

## SPESSARTIN-ALMANDINOVÉ GRANÁTY Z ALKALICKO-ŽIVCOVÉHO TANVALDSKÉHO GRANITU V SEVERNÍCH ČECHÁCH

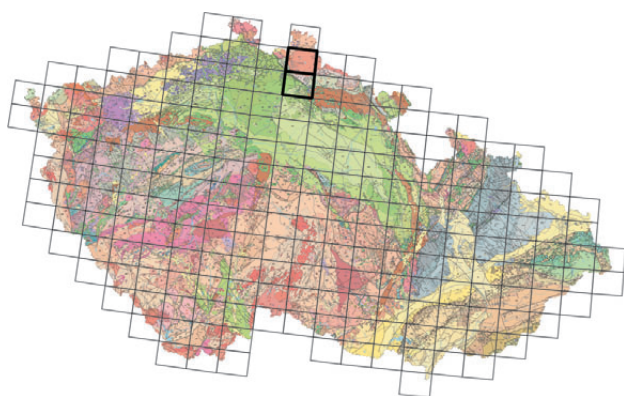
### Almandine-spessartine garnets from the alkali-feldspar Tanvald granite in northern Bohemia

EVA FEDIUKOVÁ<sup>1</sup> – JOSEF KLOMÍNSKÝ<sup>2</sup> – PAVEL SCHOVÁNEK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Na Petřínách 1897/29, 162 00 Praha 6

<sup>2</sup> Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1

(02-32 Jablonec nad Nisou, 03-14 Liberec)



**Key words:** Krkonoše-Jizera Composite Massif, Tanvald granite, garnet, chemistry, crystal morphology

**Abstract:** The two-mica alkali-feldspar granite rimming the SW periphery of the large Krkonoše-Jizera Composite Massif and known under the name Tanvald granite represents one of the most typical peraluminous granites of the Bohemian massif. Andalusite and garnet are its common accessory minerals present in almost all samples. EMPA-analyses of the garnet proved its almandine-spessartine character of the average composition centre-margin alm<sub>0.75-0.61</sub>, spess<sub>0.15-0.38</sub>, pyr<sub>0.2-0.7</sub>, gross<sub>0.02-0.1</sub>. A euhedral shape of this garnet observed in thin sections was confirmed by SE images showing well preserved 3D morphology of the icositetrahedron subordinately combined with cube.

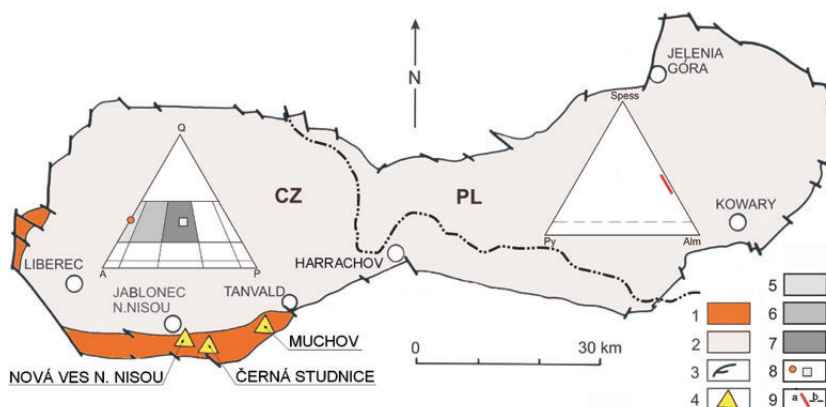
Tanvaldský granit, plošně největší těleso alkalicko-živcových granitů v Česku, je členem krkonošsko-jizerského kompozitního masivu, obnaženého na ploše ca 1000 km<sup>2</sup> a vmístěného ve svrchním karbonu do jádra luga v s. části Českého masivu. Jeho základními litologickými členy jsou

podle klasifikace IUGS (LE MAITRE, ed. 2002) monzogranity (jizerský, liberecký, harrachovský, fojtský a krkonošský granit) a alkalicko-živcový granit tanvaldský. Zatímco uvedené typy granitů jeví značnou vzájemnou příbuznost, má tanvaldský granit řadu zásadních odchylek. Jeho vztah k ostatním granitům krkonošsko-jizerského kompozitního masivu je proto v geologické literatuře často diskutován. Souborný přehled této diskuse podává KVIČINSKÝ (1986) a KLOMÍNSKÝ, ed. (2006).

Tanvaldský granit tvoří výrazný morfologický hřbet převážně v.-z. směru. Na povrchu vystupuje na ploše asi 25 × 3 km (obr. 1). Severní kontakt staršího tanvaldského granitu s libereckým granitem je ostrý a subvertikální s úklonem k J (KLOMÍNSKÝ et al. 2007). Těleso tanvaldského granitu se vyznačuje asymetrickou zonálností, dokumentovanou přechodem facie porfyrického, muskovit-biotického, alkalicko-živcového granitu při severním endokontaktu do vysoce diferenciovaného dvojslídneho granitu v j. části tanvaldské intruze (KLOMÍNSKÝ et al. 2006, KVIČINSKÝ 1986). Asymetrická zonálnost tanvaldského granitu může být způsobena magmatickou erozí jeho s. okraje účinkem mladší intruze libereckého granitu. Stáří 321 ± 14 Ma monazitu v tanvaldském granitu udávají KLOMÍNSKÝ et al. (2007) a 312 ± 2 Ma MARHEINE et al. (2002).

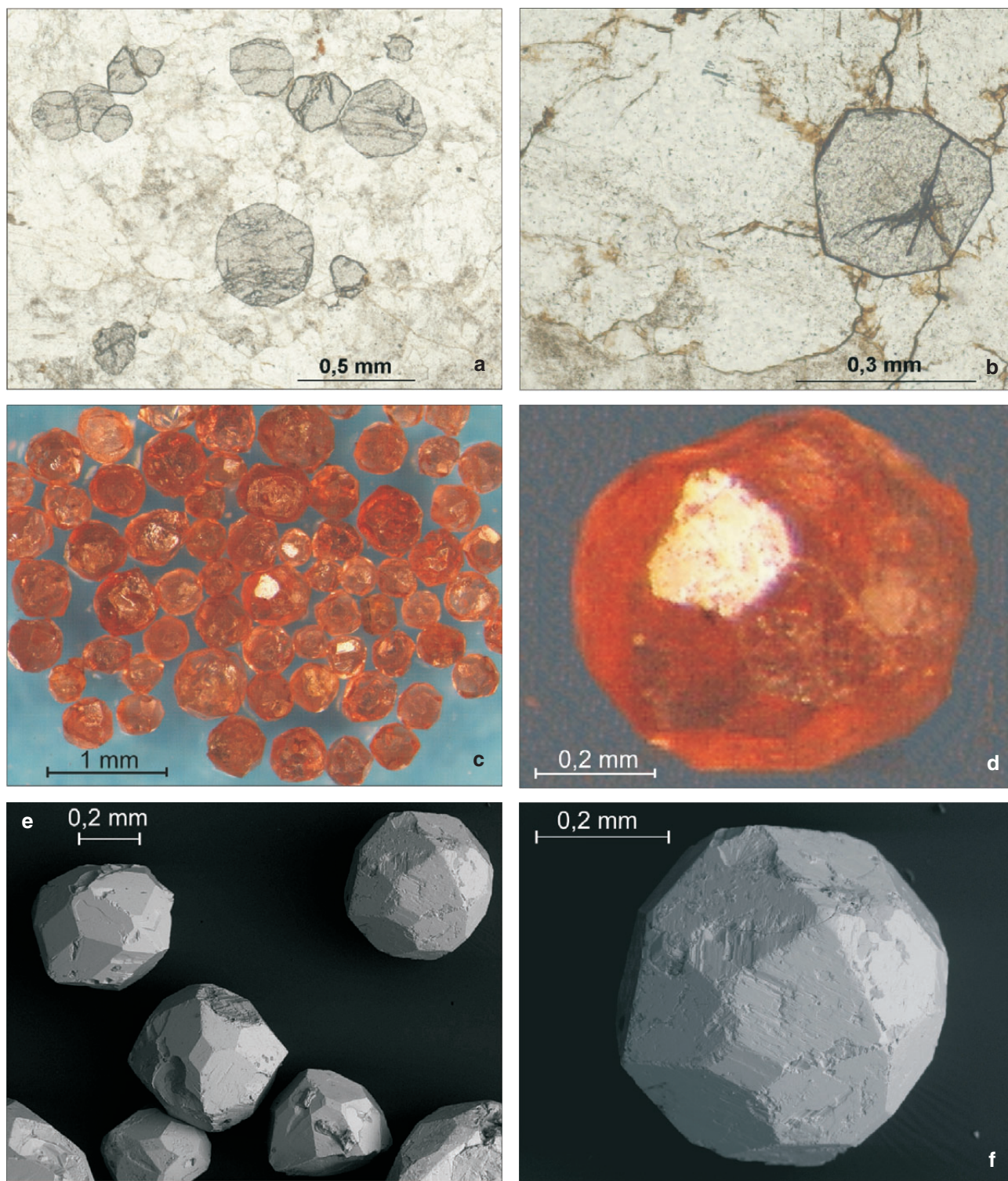
### Charakteristika tanvaldského granitu

Tanvaldský granit podle KVIČINSKÉHO (1986) v průměru obsahuje 22 % albitu, 31 % křemene, 40 % draselného živce, 2,5 % biotitu a 3,5 % muskovitu. Mezi akcesoriemi je nejčastěji granát, dále pak monazit, magnetit, andalusit a sporadicky i zirkon (FEDIUKOVÁ 1963). Kvantitativní podíl granátu v hornině lze odhadnout na 0,1–0,3 obj. %.



Obr. 1. Geologická mapa krkonošsko-jizerského kompozitního masivu.

1 – tanvaldský granit, 2 – skupina krkonošsko-jizerských granitů, 3 – zlomy, 4 – studované lokality; Q-A-P diagram (LE MAITRE, ed. 2002): 5 – pole alkalicko-živcového granitu, 6 – pole syenogranitu, 7 – pole monzogranitu, 8 – průměrné složení tanvaldského granitu, 9 – průměrné složení libereckého granitu; diagram pyrop-almandin-spessartin: 9 – (a) rozsah složení granátů z tanvaldského granitu, (b) hranice 10% spessartinu.



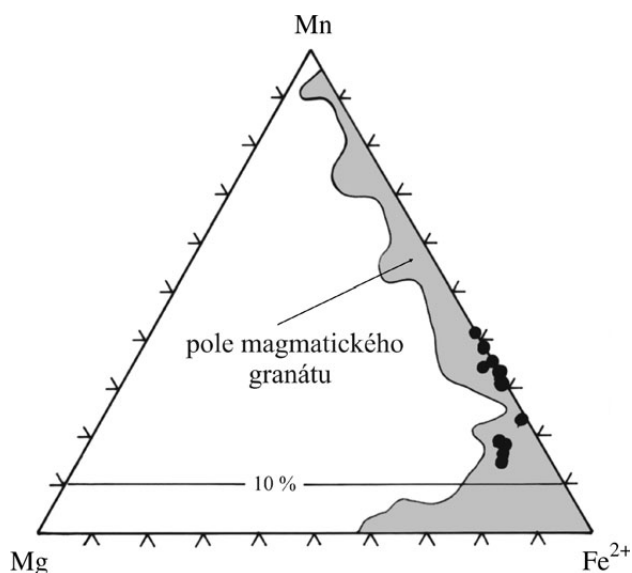
Obr. 2. a – skupina hypidiomorfních až idiomorfních granátů v drobnozrnné partii tvořené převážně živci; b – idiomorfní, 0,3 mm veliký granát obklopený plagioklasy a K-živci; sevřené trhliny jsou částečně zaplněné povlakem hydroxidů Fe; c – zrna spessartín-almandínů vyseparovaná z tanvaldského granitu; d – morfologie zrna granátu z koncentrátu; e, f – granátové tvary; foto pořízené v sekundárních elektronech rastrovacím elektronovým mikroskopem.

Foto a, b – T. Sidorinová, c, d – Z. Táborský, e, f – A. Gabašová.

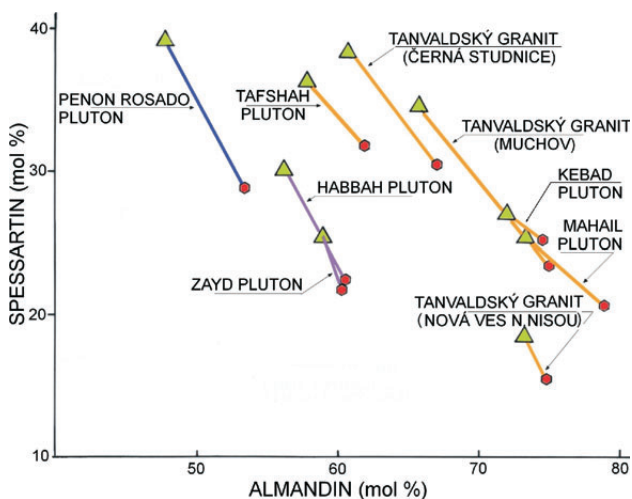
Horninu lze tedy označit jako středně zrnitý dvojslídny, alkalicko-živcový granit.

Chemické analýzy tanvaldského granitu obvykle obsahují 74–75 %  $\text{SiO}_2$ , 13,6–14,6 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 0,5–1 %  $\text{FeO}$  +  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 0,04–0,09%, 4,0–4,5 %  $\text{Na}_2\text{O}$ , 4,1–4,9 %  $\text{K}_2\text{O}$  a

0,19–0,88 %  $\text{CaO}$ . Obsah  $\text{MgO}$  a  $\text{MnO}$  zpravidla nedosahuje ani 0,1 %,  $\text{TiO}_2$  dokonce ani 0,05 %. Oproti libereckému granitu má tanvaldský granit vyšší obsahy Rb, Sn, Nb a F (KLOMINSKÝ et al. 2006). Podle chemické klasifikace jde o peraluminický (A/CNK 1,1–1,28) S-typ granit.



Obr. 3. Trojúhelníkový diagram Mg-Mn-Fe<sup>2+</sup>. Šedá plocha – pole magmatického granátu v granitoidech (DAHLQUIST et al. 2007, MILLER – STODDARD 1981). Černé body reprezentují jednotlivé analýzy granátů z tanvaldského granitu.



Obr. 4. Obsah (mol. %) spessartinové a almandinové složky v centrech a okrajích granátů z tanvaldského granitu ve srovnání s granáty granitoidů Arabského štítu (DU BRAY 1988) a And (DAHLQUIST et al. 2007). Zelený trojúhelník – okraje, červené body – centra granátů, žluté úsečky – alka-lisko-živcové granity, fialové úsečky – granodiority, modrá úsečka – trondhjemit.

## Granát

Granáty tanvaldského granitu jsou ve výbrusech většinou izometrické, velké od 0,1 do 0,5 mm. Jejich charakteristickým rysem je značně vysoký stupeň idiomorfního omezení. Běžná jsou zrna idiomorfní a značný stupeň idiomorfie mají i zrna, která lze již označit jako hypidiomorfní. Alotriomorfní zrna jsou vzácná; obvykle patří mezi nejmenší a zřejmě představují průřezy pouze okrajovou částí většího granátového zrna. Skutečná velikost – nejčastěji od 0,2 do 0,6 mm – je patrná z fotografie granátů z granitu činného lomu Černá Studnice (obr. 2c). Barevně jsou granáty ve výbrusech slabounce narůžovělé, žádná barevná zonálnost

Tabulka 1. Průměrné analýzy středů (s) a okrajů (o) granátů

vzorek	ČSs	ČSo	Ms	Mo	NVs	NVo
SiO <sub>2</sub>	36,09	35,09	35,16	35,68	36,53	36,33
TiO <sub>2</sub>	0,06	0,07	0,15	0,14	0,07	0,11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,13	20,01	20,74	20,39	21,03	20,6
FeO	30,42	27,05	34,16	29,05	33,59	32,59
MnO	13,64	16,88	10,57	15,3	6,84	8,15
MgO	0,44	0,16	0,36	0,09	2,17	1,81
CaO	0,25	0,13	0,07	0,11	0,37	0,38
celkem	101,03	99,4	101,2	100,77	100,6	99,97

ČS – lom Černá Studnice, M – lokalita Muchov, NV – lokalita Nová Ves

Tabulka 2. Průměrný obsah hlavních složek v centru a na okraji studovaných granátů (veškeré Fe jako FeO)

složka / vzorek	ČSs	ČSo	Ms	Mo	NVs	NVo
almandinová	67,1	60,7	74,9	64,8	74,9	73,1
spessartinová	30,5	38,3	23,5	34,6	15,4	18,5
pyropová	1,7	0,6	1,4	0,4	8,6	7,2
grosulárová	0,7	0,4	0,2	0,3	1,1	1,1
celkem	100	100	100	100	100	100

mezi středem a okrajem granátu nebyla pozorována. Vyseparovaná zrna granátu mají barvu oranžově červenou (větší zrna) až oranžovou (menší zrna, obr. 2c). Na řadě zrn se uplatňuje idiomorfní rovnoploché omezení. Ale teprve snímky pořízené v sekundárních elektronech, získané pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu (CamScan CS 3200), odhalují reálnou krystalovou morfologii tohoto minerálu (obr. 2e, f). Ta je charakterizována téměř výhradně tvary čtyřřadvacetistěnou deltoidevým (211), místy kombinovaného malými ploškami krychle (100), jež tvoří nepodstatnou část celkové plochy krystalů. Obecně nejčastější krystalový tvar granátů – dvanáctistěnou kosočtverečnou (110), někdy označovaný jako granátotvar – zcela chybí.

Pokud jde o vztah granátu k ostatním minerálům tanvaldského granitu, je nutno zdůraznit jeho rovnovážné chování postrádající jakékoliv reaktivní znaky. Granáty jsou téměř bez inkluzí, pouze v jednom krystalu granátu bylo uzavřené zrno opakního minerálu, patrně magnetitu. Granáty nesporně patří k nejstarším minerálům krystalizačního sledu. Jejich zrna bývají uzavřena ve slídách, plagioklasech či K-živcích, ojediněle i v křemeni. Nejčastěji, běžně ve skupinkách, se vyskytují v partiích granitu, které jsou tvořeny převážně živci.

Stupeň rozpukání granátů, částečně snad i v důsledku jejich malých rozměrů, je nízký. Běžná jsou zrna zcela bez trhlin, většina granátů má trhlin málo; zpravidla jsou sevřené, někdy částečně s povlakem hydroxidů Fe. Pouze ojediněle se v granátech vyskytují trhliny široké, vyplněné sekundárním biotitem (vzácně i vějířovitě uspořádanými drobnými šupinkami muskovitu), často v různém stupni vyběleným a chloritizovaným. Biotitizace granátů na okra-

jích zrn většinou zcela schází. Zcela výjimečně bylo nalezeno zrno původně idiomorfního granátu výrazně biotitizované podél okrajů.

### Chemismus granátů

Granáty byly analyzovány v České geologické službě na mikroanalyzátoru Link ISIS 300 jak v neporfyrické facii tanvaldského granitu (lom v Černé Studnici a lokalita Muchov), tak ve facii slabě porfyrické v blízkosti kontaktu s libereckým granitem (Nová Ves). Průměrné chemické složení jádra a okraje granátů je uvedené v tab. 1. Z přepočtu granátů na jednotlivé komponenty (program MINPET, veškeré Fe počítáno jako Fe<sup>tot</sup>) je patrné, že jde o granáty spessartin-almandinové (tab. 2).

Z obrázku 4 je zřejmé, že granáty jsou zřetelně zonální; směrem od jádra k okraji ubývá almandinové komponenty a roste podíl spessartinové komponenty. Stejný trend vykazují i granitoidy z území arabského štítu (DU BRAY 1988) a And (DAHLQUIST et al. 2007). Z tabulky 2 vyplývá, že stejný trend vykazuje i pyropová složka, u grosulárové složky, která je v granátu nejméně (0,2–1,1 %), zonálnost prokázána nebyla. Zřetelně se však projevuje závislost složení granátu na chemismu horniny. Nevýrazně porfyrický granit z Nové Vsi má přibližně 4× vyšší obsah MgO a CaO než granity z Černé Studnice a Muchova. Rovněž granát z granitu z Nové Vsi má 4× vyšší obsah grosulárové a téměř 8× vyšší obsah pyropové složky než granáty z Černé Studnice a Muchova.

### Závěr

Granáty z tanvaldského granitu jsou členy almandin-spessartinové řady (obr. 3 a 4).

Oranžově červený almandin-spessartinový granát z tan-

valdského granitu je magmatického původu, což dokládá jeho složení a charakter zonální stavby (od středu k okraji ubývá almandinová a roste spessartinová komponenta).

Granát tvoří většinou izometrické a idiomorfní krystalky ve velikosti do 0,5 mm (obr. 2). Jeho průměrné složení (centrum–okraj) je: alm<sub>0,75–0,61</sub>, spess<sub>0,15–0,38</sub>, pyr<sub>0,2–0,7</sub>, gross<sub>0,02–0,1</sub>.

Nízký obsah grosulárové složky odpovídá mělké hloubce (< 4 kbar) krystalizace tanvaldského granitu i nízkému obsahu Ca v tomto granitu.

### Literatura

- DAHLQUIST, J. A. – GALINDO, C. – PANKHURST, R. J. – RAPELA, C. W. – AALSINO, P. H. – SAAVEDRA, J. – FANNING, C. M. (2007): Magmatic evolution of the Pañón Rosado granite: Petrogenesis of garnet-bearing granitoids. – *Lithos*, 95, 177–207.
- DU BRAY, E. A. (1988): Garnet composition and their use as indicators of peraluminous granitoids petrogenesis – southeastern Arabian Shield. – *Contr. Mineral. Petrology*, 100, 205–212.
- FEDIUKOVÁ, E. (1963): Těžké minerály v liberecké a železnobrodské žule. – *Čas. Mineral. Geol.*, 8, 12–20.
- KLOMÍNSKÝ, J. (1969): Krkonoško-jizerský granitoidní masív. – *Sbor. geol. Věd, Geol.*, 15, 7–133.
- KLOMÍNSKÝ, J., ed. (2006): Základní geologická mapa České republiky 1 : 25 000 s Vysvětlivkami, 03-323 Jablonec nad Nisou. – 62 s., Čes. geol. služba, Praha.
- KLOMÍNSKÝ, J. – SCHOVÁNEK, P. – JARCHOVSKÝ, T. – SULOVSÝ, P. – TOUŽIMSKÝ, M. (2007): Kontakt tanvaldského a libereckého granitu u Jablonce nad Nisou. – *Zpr. Výzk. v Roce 2006*, 24–29.
- KVIČINSKÝ, Z. (1986): Postavení tanvaldského granitu ve vztahu k horninám krkonoško-jizerského a lužického plutonu. – *Věst. Ústř. Úst. geol.*, 61, 6, 361–365.
- LE MAITRE, R. W., Ed. (2002): *Igneous rocks, a classification and glossary of terms*. – Cambridge.
- MARHEINE, D. – KACHLÍK, V. – MALUCKI, H. – PATOČKA, F. – ŽELAZNIEWICZ, A. (2002): The Ar-Ar ages from the West Sudetes (NE Bohemian Massif): constraints on the Variscan polyphase tectonothermal development. – *Geol. Soc. London, Spec. Publ.*, 201, 133–155.
- MILLER, C. F. – STODDARD, F. (1981): The role of manganese in the paragenesis of magmatic garnet: an example from the Old Woman-Piute Range, California. – *J. Geol.*, 89, 233–246.