na mape SR; b) ortofotomapa katastrálneho územia s vyznačením polohy kameňolomu (<https://www.google.sk/maps>); c) pohľad na miesto odberu vzoriek v lome (foto P. Ružička, 2016).

Metamorfóza hornín staršieho paleozoika gemerika sa všeobecne považovala za nízku (fácia zelených bridlíc), až do momentu identifikácie hornín amfibolitovej fácie (Rozložník 1965; Dianiška, Grecula 1979; Hovorka et al. 1979, 1984; Bajaník, Hovorka 1981; Hovorka, Spišiak 1981, 1985, 1997; Faryad 1986, 1990, 1995; Spišiak et al. 1989; Radvanec 1992, 1994a, b, 1998). Predpokladá sa, že lokálne nastala až parciálna anatexia so vznikom intrúzií granitovej magmy (Grecula 1982; Radvanec 1994b). K charakteru metamorfózy klátovského komplexu sa vyjadrovali Faryad (1986, 1990, 1995) a Radvanec (1992, 1994a, b, 1998). Sumarizáciu a doplnenie poznatkov o charaktere metamorfózy a minerálnom zložení rulovo-amfibolitového komplexu z oblasti Dobšinej, Rudnianskeho Klátova publikovali v rozsiahlej štúdií Radvanec et al. (2017).

K/Ar vek amfibolitu z Vyšného Klátova bol stanovený v rozsahu 391 ± 18 až 448 ± 23 mil. rokov a z Košickej Belej 337 ± 16 mil. rokov (Kantor 1980). Priemerná hodnota predvrchnokarbónskeho veku na základe K/Ar datovania amfibolitu z Vyšného Klátova je 362.5 ± 1.4 mil. rokov (Cambel et al. 1980). Veky stanovené K/Ar metódou z amfibolitov z Rudnianskeho Klátova boli 324 ± 9 , 320 ± 5 a 281 ± 9 mil. rokov (Kantor et al. 1981). Rádiometrické datovanie rúl a amfibolitov poukazuje na variský vek metamorfózy (Cambel et al. 1980; Kantor et al. 1981). Výsledky datovania metabazitov klátovského komplexu (U-Pb metóda na zirkónoch, SHRIMP) ukazujú na spodnoordovický vek protolitu (482 ± 9 mil. rokov) a vrchnodevónsky vek (383 ± 3 mil. rokov) naloženej migmatitizácie (Putiš et al. 2009).

Radvanec et al. (2014) a Németh et al. (2016) tvrdia, že rulovo-amfibolitový komplex je tvorený tromi exhumovanými blokmi - dobšinským, rudnianskym a klátovským. Rb-Sr metódou bol datovaný vek plagiogranitu z rudnianskeho bloku na 371 ± 4 mil. rokov. Ar uvoľnený z hornblendu poskytol plató vek 362 mil. rokov, ktorý Radvanec et al. (2014) považujú za vek chladnutia pri cca 550 °C. Ar/Ar vek hornblendu v okolitom amfibolite je 363 mil. rokov.

Lokalizácia

Geomorfologicky skúmané územie leží vo východnej časti Volovských vrchov na hranici severozápadnej časti Košickej kotliny v doline Myslavského potoka (Mazúr, Lukniš 1980). Členitý terén má podhorský charakter. Obec Nižný Klátov (okres Košice-okolie, Košický kraj) je vzdialená od Košíc cca 15 km (obr. 2a). Nadmorská výška v strede obce je 370 m. Poloha lokality zodpovedá $48^{\circ}43'39,36''$ severnej šírky a $21^{\circ}08'31,56''$ východnej dĺžky.

Kameňolom o rozmeroch $200 \times 60 \times 30$ m (obr. 2b, c) je situovaný v jv. časti katastra obce Nižný Klátov. Od obce je vzdialený cca 800 m. Výška lomovej steny dosahuje 25 m. Jeden ťažobný rez je umiestnený v nadmorskej výške 450 m (Varcholová et al. 1976). Výskyt mramorov v amfibolitoch je lokálny, v podobe nepravidelných šošoviek a pruhov, ktoré sú situované v spodnej etáži lomu. Amfibolity sa v minulosti ťažili na kamenivo pre stavebné účely.

Metodika

Terénny výskum bol zameraný na odber reprezentatívnych vzoriek mramorov zo spodnej etáže lomu, kde sa skúmané horniny dominantne vyskytujú. Súčasťou terénnych prác bolo zameranie polohy (GPS) a fotodo-

kumentácia miesta odberu vzoriek. Minerálne zloženie a mikroštruktúrne usporiadanie mramorov bolo pozorované 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 minerálov pre identifikáciu pomocou elektrónového mikroanalýzátora. Vyznačené miesta v rámci výbrusov boli fotograficky zdokumentované.

Leštené výbrusy mramorov, vákuovo naparené tenkou uhlíkovou vrstvou, boli analyzované na elektrónových mikroanalýzátorech v Bratislave a v Banskej Bystrici. Na Štátnom geologickom ústave Dionýza Štúra v Bratislave je prístroj CAMECA SX 100 a na Ústave vied o Zemi Slovenskej akadémie vied v Banskej Bystrici je prístroj značky JEOL JXA 8530FE.

Na prístroji CAMECA SX 100 vzorky analyzovali RNDr. Ivan Holický, Mgr. Viera Kollárová, PhD., a RNDr. Patrik Konečný, PhD. Meranie bodových chemických analýz minerálov prebiehalo pri urýchľovacom napätí 15 kV a prúde 20 nA. Priemer elektrónového lúča sa prispôboval počas merania fáz v rozsahu 3 až 10 μm , v závislosti od ich citlivosti. Na šírku elektrónového lúča najcitlivejšie reagujú karbonáty. Chemické zloženie minerálov bolo merané WDS spektrometrami. Mikroštruktúrne znaky fázových vzťahov jednotlivých minerálov boli pozorované v späťne rozptýlených elektrónoch (BSE - back scattered electron).

Na meranie silikátov boli použité kalibračné štandardy: Si, K - ortoklas, Ca - wollastonit, Na - albit, Mg - forsterit, Al - Al₂O₃, Fe - fayalit, Ti - TiO₂, Mn - rodonit, Cr - Cr₂O₃, Ni - Ni. Na meranie epidotu vrátane prvkov vzácných zemín boli použité štandardy: Na - albit, Si, Ca - wollastonit, Al - Al₂O₃, Mg - forsterit, K - ortoklas, Ti - TiO₂, Fe - fayalit, Mn - rodonit, Cr - Cr₂O₃, Sr - SrTiO₃, Ba - barit, F - CaF₂, Cl - NaCl, Y - YPO₄-h, Th - ThO₂, U - UO₂, La - LaPO₄-h, Ce - CePO₄-h, Pr - PrPO₄-h, Nd - NdPO₄-h, Sm - SmPO₄-h, Eu - EuPO₄-h, Gd - GdPO₄-h, Tb - TbPO₄-h, Dy - DyPO₄-h, Ho - HoPO₄-h, Er - ErPO₄-h, Tm - TmPO₄-h, Yb - YbPO₄-h, Lu - LuPO₄-h, V - V.

Na prístroji JEOL JXA 8530FE vzorky analyzoval Mgr. Tomáš Mikuš, PhD. Mramory boli pozorované pri urýchľovacom napätí 15 kV a prúde 15 nA (karbonáty) a 20 nA (silikáty). Priemer elektrónového lúča bol pri analyzovaní karbonátov 8 μm a pri silikátoch sa pohyboval v rozsahu 2 - 5 μm . ZAF korekcia bola použitá pri silikátoch. Na meranie karbonátov boli použité štandardy (rtg. línie a detekčné limity v ppm): Ca(K α , 25) - diopsid, Ba(M α , 105) - barit, Mn(K α , 70) - rodonit, Mg(K α , 27) - olivín, Si(K α , 74) - plagioklas An₆₅, Sr(K α , 112) - celestín, Fe(K α , 89) - hematit, Cu(K α , 112) - kuprit, Zn(K α , 150) - willemite. Na meranie silikátov boli použité štandardy (rtg. línie a detekčné limity v ppm): Ca(K α , 25) - diopsid, K(K α , 20) - ortoklas, P(K α , 26) - apatit, F(K α , 152) - fluorit, Na(K α , 43) - albit, Mg(K α , 24) - diopsid, Al(K α , 42) - albit, Si(K α , 25) - ortoklas, Ba(L α , 105) - barit, Zr(L α , 107) - kubická zirkónia, Y(L α , 81) - YPO₄, Sr(L α , 84) - celestín, Zn(K α , 215) - willemite, Fe(K α , 111) - hematit, Cr(K α , 113) - Cr₂O₃, Mn(K α , 94) - rodonit, V(K α , 154) - ScVO₄, Ti(K α , 130) - rutil.

Mikrosondové analýzy boli prepočítané v zmysle klasifikácií pre amfiboly (Leake et al. 1997; Hawthorne et al. 2012), pyroxény (Morimoto et al. 1988) a minerály epidotovej superskupiny (Armbruster et al. 2006). Klasifikácia amfibolov podľa Leake et al. (1997) bola použitá z dôvodu názornejšieho grafického vyjadrenia rozdielov v klasi-

fikačných parametroch, ktoré sú postavené na porovnávaní obsahov Si vs. Mg ($Mg + Fe^{2+}$) v *apfu*, na rozdiel od klasifikácie Hawthorne et al. (2012), ktorá vychádza z porovnávania $c(Al + Fe^{3+} + 2Ti)$ vs. $A(Na + K + 2Ca)$ v *apfu*. Obsahy železa boli rozpočítané na Fe^{2+} a Fe^{3+} z nábojovej bilancie podľa postupu uvedeného v práci Leake et al. (1997).

V texte používané slovenské názvy minerálov sú upravené podľa Ozdína a Uhera (2002) a slovenské názvy amfibolov vychádzajú z práce Bačík et al. (2013). Používané skratky minerálov sú uvádzané podľa Siivola & Schmid In: Fettes & Desmons et al. (2007). V obrázkoch a tabuľkách sú použité nasledovné skratky minerálov: Mg-Hbl - magnezio-hornblend, Prg - pargasit, Fts - feritschermakit, Act - aktinolit, Ep - epidot, Czo - klinozoisit, Dī - diopsid, Ttn - titanit, Or - ortoklas, Ab - albit, Qtz - kremeň, Cal - kalcit.

Výsledky

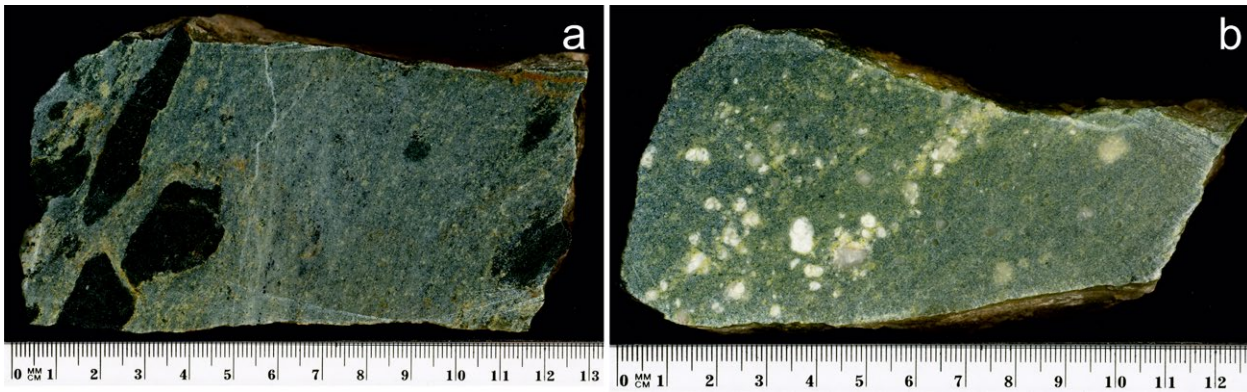
Petrografický opis

Mramory na lokalite tvoria dve formy. Prvá obsahuje fragmenty amfibolitov (obr. 3a) a druhá porfyroblasty živcov (obr. 3b). Farba mramorov je svetlosivá až sivozelená, pričom zelené sfarbenie vyvoláva prítomnosť epidotu. Jemnokryštalická hornina má masívnu textúru a granoblastickú štruktúru, ktorá miestami prechádza do porfyroblastickej. Identifikovanú minerálnu asociáciu mramorov tvorí kalcit + amfiboly + klinopyroxény + živce + minerály epidotovej superskupiny + titanit.

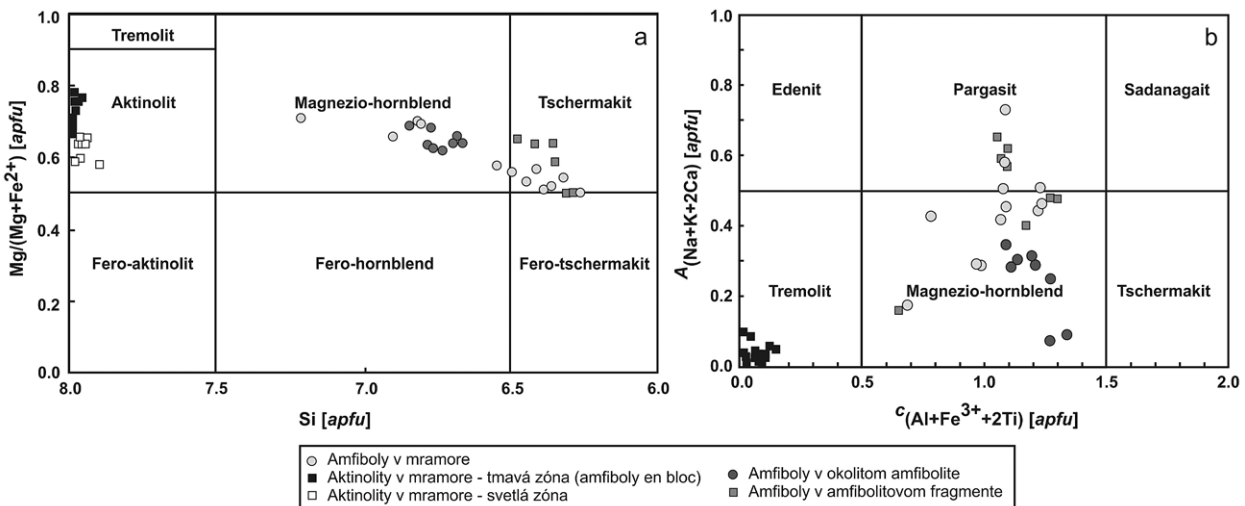
Chemické zloženie minerálnej asociácie

Amfiboly

Analyzované boli amfiboly v mramoroch, v amfibolitových fragmentoch, ktoré tvoria ich integrálnu súčasť a amfiboly v okolitých amfibolitoch. Chemické zloženie amfibolov je variabilné a bývajú často zonálne. V minerálnej asociácii mramorov bol identifikovaný magnezio

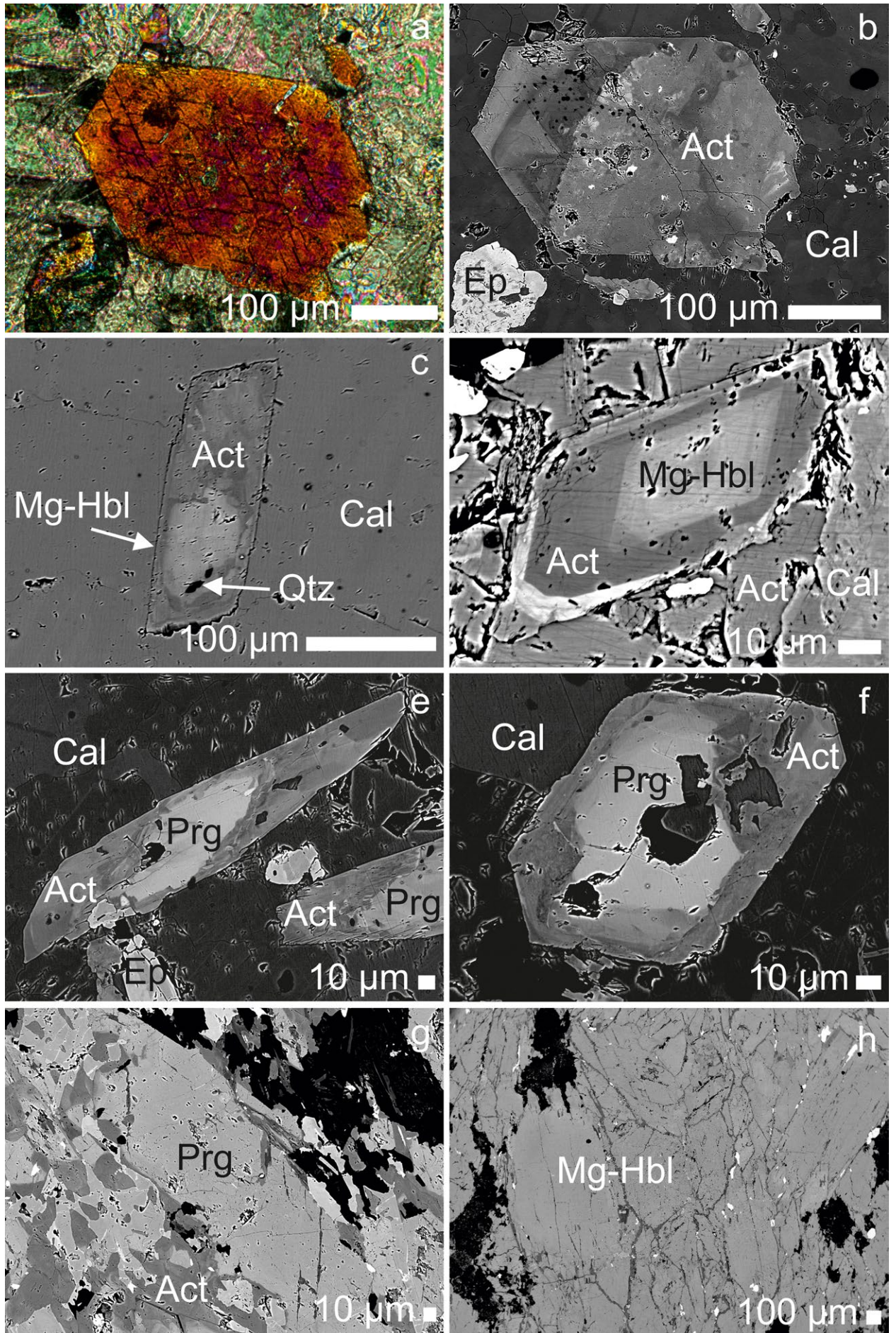


Obr. 3 Dva typy mramorov z kameňolomu v Nižnom Klátove: a) s čiernymi fragmentmi amfibolitov; b) s bielymi porfyroblastami živcov. Foto P. Ružička, 2016.



Obr. 4 Vyjadrenie variabilného zloženia analyzovaných fáz v klasifikačných diagramoch Ca-Fe-Mg amfibolov podľa: a) Leake et al. (1997); b) Hawthorne et al. (2012).

Obr. 5 Štruktúrne detaily amfibolov: aktinolity pozorované v skrížených nikoloch polarizačného mikroskopu (a) s viditeľnými uhlami štiepných trhlín a v režime BSE s difúznymi prejavmi zonálnosti (b). Magnezio-hornblend a pargasit je v mramoroch zachovaný vo forme reliktných jadier (c, d, e, f), ktoré sú postupne vyplňané novotvoreným aktinolitom. BSE zobrazenie pargasitu prítomného v amfibolitovom fragmente, ktorý je súčasťou mramorov (g) a ukážka magnezio-hornblendu v zložení amfibolitov (h). Mikrofoto P. Ružička, BSE foto T. Mikuš. →



Tabuľka 2 Reprezentatívne mikrosondové analýzy svetlej zóny aktinolit v mramoroch (hm. %)

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	55.50	54.05	54.67	54.84	54.10	55.51	53.27	55.65
TiO ₂	0.01	0	0	0	0.02	0	0	0.05
Al ₂ O ₃	1.05	0.37	0.40	0.60	0.62	0.56	0.65	0.39
Fe ₂ O ₃	0	0	0	0.29	0	0	0	0
FeO	14.30	16.36	13.99	14.31	15.91	14.00	16.70	13.42
MnO	0.12	0.15	0.12	0.31	0.37	0.11	0.38	0.13
MgO	14.59	13.24	15.06	14.47	13.29	15.15	12.97	15.30
CaO	12.65	12.98	12.96	12.47	12.35	12.85	12.60	13.06
Na ₂ O	0.33	0.10	0.07	0.22	0.22	0.16	0.32	0.07
K ₂ O	0.08	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0
H ₂ O*	1.81	1.76	1.79	1.79	1.76	1.81	1.75	1.80
Suma	100.44	99.02	99.07	99.32	98.66	100.19	98.68	99.87
Si ⁴⁺	7.968	7.983	7.950	7.960	7.968	7.969	7.900	8.012
Al ³⁺	0.032	0.017	0.050	0.040	0.032	0.031	0.100	0
T-suma	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.012
Ti ⁴⁺	0.001	0	0	0	0.002	0	0	0.006
Al ³⁺	0.146	0.046	0.019	0.063	0.076	0.064	0.013	0.067
Fe ³⁺	0	0	0	0.032	0	0	0	0
Mg ²⁺	3.122	2.914	3.265	3.130	2.917	3.242	2.868	3.284
Mn ²⁺	0.014	0.019	0.015	0.038	0.046	0.014	0.048	0.016
Fe ²⁺	1.717	2.020	1.701	1.737	1.959	1.680	2.071	1.615
C-suma	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	4.988
Ca ²⁺	1.946	2.000	2.000	1.940	1.949	1.976	2.000	2.000
Na ⁺	0.054	0	0	0.060	0.051	0.024	0	0
B-suma	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Ca ²⁺	0	0.055	0.019	0	0	0	0.002	0.015
Na ⁺	0.037	0.029	0.020	0.003	0.012	0.021	0.092	0.018
K ⁺	0.014	0.002	0.003	0.003	0.003	0.006	0.007	0
A-suma	0.051	0.086	0.041	0.006	0.015	0.027	0.101	0.033
OH ⁻	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

 Prepočet na 13 kationov, symbol * vyjadruje dopočítanie H₂O pre OH⁻ na 2 apfu

Tabuľka 1 Reprezentatívne mikrosondové analýzy tmavej zóny aktinolit v mramoroch (hm. %)

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	56.33	55.77	56.03	53.94	56.20	56.69	56.35	56.36
TiO ₂	0.03	0	0	0.03	0	0.07	0.01	0.03
Al ₂ O ₃	0.47	0.20	0.61	1.46	0.21	0.15	0.69	0.47
Fe ₂ O ₃	0	0	0	0	0.26	0	0	0.39
FeO	10.67	12.66	11.44	14.48	9.61	9.06	10.88	9.91
MnO	0.14	0.08	0.24	0.11	0.09	0.15	0.15	0.12
MgO	17.31	15.55	16.31	14.27	18.13	18.51	16.99	17.60
CaO	12.79	12.66	12.28	12.51	13.14	13.24	12.94	12.69
Na ₂ O	0.35	0.22	0.49	0.32	0.11	0.05	0.26	0.27
K ₂ O	0.05	0.02	0.05	0.09	0.01	0	0	0
H ₂ O*	1.83	1.80	1.82	1.78	1.83	1.84	1.83	1.84
Suma	99.98	98.95	99.26	99.00	99.59	99.76	100.09	99.67
Si ⁴⁺	7.980	8.069	8.020	7.865	7.960	7.992	7.988	7.976
Al ³⁺	0.020	0	0	0.135	0.040	0.008	0.012	0.024
T-suma	8.000	8.069	8.020	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Ti ⁴⁺	0.003	0	0	0.003	0	0.008	0.001	0.004
Al ³⁺	0.059	0.034	0.103	0.116	0	0.017	0.102	0.054
Fe ³⁺	0	0	0	0	0.028	0	0	0.042
Mg ²⁺	3.657	3.355	3.479	3.102	3.829	3.889	3.590	3.713
Mn ²⁺	0.017	0.010	0.029	0.013	0.005	0.018	0.017	0.015
Fe ²⁺	1.265	1.532	1.369	1.766	1.138	1.068	1.290	1.173
C-suma	5.000	4.931	4.980	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Ca ²⁺	1.941	1.963	1.884	1.955	1.994	2.000	1.965	1.924
Na ⁺	0.059	0.037	0.116	0.045	0.001	0	0.035	0.073
B-suma	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	1.997
Ca ²⁺	0	0	0	0	0	0	0	0
Na ⁺	0.038	0.024	0.021	0.044	0.028	0.012	0.037	0
K ⁺	0.009	0.003	0.010	0.016	0.001	0	0	0
A-suma	0.048	0.027	0.030	0.061	0.029	0.012	0.037	0
OH ⁻	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

 Prepočet na 13 kationov, symbol * vyjadruje dopočítanie H₂O pre OH⁻ na 2 apfu.

Tabuľka 3 Reprezentatívne mikrosondové analýzy magnezio-hornblendu, pargasitu a ferri-tschermakitu v mirmoroch (hm. %)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Mg-Hbl								
SiO ₂	47.05	45.93	48.85	41.13	40.52	41.62	40.91	41.61	41.98
TiO ₂	0.27	0.36	0.07	1.40	0.76	0.65	0.77	0.62	0.65
Al ₂ O ₃	8.40	10.10	6.77	12.76	12.77	12.60	12.42	12.37	12.17
Fe ₂ O ₃	3.41	2.76	2.52	2.68	3.39	1.64	3.43	3.70	2.00
FeO	11.64	9.70	10.20	15.84	13.47	14.44	14.29	12.84	13.45
MnO	0.11	0.10	0.03	0.07	0.03	0.07	0	0.05	0.04
MgO	12.84	12.90	14.00	8.86	9.60	9.20	8.57	9.56	9.74
CaO	12.30	12.80	12.16	11.82	11.70	11.92	11.51	11.70	11.88
Na ₂ O	1.37	0.87	0.63	1.54	0.85	0.86	0.81	0.84	0.79
K ₂ O	0.81	0.65	0.40	1.82	1.52	1.40	1.51	1.36	1.29
H ₂ O*	1.77	1.75	1.76	1.71	1.67	1.68	1.67	1.69	1.68
Suma	99.70	97.21	97.22	99.27	95.74	96.08	95.89	96.33	95.66
Si ⁴⁺	6.897	6.815	7.212	6.255	6.309	6.438	6.374	6.405	6.488
Al ³⁺	1.103	1.185	0.788	1.745	1.691	1.562	1.626	1.595	1.512
T-suma	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Ti ⁴⁺	0.030	0.040	0.008	0.119	0.089	0.076	0.090	0.071	0.075
Al ³⁺	0.348	0.581	0.390	0.542	0.653	0.735	0.655	0.649	0.705
Fe ³⁺	0.376	0.309	0.280	0.307	0.397	0.191	0.402	0.428	0.233
Mg ²⁺	2.806	2.854	3.081	2.009	2.103	2.121	1.991	2.193	2.245
Mn ²⁺	0.014	0.013	0.004	0.009	0.004	0.009	0	0.006	0.005
Fe ²⁺	1.427	1.204	1.237	2.015	1.754	1.868	1.862	1.653	1.738
C-suma	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Ca ²⁺	1.889	1.921	1.923	1.926	1.952	1.975	1.922	1.930	1.968
Na ⁺	0.111	0.079	0.077	0.074	0.048	0.025	0.078	0.070	0.032
B-suma	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Na ⁺	0.279	0.171	0.104	0.380	0.209	0.233	0.166	0.179	0.203
K ⁺	0.151	0.123	0.075	0.353	0.302	0.276	0.300	0.268	0.253
A-suma	0.430	0.294	0.179	0.733	0.511	0.510	0.466	0.447	0.456
OH ⁻	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

Prepočet na 13 katiónov. Symbol * vyjadruje dopočítanie H₂O pre OH⁻ na 2 apfu.**Tabuľka 4** Reprezentatívne mikrosondové analýzy magnezio-hornblendu, pargasitu a ferri-tschermakitu v okolítom amfibolite a v amfibolitom fragmente, ktorý je súčasťou mirmorov (hm. %)

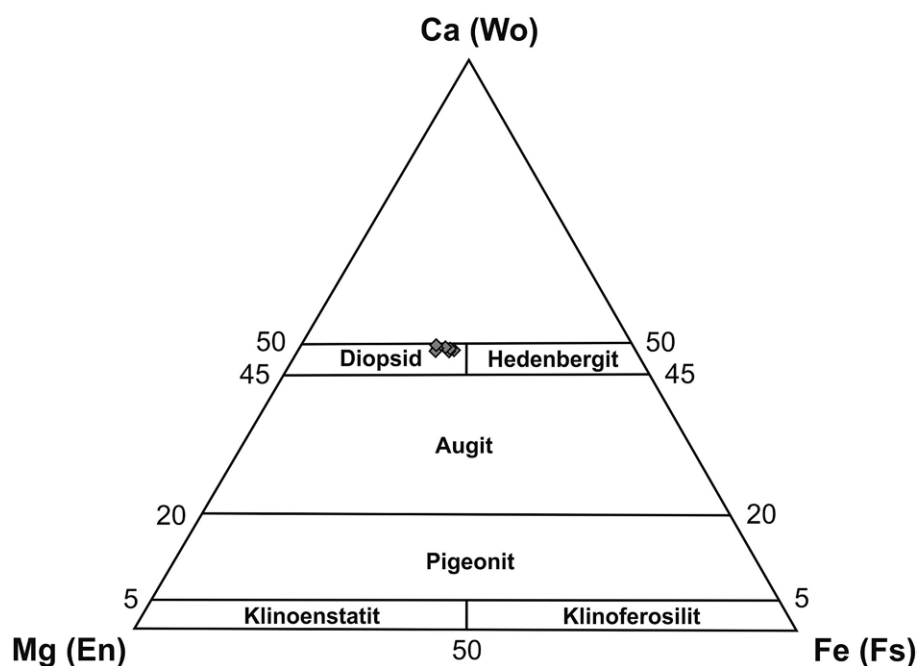
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Mg-Hbl								
SiO ₂	44.68	45.13	45.42	43.27	43.45	43.03	41.24	43.53	41.11
TiO ₂	1.24	0.94	1.80	1.63	1.90	1.00	1.51	1.36	1.56
Al ₂ O ₃	9.81	9.91	9.68	12.53	13.70	13.41	12.86	12.48	13.13
Fe ₂ O ₃	5.23	5.15	3.42	1.00	1.54	1.74	3.15	1.89	2.60
FeO	10.38	11.11	11.56	11.86	11.71	11.70	15.40	10.96	15.13
MnO	0.30	0.23	0.15	0.22	0.21	0.04	0.14	0.25	0.23
MgO	11.37	11.27	11.46	11.84	11.62	11.66	8.55	11.68	8.48
CaO	11.24	11.40	11.40	12.14	12.19	12.21	11.90	12.30	11.84
Na ₂ O	1.50	1.59	1.54	2.20	1.92	2.60	1.70	1.20	1.40
K ₂ O	0.10	0.12	0.08	0.46	0.51	0.54	1.14	0.52	1.15
H ₂ O*	1.74	1.75	1.74	1.75	1.76	1.76	1.71	1.75	1.69
Suma	97.59	98.61	97.53	98.73	99.06	99.16	98.29	97.91	97.42
Si ⁴⁺	6.677	6.691	6.780	6.409	6.410	6.350	6.282	6.469	6.303
Al ³⁺	1.323	1.309	1.220	1.591	1.590	1.650	1.718	1.531	1.697
T-suma	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Ti ⁴⁺	0.139	0.105	0.122	0.182	0.121	0.111	0.173	0.152	0.179
Al ³⁺	0.405	0.423	0.484	0.597	0.681	0.682	0.591	0.656	0.675
Fe ³⁺	0.588	0.575	0.384	0.112	0.171	0.193	0.361	0.211	0.238
Mg ²⁺	2.532	2.491	2.550	2.614	2.555	2.565	1.941	2.587	1.939
Mn ²⁺	0.038	0.029	0.018	0.027	0.026	0.005	0.018	0.031	0.029
Fe ²⁺	1.297	1.378	1.443	1.468	1.445	1.444	1.917	1.363	1.940
C-suma	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Ca ²⁺	1.799	1.811	1.823	1.926	1.926	1.930	1.942	1.958	1.945
Na ⁺	0.201	0.189	0.177	0.074	0.074	0.070	0.058	0.042	0.055
B-suma	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Na ⁺	0.234	0.268	0.270	0.505	0.474	0.520	0.257	0.304	0.255
K ⁺	0.018	0.023	0.016	0.088	0.096	0.102	0.221	0.098	0.226
A-suma	0.252	0.291	0.285	0.593	0.570	0.623	0.479	0.402	0.481
OH ⁻	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

1 - 3 amfibolit; 4 - 9 amfibolitový fragment. Prepočet na 13 katiónov. Symbol * vyjadruje dopočítanie H₂O pre OH⁻ na 2 apfu.

Tabuľka 5 Reprezentatívne mikrosondové analýzy diopsidu v mramoroch (hm. %)

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	51.81	51.62	51.95	51.98	52.12	52.02	51.54	51.38
TiO ₂	0.05	0.06	0.04	0.04	0.08	0.11	0	0.11
Al ₂ O ₃	0.79	0.73	1.02	0.85	0.87	0.96	0.92	0.99
Cr ₂ O ₃	0.01	0.01	0	0.02	0.05	0	0	0
Fe ₂ O ₃	1.16	1.08	1.23	1.09	0.48	0.47	1.14	0.74
FeO	11.88	11.73	11.83	11.92	13.36	13.23	12.54	13.35
MnO	0.42	0.45	0.39	0.31	0.46	0.43	0.43	0.39
MgO	9.72	9.77	9.78	9.81	9.27	9.29	9.23	8.91
CaO	24.08	24.01	23.77	23.99	23.72	23.62	23.70	23.55
Na ₂ O	0.33	0.30	0.44	0.37	0.36	0.39	0.40	0.37
K ₂ O	0	0	0.01	0	0	0	0	0
Suma	100.23	99.76	100.46	100.39	100.75	100.54	99.90	99.79
Si ⁴⁺	1.976	1.978	1.974	1.978	1.984	1.983	1.978	1.978
Al ³⁺	0.024	0.022	0.026	0.022	0.016	0.017	0.022	0.022
Suma	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Ti ⁴⁺	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.003	0	0.003
Al ³⁺	0.012	0.010	0.020	0.016	0.023	0.026	0.019	0.023
Fe ³⁺	0.033	0.031	0.035	0.031	0.014	0.013	0.033	0.021
Cr ³⁺	0	0	0	0.001	0.001	0	0	0
Mg ²⁺	0.553	0.558	0.554	0.556	0.526	0.528	0.528	0.511
Fe ²⁺	0.379	0.376	0.376	0.379	0.425	0.422	0.403	0.430
Mn ²⁺	0.013	0.015	0.013	0.010	0.008	0.007	0.014	0.012
Suma	0.992	0.992	0.999	0.995	1.000	1.000	0.996	1.000
Mn ²⁺	0	0	0	0	0.006	0.006	0	0.001
Ca ²⁺	0.984	0.986	0.968	0.978	0.967	0.965	0.974	0.971
Na ⁺	0.024	0.022	0.032	0.028	0.026	0.029	0.030	0.028
K ⁺	0	0	0	0	0	0	0	0
Suma	1.008	1.008	1.001	1.005	1.000	1.000	1.004	1.000
mol. % Wo	48.93	49.08	48.06	48.57	48.31	48.12	48.47	48.29
En	28.13	28.39	28.21	28.25	26.65	26.73	26.87	25.94
Fs	19.28	19.12	19.15	19.25	21.54	21.35	20.50	21.81
Ae	1.19	1.10	1.43	1.26	0.70	0.69	1.33	0.92
Jd	1.27	1.17	1.86	1.54	1.98	2.23	1.68	1.91
Ca-Ts	1.07	0.98	1.17	1.01	0.59	0.54	1.15	0.82
Ti-Ts	0.07	0.08	0.06	0.06	0.11	0.16	0	0.15
Mg-Ts	0.07	0.08	0.06	0.06	0.11	0.16	0	0.15

Prepočet na 4 katióny.



Obr. 6 Klasifikačný diagram Ca-Mg-Fe klinopyroxénov (Morimoto et al. 1988) s vynesými analytickými údajmi.

-hornblend, pargasit, feri-tschermakit a aktinolit (tab. 1, 2, 3). V minerálnom zložení amfibolitu dominuje magnezio-hornblend a v amfibolitovom fragmente prevláda pargasit a feri-tschermakit (tab. 4). Aktinolit (tab. 1, 2; obr. 4, 5) má pomer $Mg/(Mg+Fe)$ (X_{Mg}) v intervale 0.55 - 0.85. Zonálnosť aktinolitu je chemicky vyjadrená tým, že v tmavej zóne stúpajú obsahy Mg^{2+} (od 3.102 do 3.889 *apfu*) a klesajú obsahy Fe^{2+} (od 1.068 do 1.766 *apfu*) a naopak v svetlej zóne klesajú obsahy Mg^{2+} (od 2.868 do 3.284 *apfu*) a stúpajú obsahy Fe^{2+} (od 1.615 do 2.071 *apfu*). So znižujúcim sa obsahom Si v dôsledku tschermakitovej substitúcie prechádzajú amfiboly zložením z magnezio-hornblendu do pargasitu až tschermakitu (tab. 3, 4; obr. 4, 5). Tschermakitové amfiboly majú nižší obsah Al, takže pri predpoklade, že obsah Fe^{3+} vypočítaný z mikrosondových analýz je minimálny a jeho reálny obsah je vyšší, tieto amfiboly majú skôr zloženie feri-tschermakitu. So stúpajúcim pomerom tschermakitovej molekuly klesá pomer X_{Mg} až k hodnote 0.50.

Predpokladáme, že magnezio-hornblend, pargasit a feri-tschermakit tvoria súčasť prográdneho režimu metamorfózy karbonátov. Aktinolit je spolu s minerálmi epidotovej superskupiny súčasťou retrográdnej etapy metamorfózy karbonátov. Aktinolit často obrastá prográdne fázy ako diopsid, magnezio-hornblend, pargasit a feri-tschermakit. V tomto prípade bývajú často zachované len pôvodné reliktu jadier a zvyškový habitus kryštálov, prípadne okrajové časti vyplňa novotvorený aktinolit. Amfiboly sú súčasťou kalcitovej matrix mramorov, v ktorej sú náhodne prítomné (voľne rozptýlené) a izolované od ostatných fáz, čiže s ďalšími fázami netvoria agregáty.

Klinopyroxény

V mramoroch boli identifikované v rámci minerálnej asociácie klinopyroxény, ktoré majú zloženie vysoko železnateho diopsidu až hedenbergitu (tab. 5; obr. 6, 7) s pomerom X_{Mg} od 0.54 do 0.60. Nízke zastúpenie do 2 % má egirínová a jadeitová molekula obsahujúce Na do 0.03 *apfu*.

Predpokladáme, že diopsid tvorí spolu s magnezio-hornblendom, pargasitom a feri-tschermakitom súčasť prográdneho metamorfného režimu vzniku mramorov. Vznik diopsidu pravdepodobne súvisí s dehydratačným procesom čiastočného rozkladu magnezio-hornblendu prípadne pargasitu vo vysokoteplotnom režime metamorfózy.

Titanit

V mramoroch bola potvrdená prítomnosť titanitu, ktorý tvorí samostatné kryštály s izometrickými tvarmi a neobsahuje inklúzie iných minerálov. Zložením je blízky koncovému členu bez výraznejšej substitúcie, obsah Al je maximálne 0.07 *apfu*, Fe^{3+} je pod 0.02 *apfu* (tab. 6; obr. 7g, h).

Živce

V mramoroch bol identifikovaný K-živec zastúpený dominantne ortoklasom a albitom (tab. 7, 8; obr. 8, 9). V oboch prípadoch ide o zloženia blízke koncovým členom s minimálnou substitúciou iných katiónov. V ortoklase je maximálne 0.05 *apfu* Na, v albite je obsah Ca a K spolu pod 0.01 *apfu*. V živcoch boli pozorované rôzne formy prerastania medzi albitom a ortoklasom. Dekompozičným rozkladom pôvodných plagioklasov vznikol albit a minerály epidotovej superskupiny.

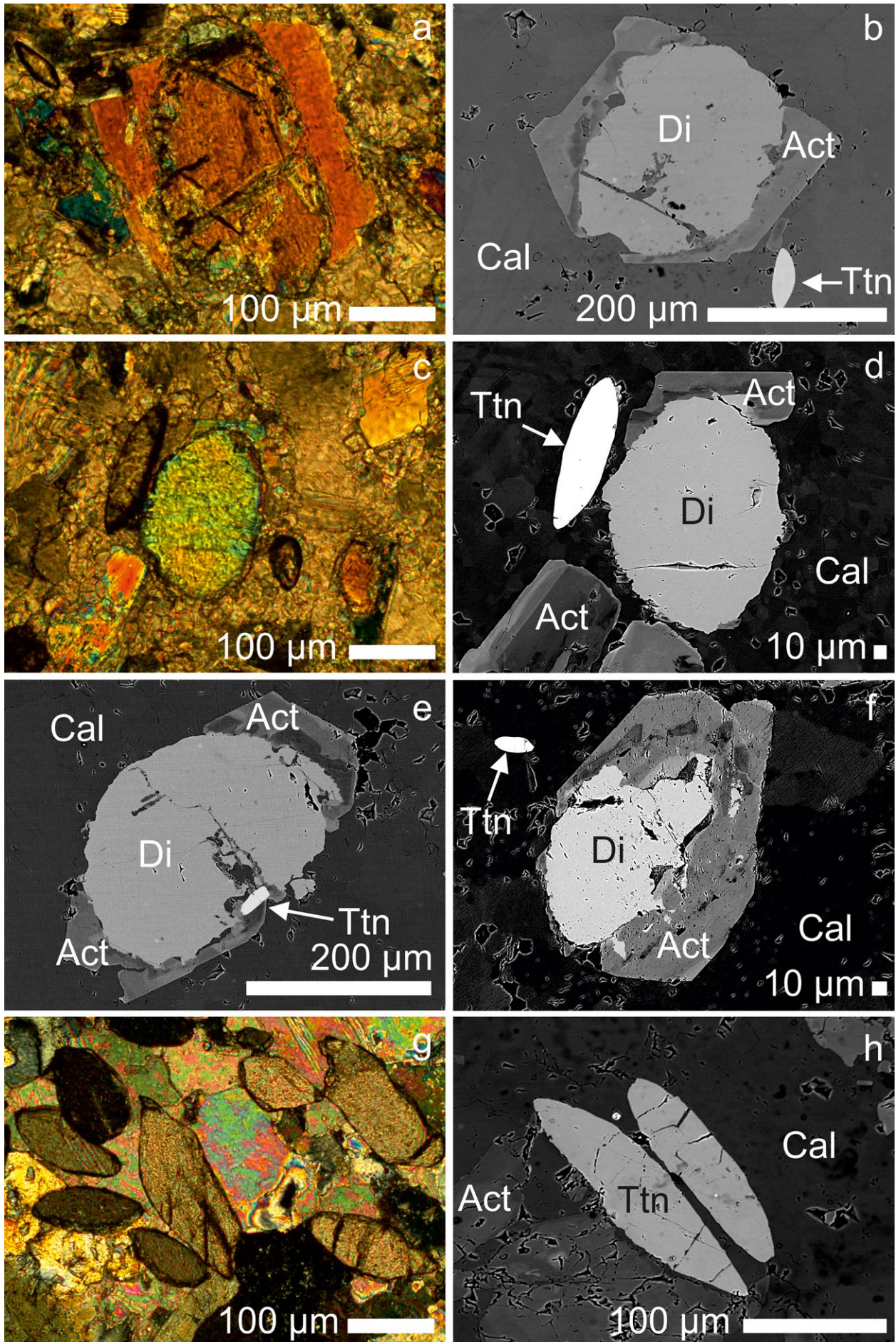
Minerály epidotovej superskupiny

Na základe mikrosondových analýz sa dajú minerály epidotovej superskupiny rozdeliť na dva kompozičné trendy. Prvý trend predstavuje epidot-klinozoisit a v rámci jeho sa dajú rozlíšiť tri skupiny: 1. Epidoty s obsahom Fe^{3+} 0.80 - 0.95 *apfu*; 2. Epidoty až klinozoisity s obsahom Fe^{3+} 0.47 - 0.63 *apfu*; 3. Klinozoisity s Fe^{3+} pod 0.03 *apfu* (tab. 9, 10, 12; obr. 10, 11). Druhý trend je tvorený epidotom obohateným o REE s obsahom 0.40 *apfu* (tab. 11; obr. 10). V mramoroch boli identifikované chemicky zonálne epidoty. V tmavej zóne je vyšší obsah Al^{3+} (0.363 - 0.604 *apfu*) a nižší obsah Fe^{3+} (0.382 - 0.633 *apfu*). V svetlej zóne je vyšší obsah Fe^{3+} (0.802 - 0.952 *apfu*) a nižší obsah Al^{3+} (0.011 - 0.175 *apfu*).

Tabuľka 6 Reprezentatívne mikrosondové analýzy titanitu v mramoroch (hm. %)

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	31.00	30.69	30.78	30.25	30.69	30.65	30.69	30.55
TiO ₂	37.13	37.29	37.05	37.91	37.62	37.38	36.95	37.37
Al ₂ O ₃	1.56	1.56	1.62	1.01	1.65	1.77	1.60	1.52
Fe ₂ O ₃	0.60	0.67	0.53	0.77	0.67	0.50	0.48	0.73
CaO	28.91	28.66	28.54	28.72	28.41	28.71	28.82	28.28
Suma	99.21	98.87	98.52	98.66	99.04	99.01	98.54	98.46
Si ⁴⁺	1.009	1.003	1.009	0.994	1.002	0.999	1.005	1.004
Al ³⁺	0	0	0	0.006	0	0.001	0	0
Suma	1.009	1.003	1.009	1.000	1.002	1.000	1.005	1.004
Ti ⁴⁺	0.909	0.917	0.913	0.937	0.924	0.917	0.910	0.924
Al ³⁺	0.060	0.060	0.063	0.033	0.063	0.068	0.062	0.059
Fe ³⁺	0.015	0.016	0.013	0.019	0.012	0.012	0.012	0.017
Suma	0.983	0.993	0.989	0.989	1.000	0.997	0.984	1.000
Fe ³⁺	0	0	0	0	0.004	0	0	0.001
Ca ²⁺	1.008	1.004	1.002	1.011	0.994	1.003	1.011	0.995
Suma	1.008	1.004	1.002	1.011	0.998	1.003	1.011	0.996

Prepočet na 3 katióny.



Obr. 7 Diopsid v mramoroch pozorovaný v skrížených nikoloch polarizačného mikroskopu (a, c) a v režime BSE (b, d, e, f). Diopsid má prevažne oválne tvary porfyroblastov a býva obrastaný resp. čiastočne lemovaný mladším, retrográdne vznikajúcim difúzne zonálnym aktinolitom. Diopsid je chemicky homogénny bez prítomnosti rozpadových štruktúr, pričom len lokálne obsahuje inklúzie titanitu. Ukážky titanitových kryštálov v mramoroch pozorované v skrížených nikoloch polarizačného mikroskopu (g) a v BSE (h). Mikrofoto P. Ružička, BSE foto T. Mikuš.

←

Epidot a klinozoisit vznikajú ako produkty rozpadu pôvodných plagioklasov, čo dokumentujú prítomné koronárne štruktúry (obr. 11). Klinozoisit tvorí chaotické jemnozrnné agregáty po rozpade živcov alebo sa prerastá s epidotom. Spôsob rozpadu živcov je rôzny, ako aj hrúbka vznikajúcich epidotových korón. Niektoré vonkajšie časti epidotových korón sú zvýraznené tenkým svetlým lemom, v ktorom je zvýšená koncentrácia vybraných REE. Epidotové koróny sú často zonálne a niektoré nadobúdajú postupne až symplektitový charakter. Symplektitové prerastanie kremeňa s epidotom je dôsledkom naviazania sa zvyškového Si, ktorý sa uvoľňuje zo štruktúry rozpadajúceho sa živca (obr. 11e, f). Proces tvorby zonálnych epidotových korón končí takmer úplnou konzumáciou respektíve rozkladom živcov. So zvyšujúcou sa intenzitou rozpadu nadobúdajú živcové porfyroblasty pozorované v polarizačnom mikroskope zakalený vzhľad (obr. 11g).

Kalcit

V mramoroch kalcit tvorí súčasť matrix. Prítomnosť dolomitu nebola potvrdená. Analyzované kalcity sú chemicky čisté, obsahy Fe, Mn a Mg dosahujú minimálne hodnoty (tab. 13).

Diskusia

Klátovský rulovo-amfibolitový komplex predstavuje tektonicky rozsegmentovaný, čiastočne migmatitizovaný staropaleozoický fragment s polyštádiálnym vývojom metamorfózy, tvoriaci nesúvislé povrchové výskyty situované do súčasnej alpínskej príkrovovej stavby Západných Karpát. Rôznorodosť interpretačných názorov na metamorfny vývoj klátovského komplexu vychádza z nejednotnosti v chápaní geologickej stavby a v nesúlade stanovenia tlakového charakteru metamorfózy. Kým Faryad (1990, 1995) uvádza strednotlakové podmienky, tak Radvanec (1992, 1994a,b) sa prikláňa k nízkotlakovým podmienkam metamorfózy. Problém súvisí s aplikovaním rôznych geotermobarometrických kritérií hodnotenia minerálnych asoci-

Tabuľka 7 Reprezentatívne mikrosondové analýzy ortoklasu v mramoroch (hm. %)

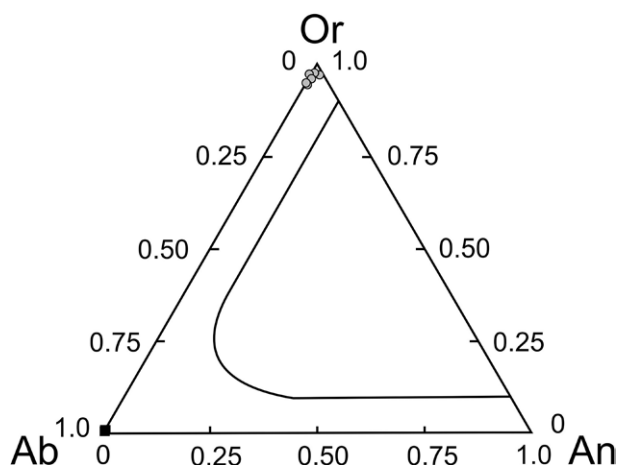
	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	63.74	64.40	63.81	64.45	64.23	64.10	64.79	64.51
Al ₂ O ₃	18.88	19.40	18.62	18.90	19.07	18.96	18.71	18.56
CaO	0.01	0.05	0.06	0.10	0.19	0.19	0.02	0.40
Na ₂ O	0.32	0.54	0.57	0.56	0.20	0.36	0.33	0.12
K ₂ O	16.27	16.20	16.13	16.02	16.50	16.25	16.28	16.58
Suma	99.23	100.60	99.19	100.04	100.19	99.86	100.14	100.17
Si ⁴⁺	2.968	2.953	2.968	2.974	2.964	2.966	2.992	2.981
Al ³⁺	1.036	1.048	1.021	1.028	1.037	1.034	1.018	1.011
Ca ²⁺	0.001	0.003	0.003	0.005	0.010	0.009	0.001	0.020
Na ⁺	0.029	0.048	0.051	0.050	0.018	0.032	0.030	0.011
K ⁺	0.967	0.948	0.957	0.943	0.971	0.959	0.959	0.977
Suma	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000

Prepočet na 5 katiónov.

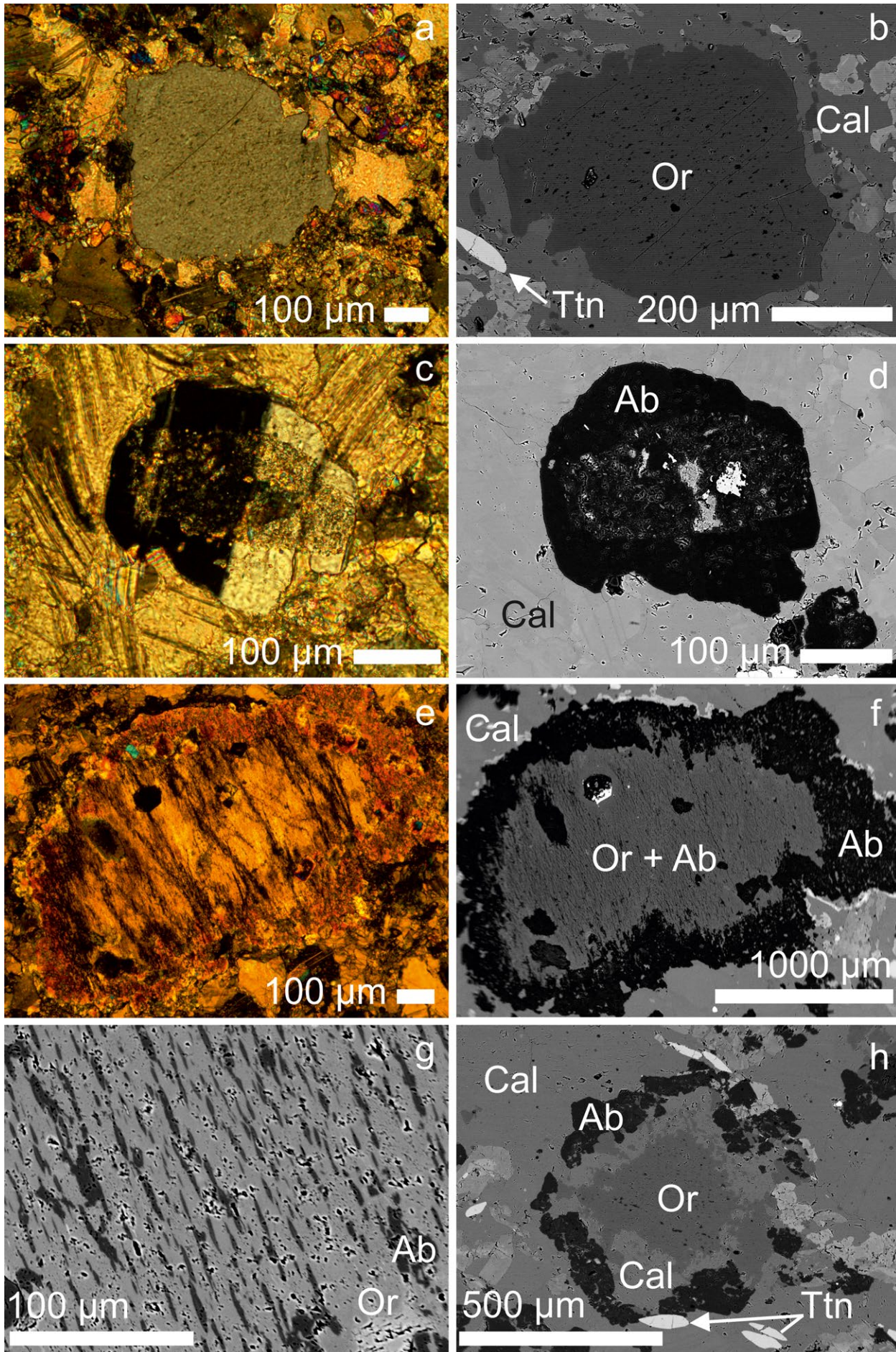
Tabuľka 8 Reprezentatívne mikrosondové analýzy albitu v mramoroch (hm. %)

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	69.04	68.57	68.39	68.58	67.97	68.75	69.09	69.11
Al ₂ O ₃	19.80	19.87	19.53	19.43	19.52	19.85	19.64	19.96
CaO	0.07	0.10	0.12	0.14	0.07	0.09	0.05	0.04
Na ₂ O	11.51	11.62	11.74	11.70	11.51	11.31	11.14	11.46
K ₂ O	0.07	0.05	0.07	0.06	0.05	0.08	0.06	0.08
Suma	100.49	100.21	99.84	99.91	99.12	100.08	99.98	100.64
Si ⁴⁺	3.005	2.989	2.989	2.998	2.996	3.008	3.031	3.005
Al ³⁺	1.016	1.021	1.006	1.001	1.014	1.024	1.015	1.023
Ca ²⁺	0.003	0.004	0.005	0.007	0.003	0.004	0.002	0.002
Na ⁺	0.971	0.982	0.995	0.991	0.984	0.959	0.948	0.966
K ⁺	0.004	0.003	0.004	0.003	0.003	0.005	0.003	0.004
Suma	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000

Prepočet na 5 katiónov.



Obr. 8 Klasifikačný diagram živcov (Deer et al. 2001) s vynesými údajmi z analyzovaných mramorov.



Obr. 9 Živce v mramoroch zobrazené v skrížených nikoloch polarizačného mikroskopu (a, c, e) a v režime BSE (b, d, f, g, h). Porfyrblasty ortoklasu obsahujú inklúzie albitu (a, b). Začiatkový proces rozpadu živcov je pomerne nenápadný (c, d). Korónarne štruktúry tvorí albitový lem s pertitizovaným jadrom, kde sa prerastá ortoklas s albitom (e, f, g). Detail pertitizácie živcov, kde albitové odmiešaničky sú v ortoklase (g); ortoklasové jadro sa postupne resorbuje a zredukované miesto nahrádza kalcit obklopený albitovým lemom (h). Mikrofoto P. Ružička, BSE foto T. Mikuš.

←

ácií vo vzťahu k variským a alpínskym metamorfným udalostiam, pričom podľa vyjadrenia Faryada (1995) nie je jednoznačne stanovený stupeň a intenzita alpínskeho prepracovania staropaleozoického fundamentu.

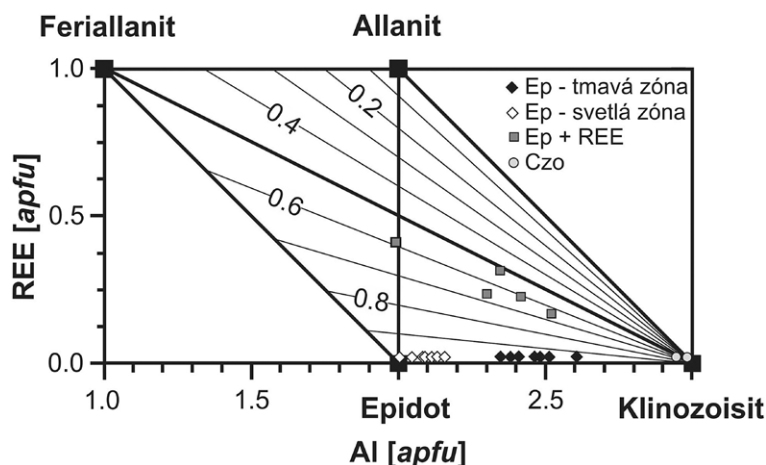
V minulosti boli mramorové polohy v amfibolitoch potvrdené na viacerých miestach v rámci klátovského komplexu. Pri Dobšinej ich spomínajú Vachtl a Stejskal (1934), Rozložník (1935), Rozložník (1965) a Spišiak et al. (1989). Mramory uprostred amfibolitov boli zachytené vrtní pri Košickej Belej aj v kameňolome pri Nižnom Klátove (Grecula et al. 1977; Dianiška, Grecula 1979; Varcholová et al. 1976, 1978). Staršie práce, ktoré sa vyjadrovali ku genéze mramorov v oblasti Dobšinej (Rozložník 1965; Spišiak et al. 1989) sa prikláňali k názoru, že mramory vznikali súčasne s amfibolmi pri metamorfóze vápniťého kalu obohateného bazaltovým vulkanoklastickým materiálom. Tieto tvrdenia podporujú aj dôkazy prítomnosti amfibolitových fragmentov (enklávy, brekie) v mramoroch, ktoré sa našli pri Dobšinej a v identickej forme sa vyskytujú aj v kameňolome pri Nižnom Klátove.

Spišiak et al. (1989) študovali sv. od Dobšinej mramory s fragmentmi amfibolitov na jz. svahu Martinky (1002 m n. m.). Prítomnosť fragmentov amfibolitov podmieňuje farebne nehomogénny, škvrito-brekiový charakter horniny. Amfibolitové fragmenty (enklávy) majú variabilnú veľkosť od mm do 10 až 20 cm. Spišiak et al. (1989) uvádzajú tri spôsoby vzniku amfibolitových fragmentov v mramoroch: 1. Pôvodné bazaltové vulkanoklasty boli deponované v prostredí vápniťého, nelitifikovaného kalu; 2. Pôvodné bazaltové vulkanoklasty prekonali transport pomocou bahnotokov, turbiditných prúdov alebo gravitačným sklzom, čo potvrdzuje prítomnosť netriedeného, veľkostne heterogénneho materiálu amfibolitových fragmentov; 3. Tektonická dislokácia amfibolitových fragmentov do mramorov. Nepravidelné zvrátenie farebne diferencovaných polôh mramorov v okolí väčších fragmentov amfibolitov indikuje deformáciu nelitifikovaného vápniťého kalu. Pri predpokladanom premiestnení (turbid-

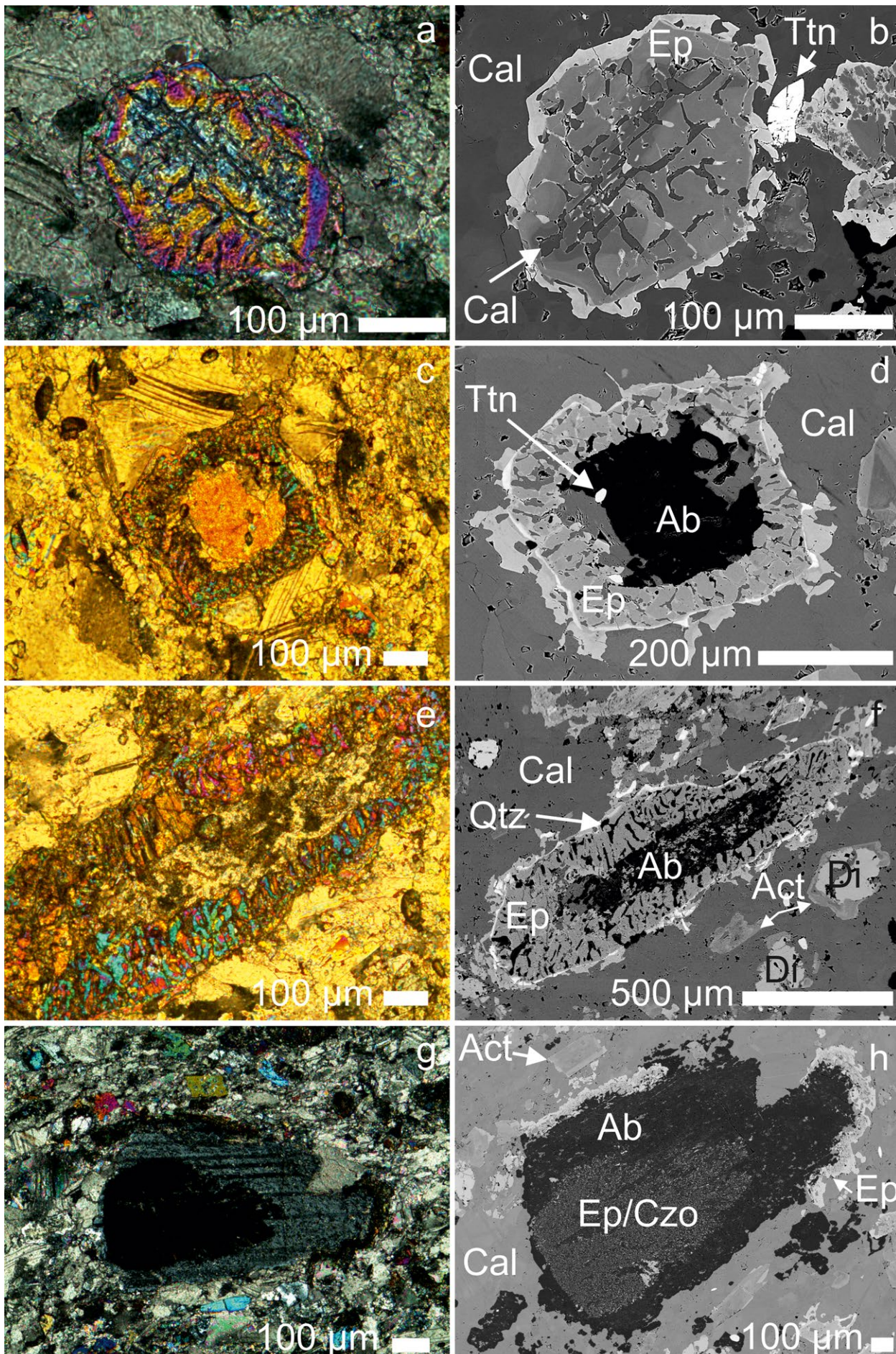
Tabuľka 9 Reprezentatívne mikrosondové analýzy tmavej zóny epidotu v mramoroch (hm. %)

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	38.99	38.31	38.42	38.82	38.67	38.49	38.74	38.85
TiO ₂	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.13	0.08	0.14
Al ₂ O ₃	25.97	25.62	26.22	28.61	27.45	27.01	27.20	27.33
Fe ₂ O ₃	9.31	10.78	9.90	6.56	8.07	9.12	9.08	8.61
FeO	0.71	0	0	0.21	0	0.25	0.18	0.39
MnO	0.00	0.05	0.02	0.01	0.02	0	0.04	0.06
CaO	23.86	24.04	24.05	24.02	24.15	23.80	23.96	23.92
H ₂ O*	1.93	1.92	1.92	1.94	1.93	1.93	1.94	1.94
Suma	100.77	100.75	100.56	100.20	100.32	100.73	101.23	101.23
Si ⁴⁺	3.035	2.992	2.996	3.003	3.003	2.990	2.993	2.999
Al ³⁺	0	0.008	0.004	0	0	0.010	0.007	0.001
ΣT	3.035	3.000	3.000	3.003	3.003	3.000	3.000	3.000
Mn ²⁺	0	0	0	0.001	0	0	0.003	0.004
Fe ²⁺	0.046	0	0	0.013	0	0.016	0.011	0.025
Fe ³⁺	0.545	0.633	0.581	0.382	0.472	0.533	0.528	0.500
Mn ³⁺	0	0.003	0.001	0	0.001	0	0	0
Al ³⁺	0.409	0.363	0.418	0.604	0.527	0.450	0.458	0.471
ΣM3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Al ³⁺	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
ΣM2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Al ³⁺	0.974	0.986	0.988	1.004	0.986	1.012	1.012	1.014
Ti ⁴⁺	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.007	0.005	0.008
ΣM1	0.975	0.988	0.990	1.006	0.987	1.019	1.017	1.022
Ca ²⁺	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
ΣA1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Ca ²⁺	0.990	1.012	1.010	0.991	1.009	0.981	0.983	0.978
ΣA2	0.990	1.012	1.010	0.991	1.009	0.981	0.983	0.978

Prepočet na 8 katiónov. Symbol * vyjadruje dopočítanie H₂O pre OH = 1 apfu.



Obr. 10 Vynesené analytické body v klasifikačnom diagram Al vs. REE minerálov epidotovej superskupiny (Petřík et al. 1995).



Obr. 11 Epidotové koróny ako prejav rozpadu živcov v mramoroch pozorované v skrížených nikoloch polarizačného mikroskopu (a, c, e, g) a v režime BSE (b, d, f, h). Vo výrazne zonálnom epidote sa symplektitovo prerastá kalcit (a, b). Proces rozpadu živcov prebieha navonok živcového porfyroblastu prevažne albitového zloženia vo forme vzniku epidotovej koróny aj vo vnútri tvorbou jemnozrnného epidotovo-kliinozositového agregátu (c, d, e, f, g, h). Mikrofoto P. Ružička, BSE foto T. Mikuš.

←

ditné prúdy?) nastalo zvrátenie textúrnej kresby. Vápny kal bol metamorfovaný spolu s prítomnými vulkanoklastami bazaltov za vzniku klinopyroxénu, amfibolov, minerálov epidotovej superskupiny v mramoroch; pričom kontinuálne vznikali amfibol a plagioklas vo fragmentoch amfibolitov v podmienkach amfibolitovej fácie.

Skúmané mramory tvoria integrálnu súčasť amfibolitov. Vo vzťahu ku genéze nevylučuje v rámci metamorfózy aj podiel pôsobenia metasomatózy, na základe preukázateľných dôkazov minerálnych asociácií a mikroštruktúrneho záznamu. V širšom kontexte dostupné literárne zdroje z minulosti potvrdzujú metasomatické účinky pôsobiace na klátovský rulovo-amfibolitový komplex. Príkladom sú práce Mandákovéj et al. (1971), Popreňáka et al. (1973), Dianišku a Greculu (1979) a Ivana (1985). Migmatitizácia klátovského komplexu bola pravdepodobne spojená s iniciáciou metasomatických procesov, ktoré boli podporené tektonickou aktivitou na strižných zónach.

V prográdnom štádiu metamorfózy karbonátov vznikol diopsidu dehydratáciou z magnezio-hornblendu a čiastočne pargasitu v rámci hornej hraniče amfibolitovej fácie, pričom zároveň prebiehala selektívna albitizácia plagioklasov, ktorá sa prejavila vznikom oftalmických textúr s oválnymi porfyroblastami (okami, šošovkami) albitu. Následne v dekompresnej fáze vznikali epidotovo-kremenné symplektity, koronárne lemy epidotu okolo živcov a prebiehala pertitizácia vo forme zatlačania ortoklasu albitom. Vznik symplektitov je prejavom rozpadu pevnej fázy. V retrográdnom štádiu metamorfózy vznikali aktinolit na okrajoch diopsidu a prebiehala topotaktická premena magnezio-hornblendu, pargasitu a feri-tschermakitu na aktinolit vo fáci zelených bridlíc.

Diopsid spolu s reliktnými magnezio-hornblendu, pargasitu a feri-tschermakitu predstavujú prográdne vysokostupňové silikátové fázy v mramoroch. Postupne resorbované jadrá pôvodných amfibolov sú všetky obrastané novotvoreným aktinolitom a zároveň aktinolit postupne obrastá aj diopsid, ktorý na rozdiel od vyššie teplotných amfibolov nepodlieha resorpcii a zostáva zachovaný v pôvodných porfyroblastických tvaroch. Je všeobecne známe, že v migmatitizovaných amfibolitoch môže prebiehať dehydratačné tavenie na rozhraní amfibolitovej a granulitovej fácie. Účinky dehydratačného rozkladu amfibolov neboli na základe zachovaných relictov v podobe pôvodných amfibolových jadier extrémne

Tabuľka 10 Reprezentatívne mikrosondové analýzy svetlej zóny epidotu v mramoroch (hm. %)

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	37.95	37.60	37.54	37.46	37.93	37.94	37.76	38.17
TiO ₂	0.02	0.04	0.02	0	0.02	0.02	0.03	0.12
Al ₂ O ₃	22.73	20.92	22.20	21.11	22.12	21.65	22.69	23.18
Fe ₂ O ₃	13.44	15.70	14.59	16.31	14.12	14.39	14.68	13.49
FeO	0.25	0.06	0	0	0.55	0.91	0	0.50
MnO	0.03	0.03	0.10	0.07	0.10	0.04	0.08	0.05
CaO	23.52	23.46	23.57	23.36	23.23	23.03	23.52	23.46
H ₂ O*	1.88	1.86	1.87	1.87	1.88	1.87	1.89	1.90
Suma	99.81	99.67	99.90	100.17	99.95	99.85	100.65	100.86
Si ⁴⁺	3.027	3.029	3.002	3.006	3.032	3.042	2.996	3.014
Al ³⁺	0	0	0	0	0	0	0.004	0
ΣT	3.027	3.029	3.002	3.006	3.032	3.042	3.000	3.014
Mn ²⁺	0.002	0.002	0	0	0.007	0.003	0	0.003
Fe ²⁺	0.016	0.004	0	0	0.037	0.061	0	0.033
Fe ³⁺	0.807	0.952	0.878	0.985	0.849	0.868	0.876	0.802
Mn ³⁺	0	0	0.007	0.004	0	0	0.005	0
Al ³⁺	0.175	0.042	0.115	0.011	0.107	0.067	0.118	0.162
ΣM3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Al ³⁺	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
ΣM2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Al ³⁺	0.962	0.944	0.978	0.986	0.977	0.978	0.999	0.995
Ti ⁴⁺	0.001	0.002	0.001	0	0.001	0.001	0.001	0.007
ΣM1	0.963	0.946	0.979	0.986	0.978	0.979	1.001	1.002
Ca ²⁺	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
ΣA1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Ca ²⁺	1.010	1.025	1.020	1.009	0.989	0.979	0.999	0.984
ΣA2	1.010	1.025	1.020	1.009	0.989	0.979	0.999	0.984

Prepočet na 8 katiónov, symbol * vyjadruje dopyčítanie H₂O pre OH = 1 apfu.

vysoké. Ivan (2012, 2016) aj Ivan a Šimurková (2015) potvrdili v okolí Dobšinej prítomnosť pyroxenických amfibolitov, ktoré považujú za retrográdne mafické granulity. V ich minerálnom zložení bola potvrdená prítomnosť klinopyroxénov diopsidovo-augitového zloženia a ortopyroxény boli nahradené amfibolmi.

Premenou pôvodných bázičných plagioklasov vznikol albit a minerály epidotovej superskupiny. Kremeň tvorí symplektitoidálne prerastanie s koronárnym epidotom. Koronárne štruktúry epidotu okolo pôvodných živcov postupne transformovaných na albit neobsahujú vyššie teplotné fázy, ani samotný epidot nemá vo svojom zložení stroncium, čím môžeme vylúčiť vznik epidotových korón vo vysokoteplotnom režime a tým pádom sú prejavom nízkoteplotných udalostí metamorfného vývoja.

Na základe uvedených skutočností môžeme predpokladať, že silikátni obohatený mramor vznikol počas pôsobenia metamorfózy klátovského komplexu, ktorá bola spojená s tektonickou aktivitou. Karbonátové fluidá sa

transportovali do zlomových porúch, kde sa vygenerovali a zároveň tvorili tzv. rekrystalizačné spojivo pre vznik tektonických brekcií obsahujúcich amfibolitové fragmenty. Vo vysokoteplotnom prográdnom režime metamorfózy silikátové fázy z materského amfibolitu sa stabilizovali v novotvorenom karbonátovom prostredí. Zo zahraničnej dostupnej literatúry uvádzame niekoľko príkladov zameraných na štúdium mramorov s podobným genetickým postavením viazaným na amfibolity. Minerálne reakcie na rozhraní amfibolitu s mramorom publikoval Kretz (2005). Auge (2003) sa venoval výskumu chemickým alteráciám v mramorových vrstvách vplyvom infiltrácie fluidov počas metamorfózy v podmienkach fácie zelených bridlíc a amfibolitovej fácie. Mramorové šošovky v amfibolite z oblasti

Orlice-Sněžníka na česko-poľskom pohraničí obsahujú minerálnu asociáciu Cal, Ab, Qtz, Ep/Czo, Mg-Hbl, Ts, Mg-Chl, Act, Ttn, Rt, Ilm, Mag (Twyrdy, Żelaźniewicz 2017), ktorá je podobná skúmaným klátovským mramorom. Ďalšia podobnosť je v difúznom kontakte medzi

Tabuľka 11 Reprezentatívne mikrosondové analýzy REE-epidotu v mramoroch (hm. %)

	1	2	3	4	5
SiO ₂	36.55	35.01	36.51	34.88	36.66
TiO ₂	0.15	0.10	0.10	0.17	0.07
Al ₂ O ₃	22.44	20.87	23.80	21.14	22.58
La ₂ O ₃	2.15	3.96	1.99	3.16	1.26
Ce ₂ O ₃	3.28	6.14	3.52	4.54	2.22
Pr ₂ O ₃	0.39	0.66	0.42	0.49	0.33
Nd ₂ O ₃	0.98	1.59	1.19	1.18	0.86
Eu ₂ O ₃	0.31	0.38	0.31	0.29	0.33
Fe ₂ O ₃	9.26	6.08	8.64	8.94	10.14
FeO	2.45	6.06	2.98	3.04	1.75
MnO	0.04	0.05	0.04	0.04	0.02
CaO	20.94	17.20	20.34	19.36	21.52
H ₂ O*	1.82	1.73	1.84	1.75	1.82
Suma	100.76	99.83	101.68	98.97	99.57
Si ⁴⁺	3.009	3.030	2.976	2.985	3.013
Al ³⁺	0	0	0.024	0.015	0
T	3.009	3.030	3.000	3.000	3.013
Mn ²⁺	0.003	0.003	0.003	0.003	0.001
Fe ²⁺	0.169	0.438	0.203	0.217	0.121
Fe ³⁺	0.573	0.396	0.530	0.576	0.627
Al ³⁺	0.255	0.162	0.265	0.204	0.251
M3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Al ³⁺	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
M2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Al ³⁺	0.922	0.967	0.997	0.913	0.937
Ti ⁴⁺	0.009	0.006	0.006	0.011	0.004
M1	0.931	0.973	1.003	0.923	0.941
Ca ²⁺	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
A1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Ca ²⁺	0.847	0.594	0.776	0.775	0.896
La ³⁺	0.065	0.126	0.060	0.100	0.038
Ce ³⁺	0.099	0.194	0.105	0.142	0.067
Pr ³⁺	0.012	0.021	0.012	0.015	0.010
Nd ³⁺	0.029	0.049	0.035	0.036	0.025
Eu ³⁺	0.009	0.011	0.009	0.009	0.009
A2	1.060	0.997	0.997	1.077	1.045

Prepočet na 8 katiónov, symbol * vyjadruje dopočítanie H₂O pre OH⁻ = 1 apfu.

Tabuľka 12 Reprezentatívne mikrosondové analýzy klistozoisitu v mramoroch (hm. %)

	1	2	3	4
SiO ₂	40.13	40.02	40.05	40.00
TiO ₂	0.04	0.05	0.04	0.05
Al ₂ O ₃	33.36	34.20	34.25	34.07
Fe ₂ O ₃	0.41	0	0.36	0.31
FeO	0.66	0.32	0.26	0.34
MnO	0.02	0.04	0.07	0.01
CaO	24.51	24.51	24.63	24.61
H ₂ O*	2.00	2.00	2.01	2.01
Suma	101.12	101.15	101.67	101.39
Si ⁴⁺	3.011	2.994	2.984	2.989
Al ³⁺	0	0.006	0.016	0.011
ΣT	3.011	3.000	3.000	3.000
Mn ²⁺	0.001	0.002	0.004	0
Fe ²⁺	0.041	0.020	0.016	0.021
Fe ³⁺	0.023	0	0.020	0.018
Al ³⁺	0.934	0.977	0.960	0.961
ΣM3	1.000	1.000	1.000	1.000
Al ³⁺	1.000	1.000	1.000	1.000
ΣM2	1.000	1.000	1.000	1.000
Al ³⁺	1.016	1.032	1.032	1.028
Ti ⁴⁺	0.002	0.003	0.002	0.003
ΣM1	1.018	1.035	1.034	1.030
Ca ²⁺	1.000	1.000	1.000	1.000
ΣA1	1.000	1.000	1.000	1.000
Ca ²⁺	0.971	0.965	0.966	0.970
ΣA2	0.971	0.965	0.966	0.970

Prepočet na 8 katiónov, symbol * vyjadruje dopočítanie H₂O pre OH⁻ = 1 apfu.

Tabuľka 13 Reprezentatívne mikrosondové analýzy kalcitu v mramoroch (hm. %)

	1	2	3	4	5	6
FeO	0.17	0.16	0.12	0.30	0.16	0.11
MnO	0.16	0.11	0.21	0.54	0.09	0.22
MgO	0.11	0.10	0.05	0.19	0.06	0.04
CaO	55.51	55.13	54.81	53.85	54.54	55.23
CO ₂ *	44.02	43.60	43.27	43.03	43.04	43.64
Suma	99.97	99.10	98.46	97.91	97.89	99.24
Fe ²⁺	0.002	0.002	0.002	0.004	0.002	0.002
Mn ²⁺	0.002	0.002	0.003	0.008	0.001	0.003
Mg ²⁺	0.003	0.003	0.001	0.005	0.002	0.001
Ca ²⁺	0.993	0.994	0.994	0.983	0.995	0.994
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Prepočet na 3 kyslíky, symbol * vyjadruje dopočítanie CO₂.

mramorom a amfibolitom. Epidotovo-kremenné symplektity v amfibolitoch opísali Chalokwu a Kuehner (1992), pričom v pracovnej hypotéze tvrdia, že symplektity sa vytvorili v retrográdnom režime. Symplektitové štruktúry v amfibolitoch a v granulitoch sa tvoria počas izobarického chladnutia alebo blízko izotemickej dekompresnej dráhy. Metasomatické koróny okolo hornblenditových xenolitov v mramoroch granulitovej fácie opísali Abart et al. (2001). Na reakčných kontaktoch hornblenditu a mramoru vznikali minerálne zóny tvorené samostatnými klinopyroxénmi alebo v kombinácií granát-klinopyroxén a skapolit-klinopyroxén. Buriánek a Pertoldová (2009) skúmali vápenato-silikátovú horninu z oblasti Polička a Svratka v Českom masíve, ktorá mala príbuznú minerálu asociáciu (Amp + Ep + Cpx + Pl + Qtz + Czo + Ttn) s klátovským mramorom.

Záver

Výskum mramorov bol zameraný na identifikáciu minerálneho zloženia. Mramory ako metamorfné produkty sa náhodne generovali v tektonických zónach amfibolitov v rámci klátovského komplexu. Identifikovanú minerálnu asociáciu mramorov tvorí: kalcit + amfiboly (magnezio-hornblend, pargasit, feri-tschermakit, aktinolit) + klinopyroxény (diopsid) + albit + ortoklas + epidot/klinozoisit + titanit. Pravdepodobný vznik diopsidu môže súvisieť s dehydratačným rozkladom magnezio-hornblendu resp. pargasitu, na základe prítomnosti diopsidovej inklúzie v magnezio-hornblende. Aktinolit s difúznym charakterom zonalnosti má postavenie retrográdnej fázy, pričom obrastá okraje diopsidu a postupne nahrádza magnezio-hornblend, pargasit a feri-tschermakit. Minerály epidotovej superskupiny vznikli rozpadom pôvodných živcov. V tejto súvislosti sa tvorili rôzne formy epidotovo-kremenných symplektitov a koronárnych lemov epidotu okolo reliktovej pôvodných živcov. Kalcit je chemicky takmer čistý, prítomnosť dolomitu sa nepotvrdila. Infiltrácia silikátových fáz do novotvorených mramorov počas metamorfózy pravdepodobne súvisela s cirkuláciou fluid z okolitých amfibolitov. Intenzita metamorfózy nevyvolala proces skarnitizácie, pretože indexová minerálna asociácia typická pre Ca-skarny sa nepotvrdila.

PodĎakovanie

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

Literatúra

- ABART R, SCHMUD R, HARLOW D (2001) *Metasomatic coronas* around hornblendite xenoliths in granulite facies marble, Ivrea zone, N Italy, I: constraints on component mobility. *Contrib Mineral Petrol* Vol 141 Issue 4: 473-493
- ARMBRUSTER T, BONAZZI P, AKASAKA M, BERMANEC V, CHOPIN CH, GIERÉ R, HEUSS-ASSBICHLER S, LIEBSCHER A, MENCHETTI S, PAN Y, PASERO M (2006) Recommended nomenclature of epidote-group minerals. *Eur J Mineral* 18: 551-567
- AUGE JJ (2003) Fluid Infiltration and Transport of Major, Minor, and Trace Elements During Regional Metamorphism of Carbonate Rocks, Wepawaug Schist, Connecticut, USA. *Am J Sci* Vol 303, No 9: 753-816
- BAČÍK P, ŠTEVKO M, OZDIN D, VANČOVÁ I (2013) Názvy minerálov amfibolovej a hydrotalkitovej superskupiny podľa klasifikácií schválených IMA. *Esemestník. Spravodajca Slovenskej mineralogickej spoločnosti* 2/1: 14-17
- BAJANIČ Š, HOVORKA D (1981) The amphibolite facies metabasites of the Rakovec group of gemericum (The Western Carpathians). *Geol Zbor Geol Carpath* 32 6: 679-705
- BAJANIČ Š (ED.), IVANIČKA J, MELLO J, PRISTAŠ J, REICHWALDER P, SNOPKO L, VOZÁR J, VOZÁROVÁ A (1984) Geologická mapa Slovenského rudohoria, východná časť 1: 50 000. ŠGÚDŠ Bratislava
- BURIÁNEK D, PERTOLDOVÁ J (2009) Garnet-forming reactions in calc-silicate rocks from the Polička Unit, Svratka Unit and SE part of the Moldanubian Zone. *Journal of Geosciences* 54: 245-268
- CAMBEL B, BAGDASARJAN GP, VESELSKÝ J, GUKASJAN RCH (1980) To problems of interpretation of nuclear-geochronological data on the age of crystalline rocks of the West Carpathians. *Geol Zbor Geol Carpath* 31 1-2: 27-48
- DEER WA, HOWIE RA, ZUSSMAN J (2001) *Rock-forming Minerals: Feldspars*, Vol. 4A. 1-972, Geological Society of London
- DIANIŠKA I, GREČULA P (1979) Amfibolitovo-rulový komplex ako súčasť ofiolitovej suity rakoveckého príkrovu. *Miner Slov* 11 5: 405-425
- FARYAD SW (1986) Metamorphic evolution of paragneisses from Klátov region (lower Paleozoic of Gemericum). *Geol Zbor Geol Carpath* 37 6: 729-746
- FARYAD SW (1990) Rulovo-amfibolitový komplex gemerika. *Miner Slov* 22 4: 303-318
- FARYAD SW (1995) Stanovenie P-T podmienok metamorfózy horninových komplexov Spišsko-gemerského rudohoria. *Miner Slov* 27 1: 9-19
- GREČULA P (1982) Gemerikum - segment riftogénneho bazénu Paleotetýdy. *Miner Slov - monografia* 1-263
- GREČULA P, DIANIŠKA I (1977) Amfibolity v oblasti Košická Belá - Nižný Klátov. In: Grečula P, Dianiška I, Ďuďa R, Hurný J, Kobulský J, Kusák B, Malachovský P, Matula I, Rozložník O: *Geológia, tektonika a metalogenéza východnej časti Spišsko-gemerského rudohoria. Záverečná správa. Surovina: Cu + komplexné zhodnotenie*. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, 1-390. Bratislava
- GREČULA P (ED.), KOBULSKÝ J, GAZDAČKO Ľ, NÉMETH Z, HRAŠKO Ľ, NOVOTNÝ L, MAGLAY J (2009) Geologická mapa Spišsko-gemerského rudohoria 1: 50 000. ŠGÚDŠ Bratislava
- GREČULA P, KOBULSKÝ J (EDS.), GAZDAČKO Ľ, NÉMETH Z, HRAŠKO Ľ, NOVOTNÝ L, MAGLAY J, PRAMUKA S, RADVANEC M, KUCHARIČ Ľ, BAJTOŠ P, ZÁHOROVÁ Ľ (2011) *Vysvetlivky ku geologickej mape Spišsko-gemerského rudohoria 1: 50 000*. 1-308. ŠGÚDŠ Bratislava
- HAWTHORNE CF, OBERTI R, HARLOW G, MARESCH VW, SCHUMAHER CJ, WELCH M (2012) Nomenclature of the amphibole supergroup. *Am Mineral* 97: 2031-2048
- HOVORKA D, IVAN P, MÉRES Š (1997) Leptyno-amphibolite complex of the Western Carpathians: its definition, extent and genetical problems. In: Grečula P, Hovorka D, Putiš M (eds.): *Geological evolution of the Western Carpathians*. *Miner Slov - monograph*, 269-280. Bratislava
- HOVORKA D, IVAN P, SPIŠIAK J (1984) Nappe with the amphibolite facies metamorphites in the Inner Western Carpathians - its position, origin and interpretation. *Miner Slov* 16 1: 73-86

- HOVORKA D, IVAN P, SPIŠIAK J (1990) Lithology, petrology, metamorphism and tectonic position of the Klátov group (paleozoic of the Gemer unit, Inner Western Carpathians). *Acta geol et geogr Univ Comen Geol* 45: 55-69
- HOVORKA D, MÉRES Š (1993) Leptynitovo-amfibolitový komplex Západných Karpát: vystupovanie a litologická náplň. *Miner Slov* 25 1: 1-9
- HOVORKA D, MIHALOV J, ONDREJKOVIČ K (1979) Metamorfity amfibolitovej fácie z oblasti Rudnianskeho. *Miner Slov* 11 6: 481-504
- HOVORKA D, SPIŠIAK J (1981) Coexisting garnets and amphiboles of metabasites from Rudňany area (the Paleozoic, the Spišsko-gemerské rudohorie Mts., the Western Carpathians). *Miner Slov* 13 6: 509-525
- HOVORKA D, SPIŠIAK J (1985) Petrografia a genéza metamorfítov amfibolitovej fácie v oblasti Rudnianskeho. In: Cambel B, Jarkovský J (eds.): *Rudnianske rudné pole*. Veda, vydavateľstvo SAV, 78-103. Bratislava
- HOVORKA D, SPIŠIAK J (1997) Medium-grade metamorphics of the Gemeric unit (central Western Carpathians). In: Grecula P, Hovorka D, Putiš M (eds.): *Geological evolution of the Western Carpathians*. *Miner Slov - monograph*, 315-332. Bratislava
- CHALOKWU CHI, KUEHNER SM (1992) Mineral chemistry and thermobarometry of a southern Appalachian amphibolite with epidote + quartz symplectite. *Am Mineral* 77: 617-630
- IVAN P (1985) Hydrotermálne - metasomatické premeny základných horninových typov v okolí žilných štruktúr rudnianskeho rudného poľa. In: Cambel B, Jarkovský J (eds.): *Rudnianske rudné pole*. Veda, vydavateľstvo SAV, 130-145. Bratislava
- IVAN P (2012) Minerálne a chemické zloženie dvojpyroxénových metabazitov v klátovskej skupine pri Dobšinej: nízkotlakové granulity spodnokôrového pôvodu? Zborník z konferencie Geochémia 2012. PriF UK, ŠGÚDŠ, 51-54. Bratislava
- IVAN P (2016) Klátovská skupina gemerika ako unikátny horninový komplex spodnokôrového pôvodu: výsledky geochemicko-petrologického výskumu. Zborník z konferencie Geochémia 2016. PriF UK, ŠGÚDŠ, 60-63. Bratislava
- IVAN P, MÉRES Š (2000) Protolit amfibolitov klátovskej skupiny: súčasné problémy a geochemické možnosti ich riešenia. Zborník referátov z konferencie Geochémia 2000. PriF UK, ŠGÚDŠ, 38-42. Bratislava
- IVAN P, ŠIMURKOVÁ M (2015) Skúmanie príbuznosti klátovskej skupiny gemerika a leptyno-amfibolitového komplexu severného veporika na základe porovnania geochemických parametrov typových metamorfítov. Zborník referátov z konferencie Geochémia 2015. PriF UK, ŠGÚDŠ, 78-81. Bratislava
- KANTOR J (1980) To the problem of the metamorphism age of amphibolites in the Rakovec group of the gemeric from Klátov - Košická Belá. *Geol Zbor Geol Carpath* 31 4: 451-456
- KANTOR J, BAJANIČ Š, HURNÝ J (1981) Radiometric dating of metamorphites of amphibolite facies from the Rudňany deposit, Spišsko-gemerské rudohorie Mts. *Zbor geol Vied Geol Carpath* 32: 335-344
- KRETZ R (2005) Mineral reactions at boundaries between amphibolite and marble in the southern Grenville Province, Quebec, Canada. *Can Mineral* 43: 569-583
- KRIST E (1954) Karbónske zlepenie bindt-rudňanskeho vývoja v severnej časti Spišsko-gemerského rudohoria. *Geol práce Zošit* 36: 77-105
- LEAKE BE, WOOLLEY AR, ARPS CES, BIRCH WD, GILBERT MC, GRICE JD, HAWTHORNE FC, KATO A, KISCH HJ, KRIVOVICHEV VG, LINTHOUT K, LAIRD J, MANDARINO JA, MARESCHE W, NICKEL EH, SCHUMACHER JC, SMITH DC, STEPHENSON NCN, UNGARETTI L, WHITTAKER EJW, YOUZHI G (1997) Nomenclature of Amphiboles. *Can Mineral* 35: 219-246
- MANDÁKOVÁ K, DRNZIKOVÁ L, HUDÁČEK J (1971) Eruptívne horniny v rudnianskom rudnom poli a ich metasomatické produkty. *Miner Slov* 3 11: 215-230
- MAZÚR E, LUKNIŠ M (1980) Geomorfologické jednotky (mapa 1: 500 000). In: Mazúr E., Jakál J. (eds.): *Atlas SSR. SAV a Slov úrad geod a kart 54-55*. Bratislava
- MORIMOTO N, FABRIES J, FERGUSON AK, GINZBURG IV, ROSS M, SEIFERT FA, ZUSSMAN J (1988) Nomenclature of pyroxenes. *Am Mineral* 73: 1123-1133
- NÉMETH Z, RADVANEČ M, PUTIŠ M (2016) Kinematics of Variscan exhumation and Alpine overprint in the Klátov exhumed block of Gemericum (W. Carpathians). *CE-TEG 2016 Slovakia Abstract Vol* 63-64
- OZDÍN D, UHER P (2002) Slovenské názvy minerálov. *Minerály schválené Medzinárodnou mineralogickou asociáciou do konca roku 2001*. 1-203, ŠGÚDŠ Bratislava
- PETRIK I, BROSKA I, LIPKA J, SIMAN P (1995) Granitoid Allantite-(Ce) Substitution Relations, Redox Conditions and REE Distributions (on an Example of I-Type Granitoids, Western Carpathians, Slovakia). *Geol Carpath* 46 2: 79-94
- POPREŇÁK J, GREČULA P, MIHALOV J (1973) K problému stavby a vývoja žíl v Rudňanoch. *Miner Slov* 5 3: 279-286
- PUTIŠ M, IVAN P, KOHÚT M, SPIŠIAK J, SIMAN P, RADVANEČ M, UHER P, SERGEEV S, LARIONOV A, MÉRES Š, DEMKO R, ONDREJKA M (2009) Meta-igneous rocks in the West-Carpathian basement, Slovakia: indicators of Early Paleozoic extension and shortening events. *Bull Soc géol France* 180 6: 461-471
- RADVANEČ M (1992) Zonálnosť nízkotlakovej a polyfázovej metamorfózy v otvorenom systéme pre fluidnú fázu v rulovo-amfibolitovom komplexe gemerika. *Miner Slov* 24 3-4: 175-196
- RADVANEČ M (1994a) Petrológia rulovo-amfibolitového komplexu gemerika na severnom okraji rudnianskeho rudného rájónu. Prvá časť: P-T-x podmienky a zóny metamorfózy. *Miner Slov* 26 4: 223-238
- RADVANEČ M (1994b) Petrológia rulovo-amfibolitového komplexu gemerika na severnom okraji rudnianskeho rudného rájónu. Časť druhá: Postupnosť kryštalizácie minerálov v granite po lokálnom parciálnom tavení metasemipelitu v biotitovej zóne regionálnej metamorfózy (P = 3,5 kbar). *Miner Slov* 26 4: 239-249
- RADVANEČ M (1998) Vysokotlaková metamorfóza vrchnokarbónskeho konglomerátu z lokality Rudňany-Svínský hrb na severe gemerika. *Miner Slov* 30 2: 95-108
- RADVANEČ M, NÉMETH Z, KRÁL J, PRAMUKA S (2014) Rulovo-amfibolitový komplex gemerika - výsledky petrologického a tektonického výskumu. Príspevok z konferencie: 13 predvianočný geologický seminár ŠGÚDŠ a SGS s názvom Nové poznatky o stavbe a vývoji Západných Karpát. *Geovestník Miner Slov* 46 3-4: 24-25
- RADVANEČ M, NÉMETH Z, KRÁL J, PRAMUKA S (2017) Variscan dismembered metaophiolite suite fragments of Paleo-Tethys in Gemeric unit, Western Carpathians. *Miner Slov* 49 1: 1-48

- ROZLOŽNIK P (1935) Die geologischen Verhältnisse der Gegend von Dobschau (Dobšiná). *Geologica Hungarica Ser geol* 5: 1-118
- ROZLOŽNIK L (1965) Petrografia granitizovaných hornín rakoveckej série v okolí Dobšinej. *Sbor Geol vied Západné Karpaty* 4: 95-144
- SIVOLA J, SCHMID R (2007) List of mineral abbreviations. In: Fettes D, Desmons J (eds.), Árkai P, Brodie K, Bryhni I, Callegari E, Coutinho J, Davis E, Grieve R, Harte B, Kräutner H, Pertsev N, Rosen O, Rusinov V, Sassi F, Sen S, Smulikowski W, Stöffler D, Wimmenauer W, Zharikov V: *Metamorphic rocks. A Classification and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences. Subcommision on the Systematics of Metamorphic Rocks*. 93-110. Cambridge University Press
- SPIŠIAK J, HOVORKA D (1985) Dva typy granatických amfibolitov klátovskej skupiny (staršie paleozoikum gemerika). *Miner Slov* 17 2: 167-174
- SPIŠIAK J, HOVORKA D, IVAN P (1985) Klátovská skupina - reprezentant metamorfitov amfibolitovej fácie paleozoika vnútorných Západných Karpát. *Geol práce Správy* 82: 205-220
- SPIŠIAK J, HOVORKA D, IVAN P, JILEMNICKÁ L (1989) Karbonátové metasedimenty amfibolitovej fácie klátovskej skupiny (staršie paleozoikum, gemerikum, Západné Karpaty). *Geol práce Správy* 90: 81-94
- TWYRDY M, ŻELAŻNIEWICZ A (2017) Indications of HP events in the volcanosedimentary succession of the Orlica-Śnieżnik Dome, NE Bohemian Massif: data from a marble-amphibolite interface. *Geological Quarterly* 61 2: 435-449
- VACHTL J, STEJSKAL J (1934) Príspevek k poznání geologických poměrů okolí Dobšíné na Slovensku. *Věst SGÚ X*: 177-182
- VARCHOLOVÁ J, HRINKO V, URBAN V, VALKO P (1978) Vyšný Klátov - surovina: stavebný kameň, amfibolit, ZP, stav k: 15.11.1978 - záverečná správa a výpočet zásob. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 1-114
- VARCHOLOVÁ J, HRINKO V, VALKO P (1976) Košice - juhozápad, surovina: stavebný kameň, stav k: 31.7.1976, vyhládavací prieskum - záverečná správa a výpočet zásob. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, 1-66. Bratislava
- VOZÁROVÁ A (1973) Valúnová analýza mladopaleozoických zlepcov Spišsko-gemerského rudohoria. *Zbor geol vied rad ZK* 18: 7-98
- VOZÁROVÁ A (1993) Variská metamorfóza a krustálny vývoj v gemeriku. *Západné Karpaty sér. Mineralógia petrografia geochemia metalogenéza* 16: 55-117
- VOZÁROVÁ A (2000) Plagiogranite pebbles in the conglomerates of Rudňany Formation: their characteristics and geotectonic significance. *Miner Slov* 32 3: 187-188
- <https://www.google.sk/maps> - stiahnuté dňa 14.04.2017