

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Geologie

Studijní obor: Geologie



Barbora Pišová

Krystalová a molekulární struktura granátů z vybraných lokalit Českého středohoří
Crystal and molecular structure study of garnets from selected localities of the České středohoří Mts.

Bakalářská práce

Vedoucí práce/Školitel: RNDr. Roman Skála, Ph.D.

Praha, 2018

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 18. 5. 2018

Podpis



Abstrakt

Pro granáty plášťových těles peridotitů a eklogitů vnesených terciárními vulkanity Českého středohoří byly elektronovým mikroanalyzátozem stanoveny obsahy hlavních a vedlejších prvků. Granáty jsou homogenní a odpovídají ze 65-70% pyropu, dalšími významnou měrou zastoupenými koncovými členy jsou almandin, uvarovit a grosulár. Stejnou metodou byly nalezeny a charakterizovány inkluze chemicky odpovídající amfibolům pargasitu, cummingtonitu, magnesiohornblendu a katoforitu. Dále byly nalezeny inkluze omfacitu, karbonátů, flogopitu, klinochlóru, olivínu, apatitů, minerálů ze skupiny spinelidů a sulfidické fáze patrně blízké pentlanditu. Dále byly vzorky analyzovány práškovou rentgenovou difrakcí. Kvalitativní fázová analýza potvrdila homogenitu pyropů. Zpřesnění parametrů krystalové struktury bylo provedeno pomocí Rietveldovy metody. Ramanova mikrospektroskopie ukázala posuny jednotlivých pásů povolených vibračních módů oproti datům uváděným pro čistý pyrop. Jejich pozice se liší z důvodu substituce Ca za Mg v dodekaedrických pozicích struktury.

Byly pozorovány kladné korelace vzájemně mezi prvky Cr, Ca, Mg, Al, Si, Mn, Ti a Na. Kladné korelace byly zjištěny i mezi hustotou a prvky Ca a Cr. Kladné korelace byly pozorovány i mezi mřížkovými parametry a obsahem CaO. Korelace s mřížkovými parametry a obsahy CaO byly rozpoznány rovněž u vibrací ν_1 , ν_2 , ν_4 granátu a mezi pásy rotací a translací tetraedru $(\text{SiO}_4)^{4-}$.

Data o chemickém složení byla zhodnocena také z hlediska klasifikačních schémat využívaných k určení zdrojového materiálu při diamantové prospekci. Granáty pocházejí většinou z lherzolitů nebo megakrystů; jedno zrno bylo klasifikováno jako eklogitové. Podle obsahu Cr_2O_3 a CaO studované granáty padají do pole stability grafitu, proto je významnější výskyt makrodiamantů v Českém středohoří nepravděpodobný.

Klíčová slova: granáty, pyrop, krystalová struktura, molekulová struktura, České středohoří, elektronová mikroanalýza, rentgenová difrakce, Ramanova spektroskopie, vibrační spektroskopie, inkluze, Rietveldova metoda

Abstract

Major and minor element contents of garnets from mantle peridotites and eclogites brought to the surface by volcanic rocks of the České středohoří Mts. were determined by an electron probe microanalyzer. Garnets are homogenous and their chemical composition corresponds to solid solution containing 65-71 % pyrope, other end members significantly present are almandine, uvarovite and grossularite. This method also help to discover polyphase inclusions chemically corresponding to amphiboles (pargasite, cummingtonite, magnesio-hornblende and katophorite). Next to amphiboles following minerals were found in inclusions: omphacite, carbonates, phlogopite, clinocllore, olivine, apatite, spinel group minerals, and sulfidic phases potentially close to pentlandite. Samples were also analyzed by powder X-ray diffraction. Qualitative phase analysis confirmed pyrope homogeneity. The refinement of crystal structure parameters was performed by the Rietveld method. Raman microspectroscopy showed shifts of individual bands in the Raman spectra compared to those of pure pyrope. Position of bands in spectra differs due to the substitution of Ca for Mg at the dodecahedral sites of the structure.

Mutual positive correlations among elements Cr, Ca, Mg, Al, Si, Mn, Ti and Na were observed. Correlations were found also between the calculated density and Ca and Cr. Further, positive correlations were observed between lattice parameters and CaO contents. Correlation between lattice parameters or CaO contents with Raman spectra bands due to vibrations ν_1 , ν_2 , ν_4 , rotation and translation of tetrahedra $(\text{SiO}_4)^{4-}$ were recognized.

The data on chemical composition were evaluated in terms of classification schemes used in diamond prospection. Based on these classifications, the source rocks of garnets correspond to lherzolite, megacrysts or to eclogite in one case. Content of Cr_2O_3 and CaO place the studied garnets into the stability field of graphite and consequently the massive occurrence of macrodiamonds is unlikely.

Keywords: garnets, pyrope, crystal structure, molecular structure, České středohoří Mts., electron probe microanalysis, X-ray diffraction, Raman spectroscopy, vibrational spectroscopy, inclusions, Rietveld method

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala svému školiteli RNDr. Romanu Skálovi, Ph.D. za vedení práce, jeho podporu, rady, konzultace a diskuzi, které přispěly ke vzniku této práce. Dále chci tímto poděkovat doc. RNDr. Jaromíru Ulrychovi, Dr.Sc. z Geologického ústavu AV ČR, v. v. i. v Praze za poskytnutí části materiálu a informací ke geologické stavbě a historii lokalit a jejich okolí. Také bych chtěla poděkovat Mgr. Noemi Mészárosové a Mgr. Petru Mikyskovi za jejich pomoc při dokumentaci a analyzování vzorků pomocí metod skenovací elektronové mikroskopie, elektronové mikroanalýzy a práškové rentgenové difrakce. Leštěné nábrusy připravila Jaroslava Jabůrková. Veškerá analytická data byla získána v Oddělení analytických metod GLÚ AV ČR, v.v.i., Praha za podpory institucionálního výzkumného programu RVO 67985831. Rovněž je mojí milou povinností poděkovat rodičům za finanční podporu při studiu.

Obsah

| | |
|--|----|
| Prohlášení..... | 2 |
| Abstrakt..... | 3 |
| Abstract..... | 4 |
| Poděkování..... | 5 |
| 1. Úvod..... | 1 |
| 1.1 České granáty..... | 2 |
| 1.2 Geologie oblasti..... | 3 |
| 1.3 Krystalochemie granátů..... | 5 |
| 1.4 Molekulární struktura granátů..... | 7 |
| 1.5 Výskyty diamantů v oblasti..... | 8 |
| 1.6 Inkluze v granátech..... | 9 |
| 1.7 Granát jako indikátorový minerál pro diamantovou prospekci..... | 10 |
| 1.8 Cíle práce..... | 10 |
| 2. Vzorky a metody výzkumu..... | 11 |
| 2.1 Vzorky..... | 11 |
| 2.2 Optická mikroskopie..... | 13 |
| 2.3 Skenovací elektronová mikroskopie..... | 13 |
| 2.4 Kvantitativní chemická analýza elektronovým mikroanalyzátozem..... | 14 |
| 2.5 Prášková rentgenová difrakce..... | 16 |
| 2.6 Ramanova mikrospektrometrie..... | 17 |
| 3. Výsledky..... | 19 |
| 3.1 Vzhled zrn granátů..... | 19 |
| 3.2 Chemické složení granátů..... | 19 |
| 3.3 Krystalová struktura..... | 26 |
| 3.4 Molekulární struktura..... | 27 |

| | |
|--|----|
| 3.5 Inkluze..... | 29 |
| 3.6 Korelace chemického složení a fyzikálních parametrů..... | 32 |
| 4. Diskuze..... | 34 |
| 5. Závěr..... | 42 |
| Literatura..... | 43 |
| Přílohy..... | 48 |
| Příloha 1: Chemické analýzy vzorků..... | 48 |
| Příloha 2: Výsledky zpřesnění krystalové struktury..... | 56 |
| Příloha 3: Spektra granátů..... | 57 |
| Příloha 4: Příklady inkluzí v BSE..... | 61 |
| Příloha 5: Chemické složení inkluzí amfibolů z lokalit Žejdlík a Linhorka..... | 62 |
| Příloha 6: Interpretace Ramanových spekter..... | 68 |
| Příloha 7: Geotermobarometrie..... | 69 |

Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obrázek 1: Tetraedry $Z\phi_4$ a oktaedry $Y\phi_6$ ve struktuře granátu vytvářejí dodekaedrické dutiny zaplňované kationty typu X. Tetraedry $Z\phi_4$ své geometrické prvky navzájem nesdílejí, jedná se o příklad nesilikátové struktury. | 6 |
| Obrázek 2: Dodekaedry ve struktuře granátu. | 6 |
| Obrázek 3: Lokality studovaných granátů: 1. Malý Syslík, 2. Linhorka, 3. potok Žejdlík, 4. Chrášťany. Mapa je odvozena z geologické mapy ČR 1: 50 000 (https://mapy.geology.cz/geocr50/)..... | 12 |
| Obrázek 4: Řez zrnem granátu z lokality Linhorka dokumentovaný elektronovým mikroskopem za použití detektoru BSE, na řezu jsou patrné některé krystalové plochy krystalu..... | 13 |
| Obrázek 5: 2D mapa skenu polarizátoru od 0° do 180° , jsou viditelná maxima a minimum intenzity Ramanova rozptylu..... | 18 |
| Obrázek 6: 2D mapa skenu analyzátoru, kde je patrné úplné vymizení hlavních pásů Ramanova spektra granátu | 18 |
| Obrázek 7: Liniový sken 3. fialového zrna z lokality Žejdlík (EDS)..... | 20 |
| Obrázek 8: Liniový sken orientovaný kolmo k předchozímu (Obrázek 5) cca v polovině řezu zrna (EDS) | 20 |
| Obrázek 9: Rietveldovo zpřesnění difraktogramu pro vzorek MS_2. Na ose x je difrakční úhel a na ose y druhá odmocnina intenzity v pulzech za sekundu | 26 |
| Obrázek 10: Fotolumiscence granátu z lokality Malý Sysel vyvolaná laserem o vlnové délce 532 nm..... | 28 |
| Obrázek 11: Vymizení 3 hlavních pásů v polarizovaných Ramanových spektrech granátu Grt_2_26 z Linhorky | 29 |
| Obrázek 12: Inkluze flogopitu v asociaci s omfacitem v jednom z červených granátů z lokality Linhorka Vysvětlivky: Omp=omfacit, Phl=flogopit..... | 30 |
| Obrázek 13: Negativní korelace Ramanova posunu deformační vibrace ν_2 tetraedru (Si-O) o symetrii A_{1g} s velikostí mřížkového parametru..... | 33 |
| Obrázek 14: Negativní korelace Ramanova posunu deformační vibrace ν_4 tetraedru (Si-O) symetrie F_{2g} s velikostí mřížkového parametru..... | 33 |
| Obrázek 15: Pozice granátů v rozlišovacím diagramu plášť/kůra podle Schulzeho klasifikace (2003). Symboly Fe, Mg a Ca představují průměry atomových procent prvků..... | 36 |

| | |
|---|----|
| Obrázek 16: Klasifikační diagram rozlišující eklogitové granáty od peridotitových se zobrazenými průměry atomových procent prvků granátů; diagram podle Schulzeho (2003)..... | 37 |
| Obrázek 17: Rozdělení studovaných vzorků podle obsahu (hm%) TiO_2 a Cr_2O_3 , megakrystové granáty padají do pole $\text{TiO}_2 > 0,5\%$ a $\text{Cr}_2\text{O}_3 < 4\%$; diagram podle Schulzeho (2003) | 37 |
| Obrázek 18: Rozlišení granátů podle obsahu (hm%) Cr_2O_3 a CaO do polí harzburgitového, lherzolitového a wehrlitového, podle Schulzeho, (2003). Studované granáty padají do lherzolitového pole grafu..... | 38 |
| Obrázek 19: Diagram znázorňující rozdíly tlaků pro různé geotermy s použitím Mn termometru podle Grütterer <i>et al.</i> , (1999) | 39 |
| Obrázek 20: Diagram znázorňující výsledky výpočtů teploty (Creighton, 2009) a tlaku vzniku granátů (Grütter <i>et al.</i> , 2004) pro jednotlivé geotermy..... | 40 |
| Obrázek 21: Diagram CaO vs. Cr_2O_3 znázorňující pole G9 a G10, která protíná křivka GDC, definující grafitové (pod křivkou) a diamantové pole (nad křivkou) (Grütter <i>et al.</i> , 2006)..... | 41 |
| Obrázek 22: Srovnání fotoluminiscence granátů z lokalit Linhorka, Chrášťany a Malý Syslík na ose y je znázorněna intenzita signálu..... | 57 |
| Obrázek 23: Fotoluminiscence granátu z lokality Linhorka, na ose y je znázorněna intenzita signálu | 57 |
| Obrázek 24: Fotoluminiscence granátu z lokality Malý Syslík, na ose y je znázorněna intenzita signálu .. | 58 |
| Obrázek 25: Fotoluminiscence granátu z lokality Malý Syslík..... | 58 |
| Obrázek 26: Fotoluminiscence granátu z lokality Chrášťany | 58 |
| Obrázek 27: Polarizovaná Ramanova spektra granátu CH_3 | 59 |
| Obrázek 28: Polarizovaná Ramanova spektra granátu Grt_1_13 z Linhorky | 59 |
| Obrázek 29: Analýza symetrie polarizovaného Ramanova spektra granátu grt_1_13..... | 60 |
| Obrázek 30: Analýza symetrie polarizovaného Ramanova spektra granátu grt_1_13..... | 60 |
| Obrázek 31: Polyfázové inkluze z lokalit Chrášťany, Linhorka a Žejdlík s jednou ukázkou monofázové inkluze pentlanditu = Pn. Prg = pargasit, Ap = apatit, Spl = spinel, Mnz = monazit, Omf = omfacit, Dol = dolomit, Mgs = magnezit, Phl = flogopit; Zkratky minerálů použity podle Siivoly & Schmida (2007). | 61 |

Seznam Tabulek

| | |
|--|----|
| Tabulka 1: Přehled silikátových granátů podle Grew <i>et al.</i> (2013) s doplněním parametrů podle Anthonyho <i>et al.</i> (2018)..... | 1 |
| Tabulka 2: Fyzikální vlastnosti a chemické složení pyropů ze serpentinizovaných peridotitů vrtu T-7 (Fiala, 1965)..... | 2 |
| Tabulka 3: Analýza symetrie kubické granátové struktury a přehled interních a externích módů v Ramanových spektrech (Kolesov & Geiger, 1998)..... | 7 |
| Tabulka 4: Povolené módy (označeny křížkem) v polarizovaných Ramanových spektrech v závislosti na orientaci studovaného zrna (Kroumova, <i>et al.</i> , 2003). Uvažována je geometrie zpětného rozptylu a k popisu použita notace Porto..... | 8 |
| Tabulka 5: Vysvětlení značení vzorků studovaných lokalit..... | 11 |
| Tabulka 6: Podmínky stanovení chemického složení granátů pomocí elektronového mikroanalyzátoru Cameca SX-100..... | 14 |
| Tabulka 7: Podmínky stanovení chemického složení karbonátových fází pomocí elektronového mikroanalyzátoru Cameca SX-100..... | 15 |
| Tabulka 8: Podmínky stanovení chemického složení silikátových fází pomocí mikroanalyzátoru Cameca SX-100..... | 16 |
| Tabulka 9: Průměrné chemické analýzy a počty atomů na vzorcovou jednotku v jednotlivých pozicích struktury pro studované granáty | 22 |
| Tabulka 10: Parametry Ramanova spektra vzorku CH_2..... | 27 |
| Tabulka 11: Typy inkluzí a četnost jejich výskytu na jednotlivých lokalitách | 31 |
| Tabulka 12: Rozdělení granátů podle klasifikací Grütterra <i>et al.</i> (2004) a Schulzeho (2003) | 38 |
| Tabulka 13: Chemické složení granátů z lokalit Chrást'any, Malý Syslík, Linhorka a Žejdlík | 48 |
| Tabulka 14: Průměrné empirické vzorce granátů..... | 55 |
| Tabulka 15: Zpřesnění krystalové struktury studovaných granátů..... | 56 |
| Tabulka 16: Chemické složení a počty atomů na vzorcovou jednotku v jednotlivých pozicích struktury pro studované inkluze amfibolů z lokality Žejdlík | 62 |

| | |
|--|----|
| Tabulka 17: Chemické složení a počet atomů na vzorcovou jednotku v jednotlivých pozicích struktury pro studované inkluze amfibolů z lokality Linhorka | 64 |
| Tabulka 18: Pozice pásů Ramanových spekter a jejich interpretace podle údajů Hofmeistera & Chopelase (1991) a Kolesova & Geigera (1998). | 68 |
| Tabulka 19: Geotermobarometrie vzorků na základě výpočtů teplot podle Creightona (2009), Grütterera <i>et al.</i> (1999) a tlaků podle Grütterera <i>et al.</i> (1999) a kalibrace na jiné geotermy podle Cookembooa & Grütterera (2010) při rozdělení do suit podle Grütterera (2004) | 69 |

Seznam použitých zkratek

AV ČR – Akademie věd České republiky

BSE – metoda zpětně odražených elektronů

CEVP – centrální evropská vulkanická provincie

DIM – indikátorové minerály pro výskyt diamantů

EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) – energiově disperzní spektroskopie

EPMA – (Electron Probe Micro-Analyzer) – elektronový mikroanalyzátor

GDC – grafit – diamant přechod

GLÚ – Geologický ústav

GPS – Global Positioning System – globální polohový systém

P – tlak

P38 – geoterma s tepelným tokem 38 mW/m^2

SEM – skenovací elektronová mikroskopie

T – teplota

UHP – ultra vysoký tlak

UHT – ultra vysoká teplota

Ma – milióny let

1. Úvod

Silikátové granáty (granáty *sensu stricto*) představují významné horninotvorné minerály, vyskytující se v korových i plášťových horninách. Krystalizují v horninách magmatických i metamorfních při středně vysokých teplotách a středních až ultra vysokých tlacích. Díky své mechanické i chemické odolnosti a stálosti je můžeme najít i v sedimentárních horninách jako detritickou složku. Jejich tvrdost podle Mohse se pohybuje v rozmezí 6,5 – 8,5 a hustota v rozmezí 3,4 – 4,6 g/cm³ v závislosti na chemickém složení, které obecně odráží podmínky jejich krystalizace. Chemické složení, a to včetně přítomnosti vedlejších či stopových prvků, určuje i barevnost granátů. Naprostá většina granátů je kubických s prostorovou grupou $Ia\bar{3}d$. V současné době jsou v rámci mezinárodní nomenklatury klasifikovány jako součást tzv. superskupiny granátů (Grew *et al.*, 2013), do níž mimo běžných silikátových granátů náleží i minerály z dalších tříd mineralogického systému (oxidy, hydroxidy, halidy, arsenáty a vanadáty). Silikátové granáty přitom aktuálně zahrnují 14 nerostných druhů uvedených spolu s jejich složením a dalšími charakteristikami v Tabulce 1.

Tabulka 1: Přehled silikátových granátů podle Grew *et al.* (2013) s doplněním parametrů podle Anthonyho *et al.* (2018)

| Koncové členy | Chemické složení | a () | Symetrie | Hustota (calc) | Barva |
|---------------|---|---------------|---------------|----------------|-----------------------|
| menzerit -(Y) | {Y ₂ Ca}[Mg ₂](Si ₃)O ₁₂ | 11,995 | <i>la 3 d</i> | 4,31 | tmavě červenohnědá |
| pyrop | {Mg ₃ }[Al ₂](Si ₃)O ₁₂ | 11,459 | <i>la 3 d</i> | 3,54 | fialovočervená |
| grosulár | {Ca ₃ }[Al ₂](Si ₃)O ₁₂ | 11,851 | <i>la 3 d</i> | 3,59 | různá |
| spesartin | {Mn ₃ ²⁺ }[Al ₂](Si ₃)O ₁₂ | 11,621 | <i>la 3 d</i> | 4,18 | červenooranžová |
| almandin | {Fe ₃ ²⁺ }[Al ₂](Si ₃)O ₁₂ | 11,526 | <i>la 3 d</i> | 4,31 | tmavě červená |
| eringait | {Ca ₃ }[Sc ₂](Si ₃)O ₁₂ | 12,255 | <i>la 3 d</i> | - | světle hnědožlutá |
| goldmanit | {Ca ₃ }[V ₂ ³⁺](Si ₃)O ₁₂ | 12,06 | <i>la 3 d</i> | 3,77 | tmavě zelená až hnědá |
| momoit | {Mn ₃ ²⁺ }[V ₂ ³⁺](Si ₃)O ₁₂ | 11,92 | <i>la 3 d</i> | 4,01 | nazelenalá žlutá |
| knorringit | {Mg ₃ }[Cr ₂ ³⁺](Si ₃)O ₁₂ | 11,65 | <i>la 3 d</i> | 3,85 | zelená |
| uvarovit | {Ca ₃ }[Cr ₂ ³⁺](Si ₃)O ₁₂ | 11,988 | <i>la 3 d</i> | 3,85 | smaragdově zelená |
| andradit | {Ca ₃ }[Fe ₂ ³⁺](Si ₃)O ₁₂ | 12,058 | <i>la 3 d</i> | 3,86 | různá |
| calderit | {Mn ₃ ²⁺ }[Fe ₂ ³⁺](Si ₃)O ₁₂ | 11,81 | <i>la 3 d</i> | 4,07 | tmavě hnědá až žlutá |
| majorit | {Mg ₃ }[SiMg](Si ₃)O ₁₂ | 11,524-11,543 | <i>la 3 d</i> | 4,00 | fialová |
| morimotoit | {Ca ₃ }[TiFe ²⁺](Si ₃)O ₁₂ | 12,162 | <i>la 3 d</i> | 3,75 | černá |

1.1 České granáty

Průhledné, sytě červené granáty pyropového složení těžené pro šperkařské využití v oblasti Českého středohoří jsou tradičně nazývány českými granáty. Dříve probíhala těžba i v Podkrkonoší a na Kolínsku. První písemný doklad o těžbě granátů oblasti Českého středohoří pochází od [G. Agricoly \(1547\)](#). V okolí současně těžených lokalit probíhá těžba granátů pro šperkařské použití ale pravděpodobně už od 5. století. Předpokládáné „české granáty“ v artefaktech z 5. století byly prezentovány na výstavě v Petrohradě v roce 2009 ([Stehlíková, 2002](#)).

Výzkum granátických peridotitů v Českém masívu prokázal, při srovnání chemické stavby, obsahu chromu a dalších fyzikálních a chemických parametrů, že granáty z lherzolitů z hloubky 315 m z vrtu T-7 v Českém středohoří jsou nejvíce chromité v Českém masívu. Jednalo se o fialové granáty, které mají až 7 hm. % Cr_2O_3 , ve větších hloubkách byly nalezeny granáty s nižším obsahem Cr_2O_3 (Tabulka 2). S rostoucím obsahem Cr_2O_3 se zvyšuje index lomu a mění se odstín od oranžové do fialova. S těmito parametry se zvyšuje také hustota ([Fiala, 1965](#)).

Tabulka 2: Fyzikální vlastnosti a chemické složení pyropů ze serpentinizovaných peridotitů vrtu T-7 (Fiala, 1965)

| Název vzorku | 1-a | 1-b | 1-c | 1-d |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|---------|---------|
| Hloubka (m) | 434 | 343 | 343 | 315 |
| Barva | oranžovočervená | oranžovočervená | červená | fialová |
| Index lomu | 1,7 | 1,744 | 1,748 | 1,765 |
| Hustota | 3,688 | 3,704 | 3,718 | 3,72 |
| Chemické složení granátů | | | | |
| SiO_2 | 42,47 | 42,53 | 42,24 | 41,47 |
| TiO_2 | 0,43 | 0,61 | 0,66 | 0,28 |
| Al_2O_3 | 22,74 | 22,32 | 21,44 | 18,41 |
| FeO | 0,35 | 0,88 | 1,23 | 0,52 |
| Cr_2O_3 | 0,85 | 0,95 | 1,79 | 6,85 |
| Feo | 7,85 | 7,88 | 7,84 | 6,81 |
| MnO | 0,31 | 0,37 | 0,35 | 0,33 |
| CaO | 4,39 | 4,01 | 4,05 | 6,06 |
| MgO | 20,62 | 20,76 | 20,78 | 19,39 |
| Suma | 100,01 | 100,31 | 100,38 | 100,12 |

Barevnou variabilitu granátů z pyropových karbonských štěrků odebraných v Kuzovském potoce (Žejdlíku) j. od obce Staré, v Podsedicích a z potoka Voračovka pod Dřemčicemi, popisují [Králová &](#)

Bauer (1959), kteří stanovili rovněž hustotu granátů, a to jako $4,15 \text{ g/cm}^3$, a index lomu: žlutohnědé granáty mají $n_{\text{Na}} = 1,774$ a světle růžové granáty jsou charakterizovány $n_{\text{Na}} = 1,789$.

1.2 Geologie oblasti

Komplex Českého středohoří zaujímá území o rozloze 1200 km^2 . Je pozůstatkem vulkanické aktivity v pozdní křídě a terciéru. Leží na předpokládaném centrálním zlomu. Podle novějších výzkumů (Kopecký, 2010; Ulrych *et al.*, 2011) v této oblasti nejdříve probíhal explozivní vulkanismus hlavně v severní části při JV okraji území podél litoměřického zlomu. Dále vulkanismus pokračoval výlevy bazanitů, které byly rozrušeny v úlomkovité hyaloklastity při styku s vodním prostředím. V další fázi nastaly výlevy trachybazaltů, vznikaly také akumulace tufů a pestrá škála intrudujících hornin od bazaltických, přes trachyty a fonolity, až k acidním a intermediálním horninám jako jsou essexity, sodalitické syenity a jejich žilné variety. Poslední fázi sopečné aktivity byly intruze dnes analcimizovaných nefelinických bazanitů tvořící ložní žíly, které pronikly miocenními sedimenty (Kopecký, 2010). Vulkanismus úzce souvisel s riftovými stádii. Podle novějších výzkumů rozlišujeme tři stádia riftingu a pět vulkanických epizod (Ulrych *et al.*, 2011).

Předriftové stádium, které se odehrávalo před 79 - 49 Ma, je charakteristické melilititovo-nefelinitovou sérií, zahrnující melilititové melafyry, olivinické melilitity a olivinické nefelinity, které se soustředily v severovýchodní části podél okrajových zlomů oherského riftu v oblasti mezi Českým středohořím a Lužicí a také podél lužického zlomu. Tyto horniny souvisí s počáteční fází riftingu a mohou dokonce představovat prekurzor eocenního riftingu a jsou odlišné složením i stářím od hornin charakteristických pro kenozoickou evropskou vulkanickou provincii (CEVP). Byly reprezentovány hlavně subvulkanickými tělesy, které již byly přemístěny do české křídové pánve jako sediment. Povrchové produkty se nezachovaly (Ulrych *et al.*, 2011).

Druhé stádium vulkanismu bylo současné s riftovým stádiem, které odráží hlavní vulkanickou a tektonickou aktivitu odehrávající se před 42 - 16 Ma soustředěnou v oherském riftu a labsko-oderském zlomovém pásmu. V této fázi vznikla jak intruzivní, vulkanická a žilná tělesa, tak značné akumulace vulkanoklastik. Toto stádium bylo charakteristické vulkanismem dvou sérií horninových typů: slabě alkalickou sérií hornin od bazanitů přes trachybazalt a alkalické olivínem bohaté bazalty až trachyty a silně alkalickou sérií hornin reprezentovanou nefelinitem, tefritem až fonolitem. Subsidence pánví v oherském riftu byla zahájena ve středním až svrchním eocénu. Tvary intruzivních

těles naznačují V-Z extenzi. Orientace extenze se před 34 Ma změnila na S-J směr, a následně na SZ-JV směr mezi 24 – 16 Ma (Ulrych *et al.*, 2011).

Třetí pozdně riftové stádium se zde odehrávalo v období mezi 16 – 0,26 Ma a je děleno na tři vulkanické epizody se střídajícím se režimem komprese s krátkou tenzí následovanou kompresí (Ulrych *et al.*, 2011).

První vulkanická epizoda probíhala v období středního až pozdního miocénu. Vulkanická aktivita měla charakter olivinických foiditů. Na okrajích oherského riftu a v labsko-oderském zlomovém pásmu stáří vulkanitů odpovídá stáří v rozmezí 13 – 9 Ma. Největší objem vzniklých hornin byl soustředěn v chebsko-domažlické pánvi se stářím 12,5 – 8 Ma. Mezi horninami jsou zastoupeny hlavně horniny slabě alkalické série bazanitů až trachybazaltů a trachyandezitů až ryolitů. Horniny silně alkalické série jsou v malém množství situovány v západních Čechách. Tato perioda se vyznačuje dvěma závěrečnými kompresními fázemi, které jsou odpovědné za tektonickou inverzi sedimentární výplně pánvi v oherském riftu a za transkurentní pohyby na zlomech labsko-oderské zlomové zóny (Ulrych *et al.*, 2011).

Od svrchního miocénu do spodního pleistocénu (6 – 0,9 Ma) probíhala druhá epizoda vulkanismu. Pro toto období byly charakteristické výlevy olivinického nefelinitu až bazanitu asociovaného podél lužického zlomu (~5 Ma). Stejně petrologické složení vykazují horniny vázané na labsko-oderský zlomový systém na severní Moravě a ve Slezsku, datování se liší podle autorů, ale je v rozmezí 4,58 – 0,80 Ma. Během této epizody byl Český masív pod napěťovým polem SZ-JV, což zapříčinilo vyzvednutí severního ramena oherského riftu. Na hranici spodního a svrchního pleistocénu následovala extenze v SV-JZ směru (Ulrych *et al.*, 2011).

Třetí epizoda této periody probíhala ve svrchním pleistocénu (0,9 – 0,26 Ma) a zahrnuje nejmladší vulkanické horniny Českého masívu se složením olivinických melilititů až olivinických nefelinitů, které vázány na nejzápadnější část oherského riftu. S velkým rozptylem stáří, lišícím se podle autorů (Šibrava & Havlíček, 1980; Lustrino & Wilson, 2007; Wagner *et al.*, 2002) od 1 – 0,17 Ma. Vzácné bazanity až olivinické nefelinity až olivinické bazalty jsou soustředěny podél labsko-oderského zlomového systému na severní Moravě a ve Slezsku (Ulrych *et al.*, 2011).

Z vulkanických těles jsou dnes zachovány jen vyplněné přírodní dráhy těles a obnažená subvulkanická tělesa (Chlupáč *et al.*, 2002).

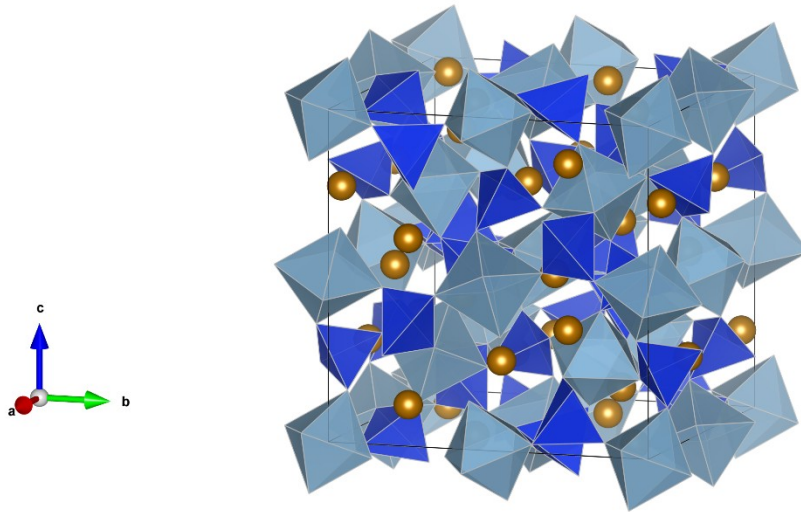
Časté granulitové, wehrlitové a dunitové xenolity v bazaltické intruzivní brekcii z diatrém Linhorokya a Granátového vrchu vzájemně 6 km vzdálených, spolu s údaji z vrtů T-30 a T-32 (Seifert & Vrána,

2005) přinesly informace o složení podloží v JZ části podél litoměřického zlomu. Páskované ultramafické 250 m mocné těleso bylo objeveno v granulitovém podloží vrtem T-7 v hloubkách mezi 209 a 436 m (Fiala & Paděra, 1977; Seifert & Vrána, 2005), vzdáleném 90 m SV od diatrémy Linhoruky. Toto těleso se skládá hlavně z granátového lherzolitu s červenými pyropy, dunitu s fialovými pyropy a eklogitu (Kopecký, 2010). Data získaná z xenolitů a vrtu byla použita při sestavování geologické mapy krystalinického podloží, kde převažují granátické svory, ruly, granulitické ruly, granulity, migmatity a čočkovitá tělesa granátických peridotitů. Dále je podloží tvořeno fenity a karbonatity (erupce Košťál u Třebenic) a hojně jsou rozšířeny charnockity, což prokazuje zvýšenou tektono-termální aktivitu v době svrchního paleozoika. Tento vývoj oblasti mezi okrajovými zlomovými poruchami odpovídá předriftovému stádiu podle Razvaljajeva (Kopecký, 2010).

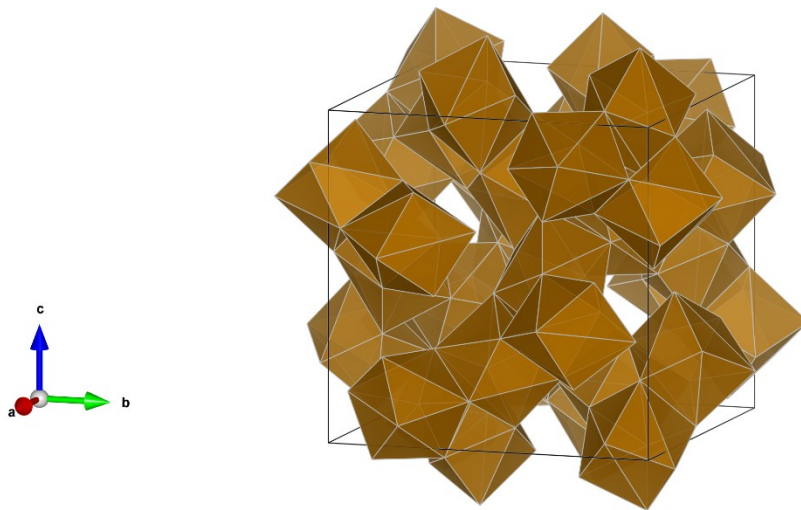
1.3 Krystalochemie granátů

Obecný vzorec minerálů ze superskupiny granátu je $\{X_3\}[Y_2](Z_3)\phi_{12}$. Počet vzorcových jednotek v základní buňce je $Z = 8$. Většina silikátových granátů je kubických s prostorovou grupou $Ia\bar{3}d$. Kationty X , Y a Z jsou umístěny ve speciálních pozicích s Wyckoffovými symboly $24c$, $16a$ a $24d$, anionty ϕ jsou umístěny v obecné poloze, $96h$.

Struktura se skládá z tetraedrů $Z\phi_4$ a oktaedrů $Y\phi_6$, které sdílí své rohy, čímž tvoří trojdimenzionální síť (Obrázek 1). Uzavřením dutin v této síti vznikají trojúhelníkové dodekaedry okolo pozic X (Obrázek 2). Každý aniont je koordinován jedním kationtem Z , jedním Y a dvěma kationty X , což má za následek vysoké procento sdílených hran dodekaedrů s hranami tetraedrů a oktaedrů. Ovšem hrany tetraedrů a oktaedrů nejsou vzájemně sdíleny (Grew *et al.*, 2013).



Obrázek 1: Tetraedry $Z\phi_4$ a oktaedry $Y\phi_6$ ve struktuře granátu vytvářejí dodekaedrické dutiny zaplňované kationty typu X. Tetraedry $Z\phi_4$ své geometrické prvky navzájem nesdílejí, jedná se o příklad nesilikátové struktury.



Obrázek 2: Dodekaedry ve struktuře granátu.

1.4 Molekulární struktura granátů

Struktura granátu umožňuje vznik 240 vibrací v primitivní buňce. Pozice kationtů X má bodovou symetrii $222 (D_2)$, bodová symetrie pozice obsazované kationty Y je $\bar{3} (C_{3i})$ a tetraedricky koordinované kationty jsou v pozici s bodovou symetrií $\bar{4} (S_4)$. Ireducibilní reprezentace v bodě Γ je:

$$\Gamma = 3A_{1g} + 5A_{2g} + 8E_g + 14F_{1g} + 14F_{2g} + 5A_{1u} + 5A_{2u} + 10E_u + 17F_{1u} + 16F_{2u}$$

V Ramanových spektrech je povolených celkově 25 módů ($3A_{1g} + 8E_g + 14F_{2g}$) odpovídajících vibracím zahrnujícím pozici X a interním a externím vibracím skupiny $Z\phi_4$ (pozice Y neposkytuje žádné vibrace pozorovatelné v Ramanových spektrech). Analýza symetrie spolu s přehledem módů aktivních v Ramanových spektrech je uvedena v Tabulce 3.

Tabulka 3: Analýza symetrie kubické granátové struktury a přehled interních a externích módů v Ramanových spektrech (Kolesov & Geiger, 1998)

| | Interní | | | | Externí | | |
|---|------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|-------------|-------------------|-------------------|
| | $(\text{SiO})_{\text{bond}}$ | | $(\text{Si-O})_{\text{str}}$ | | $T(X^{2+})$ | $T(\text{SiO}_4)$ | $R(\text{SiO}_4)$ |
| | $\nu_2(E)$ | $\nu_4(F_2)$ | $\nu_1(A_1)$ | $\nu_3(F_2)$ | | | |
| A_{1g} | 1 | - | 1 | - | - | - | 1(z) |
| E_g | 2 | 1 | 1 | 1 | 1(z) | 1(z) | 1(z) |
| F_{2g} | 1 | 3 | - | 3 | 2(x,y) | 3(x,y,z) | 2(x,y) |
| T translace, R zpomalené otáčení | | | | | | | |

Výběrová pravidla pro přítomnost jednotlivých pásů v polarizovaných Ramanových spektrech pro geometrii zpětného rozptylu jsou shrnuta pro základní orientace v Tabulce 4.

Tabulka 4: Povolené módy (označeny křížkem) v polarizovaných Ramanových spektrech v závislosti na orientaci studovaného zrna (Kroumova, *et al.*, 2003). Uvažována je geometrie zpětného rozptylu a k popisu použita notace Porto.

| | A _{1g} | E _g | F _{2g} |
|---------|-----------------|----------------|-----------------|
| -X(YY)X | x | x | · |
| -X(YZ)X | · | · | x |
| -X(ZZ)X | x | x | · |
| -Y(XX)Y | x | x | · |
| -Y(XZ)Y | · | · | x |
| -Y(ZZ)Y | x | x | · |
| -Z(XX)Z | x | x | · |
| -Z(XY)Z | · | · | x |
| -Z(YY)Z | x | x | · |

Ramanova spektra granátů obecně i přírodních silikátových granátů (nebo jejich syntetických analogy) byly předmětem mnoha studií (např. Moore & White, 1971 nebo Moroz *et al.*, 2009). Jednalo se jak o práce zaměřené na interpretace jednotlivých spektrálních projevů za laboratorních podmínek (Hofmeister & Chopelas, 1991; Kolesov & Geiger, 1998), tak studium spekter za zvýšených tlaků anebo teplot (Lin-gun Liu *et al.*, 1990; Manoun *et al.*, 2001; Kolesov & Geiger, 2002; Hofmeister *et al.*, 2004; Kohn, 2013; H. Albert Gilg & Norbert Gast, 2015).

1.5 Výskyty diamantů v oblasti

České středohoří, konkrétně obec Dlažkovice, je místem objevení prvního evropského makrodiamantu. Tento diamant měl velikost 4 x 2,5 mm a hmotnost 57 mg. Další diamant byl nalezen v koncentrátu těžkých minerálů ze stejné lokality (Ježek, 1927). Nicméně dalším rozsáhlým výzkumem v letech 1950 – 1970 (Kopecký *et al.*, 1967) nebyly žádné další makrodiamanty nalezeny. Později uváděný třetí český diamant (Bauer, 1959), byl později identifikován jen jako sklo s vysokým indexem lomu (Bouška *et al.*, 1993). Studie byly zaměřeny na vulkanické brekcie terciérního stáří, které byly interpretovány jako kimberlitům podobné diamantonosné horniny, protože obsahují granátem bohaté xenolity plášťového peridotitu a plášťových minerálů. Nicméně peridotity musely být obnaženy již na konci variské orogeneze, jelikož pyropy byly identifikovány i v karbonsko-permských a také pozdně křídových sedimentech. Stejně tak byly nalezeny i v pleistocénních štěrcích (Hibschi, 1920). Závěr výzkumu byl doprovázen vrtným průzkumem během diamantové prospekce,

čímž bylo zjištěno, že podloží tvoří vysokotlaký granulit, a granátický peridotit, jehož těleso je od jednoho metru do několika stovek metrů mocné s pruhy granátického lherzolitu a dunitu. Ramanovou spektroskopií byly zkoumány inkluze v granátech. Při tomto zkoumání byly identifikovány inkluze diamantů o velikosti 5 – 30 μm v granátech z granulitů. Byl také rozpoznán coesit jako uzavřenina v kyanitu, který byl uzavřeninou v granátu taktéž z granulitu (Kotková *et al.*, 2011).

1.6 Inkluze v granátech

Inkluze v minerálech mohou mít zásadní význam pro určení asociace minerálů v době krystalizace a také pro odhad teplotně-tlakových podmínek v jejím průběhu. V granátech se inkluze vyskytují běžně v různém množství a různých velikostech. Kotkovou. *Et al.* (2011) byly v granátech z granulitů z této oblasti objeveny inkluze dvou druhů grafitu společně s apatitem, rutilem, křemenem a minerály ze skupiny karbonátů. Dále byla objevena inkluze coesitu s lemem křemene v kyanitu, který byl kompletně uzavřen v granátu. Inkluze mikrodiamantů byly nalezeny v granátech i v kyanitech. Vránou (2007) byly ve středočeské oblasti okolo Kolína na lokalitách, jako jsou Bečváry, v Podkrkonoší na lokalitě Vestřev a na severočeské lokalitě Podsedice objeveny inkluze zirkonu, křemene, pyritu, hořečnatého ilmenitu, rutilu, olivínu, flogopitu, spinelu, apatitu, magnésitu, NiS, minerálu ze skupiny crichtonitu, enstatitu a amfibolu – pargasitu.

Největší chromité granáty byly nalezeny na Coloradském plató ve vulkanické oblasti Navajo, konkrétně v Garnet Ridge. V nich byly při výzkumu nalezeny inkluze ilmenitu, minerálu ze série crichtonitu ($\text{AM}_{21}\text{O}_{38}$, kde na A pozici vystupovalo Sr, Ca, Ba a LREE, na M pozici byly hlavně zastoupeny prvky jako: Ti, Cr, Fe, Zr), srilankitu (ZrTi_2O_6) a carmichaelitu. Nejvíce zastoupenými minerálními inkluzemi zde však byly karbonáty, amfiboly, flogopit, enstatit, olivín a chromdiopsid chlorapatit, spinel a rutil. (Wang *et al.*, 1998).

1.7 Granát jako indikátorový minerál pro diamantovou prospekci

Detailní studie minerálních inkluzí v diamantech i mineralogické výzkumy fází asociovaných s diamanty v horninovém prostředí (kimberlity, lamproity, eklogity, sedimentární akumulace) ukázaly, že diamanty jsou obecně doprovázeny poměrně úzkou asociací minerálů. Tyto minerály bývají kolektivně označovány jako indikátorové minerály výskytu diamantů (z anglického diamond indicator minerals, zkracováno DIM). Jedním z nejvýznamnějších minerálů této asociace je granát, převážně Cr a Ca obsahující pyrop (Gurney & Zweistra, 1995). Granát se tak stal s ohledem na svoji mechanickou i chemickou rezistenci významným DIM. Pro diamantovou prospekci tak bylo vytvořeno několik klasifikačních schémat (Schulze, 2003; Grütter *et al.*, 2004), která na základě chemického složení granátů ukazují na diamantonosný potenciál zkoumané minerální asociace (Cookembo & Grütter, 2010). Zmíněná klasifikační schémata byla vytvořena na základě systematického zpracování mnoha tisíc analýz granátů, a to jak asociovaných s diamanty tak pocházejících ze sterilních horninových vzorků (Sobolev, 1974). S ohledem na koexistenci různých minerálů ve skupině DIM bylo možno navíc z chemických analýz granátů nezávisle formulovat jednofázové geotermometry a geobarometry pracující s obsahy Cr, Mn nebo Ni (Canil, 1994; Ryan *et al.*, 1996; Griffin *et al.*, 1999).

1.8 Cíle práce

Práce vznikla za účelem srovnání zkoumaných lokalit s dalšími, tradičními, lokalitami granátů podobného chemického složení jak z České republiky, tak ze zahraničí. Dalšími z cílů této práce je ověření přítomnosti inkluzí a jejich charakterizace a získání nových krystalochemických a spektroskopických dat pro nová, v literatuře dosud neuváděná chemická složení granátů.

Tyto parametry byly vyhodnocovány s použitím metod rentgenové difrakce a Ramanovy spektroskopie. Současně byly porovnávány parametry krystalové struktury na základě změn fyzikálních parametrů a chemického složení a popsány korelace mezi nimi. Dalším cílem bylo pokusit se určit tlaky a teploty krystalizace granátů a stanovit potenciální diamantonosnost hornin obsahujících tyto granáty.

2. Vzorky a metody výzkumu

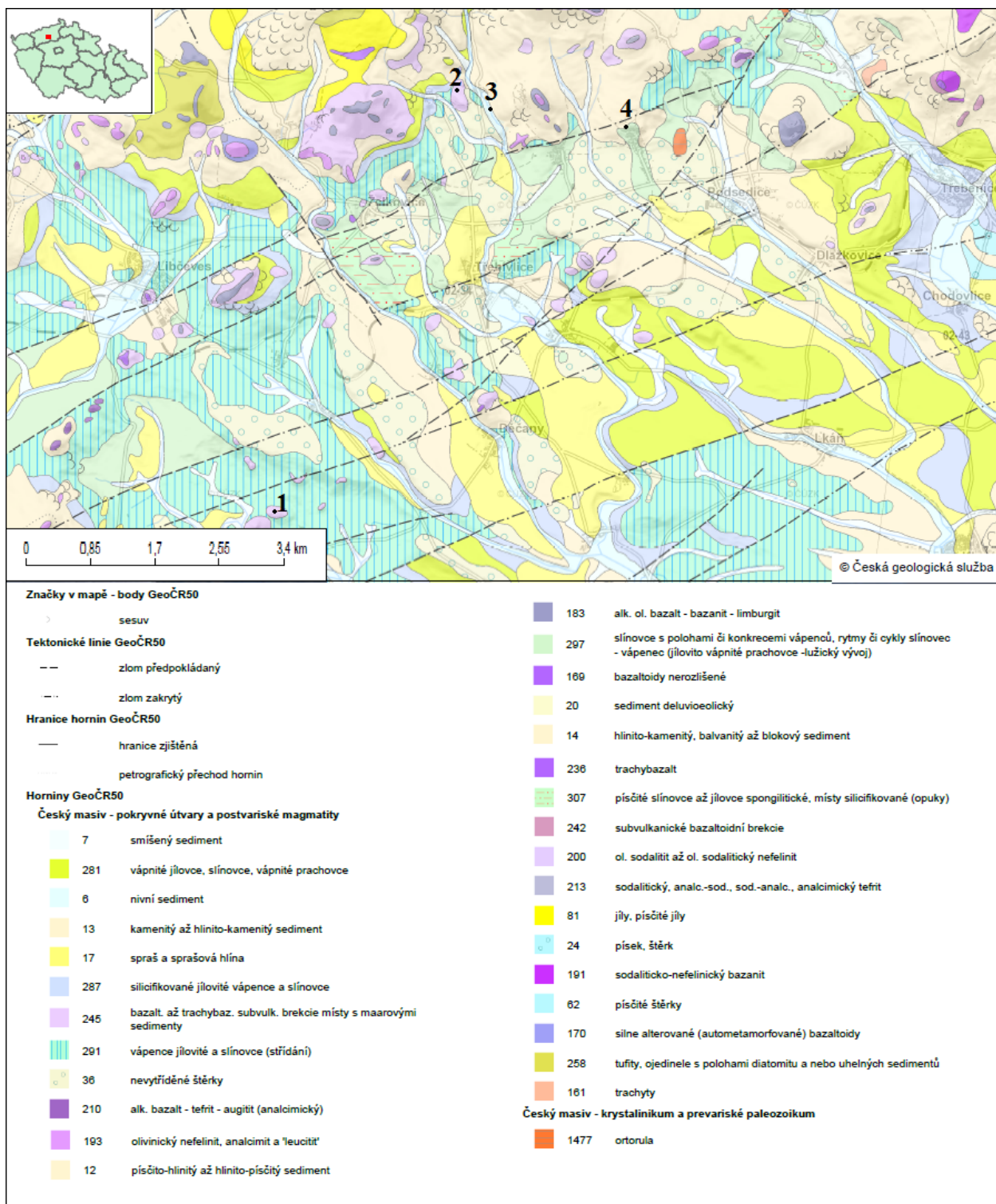
2.1 Vzorky

Předmětem výzkumu byly granáty z lokalit: Malý Syslík, Chrášťany, Linhorka a Žejdlík. Všechny tyto lokality se nacházejí v oblasti Českého středohoří a jejich pozice je znázorněna na Obrázku 3. Lokalita Malý Syslík se nachází 700 m sz. od obce Třtěno (GPS: 50.4230830 s.š., 13.8641186 v.d.). Výšina Linhorka se nachází mezi obcemi Staré a Leská; vzorky byly získány z dnes sutí zakrytého zářezu těsně pod vrcholem na západním svahu (GPS: 50.4798442 s.š., 13.8903731 v.d.). Potok Žejdlík neboli Kuzovský potok protéká obcí Staré a pokračuje JV směrem; vzorky byly odebrány za ohybem potoka cca 200 m zjz. od vrcholu hory Kuzov a 800 m ssz. od centra obce Staré (GPS: 50.4754350 s.š., 13.9011814 v.d.). Chrášťany se nacházejí východně od obce Staré (GPS: 50.4772750 s. š., 13.9271297 v.d.), právě zde probíhá těžba českých granátů firmou GRANÁT. Názvy zkoumaných vzorků byly zvoleny podle názvů lokalit, kromě vzorků z Linhorky, ty jsou značeny písmeny Grt (Tabulka 5)

Tabulka 5: Vysvětlení značení vzorků studovaných lokalit

| Studované lokality | Značení vzorků | Počet vzorků |
|--------------------|----------------|--------------|
| Linhorka | Grt | 19 |
| Malý Syslík | MS | 2 |
| Chrášťany | CH | 2 |
| Žejdlík | Zejd | 14 |

Obrázek 3: Lokality studovaných granátů: 1. Malý Syslák, 2. Linhorka, 3. potok Žejdlík, 4. Chrástřany. Mapa je odvozena z geologické mapy ČR 1: 50 000 (<https://mapy.geology.cz/geocr50/>).



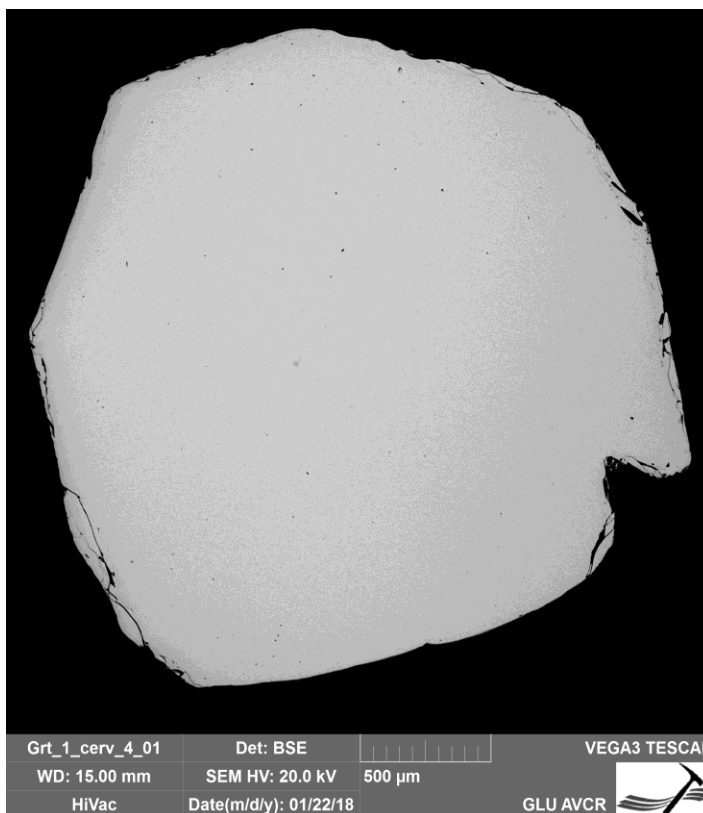
2.2 Optická mikroskopie

Úvodní výběr materiálu pro další studium byl uskutečněn pomocí binokulární lupy Bresser Advance ICD s proměnlivým zvětšením $1 \times$ až $4 \times$. Výběr se soustředil na barvu a průhlednost zrn v procházejícím světle, jejich tvary a povrch, či přítomnost nebo absenci inkluzí. Z vybraných zrn byly následně připraveny leštěné nábrusy o průměru 25 mm. Tyto leštěné nábrusy byly dále zdokumentovány binokulární lupou Olympus SZX16 vybavenou digitálním fotoaparátem Canon EOS 1200, kterým byly vyhotoveny fotografie nábrusů a jednotlivých zrn v nich. Tento mikroskop umožňuje zvětšení $0,7 \times$ až $11,5 \times$. Optická charakterizace proběhla v laboratořích GLÚ AVČR.

2.3 Skenovací elektronová mikroskopie

Ke kvalitativnímu studiu chemického složení s cílem vyčlenit neupravená zrna o specifickém chemismu byl použit energiově disperzní rentgenový spektrometr (EDS) Bruker XFlash 5050 instalovaný na skenovacím elektronovém mikroskopu (SEM) Tescan Vega 3XMU (GLÚ AVČR). Zrna byla upevněna na hliníkové terčičky pomocí oboustranně lepicí uhlíkové pásky. Urychlovací napětí bylo 15 kV, proud svazku byl optimalizován pro získání ideálního rozlišení, pracovní vzdálenost byla 15 mm.

Stejný mikroskop byl použit pro obrazovou dokumentaci zrn (Obrázek 4) v leštěných nábrusech a lokalizaci i obrazovou dokumentaci inkluzí



Obrázek 4: Řez zrnem granátu z lokality Linhorka dokumentovaný elektronovým mikroskopem za použití detektoru BSE, na řezu jsou patrné některé krystalové plochy krystalu.

detektorem zpětně odražených elektronů (BSE). Napětí bylo 15 kV - 20 kV, proud a pracovní

vzdálenost byly při získávání BSE obrazů optimalizovány podle potřeb. V leštěných nábrusech byla prostřednictvím liniových skenů pořízených pomocí EDS detektoru testována také homogenita jednotlivých zrn.

2.4 Kvantitativní chemická analýza elektronovým mikroanalyzátozem

Koncentrace hlavních prvků byly stanoveny v zrnech v leštěných nábrusech pomocí elektronového mikroanalyzátozu CAMECA SX-100 (EPMA; GLÚ AVČR). Budící napětí bylo 15 kV a proud na vzorku 10 nA. Průměr svazku byl 2 μm . Na spektrálních čarách $K\alpha$ byly stanovovány následující prvky: Si, Ti, Al, Cr, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K; pro stanovení niklu byla použita čára $L\alpha$. Použité standardy (SPI Supplies/Structure Probe, Inc.) pro kvantifikaci jednotlivých prvků, detekční limity a časy načítání spektrálních čar jsou uvedeny v Tabulce 6. Čas načítání pozadí činil polovinu načítacího času píků; pozadí bylo načítáno na obou stranách píku. Pro výpočet obsahu prvků bylo použito korekce $X-\phi$ podle Merleta (1994). K přepočtu chemických analýz na empirické vzorce a určení zastoupení koncových členů byla použita aplikace GTCalc (Locock, 2008).

Tabulka 6: Podmínky stanovení chemického složení granátů pomocí elektronového mikroanalyzátozu Cameca SX-100

| Prvky | Krystaly | Standardy | Det. lim. (ppm) | Časy načítání spekter |
|--------------|----------|--------------------------------|-----------------|-----------------------|
| SiK α | TAP | křemen | 340 | 20 |
| TiK α | LPET | rutil | 190 | 30 |
| AlK α | TAP | jadeit | 320 | 20 |
| CrK α | LIF | Cr ₂ O ₃ | 850 | 30 |
| FeK α | LIF | hematit | 1040 | 30 |
| MnK α | LIF | rodonit | 960 | 30 |
| MgK α | LTAP | periklas | 310 | 20 |
| CaK α | LPET | diopsid | 210 | 20 |
| NaK α | LTAP | jadeit | 210 | 20 |
| KK α | LPET | sanidin | 180 | 20 |
| NiK α | LTAP | Ni | 800 | 120 |

Stejným přístrojem byly stanoveny koncentrace hlavních prvků jednotlivých fází inkluzí, jejichž velikost byla dostačující k provedení analýz. Budící napětí bylo u silikátových fází 15 kV a proud na vzorku 10 nA. U karbonátových fází bylo budící napětí 15 kV a proud svazku 4 nA. Svazek byl

fokusován. Na spektrálních čarách $K\alpha$ byly stanovovány následující prvky: Si, Ti, Al, V, Cr, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, Cl; pro stanovení Ni, Zn, Sr, Ba byla použita čára $L\alpha$. Použité standardy (SPI Supplies/Structure Probe, Inc .) pro kvantifikaci jednotlivých prvků, detekční limity a časy načítání spektrálních čar jsou uvedeny v tabulkách 7 a 8. Metodika sběru dat byla totožná s postupem použitým pro analýzu granátů. K přepočtu chemických analýz amfibolů na empirické vzorce a určení zastoupení koncových členů byla použita aplikace WinAmptb (Yavuz & Döner, 2017).

Tabulka 7: Podmínky stanovení chemického složení karbonátových fází pomocí elektronového mikroanalyzátoru Cameca SX-100

| Prvky | Krystaly | Standardy | Det. Lim. (ppm) | Časy načítání |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------------|---------------|
| NaKα | LTAP | jadeit | 550 | 20 |
| SiKα | LTAP | diopsid | 310 | 10 |
| MgKα | LTAP | periklas | 500 | 10 |
| AlKα | LTAP | jadeit | 300 | 10 |
| SKα | LPET | baryt | 40 | 10 |
| CaKα | LPET | kalcit | 320 | 20 |
| MnKα | LIF | rodonit | 900 | 30 |
| FeKα | LIF | hematit | 1520 | 20 |
| SrLα | LPET | celestit | 540 | 30 |

Tabulka 8: Podmínky stanovení chemického složení silikátových fází pomocí mikroanalyzátoru Cameca SX-100

| Prvky | Krystaly | Standardy | Det. Lim. (ppm) | Časy načítání |
|-------------------------------|----------|--------------------------------|-----------------|---------------|
| FKα | PCO | fluorit | 900 | 30 |
| NaKα | LTAP | jadeit | 550 | 10 |
| SiKα | LTAP | diopsid | 310 | 10 |
| MgKα | LTAP | periklas | 500 | 10 |
| AlKα | LTAP | jadeit | 300 | 10 |
| KKα | LPET | sanidin | 230 | 10 |
| CaKα | LPET | diopsid | 320 | 10 |
| ClKα | LPET | tugtupit | 310 | 10 |
| TiKα | LPET | rutil | 190 | 30 |
| VKα | LIF | V ₂ O ₅ | 600 | 40 |
| CrKα | LIF | Cr ₂ O ₃ | 900 | 30 |
| MnKα | LIF | rodonit | 900 | 30 |
| FeKα | LIF | hematit | 1520 | 20 |
| NiLα | LTAP | Ni | 1660 | 30 |
| ZnLα | LTAP | willemit | 800 | 30 |
| SrLα | LPET | celestit | 540 | 30 |
| BaLα | LPET | baryt | 600 | 30 |

2.5 Prášková rentgenová difrakce

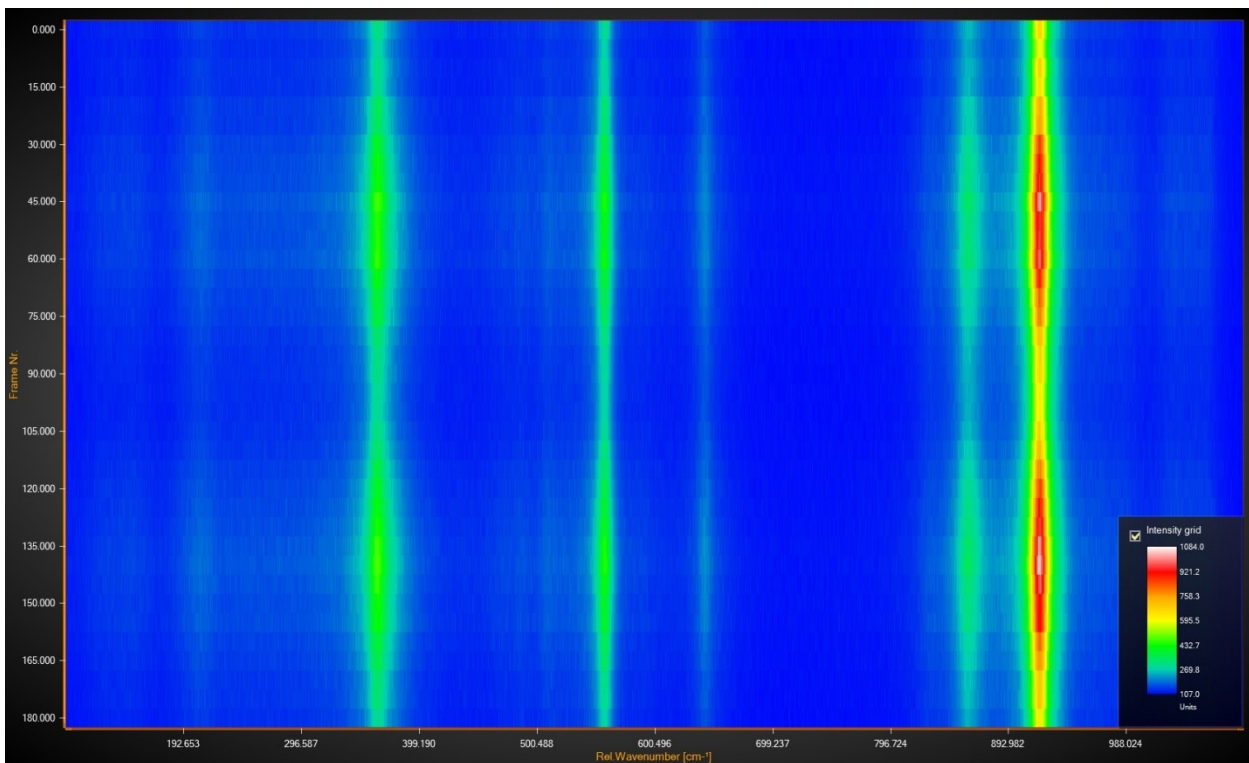
Prášková rentgenová difrakční data byla pořízena difraktometrem Bruker D-8 Discover (GLÚ AVČR, Praha), který byl vybaven primárním Ge (111) fokusačním monochromátorem Johanssonova typu, fixní divergenční štěrbinou, sekundární Sollerovou clonou o divergenci 2,5°, pozičně citlivým lineárním 1D detektorem LynxEye pokrývajícím úhlový rozsah 3,757 °2 θ . Difrakční záznamy pokrývaly úhlový rozsah 17-145 °2 θ , krok posunu detektoru byl 0,008 °2 θ . Akumulovaná expozice na jeden krok činila 960-1152 s. Napětí na měděné rentgence bylo 40 kV, proud 40 mA.

Rentgenovou difrakcí bylo zjištěno fázové složení vzorků a odhadnuto procentuální zastoupení jednotlivých fází. Kromě pyropu je přítomen korund, který ovšem představuje kontaminaci z korundové třecí misky, jež byla použita pro přípravu vzorků. Strukturní zpřesnění bylo realizováno programem Diffrac Topas verze 4.2 (Bruker AXS, 2009). Pozadí bylo modelováno Čebyševovým polynomem osmého stupně. Profily byly aproximovány pseudoVoigtovou funkcí ve formulaci podle Thompsona, Coxe a Hastings (1987) Upřesňování asymetrie pík, způsobené axiální divergencí

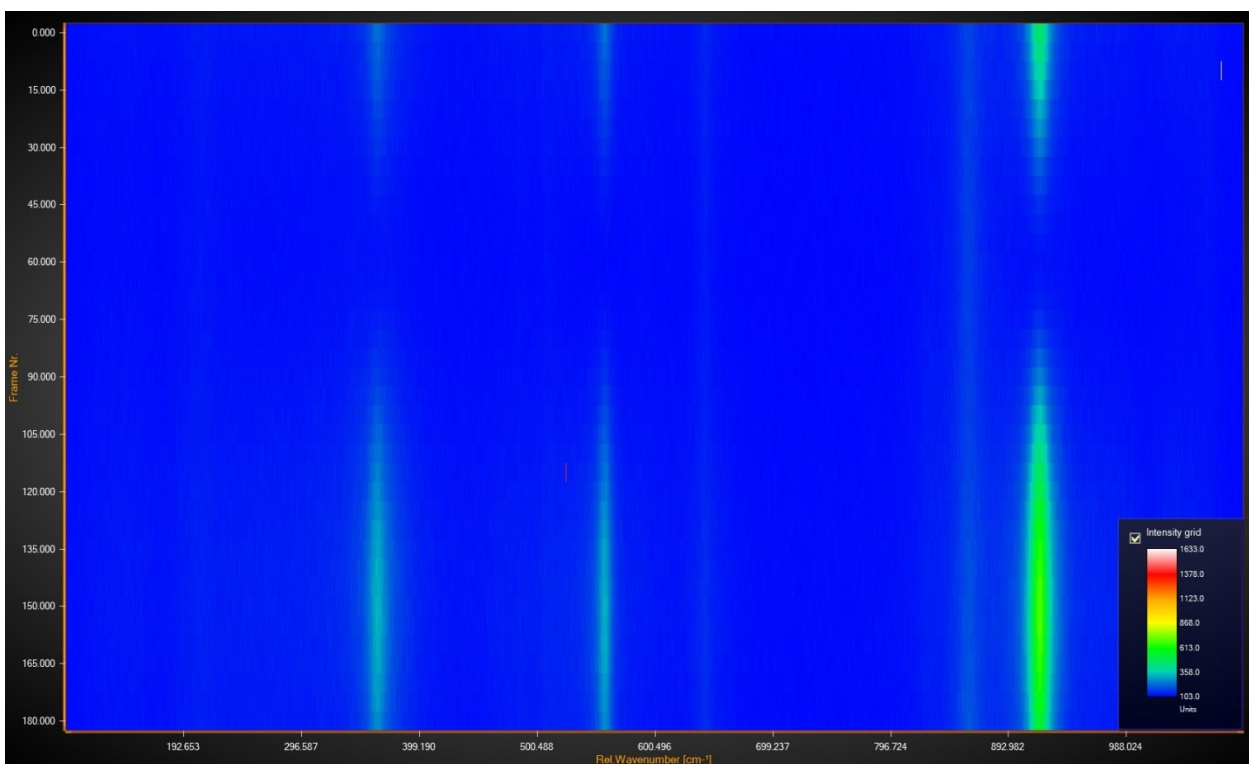
svazku, bylo realizováno konvolucí kruhové funkce („Simple axial mode“). Pozice difrakcí byly korigovány na vyosení roviny vzorku ze středu difraktometru. Pro obě fáze byly zpřesňovány škálovací faktory a mřížkové parametry. Pro granát byly dále zpřesňovány relevantní strukturní parametry. Strukturní modely pocházely z American Mineralogist Crystal Structure Database (AMCSD; Downs *et al.*, 2003). Geometrické parametry struktury pyropu byly následně charakterizovány pomocí programu Vesta (Momma & Izumi, 2011).

2.6 Ramanova mikrospektrometrie

Akvizice Ramanových spekter probíhala na Ramanově mikrospektrometru Spectroscopy & Imaging (S&I) MonoVista CRS+ (GLÚ AVČR, Praha). Systém je založen na polarizačním mikroskopu Olympus BX 51 WI a spektrometru Princeton Instruments SpectraPro SP2750i s ohniskovou vzdáleností 750 mm a aperturou $f/9.7$. Pro sběr spekter byly využity mřížky s hustotou 150 vr./mm a 1200 vr./mm. Pro excitaci spekter byl použit laser s vlnovou délkou 532 nm (Cobolt Samba). Nominální výkon laseru 100 mW byl zeslaben šedými filtry na 3 mW měřené na vzorku měřičem výkonu (Coherent LaserCheck). Laserový svazek byl kolimován na vzorek pomocí objektivu Olympus MPlan 50x/0,75. Pro každý vzorek bylo sejmuto přehledové spektrum s mřížkou 150 vr./mm v rozsahu od ~ 65 do ~ 6250 cm^{-1} . Dále byla pro každý vzorek pořízena 3 Ramanova spektra s mřížkou 1200 vr./mm v rozsahu od 60 do 1500 cm^{-1} . Ve stejném rozsahu za použití mřížky stejné hustoty byla provedena akvizice polarizovaných spekter. Úhly pro nastavení polarizátoru a analyzátoru byly zjištěny z 2D map zobrazujících intenzitu v závislosti na úhlu polarizace a Ramanově posunu (Obrázek 5 a 6). V přehledových spektrech zjištěná laserem vyvolaná fotoluminiscence byla v detailu studována pomocí laseru o vlnové délce 532 nm a mřížky 1200 vr./mm v oblasti od 600 do 820 nm. Spektra byla zaznamenávána CCD detektorem ANDOR iDus 416 s rozměrem senzoru 2000×256 pixelů (velikost pixelu 15 μm). Parametry získaných spekter byly upřesňovány v programu Fityk (Wojdyr, 2010).



Obrázek 5: 2D mapa skenu polarizátoru od 0° do 180°, jsou viditelná maxima a minimum intenzity Ramanova rozptylu



Obrázek 6: 2D mapa skenu analyzátoru, kde je patrné úplné vymizení hlavních pásů Ramanova spektra granátu

3. Výsledky

3.1 Vzhled zrn granátů

Zrna jsou obvykle zaoblená s nepravidelnými plochami lomu, vzácně s částečně zachovanými krystalovými plochami, které jsou většinou v důsledku růstu rýhované nebo vykazují různé růstové fenomény. Na povrchu jsou místy přítomny i další fáze, a to patrně jak primární, tak sekundárně na povrch přichycené (např. jílové minerály ze sedimentů). Tyto cizorodé minerály byly před dalším studiem mechanicky odstraněny. Velikost zrn se liší mezi jednotlivými lokalitami. Z lokality Linhorka byla pro další výzkum použita zrna s průměrnou velikostí 2 mm, z lokality Malý sysel byla k dispozici ze starého sběru zrna o průměru až 4 mm, lokalita Chrášťany poskytla zrna o velikosti okolo 1 mm a z lokality Žejdlík byly vybrány zrna od 0,3 mm až 2 mm.

Barva vzorků z Linhorky je v procházejícím světle většinou tmavě červená, některá zrna jsou fialovo-růžová, ale byla nalezena i oranžová zrna. Oproti tomu vzorky z Chrášťan jsou převážně červené až oranžovočervené. V Kuzovském potoce (Žejdlíku) byly nalezeny vzorky různých barev. Převažovaly granáty červených a oranžových barev, vyskytují se zde také granáty fialové, jejichž výskyt je ale vzácnější, v poměru 1/50 – 1/100 a světle hnědé jejichž relativní četnost je podobná. Granáty zde tvoří přibližně 2 obj. % těžkých minerálů. Granáty jsou průsvitné, v tenkém řezu průhledné.

3.2 Chemické složení granátů

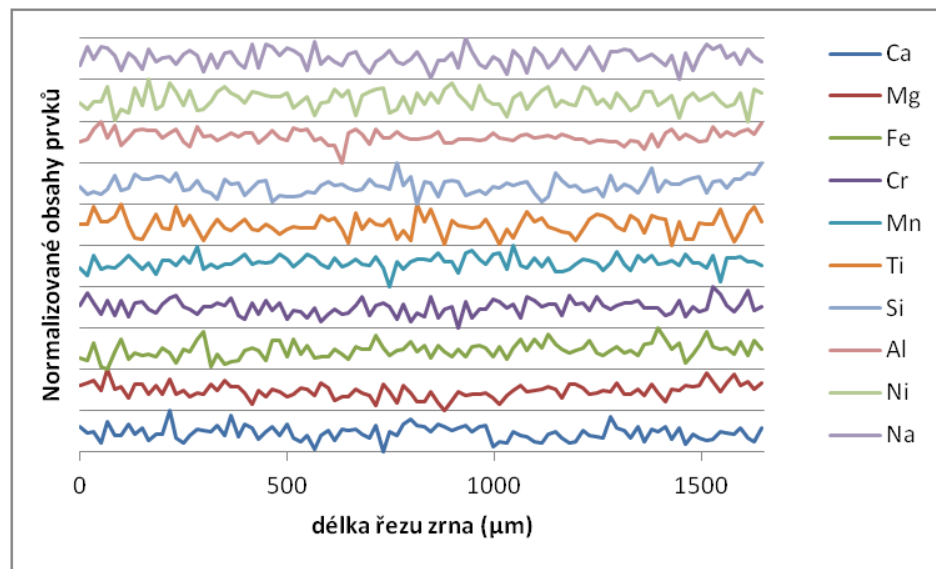
Liniové skeny pomocí SEM - EDS prokázaly homogenitu jednotlivých studovaných granátových zrn. Obsah prvků jen mírně kolísá a nejsou zde patrné žádné markantní rozdíly, jak ukazují Obrázku 7 a 8.

Mikroanalyzátozem bylo provedeno pro každé zrno mezi 20 – 55 bodových analýz. Přitom se potvrdilo, že jednotlivá zrna jsou homogenní, zatímco mezi různými zrny je rozdílnost z hlediska chemického složení poměrně značná. Nejpatrnější jsou rozdíly u prvků jako Cr, Ca a Ti. U ostatních prvků sice nejsou rozdíly zanedbatelné, ale v poměru k jejich obsahu jsou oproti rozdílům v obsazích Cr, Ca a Ti menší. Největší variabilita obsahu Cr byla zaznamenána na lokalitě Linhorka, kde nejnižší

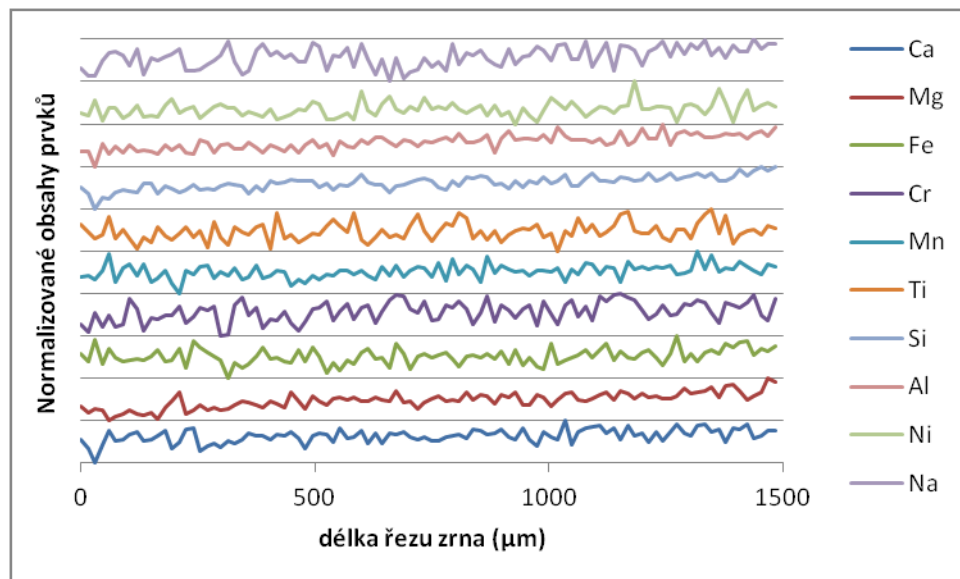
naměřená hodnota obsahu Cr_2O_3 je 0,65 hm. % a nejvyšší 7,8 hm. %. Různé chemické složení granátů v rámci jedné lokality bylo pozorováno i pro ostatní lokality.

Variabilita obsahu TiO_2 studovaných granátů je poměrně velká, pohybuje se od 0,04 do 0,79 hm. %. Zatímco fialová zrna mají obsah TiO_2 v rozmezí 0,04 – 0,17 hm. % tak u oranžových granátů se obsah pohybuje ve vyšších desítkách hm. % a to v rozmezí 0,45 – 0,66 hm. %.

Granáty z lokality Malý Syslík mají obsah TiO_2 cca 0,5 hm. %. Obsah CaO je také variabilní a zvyšuje se při zvyšujícím se obsahu Cr_2O_3 .



Obrázek 7: Liniový sken 3. fialového zrna z lokality Žejdlík (EDS)



Obrázek 8: Liniový sken orientovaný kolmo k předchozímu (Obrázek 5) cca v polovině řezu zrna (EDS)

Zastoupení koncových členů ve studovaných granátech vypočtené podle Lococka (2008) odpovídá 65 - 71 % pyropu, následně je zastoupen almadin 10 - 17 %, uvarovit 2 – 13 %, grosulár 0 - 7 %, spesartin 0 - 1,5 % a zbytek představují ostatní koncové členy.

Jednotlivé analýzy jsou uvedeny v Příloze 1 a průměry jsou shrnuty v Tabulce 9.

Tabulka 9: Průměrné chemické analýzy a počty atomů na vzorcovou jednotku v jednotlivých pozicích struktury pro studované granáty

| Analýza (hm%) | Chrástany_2 | Chrástany_3 | Malý_syse1_1 | Malý_syse1_2 | Linhorka1-13 | Linhorka2-26 | Linhorka2-31 | Žejdlík_1_fial_1 | Žejdlík_1_fial_2 | Žejdlík_1_fial_3 |
|--------------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|------------------|------------------|
| Počet analýz | 55 | 55,00 | 55,00 | 55 | 20 | 25,00 | 25,00 | 20 | 20,00 | 20 |
| SiO ₂ | 42,1(2) | 41,8(3) | 42,1(2) | 41,6(2) | 41,5(18) | 41,5(3) | 42,2(2) | 42,0(3) | 41,8(3) | 42,0(4) |
| TiO ₂ | 0,37(1) | 0,42(1) | 0,54(2) | 0,58(9) | 0,75(2) | 0,06(1) | 0,32(2) | 0,08(1) | 0,09(3) | 0,11(1) |
| Al ₂ O ₃ | 21,5(2) | 20,1(2) | 21,4(3) | 21,0(3) | 19,54(15) | 17,81(12) | 21,0(15) | 20,22(15) | 18,6(3) | 18,5(2) |
| Cr ₂ O ₃ | 1,86(8) | 3,8(1) | 1,84(9) | 2,16(10) | 3,89(18) | 7,1(3) | 2,63(13) | 4,15(15) | 6,2(3) | 6,22(18) |
| FeO / FeOtot | 8,5(2) | 8,1(2) | 8,8(3) | 9,9(2) | 9,5(3) | 7,9(3) | 9,0(3) | 7,8(2) | 8,13(18) | 7,89(18) |
| MnO | 0,31(4) | 0,32(4) | 0,31(4) | 0,9(8) | 0,31(5) | 0,3(4) | 0,36(4) | 0,32(4) | 0,35(4) | 0,32(5) |
| MgO | 20,5(2) | 20,2(3) | 20,4(2) | 19,56(16) | 19,47(11) | 19,05(13) | 20,31(12) | 19,5(3) | 19,0(3) | 19,14(17) |
| CaO | 4,63(5) | 4,94(5) | 4,56(5) | 4,65(8) | 5,49(8) | 6,63(6) | 4,84(5) | 5,49(5) | 6,09(13) | 6,18(7) |
| Na ₂ O | 0,05(1) | 0,05(1) | 0,08(1) | 0,07(1) | 0,08(1) | 0,02(1) | 0,03(1) | 0,02(1) | 0,02(1) | 0,012(6) |
| Suma (calc) | 99,8(5) | 99,6(6) | 100,8(3) | 99,9(4) | 100,5(3) | 100,4(4) | 100,7(3) | 99,5(6) | 100,3(8) | 100,4(5) |
| ⁴ Si | 3,00 | 3,00 | 2,99 | 2,99 | 2,98 | 2,99 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| ⁴ Al | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Σ[4] | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| ⁶ Si | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,03 | 0,02 | 0,03 |
| ⁶ Ti | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| ⁶ Al | 1,80 | 1,70 | 1,79 | 1,77 | 1,63 | 1,51 | 1,75 | 1,72 | 1,58 | 1,58 |
| ⁶ Cr | 0,10 | 0,21 | 0,10 | 0,12 | 0,22 | 0,41 | 0,15 | 0,24 | 0,35 | 0,36 |
| ⁶ Fe ²⁺ | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| ⁶ Fe ³⁺ | 0,05 | 0,04 | 0,06 | 0,06 | 0,09 | 0,06 | 0,06 | 0,00 | 0,02 | 0,01 |
| ⁶ Mg | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| Σ[6] | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,01 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| ⁸ Fe ²⁺ | 0,44 | 0,44 | 0,46 | 0,52 | 0,46 | 0,41 | 0,46 | 0,47 | 0,47 | 0,46 |
| ⁸ Mn ²⁺ | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| ⁸ Mg | 2,17 | 2,15 | 2,17 | 2,09 | 2,08 | 2,05 | 2,15 | 2,09 | 2,03 | 2,04 |
| ⁸ Ca | 0,35 | 0,38 | 0,35 | 0,36 | 0,42 | 0,51 | 0,37 | 0,42 | 0,47 | 0,48 |
| ⁸ Na | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Σ[8] | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,99 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |

Tabulka 9: Pokračování

| Analyza (hm%) | Zejd1_hn_1 | Zejd1_hn_2 | Zejd1_tmconv_1 | Zejd1_tmconv_2 | Zejd1_ruz_1 | Zejd1_ruz_2 | Zejd1_ruz_3 | Zejd1_ruz_4 | Zejd1_oranz_1 | Zejd1_oranz_2 | Zejd1_oranz_3 |
|---------------------------------|------------|------------|----------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---------------|
| SiO ₂ | 42,2(3) | 42,4(3) | 42,123 | 41,8(3) | 41,9(4) | 42,0(4) | 42,1(2) | 42,43(16) | 42,2(3) | 42,0(3) | 42,3(4) |
| TiO ₂ | 0,68(2) | 0,42(5) | 0,40(2) | 0,38(2) | 0,46(1) | 0,18(1) | 0,27(1) | 0,12(1) | 0,54(2) | 0,66(2) | 0,6(2) |
| Al ₂ O ₃ | 21,48(17) | 22,56(19) | 21,15(13) | 19,41(14) | 20,10(11) | 20,07(15) | 19,70(13) | 21,21(17) | 21,46(13) | 20,99(17) | 21,90(16) |
| Cr ₂ O ₃ | 1,3(8) | 0,75(6) | 2,31(11) | 4,87(19) | 3,41(12) | 3,93(17) | 4,52(13) | 2,77(12) | 1,76(11) | 2,01(9) | 1,01(6) |
| FeO / FeOtot | 9,1(3) | 8,6(2) | 8,2(2) | 7,73(23) | 7,9(3) | 8,0(2) | 8,08(18) | 8,43(23) | 9,3(2) | 9,2(3) | 8,9(3) |
| MnO | 0,3(3) | 0,31(3) | 0,33(5) | 0,29(5) | 0,31(3) | 0,29(6) | 0,34(4) | 0,32(4) | 0,36(4) | 0,33(3) | 0,31(5) |
| MgO | 20,24(4) | 20,33(18) | 20,24(17) | 19,92(18) | 20,21(5) | 19,78(18) | 19,83(14) | 20,08(11) | 20,0(2) | 19,87(18) | 20,30(19) |
| CaO | 4,34(17) | 4,54(6) | 4,70(5) | 5,25(7) | 4,98(5) | 5,33(6) | 5,33(4) | 4,95(6) | 4,48(6) | 4,42(4) | 4,20(5) |
| Na ₂ O | 0,06(5) | 0,04(1) | 0,04(1) | 0,08(1) | 0,06(1) | 0,05(1) | 0,05(1) | 0,04(1) | 0,04(1) | 0,03(1) | 0,03(1) |
| Suma (calc) | 99,8(7) | 99,9(7) | 99,5(6) | 99,7(8) | 99,4(8) | 99,6(7) | 100,16(52) | 100,4(4) | 100,1(6) | 99,5(8) | 99,5(8) |
| ^[4] Si | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| ^[4] Al | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Σ[4] | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| ^[6] Si | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| ^[6] Ti | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,03 |
| ^[6] Al | 1,81 | 1,89 | 1,79 | 1,65 | 1,71 | 1,71 | 1,67 | 1,78 | 1,82 | 1,78 | 1,84 |
| ^[6] Cr | 0,07 | 0,04 | 0,13 | 0,28 | 0,19 | 0,23 | 0,26 | 0,16 | 0,10 | 0,11 | 0,06 |
| ^[6] Fe ²⁺ | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| ^[6] Fe ³⁺ | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| ^[6] Mg | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,02 |
| Σ[6] | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| ^[8] Fe ²⁺ | 0,51 | 0,49 | 0,48 | 0,45 | 0,45 | 0,47 | 0,47 | 0,49 | 0,53 | 0,53 | 0,51 |
| ^[8] Mn ²⁺ | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| ^[8] Mg | 2,13 | 2,14 | 2,14 | 2,12 | 2,14 | 2,10 | 2,09 | 2,11 | 2,09 | 2,10 | 2,13 |
| ^[8] Ca | 0,33 | 0,34 | 0,36 | 0,40 | 0,38 | 0,41 | 0,41 | 0,38 | 0,34 | 0,34 | 0,32 |
| ^[8] Na | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Σ[8] | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |

Tabulka 9: Pokračování

| Analyza (hm%) | Gr _{1_cerv_1} | Gr _{1_cerv_2} | Gr _{1_cerv_3} | Gr _{1_cerv_4} | Gr _{1_cerv_5} | Gr _{1_cerv_6} | Gr _{1_cerv_7} | Gr _{1_cerv_8} |
|--------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Počet analýz | 25 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| SiO ₂ | 41,5(2) | 41,9(3) | 42,2(3) | 41,9(3) | 42,1(2) | 41,7(3) | 42,0(3) | 41(4(3) |
| TiO ₂ | 0,38(4) | 0,21(1) | 0,56(2) | 0,09(01) | 0,12(01) | 0,37(01) | 0,14(2) | 0,16(01) |
| Al ₂ O ₃ | 18,5(3) | 19,04(13) | 20,51(11) | 19,23(13) | 20,13(13) | 19,66(18) | 20,04(10) | 18,07(19) |
| Cr ₂ O ₃ | 5,6(3) | 5,25(17) | 2,78(12) | 4,95(11) | 3,60(11) | 4,00(16) | 3,90(15) | 6,38(17) |
| FeO / FeOtot | 8,3(3) | 8,1(2) | 8,78(18) | 8,2(3) | 8,6(3) | 9,10(16) | 8,2(3) | 7,88(17) |
| MnO | 0,33(6) | 0,36(04) | 0,33(07) | 0,34(08) | 0,32(05) | 0,38(07) | 0,32(05) | 0,34(08) |
| MgO | 19,98(16) | 19,8(1) | 20,32(6) | 19(58(11) | 20,04(13) | 19,89(13) | 20,23(11) | 19,05(17) |
| CaO | 5,39(8) | 5,84(06) | 4,76(4) | 5,68(07) | 5,48(06) | 4,80(05) | 5,08(05) | 6,42(06) |
| Na ₂ O | 0,04(1) | 0,02(1) | 0,06(01) | 0,02(01) | 0,01(01) | 0,03(01) | 0,02(01) | 0,01(01) |
| Suma (calc) | 100,1(4) | 100,4(5) | 100,3(4) | 100,0(5) | 100,3(6) | 100,0(5) | 100,0(6) | 99,7(5) |
| ⁴ Si | 2,99 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,99 | 3,00 | 3,00 |
| ⁴ Al | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| Σ[4] | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| ⁶ Si | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| ⁶ Ti | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| ⁶ Al | 1,57 | 1,61 | 1,72 | 1,63 | 1,69 | 1,66 | 1,69 | 1,54 |
| ⁶ Cr | 0,32 | 0,30 | 0,16 | 0,28 | 0,20 | 0,23 | 0,22 | 0,37 |
| ⁶ Fe ²⁺ | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| ⁶ Fe ³⁺ | 0,09 | 0,06 | 0,04 | 0,06 | 0,09 | 0,07 | 0,06 | 0,06 |
| ⁶ Mg | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Σ[6] | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| ⁸ Fe ²⁺ | 0,41 | 0,42 | 0,46 | 0,44 | 0,42 | 0,47 | 0,43 | 0,41 |
| ⁸ Mn ²⁺ | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| ⁸ Mg | 2,14 | 2,11 | 2,15 | 2,09 | 2,13 | 2,13 | 2,15 | 2,05 |
| ⁸ Ca | 0,42 | 0,45 | 0,36 | 0,44 | 0,42 | 0,37 | 0,39 | 0,50 |
| ⁸ Na | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Σ[8] | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |

Tabulka 9: Pokračování

| Analýza (hm%) | Grt_1_fial_1 | | Grt_1_fial_2 | | Grt_1_fial_3 | | Grt_1_oranz_1 | | Grt_1_oranz_2 | | Grt_1_oranz_3 | | Grt_1_oranz_4 | | Grt_1_oranz_5 | |
|---------------------------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Počet analýz | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SiO ₂ | 41,8(2) | 42,0(2) | 42,2(2) | 42,1(3) | 42,2(3) | 42,2(3) | 42,2(3) | 42,2(3) | 42,2(3) | 42,2(3) | 42,2(3) | 42,2(3) | 42,2(3) | 42,2(3) | 42,2(3) | 42,3(2) |
| TiO ₂ | 0,05(1) | 0,10(01) | 0,17(01) | 0,58(2) | 0,60(2) | 0,60(2) | 0,58(2) | 0,60(2) | 0,60(2) | 0,60(2) | 0,45(1) | 0,45(1) | 0,50(17) | 0,50(17) | 0,48(4) | 0,48(4) |
| Al ₂ O ₃ | 18,95(17) | 19,07(18) | 20,5(2) | 21,23(18) | 21,14(13) | 21,14(13) | 21,23(18) | 21,14(13) | 21,14(13) | 21,14(13) | 21,2(2) | 21,2(2) | 21,49(17) | 21,49(17) | 22,2(2) | 22,2(2) |
| Cr ₂ O ₃ | 5,22(15) | 5,19(15) | 3,8(2) | 1,82(10) | 1,88(8) | 1,88(8) | 1,82(10) | 1,88(8) | 1,88(8) | 1,88(8) | 2,30(13) | 2,30(13) | 1,6(1) | 1,6(1) | 1,01(18) | 1,01(18) |
| FeO / FeOtot | 8,0(2) | 7,78(16) | 8,0(2) | 8,9(3) | 9,2(2) | 9,2(2) | 8,9(3) | 9,2(2) | 9,2(2) | 9,2(2) | 8,34(3) | 8,34(3) | 8,3(3) | 8,3(3) | 8,98(15) | 8,98(15) |
| MnO | 0,34(6) | 0,31(07) | 0,34(05) | 0,29(6) | 0,32(5) | 0,32(5) | 0,29(6) | 0,32(5) | 0,32(5) | 0,32(5) | 0,31(5) | 0,31(5) | 0,31(4) | 0,31(4) | 0,35(3) | 0,35(3) |
| MgO | 19,5(2) | 19,65(18) | 20,08(17) | 20,83(16) | 20,7(16) | 20,7(16) | 20,83(16) | 20,7(16) | 20,7(16) | 20,7(16) | 20,79(13) | 20,79(13) | 21,29(15) | 21,29(15) | 20,79(12) | 20,79(12) |
| CaO | 6,02(5) | 6,00(07) | 5,15(05) | 4,45(3) | 4,44(5) | 4,44(5) | 4,45(3) | 4,44(5) | 4,44(5) | 4,44(5) | 4,64(5) | 4,64(5) | 4,61(5) | 4,61(5) | 4,32(8) | 4,32(8) |
| Na ₂ O | 0 | 0,01(1) | 0,02(1) | 0,07(1) | 0,06(1) | 0,06(1) | 0,07(1) | 0,06(1) | 0,06(1) | 0,06(1) | 0,05(1) | 0,05(1) | 0,04(1) | 0,04(1) | 0,06(1) | 0,06(1) |
| Suma (calc) | 100,0(6) | 100,1(6) | 100,2(3) | 100,2(7) | 100,5(5) | 100,5(5) | 100,2(7) | 100,5(5) | 100,5(5) | 100,5(5) | 100,3(8) | 100,3(8) | 100,6(6) | 100,6(6) | 100,4(5) | 100,4(5) |
| ^[4] Si | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,99 | 2,99 | 2,99 | 2,99 | 2,99 | 2,99 | 2,99 | 2,99 | 2,99 | 2,99 | 2,99 | 2,99 | 2,99 |
| ^[4] Al | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Σ[4] | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| ^[6] Si | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| ^[6] Ti | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| ^[6] Al | 1,61 | 1,62 | 1,73 | 1,77 | 1,76 | 1,76 | 1,77 | 1,76 | 1,76 | 1,76 | 1,77 | 1,77 | 1,78 | 1,78 | 1,84 | 1,84 |
| ^[6] Cr | 0,30 | 0,30 | 0,21 | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,13 | 0,13 | 0,09 | 0,09 | 0,06 | 0,06 |
| ^[6] Fe ²⁺ | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| ^[6] Fe ³⁺ | 0,07 | 0,04 | 0,03 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,06 | 0,06 | 0,09 | 0,09 | 0,07 | 0,07 |
| ^[6] Mg | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Σ[6] | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| ^[8] Fe ²⁺ | 0,41 | 0,42 | 0,45 | 0,43 | 0,45 | 0,45 | 0,43 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,42 | 0,42 | 0,39 | 0,39 | 0,45 | 0,45 |
| ^[8] Mn ²⁺ | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| ^[8] Mg | 2,09 | 2,09 | 2,13 | 2,21 | 2,18 | 2,18 | 2,21 | 2,18 | 2,18 | 2,18 | 2,20 | 2,20 | 2,24 | 2,24 | 2,19 | 2,19 |
| ^[8] Ca | 0,46 | 0,46 | 0,39 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,33 | 0,33 |
| ^[8] Na | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Σ[8] | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |

3.3 Krystalová struktura

Výsledky zpřesnění krystalové struktury 7 vzorků pyropů a hodnoty geometrických parametrů jsou shrnuty v Tabulce 15 v Příloze 2.

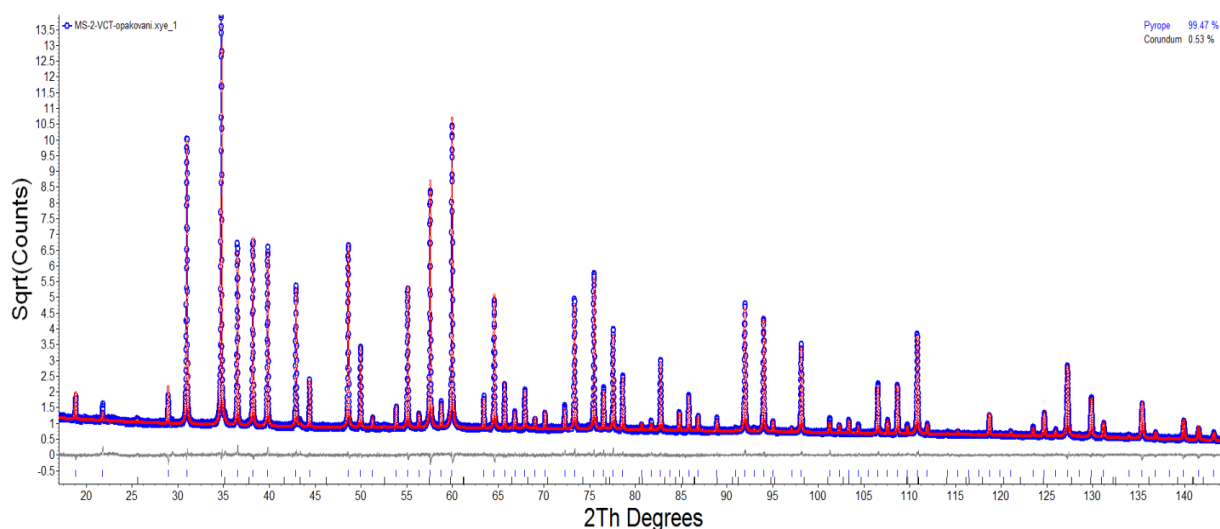
Průměrná vzdálenost atomů v dodekaedrech studovaných granátů se pohybuje v hodnotách mezi 2,293 – 2,307 Å. Objem dodekaedru X-O se pohybuje v rozmezí hodnot 20,70 – 21,09 Å³. Vzdálenost atomů a objem dodekaedru roste s rostoucím obsahem CaO hm. %.

Vzdálenost atomů v oktaedrech se pohybuje v rozmezí hodnot 1,898 – 1,911 Å, objem oktaedru se zvyšuje se vzdáleností atomů v nich a pohybuje se v rozmezí hodnot 9,11 – 9,30 Å³.

Vzdálenost atomů v tetraedrech byla reprezentována hodnotami v rozmezí 2,293 – 2,307 Å. Objem dodekaedru je závislý na vzdálenosti mezi jeho atomy a pohybuje se v rozmezí 2,17 – 2,23 Å³.

Hodnoty hustoty vypočtené ze zpřesněného objemu základní buňky a chemického složení se pohybují v rozmezí 3,58 – 3,67 g/cm³ a zvyšují se společně se zvyšujícím mřížkovým parametrem, obsahem CaO, obsazovacími faktory Mg a Al, s vzdálenostmi v dodekaedru a dalšími krystalovými parametry.

Ukázka Rietveldova zpřesnění je znázorněna na Obrázku 9.



Obrázek 9: Rietveldovo zpřesnění difraktogramu pro vzorek MS_2. Na ose x je difrakční úhel a na ose y druhá odmocnina intenzity v pulzech za sekundu

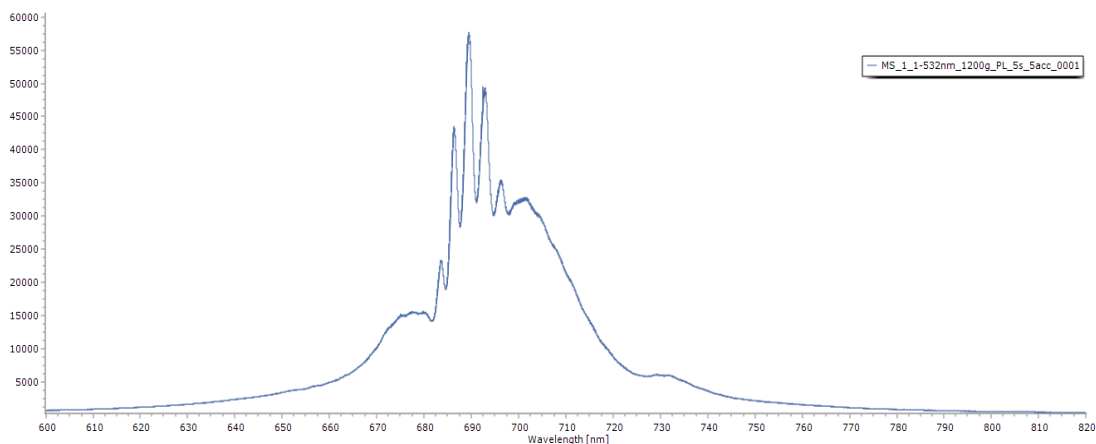
3.4 Molekulární struktura

Nejintenzivnější pásy v Ramanových spektrech leží v pozicích cca 361 – 365 cm^{-1} , 556-559 cm^{-1} a 915 – 919 cm^{-1} . Další pásy mají výrazně nižší intenzity. Vybrané parametry pásů Ramanova spektra pro vzorek CH_2 jsou uvedeny v Tabulce 10.

Tabulka 10: Parametry Ramanova spektra vzorku CH_2

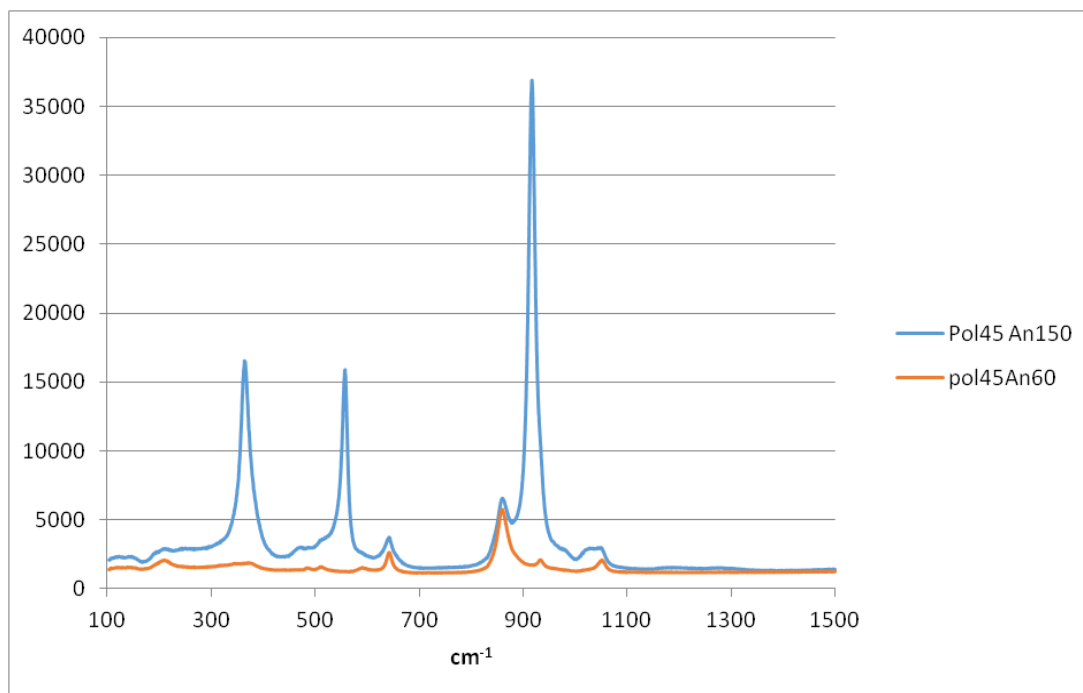
| Střed | Výška | Plocha | FWHM |
|--------|-------|--------|------|
| 137,7 | 158 | 6412 | 12,5 |
| 208,4 | 256 | 6197 | 18,4 |
| 362,5 | 3332 | 110084 | 18,9 |
| 479,9 | 191 | 3551 | 5,7 |
| 506,2 | 18 | 103 | 0,7 |
| 525,2 | 401 | 20810 | 14,0 |
| 557,1 | 3353 | 64159 | 12,0 |
| 642,2 | 563 | 21971 | 24,8 |
| 859,8 | 1178 | 43987 | 21,9 |
| 917,2 | 10027 | 234194 | 14,9 |
| 978,1 | 266 | 7413 | 8,6 |
| 1030,0 | 411 | 14956 | 27,6 |
| 1051,2 | 397 | 9625 | 18,4 |

Dále byla získána spektra fotoluminiscence. Tvar fotoluminiscence je výrazný s 5 úzkými maximy o vlnových délkách 683 nm, 686 nm, 689 nm, 693 nm, 696 nm a dvěma širokými maximy s maximy o vlnových délkách 677 nm a 701 nm. Prostřední maximum je nejvýraznější a je absolutním maximem spektra laserem vyvolané fotoluminiscence granátu. Intenzita fotoluminiscence se u jednotlivých granátů měnila. Příklad takového spektra je ilustrován v Obrázku 10. Další spektra jsou ukázána v Příloze 3.



Obrázek 10: Fotolumiscence granátu z lokality Malý Sysel vyvolaná laserem o vlnové délce 532 nm

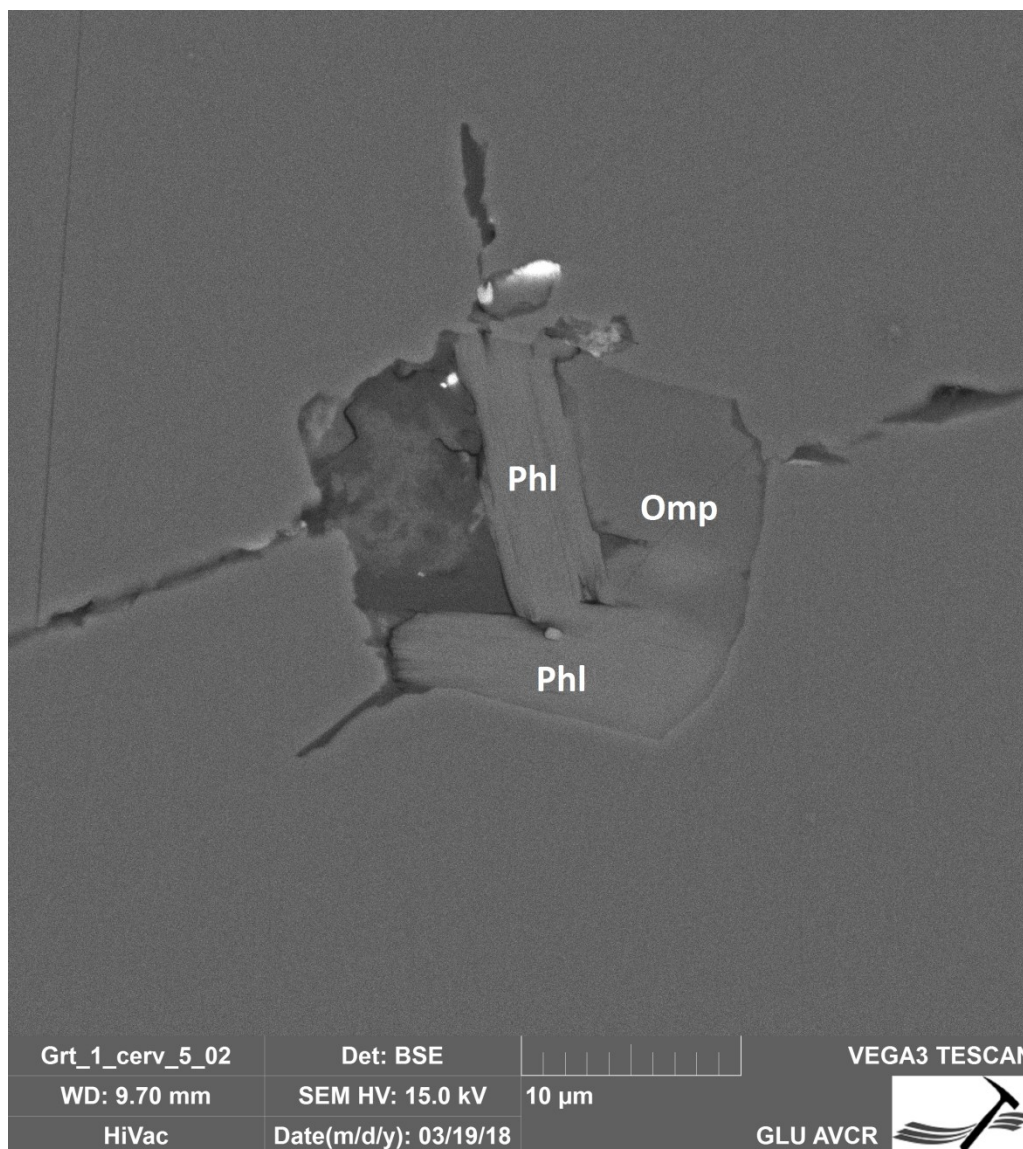
V polarizovaných spektrech za současného použití polarizátoru a analyzátoru v některých orientacích došlo k úplnému vymizení pásů ve vlnóčtech cca $361 - 365 \text{ cm}^{-1}$ a $556-559 \text{ cm}^{-1}$ a hlavní pás ve vlnóčtech $915-919$ měl velmi zeslabenou intenzitu a naopak pásy v 643 cm^{-1} a 860 cm^{-1} se objevily (Obrázek 11). Při maximu polarizace jsou nejintenzivnější pásy v pozicích cca $361 - 365 \text{ cm}^{-1}$, $556 - 559 \text{ cm}^{-1}$ a $915 - 919 \text{ cm}^{-1}$. Zatímco při minimu polarizace tyto pásy mizí a nejintenzivnější pásy se nachází ve vlnóčtech okolo 643 cm^{-1} a 860 cm^{-1} . Tyto výsledky ukazují na obecnou orientaci vzorku vzhledem k rovině řezu. Ostatní polarizovaná spektra jsou uvedena v Příloze 3.



Obrázek 11: Vymizení 3 hlavních pásů v polarizovaných Ramanových spektrech granátu Grt_2_26 z Linhorky

3.5 Inkluze

Inkluze byly nalezeny ve vzorcích z lokalit Chrášťany, Žejdlík a Linhorka. Tvary inkluzí nalezených ve studovaných granátech jsou variabilní. V zrně Chrášťany_3 se vyskytují polyfázové inkluze čočkovitého tvaru. Ve vzorcích ze Žejdlíku jsou šestiúhelníkové až mnohoúhelníkové, většinou několikafázové uzavřeniny. Inkluze ve vzorcích z Linhorky jsou také často několikafázové a různých geometrických tvarů včetně inkluzí čočkovitého tvaru. Ukázky inkluzí zobrazených pomocí BSE jsou prezentovány v Příloze 4. Některé inkluze obsahují vysoké množství fází, které je následně problematické s ohledem na jejich velikost vůbec identifikovat. Velikost jednotlivých inkluzí kolísá od 2 μm do 50 μm s velikostí fází od 0,5 μm po 50 μm .



Obrázek 12: Inkluze flogopitu v asociaci s omfacitem v jednom z červených granátů z lokality Linhorka Vysvětlivky: Omp=omfacit, Phl=flogopit

Chemické složení fází v inkluzích odpovídá magnezitu, dolomitu, apatitu, klinochloru, amfibolům a slídě. Amfiboly jsou vápenaté a chemickou analýzou a následným přepočtem byly určeny jako pargasit a menší měrou i magnesio-hornblend, katoforit a cummingtonit. Chemické složení amfibolů a přepočty na vzorcové jednotky jsou shrnuty v Příloze 5. Slídy byly nalezeny často v doprovodu jiných fází, ať amfibolů, minerálů ze skupiny spinelidů, apatitu tak pyroxenu, jak je znázorněno na Obrázku 12. Pyroxen odpovídá složením omfacitu. Byl nalezen také olivín, který obsahuje 97% forsteritové komponenty. Byly nalezeny rovněž sulfidické fáze, jejichž velikost ale většinou nedovolovala jejich bližší určení. Jedna z nich měřila 50x15 µm a odpovídá chemickým složením

pentlanditu s 40,7 – 41.1 hm% NiO. Část inkluze však byla v důsledku přípravy vzorku již nepřítomna. V inkluzích jsou přítomny i jiné fáze, obsahující lehké vzácné zeminy La, Ce, Pr a Nd a thorium, které by mohly odpovídat monazitu, fáze obsahující Th, U, P₂O₅ a Y nejspíše xenotimu a fáze s obsahem Th a U, nejspíše thoritu. Fáze, která obsahuje především baryum a síru, by mohla odpovídat složením barytu.

Jednotlivé typy inkluzí a jejich četnost je popsána v Tabulce 11. Největší počet inkluzí byl nalezen v červených zrnech granátu z Linhorky, zatímco ze Žejdlíku bylo nejvíce inkluzí pozorováno v granátech růžového odstínu. Celkově malý počet inkluzí byl nalezen ve vzorcích oranžové barvy. Ve vzorcích z Malého Syslíku žádné inkluze nalezeny nebyly. Ve vzorcích z Chrášťan byly nalezeny pouze dvě inkluze.

Tabulka 11: Typy inkluzí a četnost jejich výskytu na jednotlivých lokalitách

| Minerály | Typy inkluzí | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. |
| amfibol | x | x | | x | x | x | x | x | | | | | |
| pyroxen | | | | | | | | | | | | | x |
| olivín | | | x | | | | | | | | | | |
| magnezit | | () | | x | () | () | x | () | | | | | |
| dolomit | | | | | x | () | | () | | | | () | |
| kalcit | | | | | | | | () | | | | | |
| spinel | | | | | | x | | () | | | () | x | |
| apatit | () | | | | | () | x | () | | | | | |
| monazit | | | | () | | () | | () | | | | | |
| xenotim | | | | | | () | | | | | | | |
| slída | | | | | | | | x | x | | | | x |
| klinochlór | | | | | | | | | | | | x | |
| baryt | | | | | | | | | | | | () | |
| pentlandit | | x | | | | | | () | | x | | | x |
| sulfid neznámý | | | | | | | () | | | | | | |
| Četnost inkluzí (Žejdlík) | 1 | | 1 | 2 | 1 | 5 | 3 | 8 | 1 | 1 | X* | 1 | |
| Četnost inkluzí (Linhorka) | 2 | 4 | | 17 | 5 | 20 | 4 | 11 | | | 4 | 1 | 1 |
| Četnost inkluzí (Chrášťany) | | | | | | 2 | | | | | | | |

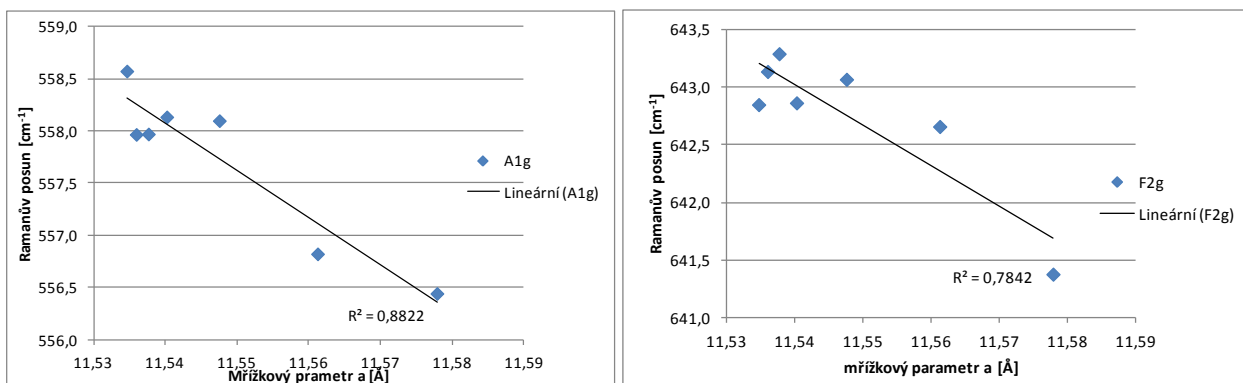
Vysvětlivky: x minerál je přítomen vždy, () minerál se může vyskytovat, * minerál je v jednom zrně přítomen ve velkém množství jednofázových inkluzí

3.6 Korelace chemického složení a fyzikálních parametrů

S rostoucí velikostí mřížkového parametru dochází k poklesu hodnot vlnočtu interních (Si-O) deformačních vibrací ν_2 a ν_4 (Obrázek 13 a 14). Mezi deformačními vibracemi tetraedru $(\text{SiO}_4)^{4-}$ ν_2 ve vlnočtech cca 558 cm^{-1} , ν_4 ve vlnočtech cca 642 cm^{-1} s mřížkovými parametry a s obsahy CaO byly zjištěny negativní korelace. Pro vibrace ν_2 byla zjištěna korelace s mřížkovými parametry-v hodnotě korelačního koeficientu 0,94 a s CaO v hodnotě korelačního koeficientu 0,9. Pro vibrace ν_4 byla zjištěna korelace s mřížkovými parametry o hodnotě korelačního koeficientu -0,89 a s CaO o hodnotě korelačního koeficientu -0,95. Při zkoumání korelací mezi jednotlivými pásy symetrií bylo zjištěno, že korelace mezi pásy symetrie A_{1g} jsou také záporné o hodnotách korelačního koeficientu -0,91 až -0,94. Mezi hlavním pásem granátu ve vlnočtech cca 917 cm^{-1} vibrace ν_1 o symetrii A_{1g} s obsahy CaO hm. %, je korelace taktéž záporná. Toto pravidlo platí i při korelaci s mřížkovými parametry. Kladné korelace byly objeveny mezi pásy translací a rotací tetraedru $(\text{SiO}_4)^{4-}$ Ramanových spekter granátů ze všech studovaných lokalit s mřížkovými parametry (kromě Žejdlíku, kde nejsou k dispozici hodnoty mřížkových parametrů) a s obsahy CaO. Mezi ostatními pásy různých symetrií výrazné korelace zjištěny nebyly.

Mezi obsahy CaO a mřížkovými parametry je kladná korelace. Při obsahu CaO 4.56 hm % odpovídá mřížkový parametr velikosti parametru uváděné v literatuře pro pyrop (Anthony *et al.*, 2018), při množství 6,63 hm % se ale mřížkový parametr velmi blíží literárním hodnotám pro grosulár (Anthony *et al.*, 2018). S obsahem CaO kladně korelují také hodnoty vzdáleností atomů v dodekaedrech $R=0,87$ a hodnoty objemu dodekaedrů $R=0,84$. Vzdálenosti atomů v dodekaedrech X-O kladně korelují s mřížkovými parametry a objemy základních buněk granátů. Hodnota koeficientu korelace je 0,95. Naopak záporné korelace byly zjištěny mezi souřadnicemi kyslíku z a vzdálenostmi atomů tetraedrů Z-O (-0,94) a jejich objemů (-0,93). Kladná korelace byla zjištěna mezi vzdáleností atomů v oktaedrech resp. objemem oktaedrů a souřadnicemi x a z atomů kyslíku a to v hodnotách korelačního koeficientu 0,83 pro x_O resp. 0,82 pro z_O .

Mezi jednotlivými hlavními a vedlejšími prvky granátu byly zjištěny vzájemné kladné korelace. Nejvýznamnější korelace jsou například mezi Cr_2O_3 a CaO, mezi MgO a SiO_2 nebo mezi Al_2O_3 a FeO.



Obrázek 13: Negativní korelace Ramanova posunu deformační vibrace ν_2 tetraedru (Si-O) o symetrii A_{1g} s velikostí mřížkového parametru

Obrázek 14: Negativní korelace Ramanova posunu deformační vibrace ν_4 tetraedru (Si-O) symetrie F_{2g} s velikostí mřížkového parametru

Empirickým pozorováním bylo také zjištěno, že studovaná zrna, která jsou světle oranžová nebo světle hnědá, obsahují velmi málo Cr a se zbarvením do červena až fialova jeho obsah roste. Studované vzorky z Chrástřan a Malého Syslíku jsou oproti vzorkům z Linhoroky méně bohaté chromem a jejich barva je spíše oranžovočervená.

4. Diskuze

Nalezená asociace inkluzí potvrzuje předešlý výzkum [Vrány \(2007\)](#), který popisuje podobné složení inkluzí. Při srovnání s asociací inkluzí v Cr – pyropech z Garnet Ridge ([Wang et al., 1998](#)) je zřejmá jistá podobnost výskytů nejčastějších fází. Některé inkluze jsou podobné také inkluzím nalezeným v kimberlitové diatremě ze sibijského kratonu ([Rezvukhin et al., 2018](#)) jako například polyfázové inkluze apatitu, spinelu a flogopitu, ale nebyly nalezeny žádné minerály ze skupiny crichtonitu, ilmenit ani rutil. Pokud by se vyskytovaly minerály skupiny crichtonitu, podle [Rezvukhina et al. \(2018\)](#) by to mohlo indikovat vyšší tlak vzniku granátů odpovídající spodní části diamantového pole.

Jednotlivé pozice pásů v Ramanových spektrech jsou posunuty o různou vzdálenost od pásů pyropu uváděných v ([Kolesov a Geiger, 1998](#)) z důvodů rozdílnosti chemického složení. Podle výběrových pravidel pro přítomnost jednotlivých pásů v polarizovaných Ramanových spektrech pro geometrii zpětného rozptylu ([Kroumova et al., 2003](#)) a vlastních výsledků měření mohu usuzovat, že měřené granáty byly analyzovány často v náhodných krystalografických orientacích.

V Ramanových spektrech jsou v nejnižších vlnočtech přítomny pásy odpovídající translacím dodekaedrů ([Hofmeister & Chopelas, 1991](#)), ve studovaných vzorcích se nacházejí v rozmezí 117 – 273 cm^{-1} . Ve vlnočtech 211 a 222 cm^{-1} , ale podle [Kolesova a Geigera \(1998\)](#) najdeme i pásy translací $(\text{SiO}_4)^{4-}$, zatímco podle [Hofmeistera a Chopelase \(1991\)](#) se tyto pásy nacházejí ve 318 a 342 cm^{-1} a translace $(\text{SiO}_4)_{\text{mix}}$ jsou v pozicích 229 a 264 cm^{-1} . Je obtížné jednoznačně stanovit kterému pohybu pásy ve vlnočtech 195 – 213 cm^{-1} patří.

Další pásy Ramanových spekter by měly patřit rotacím tetraedru $(\text{SiO}_4)^{4-}$ ([Kolesov & Geiger, 1998](#)); ty se nacházejí ve vlnočtech 310 – 382 cm^{-1} . V těchto vlnočtech je přítomen i jeden z hlavních pásů pyropu. Tento pás je přítomen ve vlnočtech cca 364 cm^{-1} jak popisují [Kolesov a Geiger \(1998\)](#) a [Hofmeister & Chopelas \(1991\)](#)

Mezi nalezenými pásy jsou i pásy které nebyly přiřazeny k žádným dosud známým módům a symetriím. Může se jednat o méně časté pásy nepatřící mezi Stokesovy linie, ale overtóny nebo kombinační pásy.

Ve vyšších vlnočtech byly nalezeny pásy patřící deformačním vibracím ν_2 a ν_4 podle [Hofmeistera a Chopelase \(1991\)](#) patřící různým symetriím. Vibrace ν_1 a ν_3 jsou valenčního charakteru a jsou ve spektrech přítomny v důsledku změny délky vazby křemíku a kyslíku. Jedna z vibrací ν_1

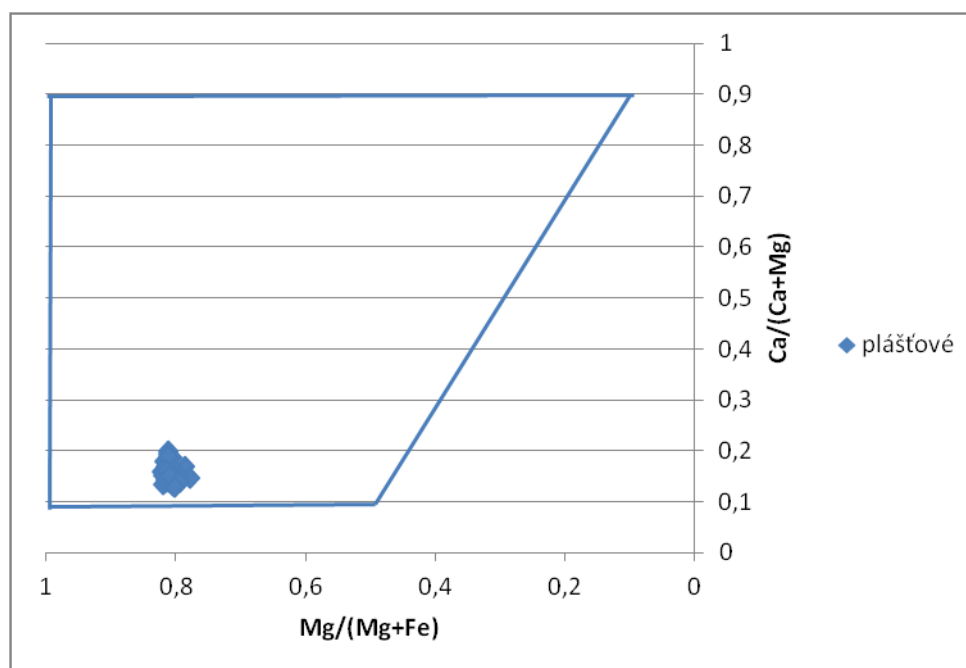
(Hofmeister & Chopelas, 1991) patří nejintenzivnějšímu pásu pyropu ve vlnočtech 915 – 919 cm^{-1} , hodnoty Ramanova posunu se ale liší od výsledků Kolesova a Geigera, (1998) i Hofmeistera a Chopelase, (1991). Analýza spekter je shrnuta v Tabulce 23 v Příloze 6.

Interpretace fotoluminiscenčních spekter je komplikovaná skutečností, že nejsou k dispozici stanovení obsahů stopových prvků. Z literatury (např. Gaft *et al.*, 2015) je známo, že fotoluminiscence v oblasti, kde jsem ji pozorovala, může být způsobena prvky jako chrom³⁺, mangan²⁺ nebo vanad⁵⁺.

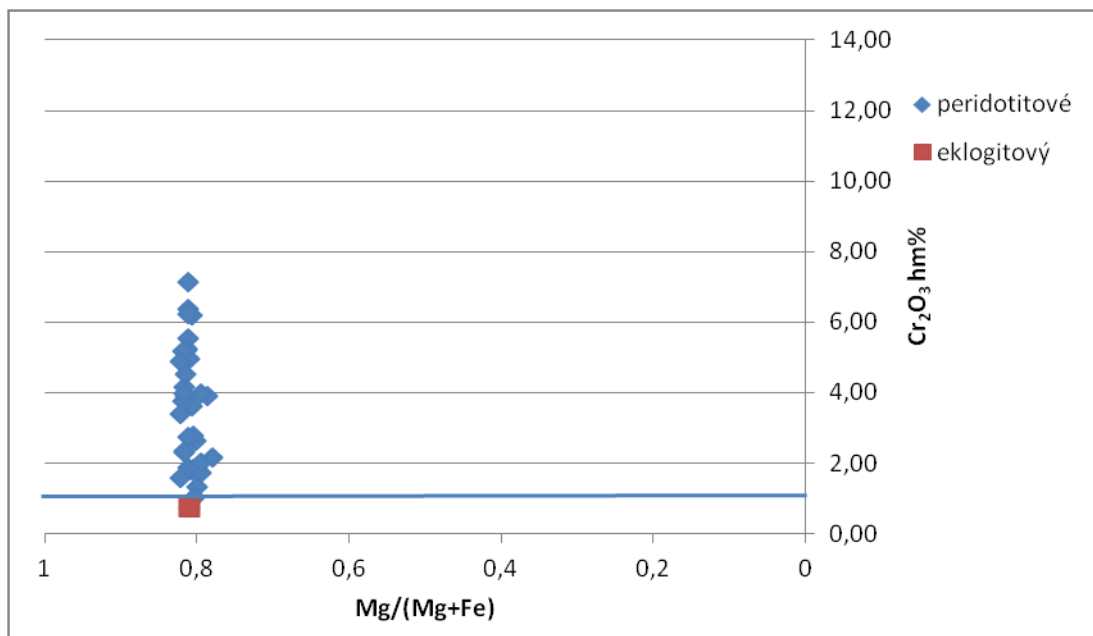
V polarizovaných Ramanových spektrech se při maximu signálu v paralelní pozici analyzátoru a polarizátoru objevují hlavní pásy pyropu ve vlnočtech cca 361 – 365 cm^{-1} , 556-559 cm^{-1} a 915-919 o symetrii A_{1g} patřící jak rotaci tetraedru $(\text{SiO}_4)^{4-}$ tak jeho deformaci. Intenzita těchto pásů se při kolmém postavení analyzátoru a polarizátoru významně snižuje nebo tyto pásy zcela mizí. Při kolmém postavení analyzátoru a polarizátoru se objevily pásy ve vlnočtech okolo 643 cm^{-1} a 860 cm^{-1} symetrie F_{2g} a nebo byly výrazně ovlivněny vzájemné poměry intenzit jednotlivých pásů. V orientacích-X(Y_Y)X, -X(ZZ)X, -Y(XX)Y, -Y(ZZ)Y, -Z(XX)Z a -Z(Y_Y)Z jsou povoleny výhradně módy symetrií A_{1g} a E_g (Kroumova, *et al.*, 2003). A pro orientace-X(YZ)X, -Y(XZ)Y a -Z(XY)Z jsou povoleny pouze módy o symetrii F_{2g} (Kroumova, *et al.*, 2003). S ohledem na přítomnost pásů, které by neměly být v polarizovaných spektrech být přítomny, je zřejmé, že orientace vzorku vůči excitačnímu laserovému záření je obecná.

Hustota granátů vypočtená z chemického složení a velikosti mřížkového parametru se v závislosti na obsahu iontů Ca a Cr zvýšila (Tabulka 15).

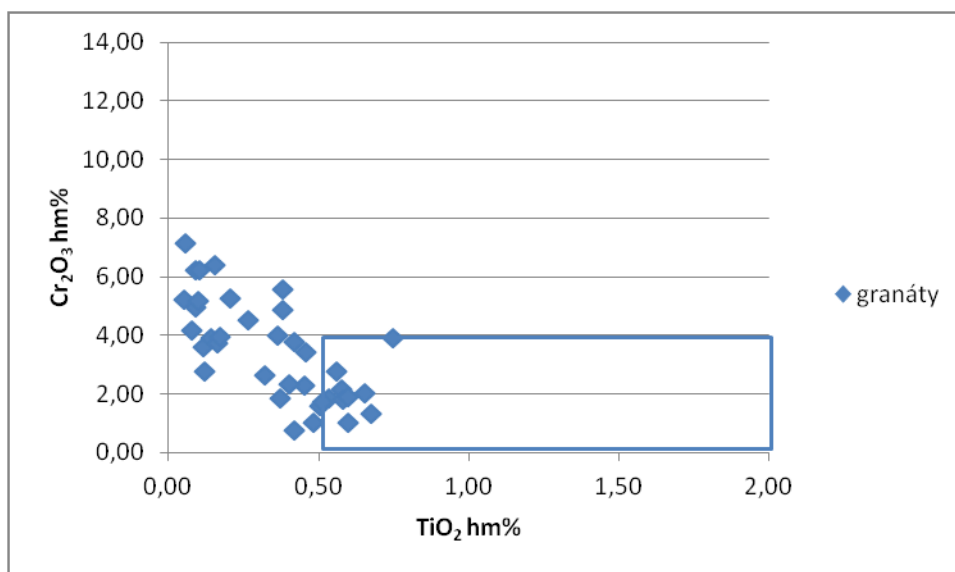
Podle klasifikací používaných pro zjištění potenciální diamantonosnosti asociací na základě chemismu je obsahujících granátů (Grütter *et al.*, 2004; Schulze, 2003) bylo potvrzeno, že všechny zde zkoumané granáty jsou plášťové (Obrázek 15). Většina granátů různých barev s výjimkou oranžově zbarvených padá do pole granátů lherzolitového původu (G9 *sensu* Grütter; viz Obrázek. 18). Jedenáct z 37 granátů padá do pole megakrystových granátů (Obrázek 17) (G1 *sensu* Grütter); patří sem vzorky z lokality Malý Syslík, všechny oranžové granáty z Linhorky, a všechny oranžové a jeden hnědý granát ze Žejdlíku (Tabulka 12). Podle klasifikace Schulzeho (2003) některé oranžové granáty padají do lherzolitového pole. Jedno zrna z lokality Žejdlík je řazeno do pole G4 (eklogity chudé vápníkem podle Grütter *et al.*, 2004; viz Obrázek 16). Podle klasifikace Schulzeho (2003) dané zrna padá do eklogitového pole, suity A.



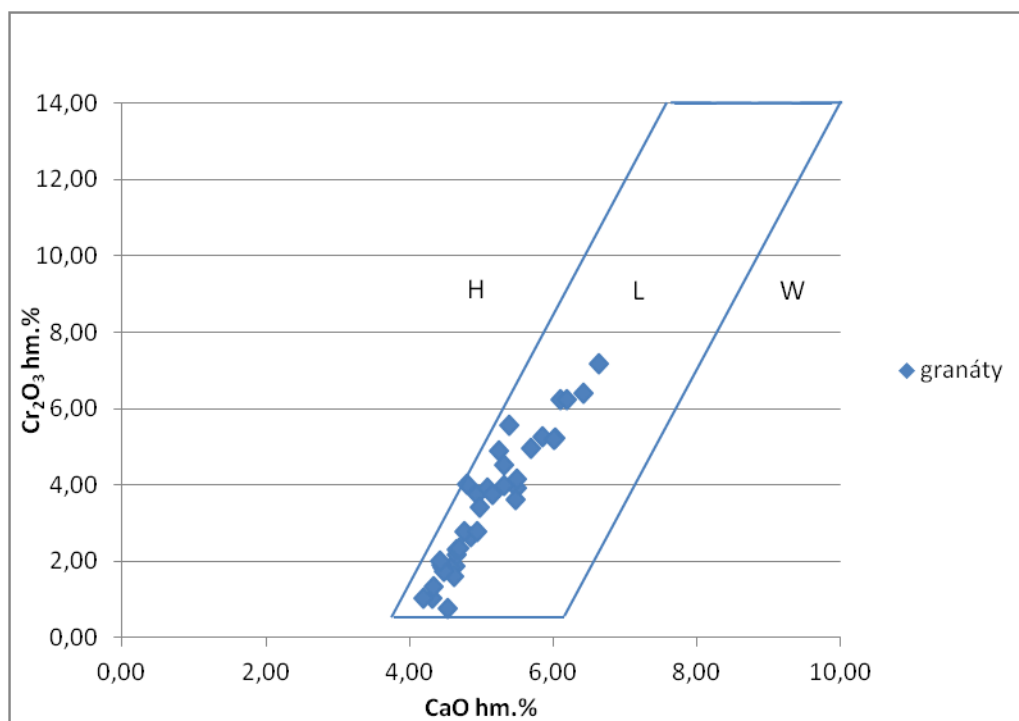
Obrázek 15: Pozice granátů v rozlišovacím diagramu plášť/kůra podle Schulzeho klasifikace (2003). Symboly Fe, Mg a Ca představují průměry atomových procent prvků.



Obrázek 16: Klasifikační diagram rozlišující eklogitové granáty od peridotitových se zobrazenými průměry atomových procent prvků granátů; diagram podle Schulzeho (2003)



Obrázek 17: Rozdělení studovaných vzorků podle obsahu (hm%) TiO_2 a Cr_2O_3 , megakrystové granáty padají do pole $\text{TiO}_2 > 0,5\%$ a $\text{Cr}_2\text{O}_3 < 4\%$; diagram podle Schulzeho (2003)



Obrazek 18: Rozlišení granátů podle obsahu (hm%) Cr_2O_3 a CaO do polí harzburgitového, lherzolitového a wehrilitového, podle Schulzeho, (2003). Studované granáty padají do lherzolitového pole grafu.

Tabulka 12: Rozdělení granátů podle klasifikací Grütterera *et al.* (2004) a Schulzeho (2003)

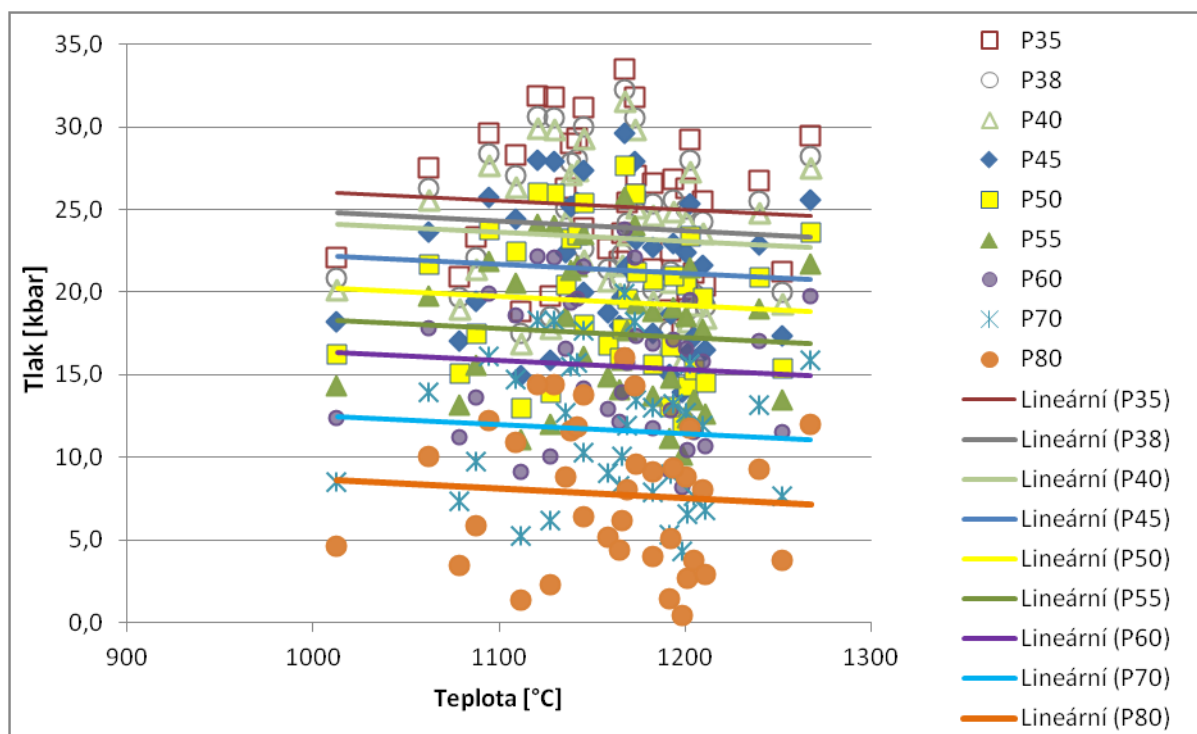
| Vzorek | Schulze (2003) | | | Grütter et al. (2004) | Vzorek | Schulze (2003) | | | Grütter et al. (2004) |
|---------------|----------------|-----------|-----------|-----------------------|------------------|----------------|-----------|-----------|-----------------------|
| Grt_1_13 | plášťový | megakryst | | G1 | CH_2 | plášťový | peridotit | lherzolit | G9 |
| Grt_2_26 | plášťový | peridotit | lherzolit | G9 | CH_3 | plášťový | peridotit | lherzolit | G1 |
| Grt_2_31 | plášťový | peridotit | lherzolit | G9 | MS_1 | plášťový | megakryst | | G1 |
| Grt_1_fial_1 | plášťový | peridotit | lherzolit | G9 | MS_2 | plášťový | megakryst | | G1 |
| Grt_1_fial_2 | plášťový | peridotit | lherzolit | G9 | Zejd_1_fial_1 | plášťový | peridotit | lherzolit | G9 |
| Grt_1_fial_3 | plášťový | peridotit | lherzolit | G9 | Zejd_1_fial_2 | plášťový | peridotit | lherzolit | G9 |
| Grt_1_cerv_1 | plášťový | peridotit | lherzolit | G9 | Zejd_1_fial_3 | plášťový | peridotit | lherzolit | G9 |
| Grt_1_cerv_2 | plášťový | peridotit | lherzolit | G9 | Zejd_1_hn_1 | plášťový | megakryst | | G1 |
| Grt_1_cerv_3 | plášťový | megakryst | | G1 | Zejd_1_hn_2 | plášťový | eklogit-A | | G4 |
| Grt_1_cerv_4 | plášťový | peridotit | lherzolit | G9 | Zejd_1_tm cerv_1 | plášťový | peridotit | lherzolit | G9 |
| Grt_1_cerv_5 | plášťový | peridotit | lherzolit | G9 | Zejd_1_tm cerv_2 | plášťový | peridotit | lherzolit | G9 |
| Grt_1_cerv_6 | plášťový | peridotit | lherzolit | G9 | Zejd_1_ruz_1 | plášťový | peridotit | lherzolit | G1 |
| Grt_1_cerv_7 | plášťový | peridotit | lherzolit | G9 | Zejd_1_ruz_2 | plášťový | peridotit | lherzolit | G9 |
| Grt_1_cerv_8 | plášťový | peridotit | lherzolit | G9 | Zejd_1_ruz_3 | plášťový | peridotit | lherzolit | G9 |
| Grt_1_oranz_1 | plášťový | megakryst | | G1 | Zejd_1_ruz_4 | plášťový | peridotit | lherzolit | G9 |
| Grt_1_oranz_2 | plášťový | megakryst | | G1 | Zejd_1_oranz_1 | plášťový | megakryst | | G1 |
| Grt_1_oranz_3 | plášťový | peridotit | lherzolit | G1 | Zejd_1_oranz_2 | plášťový | megakryst | | G1 |
| Grt_1_oranz_4 | plášťový | megakryst | | G1 | Zejd_1_oranz_3 | plášťový | megakryst | | G1 |
| Grt_1_oranz_5 | plášťový | peridotit | lherzolit | G1 | | | | | |

Pomocí jednofázových termometrů a barometrů byly vypočítány tlaky a teploty pro jednotlivé vzorky.

Na základě obsahu Mn byla odhadnuta teplota vzniku granátů (Grütter *et al.*, 1999; Creighton (2009). Ta se pohybuje okolo 1100 až 1200°C s očekávanou chybou $\pm 50^\circ\text{C}$. Z obsahu Cr_2O_3 a CaO byl spočítán tlak pro geotermu 38 mW/m^2 - P_{38} (Cookenboo & Grütter, 2010). V oblasti Českého středohoří je nyní vysoký tepelný tok mezi 70 – 80 mW/m^2 , takto vysoký tepelný tok je zde v důsledku dozrívajících procesů popsaných v kapitole 1.2. Jaký tepelný tok zde byl při vzniku granátů, není známo, je pravděpodobné, že před vznikem riftové struktury (oherského riftu) byl podobný jako je v kratonických oblastech (cca 35 až 40 mW/m^2). Hodnoty tlaku na geotermách jiných než 38 mW/m^2 byly vypočteny pomocí empirických korekcí z hodnoty tlaku P_{38} (Cookenboo & Grütter, 2010). Pro vyšší tepelné toky může být odhad zatížen značnou chybou, jelikož geobarometr je kalibrovaný pro tepelný tok 38 mW/m^2 a korekce vnáší do výpočtu další nejistoty.

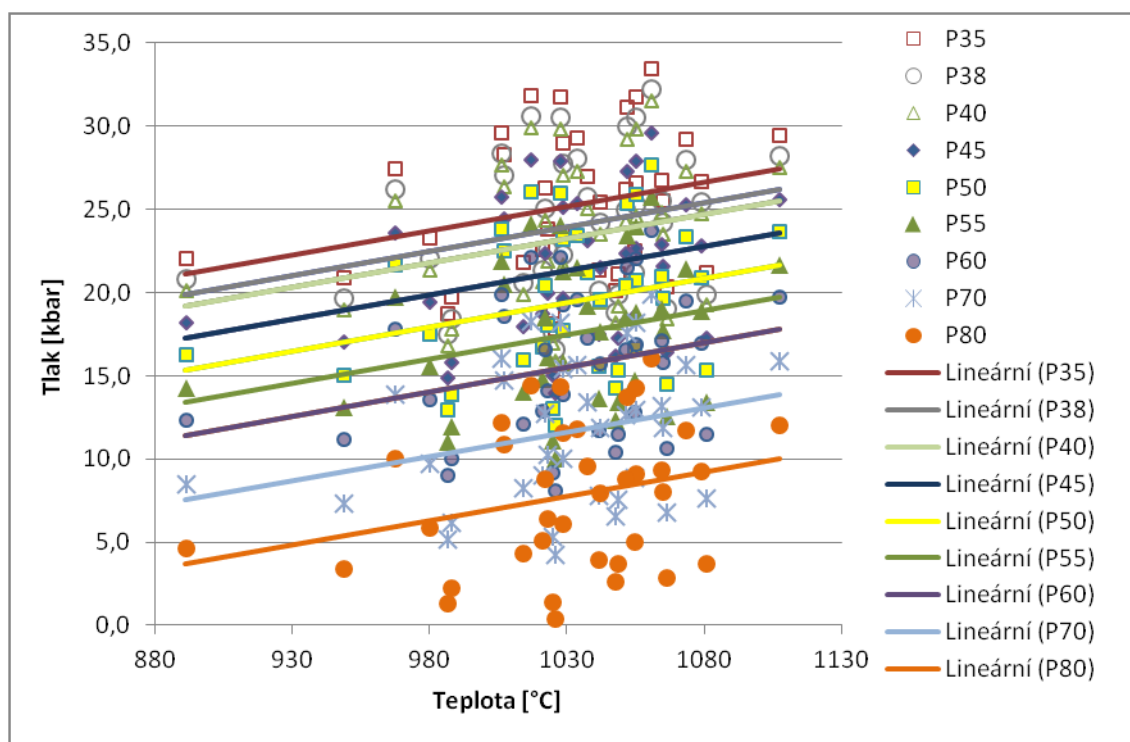
Tlak na současné geotermě byl spočítán na cca 13 kbar pro lherzolitové granáty, cca 7 kbar pro megakrystové granáty a pro eklogitový granát cca 4 kbar. Tlak na geotermě P_{38} byl spočítán na cca 27 kbar pro lherzolitové granáty, cca 20 kbar pro megacrystové granáty a cca 17 kbar pro eklogitový granát. Průběh geoterm je znázorněn na Obrázcích 19 a 20.

Výpočty tlaků a teplot jsou uvedeny v Příloze 7.



Obrázek 19: Diagram znázorňující rozdíly tlaků pro různé geotermny s použitím Mn termometru podle Grütterera *et al.*, (1999)

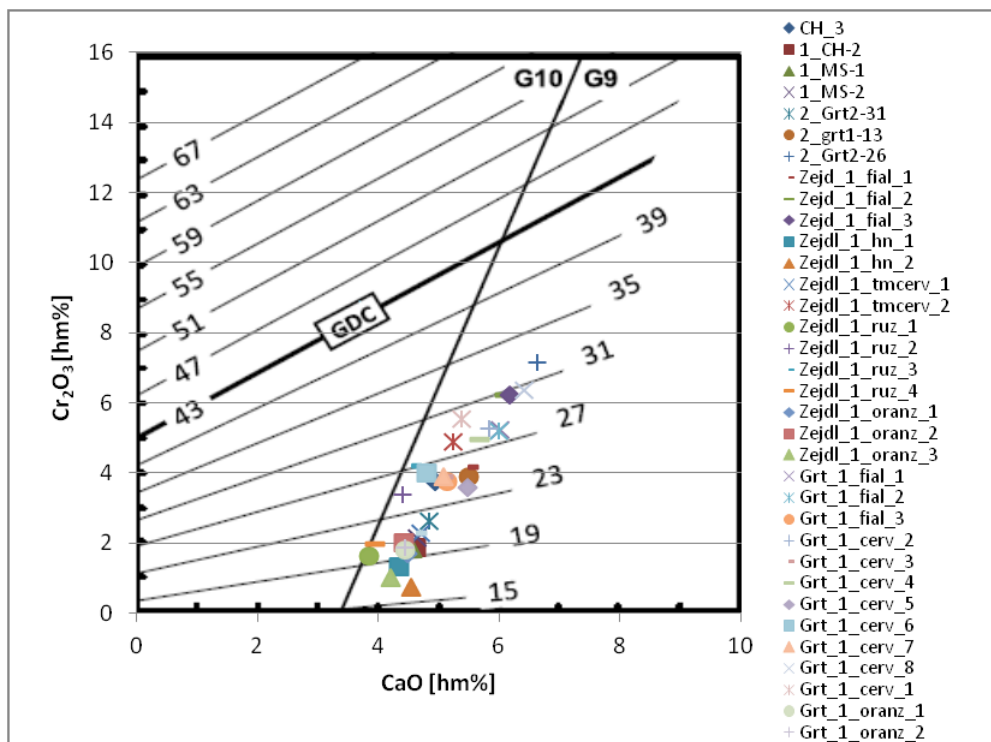
Ze znalosti složení některých inkluzí, bylo možné použít některé z analýz pro geotermobarometrii. Konkrétně byl použit klinopyroxenový geotermobarometr (Putirka, 2008), pomocí kterého byly vypočítány tlaky a teploty vzniku omfacitové inkluze, která byla nalezena v červeném granátu z Linhorcky. Pomocí tohoto termometru vychází teplota vzniku pyroxenu 1140°C s tlak okolo 6 kbar. Zatímco podle barometrů Nimise (1995); Nimise & Ulmera (1999) vychází tlaky cca 21-22 kbar. Z těchto hodnot lze také usuzovat, za jakých podmínek krystalující granát uzavřel inkluzi omfacitu. Tlaky 21 – 22 kbar byly korekcí výpočtu tlaku z P_{38} spočítány pro geotermu P_{55} . Ovšem tak nízké tlaky jako je 5 – 6 kbar byly pomocí stejné korekce spočítány pro geotermu P_{80} pro megakrystové granáty. Granát je ale lherzolitový, geoterma s vyšším tepelným tokem, nežli je P_{80} , zde v době vzniku granátů určitě nebyla, jelikož v oblastech s konsolidovanou kůrou jsou tepelné toky mnohem nižší, spíše se pohybují mezi 30 – 50 mW/m². Proto hodnoty vypočtené podle barometrů Nimise (1995) a Nimise a Ulmera (1999) poskytují smysluplnější tlaky.



Obrázek 20: Diagram znázorňující výsledky výpočtů teploty (Creighton, 2009) a tlaku vzniku granátů (Grütter *et al.*, 2004) pro jednotlivé geotermy.

Nakonec byla testována potenciální diamantonosnost granátických peridotitů podle Grütter *et al.* (2006). Na základě obsahu CaO a Cr₂O₃ v granátech bylo zjištěno, že všechny zde studované granáty leží pod hranicí GDC (Obrázek 21), která definuje přechod z grafitového do diamantového pole.

Pro dosažení diamantového pole by bylo zapotřebí výrazně vyšších tlaků, a to by bylo vyjádřeno vyšším obsahem Cr_2O_3 . Z těchto důvodů je ekonomicky významný výskyt makrodiamantů v této oblasti nepravděpodobný.



Obrázek 21: Diagram CaO vs. Cr_2O_3 znázorňující pole G9 a G10, která protíná křivka GDC, definující grafitové (pod křivkou) a diamantové pole (nad křivkou) (Grütter *et al.*, 2006).

5. Závěr

Jednotlivé granáty jsou chemicky homogenní. Obsah pyropového koncového členu dosahuje cca 65-70%. Nicméně, napříč lokalitami byla mezi studovanými granáty prokázána zjevná variabilita v obsahu prvků. Největší variabilita byla zaznamenána v obsazích Cr_2O_3 na lokalitách Žejdlík a Linhorka. To potvrzuje dosavadní výsledky [Fialy \(1965\)](#), který udává rozsah obsahu Cr_2O_3 jako 0,85 – 6,85 hm. %; pro studované vzorky byly zjištěny obsahy v rozsahu 0,65 – 7,78 hm. %. Vzorky z lokality Malý Syslík jsou bohatší titanem než většina granátů z Linhorky a Žejdlíku. V granátech byly nalezeny inkluze, většina z nich jsou inkluze vícefázové. Mezi fázemi v inkluzích byly chemicky potvrzeny pargasit, magnetit, dolomit, flogopit, minerál ze skupiny spinelidů, klinochlór, olivín, pentlandit a omfacit.

Při porovnávání výsledků difrakčního a spektroskopického studia s chemickým složením zkoumaných vzorků se ukázala korelace mezi obsahem Ca a některými fyzikálními parametry. Při rostoucím obsahu CaO se zvyšuje velikost mřížkového parametru, objem základní buňky a vzdálenost atomů v dodekaedrech. Kladná korelace byla zjištěna také mezi hlavními a vedlejšími prvky jako jsou Si, Ca, Mg, Al, Cr, Fe, Mn, Ti a Na.

Záporná korelace byla pozorována mezi mřížkovými parametry a polohami pásů deformačních vibrací tetraedru (Si-O) ν_2 a ν_4 v Ramanových spektrech stejně tak koreluje s valenční vibrací ν_1 o symetrii A_{1g} . Záporné korelace pásů Ramanových spekter byly zjištěny i mezi pásy symetrie A_{1g} . Kladnou korelaci lze pozorovat mezi pozicemi pásů translací a rotací tetraedru $(\text{SiO}_4)^{4-}$ velikostí mřížkových parametrů a obsahy CaO. Mezi ostatními pásy různých symetrií výrazné korelace zjištěny nebyly.

Po zařazení granátů do klasifikací používaných při diamantové prospekci bylo zjištěno, že tyto granáty jsou převážně lherzolitového původu, dále jsou zastoupeny granáty megakrystového původu a byl nalezen také jeden eklogitový granát. Pro určení diamantonosnosti byly počítány tlaky, které jsou hluboce pod tlaky potřebnými pro vznik diamantů. Z tohoto důvodu byl vyloučen významnější výskyt makrodiamantů v pyropových štěrcích i ve zdrojových horninách na studovaných lokalitách a v této oblasti obecně.

Tato práce potvrdila výzkumy z předešlých let, které se zabývaly diamantovou prospekci vulkanických brekcí Českého středohoří v 50 – 70. letech 20. století ([Kopecký, 1967](#)).

Literatura

- Anthony, J. W., Bideaux, R. A., Bladh, K. W., & Nichols, M. C., Eds., (2018) Handbook of Mineralogy, Mineralogical Society of America, Chantilly, VA 20151-1110, USA <http://www.handbookofmineralogy.org/>. (Navštíveno 6.5.2018).
- Bouška, V., Frýda, J. & Skála, R. (1993). České diamanty. *Geologický průzkum*, Roč. 35, č. 1, 6-10.
- Bruker AXS (2009). Topas V4. 2: General profile and structure analysis software for powder diffraction data. *Bruker AXS, Karlsruhe, Germany*.
- Canil, D. (1999). The Ni-in-garnet geothermometer: calibration at natural abundances. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 136(3), 240-246.
- Creighton, S. (2009). A semi-empirical manganese-in-garnet single crystal thermometer. *Lithos*, 112, 177-182.
- Downs, R.T. & Hall-Wallace, M. (2003). The American Mineralogist Crystal Structure Database. *American Mineralogist* 88, 247-250
- Fiala, J. (1965). Pyrope of some garnet peridotites of the Czech Massif. *Krystalinikum*, 3, 55-74.
- Fiala, J., & Paděra, K. (1977). The chemistry of the minerals of the pyrope dunite from borehole T-7 near Staré (Bohemia). *Tschermaks mineralogische und petrographische Mitteilungen*, 24(4), Charles University, Prague, 205-219.
- Gaft, M., Reisfeld, R., & Panczer, G. (2015). Modern luminescence spectroscopy of minerals and materials. *Springer, Cham*, 577 - 595.
- Geiger, C. A. & Kolesov, B. A. (2002). Microscopic-macroscopic relationships in silicates: Examples from IR and Raman spectroscopy and heat capacity measurements. *EMU Notes in Mineralogy*, Vol. 4, 347-387
- Gibbs, G. (1971). The crystal chemistry of the silicate garnets. *The American Mineralogist*, 56
- Gilg, H. A., & Gast, N. (2016). Determination of titanium content in pyrope by Raman spectroscopy. *Journal of Raman Spectroscopy*, 47(4), 486-491.
- Grew, E. S., Locock, A. J., Mills, S. J., Galuskina, I. O., Galuskin, E. V., & Hålenius, U. (2013). Nomenclature of the garnet supergroup. *American Mineralogist*, 98(4), 785-811.

- Griffin, W. L., Fisher, N. I., Friedman, J., Ryan, C. G., & O'Reilly, S. Y. (1999). Cr-pyrope garnets in the lithospheric mantle. I. Compositional systematics and relations to tectonic setting. *Journal of Petrology*, 40(5), 679-704.
- Grütter, H. S., Apter, D. B., & Kong, J. (1999). Crust–mantle coupling: evidence from mantle-derived xenocrystic garnets. In *Proceedings of the 7th International Kimberlite Conference* (Vol. 1, pp. 307-313). Red Roof Design Cape Town.
- Grütter, H. S., Gurney, J. J., Menzies, A. H., & Winter, F. (2004). An updated classification scheme for mantle-derived garnet, for use by diamond explorers. *Lithos*, 77(1-4), 841-857.
- Grütter, H., Latti, D., & Menzies, A. (2006). Cr-saturation arrays in concentrate garnet compositions from kimberlite and their use in mantle barometry. *Journal of Petrology*, 47(4), 801-820.
- Gurney, J. J. & Zweistra, P. (1995). The interpretation of the major element compositions of mantle minerals in diamond exploration. *Journal of Geochemical Exploration*, 53(1-3), 293-309.
- Hibsch, J.E. (1920). Geologische Karte des Böhmischen Mittelgebirges, Blatt 14 (Meronitz-Trebnitz) nebst Erläuterungen: Prag, Gesellschaft zur Förderung deutscher Wissenschaft, Kunst und Literatur in Böhmen, scale 1:25 000, 118 p.
- Hofmeister, A. M. & Chopelas, A. (1991). Vibrational spectroscopy of end-member silicate garnets. *Physics and Chemistry of Minerals*, 17(6), 503-526.
- Hofmeister, A. M., Giesting, P. A., Wopenka, B., Gwanmesia, G. D., & Jolliff, B. L. (2004). Vibrational spectroscopy of pyrope-majorite garnets: Structural implications. *American Mineralogist*, 89(1), 132-146.
- Chlupáč, I. (2002). Geologická minulost České republiky. Academia. Praha, 436.
- Ježek, B., (1927). K nálezu diamantů v Čechách. *Hornický věstník*, v. 9, 433–437, 461–466.
- Kohn, M. J. (2014). “Thermoba-Raman-try”: Calibration of spectroscopic barometers and thermometers for mineral inclusions. *Earth and Planetary Science Letters*, 388, 187-196.
- Cookenboo, H. O. & Grütter, H. S. (2010). Mantle-derived indicator mineral compositions as applied to diamond exploration. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, 10(1), 81-95.
- Kolesov, B. A. & Geiger, C. A. (1998). Raman spectra of silicate garnets. *Physics and Chemistry of Minerals*, 25(2), Springer, 142-151.

- Kopecký, L. (2010). *Ceske stredohori Mts and ambient young alkaline volcanic complexes in the Ohre Rift, Czech Republic: volcanology, petrology and rift evolution*. Czech Geological Survey Publ. House. Prague, 188
- Kotková, J., O'Brien, P. J., & Ziemann, M. A. (2011). Diamond and coesite discovered in Saxony-type granulite: Solution to the Variscan garnet peridotite enigma. *Geology*, 39(7), 667-670.
- Králová, M. & Bauer, J. (1959). Světlé granáty z pyropových štěrků v Českém středohoří. *Sborník Vysoké školy chemicko-technologické v Praze*, Oddíl fakult anorganické a organické technologie 4, část 1, Katedra mineralogie VŠCHT, Praha, 285-294.
- Králová, M. & Bauer, J. (1961). Světlé granáty a ilmenity z pyropových štěrků v Českém středohoří. *Sborník Vysoké školy chemicko-technologické v Praze*, Oddíl fakult anorganické a organické technologie 4, část 1, Katedra mineralogie VŠCHT, Praha, 123-135.
- Kroumova, E., Aroyo, M. I., Perez-Mato, J. M., Kirov, A., Capillas, C., Ivantchev, S., & Wondratschek, H. (2003). Bilbao crystallographic server: useful databases and tools for phase-transition studies. *Phase Transitions: A Multinational Journal*, 76(1-2), 155-170.
- Lafuente, B., Downs, R. T., Yang, H., & Stone, N. (2015). The power of databases: the RRUFF project. In: *Highlights in Mineralogical Crystallography*, T. Armbruster & R. M. Danisi, eds. Berlin, Germany, W. De Gruyter, pp 1-30
- Liu, L. G., Mernagh, T. P., & Jaques, A. L. (1990). A mineralogical Raman spectroscopy study on eclogitic garnet inclusions in diamonds from Argyle. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 105(2), 156-161.
- Locock, A. J. (2008). An Excel spreadsheet to recast analyses of garnet into end-member components, and a synopsis of the crystal chemistry of natural silicate garnets. *Computers & Geosciences*, 34(12), 1769-1780.
- Lustrino, M., Wilson, M. (2007). The circum-Mediterranean anorogenic Cenozoic igneous province. *Earth-Science Review* 81, 1–65.
- Neave, D. A. & Putirka, K. D. (2017). A new clinopyroxene-liquid barometer, and implications for magma storage pressures under Icelandic rift zones. *American Mineralogist*, 102(4), 777-794.
- Nimis, P. (1995). A clinopyroxene geobarometer for basaltic systems based on crystal-structure modeling. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 121(2), 115-125.

- Nimis, P. & Ulmer, P. (1998). Clinopyroxene geobarometry of magmatic rocks Part 1: An expanded structural geobarometer for anhydrous and hydrous, basic and ultrabasic systems. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 133(1-2), 122-135.
- Manoun, B., de Waal, D., & Merkle, R. K. W. (2001). The crystal chemistry and Raman spectroscopy of kimberlitic (G-9) garnets. *Crystal Engineering*, 4(2-3), 283-291.
- Merlet, C. (1994) An accurate computer correction program for quantitative electron probe microanalysis. *Mikrochim. Acta* 114, 363–376.
- Momma, K. & Izumi, F. (2011). VESTA 3 for three-dimensional visualization of crystal, volumetric and morphology data. *Journal of Applied Crystallography*, 44(6), 1272-1276.
- Moroz, T., Ragozin, A., Salikhov, D., Belikova, G., Puchkov, V., & Kagi, H. (2009). Micro-Raman spectra of ugrandite garnet. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 73(3), 436-439.
- Putirka, K. D. (2008). Thermometers and barometers for volcanic systems. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 69(1), 61-120.
- Rezvukhin, D. I., Malkovets, V. G., Sharygin, I. S., Tretiakova, I. G., Griffin, W. L., & O'Reilly, S. Y. (2018). Inclusions of crichtonite-group minerals in Cr-pyropes from the Internatsionalnaya kimberlite pipe, Siberian Craton: Crystal chemistry, parageneses and relationships to mantle metasomatism. *Lithos*, 308, 181-195.
- Ryan, C. G., Griffin, W. L., & Pearson, N. J. (1996). Garnet geotherms: Pressure-temperature data from Cr-pyrope garnet xenocrysts in volcanic rocks. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 101(B3), 5611-5625.
- Siivola, J., & Schmid, R. (2007). List of Mineral Abbreviations: Recommendations by the IUGS Subcommittee on the Systematics of Metamorphic Rocks. *Web version*, 1(07).
- Schulze, D. J. (2003). A classification scheme for mantle-derived garnets in kimberlite: a tool for investigating the mantle and exploring for diamonds. *Lithos*, 71(2-4), 195-213.
- Sobolev, N. V. (1974). Glubinnye vključenija v kimberlitakh i problema sostava verkhhej mantii: The Deep seated inclusions in kimberlites and the problem of the upper mantle composition. (Vol. 183). Наука, 279.

Stehlíková, D. (2002). Carbunculus-granatus-zrnakoč: sedmnáct století českého granátu: seventeen centuries of the Czech garnet; *katalog výstavy*. Národní Muzeum. <http://www.nm.cz/Historicke-muzeum/Novinky-HM/SEDMNACT-STOLETI-CESKEHO-GRANATU.html>

Šibrava, V. & Havlíček, P., (1980). Radiometric age of Plio-Pleistocene volcanic rocks of the Bohemian Massif. *Věstník Ústředního Ústavu geologického* 55, 129–139.

Thompson, P., Cox, D.E., & Hastings, J.B. (1987). Rietveld refinement of Debye–Scherrer synchrotron X-ray data from Al₂O₃. *Journal of Applied Crystallography* 20.2: 79-83.

Ulrych, J., Dostal, J., Adamovič, J., Jelínek, E., Špaček, P., Hegner, E., & Balogh, K. (2011). Recurrent Cenozoic volcanic activity in the Bohemian Massif (Czech Republic). *Lithos*, 123(1), 133-144.

Vrána, A. V., Seifert, S. (2005). Bohemian garnet. *Bulletin of Geosciences*, Czech Geological Survey Publ. House. Prague, 80(2), 113-124.

Yavuz, F. & Döner, Z. (2017). "WinAmptb : A Windows program for calcic amphibole thermobarometry", *Periodico di Mineralogia*, Vol. 86, No. 2, 135-167

Wagner, G.A., Gögen, K., Jonckhere, R., Wagner & I., Woda, C. (2002). Dating of Quaternary volcanoes Komorní Hůrka (Kammerbühl) and Železná hůrka (Eisenbühl), Czech Republic, by TL, ESR, alpha-recoil and fission track chronometry. *Zeitschrift für geologische Wissenschaften* 30, 191–200.

Wang, L., Essene, E. J., & Zhang, Y. (1999). Mineral inclusions in pyrope crystals from Garnet Ridge, Arizona, USA: implications for processes in the upper mantle. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, Michigan, 135(2-3), 164-178.

<https://mapy.geology.cz/geocr50/>

Přílohy

Příloha 1: Chemické analýzy vzorků

Tabulka 13: Chemické složení granátů z lokalit Chrástřany, Malý Syslík, Linhorka a Žejdlík

| Název | CH-3 | | | | | CH-2 | | | | |
|--------------------------------|--------------|-----------|-------|--------|--------|--------|-----------|-------|--------|--------|
| | Počet analýz | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 |
| Oxidy | průměr | sm. odch. | min | max | medián | průměr | sm. odch. | min | max | medián |
| SiO ₂ | 41,80 | 0,33 | 40,79 | 42,77 | 41,83 | 42,07 | 0,23 | 41,56 | 42,54 | 42,06 |
| TiO ₂ | 0,42 | 0,01 | 0,39 | 0,45 | 0,42 | 0,37 | 0,01 | 0,36 | 0,41 | 0,37 |
| Al ₂ O ₃ | 20,05 | 0,21 | 19,58 | 20,50 | 20,05 | 21,51 | 0,24 | 21,04 | 21,94 | 21,54 |
| Cr ₂ O ₃ | 3,75 | 0,10 | 3,54 | 4,06 | 3,75 | 1,86 | 0,08 | 1,62 | 2,05 | 1,85 |
| FeO | 8,09 | 0,19 | 7,56 | 8,55 | 8,07 | 8,46 | 0,21 | 7,75 | 8,82 | 8,49 |
| MnO | 0,32 | 0,04 | 0,24 | 0,41 | 0,31 | 0,31 | 0,04 | 0,22 | 0,44 | 0,31 |
| MgO | 20,15 | 0,31 | 19,56 | 20,82 | 20,04 | 20,51 | 0,21 | 20,13 | 20,97 | 20,47 |
| CaO | 4,94 | 0,05 | 4,80 | 5,06 | 4,93 | 4,63 | 0,05 | 4,52 | 4,77 | 4,64 |
| Na ₂ O | 0,05 | 0,01 | 0,03 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,01 | 0,03 | 0,07 | 0,05 |
| Suma | 99,57 | 0,63 | 98,24 | 101,05 | 99,50 | 99,78 | 0,48 | 98,61 | 101,20 | 99,71 |

| Název | MS-1 | | | | | MS-2 | | | | |
|--------------------------------|--------------|-----------|--------|--------|--------|--------|-----------|-------|--------|--------|
| | Počet analýz | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 |
| Oxidy | průměr | sm. odch. | min | max | medián | průměr | sm. odch. | min | max | medián |
| SiO ₂ | 42,06 | 0,23 | 41,54 | 42,50 | 42,05 | 41,63 | 0,22 | 40,93 | 42,35 | 41,61 |
| TiO ₂ | 0,54 | 0,02 | 0,51 | 0,59 | 0,53 | 0,58 | 0,09 | 0,24 | 0,68 | 0,59 |
| Al ₂ O ₃ | 21,37 | 0,26 | 20,88 | 21,94 | 21,34 | 21,00 | 0,28 | 20,49 | 21,61 | 21,02 |
| Cr ₂ O ₃ | 1,84 | 0,09 | 1,62 | 2,04 | 1,84 | 2,16 | 0,10 | 1,96 | 2,48 | 2,16 |
| FeO | 8,84 | 0,27 | 8,10 | 9,78 | 8,81 | 9,90 | 0,24 | 9,17 | 10,32 | 9,92 |
| MnO | 0,31 | 0,04 | 0,20 | 0,44 | 0,31 | 0,41 | 0,04 | 0,31 | 0,53 | 0,41 |
| MgO | 20,45 | 0,23 | 19,84 | 21,01 | 20,42 | 19,56 | 0,16 | 19,21 | 19,98 | 19,53 |
| CaO | 4,56 | 0,05 | 4,33 | 4,66 | 4,56 | 4,65 | 0,08 | 4,47 | 4,85 | 4,64 |
| Na ₂ O | 0,08 | 0,01 | 0,05 | 0,11 | 0,08 | 0,07 | 0,01 | 0,03 | 0,09 | 0,07 |
| Suma | 100,77 | 0,32 | 100,19 | 101,19 | 100,86 | 99,94 | 0,42 | 98,48 | 101,10 | 99,92 |

| Název | Grt_2_31 | | | | | Grt_1_13 | | | | |
|--------------------------------|--------------|-----------|--------|--------|--------|----------|-----------|-------|--------|--------|
| | Počet analýz | 25 | 25 | 25 | 25 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Oxidy | průměr | sm. odch. | min | max | medián | průměr | sm. odch. | min | max | medián |
| SiO ₂ | 42,23 | 0,20 | 41,76 | 42,61 | 42,24 | 41,53 | 0,18 | 41,08 | 41,79 | 41,54 |
| TiO ₂ | 0,32 | 0,02 | 0,29 | 0,35 | 0,32 | 0,75 | 0,02 | 0,73 | 0,78 | 0,74 |
| Al ₂ O ₃ | 20,96 | 0,15 | 20,60 | 21,21 | 20,94 | 19,54 | 0,15 | 19,31 | 19,83 | 19,50 |
| Cr ₂ O ₃ | 2,63 | 0,13 | 2,42 | 3,04 | 2,63 | 3,89 | 0,18 | 3,55 | 4,15 | 3,95 |
| FeO | 8,98 | 0,25 | 8,67 | 9,53 | 8,95 | 9,45 | 0,25 | 9,02 | 9,95 | 9,40 |
| MnO | 0,36 | 0,04 | 0,27 | 0,46 | 0,36 | 0,31 | 0,05 | 0,25 | 0,44 | 0,31 |
| MgO | 20,31 | 0,12 | 20,04 | 20,50 | 20,35 | 19,47 | 0,11 | 19,26 | 19,65 | 19,48 |
| CaO | 4,84 | 0,05 | 4,76 | 4,94 | 4,85 | 5,49 | 0,08 | 5,34 | 5,59 | 5,51 |
| Na ₂ O | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,06 | 0,03 | 0,08 | 0,01 | 0,05 | 0,10 | 0,08 |
| Suma | 100,68 | 0,27 | 100,27 | 101,30 | 100,64 | 100,52 | 0,32 | 99,86 | 101,14 | 100,63 |

Tabulka 13: Pokračování

| Název | Grt_2_26 | | | | | Grt_1_cerv_1 | | | | |
|--------------------------------|--------------|-----------|-------|--------|--------|--------------|-----------|-------|--------|--------|
| | Počet analýz | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Oxidy | průměr | sm. odch. | min | max | medián | průměr | sm. odch. | min | max | medián |
| SiO ₂ | 41,47 | 0,31 | 40,88 | 42,04 | 41,52 | 41,55 | 0,21 | 41,19 | 42,00 | 41,54 |
| TiO ₂ | 0,06 | 0,01 | 0,04 | 0,08 | 0,06 | 0,38 | 0,04 | 0,28 | 0,45 | 0,38 |
| Al ₂ O ₃ | 17,81 | 0,12 | 17,54 | 18,00 | 17,84 | 18,51 | 0,31 | 18,02 | 19,30 | 18,47 |
| Cr ₂ O ₃ | 7,15 | 0,25 | 6,82 | 7,78 | 7,14 | 5,56 | 0,27 | 4,88 | 6,01 | 5,61 |
| FeO | 7,85 | 0,29 | 7,42 | 8,51 | 7,81 | 8,28 | 0,26 | 7,89 | 8,89 | 8,26 |
| MnO | 0,32 | 0,04 | 0,24 | 0,39 | 0,34 | 0,33 | 0,06 | 0,21 | 0,43 | 0,34 |
| MgO | 19,05 | 0,13 | 18,81 | 19,26 | 19,08 | 19,98 | 0,16 | 19,66 | 20,29 | 20,00 |
| CaO | 6,63 | 0,06 | 6,54 | 6,75 | 6,64 | 5,39 | 0,08 | 5,12 | 5,49 | 5,42 |
| Na ₂ O | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,06 | 0,04 |
| Suma | 100,36 | 0,37 | 99,80 | 101,26 | 100,26 | 100,12 | 0,43 | 99,23 | 101,13 | 100,09 |

| Název | Zejd_1_fial_1 | | | | | Zejd_1_fial_2 | | | | |
|--------------------------------|---------------|-----------|-------|--------|--------|---------------|-----------|-------|--------|--------|
| | Počet analýz | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Oxidy | průměr | sm. odch. | min | max | medián | průměr | sm. odch. | min | max | medián |
| SiO ₂ | 41,95 | 0,29 | 41,68 | 42,95 | 41,87 | 41,78 | 0,28 | 41,08 | 42,23 | 41,84 |
| TiO ₂ | 0,08 | 0,01 | 0,06 | 0,10 | 0,08 | 0,09 | 0,03 | 0,06 | 0,19 | 0,08 |
| Al ₂ O ₃ | 20,22 | 0,15 | 19,94 | 20,44 | 20,18 | 18,61 | 0,27 | 18,26 | 19,35 | 18,57 |
| Cr ₂ O ₃ | 4,15 | 0,15 | 3,89 | 4,36 | 4,19 | 6,21 | 0,32 | 5,35 | 7,04 | 6,19 |
| FeO | 7,82 | 0,19 | 7,50 | 8,17 | 7,81 | 8,13 | 0,18 | 7,75 | 8,63 | 8,16 |
| MnO | 0,32 | 0,04 | 0,24 | 0,39 | 0,32 | 0,35 | 0,04 | 0,25 | 0,41 | 0,35 |
| MgO | 19,49 | 0,26 | 19,24 | 20,16 | 19,37 | 19,02 | 0,25 | 18,60 | 19,54 | 18,99 |
| CaO | 5,49 | 0,05 | 5,35 | 5,56 | 5,50 | 6,09 | 0,13 | 5,76 | 6,26 | 6,14 |
| Na ₂ O | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,03 | 0,02 |
| Suma | 99,55 | 0,65 | 98,62 | 101,53 | 99,44 | 100,31 | 0,81 | 98,75 | 101,54 | 100,47 |

| Název | Zejd_1_fial_3 | | | | | Zejd_1_hn_1 | | | | |
|--------------------------------|---------------|-----------|-------|--------|--------|-------------|-----------|-------|--------|--------|
| | Počet analýz | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Oxidy | průměr | sm. odch. | min | max | medián | průměr | sm. odch. | min | max | medián |
| SiO ₂ | 42,00 | 0,36 | 41,49 | 43,21 | 41,96 | 42,41 | 0,33 | 41,81 | 43,03 | 42,47 |
| TiO ₂ | 0,11 | 0,01 | 0,08 | 0,13 | 0,10 | 0,68 | 0,02 | 0,66 | 0,72 | 0,68 |
| Al ₂ O ₃ | 18,53 | 0,20 | 18,13 | 19,07 | 18,55 | 21,47 | 0,17 | 21,12 | 21,84 | 21,43 |
| Cr ₂ O ₃ | 6,22 | 0,18 | 5,89 | 6,53 | 6,24 | 1,33 | 0,08 | 1,19 | 1,52 | 1,31 |
| FeO | 7,89 | 0,18 | 7,44 | 8,24 | 7,90 | 9,09 | 0,26 | 8,58 | 9,61 | 9,05 |
| MnO | 0,32 | 0,05 | 0,24 | 0,44 | 0,32 | 0,33 | 0,04 | 0,27 | 0,41 | 0,34 |
| MgO | 19,14 | 0,17 | 18,84 | 19,49 | 19,12 | 20,24 | 0,16 | 19,91 | 20,48 | 20,29 |
| CaO | 6,18 | 0,07 | 6,02 | 6,28 | 6,18 | 4,34 | 0,05 | 4,23 | 4,44 | 4,35 |
| Na ₂ O | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,07 | 0,01 | 0,05 | 0,10 | 0,08 |
| Suma | 100,40 | 0,54 | 99,02 | 101,51 | 100,52 | 99,96 | 0,71 | 98,85 | 101,19 | 99,91 |

Tabulka 13: Pokračování

| Název | Zejd_1_hn_2 | | | | | Zejd_1_tm cerv_1 | | | | |
|--------------------------------|-------------|-----------|-------|--------|--------|------------------|-----------|-------|--------|--------|
| Počet analýz | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Oxidy | průměr | sm. odch. | min | max | medián | průměr | sm. odch. | min | max | medián |
| SiO ₂ | 42,55 | 0,33 | 41,79 | 43,04 | 42,54 | 42,35 | 0,31 | 41,92 | 43,13 | 42,32 |
| TiO ₂ | 0,42 | 0,05 | 0,33 | 0,49 | 0,42 | 0,40 | 0,01 | 0,38 | 0,43 | 0,40 |
| Al ₂ O ₃ | 22,55 | 0,19 | 22,10 | 22,96 | 22,53 | 21,13 | 0,13 | 20,85 | 21,35 | 21,14 |
| Cr ₂ O ₃ | 0,75 | 0,06 | 0,65 | 0,90 | 0,74 | 2,30 | 0,11 | 2,11 | 2,45 | 2,31 |
| FeO | 8,56 | 0,20 | 8,22 | 9,23 | 8,53 | 8,16 | 0,20 | 7,60 | 8,46 | 8,17 |
| MnO | 0,31 | 0,03 | 0,26 | 0,36 | 0,31 | 0,33 | 0,05 | 0,20 | 0,43 | 0,31 |
| MgO | 20,33 | 0,17 | 19,89 | 20,67 | 20,34 | 20,24 | 0,17 | 19,91 | 20,62 | 20,21 |
| CaO | 4,54 | 0,06 | 4,44 | 4,68 | 4,52 | 4,70 | 0,05 | 4,61 | 4,80 | 4,69 |
| Na ₂ O | 0,04 | 0,01 | 0,03 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,01 | 0,04 | 0,07 | 0,05 |
| Suma | 100,06 | 0,61 | 98,93 | 101,14 | 100,17 | 99,67 | 0,60 | 98,54 | 100,60 | 99,72 |

| Název | Zejd_1_tm cerv_1 | | | | | Zejd_1_ruz_1 | | | | |
|--------------------------------|------------------|-----------|-------|--------|--------|--------------|-----------|-------|--------|--------|
| Počet analýz | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Oxidy | průměr | sm. odch. | min | max | medián | průměr | sm. odch. | min | max | medián |
| SiO ₂ | 41,99 | 0,31 | 41,49 | 42,68 | 41,97 | 42,12 | 0,36 | 41,66 | 42,77 | 42,03 |
| TiO ₂ | 0,38 | 0,02 | 0,35 | 0,41 | 0,38 | 0,46 | 0,01 | 0,43 | 0,49 | 0,46 |
| Al ₂ O ₃ | 19,40 | 0,14 | 19,08 | 19,70 | 19,39 | 20,09 | 0,11 | 19,88 | 20,34 | 20,08 |
| Cr ₂ O ₃ | 4,87 | 0,19 | 4,27 | 5,20 | 4,87 | 3,41 | 0,12 | 3,15 | 3,59 | 3,41 |
| FeO | 7,73 | 0,23 | 7,37 | 8,13 | 7,71 | 7,93 | 0,29 | 7,50 | 8,50 | 7,84 |
| MnO | 0,29 | 0,05 | 0,18 | 0,38 | 0,28 | 0,31 | 0,03 | 0,23 | 0,38 | 0,31 |
| MgO | 19,91 | 0,18 | 19,61 | 20,22 | 19,90 | 20,21 | 0,23 | 19,77 | 20,60 | 20,20 |
| CaO | 5,25 | 0,07 | 5,12 | 5,35 | 5,24 | 4,98 | 0,05 | 4,89 | 5,09 | 4,96 |
| Na ₂ O | 0,05 | 0,01 | 0,04 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,06 | 0,04 |
| Suma | 99,88 | 0,76 | 98,72 | 101,11 | 100,03 | 99,54 | 0,78 | 98,52 | 100,96 | 99,23 |

| Název | Zejd_1_ruz_2 | | | | | Zejd_1_ruz_3 | | | | |
|--------------------------------|--------------|-----------|-------|--------|--------|--------------|-----------|-------|--------|--------|
| Počet analýz | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Oxidy | průměr | sm. odch. | min | max | medián | průměr | sm. odch. | min | max | medián |
| SiO ₂ | 42,17 | 0,37 | 41,62 | 42,88 | 42,22 | 42,24 | 0,24 | 41,70 | 42,80 | 42,30 |
| TiO ₂ | 0,18 | 0,01 | 0,15 | 0,21 | 0,17 | 0,27 | 0,01 | 0,24 | 0,30 | 0,27 |
| Al ₂ O ₃ | 20,06 | 0,15 | 19,70 | 20,26 | 20,09 | 19,70 | 0,13 | 19,44 | 19,90 | 19,70 |
| Cr ₂ O ₃ | 3,93 | 0,17 | 3,56 | 4,20 | 3,95 | 4,52 | 0,13 | 4,31 | 4,76 | 4,51 |
| FeO | 8,00 | 0,24 | 7,53 | 8,62 | 7,98 | 8,08 | 0,18 | 7,77 | 8,41 | 8,11 |
| MnO | 0,29 | 0,06 | 0,16 | 0,36 | 0,29 | 0,34 | 0,04 | 0,28 | 0,42 | 0,35 |
| MgO | 19,77 | 0,18 | 19,50 | 20,08 | 19,79 | 19,82 | 0,14 | 19,51 | 20,10 | 19,86 |
| CaO | 5,32 | 0,06 | 5,20 | 5,45 | 5,32 | 5,33 | 0,04 | 5,22 | 5,42 | 5,32 |
| Na ₂ O | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,05 | 0,03 |
| Suma | 99,76 | 0,71 | 98,48 | 100,98 | 99,83 | 100,32 | 0,52 | 99,07 | 101,09 | 100,33 |

Tabulka 13: Pokračování

| Název | Zejd_1_ruz_4 | | | | | Zejd_1_oranz_1 | | | | |
|--------------------------------|--------------|-----------|-------|--------|--------|----------------|-----------|-------|--------|--------|
| | Počet analýz | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Oxidy | průměr | sm. odch. | min | max | medián | průměr | sm. odch. | min | max | medián |
| SiO ₂ | 42,62 | 0,16 | 42,35 | 42,93 | 42,59 | 42,42 | 0,27 | 41,72 | 42,93 | 42,45 |
| TiO ₂ | 0,12 | 0,01 | 0,10 | 0,15 | 0,12 | 0,51 | 0,02 | 0,49 | 0,55 | 0,51 |
| Al ₂ O ₃ | 21,20 | 0,17 | 20,88 | 21,56 | 21,23 | 21,58 | 0,13 | 21,32 | 21,86 | 21,57 |
| Cr ₂ O ₃ | 2,77 | 0,12 | 2,52 | 2,98 | 2,78 | 1,71 | 0,11 | 1,53 | 1,87 | 1,73 |
| FeO | 8,43 | 0,23 | 8,04 | 8,78 | 8,47 | 9,23 | 0,21 | 8,85 | 9,79 | 9,20 |
| MnO | 0,32 | 0,04 | 0,23 | 0,38 | 0,32 | 0,36 | 0,04 | 0,28 | 0,44 | 0,36 |
| MgO | 20,08 | 0,11 | 19,86 | 20,24 | 20,06 | 19,91 | 0,20 | 19,47 | 20,27 | 19,94 |
| CaO | 4,95 | 0,06 | 4,86 | 5,07 | 4,94 | 4,49 | 0,06 | 4,39 | 4,59 | 4,49 |
| Na ₂ O | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,03 | 0,02 | 0,06 | 0,01 | 0,04 | 0,07 | 0,06 |
| Suma | 100,51 | 0,40 | 99,98 | 101,62 | 100,51 | 100,27 | 0,59 | 98,91 | 101,20 | 100,30 |

| Název | Zejd_1_oranz_2 | | | | | Zejd_1_oranz_3 | | | | |
|--------------------------------|----------------|-----------|-------|--------|--------|----------------|-----------|-------|--------|--------|
| | Počet analýz | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Oxidy | průměr | sm. odch. | min | max | medián | průměr | sm. odch. | min | max | medián |
| SiO ₂ | 42,23 | 0,31 | 41,67 | 42,71 | 42,25 | 42,50 | 0,39 | 41,90 | 43,27 | 42,34 |
| TiO ₂ | 0,66 | 0,02 | 0,62 | 0,68 | 0,66 | 0,60 | 0,02 | 0,55 | 0,63 | 0,61 |
| Al ₂ O ₃ | 20,97 | 0,17 | 20,56 | 21,29 | 20,99 | 21,89 | 0,15 | 21,53 | 22,16 | 21,93 |
| Cr ₂ O ₃ | 1,99 | 0,09 | 1,78 | 2,17 | 1,99 | 1,01 | 0,07 | 0,88 | 1,13 | 1,02 |
| FeO | 9,28 | 0,26 | 8,72 | 9,82 | 9,26 | 8,90 | 0,27 | 8,47 | 9,38 | 8,91 |
| MnO | 0,33 | 0,03 | 0,28 | 0,39 | 0,33 | 0,31 | 0,05 | 0,21 | 0,38 | 0,31 |
| MgO | 19,92 | 0,19 | 19,48 | 20,24 | 19,97 | 20,31 | 0,19 | 19,97 | 20,63 | 20,32 |
| CaO | 4,43 | 0,04 | 4,32 | 4,50 | 4,44 | 4,21 | 0,05 | 4,07 | 4,28 | 4,21 |
| Na ₂ O | 0,09 | 0,01 | 0,06 | 0,11 | 0,09 | 0,09 | 0,01 | 0,07 | 0,11 | 0,09 |
| Suma | 99,91 | 0,77 | 98,39 | 101,04 | 100,04 | 99,83 | 0,75 | 98,52 | 100,95 | 99,75 |

| Název | Grt_1_fial_1 | | | | | Grt_1_fial_2 | | | | |
|--------------------------------|--------------|-----------|-------|--------|--------|--------------|-----------|-------|--------|--------|
| | Počet analýz | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Oxidy | průměr | sm. odch. | min | max | medián | průměr | sm. odch. | min | max | medián |
| SiO ₂ | 41,82 | 0,23 | 41,43 | 42,26 | 41,80 | 42,00 | 0,30 | 41,39 | 42,53 | 42,00 |
| TiO ₂ | 0,05 | 0,01 | 0,04 | 0,07 | 0,05 | 0,10 | 0,01 | 0,08 | 0,12 | 0,10 |
| Al ₂ O ₃ | 18,95 | 0,17 | 18,69 | 19,31 | 18,94 | 19,07 | 0,19 | 18,63 | 19,44 | 19,09 |
| Cr ₂ O ₃ | 5,22 | 0,15 | 4,96 | 5,48 | 5,22 | 5,19 | 0,15 | 4,82 | 5,41 | 5,21 |
| FeO | 8,01 | 0,20 | 7,62 | 8,49 | 8,01 | 7,78 | 0,16 | 7,45 | 8,09 | 7,75 |
| MnO | 0,34 | 0,06 | 0,23 | 0,46 | 0,34 | 0,31 | 0,07 | 0,22 | 0,53 | 0,30 |
| MgO | 19,53 | 0,22 | 19,19 | 20,05 | 19,54 | 19,65 | 0,18 | 19,08 | 19,93 | 19,68 |
| CaO | 6,02 | 0,05 | 5,94 | 6,13 | 6,01 | 6,00 | 0,07 | 5,78 | 6,14 | 6,01 |
| Na ₂ O | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,03 | 0,01 |
| Suma | 99,95 | 0,57 | 99,24 | 100,94 | 99,78 | 100,11 | 0,58 | 98,42 | 101,18 | 100,27 |

Tabulka 13: Pokračování

| Název | Grt_1_fial_3 | | | | | Grt_1_cerv_2 | | | | |
|--------------------------------|--------------|-----------|-------|--------|--------|--------------|-----------|-------|--------|--------|
| | Počet analýz | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Oxidy | průměr | sm. odch. | min | max | medián | průměr | sm. odch. | min | max | medián |
| SiO ₂ | 42,19 | 0,24 | 41,72 | 42,63 | 42,20 | 41,85 | 0,26 | 41,34 | 42,28 | 41,93 |
| TiO ₂ | 0,17 | 0,01 | 0,14 | 0,19 | 0,17 | 0,21 | 0,01 | 0,18 | 0,23 | 0,21 |
| Al ₂ O ₃ | 20,50 | 0,20 | 20,04 | 20,90 | 20,51 | 19,04 | 0,13 | 18,82 | 19,27 | 19,05 |
| Cr ₂ O ₃ | 3,75 | 0,20 | 3,50 | 4,18 | 3,76 | 5,25 | 0,17 | 4,94 | 5,58 | 5,25 |
| FeO | 7,97 | 0,20 | 7,54 | 8,32 | 7,97 | 8,08 | 0,23 | 7,64 | 8,56 | 8,08 |
| MnO | 0,34 | 0,05 | 0,26 | 0,47 | 0,33 | 0,36 | 0,04 | 0,28 | 0,45 | 0,36 |
| MgO | 20,08 | 0,17 | 19,84 | 20,56 | 20,07 | 19,76 | 0,10 | 19,54 | 19,92 | 19,78 |
| CaO | 5,15 | 0,05 | 5,05 | 5,27 | 5,15 | 5,84 | 0,05 | 5,72 | 5,94 | 5,84 |
| Na ₂ O | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,03 | 0,02 |
| Suma | 100,17 | 0,35 | 99,50 | 100,86 | 100,14 | 100,41 | 0,48 | 99,26 | 101,16 | 100,46 |

| Název | Grt_1_cerv_3 | | | | | Grt_1_cerv_4 | | | | |
|--------------------------------|--------------|-----------|-------|--------|--------|--------------|-----------|-------|--------|--------|
| | Počet analýz | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Oxidy | průměr | sm. odch. | min | max | medián | průměr | sm. odch. | min | max | medián |
| SiO ₂ | 42,09 | 0,34 | 41,43 | 42,62 | 42,17 | 41,85 | 0,28 | 41,20 | 42,31 | 41,91 |
| TiO ₂ | 0,15 | 0,01 | 0,12 | 0,17 | 0,15 | 0,09 | 0,01 | 0,07 | 0,11 | 0,10 |
| Al ₂ O ₃ | 20,02 | 0,09 | 19,89 | 20,19 | 20,01 | 19,23 | 0,13 | 19,05 | 19,45 | 19,23 |
| Cr ₂ O ₃ | 3,90 | 0,15 | 3,59 | 4,09 | 3,97 | 4,95 | 0,11 | 4,70 | 5,17 | 4,95 |
| FeO | 8,30 | 0,26 | 7,73 | 8,62 | 8,38 | 8,23 | 0,27 | 7,81 | 8,73 | 8,26 |
| MnO | 0,33 | 0,05 | 0,22 | 0,40 | 0,33 | 0,34 | 0,08 | 0,14 | 0,48 | 0,34 |
| MgO | 20,24 | 0,11 | 20,08 | 20,56 | 20,22 | 19,58 | 0,11 | 19,42 | 19,81 | 19,57 |
| CaO | 5,08 | 0,05 | 4,98 | 5,21 | 5,08 | 5,68 | 0,07 | 5,52 | 5,78 | 5,69 |
| Na ₂ O | 0,06 | 0,01 | 0,03 | 0,08 | 0,06 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,04 | 0,02 |
| Suma | 100,12 | 0,57 | 98,93 | 101,03 | 100,15 | 99,98 | 0,53 | 98,92 | 100,88 | 100,10 |

| Název | Grt_1_cerv_5 | | | | | Grt_1_cerv_6 | | | | |
|--------------------------------|--------------|-----------|-------|--------|--------|--------------|-----------|-------|--------|--------|
| | Počet analýz | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Oxidy | průměr | sm. odch. | min | max | medián | průměr | sm. odch. | min | max | medián |
| SiO ₂ | 42,08 | 0,23 | 41,65 | 42,48 | 42,12 | 41,73 | 0,26 | 41,33 | 42,21 | 41,66 |
| TiO ₂ | 0,12 | 0,01 | 0,10 | 0,14 | 0,12 | 0,37 | 0,01 | 0,34 | 0,40 | 0,36 |
| Al ₂ O ₃ | 20,13 | 0,13 | 19,93 | 20,30 | 20,18 | 19,66 | 0,18 | 19,34 | 19,92 | 19,65 |
| Cr ₂ O ₃ | 3,60 | 0,11 | 3,43 | 3,88 | 3,59 | 4,00 | 0,16 | 3,78 | 4,32 | 3,96 |
| FeO | 8,56 | 0,29 | 8,05 | 9,16 | 8,50 | 9,12 | 0,16 | 8,79 | 9,39 | 9,11 |
| MnO | 0,32 | 0,05 | 0,25 | 0,44 | 0,32 | 0,38 | 0,07 | 0,25 | 0,54 | 0,38 |
| MgO | 20,04 | 0,13 | 19,75 | 20,26 | 20,07 | 19,89 | 0,13 | 19,65 | 20,11 | 19,91 |
| CaO | 5,47 | 0,06 | 5,34 | 5,59 | 5,49 | 4,80 | 0,05 | 4,69 | 4,91 | 4,80 |
| Na ₂ O | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,05 | 0,03 |
| Suma | 100,34 | 0,58 | 99,19 | 101,25 | 100,35 | 99,97 | 0,47 | 98,80 | 101,10 | 100,01 |

Tabulka 13: Pokračování

| Název | Grt_1_cerv_7 | | | | | Grt_1_cerv_8 | | | | |
|--------------------------------|--------------|-----------|-------|--------|--------|--------------|-----------|-------|--------|--------|
| | Počet analýz | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Oxidy | průměr | sm. odch. | min | max | medián | průměr | sm. odch. | min | max | medián |
| SiO ₂ | 41,99 | 0,35 | 41,43 | 42,62 | 41,95 | 41,39 | 0,29 | 40,96 | 42,11 | 41,40 |
| TiO ₂ | 0,14 | 0,02 | 0,11 | 0,17 | 0,14 | 0,15 | 0,01 | 0,13 | 0,19 | 0,15 |
| Al ₂ O ₃ | 20,04 | 0,10 | 19,85 | 20,19 | 20,03 | 18,07 | 0,19 | 17,70 | 18,42 | 18,02 |
| Cr ₂ O ₃ | 3,90 | 0,15 | 3,59 | 4,09 | 3,96 | 6,38 | 0,17 | 6,11 | 6,66 | 6,39 |
| FeO | 8,24 | 0,26 | 7,73 | 8,62 | 8,28 | 7,88 | 0,17 | 7,54 | 8,26 | 7,91 |
| MnO | 0,32 | 0,05 | 0,22 | 0,40 | 0,33 | 0,34 | 0,08 | 0,21 | 0,49 | 0,34 |
| MgO | 20,23 | 0,11 | 20,08 | 20,56 | 20,22 | 19,05 | 0,17 | 18,71 | 19,44 | 19,05 |
| CaO | 5,08 | 0,05 | 4,98 | 5,21 | 5,08 | 6,42 | 0,06 | 6,29 | 6,55 | 6,42 |
| Na ₂ O | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,03 | 0,01 |
| Suma | 99,97 | 0,58 | 98,93 | 101,03 | 99,92 | 99,72 | 0,52 | 98,95 | 100,88 | 99,64 |

| Název | Grt_1_oranz_1 | | | | | Grt_1_oranz_2 | | | | |
|--------------------------------|---------------|-----------|-------|--------|--------|---------------|-----------|-------|--------|--------|
| | Počet analýz | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Oxidy | průměr | sm. odch. | min | max | medián | průměr | sm. odch. | min | max | medián |
| SiO ₂ | 42,10 | 0,29 | 41,60 | 42,65 | 42,18 | 42,21 | 0,28 | 41,47 | 42,66 | 42,21 |
| TiO ₂ | 0,58 | 0,02 | 0,54 | 0,62 | 0,58 | 0,60 | 0,02 | 0,57 | 0,66 | 0,60 |
| Al ₂ O ₃ | 21,23 | 0,18 | 20,88 | 21,55 | 21,24 | 21,14 | 0,13 | 20,84 | 21,34 | 21,14 |
| Cr ₂ O ₃ | 1,82 | 0,10 | 1,63 | 2,03 | 1,82 | 1,88 | 0,08 | 1,76 | 2,08 | 1,86 |
| FeO | 8,87 | 0,27 | 8,28 | 9,24 | 8,95 | 9,19 | 0,25 | 8,59 | 9,63 | 9,22 |
| MnO | 0,29 | 0,06 | 0,16 | 0,41 | 0,30 | 0,32 | 0,05 | 0,21 | 0,42 | 0,32 |
| MgO | 20,83 | 0,16 | 20,57 | 21,09 | 20,84 | 20,67 | 0,16 | 20,24 | 20,93 | 20,70 |
| CaO | 4,45 | 0,03 | 4,39 | 4,50 | 4,45 | 4,44 | 0,05 | 4,34 | 4,53 | 4,44 |
| Na ₂ O | 0,07 | 0,01 | 0,04 | 0,09 | 0,07 | 0,07 | 0,01 | 0,05 | 0,09 | 0,07 |
| Suma | 100,23 | 0,66 | 99,18 | 101,65 | 100,16 | 100,53 | 0,51 | 99,40 | 101,30 | 100,71 |

| Název | Grt_1_oranz_3 | | | | | Grt_1_oranz_4 | | | | |
|--------------------------------|---------------|-----------|-------|--------|--------|---------------|-----------|-------|--------|--------|
| | Počet analýz | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Oxidy | průměr | sm. odch. | min | max | medián | průměr | sm. odch. | min | max | medián |
| SiO ₂ | 42,19 | 0,27 | 41,71 | 42,12 | 42,19 | 42,43 | 0,27 | 41,72 | 42,98 | 42,43 |
| TiO ₂ | 0,45 | 0,01 | 0,43 | 0,46 | 0,46 | 0,51 | 0,02 | 0,47 | 0,53 | 0,51 |
| Al ₂ O ₃ | 21,19 | 0,21 | 20,84 | 21,58 | 21,14 | 21,47 | 0,17 | 21,21 | 21,82 | 21,47 |
| Cr ₂ O ₃ | 2,30 | 0,13 | 2,01 | 2,52 | 2,17 | 1,60 | 0,09 | 1,44 | 1,80 | 1,60 |
| FeO | 8,34 | 0,34 | 7,67 | 8,17 | 8,73 | 8,28 | 0,34 | 7,73 | 9,24 | 8,23 |
| MnO | 0,31 | 0,05 | 0,24 | 0,34 | 0,31 | 0,31 | 0,04 | 0,22 | 0,38 | 0,31 |
| MgO | 20,79 | 0,13 | 20,58 | 21,00 | 20,74 | 21,30 | 0,15 | 20,90 | 21,54 | 21,33 |
| CaO | 4,64 | 0,05 | 4,53 | 4,68 | 4,60 | 4,61 | 0,05 | 4,51 | 4,70 | 4,60 |
| Na ₂ O | 0,05 | 0,01 | 0,04 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,01 | 0,05 | 0,07 | 0,06 |
| Suma | 100,28 | 0,78 | 98,99 | 100,27 | 100,75 | 100,56 | 0,57 | 99,52 | 101,63 | 100,64 |

Tabulka 13: Pokračování

| Název | Grt_1_oranz_5 | | | | |
|--------------------------------|---------------|-----------|-------|--------|--------|
| | Počet analýz | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Oxidy | průměr | sm. odch. | min | max | medián |
| SiO ₂ | 42,30 | 0,23 | 41,80 | 42,64 | 42,37 |
| TiO ₂ | 0,48 | 0,04 | 0,42 | 0,55 | 0,47 |
| Al ₂ O ₃ | 22,16 | 0,22 | 21,74 | 22,58 | 22,20 |
| Cr ₂ O ₃ | 1,01 | 0,18 | 0,78 | 1,40 | 0,99 |
| FeO | 8,97 | 0,15 | 8,57 | 9,21 | 9,01 |
| MnO | 0,35 | 0,03 | 0,27 | 0,41 | 0,35 |
| MgO | 20,79 | 0,12 | 20,60 | 21,03 | 20,79 |
| CaO | 4,32 | 0,08 | 4,16 | 4,49 | 4,32 |
| Na ₂ O | 0,05 | 0,01 | 0,04 | 0,06 | 0,05 |
| Suma | 100,43 | 0,47 | 99,21 | 101,20 | 100,49 |

Tabulka 14: Průměrné empirické vzorce granátů

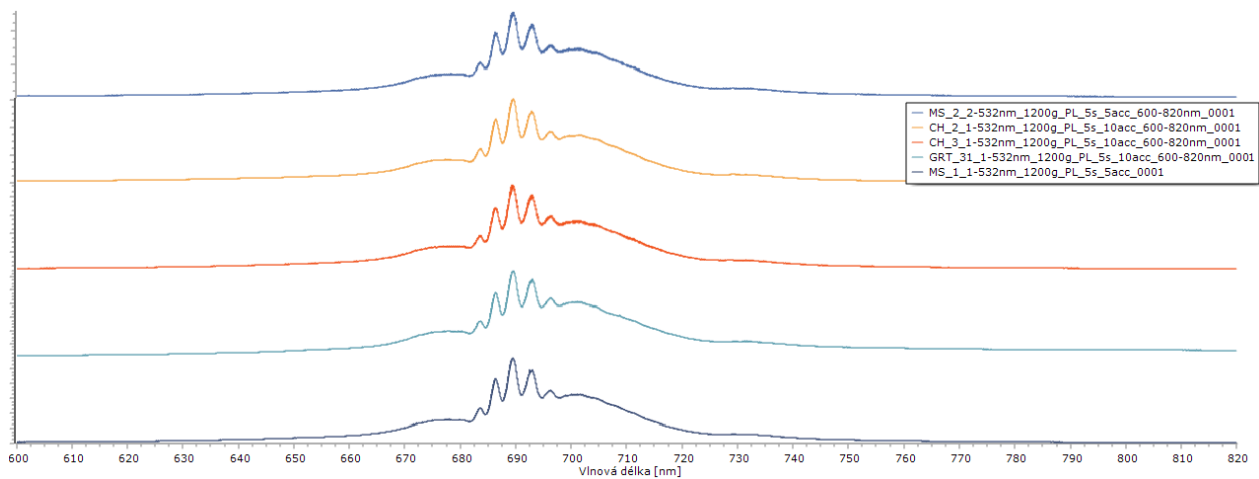
| | | |
|-------------|------------------|---|
| Linhorka | Grt_1_fial_1 | $(Mg_{2,11}Ca_{0,46}Fe^{2+}_{0,39}Mn_{0,02}Na_{0,01})_{\Sigma=2,99}(Al_{1,61}Cr_{0,3}Fe^{3+}_{0,08}Ti_{0,003}Si_{0,003})_{\Sigma=1,99}Si_3O_{12}$ |
| Linhorka | Grt_1_fial_2 | $(Mg_{2,11}Ca_{0,46}Fe^{2+}_{0,41}Mn^{2+}_{0,02})_{\Sigma=3}(Al_{1,62}Cr_{0,3}Fe^{3+}_{0,07}Ti_{0,05}Si_{0,001})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |
| Linhorka | Grt_1_fial_3 | $(Mg_{2,13}Fe^{2+}_{0,45}Ca_{0,39}Mn^{2+}_{0,02}Na_{0,01})_{\Sigma=3}(Al_{1,72}Cr_{0,21}Fe^{3+}_{0,03}Ti_{0,01}Mg_{0,01}Si_{0,01})_{\Sigma=1,99}Si_3O_{12}$ |
| Linhorka | Grt_1_cerv_1 | $(Mg_{2,12}Fe^{2+}_{0,43}Ca_{0,42}Mn^{2+}_{0,02}Na_{0,01})_{\Sigma=3}(Al_{1,57}Cr_{0,32}Fe^{3+}_{0,06}Fe^{2+}_{0,01}Mg_{0,01}Si_{0,01})_{\Sigma=1,98}Si_3O_{12}$ |
| Linhorka | Grt_1_cerv_2 | $(Mg_{2,12}Ca_{0,45}Fe^{2+}_{0,42}Mn^{2+}_{0,02})_{\Sigma=3,01}(Al_{1,61}Cr_{0,30}Fe^{3+}_{0,06}Ti_{0,01}Fe^{2+}_{0,01})_{\Sigma=1,99}Si_3O_{12}$ |
| Linhorka | Grt_1_cerv_3 | $(Mg_{2,13}Fe^{2+}_{0,49}Ca_{0,36}Mn^{2+}_{0,02})_{\Sigma=3}(Al_{1,73}Cr_{0,16}Fe^{2+}_{0,03}Ti_{0,03})_{\Sigma=2,01}Si_3O_{12}$ |
| Linhorka | Grt_1_cerv_4 | $(Mg_{2,10}Fe^{2+}_{0,43}Ca_{0,43}Mn^{2+}_{0,02}Na_{0,01})_{\Sigma=2,99}(Al_{1,65}Cr_{0,29}Fe^{3+}_{0,05})_{\Sigma=1,99}Si_3O_{12}$ |
| Linhorka | Grt_1_cerv_5 | $(Mg_{2,11}Fe^{2+}_{0,45}Ca_{0,41}Mn^{2+}_{0,02}Na_{0,010})_{\Sigma=3}(Al_{1,69}Cr_{0,20}Fe^{3+}_{0,08}Ti_{0,01}Mg_{0,01}Si_{0,01})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |
| Linhorka | Grt_1_cerv_6 | $(Mg_{2,13}Fe^{2+}_{0,47}Ca_{0,37}Mn^{2+}_{0,02}Na_{0,01})_{\Sigma=3}(Al_{1,66}Cr_{0,24}Fe^{3+}_{0,07}Ti_{0,02}Fe^{2+}_{0,01})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |
| Linhorka | Grt_1_cerv_7 | $(Mg_{2,16}Fe^{2+}_{0,42}Ca_{0,39}Mn^{2+}_{0,02}Na_{0,01})_{\Sigma=3}(Al_{1,70}Cr_{0,21}Fe^{3+}_{0,08}Ti_{0,01})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |
| Linhorka | Grt_1_cerv_8 | $(Mg_{2,05}Ca_{0,49}Fe^{2+}_{0,42}Mn^{2+}_{0,02}Na_{0,01})_{\Sigma=3}(Al_{1,55}Cr_{0,37}Fe^{3+}_{0,06}Ti_{0,01}Fe^{2+}_{0,01})_{\Sigma=1,99}Si_3O_{12}$ |
| Linhorka | Grt_1_oranz_1 | $(Mg_{2,22}Fe^{2+}_{0,42}Ca_{0,34}Mn^{2+}_{0,01}Na_{0,01})_{\Sigma=3}(Al_{1,76}Cr_{0,10}Fe^{3+}_{0,10}Ti_{0,03}Fe^{2+}_{0,01})_{\Sigma=2}(Si_{2,99}Al_{0,01})_{\Sigma=3}O_{12}$ |
| Linhorka | Grt_1_oranz_2 | $(Mg_{2,16}Fe^{2+}_{0,48}Ca_{0,34}Mn^{2+}_{0,02}Na_{0,01})_{\Sigma=3}(Al_{1,76}Cr_{0,10}Fe^{3+}_{0,04}Ti_{0,03}Fe^{2+}_{0,02}Mg_{0,02})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |
| Linhorka | Grt_1_oranz_3 | $(Mg_{2,21}Fe^{2+}_{0,41}Ca_{0,36}Mn^{2+}_{0,02})_{\Sigma=3}(Al_{1,78}Cr_{0,13}Fe^{3+}_{0,06}Ti_{0,02}Fe^{2+}_{0,01})_{\Sigma=2}(Si_{2,98}Al_{0,02})_{\Sigma=3}O_{12}$ |
| Linhorka | Grt_1_oranz_4 | $(Mg_{2,21}Fe^{2+}_{0,42}Ca_{0,35}Mn^{2+}_{0,02})_{\Sigma=3}(Al_{1,78}Cr_{0,09}Fe^{3+}_{0,04}Ti_{0,03}Mg_{0,02}Fe^{2+}_{0,02}Si_{0,02})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |
| Linhorka | Grt_1_oranz_5 | $(Mg_{2,19}Fe^{2+}_{0,44}Ca_{0,34}Mn^{2+}_{0,02}Na_{0,01})_{\Sigma=3}(Al_{1,81}Fe^{3+}_{0,09}Cr_{0,06}Ti_{0,03}Fe^{2+}_{0,01})_{\Sigma=2}(Si_{2,99}Al_{0,01})_{\Sigma=3}O_{12}$ |
| Linhorka | Grt_1_13 | $(Mg_{2,07}Fe^{2+}_{0,47}Ca_{0,43}Mn^{2+}_{0,02}Na_{0,01})_{\Sigma=3}(Al_{1,65}Cr_{0,22}Fe^{3+}_{0,04}Ti_{0,04}Fe^{2+}_{0,03}Mg_{0,01}Si_{0,02})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |
| Linhorka | Grt_2_26 | $(Mg_{2,05}Ca_{0,51}Fe^{2+}_{0,41}Mn^{2+}_{0,02})_{\Sigma=2,99}(Al_{1,52}Cr_{0,39}Fe^{3+}_{0,05}Mg_{0,01}Si_{0,02})_{\Sigma=1,98}Si_3O_{12}$ |
| Linhorka | Grt_2_31 | $(Mg_{2,16}Fe^{2+}_{0,45}Ca_{0,37}Mn^{2+}_{0,02})_{\Sigma=3}(Al_{1,76}Cr_{0,14}Fe^{3+}_{0,07}Ti_{0,02}Fe^{2+}_{0,01})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |
| Malý Syslík | MS_1 | $(Mg_{2,16}Fe^{2+}_{0,46}Ca_{0,35}Mn^{2+}_{0,02}Na_{0,01})_{\Sigma=3}(Al_{1,77}Cr_{0,10}Fe^{3+}_{0,06}Ti_{0,03}Fe^{2+}_{0,02}Mg_{0,02})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |
| Malý Syslík | MS_2 | $(Mg_{2,09}Fe^{2+}_{0,52}Ca_{0,36}Mn^{2+}_{0,02}Na_{0,01})_{\Sigma=3}(Al_{1,76}Cr_{0,12}Fe^{3+}_{0,06}Ti_{0,03}Fe^{2+}_{0,02})_{\Sigma=1,99}Si_3O_{12}$ |
| Chrástany | CH_2 | $(Mg_{2,17}Fe^{2+}_{0,46}Ca_{0,35}Mn^{2+}_{0,02})_{\Sigma=3}(Al_{1,82}Cr_{0,11}Fe^{3+}_{0,04}Ti_{0,02}Fe^{2+}_{0,01})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |
| Chrástany | CH_3 | $(Mg_{2,217}Fe^{2+}_{0,38}Ca_{0,38}Mn^{2+}_{0,02}Na_{0,01})_{\Sigma=3}(Al_{1,70}Cr_{0,21}Fe^{3+}_{0,06}Ti_{0,02})_{\Sigma=1,99}Si_3O_{12}$ |
| Žejdlík | Zejd_1_fial_1 | $(Mg_{2,09}Fe^{2+}_{0,46}Ca_{0,42}Mn^{2+}_{0,02})_{\Sigma=3}(Al_{1,72}Cr_{0,24}Ti_{0,02}Fe^{3+}_{0,01}Si_{0,01})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |
| Žejdlík | Zejd_1_fial_2 | $(Mg_{2,04}Ca_{0,47}Fe^{2+}_{0,46}Mn^{2+}_{0,02})_{\Sigma=3}(Al_{1,58}Cr_{0,36}Fe^{3+}_{0,03}Si_{0,01}Mg_{0,01}Ti_{0,01})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |
| Žejdlík | Zejd_1_fial_3 | $(Mg_{2,05}Ca_{0,48}Fe^{2+}_{0,44}Mn^{2+}_{0,02})_{\Sigma=3}(Al_{1,58}Cr_{0,36}Fe^{3+}_{0,03}Si_{0,01}Mg_{0,01})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |
| Žejdlík | Zejd_1_hn_1 | $(Mg_{2,14}Fe^{2+}_{0,50}Ca_{0,33}Mn^{2+}_{0,02}Na_{0,01})_{\Sigma=3}(Al_{1,81}Cr_{0,07}Si_{0,02}Ti_{0,04}Mg_{0,02}Fe^{2+}_{0,02}Fe^{3+}_{0,02})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |
| Žejdlík | Zejd_1_hn_2 | $(Mg_{2,14}Fe^{2+}_{0,49}Ca_{0,35}Mn^{2+}_{0,02})_{\Sigma=3}(Al_{1,89}Cr_{0,04}Ti_{0,02}Fe^{2+}_{0,01}Fe^{3+}_{0,01}Si_{0,01}Mg_{0,01})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |
| Žejdlík | Zejd_1_tm cerv_1 | $(Mg_{2,14}Fe^{2+}_{0,47}Ca_{0,36}Mn^{2+}_{0,02})_{\Sigma=3}(Al_{1,79}Cr_{0,13}Mg_{0,02}Si_{0,02}Ti_{0,02}Fe^{2+}_{0,01}Fe^{3+}_{0,01})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |
| Žejdlík | Zejd_1_tm cerv_2 | $(Mg_{2,13}Fe^{2+}_{0,44}Ca_{0,41}Mn^{2+}_{0,02}Na_{0,01})_{\Sigma=3}(Al_{1,65}Cr_{0,28}Fe^{3+}_{0,02}Ti_{0,02}Fe^{2+}_{0,01}Mg_{0,01}Si_{0,01})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |
| Žejdlík | Zejd_1_ruz_1 | $(Mg_{2,15}Fe^{2+}_{0,44}Ca_{0,38}Mn^{2+}_{0,02}Na_{0,01})_{\Sigma=3}(Al_{1,71}Cr_{0,19}Fe^{3+}_{0,03}Si_{0,02}Mg_{0,02}Ti_{0,02}Fe^{2+}_{0,01})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |
| Žejdlík | Zejd_1_ruz_2 | $(Mg_{2,10}Fe^{2+}_{0,46}Ca_{0,41}Mn^{2+}_{0,02}Na_{0,01})_{\Sigma=3}(Al_{1,71}Cr_{0,19}Fe^{3+}_{0,03}Si_{0,02}Mg_{0,02}Ti_{0,02}Fe^{2+}_{0,01})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |
| Žejdlík | Zejd_1_ruz_3 | $(Mg_{2,10}Fe^{2+}_{0,46}Ca_{0,41}Mn^{2+}_{0,02}Na_{0,01})_{\Sigma=3}(Al_{1,67}Cr_{0,26}Fe^{3+}_{0,02}Si_{0,02}Mg_{0,02}Ti_{0,01})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |
| Žejdlík | Zejd_1_ruz_4 | $(Mg_{2,11}Fe^{2+}_{0,48}Ca_{0,38}Mn^{2+}_{0,02}Na_{0,01})_{\Sigma=3}(Al_{1,78}Cr_{0,16}Fe^{3+}_{0,02}Si_{0,02}Mg_{0,02}Ti_{0,01})_{\Sigma=2,01}Si_3O_{12}$ |
| Žejdlík | Zejd_1_oranz_1 | $(Mg_{2,11}Fe^{2+}_{0,52}Ca_{0,34}Mn^{2+}_{0,02}Na_{0,01})_{\Sigma=3}(Al_{1,81}Cr_{0,10}Ti_{0,03}Fe^{2+}_{0,02}Fe^{3+}_{0,02}Si_{0,01}Mg_{0,01})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |
| Žejdlík | Zejd_1_oranz_2 | $(Mg_{2,11}Fe^{2+}_{0,52}Ca_{0,34}Mn^{2+}_{0,02})_{\Sigma=2,99}(Al_{1,78}Cr_{0,12}Ti_{0,04}Fe^{2+}_{0,03}Si_{0,02}Mg_{0,02})_{\Sigma=2,01}Si_3O_{12}$ |
| Žejdlík | Zejd_1_oranz_3 | $(Mg_{2,14}Fe^{2+}_{0,51}Ca_{0,32}Mn^{2+}_{0,02})_{\Sigma=2,99}(Al_{1,85}Cr_{0,06}Ti_{0,03}Si_{0,02}Mg_{0,02}Fe^{2+}_{0,01}Fe^{3+}_{0,01})_{\Sigma=2}Si_3O_{12}$ |

Příloha 2: Výsledky zpřesnění krystalové struktury

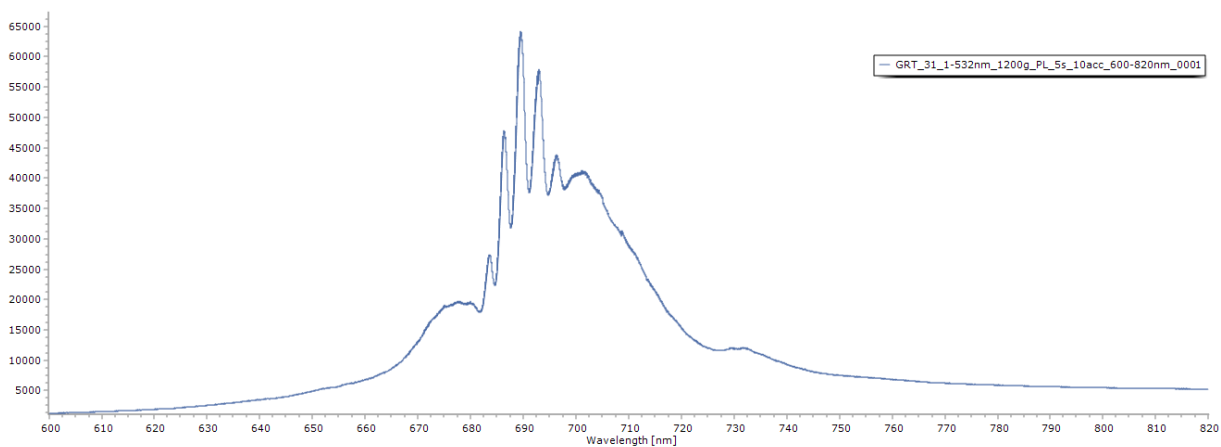
Tabulka 15: Zpřesnění krystalové struktury studovaných granátů

| | GRT-1-13 | GRT-2-26 | GRT-2-31 | Ch-2-VCT | Ch-3-VCT | MS-1-VCT | MS-2-VCT |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Pyrop | 98.55(4) | 96.79(5) | 98.99(4) | 99.84(2) | 97.91(4) | 99.43(3) | 99.34(4) |
| Mřížkový parametr $a(\text{Å})$ | 11.561263(13) | 11.577910(15) | 11.540233(12) | 11.534325(9) | 11.547566(13) | 11.53598(1) | 11.537669(10) |
| Objem základní buňky (Å^3) | 1545.311(5) | 1551.996(6) | 1536.893(5) | 1534.534(4) | 1539.825(5) | 1535.193(4) | 1535.869(4) |
| Teoretická hustota krystalu (g/cm^3) | 3.6339(14) | 3.6757(16) | 3.6324(14) | 3.6204(12) | 3.6381(14) | 3.5895(15) | 3.6109(13) |
| Atomy [Wyckoffovy pozice] | | | | | | | |
| Si [24d] | | | | | | | |
| Beq (Å^{-2}) | 2.444(13) | 2.637(15) | 2.487(12) | 2.351(13) | 3.019(16) | 2.646(13) | 2.615(12) |
| Al [16a] | | | | | | | |
| Obsazovací faktor | 1.096(2) | 1.191(2) | 1.0521(19) | 1.0334(16) | 1.0896(19) | 1.020(2) | 1.0299(18) |
| Beq (Å^{-2}) | 2.177(14) | 2.556(15) | 2.173(14) | 2.061(15) | 2.750(17) | 2.317(15) | 2.353(14) |
| Mg [24c] | | | | | | | |
| Obsazovací faktor | 1.1977(18) | 1.2193(19) | 1.1962(17) | 1.1821(14) | 1.1885(17) | 1.1454(17) | 1.1746(15) |
| Beq (Å^{-2}) | 2.184(14) | 2.666(17) | 2.352(14) | 2.232(14) | 2.897(18) | 2.301(14) | 2.513(14) |
| O [96h] | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| x | 0.03377(5) | 0.03465(6) | 0.03408(5) | 0.03383(4) | 0.03415(5) | 0.03438(5) | 0.03412(4) |
| y | 0.05022(6) | 0.04950(6) | 0.04933(5) | 0.04983(4) | 0.04946(5) | 0.05011(5) | 0.04927(4) |
| z | 0.65341(6) | 0.65343(6) | 0.65320(6) | 0.65322(5) | 0.65315(5) | 0.65415(6) | 0.65362(5) |
| Beq (Å^{-2}) | 2.286(13) | 2.689(15) | 2.417(12) | 2.302(14) | 2.868(16) | 2.598(14) | 2.679(13) |
| Tetraedr Z-O | | | | | | | |
| Vzdálenost atomů Z-O | 1.6422(6) Å (4x) | 1.6348(6) Å (4x) | 1.6349(6) Å (4x) | 1.63785(5) Å (4x) | 1.6364(6) Å (4x) | 1.62780(6) Å (4x) | 1.6307(5) Å (4x) |
| Objem polyedru Z-O | 2.2282 Å ³ | 2.2015 Å ³ | 2.1993 Å ³ | 2.2107 Å ³ | 2.2062 Å ³ | 2.1700 Å ³ | 2.1806 Å ³ |
| Index distorze (vzdálenost atomů) | | | | | | | |
| Kvadratická elongace | 1.0134 | 1.0123 | 1.0131 | 1.0132 | 1.0128 | 1.0133 | 1.0137 |
| Variance vzdálenosti atomů | 54.5312 deg. ² | 50.2982 deg. ² | 53.5505 deg. ² | 54.0586 deg. ² | 52.3979 deg. ² | 54.4576 deg. ² | 55.8438 deg. ² |
| Oktaedr Y-O | | | | | | | |
| Vzdálenost atomů Oktaedr Y-O | 1.9065(6) Å (6x) | 1.9091(6) Å (6x) | 1.8984(6) Å (6x) | 1.89882(5) Å (6x) | 1.8997(6) Å (6x) | 1.91141(6) Å (6x) | 1.9025(5) Å (6x) |
| Objem polyedru Oktaedr Y-O | 9.2264 Å ³ | 9.2722 Å ³ | 9.1143 Å ³ | 9.1175 Å ³ | 9.1334 Å ³ | 9.3021 Å ³ | 9.1732 Å ³ |
| Index distorze (vzdálenost atomů) | | | | | | | |
| Kvadratická elongace | 1.0009 | 1.0004 | 1.0006 | 1.0008 | 1.0006 | 1.0006 | 1.0006 |
| Variance vzdálenosti atomů | 3.3242 deg. ² | 1.5305 deg. ² | 2.0907 deg. ² | 2.8589 deg. ² | 2.1013 deg. ² | 2.3477 deg. ² | 2.0288 deg. ² |
| Dodekaedr X-O | | | | | | | |
| Průměrná vzdálenost atomů dodekaedru X-O | 2.2955 Å | 2.3069 Å | 2.2973 Å | 2.2925 Å | 2.2987 Å | 2.2929 Å | 2.2963 Å |
| Vzdálenosti atomů v dodekaedru | 2.2256(7) Å (4x) | 2.2350(7) Å (4x) | 2.2231(6) Å (4x) | 2.2210(5) Å (4x) | 2.2259(7) Å (4x) | 2.2219(6) Å (4x) | 2.2206(6) Å (4x) |
| | 2.3654(7) Å (4x) | 2.3787(8) Å (4x) | 2.3714(7) Å (4x) | 2.3641(6) Å (4x) | 2.3715(7) Å (4x) | 2.3638(6) Å (4x) | 2.3723(5) Å (4x) |
| Objem polyedru Dodekaedr X-O | 20.7803 Å ³ | 21.0891 Å ³ | 20.8501 Å ³ | 20.7087 Å ³ | 20.8782 Å ³ | 20.7085 Å ³ | 20.8345 Å ³ |
| Index distorze (vzdálenost atomů) | 0.03047 | 0.03117 | 0.03228 | 0.03120 | 0.03166 | 0.03098 | 0.03312 |
| Efektivní koordinační číslo | 7,71 | 7,69 | 7,6706 | 7,6936 | 7,6842 | 7,6991 | 7,6521 |
| Průměrný obsah CaO (hm. %) | 5,49(8) | 6,63(6) | 4,84(5) | 4,63(5) | 4,94(5) | 4,56(5) | 4,65(8) |
| R-Bragg | 3,153 | 4,014 | 3,617 | 3,481 | 3,451 | 4,578 | 3,407 |
| Rexp | 4,13 | 4,43 | 4,16 | 3,69 | 4,52 | 3,32 | 3,41 |
| Rwp | 6,74 | 6,61 | 6,56 | 6,04 | 6,64 | 6,97 | 6,27 |
| Rp | 5,1 | 5,25 | 5,02 | 4,62 | 5,14 | 5,24 | 4,74 |
| Gof | 1,63 | 1,49 | 1,58 | 1,64 | 1,47 | 2,1 | 1,84 |

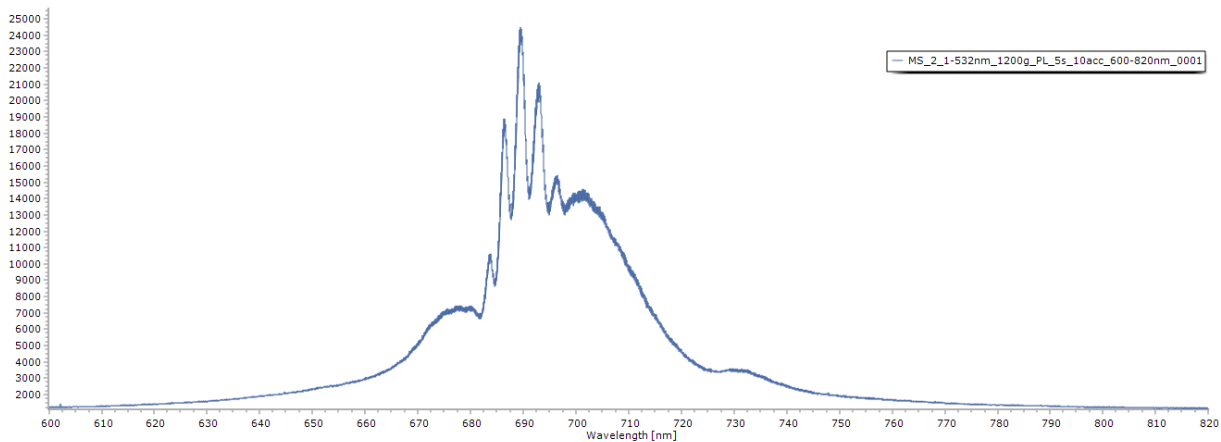
Příloha 3: Spektra granátů



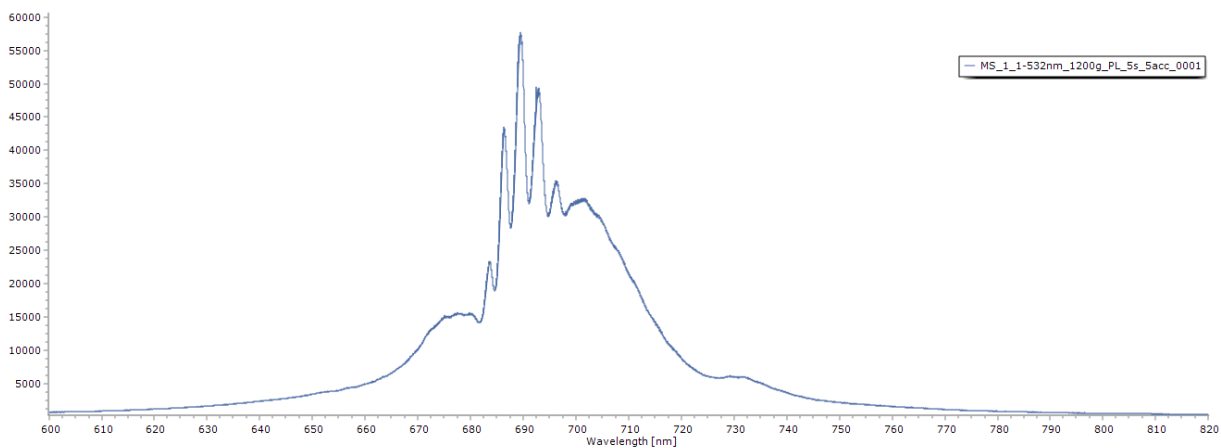
Obrázek 22: Srovnání fotoluminiscence granátů z lokalit Linhorka, Chrást'any a Malý Syslík na ose y je znázorněna intenzita signálu



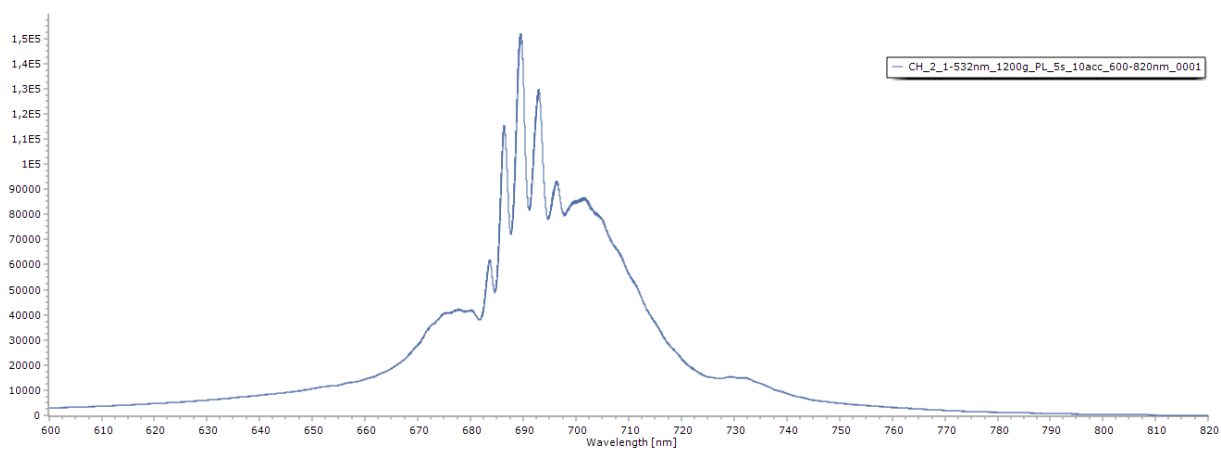
Obrázek 23: Fotoluminiscence granátu z lokality Linhorka, na ose y je znázorněna intenzita signálu



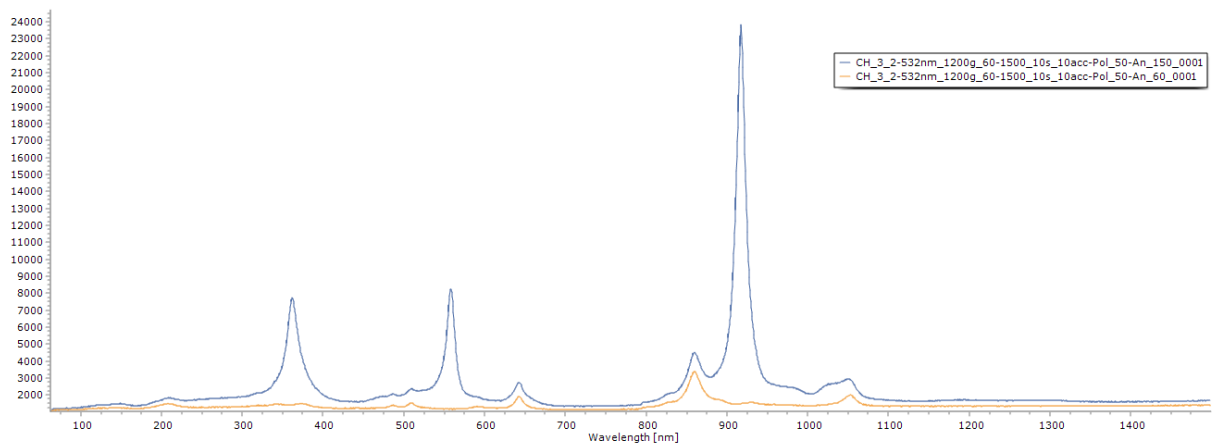
Obrázek 24: Fotoluminiscence granátu z lokality Malý Syslík, na ose y je znázorněna intenzita signálu



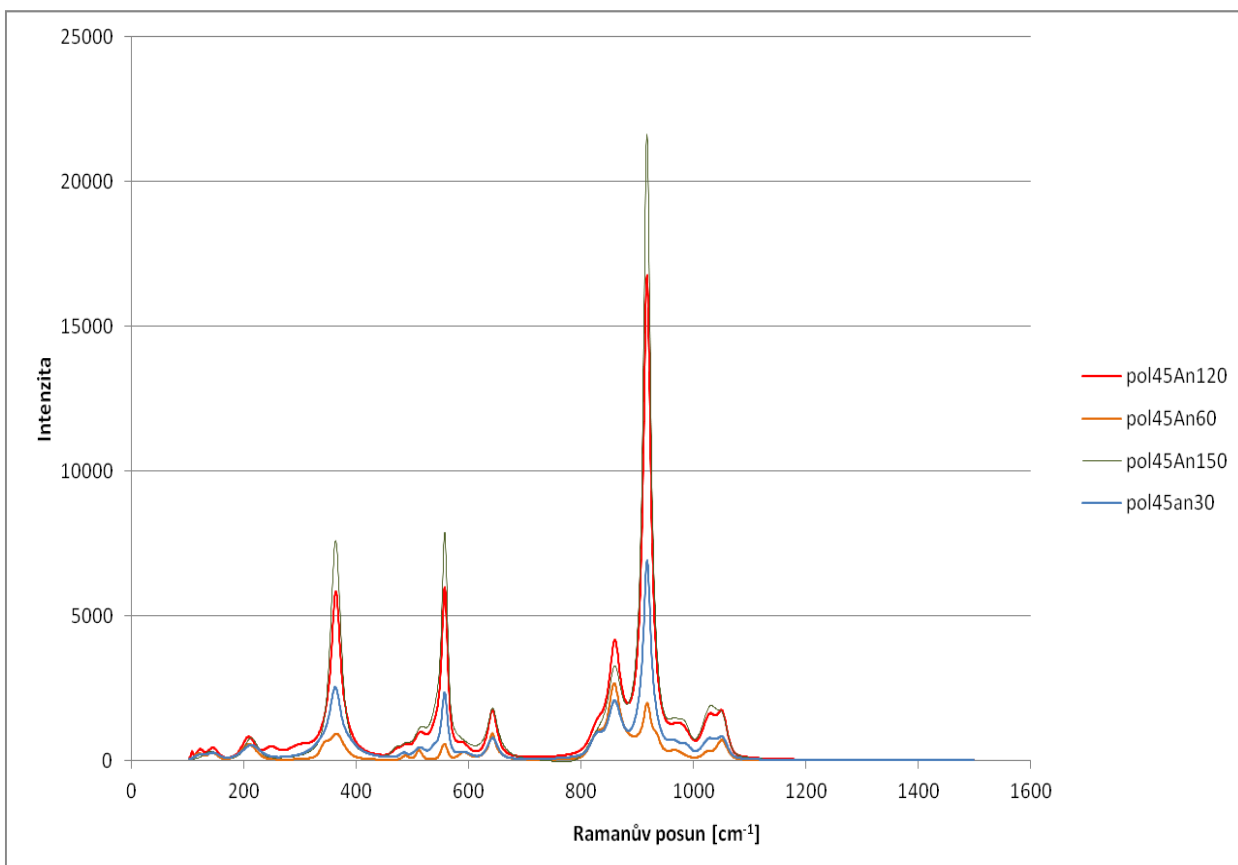
Obrázek 25: Fotoluminiscence granátu z lokality Malý Syslík



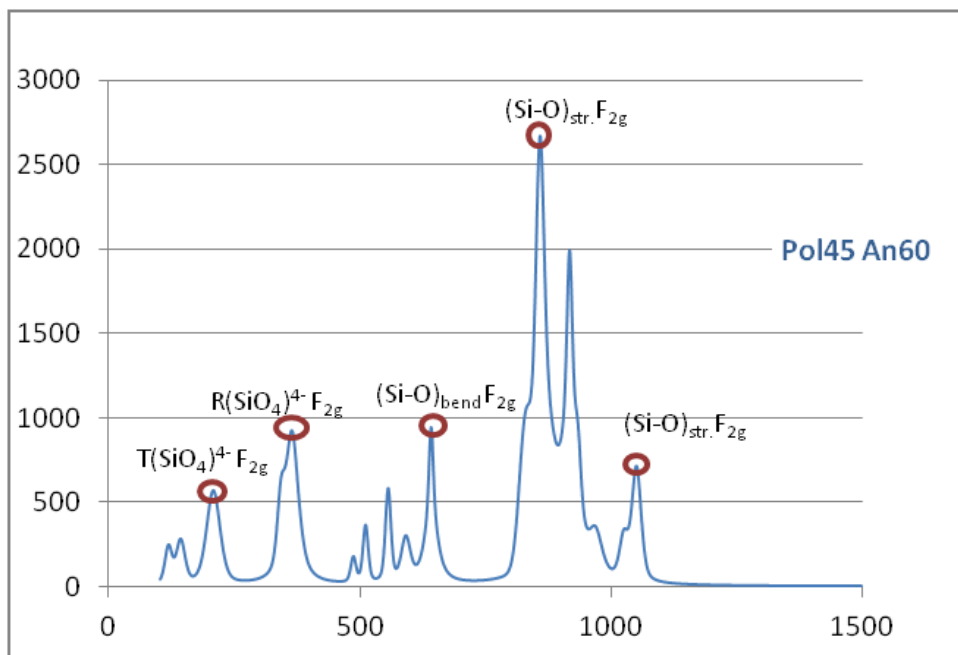
Obrázek 26: Fotoluminiscence granátu z lokality Chrást'any



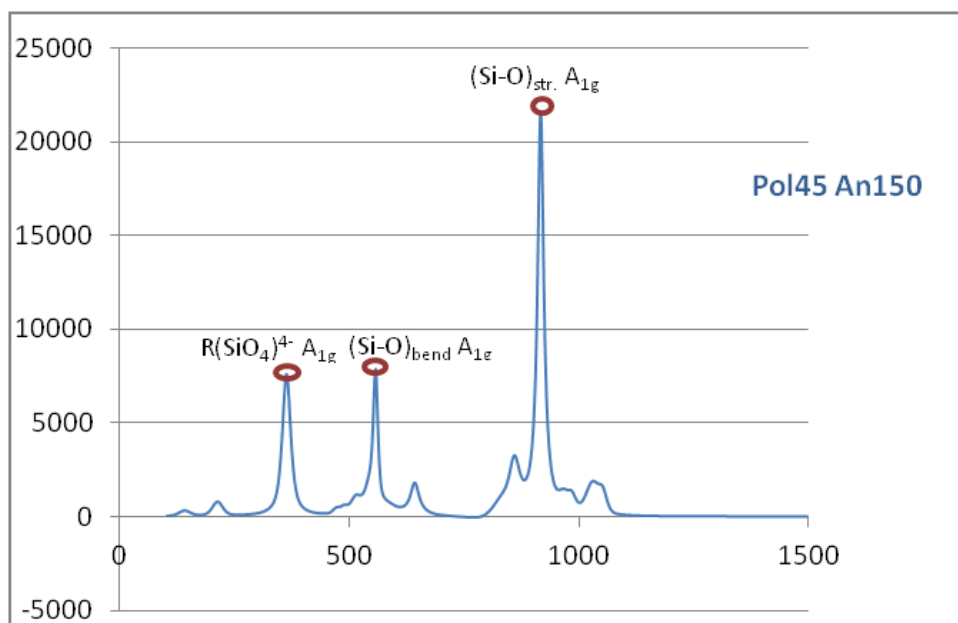
Obrázek 27: Polarizovaná Ramanova spektra granátu CH₃



Obrázek 28: Polarizovaná Ramanova spektra granátu Grt_{1_13} z Linhorky

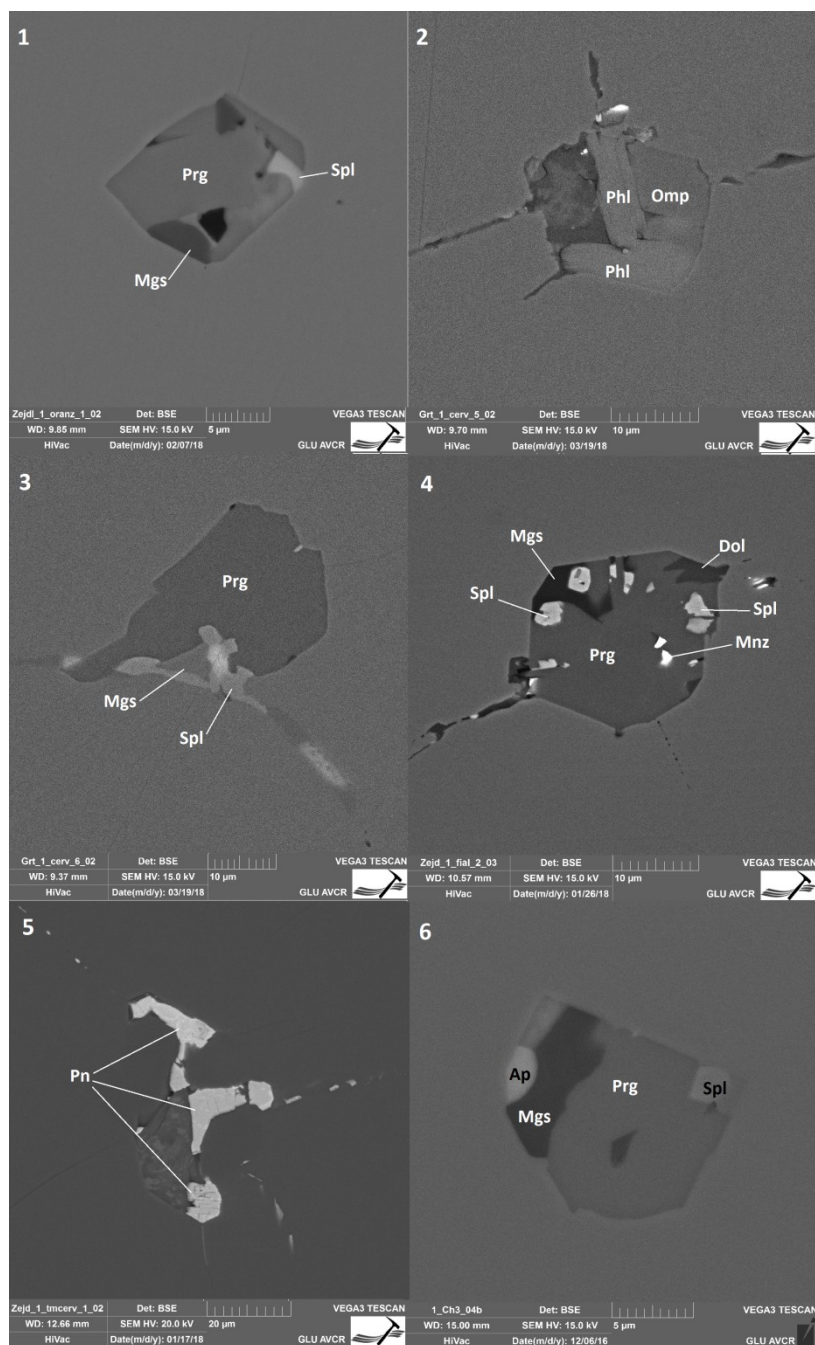


Obrázek 29: Analýza symetrie polarizovaného Ramanova spektra granátu grt_1_13



Obrázek 30: Analýza symetrie polarizovaného Ramanova spektra granátu grt_1_13

Příloha 4: Příklady inkluzí v BSE



Obrázek 31: Polyfázové inkluze z lokalit Chrást'any, Linhorka a Žejdlík s jednou ukázkou monofázové inkluze pentlanditu = Pn. Prg = pargasit, Ap = apatit, Spl = spinel, Mnz = monazit, Omp = omfacit, Dol = dolomit, Mgs = magnetit, Phl = flogopit; Zkratky minerálů použity podle Siivoly & Schmida (2007).

Příloha 5: Chemické složení inkluzí amfibolů z lokalit Žejdlík a Linhorka

Tabulka 16: Chemické složení a počty atomů na vzorcovou jednotku v jednotlivých pozicích struktury pro studované inkluze amfibolů z lokality Žejdlík

| Hostitelské zrn | Zejd_1_hn_1 | Zejd_1_hn_1 | Zejd_1_hn_2 | Zejd_1_hn_2 | Zejd_1_hn_2 | Zejd_1_hn_2 | Zejd_1_hn_2 | Zejd_1_hn_2 | Zejd_1_hn_2 | Zejd_1_hn_2 | Zejd_1_hn_2 |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Identifikace | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Analýza (hm%) | 43,49 | 43,12 | 44,19 | 43,62 | 44,44 | 44,23 | 43,77 | 43,59 | 43,11 | 43,18 | 43,23 |
| SiO ₂ | 1,08 | 1,09 | 0,61 | 0,59 | 0,43 | 0,46 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,53 | 0,40 |
| TiO ₂ | 17,46 | 17,59 | 18,62 | 18,16 | 18,09 | 18,64 | 18,84 | 18,04 | 18,03 | 18,88 | 17,95 |
| Al ₂ O ₃ | 0,71 | 0,76 | 0,24 | 0,37 | 0,39 | 0,26 | 0,33 | 0,55 | 0,45 | 0,28 | 0,41 |
| Cr ₂ O ₃ | 2,06 | 2,14 | 2,55 | 2,50 | 2,00 | 2,32 | 1,91 | 1,87 | 2,06 | 2,29 | 2,90 |
| FeO | 17,44 | 17,43 | 17,49 | 17,27 | 17,62 | 17,51 | 17,40 | 17,30 | 17,28 | 16,95 | 18,44 |
| MgO | 10,37 | 10,34 | 10,55 | 10,68 | 9,58 | 9,79 | 9,51 | 10,20 | 10,39 | 9,46 | 9,45 |
| CaO | 4,20 | 3,96 | 4,39 | 4,19 | 4,88 | 4,73 | 4,72 | 4,57 | 4,31 | 4,78 | 4,34 |
| Na ₂ O | 0,74 | 0,76 | 0,36 | 0,50 | 0,36 | 0,36 | 0,43 | 0,50 | 0,46 | 0,37 | 0,25 |
| K ₂ O | 0,74 | 0,76 | 0,36 | 0,50 | 0,36 | 0,36 | 0,43 | 0,50 | 0,46 | 0,37 | 0,25 |
| Cl | 0,05 | 0,04 | 0,35 | 0,39 | 0,32 | 0,31 | 0,30 | 0,33 | 0,26 | 0,28 | 0,16 |
| Suma | 99,59 | 99,21 | 100,75 | 100,19 | 100,05 | 100,54 | 99,64 | 99,38 | 98,79 | 98,93 | 99,48 |
| Druh | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit |
| Přřazení pozic | | | | | | | | | | | |
| T (ideálně 8 apfu) | | | | | | | | | | | |
| Si | 6,11 | 6,08 | 6,11 | 6,11 | 6,20 | 6,14 | 6,12 | 6,14 | 6,09 | 6,11 | 6,11 |
| Al | 1,89 | 1,92 | 1,89 | 1,90 | 1,81 | 1,86 | 1,88 | 1,86 | 1,91 | 1,89 | 1,89 |
| T mezisoučet | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| C (ideálně 5 apfu) | | | | | | | | | | | |
| Ti | 0,11 | 0,12 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,04 |
| Al | 1,00 | 1,01 | 1,14 | 1,10 | 1,17 | 1,19 | 1,22 | 1,14 | 1,09 | 1,25 | 1,10 |
| Cr | 0,08 | 0,09 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,05 | 0,03 | 0,05 |
| Fe ²⁺ | 0,15 | 0,13 | 0,17 | 0,19 | 0,08 | 0,10 | 0,07 | 0,12 | 0,18 | 0,09 | |
| Mg | 3,65 | 3,67 | 3,60 | 3,60 | 3,66 | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,64 | 3,57 | 3,81 |
| C mezisoučet | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| B (ideálně 2 apfu) | | | | | | | | | | | |
| Fe ²⁺ | 0,09 | 0,13 | 0,12 | 0,10 | 0,15 | 0,17 | 0,16 | 0,10 | 0,07 | 0,19 | 0,34 |
| Ca | 1,56 | 1,56 | 1,56 | 1,60 | 1,43 | 1,46 | 1,42 | 1,54 | 1,57 | 1,43 | 1,43 |
| Na | 0,35 | 0,31 | 0,32 | 0,30 | 0,42 | 0,38 | 0,42 | 0,36 | 0,36 | 0,38 | 0,15 |
| B mezisoučet | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| A (od 0 do 1 apfu) | | | | | | | | | | | |
| Ca | 0,80 | 0,77 | 0,86 | 0,84 | 0,86 | 0,85 | 0,86 | 0,82 | 0,95 | 0,81 | 0,77 |
| Na | 0,13 | 0,14 | 0,06 | 0,09 | 0,07 | 0,06 | 0,08 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | 0,05 |
| K | 0,93 | 0,91 | 0,92 | 0,93 | 0,93 | 0,92 | 0,94 | 0,91 | 1,03 | 0,88 | 0,81 |
| A mezisoučet | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 |
| W (ideálně 2 apfu) | | | | | | | | | | | |
| OH | 1,99 | 1,99 | 1,92 | 1,91 | 1,93 | 1,93 | 1,93 | 1,92 | 1,94 | 1,93 | 1,96 |
| Cl | 0,01 | 0,01 | 0,08 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,06 | 0,07 | 0,04 |
| W mezisoučet | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| Suma T,C,B,A | 15,93 | 15,91 | 15,92 | 15,93 | 15,93 | 15,92 | 15,94 | 15,91 | 16,03 | 15,88 | 15,81 |

Tabulka 16: Pokračování

| Hostitelské zrno | Zejd_1_ruz_1 | Zejd_1_ruz_1 | Zejd_1_ruz_3 | Zejd_1_ruz_3 | Zejd_1_ruz_3 | Zejd_1_oranz_1 | Zejd_1_oranz_2 | Zejd_1_oranz_2 | Zejd_1_oranz_2 | Zejd_1_oranz_2 | Zejd_1_oranz_2 |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Identifikace | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| Analýza (hm%) | 44,79 | 46,62 | 43,52 | 42,76 | 42,05 | 43,99 | 44,34 | 44,37 | 44,53 | 44,06 | 44,29 |
| SiO ₂ | 0,26 | 0,28 | 0,26 | 0,24 | 0,24 | 0,57 | 0,79 | 0,80 | 0,69 | 0,67 | 0,77 |
| TiO ₂ | 13,62 | 12,78 | 17,27 | 17,38 | 17,09 | 15,46 | 17,53 | 17,45 | 16,99 | 16,96 | 16,96 |
| Al ₂ O ₃ | 2,14 | 1,90 | 1,87 | 1,48 | 1,57 | 0,64 | 0,99 | 0,96 | 0,83 | 0,81 | 1,00 |
| Cr ₂ O ₃ | 1,57 | 1,63 | 2,26 | 2,47 | 2,24 | 2,50 | 1,88 | 2,01 | 2,37 | 1,96 | 1,94 |
| FeO | 18,66 | 18,83 | 17,38 | 16,54 | 16,68 | 18,82 | 17,21 | 17,17 | 17,47 | 17,77 | 17,59 |
| MgO | 10,83 | 10,11 | 11,13 | 10,97 | 11,37 | 10,64 | 8,93 | 8,93 | 9,19 | 9,85 | 9,40 |
| CaO | 3,37 | 3,96 | 3,42 | 3,45 | 3,52 | 3,62 | 4,89 | 4,90 | 4,47 | 4,35 | 4,54 |
| Na ₂ O | 0,40 | 0,23 | 0,74 | 0,56 | 0,56 | 0,46 | 0,63 | 0,73 | 0,80 | 0,51 | 0,84 |
| K ₂ O | 0,40 | 0,23 | 0,74 | 0,56 | 0,56 | 0,46 | 0,63 | 0,73 | 0,80 | 0,51 | 0,84 |
| Cl | 0,13 | 0,11 | 0,75 | 0,79 | 0,73 | 0,26 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,06 | 0,07 |
| Suma | 97,74 | 98,41 | 100,42 | 98,46 | 97,88 | 98,89 | 99,27 | 99,39 | 99,40 | 98,98 | 99,37 |
| Druh | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | katophorit | katophorit | pargasit | pargasit | pargasit |
| Přřazení pozic | | | | | | | | | | | |
| T (ideálně 8 apfu) | | | | | | | | | | | |
| Si | 6,38 | 6,61 | 6,11 | 6,12 | 6,07 | 6,24 | 6,22 | 6,22 | 6,25 | 6,21 | 6,21 |
| Al | 1,62 | 1,39 | 1,89 | 1,88 | 1,93 | 1,77 | 1,78 | 1,78 | 1,75 | 1,79 | 1,79 |
| T mezisoučet | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| C (ideálně 5 apfu) | | | | | | | | | | | |
| Ti | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,06 | 0,08 | 0,09 | 0,07 | 0,07 | 0,08 |
| Al | 0,67 | 0,75 | 0,97 | 1,06 | 0,98 | 0,82 | 1,12 | 1,11 | 1,06 | 1,02 | 1,01 |
| Cr | 0,24 | 0,21 | 0,21 | 0,17 | 0,18 | 0,07 | 0,11 | 0,11 | 0,09 | 0,09 | 0,11 |
| Fe ²⁺ | 0,10 | 0,03 | 0,15 | 0,22 | 0,22 | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,12 | 0,09 | 0,12 |
| Mg | 3,96 | 3,98 | 3,64 | 3,53 | 3,59 | 3,98 | 3,60 | 3,59 | 3,66 | 3,73 | 3,68 |
| C mezisoučet | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| B (ideálně 2 apfu) | | | | | | | | | | | |
| Fe ²⁺ | 0,09 | 0,16 | 0,11 | 0,08 | 0,05 | 0,22 | 0,13 | 0,12 | 0,16 | 0,15 | 0,11 |
| Ca | 1,65 | 1,54 | 1,68 | 1,68 | 1,76 | 1,62 | 1,34 | 1,34 | 1,38 | 1,49 | 1,45 |
| Na | 0,26 | 0,30 | 0,21 | 0,24 | 0,19 | 0,16 | 0,53 | 0,53 | 0,46 | 0,37 | 0,44 |
| B mezisoučet | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| A (od 0 do 1 apfu) | | | | | | | | | | | |
| Ca | 0,84 | 0,64 | 0,73 | 0,74 | 0,80 | 0,83 | 0,80 | 0,80 | 0,76 | 0,82 | 0,80 |
| Na | 0,07 | 0,04 | 0,13 | 0,10 | 0,10 | 0,08 | 0,11 | 0,13 | 0,14 | 0,09 | 0,15 |
| K | 0,91 | 0,68 | 0,86 | 0,84 | 0,90 | 0,92 | 0,92 | 0,93 | 0,90 | 0,91 | 0,95 |
| A mezisoučet | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 |
| W (ideálně 2 apfu) | | | | | | | | | | | |
| OH | 1,97 | 1,97 | 1,83 | 1,82 | 1,83 | 1,94 | 1,98 | 1,98 | 1,98 | 1,99 | 1,98 |
| Cl | 0,03 | 0,03 | 0,17 | 0,18 | 0,17 | 0,06 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,02 |
| W mezisoučet | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| Suma T,C,B,A | 15,91 | 15,68 | 15,86 | 15,84 | 15,90 | 15,92 | 15,92 | 15,93 | 15,91 | 15,91 | 15,95 |

Tabulka 17: Chemické složení a počet atomů na vzorcovou jednotku v jednotlivých pozicích struktury pro studované inkluze amfibolů z lokality Linhorka

| Hostitelské zmo | Gr _t 1_cerv_6 | Gr _t 1_cerv_6 | Gr _t 1_fial_3 | Gr _t 1_cerv_3 | Gr _t 1_cerv_3 | Gr _t 1_cerv_3 | Gr _t 1_cerv_3 | Gr _t 1_cerv_3 | Gr _t 1_cerv_3 | Gr _t 1_cerv_3 | Gr _t 1_cerv_3 | Gr _t 1_cerv_4 | Gr _t 1_cerv_4 |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Identifikace | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 23 |
| Analýza (hm%) | | | | | | | | | | | | | |
| SiO ₂ | 44,21 | 43,64 | 42,82 | 43,68 | 43,29 | 44,41 | 44,28 | 43,34 | 44,23 | 44,32 | 44,02 | 43,86 | 43,86 |
| TiO ₂ | 0,45 | 0,33 | | 0,57 | 0,59 | 0,44 | 0,54 | 0,40 | 0,57 | 0,54 | | | |
| Al ₂ O ₃ | 14,99 | 16,22 | 14,96 | 16,08 | 16,70 | 16,32 | 16,22 | 17,99 | 16,32 | 16,30 | 14,74 | 15,62 | 15,62 |
| Cr ₂ O ₃ | 1,78 | 1,69 | 2,11 | 1,24 | 1,21 | 1,08 | 1,17 | 1,35 | 1,49 | 1,40 | 2,01 | 2,33 | 2,33 |
| FeO | 1,93 | 1,59 | 2,22 | 1,97 | 2,06 | 1,97 | 2,12 | 3,31 | 2,19 | 1,89 | 1,62 | 1,88 | 1,88 |
| MgO | 17,99 | 17,20 | 18,24 | 16,80 | 17,09 | 17,23 | 17,11 | 17,76 | 17,38 | 17,49 | 18,35 | 18,22 | 18,22 |
| CaO | 10,59 | 11,09 | 12,41 | 10,12 | 10,38 | 9,99 | 9,83 | 9,11 | 10,67 | 10,61 | 11,35 | 10,69 | 10,69 |
| Na ₂ O | 4,04 | 4,22 | 3,14 | 4,50 | 4,65 | 4,74 | 4,76 | 3,41 | 4,46 | 4,39 | 3,46 | 3,74 | 3,74 |
| K ₂ O | 0,30 | 0,32 | 0,59 | 0,60 | 0,70 | 0,38 | 0,51 | 0,39 | 0,64 | 0,66 | 0,63 | 0,63 | 0,63 |
| Cl | 0,16 | 0,15 | 0,75 | 0,31 | 0,34 | 0,30 | 0,30 | 0,19 | 0,31 | 0,24 | 0,31 | 0,29 | 0,29 |
| Initial Total | 96,41 | 96,42 | 97,06 | 95,82 | 96,93 | 96,78 | 96,76 | 97,23 | 98,19 | 97,78 | 96,42 | 99,21 | 99,21 |
| Druh | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit |
| Přřazení pozic | | | | | | | | | | | | | |
| T (ideálně 8 apfu) | | | | | | | | | | | | | |
| Si | 6,29 | 6,21 | 6,14 | 6,26 | 6,16 | 6,29 | 6,33 | 6,07 | 6,21 | 6,26 | 6,27 | 6,22 | 6,22 |
| Al | 1,72 | 1,79 | 1,86 | 1,74 | 1,84 | 1,71 | 1,67 | 1,93 | 1,79 | 1,74 | 1,73 | 1,78 | 1,78 |
| T mezisoučet | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| C (ideálně 5 apfu) | | | | | | | | | | | | | |
| Ti | 0,05 | 0,04 | | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,04 | 0,06 | 0,06 | | | |
| Al | 0,80 | 0,93 | 0,67 | 0,98 | 0,96 | 1,01 | 1,06 | 1,04 | 0,91 | 0,98 | 0,75 | 0,83 | 0,83 |
| Cr | 0,20 | 0,19 | 0,24 | 0,14 | 0,14 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,16 | 0,23 | 0,26 | 0,26 |
| Fe ³⁺ | | | | | | | | | | | | | |
| Fe ²⁺ | 0,14 | 0,19 | 0,19 | 0,23 | 0,22 | 0,19 | 0,10 | 0,07 | 0,22 | 0,12 | 0,13 | 0,06 | 0,06 |
| Mg | 3,81 | 3,65 | 3,90 | 3,59 | 3,62 | 3,64 | 3,65 | 3,71 | 3,64 | 3,69 | 3,90 | 3,85 | 3,85 |
| C mezisoučet | 5,00 | 4,99 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| B (ideálně 2 apfu) | | | | | | | | | | | | | |
| Fe ²⁺ | 0,09 | | 0,08 | 0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,15 | 0,32 | 0,04 | 0,10 | 0,07 | 0,16 | 0,16 |
| Mg | | | | | | | | | | | | | |
| Ca | 1,61 | 1,69 | 1,91 | 1,56 | 1,58 | 1,51 | 1,51 | 1,37 | 1,61 | 1,61 | 1,73 | 1,62 | 1,62 |
| Na | 0,30 | 0,31 | 0,02 | 0,44 | 0,39 | 0,44 | 0,34 | 0,31 | 0,36 | 0,29 | 0,20 | 0,21 | 0,21 |
| B mezisoučet | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| A (od 0 do 1 apfu) | | | | | | | | | | | | | |
| Ca | | | | | | | | | | | | | |
| Na | 0,87 | 0,88 | 0,86 | 0,82 | 0,89 | 0,86 | 0,61 | 0,90 | 0,84 | 0,66 | 0,83 | 0,79 | 0,79 |
| K | 0,06 | 0,06 | 0,11 | 0,11 | 0,13 | 0,07 | 0,09 | 0,07 | 0,11 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,11 |
| A mezisoučet | 0,92 | 0,94 | 0,96 | 0,93 | 1,02 | 0,93 | 0,70 | 0,97 | 0,95 | 0,78 | 0,95 | 0,90 | 0,90 |
| O (bez-W) | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 |
| W (ideálně 2 apfu) | | | | | | | | | | | | | |
| OH | 1,96 | 1,96 | 1,82 | 1,92 | 1,92 | 1,93 | 1,93 | 1,96 | 1,93 | 1,94 | 1,93 | 1,93 | 1,93 |
| Cl | 0,04 | 0,04 | 0,18 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,05 | 0,07 | 0,06 | 0,08 | 0,07 | 0,07 |
| W mezisoučet | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| Suma T,C,B,A | 15,92 | 15,93 | 15,96 | 15,93 | 16,02 | 15,93 | 15,70 | 15,97 | 15,95 | 15,78 | 15,95 | 15,90 | 15,90 |

Tabulka 17: Pokračování

| Hostitelské zrno | Gr _{t_1_cerv_4} | Gr _{t_1_cerv_4} | Gr _{t_1_cerv_4} | Gr _{t_1_cerv_4} | Gr _{t_1_cerv_4} | Gr _{t_1_cerv_4} | Gr _{t_1_cerv_4} | Gr _{t_1_cerv_4} | Gr _{t_1_cerv_4} | Gr _{t_1_cerv_4} |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Identifikace | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 |
| Analýza (hm%) | | | | | | | | | | |
| SiO ₂ | 43,98 | 43,65 | 43,55 | 43,46 | 42,94 | 44,16 | 43,67 | 42,84 | 44,09 | 43,03 |
| TiO ₂ | | | | | | | | | | |
| Al ₂ O ₃ | 15,09 | 15,16 | 14,93 | 15,58 | 15,26 | 15,35 | 15,17 | 15,55 | 15,17 | 15,30 |
| Cr ₂ O ₃ | 1,66 | 2,23 | 1,66 | 1,75 | 1,70 | 2,03 | 1,91 | 2,12 | 1,65 | 1,69 |
| FeO | 1,68 | 1,91 | 1,93 | 1,92 | 2,08 | 1,59 | 2,00 | 2,43 | 1,99 | 2,06 |
| MgO | 18,32 | 18,62 | 18,53 | 17,76 | 18,60 | 18,13 | 18,45 | 18,80 | 18,81 | 18,48 |
| CaO | 11,54 | 11,22 | 11,46 | 10,82 | 11,46 | 10,80 | 11,05 | 11,30 | 11,30 | 11,24 |
| Na ₂ O | 3,65 | 3,65 | 3,70 | 3,69 | 3,26 | 3,98 | 3,66 | 3,06 | 3,56 | 3,62 |
| K ₂ O | 0,56 | 0,43 | 0,60 | 0,64 | 0,43 | 0,59 | 0,67 | 0,44 | 0,51 | 0,50 |
| Cl | 0,18 | 0,23 | 0,24 | 0,24 | 0,28 | 0,29 | 0,32 | 0,21 | 0,23 | 0,22 |
| Initial Total | 98,61 | 99,04 | 98,53 | 98,01 | 97,95 | 98,85 | 98,83 | 98,71 | 99,27 | 98,08 |
| Druh | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit |
| Přřazení pozic | | | | | | | | | | |
| T (ideálně 8 apfu) | | | | | | | | | | |
| Si | 6,26 | 6,20 | 6,22 | 6,26 | 6,17 | 6,27 | 6,22 | 6,12 | 6,24 | 6,18 |
| Al | 1,74 | 1,80 | 1,78 | 1,74 | 1,83 | 1,73 | 1,78 | 1,88 | 1,76 | 1,82 |
| T mezisoučet | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| C (ideálně 5 apfu) | | | | | | | | | | |
| Ti | | | | | | | | | | |
| Al | 0,79 | 0,74 | 0,74 | 0,90 | 0,75 | 0,84 | 0,77 | 0,73 | 0,77 | 0,76 |
| Cr | 0,19 | 0,25 | 0,19 | 0,20 | 0,19 | 0,23 | 0,22 | 0,24 | 0,19 | 0,19 |
| Fe ³⁺ | | | | | | | | | | |
| Fe ²⁺ | 0,13 | 0,07 | 0,13 | 0,09 | 0,07 | 0,10 | 0,10 | 0,03 | 0,08 | 0,09 |
| Mg | 3,89 | 3,94 | 3,95 | 3,81 | 3,99 | 3,84 | 3,92 | 4,00 | 3,97 | 3,95 |
| C mezisoučet | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| B (ideálně 2 apfu) | | | | | | | | | | |
| Fe ²⁺ | 0,07 | 0,15 | 0,11 | 0,14 | 0,18 | 0,09 | 0,14 | 0,26 | 0,16 | 0,16 |
| Mg | | | | | | | | | | |
| Ca | 1,76 | 1,71 | 1,75 | 1,67 | 1,77 | 1,64 | 1,69 | 1,73 | 1,71 | 1,73 |
| Na | 0,17 | 0,14 | 0,14 | 0,19 | 0,05 | 0,27 | 0,17 | 0,01 | 0,13 | 0,12 |
| B mezisoučet | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| A (od 0 do 1 apfu) | | | | | | | | | | |
| Ca | | | | | | | | | | |
| Na | 0,83 | 0,88 | 0,88 | 0,72 | 0,86 | 0,83 | 0,84 | 0,84 | 0,85 | 0,89 |
| K | 0,10 | 0,08 | 0,11 | 0,12 | 0,08 | 0,11 | 0,12 | 0,08 | 0,09 | 0,09 |
| A mezisoučet | 0,94 | 0,96 | 0,99 | 0,84 | 0,94 | 0,94 | 0,96 | 0,92 | 0,94 | 0,98 |
| O (bez-W) | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 |
| W (ideálně 2 apfu) | | | | | | | | | | |
| OH | 1,96 | 1,95 | 1,94 | 1,95 | 1,93 | 1,93 | 1,92 | 1,95 | 1,95 | 1,95 |
| Cl | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,05 | 0,06 | 0,05 |
| W mezisoučet | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| Suma T,C,B,A | 15,94 | 15,95 | 15,99 | 15,84 | 15,94 | 15,94 | 15,96 | 15,92 | 15,94 | 15,98 |

Tabulka 17: Pokračování

| Hostitelské zrno | Gr _{t_1_cerv_4} | Gr _{t_1_cerv_4} | Gr _{t_1_cerv_4} | Gr _{t_1_cerv_4} | Gr _{t_1_cerv_4} | Gr _{t_1_cerv_4} | Gr _{t_1_cerv_6} | Gr _{t_1_cerv_6} | Gr _{t_1_cerv_6} | Gr _{t_1_cerv_6} |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Identifikace | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 |
| Analýza (hm%) | | | | | | | | | | |
| SiO ₂ | 43,15 | 43,52 | 44,41 | 44,38 | 43,91 | 43,98 | 43,58 | 43,88 | 44,51 | 43,90 |
| TiO ₂ | 0,11 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,17 | 0,15 | 0,36 | 0,30 | 0,31 | 0,41 |
| Al ₂ O ₃ | 16,78 | 15,30 | 15,01 | 14,90 | 15,35 | 15,57 | 16,08 | 15,76 | 15,78 | 15,51 |
| Cr ₂ O ₃ | 2,89 | 2,05 | 1,78 | 2,12 | 1,70 | 1,59 | 1,89 | 2,33 | 2,11 | 1,98 |
| FeO | 4,48 | 1,73 | 1,90 | 1,70 | 1,91 | 1,97 | 1,92 | 2,50 | 2,67 | 1,87 |
| MgO | 18,70 | 18,53 | 18,12 | 18,09 | 18,41 | 18,54 | 17,11 | 17,83 | 18,17 | 17,55 |
| CaO | 8,97 | 10,85 | 10,77 | 10,93 | 11,10 | 10,84 | 10,51 | 10,37 | 10,52 | 11,34 |
| Na ₂ O | 2,59 | 3,51 | 3,94 | 3,82 | 3,47 | 3,48 | 4,32 | 4,31 | 4,33 | 3,96 |
| K ₂ O | 0,26 | 0,43 | 0,64 | 0,63 | 0,59 | 0,57 | 0,26 | 0,22 | 0,24 | 0,32 |
| Cl | 0,15 | 0,19 | 0,30 | 0,32 | 0,24 | 0,21 | 0,14 | 0,12 | 0,11 | 0,11 |
| Initial Total | 98,04 | 96,14 | 96,89 | 96,92 | 96,77 | 96,84 | 96,14 | 97,59 | 98,70 | 96,91 |
| Druh | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | magnesio-hornblend | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit |
| Přřazení pozic | | | | | | | | | | |
| T (ideálně 8 apfu) | | | | | | | | | | |
| Si | 6,07 | 6,22 | 6,31 | 6,30 | 6,24 | 6,34 | 6,22 | 6,19 | 6,23 | 6,23 |
| Al | 1,93 | 1,78 | 1,69 | 1,70 | 1,76 | 1,67 | 1,78 | 1,81 | 1,78 | 1,77 |
| T mezisoučet | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| C (ideálně 5 apfu) | | | | | | | | | | |
| Ti | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,04 |
| Al | 0,85 | 0,79 | 0,82 | 0,80 | 0,81 | 0,98 | 0,93 | 0,81 | 0,83 | 0,82 |
| Cr | 0,32 | 0,23 | 0,20 | 0,24 | 0,19 | 0,18 | 0,21 | 0,26 | 0,23 | 0,22 |
| Fe ³⁺ | | | | | | 0,24 | | | | |
| Fe ²⁺ | | 0,02 | 0,14 | 0,13 | 0,09 | | 0,18 | 0,14 | 0,12 | 0,20 |
| Mg | 3,81 | 3,95 | 3,84 | 3,83 | 3,90 | 3,59 | 3,64 | 3,75 | 3,79 | 3,71 |
| C mezisoučet | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| B (ideálně 2 apfu) | | | | | | | | | | |
| Fe ²⁺ | 0,53 | 0,19 | 0,09 | 0,08 | 0,14 | | 0,05 | 0,15 | 0,19 | 0,02 |
| Mg | 0,11 | | | | | 0,39 | | | | |
| Ca | 1,35 | 1,66 | 1,64 | 1,66 | 1,69 | 1,61 | 1,61 | 1,57 | 1,58 | 1,72 |
| Na | 0,01 | 0,15 | 0,27 | 0,26 | 0,17 | | 0,34 | 0,28 | 0,23 | 0,26 |
| B mezisoučet | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| A (od 0 do 1 apfu) | | | | | | | | | | |
| Ca | | | | | | 0,07 | | | | |
| Na | 0,69 | 0,82 | 0,81 | 0,79 | 0,79 | | 0,85 | 0,91 | 0,84 | 0,84 |
| K | 0,05 | 0,08 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,06 |
| A mezisoučet | 0,74 | 0,90 | 0,93 | 0,90 | 0,90 | 0,17 | 0,90 | 0,95 | 0,88 | 0,90 |
| O (bez-W) | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 |
| W (ideálně 2 apfu) | | | | | | | | | | |
| OH | 1,96 | 1,95 | 1,93 | 1,92 | 1,94 | 1,95 | 1,97 | 1,97 | 1,97 | 1,97 |
| Cl | 0,04 | 0,05 | 0,07 | 0,08 | 0,06 | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| W mezisoučet | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| Suma T,C,B,A | 15,74 | 15,90 | 15,93 | 15,90 | 15,90 | 15,17 | 15,90 | 15,95 | 15,88 | 15,90 |

Tabulka 17: Pokračování

| Hostitelské zrn | Gr _{t_1_cerv_6} | Gr _{t_1_cerv_6} | Gr _{t_1_cerv_6} | Gr _{t_1_cerv_6} | Gr _{t_1_cerv_6} | Gr _{t_1_cerv_6} | Gr _{t_1_cerv_6} | Gr _{t_1_cerv_7} | Gr _{t_1_cerv_7} | Gr _{t_1_cerv_7} |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Identifikace | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 |
| Analýza (hm%) | | | | | | | | | | |
| SiO ₂ | 43,83 | 43,77 | 44,22 | 44,63 | 44,39 | 42,82 | 42,92 | 43,27 | 43,71 | 43,87 |
| TiO ₂ | 0,42 | 0,46 | 0,43 | 0,37 | 0,34 | 0,26 | 0,31 | 0,14 | 0,07 | 0,15 |
| Al ₂ O ₃ | 15,70 | 15,38 | 15,54 | 16,37 | 16,47 | 16,03 | 16,28 | 15,14 | 16,35 | 15,50 |
| Cr ₂ O ₃ | 1,71 | 1,91 | 2,01 | 1,60 | 1,55 | 2,57 | 1,50 | 1,68 | 1,72 | 1,50 |
| FeO | 1,80 | 1,77 | 1,76 | 1,86 | 1,74 | 2,77 | 2,19 | 2,01 | 2,11 | 2,00 |
| MgO | 17,44 | 17,26 | 17,54 | 17,49 | 17,45 | 17,92 | 17,88 | 17,20 | 16,88 | 18,23 |
| CaO | 11,35 | 10,58 | 10,43 | 10,80 | 10,99 | 10,29 | 11,28 | 11,32 | 10,64 | 11,32 |
| Na ₂ O | 4,00 | 4,19 | 4,21 | 4,39 | 4,33 | 4,01 | 3,78 | 3,69 | 3,95 | 3,27 |
| K ₂ O | 0,34 | 0,38 | 0,37 | 0,27 | 0,32 | 0,16 | 0,20 | 0,82 | 0,94 | 0,72 |
| Cl | 0,16 | 0,17 | 0,14 | 0,17 | 0,13 | 0,10 | 0,09 | 0,55 | 0,36 | 0,38 |
| Initial Total | 96,71 | 95,80 | 96,62 | 97,89 | 97,68 | 96,90 | 96,42 | 95,72 | 96,65 | 96,85 |
| Druh | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit | pargasit |
| Přřazení pozic | | | | | | | | | | |
| T (ideálně 8 apfu) | | | | | | | | | | |
| Si | 6,22 | 6,27 | 6,27 | 6,25 | 6,23 | 6,10 | 6,12 | 6,26 | 6,24 | 6,27 |
| Al | 1,78 | 1,73 | 1,73 | 1,75 | 1,77 | 1,90 | 1,88 | 1,74 | 1,76 | 1,73 |
| T mezisoučet | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| C (ideálně 5 apfu) | | | | | | | | | | |
| Ti | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,02 |
| Al | 0,85 | 0,87 | 0,87 | 0,95 | 0,95 | 0,79 | 0,86 | 0,84 | 0,99 | 0,88 |
| Cr | 0,19 | 0,22 | 0,23 | 0,18 | 0,17 | 0,29 | 0,17 | 0,19 | 0,19 | 0,17 |
| Fe ³⁺ | | | | | | | | | | |
| Fe ²⁺ | 0,21 | 0,18 | 0,16 | 0,18 | 0,19 | 0,09 | 0,14 | 0,24 | 0,22 | 0,05 |
| Mg | 3,69 | 3,69 | 3,71 | 3,65 | 3,65 | 3,81 | 3,80 | 3,71 | 3,59 | 3,88 |
| C mezisoučet | 4,99 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 4,99 | 5,00 | 5,00 |
| B (ideálně 2 apfu) | | | | | | | | | | |
| Fe ²⁺ | | 0,03 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,24 | 0,13 | | 0,03 | 0,19 |
| Mg | | | | | | | | | | |
| Ca | 1,73 | 1,62 | 1,59 | 1,62 | 1,65 | 1,57 | 1,72 | 1,75 | 1,63 | 1,62 |
| Na | 0,27 | 0,35 | 0,36 | 0,35 | 0,33 | 0,19 | 0,15 | 0,25 | 0,35 | 0,19 |
| B mezisoučet | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| A (od 0 do 1 apfu) | | | | | | | | | | |
| Ca | | | | | | | | | | |
| Na | 0,88 | 0,82 | 0,84 | 0,85 | 0,85 | 0,92 | 0,90 | 0,79 | 0,75 | 0,71 |
| K | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,05 | 0,06 | 0,03 | 0,04 | 0,15 | 0,17 | 0,13 |
| A mezisoučet | 0,94 | 0,89 | 0,91 | 0,89 | 0,90 | 0,95 | 0,93 | 0,94 | 0,92 | 0,85 |
| O (bez-W) | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,00 |
| W (ideálně 2 apfu) | | | | | | | | | | |
| OH | 1,96 | 1,96 | 1,97 | 1,96 | 1,97 | 1,98 | 1,98 | 1,87 | 1,91 | 1,91 |
| Cl | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,14 | 0,09 | 0,09 |
| W mezisoučet | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| Suma T,C,B,A | 15,93 | 15,89 | 15,91 | 15,90 | 15,90 | 15,95 | 15,93 | 15,93 | 15,92 | 15,84 |

Příloha 7: Geotermobarometrie

Tabulka 19: Geotermobarometrie vzorků na základě výpočtů teplot podle Creightona (2009), Grüttera *et al.* (1999) a tlaků podle Grüttera *et al.* (1999) a kalibrace na jiné geotermy podle Cookembooa & Grüttera (2010) při rozdělení do suit podle Grüttera (2004)

| Grütter, (2004) | Vzorky | TMn, oC, Creighton (2009) | TMn, oC, Grütter (1999) | P30 | P35 | P38 | P40 | P45 | P50 | P55 | P60 | P70 | P80 |
|-----------------|----------------|---------------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| G9 | Grt_2_26 | 1061 | 1168 | 35 | 33 | 32 | 32 | 30 | 28 | 26 | 24 | 20 | 16 |
| G9 | Grt_2_31 | 980 | 1088 | 25 | 23 | 22 | 21 | 19 | 17 | 16 | 14 | 9,7 | 5,8 |
| G9 | grt_1_cerv_5 | 1042 | 1170 | 27 | 25 | 24 | 23 | 22 | 20 | 18 | 16 | 12 | 8 |
| G9 | grt_1_cerv_6 | 967 | 1062 | 29 | 27 | 26 | 26 | 24 | 22 | 20 | 18 | 14 | 10 |
| G9 | grt_1_cerv_7 | 1064 | 1194 | 29 | 27 | 26 | 25 | 23 | 21 | 19 | 17 | 13 | 9,3 |
| G9 | grt_1_cerv_8 | 1027 | 1130 | 34 | 32 | 31 | 30 | 28 | 26 | 24 | 22 | 18 | 14 |
| G9 | grt_1_cerv_1 | 1052 | 1146 | 33 | 31 | 30 | 29 | 27 | 25 | 23 | 21 | 18 | 14 |
| G9 | grt_1_cerv_2 | 1006 | 1095 | 32 | 30 | 28 | 28 | 26 | 24 | 22 | 20 | 16 | 12 |
| G9 | grt_1_cerv_4 | 1029 | 1139 | 31 | 29 | 28 | 27 | 25 | 23 | 21 | 19 | 15 | 12 |
| G9 | grt_1_fial_1 | 1034 | 1142 | 31 | 29 | 28 | 27 | 25 | 23 | 22 | 20 | 16 | 12 |
| G9 | grt_1_fial_2 | 1073 | 1203 | 31 | 29 | 28 | 27 | 25 | 23 | 21 | 20 | 16 | 12 |
| G9 | grt_1_fial_3 | 1022 | 1136 | 28 | 26 | 25 | 24 | 22 | 20 | 19 | 17 | 13 | 8,8 |
| G9 | Zejd_fial_1 | 1037 | 1174 | 29 | 27 | 26 | 25 | 23 | 21 | 19 | 17 | 13 | 9,5 |
| G9 | Zejd_fial_2 | 1017 | 1121 | 34 | 32 | 31 | 30 | 28 | 26 | 24 | 22 | 18 | 14 |
| G9 | Zejd_fial_3 | 1055 | 1173 | 34 | 32 | 31 | 30 | 28 | 26 | 24 | 22 | 18 | 14 |
| G9 | Zejd_tm cerv_1 | 1021 | 1159 | 25 | 23 | 21 | 21 | 19 | 17 | 15 | 13 | 9 | 5,1 |
| G9 | Zejd_tm cerv_2 | 1107 | 1268 | 31 | 29 | 28 | 28 | 26 | 24 | 22 | 20 | 16 | 12 |
| G9 | Zejd_ruz_2 | 1079 | 1240 | 29 | 27 | 25 | 25 | 23 | 21 | 19 | 17 | 13 | 9,2 |
| G9 | Zejd_ruz_3 | 1007 | 1110 | 30 | 28 | 27 | 26 | 24 | 22 | 21 | 19 | 15 | 11 |
| G9 | Zejd_ruz_4 | 1028 | 1166 | 26 | 24 | 22 | 22 | 20 | 18 | 16 | 14 | 10 | 6,1 |
| | Průměr | 1035 | 1154 | 30 | 28 | 27 | 26 | 24 | 22 | 20 | 19 | 15 | 11 |
| | Sm. Odch. | 32 | 48 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| G1 | Grt_1_13 | 1051 | 1201 | 28 | 26 | 25 | 24 | 22 | 20 | 18 | 17 | 13 | 8,8 |
| G1 | MS1 | 1048 | 1205 | 23 | 21 | 20 | 19 | 17 | 15 | 13 | 11 | 7,6 | 3,7 |
| G1 | MS2 | 891 | 1013 | 24 | 22 | 21 | 20 | 18 | 16 | 14 | 12 | 8,5 | 4,6 |
| G1 | grt_1_cerv_3 | 1023 | 1146 | 26 | 24 | 23 | 22 | 20 | 18 | 16 | 14 | 10 | 6,4 |
| G1 | grt_1_oranz_1 | 1081 | 1253 | 23 | 21 | 20 | 19 | 17 | 15 | 13 | 11 | 7,6 | 3,7 |
| G1 | grt_1_oranz_2 | 1042 | 1183 | 23 | 21 | 20 | 19 | 18 | 16 | 14 | 12 | 7,8 | 3,9 |
| G1 | grt_1_oranz_4 | 1066 | 1212 | 22 | 20 | 19 | 18 | 16 | 15 | 13 | 11 | 6,8 | 2,9 |
| G1 | Zejd_hn_1 | 988 | 1128 | 22 | 20 | 18 | 18 | 16 | 14 | 12 | 10 | 6,1 | 2,3 |
| G1 | Zejd_oranz_1 | 948 | 1079 | 23 | 21 | 20 | 19 | 17 | 15 | 13 | 11 | 7,3 | 3,4 |
| G1 | Zejd_oranz_2 | 1014 | 1165 | 24 | 22 | 21 | 20 | 18 | 16 | 14 | 12 | 8,2 | 4,4 |
| G1 | Zejd_oranz_3 | 1025 | 1192 | 21 | 19 | 18 | 17 | 15 | 13 | 11 | 9,2 | 5,3 | 1,4 |
| G1 | CH3 | 1055 | 1183 | 29 | 27 | 25 | 25 | 23 | 21 | 19 | 17 | 13 | 9,1 |
| G1 | grt_1_oranz_3 | 1055 | 1193 | 24 | 22 | 21 | 21 | 19 | 17 | 15 | 13 | 8,9 | 5 |
| G1 | grt_1_oranz_5 | 986 | 1112 | 21 | 19 | 17 | 17 | 15 | 13 | 11 | 9,1 | 5,2 | 1,3 |
| G1 | Zejd_ruz_1 | 1065 | 1210 | 27 | 25 | 24 | 24 | 22 | 20 | 18 | 16 | 12 | 8 |
| | průměr | 1023 | 1165 | 24 | 22 | 21 | 20 | 18 | 16 | 14 | 12 | 8,5 | 4,6 |
| | Sm. Odch. | 49 | 59 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| G4 | Zejd_hn_2 | 1026 | 1199 | 20 | 18 | 17 | 16 | 14 | 12 | 10 | 8,1 | 4,2 | 0,4 |