



UNIVERZITA
PALACKÉHO
V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEOLOGIE

**Vesuvian a minerály skupiny epidotu v
bimetasomatických zónách u Žulové, Vápenné a
Starého Podhradí**

Bc. Jakub Vylíčil

Studijní obor: Učitelství chemie pro SŠ a učitelství geologie a
ochrany životního prostředí

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Jiří Zimák, CSc.

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce Doc. Jiřímu Zimákovi za věcné připomínky, rady a trpělivost. Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu katedry Doc. Ondřejovi Bábkovi za umožnění dostudování a za věcné rady se studiem spojené. Nakonec musím poděkovat své rodině a svým nejbližším přátelům za poskytnutou podporu. Největší dík patří mé přítelkyni Mgr. Haně Malečkové, bez jejíž podpory by práce nikdy nevznikla.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně podle pokynů vedoucího práce a s použitím literárních zdrojů uvedených v seznamu použité literatury.

V Olomouci, dne 10. 5. 2013

.....

Jakub Vylíčil

Bibliografické identifikace

Jméno a příjmení autora:	Bc. Jakub Vylíčil
Název práce:	Vesuvian a minerály skupiny epidotu v bimetasomatických zónách u Žulové, Vápenné a Starého Podhradí
Typ práce:	Diplomová práce
Pracoviště:	Katedra geologie
Vedoucí práce:	Doc. RNDr. Jiří Zimák, CSc.
Rok obhajoby práce:	2013
Jazyk:	český

Abstrakt:

Diplomová práce je členěna na teoretickou a experimentální část. V teoretické části se věnuji rešerši dané problematiky. Zejména se zabývám geologií žulovského masivu jako celku a rovněž popisuji jednotlivé lokality: Boží hora, Borový vrch, Vápenná a Staré Podhradí. Rovněž jsem se v následující kapitole věnoval fyzikálně-chemickým vlastnostem studovaných minerálů. Současně jsou zde popsány jednotlivé procesy výzkumu-výjezd do terénu spojené se sběrem vzorků na zmíněných lokalitách.

Ve druhé, experimentální části, je zmíněna příprava vzorků na mikroskopování, tvorba výbrusů a jejich fotodokumentace, pokovení vzorků a WDX analýza. Získaná data jsem prezentoval v podobě tabulek a grafů.

Klíčová slova:

Žulovský masiv, epidot, vesuvian, Staré Podhradí, kontaktní metamorfóza, Boží hora, Borový vrch, Vápenná

Bibliographical identification

Author`s name: Bc. Jakub Vylíčil
Title: Vesuviane and minerals of epidote group in bimethasomathic zones near Žulová, Vápenná and Staré Podhradí
Type of thesis: Master
Institution: Palacký University in Olomouc, Faculty of Science, Department of Geology
Supervisor: Doc. RNDr. Jiří Zimák, CSc.
The year of presentation: 2013
Language: Czech

Abstract:

My master thesis is divided into two main capitols – experimental and theoretical part. In the theoretical part is done literature research about geology of studied zone, than localites are described – namely Boží hora, Borový vrch, Vápenná and Staré Podhradí. In folowing part I focus on nature of studied minerals. Shortly there is described process of research. From begining tour to mentioned locations connected with sample collection.

In experimental part there is described preparation of samples for microscope analysis, fotodocumentation of microsamples and next sending samples to WDX analyse. Gathered data was presented in form of tables and graphs.

Keywords:

Žulová massif, epidote, vesuviane, Staré Podhradí, contact metamorphism, Boží hora, Borový vrch, Vápenná

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Pro **JAKUBA VYLÍČILA**

Obor Navazující (magisterský) studijní obor
Chemie – Geologie a ochrana životního prostředí (N1407)

Název tématu: **Vesuvian a minerály skupiny epidotu v bimetasomatických zónách u Žulové, Vápenné a Starého Podhradí**

Zásady pro vypracování:

V rámci literární rešerše bude zpracována následující problematika:

- 1) geologická charakteristika žulovského masivu a jeho pláště (stručně),
- 2) mineralogická charakteristika bimetasomatických zón (kontaktních skarnů) v prostoru žulovského masivu,
- 3) krystalochemie vesuvianu a minerálů skupiny epidotu, podmínky geneze těchto minerálů při kontaktní metamorfóze.

Terénní etapa prací bude zaměřena na zhodnocení současného stavu na vybraných lokalitách (Boží hora, Borový vrch, Jaškův lom, Vycpálkův lom, lomy u Starého Podhradí); v rámci terénní etapy bude proveden odběr vzorků k mineralogickému výzkumu.

Z vybraných reprezentativních vzorků budou pořízeny výbrusy, které budou vyhodnoceny standardním způsobem pomocí polarizačního mikroskopu (včetně pořízení fotodokumentace). Chemismus vesuvianu a minerálů skupiny epidotu bude sledován pomocí WDX analýz. Bude provedeno srovnání získaných dat s již publikovanými údaji o mineralogii bimetasomatických zón v prostoru žulovského masivu i v jiných oblastech.

Rozsah grafických prací: dle potřeby, CD-rom

Rozsah průvodní zprávy: 50 – 60 stran

Seznam odborné literatury:

- Blažková I. (2002): Kontaktní minerály na Borovém vrchu a Boží hoře u Žulové. MS. Dipl. práce. PřF UP Olomouc.
- Černý P. (1956): K morfologii epidotu ze Žulové. - Čas. Mineral. Geol., 1, 280-284.
- Černý P. (1956): Příspěvek k mineralogii žulovského plutonu. - PSOK, 17, 176-187.
- Gibson R.L., Wallmach T., de Bruin D. (1995): Complex zoning in vesuvianite from the Canigou Massif, Pyrénées, France. - Canad. Miner., 33, 77-84.
- Groat L.A., Hawthorne F.C., Ercit T.S. (1994): Excess Y-group cations in the crystal structure of vesuvianite. - Canad. Miner., 32, 497-504.
- Groat L.A., Hawthorne F.C., Ercit T.S. (1994): The incorporation of boron into the vesuvianite structure. - Canad. Miner., 32, 502-523.
- Groat L.A., Hawthorne F.C., Ercit T.S., Putnis A. (1993): The symmetry of vesuvianite. - Canad. Miner., 31, 617-635.
- Houzar S., Novák M., Šrein V. (1997): Minerální asociace vesuvianu z karbonátových a vápenato-silikátových hornin na Moravě a ve Slezsku. - Čas. Mor. muz., Sci. geol., 82, 21-32.
- Losos Z., Brož M. (2002): Parageneze a chemismus bimetasomatických kontaktních zón žulovského masivu. - Sborník „Mineralogie Českého masivu a Západních Karpat“, 59-62. Olomouc.
- Malec P. (2004): Minerály epidotové skupiny v magmatitech, na kontaktech a v alpské paragenezi žulovského masivu. - MS, diplomová práce, 60 str., ÚGV PřF MU, Brno.
- Novotný P., Zimák J. (2001): Výskyt taktitu poblíž lokality „Korálové jámy“ u Žulové. - Bull. mineral.-petrol. Odd. Nár. Muz., 9, 238-240.
- Rager H., Zabinski W. (1995): Fe³⁺ in vesuvianite from Zulova (Czech.Republic) studied by single crystal electron paramagnetic resonance (EPR). - N.Jb.Mineral.Mh., Jg. 1995, H. 6, 264-272.
- Rozkošný I., Souček J. (1989): Contribution to the petrology of the Žulová massif mantle. - AUCa, Geol., 1989, 165-197.
- Zachovalová K., Leichmann J., Švancara J. (2002): Žulová Batholith: a post-orogenic, fractionated ilmenite-allanite I-type granite. - J. Czech Geol. Soc., 47, 35-44.
- Zimák J., Novotný P., Fojt B., Večeřa J., Losos Z., Vávra V., Večeřová V., Skácel J., Kopa D. (2003): Exkurzní průvodce po mineralogických lokalitách v okolí Javorníku, Jeseníku a Zlatých Hor. Vydavatelství UP Olomouc. 64 stran.

Další literatura dle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Jiří Zimák, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 29.10.2008

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2013 L.S.

.....
Vedoucí práce

.....
Vedoucí katedry

V Olomouci dne 29. 10. 2008

Zadání diplomové práce převzal a se zásadami BOZP byl seznámen:

OBSAH:

1. Úvod	10
1.1 Fyzicko-geografická charakteristika Žulovského masivu a jeho okolí	11
1.2 Obecná geologická charakteristika	12
1.3 Geologie Žulovského masivu	14
2. Systematické postavení vesuvianu a minerálů skupiny epidotu a jejich charakteristika	16
2.1 Vesuvian	17
2.2 Minerály skupiny epidotu	19
2.2.1 Epidot	19
2.2.2 Klinozoisit	20
2.2.3 Allanit	21
3. Metodika a cíle práce	22
4. Významná naleziště vesuvianu a minerálů skupiny epidotu v prostoru žulovského masivu	22
4.1 Vápenná	23
4.2 Boží hora	24
4.3 Borový vrch	27
4.4 Staré Podhradí	28
5. Experimentální data a výsledky měření	31
5.1 Použité technologie	31
5.2 Použitý materiál	31
5.3 WDX data pro epidot	32
5.4 WDX data pro vesuvian	41
5.5 Fotodokumentace výbrusů ve zpětně odražených elektronech	54
6. Diskuze	58
7. Závěr	62
8. Literatura	63

Teoretická část

1. Úvod

Minerály skupiny epidotu a vesuvian patří mezi významné horninotvorné minerály. Minerály skupiny epidotu vystupují jako sekundární magmatické minerály granitoidních hornin a jejich pegmatitových a aplitových žil, dále jsou běžné v horninách, které vznikaly při kontaktní metamorfóze a jako nízkoteplotní hydrotermální fáze vyplňují prostory v trhlinách a puklinách granitoidů. Vesuvian patří mezi kontaktně metamorfní horninotvorný minerál, jehož výskyt je vázán na karbonátové horniny z kontaktu s magmatity (mramory, erlany, vápenato-silikátové rohovce a skarny).

Výskyt kontaktních minerálů a problematika asociací minerálů z kontaktních zón žulovského masivu byla řešena v několika diplomových pracích (Blažková 2002, Malec 2004), ale informace v nich prezentované byly neúplné a v práci Malce byly analyzovány i muzejní vzorky nejenom jeho vlastní nálezy minerálů, popřípadě byly podrobeny EDX analýze.

Jednotlivé kapitoly jsou zaměřeny na metodiku práce, fyzicko-geografický popis Žulovské pahorkatiny, geologickou charakteristiku žulovského masivu a jeho pláště. Podrobně se zmíním v rešeršní části o chemické složení vesuviánu a minerálů skupiny epidotu. V dalších kapitolách jsou uvedeny lokality, ze kterých byly odebírány vzorky. Závěr práce jsem doplnil informace o detailním chemickém složení minerálů a výsledné informace byly vloženy do příslušných tabulek grafů. Celý text je doplněn fotodokumentací.

1.1 Fyzicko-geografická charakteristika žulovského masivu a jeho okolí

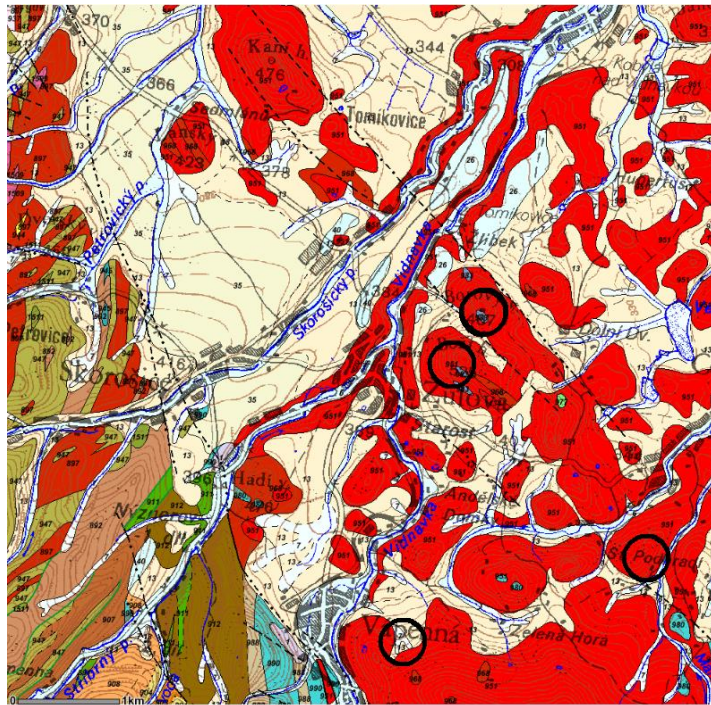
Žulovský masiv je a našem území lokalizován ve východní části Javornického výběžku. Je tvořen Žulovskou pahorkatinou a Vidnavskou nížinou, které jsou odděleny sudetským zlomem od Rychlebských hor.

Geomorfologické celky Žulovská pahorkatina a Vidnavská nížina patří do Krkonošsko-jesenické soustavy a do podsoustavy Krkonošsko-jesenické podhůří (Demek 1987).

Žulovská pahorkatina tvoří přechod od horského reliéfu Rychlebských hor na jihu a západě k nížinnému reliéfu na severu. Povrch pahorkatiny se pozvolna sklání severovýchodně a ponořuje se pod neogenní a kvartérní výplň Oderské nížiny.

V průběhu vzniku povrchových útvarů Žulovské pahorkatiny se uplatnily vlastnosti žul, jimiž je převážně tvořena. Hlavním znakem reliéfu je výskyt zvlněného povrchu ve výšce 300 - 380 m nad mořem. Vrcholy jsou ploché a mají mírné svahy (exfoliační klenby). Mezi nimi leží ploché sníženiny. Nad základní povrch Žulovské pahorkatiny se tyčí ostrovní hory, které mají homolovitý tvar se strmými svahy se zřetelným úpatím.

Žulovský masiv tedy tvoří morfologickou sníženinu, která je vklíněná mezi hřeben Rychlebských hor a Jelení hřbet. Díky tomu byl vývoj tvarů značně modifikován i působením kvartérního kontinentálního ledovce. Na severu leží Vidnavská nížina, vyvinutá na glaciálních sedimentech, které masiv částečně zakrývají. Jižněji přechází nížina na zvlněnou Žulovskou pahorkatinu. Na obr. 1 můžeme vidět lokality, kde byl nasbírán materiál, ze kterého byly následovně zhotoveny výbrusy.



Obr. 1: Lokalizace zájmových oblastí - Vápenná, Boží hora, Borový vrch a Staré Podhradí (<http://www.geology.cz>).

1.2 Obecná geologická charakteristika

V jihozápadní části Žulovska leží hranice mezi dvěma velkými geologickými jednotkami Českého masívu – lugika a moravosilezika. Orlicko-sněžnická jednotka zasahuje do jihozápadní části, která je nejvíce na severovýchod položenou částí lugika. Střední a východní část území Žulovska je tvořena horninami náležejícími sileziku (Chlupáč 2002).

Orlicko-sněžnická jednotka je reprezentována skupinou stróňskou a staroměstskou, které jsou obalovými skupinami jejího jádra. Převažujícím horninovým typem stróňské skupiny je muskovitická až dvojslídňá rula svorového vzhledu, často jemně páskovaná. V rámci těchto rul vystupují ve formě paralelně orientovaných úzkých pruhů a čoček podřadně amfibolity, metagabra, krystalické vápence, erlany a kvarcity. Stáří orlicko-sněžnické jednotky spadá do období svrchního proterozoika až spodního kambria (600 až 550 mil. let) dle Chlupáče (1992).

Východně ležící staroměstská skupina je metamorfně i litologicky velmi pestrá. Je možné ji rozdělit na východní a západní část. Rozhraním těchto dvou částí je nýznerovské nasunutí. Hlavní horninové typy běží jako výrazné pruhy, které mezi sebou mají často tektonické hranice. Mezi horniny stróňské skupiny na západu a pásmo amfibolitu a migmatity na východu intrudovala mohutná tonalitová žíla. Na východ potom pokračuje pásmo migmatitizovaného amfibolitu, dále pásmo silně deformovaných kyanit-staurolitových svorů někdy s granátem a sillimanitem, označovaných jako skorošické svory a dále pásmo metagabra. Stáří metagabra a amfibolitu západně a jižně od Skorošic se pohybuje kolem 500 mil. let. V pásmu amfibolitů vystupují menší či větší tělesa serpentinitů, která se vyskytují většinou v blízkosti tektonických rozhraní. Při tektonických a metamorfních procesech byla vysunuta z hlubších částí kůry. Patří k nim známá tělesa u Petrovic, Vlčic a Horních Skorošic (Chlupáč 1992).

Jižně a jihovýchodně od Vápenné vystupují v samostatné tektonické šupině horniny svrchní části skupiny Branné devonského stáří. Šupina je tvořena prakticky pouze biotitickým tmavým fylitem a mohutným pruhem krystalického vápence (mramoru). Na severovýchodu je oddělena okrajovým sudetským zlomem od žulovského masívu a jeho pláště. Také jižní a jihozápadní okraj je tektonický podél obloukovitě zatočeného zlomu, který se na jihu přimyká k okrajovému sudetskému zlomu (Chlupáč 1992).

Rozsáhlá střední a východní část širšího okolí Žulovska severovýchodně od okrajového sudetského zlomu je budována horninami silezika. Silezikum je zde reprezentováno žulovským masívem a vrbenskou a rejvízskou skupinou. Rozlehlá intruze žulovského masívu variského (karbonského) stáří (ca 340–304 mil. let) se rozkládá na ploše přibližně 125 km². Tento masív je částí rozsáhlejšího tělesa, které je na jihozápadě omezeno okrajovým sudetským zlomem vůči horninám lugika, na severu pak pokračuje pod terciárními a kvartérními sedimenty do Polska.

Hlavní horninou žulovského masívu je biotitický granit až granodiorit provázený uzavřeninami křemenného amfibol-biotitického dioritu. Granodiorit tvoří nepravidelně omezená tělesa nacházející v celé ploše masívu, hlavně ale v jeho centrální a jižní části. Křemenné diority tvoří menší nebo větší tmavé uzavřeniny, které se vyskytují nepravidelně v celé ploše masívu. Granit má

hrubě balvanitý rozpad, což je dobře vidět na některých lokalitách v okolí Velké Kraše. Granitoidy žulovského masívu uzavírají různě velké uzavřeniny plášťových hornin, zejména migmatitu a mramoru. Naopak v migmatitovém a rulovém plášti plutonu vystupuje několik separátních intruzí granitoidů. Pegmatity jsou zastoupeny biotitickými typy jednoduchého složení. Pegmatitům podobné žíly spjaté s polohami erlánů a mramorů se vzácně vyskytly u Starého Podhradí. Časté jsou různě mocné žíly aplitů (Chlupáč 2002).

Odkrytá východní část pláště žulovského masívu je tvořena metamorfovanými horninami vrbenské skupiny, která je obalovou sekvencí desenské jednotky. Jedná se o pásma biotitického migmatitu s hojným granátem, sillimanitem a cordieritem. Pestrých vložek kvarcitu, erlanu, mramoru a amfibolitu je v plášti žulovského masívu málo.

Po skončení variské orogeneze se území stalo na dlouhou dobu souší, kde probíhalo intenzivní zvětrávání a zarovnávaní terénu. Došlo k výrazné kaolinizaci granitoidů žulovského masívu do hloubek 20 až 40 m. Kaolinizované granitoidy se zachovaly zejména v tektonicky zakleslé kře u Vidnavy.

V mikroregionu Žulovska probíhá tektonické rozhraní prvního řádu, které odděluje litologicky, strukturně i metamorfně odlišné jednotky. Tím je okrajový sudetský zlom směru SZ–JV. Koncem mesozoika vznikly nebo se obnovily významné příčné zlomy (SV–JZ) a obnovily se zejména zlomy sudetského směru (SZ–JV), které dotvářely morfologii terénu.

Nejvýznamnější událostí pro současnou tvářnost reliéfu Žulovska byl zásah kontinentálního ledovce. Ledovec sebou přinesl četné skandinávské horniny. Zásah kontinentálního ledovce na žulovský masív způsobil hojný výskyt typických granitoidních oblíků. Nejlépe vyvinutými oblíkovými formami jsou osamocený rozsáhlý Lánský vrch a Šibeničnick (Jedlička 1995).

1.3 Geologie žulovského masívu

Hranice žulovského masívu (dále jen ŽM) je na Z a JZ tvořena okrajovým zlomem lugika (dříve sudetský), podle tohoto zlomu je lugikum nasunuto na silezikum (linie Pomezí – Vápenná – Skorošice – Vlčice – Uhelná). Buday et

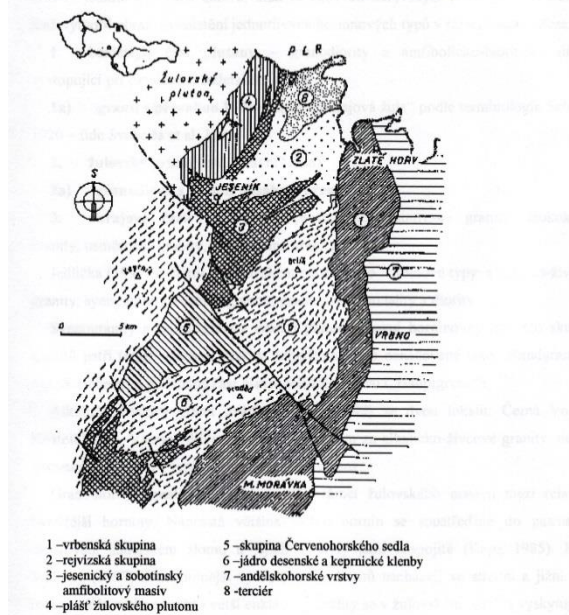
al. (1995) ve svých pozorováních uvádí dokonce recentní aktivity tohoto zlomového pásma. Žulovský masiv se zde střetává s horninami Staroměstské skupiny, skupiny Branné i ekvivalentními horninami keprnické klenby. Na S a SV zasahuje pod terciérní a kvartérní sedimenty do oblasti Strzelina v Polsku. JV je omezen pláštěm, který je tvořen kontaktně i regionálně metamorfovanými horninami.

Aktuální geologickou mapku můžeme pozorovat na obr. 2. První písemné zmínky jsou z roku 1887 od Camerlandera. Rozdělil masiv na tři části: centrální část tvořenou granitoidy, plášť tvořený krystalinickými břidlicemi a na uzavřeniny mramorů a rul v okolí Boží hory (Gotteshausberg) a Starého Podhradí (Čermák 2009).

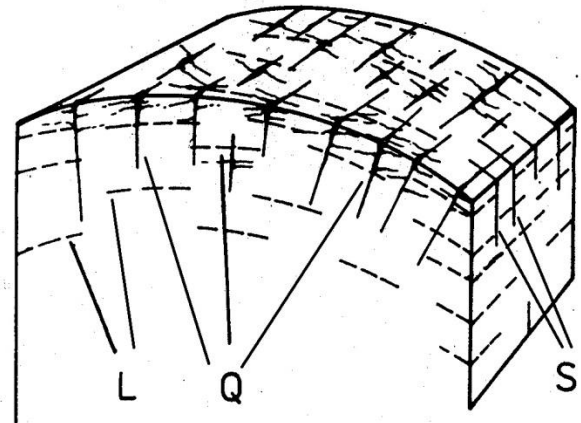
Těleso ŽM představuje postorogenní vrcholovou část mohutného plutonického tělesa granitoidů. Indikuje jej rozsáhlé gravitační minimum (Cháb, Žáček 1994). Převládajícími horninami jsou biotitické granity až granodiority paleozoického (hercynského) stáří. Radiometrické stáří bylo stanoveno Čablou (1969) za použití metody K/Ar přibližně na 300 Ma. Výchozí hodnoty pocházejí z lokalit Vycpálkův lom - granodiorit 304 ± 10 Ma, Tomíkovice – biotitický granodiorit 277 Ma a 274 Ma pro biotitický granit. Jako nejmladší intruzi uvádí Jedlička (1997) granit typu „Steiberg“.

Tektoniku ŽM představují dobře vyvinuté systémy puklin S ve směru S – J, Q ve směru V – Z a systém L puklin uložených horizontálně. Nejzajímavější jsou pukliny Q, které jsou často vyplněny pegmatity, žilami křemene a aplitů viz obr. 3. Občasná je i sulfidová mineralizace těchto puklin, Losos (1989). Upozornil také na vertikální pohyby probíhající během permu až do současnosti na zlomu Iugika. Tektonika a petrografie ŽM byla studována Krystkem a Harazimem (1956). Tito autoři interpretovali stáří masivu mezi období svrchní. karbon až spodní. perm. Podle Čably (1969) je vznik ŽM kladen do závěrečné fáze hlavní etapy variské orogeneze, jako nejstarší magmatit v oblasti označuje tonalit staroměstského pásma, který autor předpokládá jako raně variský. Po něm následuje masiv Zlotostocký a syenity Niemczy. Za ranější a kyselejší považuje javornický granodiorit a za nejmladší je podle Čably (1969) uváděn žulovský masiv.

Mapa 2. Geologická mapa okolí studované oblasti (upraveno podle Součka 1978)



Obr. 2: Geologická mapa okolí studované oblasti (Souček 1978).



Obr. 3: Typy rozpukání batolitu puklinami L, Q, S (upraveno z <http://geotech.fce.vutbr.cz>).

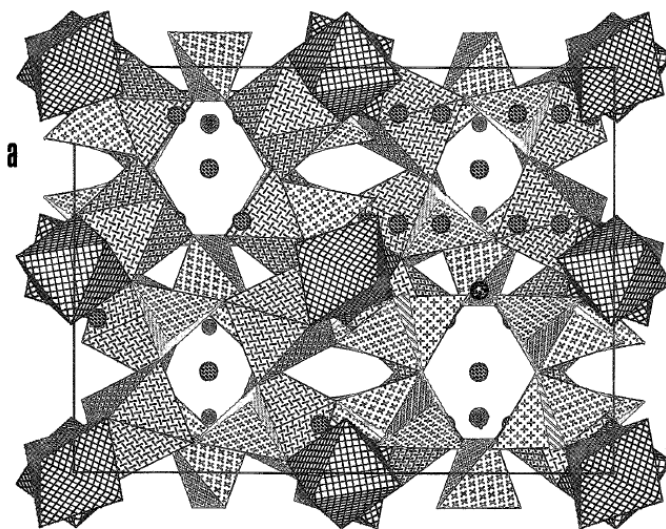
2. Systematické postavení vesuvianu a minerálů skupiny epidotu a jejich charakteristika – sorosilikáty

Ve struktuře sorosilikátů jsou tetraedry $[\text{SiO}_4]^{-4}$ spojovány přes vrcholový kyslík do malých skupin, které jsou v prostoru od sebe odděleny koordináčními polyedry jiných kationtů. Typickou aniontovou skupinou sorosilikátů je dvojice tetraedru (diortogrupa) $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{-6}$. Jiné typy skupin, např. $[\text{Si}_3\text{O}_{10}]^{-8}$ nebo $[\text{Si}_5\text{O}_{16}]^{-12}$ jsou velmi vzácné. Ve strukturách sorosilikátů se často vyskytují nezávislé tetraedry $[\text{SiO}_4]^{-4}$ spolu se skupinami $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{-6}$. Ve strukturách sorosilikátů se velmi často objevují další anionty, zejména fluor, kyslík a hydroxylová skupina (<http://mineralogie.sci.muni.cz>).

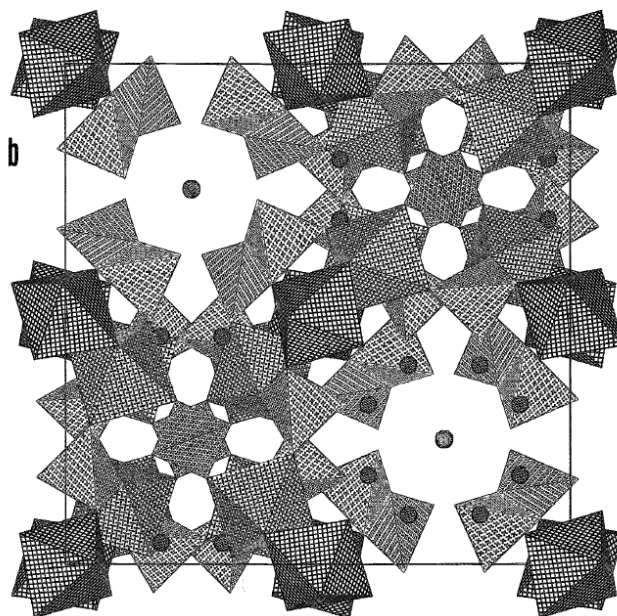
2.1 Vesuvian

Vesuvian je horninotvorný minerál, který se může nacházet ve skarnech, rodingitech a alterovaných alkalických syenitech. Ještě před 20 lety patřil k nejméně prostudovaným horninotvorným minerálům. Jelikož byla jeho pravá symetrie nejasná a některé detaily krystalické struktury byly nedořešeny. Bylo publikováno mnoho chemických vzorců, ale zatím žádný z nich se nezdál být plně aplikovatelný. Tyto nejasnosti jsou komplikovány rozdílnou škálou podmínek, při kterých je vesuvián formován v přírodě (Groat, Hawthorne et al. 1992).

Jeho chemické složení vyjadřuje komplikovaný krystalochemický vzorec $\text{Ca}_{10}(\text{Mg,Fe})_3\text{Al}_4[\text{SiO}_4]_5[\text{Si}_2\text{O}_7]_2(\text{OH})_4$. Vápenatý kationt je často izomorfně zastupován Na, K a Mg, v dalších strukturních pozicích se může objevit Mn nebo Ti. Zároveň hydroxylová skupina je často nahrazována atomy fluoru (<http://webmineral.com>).



Obr. 4: *Projekce struktury vesuvianu v [100] (Groat, Hawthorne et al. 1992).*



Obr. 5: *Projekce struktury vesuviánu v [001] (Groat, Hawthorne et al. 1992).*

Krystalová struktura vesuvianu je znázorněna na obr. 4 a obr. 5 a byla vyřešena Warren & Modell v roce 1931.

I když kolem vesuvianu přetrvávaly a do určité míry stále ještě přetrvávají nejasnosti, na které poukázal zejména Arem (1973), postupně byla shromážděna data o značné proměnlivosti jeho chemického složení (Groat, Hawthorne et al. 1992), podrobně prostudována jeho komplikovaná sorosilikátová struktura, definovány fyzikální parametry a paragenetické poměry.

Jsou známy variety se zvýšeným podílem Ti, Mn, Cr, Be a F. Pozoruhodné je, že přes mimořádnou blízkost chemického složení, blížící se až na obsah hydroxylové skupiny téměř shodně s grosulárem (Fediuk 2008), se vesuvian vyskytuje nejčastěji v asociaci právě s tímto granátem. Jako další nejbližší paragenetické minerály jsou kromě kalcitu a dolomitu hlavně wollastonit, diopsid, sekundárně také epidot, někdy křemen a živec. Nejčastější barvou vesuvianu je hnědá, méně časté jsou odrůdy zelené, vzácně i růžové, červené, žluté, modré nebo i bílé, pro něž bývají užívána různá jména jako xantit, cyprin, viljuit (1998 uznán jako samostatný minerál), kalifornit, genevievit, jefreimovit (Fediuk 2008).

Výskyt je hlavně vázán na karbonátové horniny z kontaktu s magmatity (mramory, erlány, vápenato-silikátové rohovce a skarny), přičemž z vlastních

magmatitů je téměř neznámý s výjimkou ojedinělých výskytů, kde si však jeho přítomnost lze obvykle vysvětlit asimilací sedimentů. Nehojně uváděné výskyty z regionálně metamorfovaných karbonátových sedimentů jsou vesměs problematické, protože tu zpravidla lokální kontaktně metamorfní zásah nelze vyloučit, jak uvádí Cháb a Suk (1977).

2.2 Minerály skupiny epidotu

Minerály skupiny epidotu patří mezi sorosilikáty. Struktura minerálů této skupiny je složena ze dvou typů hranově sdílených oktaedrických řetězců paralelních s osou *b*. Propojení oktaedrů typu M2 je přímé, M1 oktaedry jsou propojeny do klikatě běžícího řetězce se střídavě připojenými M3 oktaedry. Pozice M1 a M2 jsou pravidelně oktaedrické a jsou obsazovány atomy Al^{3+} s možnou substitucí Fe^{3+} . Pozice M3 jsou silně deformované oktaedry, do kterých vstupují především Fe a Mn. Jednotlivé řetězce M-oktaedrů jsou propojeny skupinami $[\text{SiO}_4]^{-4}$ a $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{-6}$ tak, že vzniknou poměrně velké dutiny pro polyedry typu A. Strukturální pozice typu A1 a A2 mají zpravidla sedmi nebo osmi četnou koordinaci a jsou obsazovány především Ca nebo REE (allanit). Tetraedrické pozice jsou téměř výhradně obsazeny Si. Úhel Si – O – Si ve skupině $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{-6}$ se pohybuje mezi 145° - 160° v závislosti na konfiguraci obsazení oktaedrických pozic (<http://mineralogie.sci.muni.cz>).

Výsledný strukturální vzorec minerálů skupiny epidotu se zpravidla uvádí jako $\text{A}_2\text{M}_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$ Armbruster (2006).

Z běžných minerálů řadíme do této skupiny klinozoisit, epidot, allanit a zoisit – ve své práci zmíním pouze epidot, klinozoisit a allanit.

2.2.1 Epidot

Epidot je monoklinický minerál s idealizovaným vzorcem $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Fe}^{3+}[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$. Chemické složení epidotu se udává vzorcem $\text{Ca}_2(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})\text{Al}_2[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$, kdy obsah Fe_2O_3 je až kolem 30 hm. %. Izomorfně může vstupovat i Mn^{2+} , Mg^{2+} , Ti^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{+2} a REE. Epidot je vlastně

směsným krystalem klinozoisitu a teoretického pistacitu, ve kterém mírně převládá klinozoisitová složka (Armbruster 2006).

Symetrie je monoklinická (oddělení monoklinicky prizmatické). Struktura je popsána výše, oktaedrické pozice jsou obsazovány atomy hliníku a železa. Tento minerál tvoří krátce i dlouze sloupcovité krystaly protažené podle osy *b*, časté jsou krystaly s rýhováním krystalových ploch ve směru protažení. Dvojčatně srůstá podle [100]. Agregáty jsou celistvé nebo zrnité, někdy stébelnaté nebo jehlicovité

Fyzikální vlastnosti: $T = 7$; $H = 3,3 - 3,6$. Barva je žlutozelená, zelená nebo temně zelená v závislosti na obsahu Fe ve struktuře. Lesk je skelný, vryp bílý, štěpnost dokonalá podle [001]. (<http://webmineral.com>)

Jako akcesorický minerál vzniká při druhotných přeměnách v intermediárních a bazických horninách (diority, gabra), žíly epidotu a projevy epidotizace granitoidních hornin jsou příznačné pro brněnský masiv (Blansko, Bílovice, Brno - Královo Pole). Je typickým horninotvorným minerálem nízkých a středních stupňů metamorfózy ve facii zelených břidlic, kde se významně podílí na stavbě zelených a epidotových břidlic. Drúzy krystalů epidotu jsou typické v alpské paragenezi na puklinách amfibolitů například na Sobotínsku a Čálavsku (<http://www.sci.muni.cz>).

Krystalované ukázky epidotu (v paragenezi s grosularem, vesuvianem, wollastonitem a diopsidem) jsou běžné také na kontaktech granitoidů s mramory - v taktitech (Žulová, Vápenná). Zrna a agregáty najdeme v erlánech (Bludov u Šumperka). (<http://www.sci.muni.cz>)

2.2.2 Klinozoisit

Teoretické složení vyjadřuje vzorec $\text{Ca}_2\text{Al}_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$., běžná je izomorfní příměs Mn, Fe, Sr nebo Ti. Hliník v oktaedrické koordinaci může být nahrazován železem a klinozoisit tak zvolna přechází v epidot. Hranice není přesně definována, koncový Fe člen řady klinozoisit – epidot se označuje jako pistacit, v přírodě se však nevyskytuje (Armbruster (2006)

Symetrie je monoklinická (oddělení monoklinicky prizmatické). Struktura je popsána výše, oktaedrické pozice jsou obsazovány převážně atomy hliníku. Krystaly jsou dlouze sloupcovité (prakticky shodné s epidotem). Agregáty jsou zrnité nebo stébelnaté.

Fyzikální vlastnosti: T = 7; H = 3,3 - 3,4. Barva klinozoisitu je šedá, šedozelená nebo žlutozelená, může být i bezbarvý. Lesk je skelný a štěpnost dokonalá podle [001] (<http://webmineral.com>).

Klinozoisit může vznikat při druhotných přeměnách v bazických horninách, bývá přítomen v některých pegmatitech. Pěkné krystaly vytváří na žilách alpské parageneze (Markovice, Vlastějovice). Může doprovázet epidot v regionálně metamorfovaných zelených břidlicích nebo amfibolitech. (<http://www.sci.muni.cz>)

2.2.3 Allanit

Složení allanitu se nejčastěji vyjadřuje chemickým vzorcem $(Ca,REE)_2FeAl_2[Si_2O_7][SiO_4]O(OH)$, přičemž prvky vzácných zemin jsou reprezentovány zejména La, Nd v různém poměru a dále bývají izomorfně přimíšeny atomy U, Th, Y nebo Mg (Armruster 2006).

Symetrie monoklinická (oddělení monoklinicky prizmatické). Ve struktuře se prvky vzácných zemin zastupují v koordinačních polyedrech typu A spolu s vápníkem. Je-li přítomno větší množství U nebo Th, bývá metamiktně přeměněný. Krystaly jsou vzácné – sloupcovité nebo tabulkovité. Nejčastěji tvoří jednotlivé zrna nebo zrnité a stébelnaté agregáty.

Fyzikální vlastnosti: T = 5,5 - 6; H = 3,9 – 4,0. Barva allanitu je tmavě hnědá nebo černá, lesk je smolný. Štěpnost je málo výrazná. Pokud je metamiktně přeměněný, mění se i jeho fyzikální vlastnosti. Pro určení allanitu bývají důležité jeho optické vlastnosti (<http://webmineral.com>).

Allanit je akcesorickým minerálem některých granitoidních hornin (žulovský masiv, brněnský masiv) a pegmatitů (Černá Voda, Žulová, Domanínek u Bystřice nad Pernštejnem). Vyskytuje se i v regionálně

metamorfovaných horninách – rulách a amfibolitech. Lokálně může přecházet do náplavů (<http://www.sci.muni.cz>).

3. Metodika a cíle práce

V první fázi práce jsem se zabýval prostudováním dostupné literatury, abych se seznámil s problematikou a získal informace týkající se studovaného problému. Literárně-rešeršní část byla zaměřena na geologii žulovského masivu a chemické složení epidotů a vesuviánů. Po prostudování map a informací o lokalitách jsme se vydali do terénu, kde jsme provedli sběr vzorků.

Z jednotlivých lokalit na Boží hoře, Borovém vrchu, Starém Podhradí a Jaškova lomu byly odebrány vzorky vesuviánů a epidotů. Tyto vzorky byly ponávratu do laboratoře rozřezány a připraveny na výrobu výbrusů, které byly zhotoveny na PřF MU v Brně panem Jiřím Povolným.

Výbrusy, které se vrátily, byly poté fotograficky zdokumentovány v optickém polarizačním mikroskopu Olympus BX50 pomocí fotoaparátu Olympus C-7070, poznačeny a odeslány na WDX analýzu na elektronové mikrosondě Cameca SX100 na PEMM PřF MU Brno. Závěrečná data byla zpracována pomocí programu MS Office - EXCEL.

V experimentální části této práce přesněji v podkapitole 5 jsou uvedeny technologie, které byly použity pro analýzy a standardy na které byla prováděna WDX analýza. Dále jsou zde fotografie jednotlivých výbrusů v PPL a v XPL a nakonec fotografie v odražených elektronech.

4. Významná naleziště vesuvianu a minerálů skupiny epidotu v prostoru žulovského masivu

V prostoru žulovského masivu je výskyt z větší části vázán na karbonátové horniny z kontaktu s magmatity (mramory, erlány, vápenato-silikátové rohovce a skarny). Přičemž z vlastních magmatitů je téměř neznámý s výjimkou ojedinělých výskytů, kde je jeho přítomnost lze vysvětlitelná asimilací sousedních sedimentů. Nehojně uváděné výskyty z regionálně

metamorfovaných karbonátových sedimentů jsou vesměs problematické, protože tu zpravidla lokální kontaktně metamorfní zásah nelze vyloučit.

Cháb a Suk (1977) vesuvian ve svých regionálně metamorfních asociacích Čech a Moravy neuvádějí, nicméně Novák (1995) mu pro výskyty na západní Moravě „dynamometamorfní“ (tedy regionálně-metamorfní) původ přičítá. Podružně se objevuje v alpské paragenezi. Do klastických sedimentů by se mohl teoreticky dostat díky vysoké hustotě (~ 3,3) a relativně dobré mechanické (vysoká tvrdost ~ 6,5 a nedokonalá štěpnost) i chemické stabilitě jako těžký minerál, ale vzhledem ke slabému zastoupení ve snosových horninách jsou takové případy výjimečné.

Přítomnost vesuvianu byla zjištěna na nespočetných lokalitách všech kontinentů, i když jeho kvantitativní zastoupení v rodině horninotvorných minerálů je spíše podružné. Ve své práci se zabývám lokalitami Vycpálkův lom, Boží hora, Borový vrch a Staré Podhradí.

4.1 Vápenná

Významnou slezskou lokalitou u obce Vápenná je Vycpálkův lom, kterému byla v posledních letech věnována významná pozornost (Roger a Zabinski 1995, Houzar et al. 1997, Losos a Brož 2002 aj.). Vycpálkův lom je již dlouho nečinný a z větší části je zaplaven vodou. Je to významné naleziště plovoucích hesonitů viz obr. 6. Tyto granáty se nacházejí v nadloží granitu uzavřeny v mocné kře mramoru. Velikost jednotlivých krystalů hesonitu dosahuje až velikosti jednoho decimetru (Kruša 1973). Krystaly hesonitu se během procesu zvětrávání horniny postupně uvolňují a následně vypadávají (Pauliš 2001).

Dle Rybáka (1972) se ve Vycpálkově lomu nacházejí na dvou místech zóny s kontaktními minerály. V jeho horní části na severní straně se nalézá středně zrnitý krystalický vápenec, ve kterém jsou přítomny krystaly hesonitu, a pouze výjimečně je doložena přítomnost krátce sloupcovitých krystalů vesuvianu. Na západní stěně v horní části lomu byla ve výšce až 3 m a šířce 10 m odkryta zóna s kontaktními minerály. Zrnitost kontaktní horniny je střední

až hrubá a tato zóna je tvořena diopsidem, epidotem, hesonitem, kalcitem, křemenem, vesuvianem a sulfidy.

Kontaktní dvory s diopsidem, vesuvianem, epidotem a wollastonitem se nalézají ve spodní části Vycpálkova lomu.



Obr. 6: *plovoucí grosuláry z Vycpálkova lomu (foto Jakub Vylíčil).*

4.2 Boží hora

Na lokalitě Boží hora se nachází bimetasomatická zóna, kterou lze rozdělit na několik subzón. Jednotlivé subzóny se vzájemně liší skladbou nerostů. Ve směru od biotitické pararuly k mramoru se jedná o tyto čtyři subzóny.

Dle Zimáka (2003) charakterizujeme stavbu a mineralogii bimetasomatické zóny následovně. Subzóna biotické ruly obsahující relativně vysoký obsah biotitu a klinopyroxenu, který se řadí do diopsid-hedenbergitové řady. Následně je zde plagioklas-hedenbergitová subzóna, která obsahuje převážně křemen a jako vedlejší složka je přítomen grossular. Plagioklas bývá nahrazen mladším zoisitem a prehnitem. Třetí subzóna grossular-

hedenbergitová je tvořena minerály grossular a hedenbergit, jež jsou zastoupeny v různých poměrech. V této subzóně se nalézají také ve větším množství křemen. V poslední, čtvrté wollastonitové subzóně, lze nalézt v různém množství také vesuvian a rovněž akcesoricky klinopyroxen spadající do diopsid-hedenbergitové řady.

Hrubozrnný kalcitický mramor při kontaktu s wollastonitovou subzónou obsahuje v akcesorickém množství klinopyroxen diopsid-hedenbergitové řady, křemen a také grafit.

Hedenbergitová komponenta převažuje ve složení klinopyroxenů grossular-hedenbergitové subzóny. Ve wollastonitové subzóně a mramoru odpovídají akcesorická zrna klinopyroxenu svým složením diopsidu. Relativně vysoký podíl andraditové komponenty je tvořeno granáty z grossular-hedenbergitové subzóny (20 až 22 mol. %).

Dle Lososa a Brože (2002) měla na formování bimetasomatické subzóny značný vliv magmatogenní fluida, které pronikaly podél litologického rozhraní ruly a mramoru. Autoři zmiňují, že jejich působení je doloženo vyšším podílem železa v některých subzónách bimetasomatické zóny v porovnání s okolními horninami, silicifikací centrálních subzón a nízkým P_{CO_2} , a vysokým P_{H_2O} (podmínky pro vznik vesuviánu a wollastonitu).

K formování kontaktů na Boží hoře docházelo přibližně při teplotě 600 až 620°C. Toto zjištění bylo stanoveno na základě grafit-karbonátového izotopového termometru, použitého v prostoru této lokality (přibližně na desítky metrů vzdálených kalcitických mramorech s akcesorickým grafitem - viz Losos a Hladíková 1988). Z dat známých pro periplutonickou metamorfózu v oblasti pláště žulovského masivu západně od České Vsi u Jeseníku lze přijmout tlakové podmínky přibližně 200 MPa (dle sfaleritového geobarometru, Losos et al. 1986). Podobné teploty periplutonické metamorfózy 650 až 680°C (granáto-biotitovým termometrem) publikovali pro stejnou oblast pláště žulovského masivu Cháb a Žáček (1994).

Pod popisovanou bimetasomatickou zónou, byla dříve odkryta kontaktní mineralizace vyvinutá přímo na styku biotitického granitu a kalcitického mramoru a také podél kontaktu mramoru s aplitovými žilami, které jím zde

pronikaly. Toto je patrné ve vstupní části lomu, po jeho levé straně ve směru do lomu (Zimák 2003).

Kontaktní minerály na styku granitu a mramoru tvoří zónu, která měla mocnost až 60 cm. Kontaktní minerály tvořily lemy kolem aplitových žil, které měly mocnost podstatně menší (často pouze několik cm). K hlavním minerálům taktitů řadíme wollastonit, grossular, vesuvián, epidot, křemen, kalцит, klinopyroxen diopsid-hedenbergitové řady a albit, mezi méně běžné patří titanit a scheelit.

Značná mineralogická zonálnost charakterizuje stavbu kontaktních zón mezi mramorem a granitem nebo aplitem. Kontakt s mramorem má povahu až 3 cm mocné wollastonitové subzóny, která v případě kontaktů s aplitovými žilami často představuje objemem nejvýznamnější část taktitu. Wollastonitová subzóna je formována souběžně uspořádanými vlákny až stébly bílého nebo jemně narůžovělého wollastonitu (orientovanými převážně víceméně kolmo ke kontaktu) nebo mnohdy paprscitými agregáty zpravidla narůžovělého wollastonitu (které rostly zcela evidentně od kontaktu do mramoru).

Strukturně jde o wollastonit-2M (viz Krausová a Zimák 1998). Drobná šedozeleň zrna klinopyroxenu tvoří výraznou součást wollastonitové subzóny. Poměrně hojně ovšem místy se zde vyskytuje zelenohnědý až hnědý vesuvián v podobě zrn nebo nedokonale vyvinutých sloupců o velikosti zpravidla do 1 cm. Vzácně byla ve wollastonitové subzóně zjištěna přítomnost drobných (max. 1,5 mm) zrn scheelitu, která se nacházela ve vnitřní části této subzóny, ve velmi blízko jejího ostrého přechodu do subzóny vesuvián-grossularové.

Vesuvián-grossularová subzóna je tvořena hlavně zrnitým červenohnědým grossularem, vesuviánem a místy hojným křemenem. V křemenných partiích se zde běžně vyskytuje vesuvian v podobě až několik cm dlouhých štíhlých sloupců zelenohnědé barvy, orientovaných přibližně kolmo vzhledem ke kontaktu. Zrna žlutozeleného epidotu a šedozeleň klinopyroxenu se rovněž místy hojně vyskytují.

Vesuvián-grossularová subzóna plynule přechází do subzóny grossularové, v níž je grossular dominantní složkou. Dali se zde nalézt drúzy červených až červenohnědých krystalů hesonitu o velikosti až 2 cm, které

pokrývaly stěny dutin v taktitu, vyplněných hrubě zrnitým kalcitem, který však byl často vyloužen při zvětrávacích procesech.

Součástí grossularové subzóny je i vesuvián, křemen, klinopyroxen, epidot, vzácně je zde možno nalézt titanit, místy je poměrně hojný živec (albit), a to zejména při kontaktu s granitem. Příklad jednoho z výchozů je na fotce na obr. číslo 7 a rozložení lokalit na obr. číslo 8.

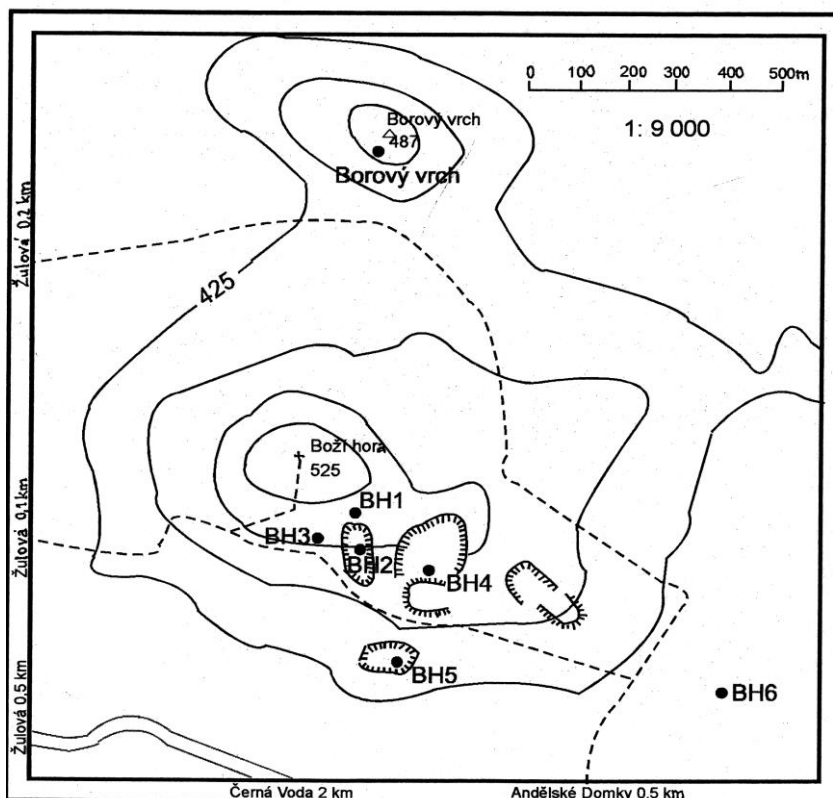


Obr. 7: *Boží hora, jeden z výchozů (foto Jakub Vylíčil).*

4.3 Borový vrch

Borový vrch u Žulové patří k významnějším nalezištím kontaktních minerálů na Žulovsku. Vrchol se nalézá severně od Žulové. Lokalita leží jižně od vrcholu - je jí výkop nalézající se v lese - délka výkopu je přibližně 23 metrů šířka asi 5 metrů (Zimák 2003).

Kontaktní minerály mohou být nacházeny pouze na okolních haldách. V literatuře (Jedlička 1995) se dokládá výskyt hesonitu, diopsidu, epidotu, vesuvianu a wollastonitu. Součástí kontaktních zón je také kalcit, který se nalézá v nepravidelných polohách, viz obr. číslo 8.



Obr. 8: *Mapka okolí Žulové – Boží hora a Borový vrch (Blažková 2002).*

4.4 Staré Podhradí

Z okolí Starého Podhradí byly popsány tři lokality s kontaktními minerály. Podrobně jsou popsány v publikaci Rybák (1972). Ve vápencovém lomu u zříceniny hradu Kaltenštejna se nachází nejvýznamnější lokalita z nich. Kontaktní zóny jsou vázány na průniky žil pyroxenického pegmatitu hrubozrnným krystalickým vápencem. Kontaktní minerály jsou vyvinuty nepravidelně. Mocnost kontaktních zón se pohybuje v rozmezí od několika milimetrů do přibližně dvaceti centimetrů (Zimák 1995).

Dalším nalezištěm kontaktních minerálů je lom severně od myslivny ve Starém Podhradí. Lom je nečinný, zarostlý a velmi zasutěný. Z kontaktních minerálů se zde nachází diopsid, hesonit, klinozoisit, vesuvian, epidot a scheelit. Zrna scheelitu vrůstají do granátu výjimečně i do vesuvianu.

Poslední lokalitou s kontaktními minerály je lom Hagenwasserbruch, který je rovněž zasutěný a zarostlý vegetací. Jedná se o jámový lom. Kontaktní zóny vznikaly na styku žuly s krystalickým vápencem. V tomto lomu byl nalezen epidot, diopsid, klinozoisit a vesuvian. Lokalita je zaznamenána na obr. číslo 9.



Obr. 9: *Lokalita Staré Podhradí (foto Jakub Vylíčil).*

Experimentální část

5. Experimentální data a výsledky měření

V této části diplomové práce jsou shrnuty výsledky mikroskopického studia WDX analýzy a fotodokumentace výbrusů.

5.1 Použité technologie

Optické polarizační mikroskopie

Mikroskopy: Olympus BX-50p, Olympus BX-41

Elektronová mikrosonda (WDX analýza) - Cameca SX100 (uvedena do provozu v r. 2003)

- 5 WD spektrometrů, 1 ED spektrometr, BSE, SE a CL detektory
- přístroj je vybaven optickým mikroskopem pro pozorování v procházejícím a odraženém světle (i polarizovaném)
- umožňuje měřit B-U, standardně však F-U

Skenovací elektronový mikroskop JEOL 6490 LV (uveden do provozu v r. 2008)

- možnost práce v režimu nízkého vakua, i pro nepokovené vzorky
- BSE, SE, LV-SE detektor
- zvětšení 4x-300 000, reálně 4x-50 000x.
- ED spektrometr LN2-free

Vakuová naprašovačka Edwards

- modernizovaná vakuová jednotka vybavená turbomolekulární pumpou
- nanášení homogenní grafitové vrstvy je zajištěno systémem dvojí rotace a náklonu vzorku dostatečně vzdáleného od uhlíkových elektrod.

5.2 Použitý materiál

Při zpracovávání diplomové práce jsem použil nasbírané vzorky z jednotlivých zájmových lokalit. V těchto vzorcích jsem makroskopicky stanovil epidot a vesuvian, poté byly vzorky rozřezány a pořízeny výbrusy.

V tabulkách jsou jednotlivé lokality označeny následovně:

Žulová – Boží hora - BHx/x

Žulová – Borový vrch - BVx/x

Staré Podhradí - STPx

Jednotlivé WDX analýzy byly provedeny za následujících podmínek:

Epidot:

Velikost svazku: <1 μm , urychlovací napětí: 15 keV, proud svazku: 20 nA

Použité standardy: Albit (Na), sanidin (Si,Al,K), MgAl_2O_4 (Mg), YGI (Y), Fluorapatit (P), LaB_6 (La), CeAl_2 (Ce), U (U), chromit (Cr), almandin (Fe), andradite (Ca), Titanit (Ti), Spessartin (Mn), PrF_3 (Pr), SmF_3 (Sm), NdF_3 (Nd), GdF_3 (Gd), REE (Dy), YErAG (Er), Th (Th), Topaz (F), Zirkon (Zr), SrSO_4 (Sr)

Vesuvian:

Velikost svazku: 3 μm , urychlovací napětí: 15 keV, proud svazku: 10 nA

Použité standardy: Vanadinit (Cl), chromit (Cr), benitoite (Ba), hornblende (Ti), Albit (Na), Sanidin (Si,K), sanidin (Al), MgAl_2O_4 (Mg), andradite (Ca), Fluorapatit (P), almandin (Fe), Spessartin (Mn), Ni (Ni), gahnite (Zn), Topaz (F), InAs (As), Sn (Sn)

5.3 WDX data pro Epidot

V následujících tabulkách jsou přehledně zachyceny data získaná z jednotlivých WDX analýz epidotu, všechna data byla přepočtena na 12,5 atomu kyslíku. V tabulce popisek comment vysvětluje označení analyzovaného vzorku.

Tabulka 1: Výsledky z WDX analýzy - Epidot

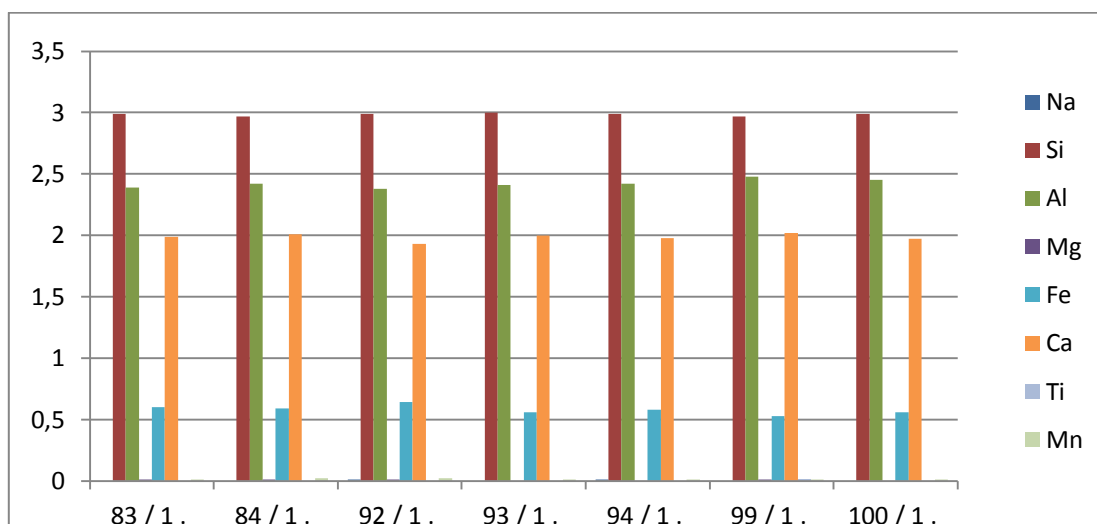
Číslo analýzy	83 / 1 .	84 / 1 .	92 / 1 .	93 / 1 .	94 / 1 .	99 / 1 .	100 / 1 .
Na ₂ O	0	0,016	0,085	0,004	0,04	0,006	0,012
SiO ₂	38,156	37,433	37,984	37,588	37,749	38,012	37,272
Al ₂ O ₃	25,954	25,858	25,633	25,665	25,898	26,926	25,882
MgO	0,08	0,09	0,069	0,004	0,018	0,052	0,029
Y ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0
P ₂ O ₅	0,022	0,012	0,035	0,007	0	0	0
La ₂ O ₃	0	0,012	0,049	0,004	0,024	0	0,021
Ce ₂ O ₃	0,023	0,02	0,09	0,005	0,011	0	0,006
UO ₂	0	0	0	0,027	0	0,009	0
Cr ₂ O ₃	0,008	0,008	0,015	0	0	0	0
Fe ₂ O ₃	10,25	9,815	10,833	9,388	9,771	8,983	9,34
CaO	24,006	23,945	23,176	23,724	23,62	24,494	23,258
TiO ₂	0,04	0,066	0,068	0,082	0,025	0,098	0,06
K ₂ O	0,017	0	0,026	0,011	0	0,042	0
MnO	0,278	0,313	0,32	0,108	0,227	0,128	0,148
Pr ₂ O ₃	0,002	0,065	0	0,008	0,063	0	0,065
Sm ₂ O ₃	0	0	0,015	0,031	0	0,004	0
Nd ₂ O ₃	0,002	0,044	0,039	0,09	0,058	0,061	0,08
Gd ₂ O ₃	0,109	0,019	0,075	0,019	0,012	0,069	0
Dy ₂ O ₃	0,037	0	0	0	0	0,019	0
Er ₂ O ₃	0	0	0,038	0,106	0	0	0
ThO ₂	0,002	0,041	0,047	0,004	0	0	0,053
F	0,157	0,142	0,127	0,095	0,091	0,232	0,055
ZrO ₂	0	0	0	0,001	0	0	0,006
SrO	0	0	0	0	0	0	0
Total	99,144	97,9	98,723	96,971	97,609	99,134	96,288
Comment	STP3 E	STP3 E	STP3 F	STP2 A	STP2 A	STP2 C	STP2 C

Tabulka 2: Přepočtená data na 12,5 atomů kyslíku z tabulky 1 Výsledky z WDX analýzy - Epidot

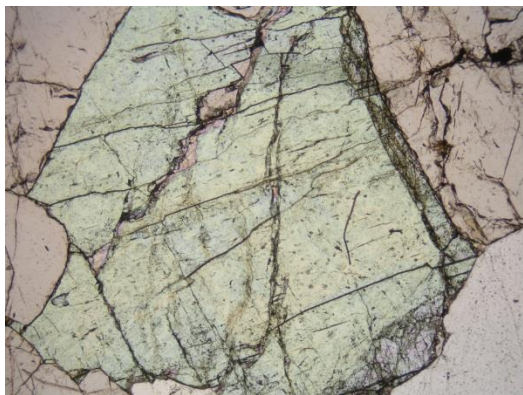
Na 12,5 O ₂	83 / 1 .	84 / 1 .	92 / 1 .	93 / 1 .	94 / 1 .	99 / 1 .	100 / 1 .
Na ⁺	0	0	0,01	0	0,01	0	0
Si ⁴⁺	2,99	2,97	2,99	3	2,99	2,97	2,99
Al ³⁺	2,39	2,42	2,38	2,41	2,42	2,48	2,45
Mg ²⁺	0,01	0,01	0,01	0	0	0,01	0
Y ³⁺	0	0	0	0	0	0	0
P ⁵⁺	0	0	0	0	0	0	0
La ³⁺	0	0	0	0	0	0	0
Ce ³⁺	0	0	0	0	0	0	0
U ⁴⁺	0	0	0	0	0	0	0
Cr ³⁺	0	0	0	0	0	0	0
Fe ³⁺	0,6	0,59	0,64	0,56	0,58	0,53	0,56
Ca ²⁺	1,99	2,01	1,93	2	1,98	2,02	1,97
Ti ⁴⁺	0	0	0	0	0	0,01	0
K ⁺	0	0	0	0	0	0	0
Mn ²⁺	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Pr ³⁺	0	0	0	0	0	0	0

Sm ³⁺	0	0	0	0	0	0	0
Nd ³⁺	0	0	0	0	0	0	0
Gd ³⁺	0	0	0	0	0	0	0
Dy ³⁺	0	0	0	0	0	0	0
Er ³⁺	0	0	0	0	0	0	0
Th ⁴⁺	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0
Zr ⁴⁺	0	0	0	0	0	0	0
Sr ²⁺	0	0	0	0	0	0	0
Kat total	7,99	8,02	7,98	7,98	7,99	8,03	7,98
Comment	STP3 E	STP3 E	STP3 F	STP2 A	STP2 A	STP2 C	STP2 C
% Obsah pístacit x klinocoizit	52,17	51,30	55,65	48,70	50,43	46,09	48,70

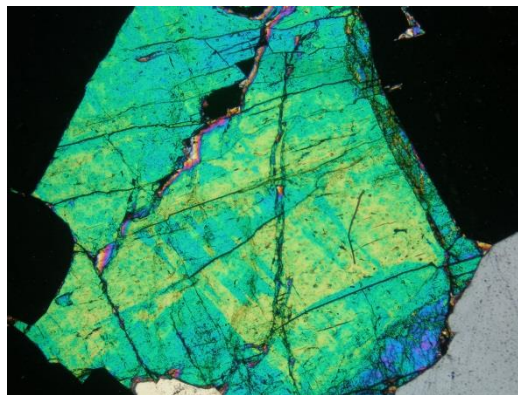
Graf 1: Na Grafu jedna mám vyneseny analyzované epidoty z lokality Staré Podhradí – na ose X jsou znázorněny v jednotlivých blocích vzorky a jako podložkou jsou znázorněny obsahy kationtů – jejichž množství je vyneseno na ose Y



Obr. 10: Výbrus z lokality Staré Podhradí v PPL, šíře snímku 0,8 mm (foto Jakub Vylíčil).



Obr. 11: Výbrus z lokality Staré Podhradí v XPL, šíře snímku 0,8 mm (foto Jakub Vylíčil).



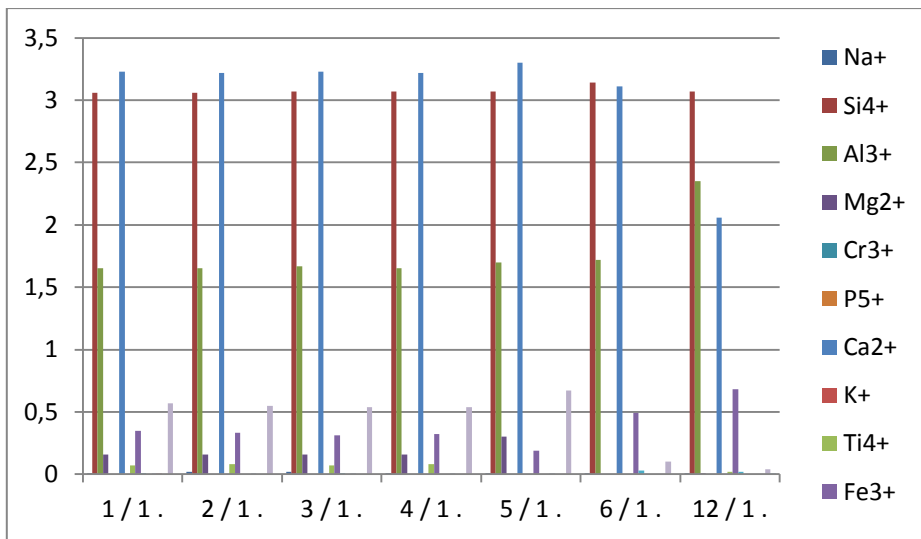
Tabulka 3: Výsledky z WDX analýzy - Epidot

Číslo analýzy	1 / 1 .	2 / 1 .	3 / 1 .	4 / 1 .	5 / 1 .	6 / 1 .	12 / 1 .
Na ₂ O	0,087	0,143	0,129	0,09	0,032	0,033	0,032
SiO ₂	36,431	36,5	36,938	36,529	36,94	38,301	37,836
Al ₂ O ₃	16,712	16,699	17,021	16,656	17,402	17,8	24,511
MgO	1,259	1,29	1,252	1,244	2,413	0,02	0,044
Cr ₂ O ₃	0	0	0,002	0	0	0,022	0,008
P ₂ O ₅	0,039	0,042	0,033	0,015	0,032	0	0,04
CaO	36,412	36,37	36,736	36,183	37,51	35,867	23,958
K ₂ O	0	0,039	0,015	0,026	0,015	0,006	0,003
TiO ₂	1,07	1,285	1,067	1,28	0,009	0,039	0,379
FeO	4,944	4,676	4,533	4,56	2,744	7,166	10,015
MnO	0,114	0,026	0,077	0,06	0	0,502	0,326
NiO	0	0,011	0,042	0,011	0,016	0	0
Cl	0,068	0,065	0,05	0,054	0,038	0,024	0,014
ZnO	0,099	0,07	0,022	0,051	0,029	0	0
BaO	0,126	0,1	0,029	0,106	0	0	0
F	2,151	2,058	2,046	2,044	2,568	0,39	0,138
V ₂ O ₃	0,005	0,033	0,003	0,045	0	0,017	0,1
Total	99,518	99,407	99,994	98,955	99,748	100,186	97,402
Comment	BH2/2	BH2/3	BH2_2	BH2_2	BH2_2	BH2_3	BH2_3

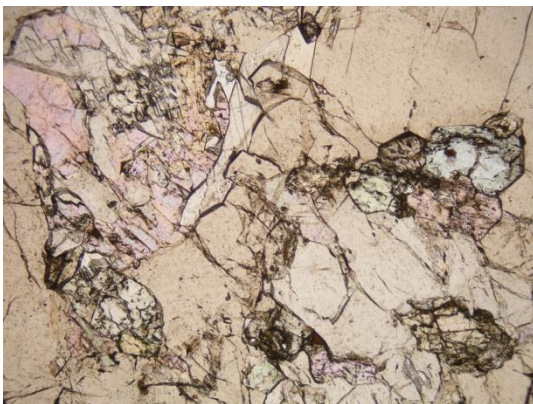
Tabulka 4: Přepočtená data na 12,5 atomů kyslíku z tabulky 3 Výsledky z WDX analýzy - Epidot

Na 12,5 O ₂	1 / 1 .	2 / 1 .	3 / 1 .	4 / 1 .	5 / 1 .	6 / 1 .	12 / 1 .
Na ⁺	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Si ⁴⁺	3,06	3,06	3,07	3,07	3,07	3,14	3,07
Al ³⁺	1,65	1,65	1,67	1,65	1,7	1,72	2,35
Mg ²⁺	0,16	0,16	0,16	0,16	0,3	0	0,01
Cr ³⁺	0	0	0	0	0	0	0
P ⁵⁺	0	0	0	0	0	0	0
Ca ²⁺	3,23	3,22	3,23	3,22	3,3	3,11	2,06
K ⁺	0	0	0	0	0	0	0
Ti ⁴⁺	0,07	0,08	0,07	0,08	0	0	0,02
Fe ³⁺	0,35	0,33	0,31	0,32	0,19	0,49	0,68
Mn ²⁺	0,01	0	0,01	0	0	0,03	0,02
Ni ²⁺	0	0	0	0	0	0	0
Cl ⁻	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0
Zn ²⁺	0,01	0	0	0	0	0	0
Ba ²⁺	0	0	0	0	0	0	0
F ⁻	0,57	0,55	0,54	0,54	0,67	0,1	0,04
V ⁵⁺	0	0	0	0	0	0	0,01
total	9,13	9,08	9,09	9,06	9,25	8,6	8,27
Comment	BH2/2	BH2/3	BH2_2	BH2_2	BH2_2	BH2_3	BH2_3
% Obsah pistacit x klinocozit	30,43	28,70	26,96	27,83	16,52	42,61	59,13

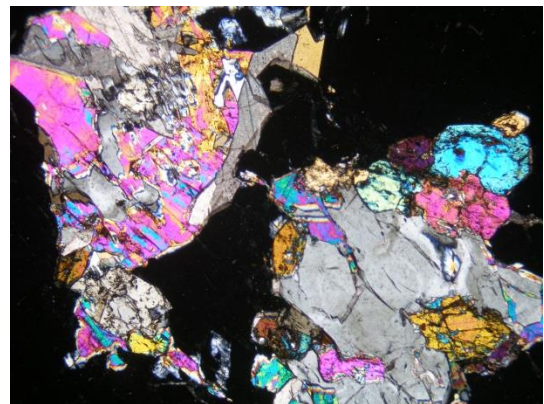
Graf 2: Na Grafu dva mám vyneseny analyzované epidoty z lokality Boží hora – na ose X jsou znázorněny v jednotlivých blocích vzorky a jako podložkou jsou znázorněny obsahy kationtů – jejichž množství je vyneseno na ose Y



Obr. 12: Výbrus z lokality Boží hora v PPL, šíře snímku 0,8 mm (foto Jakub Vylíčil).



Obr. 13: Výbrus z lokality Boží hora v XPL, šíře snímku 0,8 mm (foto Jakub Vylíčil).



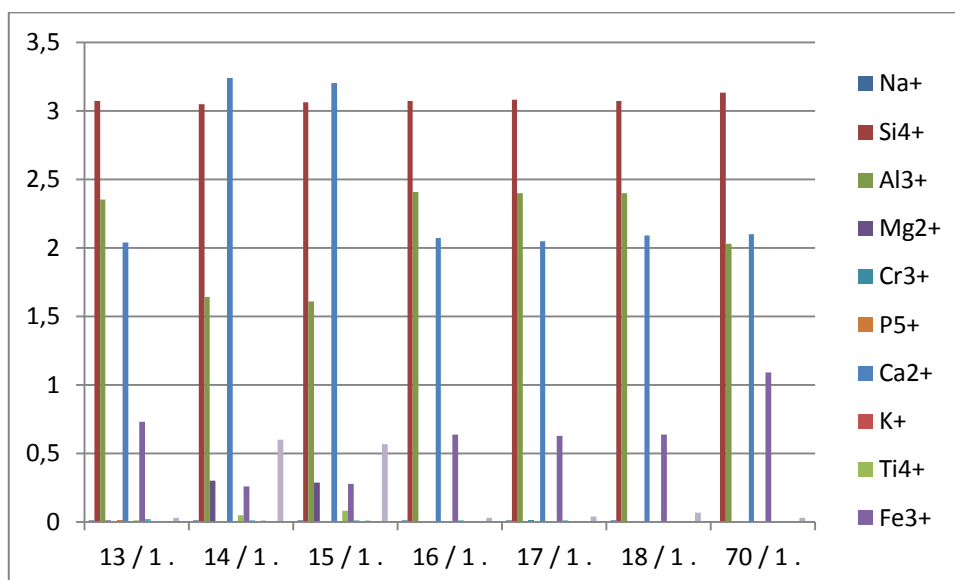
Tabulka 5: Výsledky z WDX analýzy - Epidot

DataSet/Point	13 / 1 .	14 / 1 .	15 / 1 .	16 / 1 .	17 / 1 .	18 / 1 .	70 / 1 .
Na ₂ O	0,046	0,059	0,06	0,035	0,068	0,052	0,008
SiO ₂	37,657	36,584	36,358	37,993	37,93	37,944	37,116
Al ₂ O ₃	24,427	16,722	16,243	25,35	25,026	25,218	20,406
MgO	0,048	2,407	2,263	0,002	0,023	0,025	0
Cr ₂ O ₃	0,021	0	0,002	0,065	0,095	0,062	0,005
P ₂ O ₅	0,119	0,046	0,032	0,063	0,048	0	0
CaO	23,637	36,728	35,919	24,301	23,902	24,382	23,525
K ₂ O	0,012	0,01	0	0,005	0,008	0	0,004
TiO ₂	0,091	0,802	1,296	0,062	0,067	0,059	0,077
FeO	10,644	3,779	3,972	9,411	9,311	9,441	15,543
MnO	0,259	0,099	0,141	0,159	0,176	0,069	0,055
NiO	0,007	0,033	0,006	0	0,017	0	0
Cl	0,013	0,042	0,067	0,019	0,025	0,013	0,005
ZnO	0,074	0	0	0	0,019	0	0
BaO	0,004	0,005	0,062	0,036	0,049	0,092	0,03
F	0,122	2,272	2,136	0,108	0,168	0,256	0,116
V ₂ O ₃	0,051	0,012	0,052	0,01	0,059	0,026	0
Total	97,232	99,599	98,608	97,62	96,992	97,638	96,892
Comment	BH2_3	BH2_3	BH2_3	BH2_3	BH2_3	BH2_3	BV 1_16

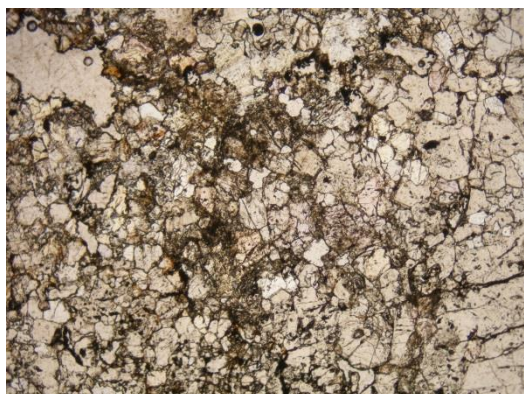
Tabulka 6: Přepočtená data na 12,5 atomů kyslíku z tabulky 5 Výsledky z WDX analýzy - Epidot

Na 12,5 O ₂	13 / 1 .	14 / 1 .	15 / 1 .	16 / 1 .	17 / 1 .	18 / 1 .	70 / 1 .
Na ⁺	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0
Si ⁴⁺	3,07	3,05	3,06	3,07	3,08	3,07	3,13
Al ³⁺	2,35	1,64	1,61	2,41	2,4	2,4	2,03
Mg ²⁺	0,01	0,3	0,29	0	0	0	0
Cr ³⁺	0	0	0	0	0,01	0	0
P ⁵⁺	0,01	0	0	0	0	0	0
Ca ²⁺	2,04	3,24	3,2	2,07	2,05	2,09	2,1
K ⁺	0	0	0	0	0	0	0
Ti ⁴⁺	0,01	0,05	0,08	0	0	0	0
Fe ³⁺	0,73	0,26	0,28	0,64	0,63	0,64	1,09
Mn ²⁺	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0
Ni ²⁺	0	0	0	0	0	0	0
Cl ⁻	0	0,01	0,01	0	0	0	0
Zn ²⁺	0	0	0	0	0	0	0
Ba ²⁺	0	0	0	0	0	0	0
F ⁻	0,03	0,6	0,57	0,03	0,04	0,07	0,03
V ⁵⁺	0	0	0	0	0	0	0
total	8,28	9,17	9,12	8,24	8,23	8,28	8,38
Comment	BH2_3	BH2_3	BH2_3	BH2_3	BH2_3	BH2_3	BV 1_16
% Obsah pistacit x klinocoizit	63,48	22,61	24,35	55,65	54,78	55,65	94,78

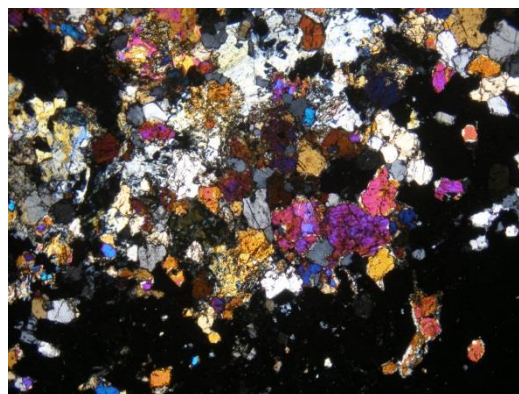
Graf 3: Na grafu tři mám vyneseny analyzované epidoty z lokality Boží hora až na vzorek 70/1 který pochází z Borového vrchu – na ose X jsou znázorněny v jednotlivých blocích vzorky a jako podsložkou jsou znázorněny obsahy kationtů – jejichž množství je vyneseno na ose Y



Obr. 14: Výbrus z lokality Boží hora v PPL, šíře snímku 0,8 mm (foto Jakub Vylíčil).



Obr. 15: Výbrus z lokality Boží hora v PPL, šíře snímku 0,8 mm (foto Jakub Vylíčil).



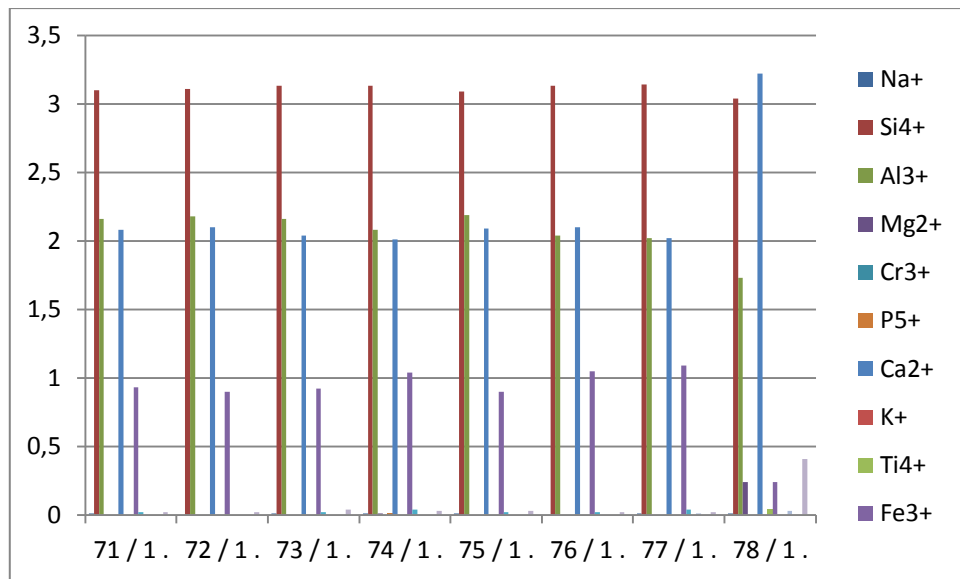
Tabulka 7: Výsledky z WDX analýzy - Epidot

DataSet/Point	71 / 1 .	72 / 1 .	73 / 1 .	74 / 1 .	75 / 1 .	76 / 1 .	77 / 1 .	78 / 1 .
Na ₂ O	0,037	0,021	0,036	0,038	0,045	0,006	0,08	0,074
SiO ₂	37,745	37,67	37,738	37,152	37,308	37,188	37,219	36,671
Al ₂ O ₃	22,314	22,393	22,092	20,893	22,43	20,638	20,267	17,689
MgO	0,013	0	0	0,041	0,015	0,009	0,03	1,94
Cr ₂ O ₃	0,039	0	0	0	0,021	0,016	0,021	0,032
P ₂ O ₅	0,009	0,021	0	0,095	0,033	0,033	0,065	0,042
CaO	23,891	24,109	23,271	22,587	23,89	23,597	22,614	36,644
K ₂ O	0,001	0,026	0,021	0,024	0,034	0,007	0,004	0,016
TiO ₂	0,046	0,01	0,002	0,019	0,014	0,046	0,011	0,704
FeO	13,466	12,994	13,264	14,803	13,017	14,901	15,501	3,427
MnO	0,331	0,019	0,333	0,496	0,296	0,224	0,563	0,053
NiO	0	0,013	0	0	0	0	0	0,006
Cl	0,019	0,023	0,008	0,017	0,024	0,007	0,048	0,209
ZnO	0,06	0,023	0	0	0	0	0	0,076
BaO	0,048	0,018	0,003	0,061	0	0	0,031	0,076
F	0,094	0,082	0,139	0,099	0,106	0,074	0,074	1,558
V ₂ O ₃	0,039	0	0,007	0,011	0,008	0,018	0,034	0
Total	98,152	97,422	96,912	96,335	97,241	96,766	96,563	99,217
Comment	BV 1_16	BV 1_16	BV 1_16	BV 1_16	BV 1_16	BV 1_16	BV 1_16	BV 1_16

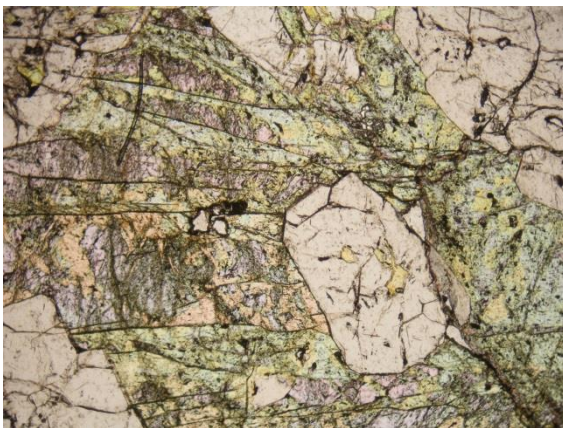
Tabulka 8: Přepočtená data na 12,5 atomů kyslíku z tabulky 7 Výsledky z WDX analýzy - Epidot

Na 12,5 O ₂	71 / 1 .	72 / 1 .	73 / 1 .	74 / 1 .	75 / 1 .	76 / 1 .	77 / 1 .	78 / 1 .
Na ⁺	0,01	0	0,01	0,01	0,01	0	0,01	0,01
Si ⁴⁺	3,1	3,11	3,13	3,13	3,09	3,13	3,14	3,04
Al ³⁺	2,16	2,18	2,16	2,08	2,19	2,04	2,02	1,73
Mg ²⁺	0	0	0	0,01	0	0	0	0,24
Cr ³⁺	0	0	0	0	0	0	0	0
P ⁵⁺	0	0	0	0,01	0	0	0	0
Ca ²⁺	2,08	2,1	2,04	2,01	2,09	2,1	2,02	3,22
K ⁺	0	0	0	0	0	0	0	0
Ti ⁴⁺	0	0	0	0	0	0	0	0,04
Fe ³⁺	0,93	0,9	0,92	1,04	0,9	1,05	1,09	0,24
Mn ²⁺	0,02	0	0,02	0,04	0,02	0,02	0,04	0
Ni ²⁺	0	0	0	0	0	0	0	0
Cl ⁻	0	0	0	0	0	0	0,01	0,03
Zn ²⁺	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba ²⁺	0	0	0	0	0	0	0	0
F ⁻	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,41
V ⁵⁺	0	0	0	0	0	0	0	0
total	8,32	8,31	8,32	8,36	8,33	8,36	8,35	8,96
Comment	BV 1_16	BV 1_16	BV 1_16	BV 1_16	BV 1_16	BV 1_16	BV 1_16	BV 1_16
% Obsah pistacit x klinocoizit	80,87	78,26	80,00	90,43	78,26	91,30	94,78	20,87

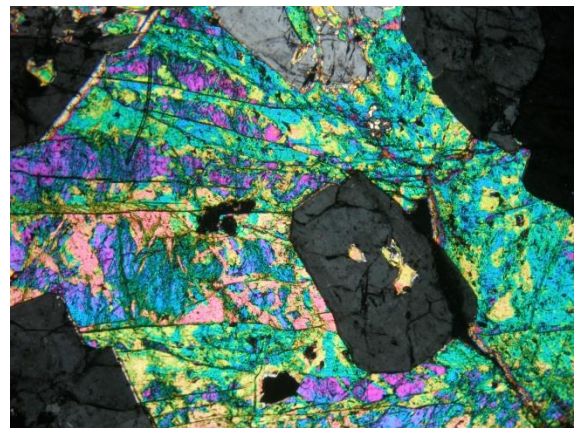
Graf 3: Na grafu tři mám vyneseny analyzované epidoty z lokality Borový vrch – na ose X jsou znázorněny v jednotlivých blocích vzorky a jako podložkou jsou znázorněny obsahy kationtů – jejichž množství je vyneseno na ose Y



Obr. 16: Výbrus z lokality Borový vrch v PPL, šíře snímku 0,8 mm (foto Jakub Vylíčil).



Obr. 17: Výbrus z lokality Borový vrch v XPL, šíře snímku 0,8 mm (foto Jakub Vylíčil).



Data získaná a prezentovaná v tabulkách a grafech jsou korelována s daty, které získal v předchozí práci Malec (2004). Závěry této části jsou popsány v diskuzi.

5.4 WDX data pro vesuvian

V následujících tabulkách jsou zpracovány informace získané z jednotlivých WDX analýz vesuvianu, všechna data byla standardně přepočítána na 50 kationtů dle práce Groat, Hawthorne et al. (1992). Označení jednotlivých analyzovaných vzorků značí v tabulce popisek comment.

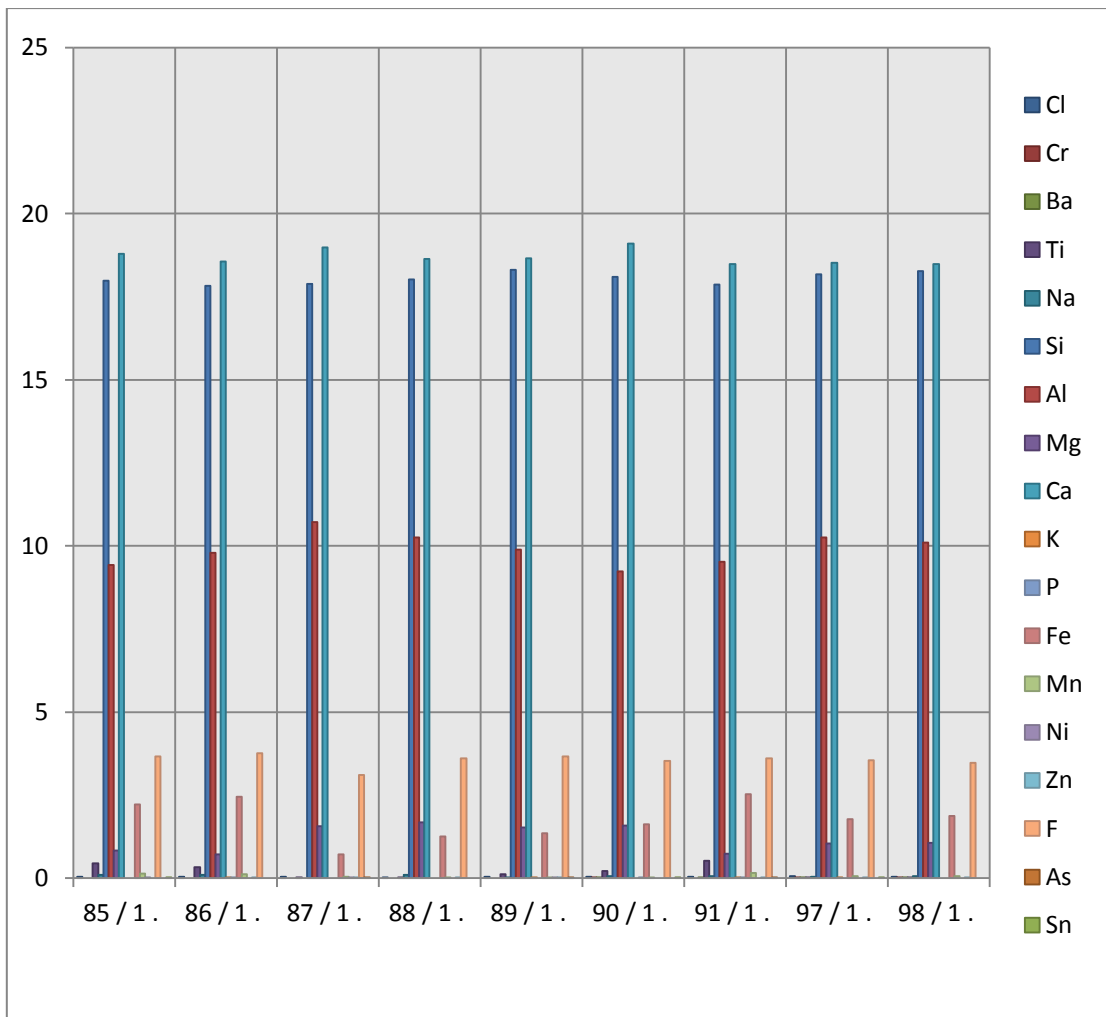
Tabulka 9: Výsledky z WDX analýzy - vesuvian

DataSet/Point	85 / 1 .	86 / 1 .	87 / 1 .	88 / 1 .	89 / 1 .	90 / 1 .	91 / 1 .	97 / 1 .	98 / 1 .
Cl	0,059	0,063	0,046	0,031	0,051	0,063	0,053	0,08	0,065
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0,011	0,002	0,071	0	0,045	0,016
BaO	0	0,007	0,026	0,024	0,007	0,032	0,176	0,066	0,09
TiO ₂	1,186	0,928	0,048	0,059	0,335	0,597	1,436	0,048	0,04
Na ₂ O	0,107	0,109	0	0,101	0,026	0,066	0,069	0,058	0,07
SiO ₂	36,87	36,323	37,3	36,681	37,429	37,065	36,172	37,342	37,165
Al ₂ O ₃	16,411	16,915	18,973	17,699	17,155	16,029	16,38	17,87	17,439
MgO	1,141	0,981	2,173	2,282	2,086	2,155	0,982	1,429	1,436
CaO	36,449	35,744	37,454	35,849	36,037	36,954	35,375	35,98	35,542
K ₂ O	0	0,014	0,004	0	0,014	0	0,029	0,015	0,002
P ₂ O ₅	0	0,013	0,008	0,005	0,01	0,056	0,037	0,004	0
FeO	5,48	6	1,793	3,034	3,319	3,969	6,121	4,368	4,561
MnO	0,343	0,287	0,091	0,03	0,066	0,051	0,391	0,181	0,135
NiO	0,044	0	0,026	0	0,014	0	0	0	0,01
ZnO	0,01	0,082	0,071	0,029	0,074	0	0,077	0,065	0,069
F	2,382	2,423	2,047	2,317	2,365	2,29	2,303	2,313	2,229
As ₂ O ₃	0,009	0	0,066	0	0,042	0	0,021	0	0
SnO	0,033	0,013	0	0	0,014	0,024	0,018	0,035	0,018
Total	100,526	99,902	100,126	98,152	99,042	99,422	99,639	99,901	98,888
Comment	STP3 E	STP3 E	STP3 F	STP3 F	STP3 F	STP3 F	STP3 F	STP2 C	STP2 C

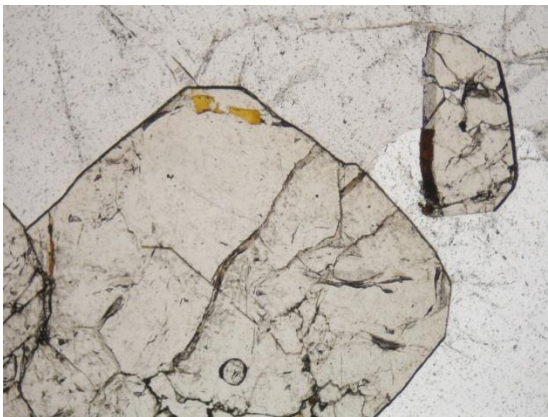
Tabulka 10: přepočtená data na 50 kationtů z tabulky 9 výsledky z WDX – vesuvian

DataSet/Point	85 / 1 .	86 / 1 .	87 / 1 .	88 / 1 .	89 / 1 .	90 / 1 .	91 / 1 .	97 / 1 .	98 / 1 .
Cl⁻	0,05	0,05	0,04	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,05
Cr³⁺	0	0	0	0	0	0,03	0	0,02	0,01
Ba²⁺	0	0	0	0	0	0,01	0,03	0,01	0,02
Ti⁴⁺	0,44	0,34	0,02	0,02	0,12	0,22	0,53	0,02	0,01
Na⁺	0,1	0,1	0	0,1	0,02	0,06	0,07	0,05	0,07
Si⁴⁺	17,98	17,84	17,88	18,03	18,32	18,11	17,86	18,18	18,28
Al³⁺	9,43	9,79	10,72	10,25	9,89	9,23	9,53	10,25	10,11
Mg²⁺	0,84	0,72	1,56	1,68	1,53	1,58	0,73	1,04	1,06
Ca²⁺	18,8	18,57	18,99	18,64	18,66	19,1	18,48	18,53	18,49
K⁺	0	0,01	0	0	0,01	0	0,02	0,01	0
P⁵⁺	0	0,01	0	0	0	0,02	0,02	0	0
Fe²⁺	2,23	2,46	0,72	1,25	1,36	1,62	2,53	1,78	1,88
Mn²⁺	0,14	0,12	0,04	0,01	0,03	0,02	0,16	0,07	0,06
Ni²⁺	0,02	0	0,01	0	0,01	0	0	0	0
Zn²⁺	0	0,03	0,03	0,01	0,03	0	0,03	0,02	0,03
F⁻	3,67	3,76	3,1	3,6	3,66	3,54	3,6	3,56	3,47
As⁵⁺	0	0	0,02	0	0,01	0	0,01	0	0
Sn²⁺	0,01	0	0	0	0	0,01	0	0,01	0
O²⁻	73,09	73,03	73,27	73,13	73,39	72,96	73,15	73,3	73,31

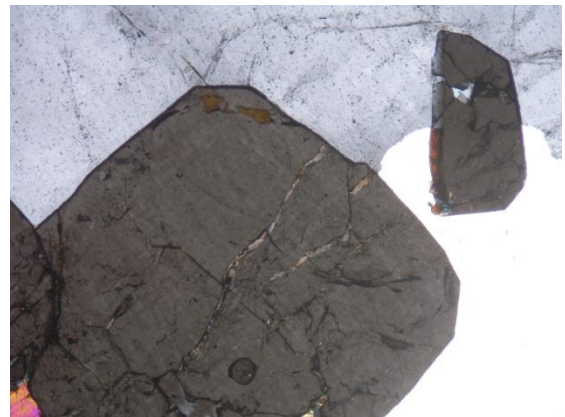
Graf 4: Na grafu čtyři mám vyneseny analyzované vesuviány z lokality Staré Podhradí – na ose X jsou znázorněny v jednotlivých blocích vzorky a jako podsložkou jsou znázorněny obsahy kationtů / aniontů – jejichž množství je vyneseno na ose Y



Obr. 18: Výbrus z lokality Staré Podhradí v PPL, šíře snímku 0,8 mm (foto Jakub Vylíčil).



Obr. 19: Výbrus z lokality Staré Podhradí v XPL, šíře snímku 0,8 mm (foto Jakub Vylíčil).



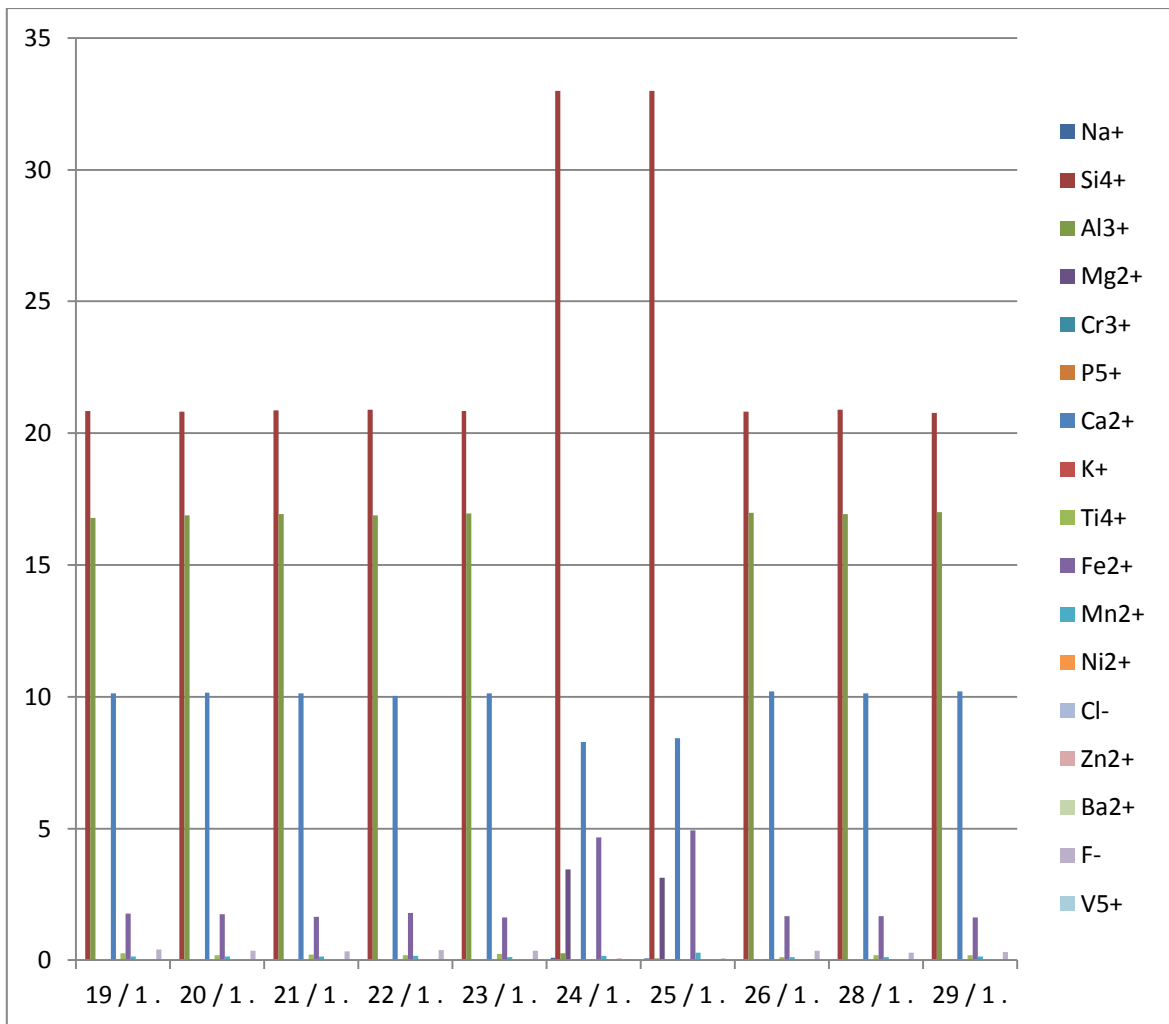
Tabulka 11: Výsledky z WDX analýzy - vesuvian

DataSet/Point	19 / 1 .	20 / 1 .	21 / 1 .	22 / 1 .	23 / 1 .	24 / 1 .	25 / 1 .	26 / 1 .	28 / 1 .	29 / 1 .
Na ₂ O	0,019	0,022	0,038	0,044	0,029	0,152	0,111	0,023	0,031	0,029
SiO ₂	38,238	38,649	38,578	38,591	38,54	51,206	50,463	38,836	38,717	38,508
Al ₂ O ₃	17,429	17,748	17,71	17,656	17,73	0,231	0,067	17,913	17,753	17,831
MgO	0,034	0,026	0,018	0,058	0,035	7,109	6,347	0,028	0,024	0,033
Cr ₂ O ₃	0	0	0,006	0	0,012	0	0,013	0,006	0,002	0
P ₂ O ₅	0,015	0,023	0,023	0	0,025	0,018	0,005	0,031	0	0,023
CaO	35,104	35,676	35,434	35,056	35,376	24,267	24,351	36,008	35,509	35,781
K ₂ O	0,02	0	0	0,006	0	0	0,024	0,001	0	0,004
TiO ₂	0,63	0,466	0,515	0,447	0,564	0,02	0,023	0,316	0,432	0,455
FeO	7,778	7,72	7,362	7,899	7,205	17,32	18,036	7,436	7,388	7,184
MnO	0,671	0,606	0,595	0,692	0,571	0,578	1,001	0,571	0,563	0,601
NiO	0,002	0	0	0	0	0,04	0,047	0,038	0,024	0,001
Cl	0,001	0	0,016	0,01	0,001	0,014	0,015	0,004	0,013	0
ZnO	0,006	0,029	0	0	0	0,254	0,11	0,023	0,032	0,006
BaO	0	0,031	0,059	0,069	0	0,008	0	0,002	0	0,06
F	0,462	0,438	0,381	0,457	0,437	0,046	0,067	0,418	0,345	0,368
V ₂ O ₃	0,015	0,022	0,02	0,023	0,042	0,018	0,028	0	0,018	0,013
Total	100,42 4	101,45 4	100,75 5	101,01 2	100,56 5	101,28 2	100,70 7	101,65 2	100,85 1	100,89 8
Comment	BH 1_20	BH 1_20	BH 1_20	BH 1_20	BH 1_20	BH 1_20	BH 1_20	BH 1_20	BH 1_20	BH 1_20

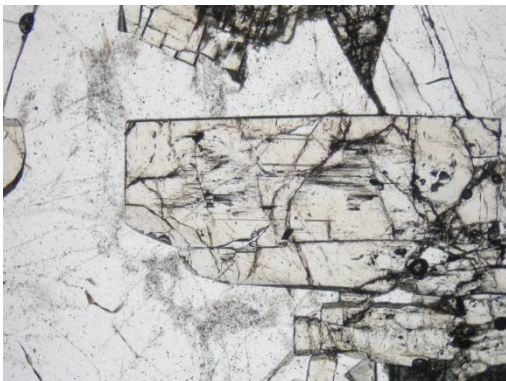
Tabulka 12: přepočtená data na 50 kationtů z tabulky 11 výsledky z WDX – vesuvian

DataSet/Point	19 / 1 .	20 / 1 .	21 / 1 .	22 / 1 .	23 / 1 .	24 / 1 .	25 / 1 .	26 / 1 .	28 / 1 .	29 / 1 .
Na ⁺	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,09	0,07	0,01	0,02	0,02
Si ⁴⁺	20,84	20,81	20,86	20,88	20,85	32,99	33	20,82	20,9	20,77
Al ³⁺	16,79	16,89	16,93	16,89	16,95	0,26	0,08	16,97	16,94	17
Mg ²⁺	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	3,44	3,12	0,01	0,01	0,01
Cr ³⁺	0	0	0	0	0,01	0	0,01	0	0	0
P ⁵⁺	0,02	0,03	0,03	0	0,03	0,02	0,01	0,04	0	0,03
Ca ²⁺	10,12	10,16	10,13	10,03	10,12	8,27	8,42	10,21	10,14	10,21
K ⁺	0,01	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0
Ti ⁴⁺	0,26	0,19	0,21	0,18	0,23	0,01	0,01	0,13	0,18	0,18
Fe ²⁺	1,77	1,74	1,66	1,79	1,63	4,67	4,93	1,67	1,67	1,62
Mn ²⁺	0,15	0,14	0,14	0,16	0,13	0,16	0,28	0,13	0,13	0,14
Ni ²⁺	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0
Cl ⁻	0	0	0,01	0	0	0,01	0,01	0	0,01	0
Zn ²⁺	0	0,01	0	0	0	0,06	0,03	0	0,01	0
Ba ²⁺	0	0	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0,01
F	0,4	0,37	0,33	0,39	0,37	0,05	0,07	0,35	0,29	0,31
V ⁵⁺	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0	0,01	0,01
O ²⁻	73,09	73,09	73,27	73,13	73,39	72,96	73,15	73,30	73,31	73,29
Comment	BH 1_20	BH 1_20	BH 1_20	BH 1_20	BH 1_20	BH 1_20	BH 1_20	BH 1_20	BH 1_20	BH 1_20

Graf 5: Na grafu pět mám vyneseny analyzované vesuviany z lokality Boží hora – na ose X jsou znázorněny v jednotlivých blocích vzorky a jako podsložkou jsou znázorněny obsahy kationtů / aniontů – jejichž množství je vyneseno na ose Y



Obr. 20: Výbrus z lokality Boží hora v PPL, šíře snímku 0,8 mm (foto Jakub Vylíčil).



Obr. 21: Výbrus z lokality Boží hora v XPL, šíře snímku 0,8 mm (foto Jakub Vylíčil).



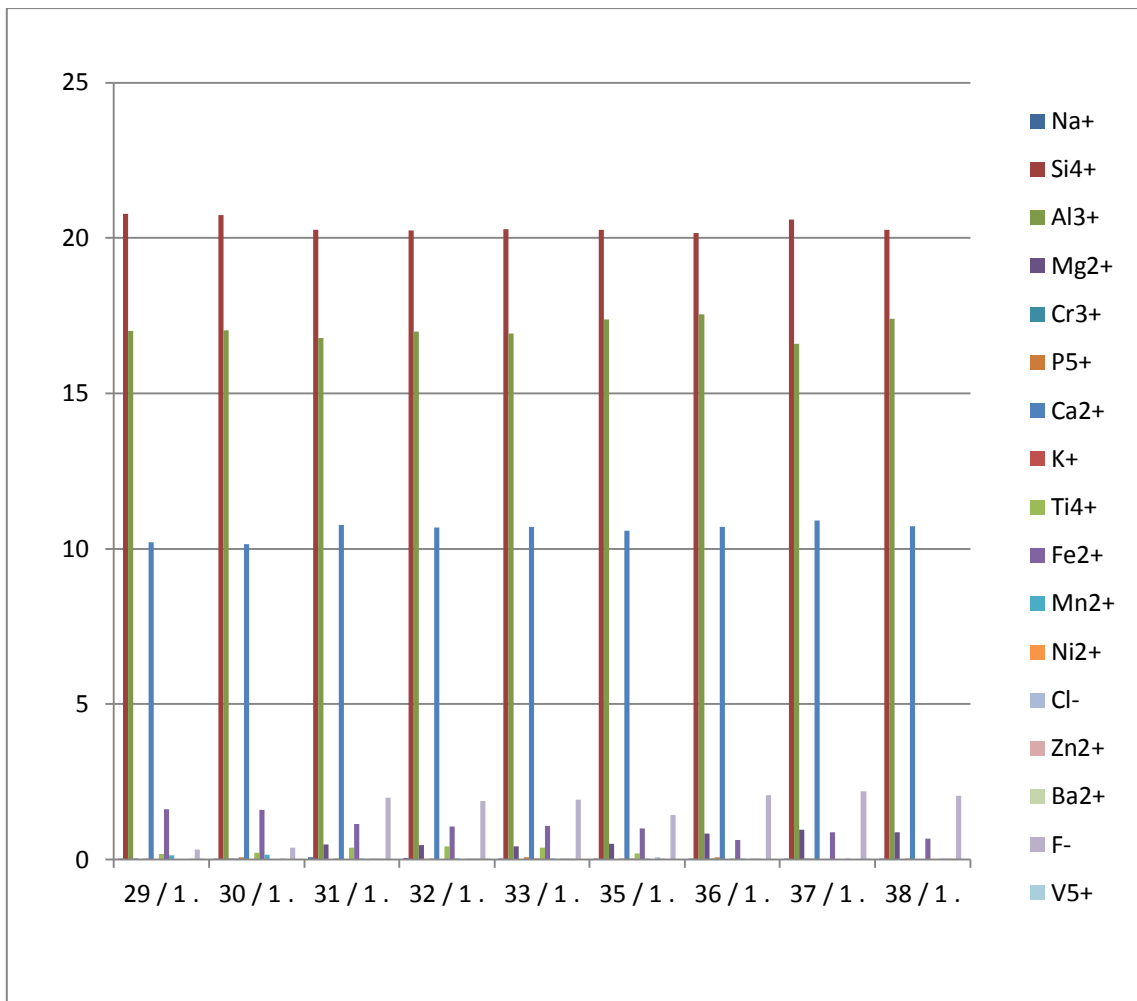
Tabulka 13: Výsledky z WDX analýzy - vesuvian

DataSet/Point	29 / 1 .	30 / 1 .	31 / 1 .	32 / 1 .	33 / 1 .	35 / 1 .	36 / 1 .	37 / 1 .	38 / 1 .
Na ₂ O	0,029	0,043	0,129	0,11	0,06	0,047	0,035	0,037	0,04
SiO ₂	38,508	38,556	36,38	36,517	36,383	36,643	37,247	36,904	37,085
Al ₂ O ₃	17,831	17,911	17,056	17,324	17,18	17,78	18,338	16,824	18,034
MgO	0,033	0,045	1,153	1,102	1,032	1,22	2,053	2,267	2,118
Cr ₂ O ₃	0	0,008	0	0	0	0,004	0,027	0,042	0,007
P ₂ O ₅	0,023	0,058	0,037	0,028	0,07	0,007	0,068	0,007	0,019
CaO	35,781	35,711	36,556	36,466	36,3	36,188	37,381	36,929	37,138
K ₂ O	0,004	0,013	0,008	0,009	0,017	0,026	0,008	0,004	0,014
TiO ₂	0,455	0,547	0,905	1,022	0,927	0,463	0,015	0,011	0,003
FeO	7,184	7,074	4,883	4,541	4,657	4,328	2,749	3,764	2,871
MnO	0,601	0,643	0,129	0,101	0,15	0,125	0,027	0,006	0,015
NiO	0,001	0,005	0,003	0,015	0	0	0	0	0,013
Cl	0	0	0,039	0,047	0,037	0,164	0,048	0,062	0,077
ZnO	0,006	0,061	0,146	0,07	0,06	0,032	0,085	0	0,04
BaO	0,06	0,041	0,148	0,067	0,08	0	0	0	0,057
F	0,368	0,448	2,255	2,156	2,186	1,638	2,422	2,487	2,366
V ₂ O ₃	0,013	0	0	0,013	0,007	0	0	0,013	0,002
Total	100,898	101,164	99,826	99,589	99,145	98,666	100,502	99,358	99,898
Comment	BH 1_20	BH 1_20	BH 1_1	BH 1_1	BH 1_1	BH 1_1	BH 1_1	BH 1_1	BH 1_1

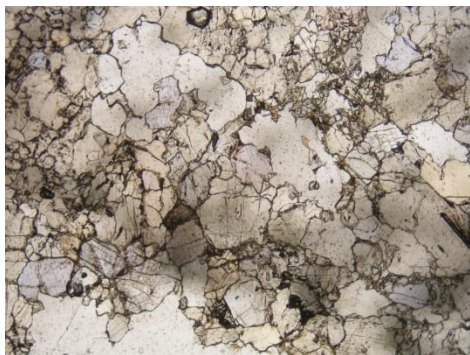
Tabulka 14: přepočtená data na 50 kationtů z tabulky 13 Výsledky z WDX-vesuvian

DataSet/Point	29 / 1 .	30 / 1 .	31 / 1 .	32 / 1 .	33 / 1 .	35 / 1 .	36 / 1 .	37 / 1 .	38 / 1 .
Na ⁺	0,02	0,02	0,07	0,06	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
Si ⁴⁺	20,77	20,73	20,26	20,24	20,28	20,26	20,16	20,6	20,26
Al ³⁺	17	17,02	16,79	16,98	16,93	17,38	17,54	16,6	17,41
Mg ²⁺	0,01	0,02	0,48	0,46	0,43	0,51	0,83	0,95	0,87
Cr ³⁺	0	0,01	0	0	0	0	0,02	0,03	0
P ⁵⁺	0,03	0,07	0,04	0,03	0,08	0,01	0,08	0,01	0,02
Ca ²⁺	10,21	10,15	10,76	10,69	10,7	10,58	10,7	10,9	10,73
K ⁺	0	0	0	0	0,01	0,01	0	0	0
Ti ⁴⁺	0,18	0,22	0,38	0,43	0,39	0,19	0,01	0	0
Fe ²⁺	1,62	1,59	1,14	1,05	1,09	1	0,62	0,88	0,66
Mn ²⁺	0,14	0,15	0,03	0,02	0,04	0,03	0,01	0	0
Ni ²⁺	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cl ⁻	0	0	0,02	0,02	0,02	0,08	0,02	0,03	0,04
Zn ²⁺	0	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0	0,01
Ba ²⁺	0,01	0	0,02	0,01	0,01	0	0	0	0,01
F ⁻	0,31	0,38	1,99	1,89	1,93	1,43	2,07	2,19	2,04
V ⁵⁺	0,01	0	0	0,01	0	0	0	0,01	0
O ²⁻	73,29	73,31	73,33	73,35	73,37	73,39	73,42	73,44	73,46
Comment	BH 1_20	BH 1_20	BH 1_1	BH 1_1	BH 1_1	BH 1_1	BH 1_1	BH 1_1	BH 1_1

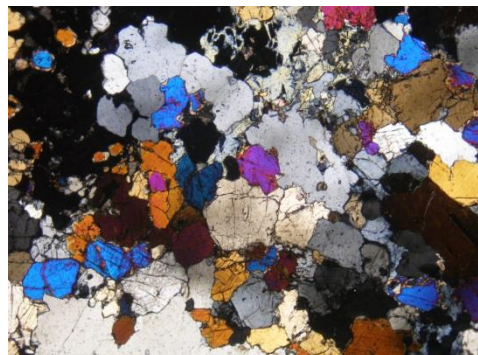
Graf 6: Na grafu šest mám vyneseny analyzované vesuviany z lokality Boží hora – na ose X jsou znázorněny v jednotlivých blocích vzorky a jako podsložkou jsou znázorněny obsahy kationtů / aniontů – jejichž množství je vyneseno na ose Y



Obr. 22: Výbrus z lokality Boží hora v PPL, šíře snímku 0,8 mm (foto Jakub Vylíčil).



Obr. 23: Výbrus z lokality Boží hora v XPL, šíře snímku 0,8 mm (foto Jakub Vylíčil).



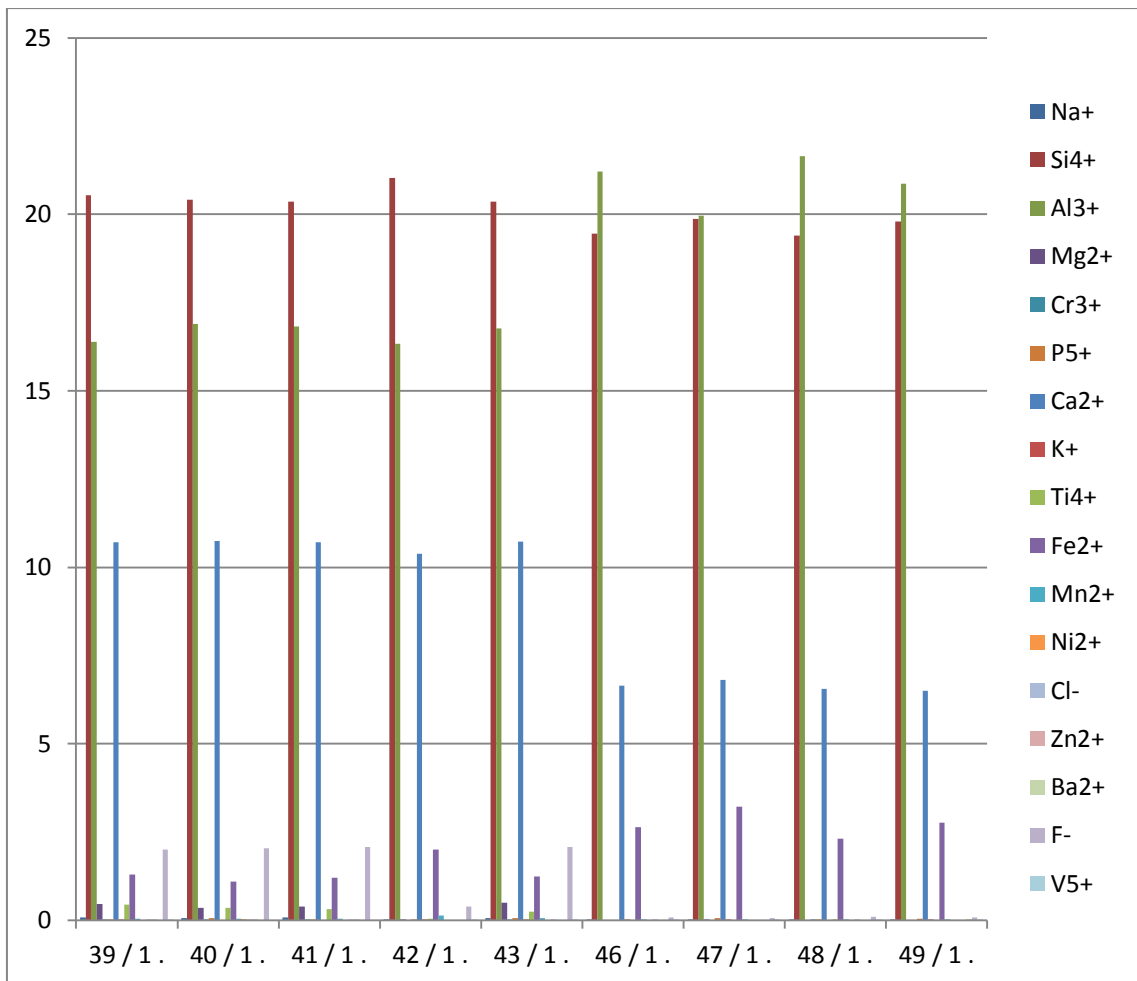
Tabulka 15: Výsledky z WDX analýzy – vesuvian

DataSet/Point	39 / 1 .	40 / 1 .	41 / 1 .	42 / 1 .	43 / 1 .	46 / 1 .	47 / 1 .	48 / 1 .	49 / 1 .
Na ₂ O	0,123	0,104	0,141	0,029	0,117	0,026	0,053	0,025	0,031
SiO ₂	36,625	36,661	36,187	38,022	36,286	37,191	37,184	37,999	37,698
Al ₂ O ₃	16,526	17,149	16,927	16,698	16,915	22,946	21,129	23,991	22,476
MgO	1,097	0,838	0,918	0,019	1,155	0,011	0,027	0,01	0
Cr ₂ O ₃	0,011	0,016	0,021	0	0,013	0	0,007	0,018	0
P ₂ O ₅	0,021	0,04	0,029	0,029	0,041	0	0,044	0,011	0,039
CaO	36,065	36,447	35,996	35,526	36,167	24,056	24,099	24,26	23,414
K ₂ O	0,019	0,001	0,01	0,024	0,018	0,019	0,02	0	0,017
TiO ₂	1,021	0,807	0,757	0,092	0,561	0	0,003	0,068	0
FeO	5,488	4,669	5,106	8,645	5,278	12,053	14,391	10,792	12,575
MnO	0,187	0,19	0,178	0,565	0,191	0,03	0,095	0,11	0,035
NiO	0	0,033	0	0,001	0	0,006	0	0,005	0,02
Cl	0,053	0,036	0,024	0	0,036	0,012	0,008	0,016	0,001
ZnO	0,092	0,038	0,082	0	0	0	0,02	0,007	0
BaO	0	0	0,032	0	0	0,019	0,023	0	0,055
F	2,251	2,3	2,327	0,436	2,343	0,083	0,063	0,125	0,097
V ₂ O ₃	0,017	0	0	0,022	0,01	0,013	0,034	0,025	0,02
Total	99,595	99,33	98,736	100,109	99,131	96,466	97,2	97,462	96,479
Comment	BV 1_20	BV 1_20	BV 1_20	BV 1_20	BV 1_20	BV 1_6	BV 1_6	BV 1_6	BV 1_6

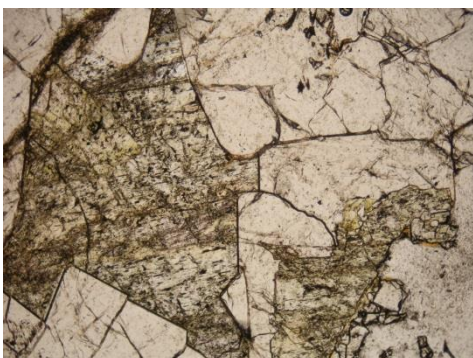
Tabulka 16: přepočtená data na 50 kationtů z tabulky 15 výsledky z WDX–vesuvian

DataSet/Point	39 / 1 .	40 / 1 .	41 / 1 .	42 / 1 .	43 / 1 .	46 / 1 .	47 / 1 .	48 / 1 .	49 / 1 .
Na ⁺	0,07	0,06	0,08	0,02	0,06	0,01	0,03	0,01	0,02
Si ⁴⁺	20,55	20,42	20,36	21,03	20,36	19,45	19,87	19,4	19,79
Al ³⁺	16,39	16,89	16,83	16,33	16,77	21,22	19,96	21,65	20,86
Mg ²⁺	0,46	0,35	0,39	0,01	0,49	0	0,01	0	0
Cr ³⁺	0,01	0,01	0,01	0	0,01	0	0	0,01	0
P ⁵⁺	0,02	0,05	0,03	0,03	0,05	0	0,05	0,01	0,04
Ca ²⁺	10,7	10,74	10,71	10,39	10,73	6,65	6,81	6,55	6,5
K ⁺	0,01	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,01
Ti ⁴⁺	0,43	0,34	0,32	0,04	0,24	0	0	0,03	0
Fe ²⁺	1,29	1,09	1,2	2	1,24	2,64	3,21	2,3	2,76
Mn ²⁺	0,04	0,04	0,04	0,13	0,05	0,01	0,02	0,02	0,01
Ni ²⁺	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0
Cl ⁻	0,03	0,02	0,01	0	0,02	0,01	0	0,01	0
Zn ²⁺	0,02	0,01	0,02	0	0	0	0	0	0
Ba ²⁺	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
F ⁻	2	2,03	2,07	0,38	2,08	0,07	0,05	0,1	0,08
V ⁵⁺	0,01	0	0	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
O ²⁻	73,48	73,50	73,52	73,54	73,57	73,59	73,61	73,63	73,65
Comment	BV 1_20	BV 1_20	BV 1_20	BV 1_20	BV 1_20	BV 1_6	BV 1_6	BV 1_6	BV 1_6

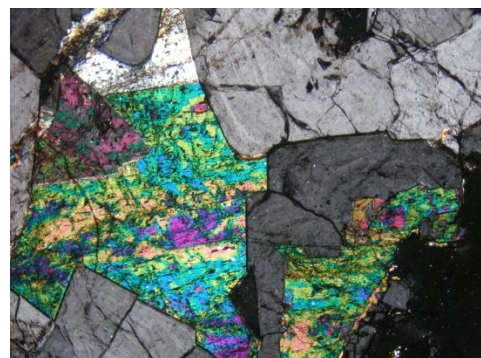
Graf 7: Na grafu sedm mám vyneseny analyzované vesuviany z lokality Borový vrch – na ose X jsou znázorněny v jednotlivých blocích vzorky a jako podložkou jsou znázorněny obsahy kationtů / aniontů – jejichž množství je vyneseno na ose Y



Obr. 24: Výbrus z lokality Borový vrch v PPL, šíře snímku 0,8 mm (foto Jakub Vylíčil).



Obr. 25: Výbrus z lokality Borový vrch v XPL, šíře snímku 0,8 mm (foto Jakub Vylíčil).



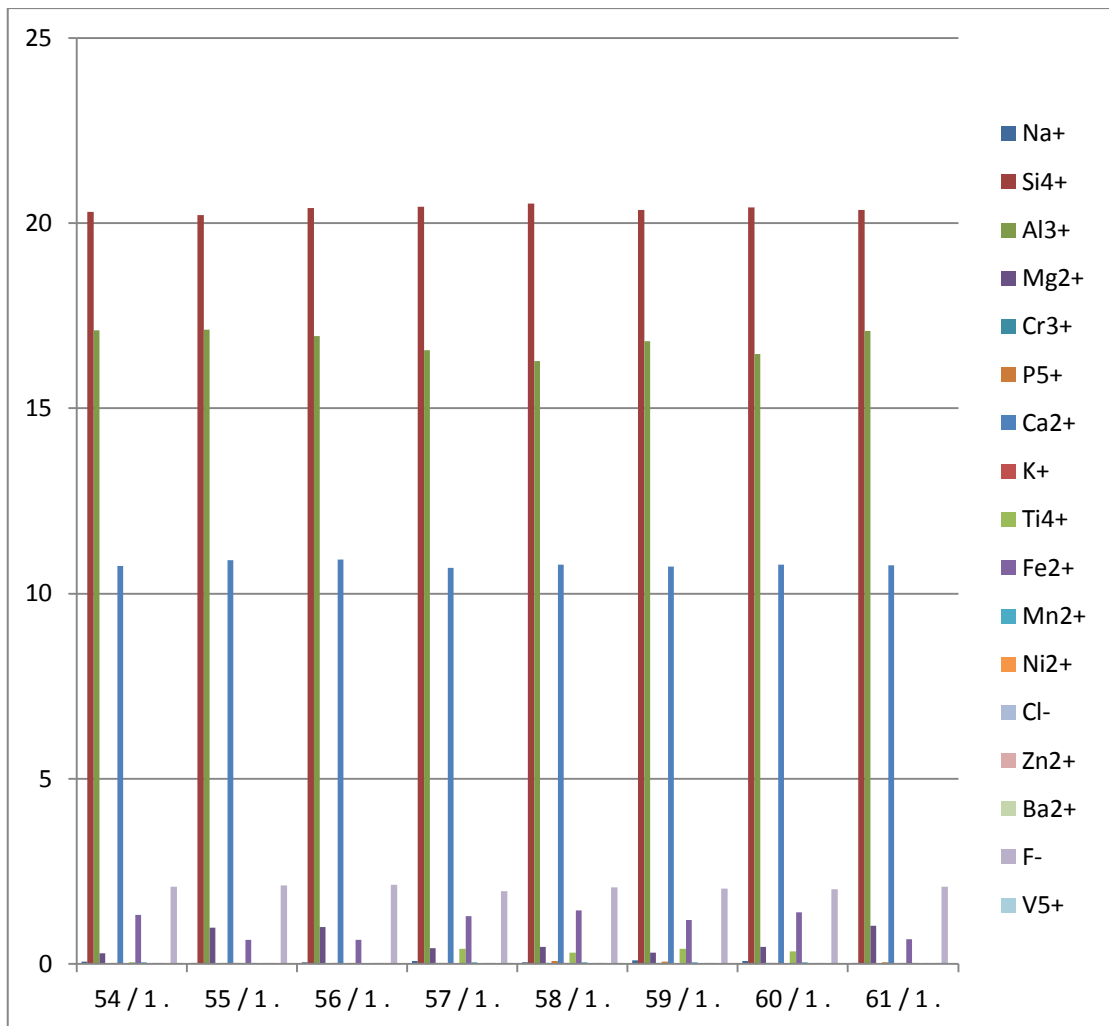
Tabulka 17: Výsledky z WDX analýzy - vesuvian

DataSet/Point	54 / 1 .	55 / 1 .	56 / 1 .	57 / 1 .	58 / 1 .	59 / 1 .	60 / 1 .	61 / 1 .
Na ₂ O	0,115	0,062	0,077	0,143	0,087	0,168	0,12	0,03
SiO ₂	36,458	36,839	36,814	36,446	36,171	36,593	36,359	36,496
Al ₂ O ₃	17,381	17,652	17,308	16,71	16,226	17,095	16,578	17,322
MgO	0,665	2,37	2,387	1,022	1,052	0,736	1,076	2,431
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0,008	0,022	0,023	0,02	0
P ₂ O ₅	0,029	0,017	0,018	0,016	0,066	0,05	0,012	0,04
CaO	36,499	37,538	37,253	36,053	35,934	36,468	36,256	36,467
K ₂ O	0	0,019	0	0,007	0,023	0,004	0	0,013
TiO ₂	0,111	0,067	0,064	0,953	0,719	0,953	0,813	0,03
FeO	5,731	2,828	2,749	5,476	6,097	5,092	5,905	2,884
MnO	0,225	0,023	0,001	0,212	0,205	0,153	0,199	0,04
NiO	0,001	0,009	0,011	0	0	0	0,025	0
Cl	0,036	0,032	0,035	0,051	0,055	0,041	0,042	0,039
ZnO	0,036	0,17	0,045	0,025	0,042	0,047	0,054	0,004
BaO	0,043	0,046	0,075	0,008	0	0	0	0,083
F	2,366	2,427	2,442	2,206	2,301	2,306	2,276	2,362
V ₂ O ₃	0,015	0	0	0,028	0,027	0	0	0
Total	99,711	100,099	99,279	99,364	99,026	99,727	99,735	98,242
Comment	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42

Tabulka 18: přepočtená data na 50 kationtů z tabulky 17 výsledky z WDX-vesuvian

DataSet/Point	54 / 1 .	55 / 1 .	56 / 1 .	57 / 1 .	58 / 1 .	59 / 1 .	60 / 1 .	61 / 1 .
Na ⁺	0,06	0,03	0,04	0,08	0,05	0,09	0,07	0,02
Si ⁴⁺	20,31	20,22	20,4	20,44	20,52	20,36	20,42	20,36
Al ³⁺	17,11	17,13	16,95	16,57	16,27	16,81	16,46	17,08
Mg ²⁺	0,28	0,98	0,99	0,43	0,45	0,31	0,45	1,02
Cr ³⁺	0	0	0	0,01	0,01	0,02	0,01	0
P ⁵⁺	0,03	0,02	0,02	0,02	0,08	0,06	0,01	0,05
Ca ²⁺	10,75	10,9	10,92	10,69	10,78	10,73	10,77	10,76
K ⁺	0	0,01	0	0	0,01	0	0	0
Ti ⁴⁺	0,05	0,03	0,03	0,4	0,31	0,4	0,34	0,01
Fe ²⁺	1,33	0,65	0,64	1,28	1,45	1,18	1,39	0,67
Mn ²⁺	0,05	0,01	0	0,05	0,05	0,04	0,05	0,01
Ni ²⁺	0	0	0	0	0	0	0,01	0
Cl ⁻	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
Zn ²⁺	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0
Ba ²⁺	0	0	0,01	0	0	0	0	0,01
F ⁻	2,08	2,11	2,14	1,96	2,06	2,03	2,02	2,08
V ⁵⁺	0,01	0	0	0,02	0,02	0	0	0
O ²⁻	73,67	73,69	73,71	73,74	73,76	73,78	73,80	73,82
Comment	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42

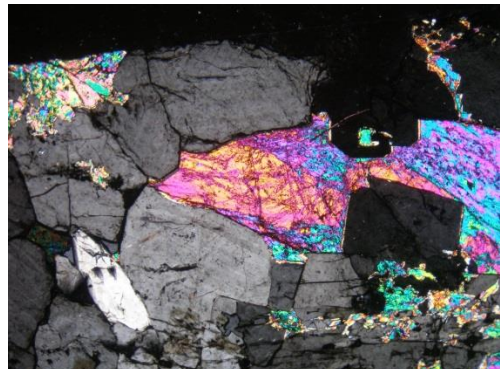
Graf 8: Na grafu osm mám vyneseny analyzované vesuviány z lokality Borový vrch – na ose X jsou znázorněny v jednotlivých blocích vzorky a jako podložkou jsou znázorněny obsahy kationtů / aniontů – jejichž množství je vyneseno na ose Y



Obr. 26: Výbrus z lokality Borový vrch v PPL, šíře snímku 0,8 mm (foto Jakub Vylíčil).



Obr. 27: Výbrus z lokality Borový vrch v XPL, šíře snímku 0,8 mm (foto Jakub Vylíčil).



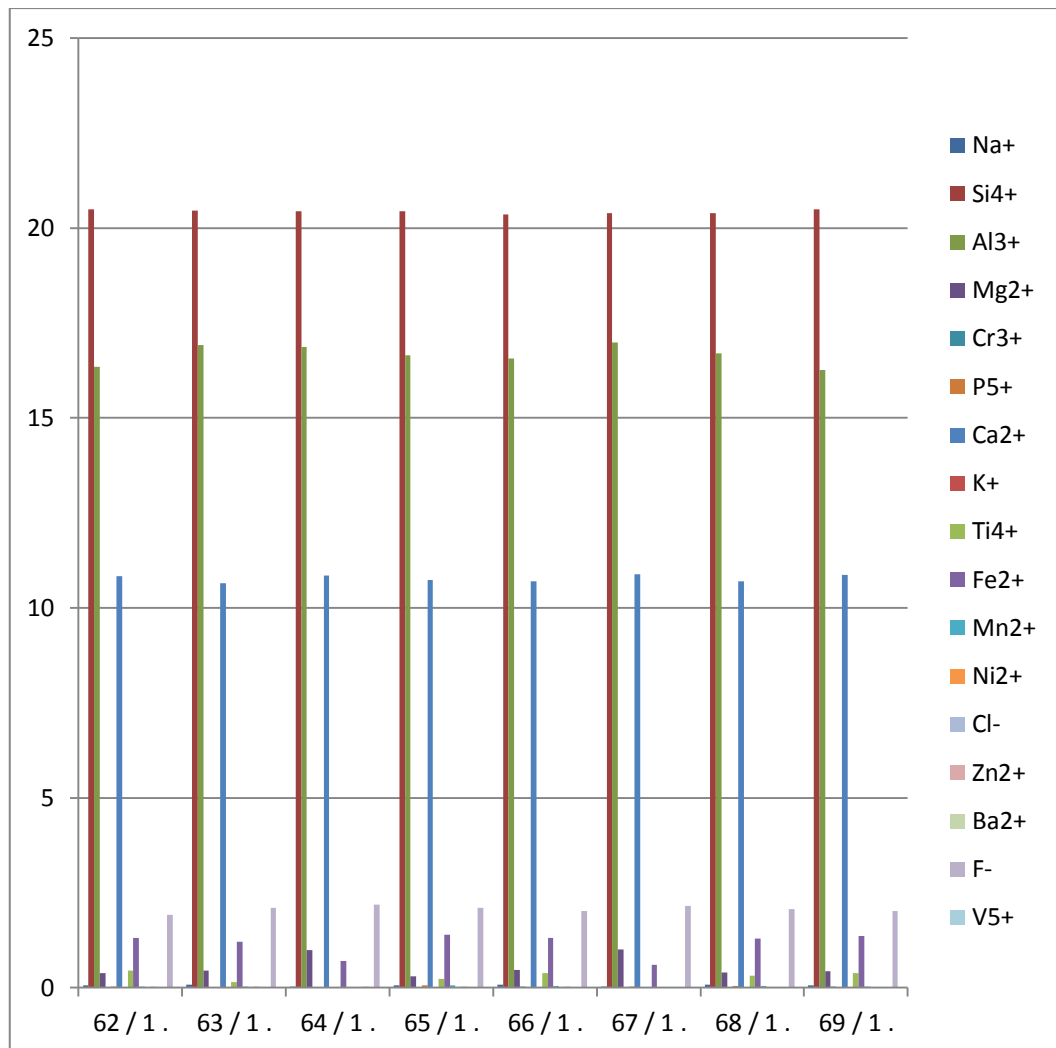
Tabulka 19: Výsledky z WDX analýzy - vesuvian

DataSet/Point	62 / 1 .	63 / 1 .	64 / 1 .	65 / 1 .	66 / 1 .	67 / 1 .	68 / 1 .	69 / 1 .
Na ₂ O	0,127	0,161	0,064	0,123	0,156	0,058	0,14	0,114
SiO ₂	36,176	36,355	36,822	36,313	36,402	36,878	36,307	36,064
Al ₂ O ₃	16,326	17,007	17,187	16,733	16,765	17,382	16,825	16,191
MgO	0,925	1,1	2,372	0,744	1,11	2,437	0,967	1,03
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0,003	0,042	0	0,011	0,041
P ₂ O ₅	0,031	0	0,021	0,048	0,014	0,035	0,043	0,02
CaO	36,163	35,813	36,949	36,07	36,193	37,262	36,04	36,16
K ₂ O	0	0,015	0,018	0,011	0,006	0,011	0,013	0,005
TiO ₂	1,072	0,361	0,048	0,542	0,902	0,01	0,762	0,898
FeO	5,586	5,131	3,008	5,958	5,634	2,596	5,516	5,71
MnO	0,16	0,182	0,055	0,253	0,222	0,035	0,222	0,176
NiO	0,007	0,006	0,038	0,009	0,034	0	0	0,014
Cl	0,059	0,057	0,05	0,058	0,056	0,033	0,051	0,048
ZnO	0,028	0,086	0,129	0,107	0,033	0,056	0,025	0,072
BaO	0	0	0	0	0,079	0,082	0,014	0,073
F	2,139	2,357	2,492	2,357	2,293	2,462	2,343	2,261
V ₂ O ₃	0,012	0,003	0,022	0,015	0	0,019	0	0,017
Total	98,81	98,633	99,276	99,344	99,942	99,355	99,279	98,893
Comment	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42

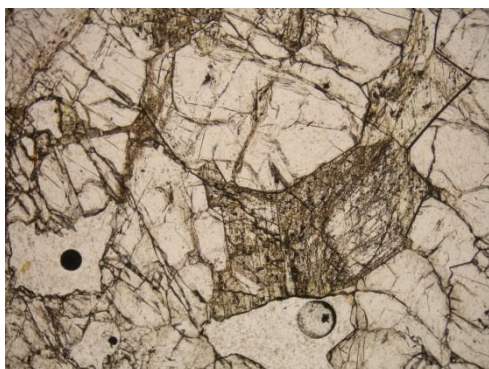
Tabulka 20: přepočtená data na 50 kationtů z tabulky 19 výsledky z WDX-vesuvian

DataSet/Point	62 / 1 .	63 / 1 .	64 / 1 .	65 / 1 .	66 / 1 .	67 / 1 .	68 / 1 .	69 / 1 .
Na ⁺	0,07	0,09	0,03	0,07	0,08	0,03	0,08	0,06
Si ⁴⁺	20,49	20,45	20,44	20,44	20,36	20,39	20,38	20,49
Al ³⁺	16,35	16,91	16,87	16,65	16,57	16,99	16,7	16,26
Mg ²⁺	0,39	0,46	0,99	0,31	0,47	1,01	0,41	0,44
Cr ³⁺	0	0	0	0	0,03	0	0,01	0,03
P ⁵⁺	0,04	0	0,02	0,06	0,02	0,04	0,05	0,02
Ca ²⁺	10,83	10,65	10,85	10,74	10,7	10,89	10,7	10,87
K ⁺	0	0,01	0,01	0	0	0	0	0
Ti ⁴⁺	0,46	0,15	0,02	0,23	0,38	0	0,32	0,38
Fe ²⁺	1,32	1,21	0,7	1,4	1,32	0,6	1,29	1,36
Mn ²⁺	0,04	0,04	0,01	0,06	0,05	0,01	0,05	0,04
Ni ²⁺	0	0	0,01	0	0,01	0	0	0
Cl ⁻	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
Zn ²⁺	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
Ba ²⁺	0	0	0	0	0,01	0,01	0	0,01
F ⁻	1,92	2,1	2,19	2,1	2,03	2,15	2,08	2,03
V ⁵⁺	0,01	0	0,01	0,01	0	0,01	0	0,01
O ²⁻	73,84	73,86	73,89	73,91	73,93	73,95	73,97	73,99
Comment	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42	BV 1_42

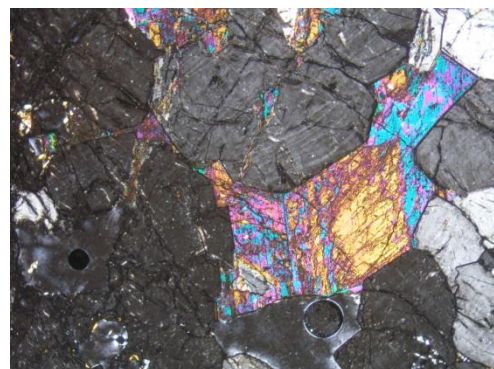
Graf 9: Na grafu devět mám vyneseny analyzované vesuviany z lokality Borový vrch – na ose X jsou znázorněny v jednotlivých blocích vzorky a jako podložkou jsou znázorněny obsahy kationtů / aniontů – jejichž množství je vyneseno na ose Y



Obr. 28: Výbrus z lokality Borový vrch v PPL, šíře snímku 0,8 mm (foto Jakub Vylíčil).

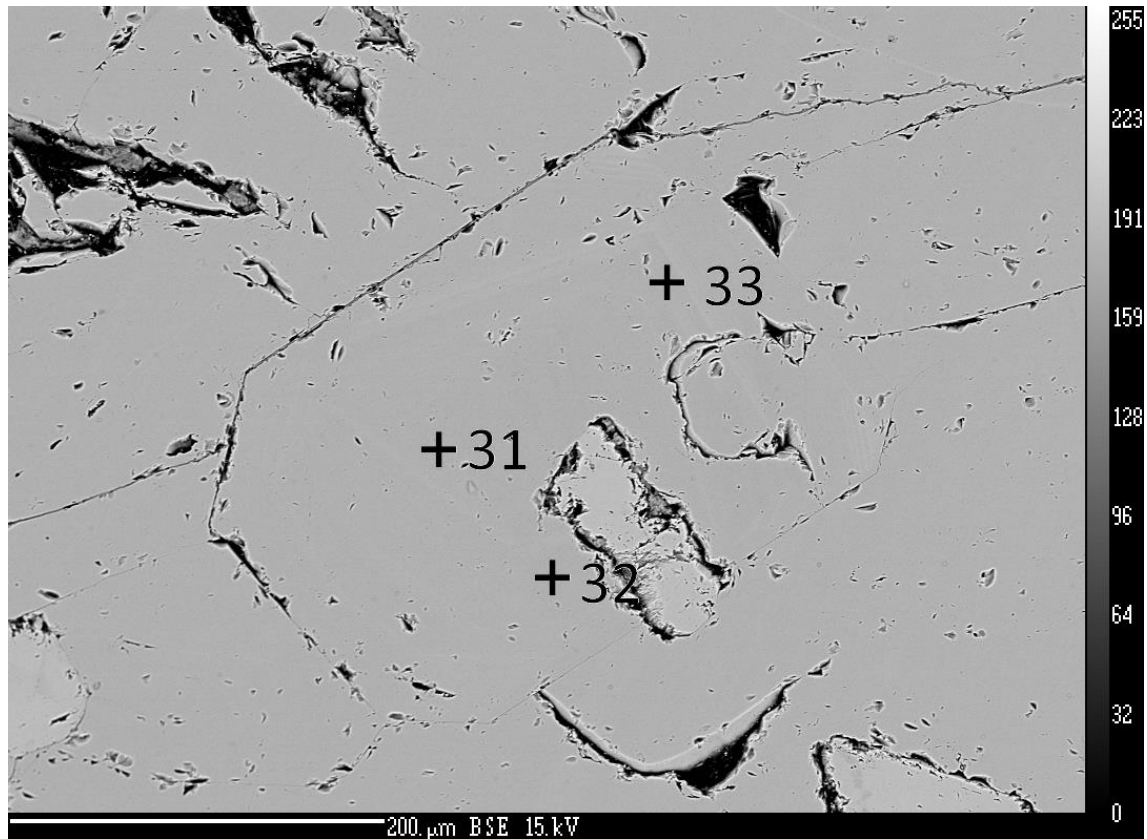


Obr. 29: Výbrus z lokality Borový vrch v XPL, šíře snímku 0,8 mm (foto Jakub Vylíčil).

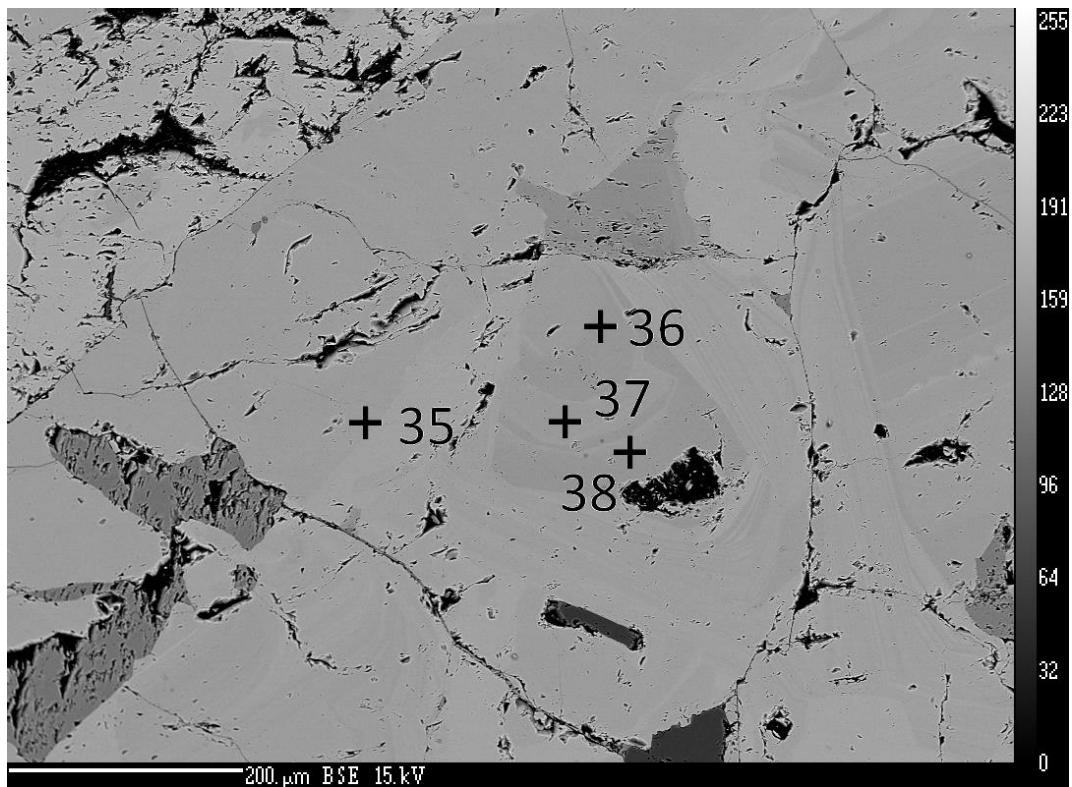


5.5 Fotodokumentace výbrusů ve zpětně odražených elektronech

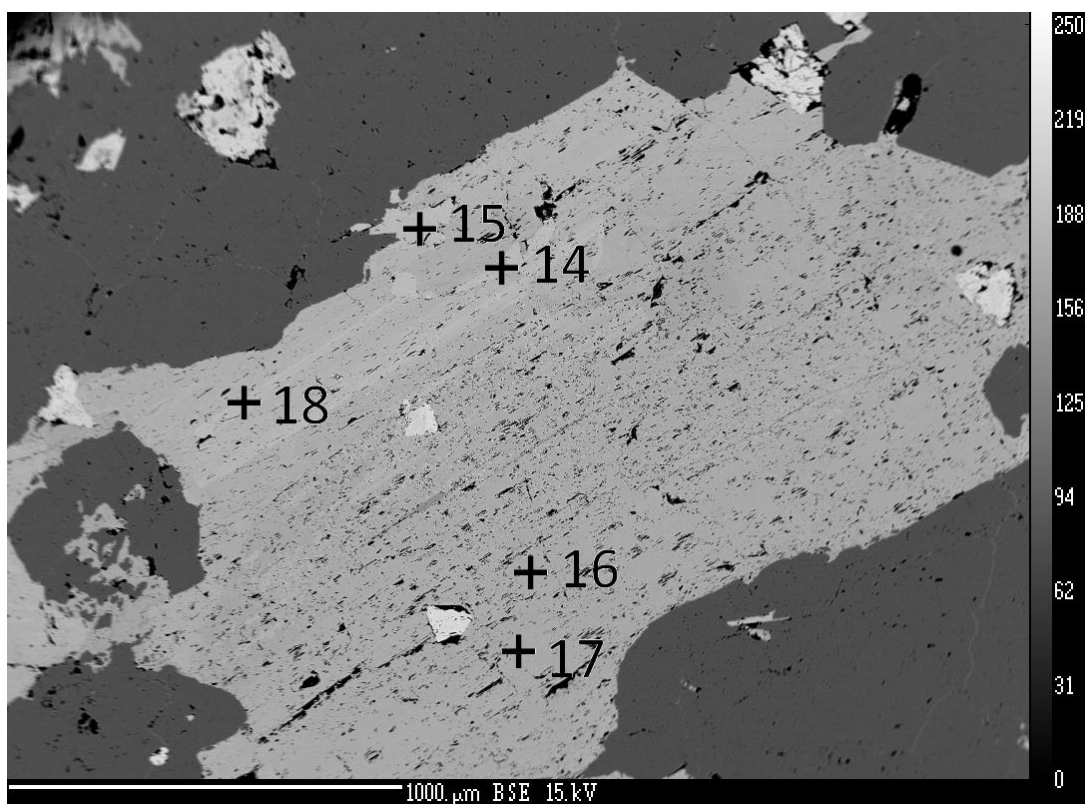
Na následujících obrázcích jsou zachyceny vybrané jednotlivé bodové WDX analýzy, jejichž výsledky jsou zmíněny a přehledně zpracovány v jednotlivých kapitolách 5.3 a 5.4.



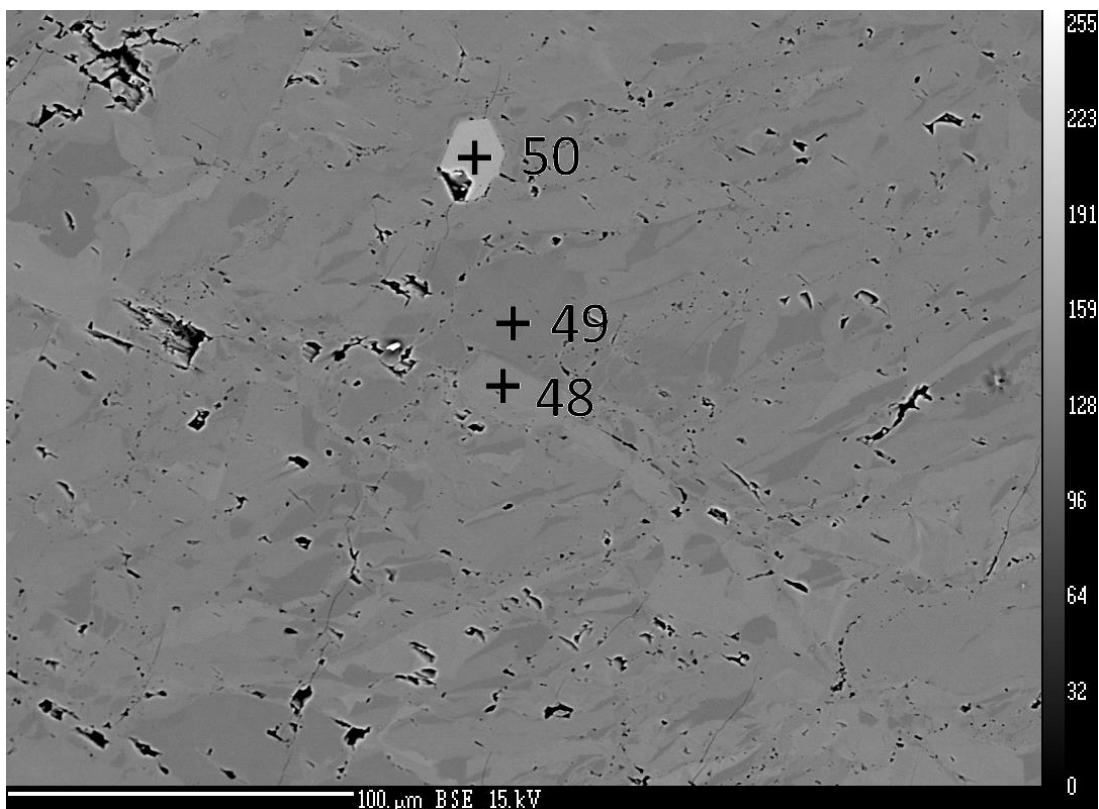
Obr. 30: Obrázek tří bodových analýz (31-33) ze vzorku BH 1 1 lokality Boží Hora, čísla 31 – 33 je označen minerál vesuvian (foto Jakub Vylíčil).



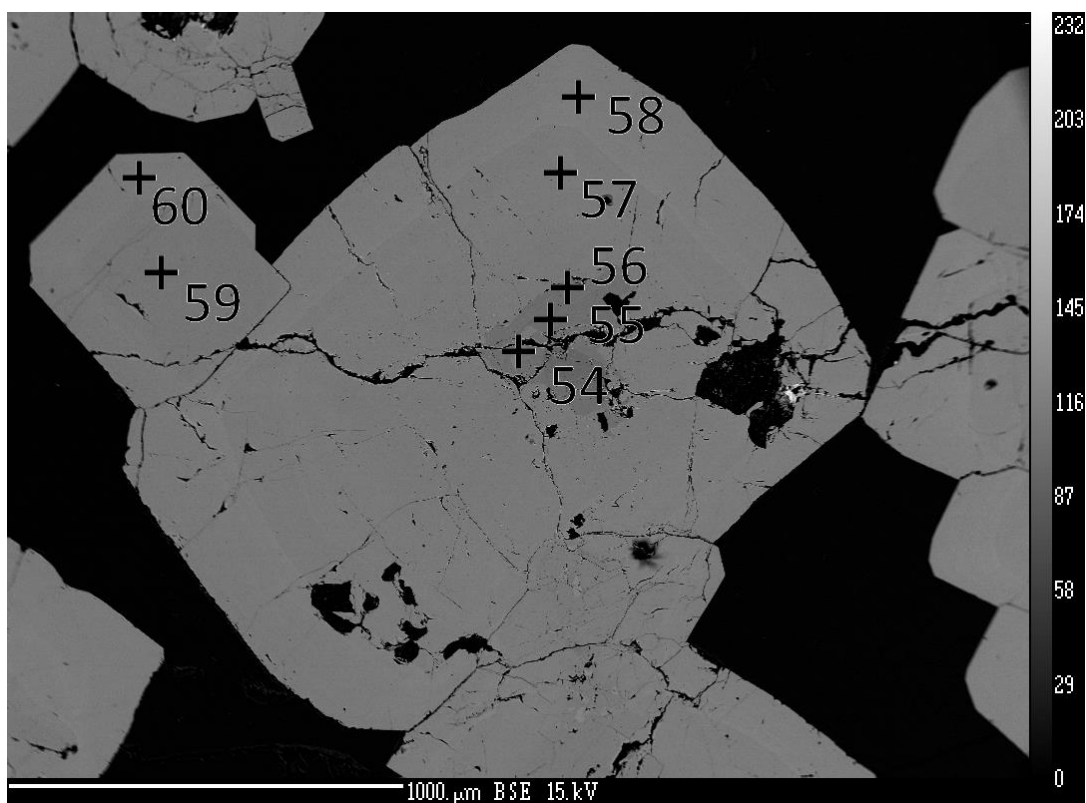
Obr. 31: Obrázek čtyř bodových analýz (35-38) ze vzorku BH 1 1 lokality Boží Hora, čísla 35 – 37 je označen minerál vesuvian (foto Jakub Vylíčil).



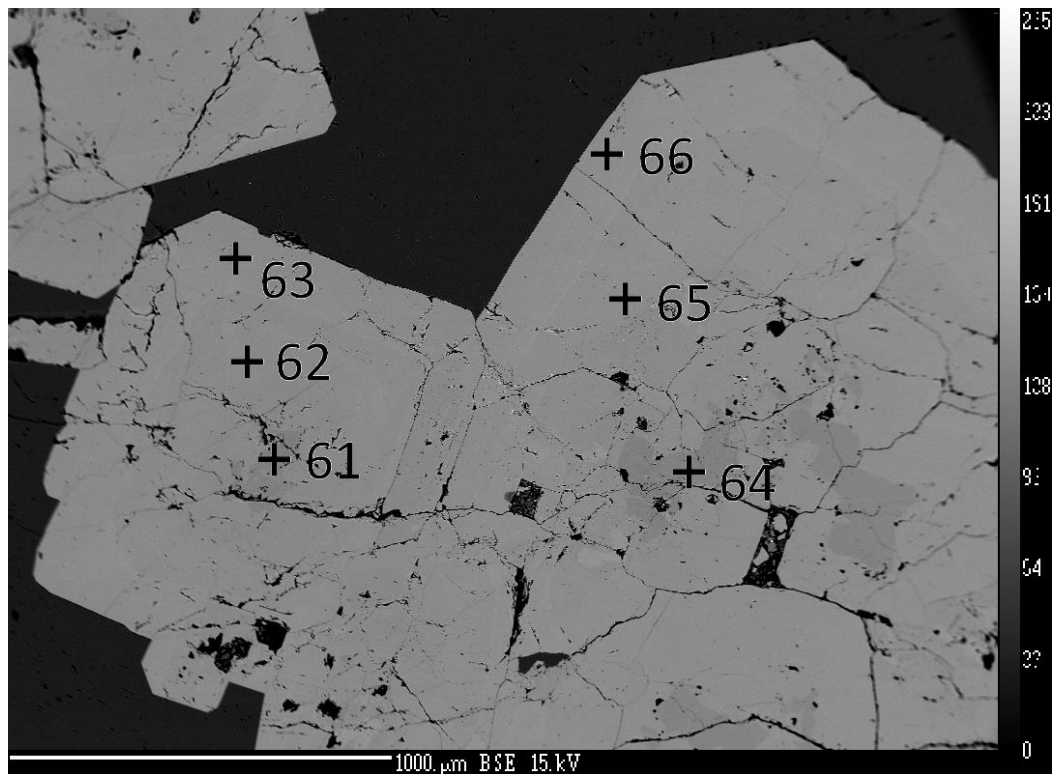
Obr. 32: Obrázek pěti bodových analýz (14-18) ze vzorku BH 2 3 lokality Boží Hora, čísla 14 – 18 je označen minerál epidot (foto Jakub Vylíčil).



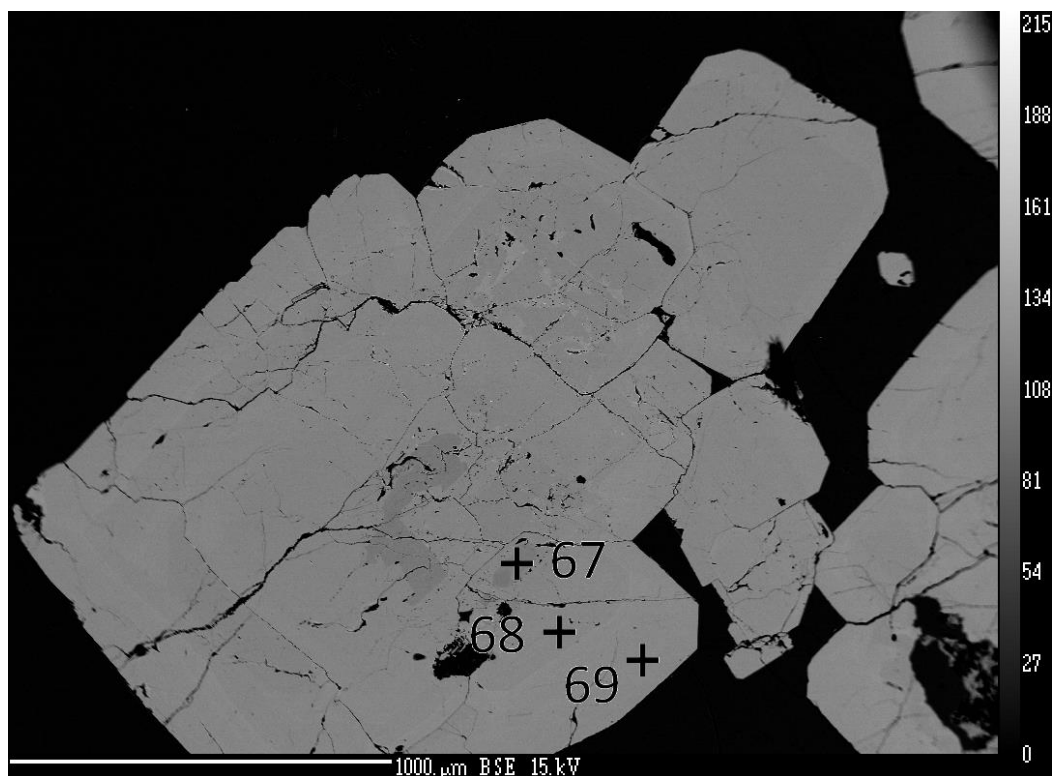
Obr. 33: Obrázek tří bodových analýz (48-50) ze vzorku BV 1 6 lokality Borový vrch, čísla 48 – 49 je označen minerál vesuvian, 50 je titanit (foto Jakub Vylíčil).



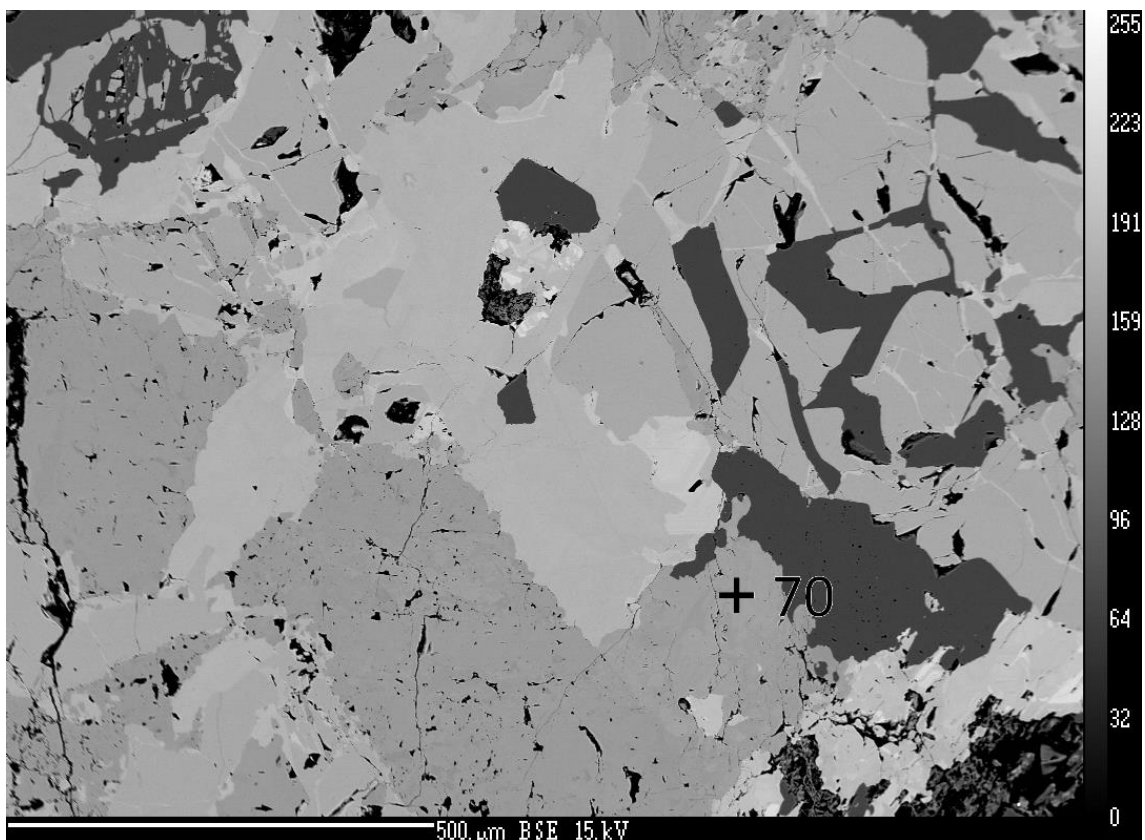
Obr. 34: Obrázek sedmi bodových analýz (54-60) ze vzorku BV 1 42 Borový vrch, čísla 31 – 33 je označen minerál vesuvian (foto Jakub Vylíčil).



Obr. 35: Obrázek šesti bodových analýz (61-66) ze vzorku BV 1 42 Borový vrch, čísla 61 – 66 je označen minerál vesuvian (foto Jakub Vylíčil).



Obr. 36: Obrázek tří bodových analýz (67-69) ze vzorku BV 1 42 Borový vrch, čísla 67 – 69 je označen minerál vesuvian (foto Jakub Vylíčil).



Obr. 37: *Obrázek jedné bodové analýzy (70) ze vzorku BV 1 42 Borový vrch, číslem 70 je označen minerál epidot (foto Jakub Vylíčil).*

6. Diskuze

Chemismus vesuvianu z lokalit Boží hora, Borový vrch, Vycpálkův lom a Staré Podhradí nebyl dosud detailně prostudován. V této práci jsem se zabýval touto problematikou a zároveň jsem ji výrazně rozšířil o soubor údajů o chemickém složení minerálů skupiny epidotu v erlanech na výše zmíněných lokalitách.

Veškeré chemické údaje jsem získal s využitím WDX analýzy. Nově zjištěné údaje jsem přehledně zpracoval do tabulek a grafů, které jsou uvedeny v sekci 5.3 a 5.4.

Základní myšlenou této práce byl předpoklad chemické zonality ve vesuviánu, jelikož tento minerál vykazoval v optickém mikroskopu (v režimu XPL) optickou zonálnost. Ovšem tento předpoklad chemické zonálnosti na

základě WDX analýz se nepodařilo potvrdit a došly jsme k závěru, že minerál jevil zonalitu pouze optickou. Na obrázcích 30-37 z elektronového mikroskopu je patrná snaha o zachycení zonality lokalizací jednotlivých bodových analýz.

Na studovaných lokalitách jsme dokázali, že složení analyzovaného vesuviánu je podobné, ovšem nelze tento trend zobecnit. Svá data jsem koreloval s daty prezentovanými vědeckým týmem pod vedením Groata, tento autor v rámci svého výzkumu analyzoval i jeden vzorek z ČR. Ovšem jeho výsledky se neshodují s mými (Groat 1992). Toto zjištění vysvětlují původem vzorku z lokality Hazlov nikoliv z lokalit v okolí žulovského masivu. V tabulce 21 uvádím pro porovnání data o vesuvianech získaná z ČR publikované Fediukem (2008). V tabulce jsou body, ve kterých se naše výsledky liší – jedná se hlavně o stanovování přesného mocností Al a Fe. Mimoto jsem ale pozoroval pouze mírné rozdíly v chemickém složení.

Nová data z později publikovaných prací po roce 1992 v ČR o vesuvianech byla povětšinou analyzována metodou EDX, touto problematikou vesuviánů v ČR se později zabývala i práce Blažkové. Ta provedla studium složení vesuviánů pomocí metody EDX analýzy. Nicméně tyto analýzy byly provedeny v menším rozsahu a popřípadě v menším množství, což bylo pravděpodobně způsobeno větší finanční nákladností WDX analýzy a nedostupností této metody v tehdejší době. (Blažková 2002)

Výsledky mezi WDX a EDX analýzami se mohou lišit dokonce až v řádech. (<http://www.bruker.com>). Na principu tohoto faktu, jsem v své práci získal reprezentativnější a přesnější data, která ještě nebyla v těchto lokalitách na vesuviany takto zpracována.

Na základě vypracovaných grafů, vyjadřující chemické složení jednotlivých vzorků vesuviánů, lze říci, že chemické složení vzorků vesuviánů je podobné. Majoritní podíl je tvořen kationty: Ca^{2+} , Fe^{2+} , Al^{3+} a Si^{4+} a minoritní složku tvoří kationty: Mg^{2+} , Ni^{2+} , Mn^{2+} , K^{+} , P^{5+} , V^{5+} a Cr^{3+} . Dále jsem pozoroval, že obsah fluoru je v měřených vzorcích konstantní a nejeví velké výkyvy.

Tabulka 21: Porovnání dat vesuvianu získaných WDX analýzou s daty publikovanými Fediukem (2008) – v levé části jsou data publikovaná Fediukem a v pravé části se nachází má náhodně vybraná data. Nest. znamená v tabulce, že daná sloučenina nebyla stanovena.

DataSet/Poin t	P _v	H _v	N _v	V _v	85 / 1 .	86 / 1 .	87 / 1 .	88 / 1 .	89 / 1 .	90 / 1 .
SiO ₂	36,82	37,01	36	36,24	36,87	36,323	37,3	36,681	37,429	37,065
TiO ₂	1,27	2,03	3,26	1,92	1,186	0,928	0,048	0,059	0,335	0,597
Al ₂ O ₃	16,52	16,32	16,18	16,4	16,411	16,915	18,973	17,699	17,155	16,029
Cr ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	nest.	0	0	0	0,011	0,002	0,071
Fe ₂ O ₃	2,78	2,5	2,71	3,36	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
FeO	1,36	1,83	1,81	1,87	5,48	6	1,793	3,034	3,319	3,969
MnO	0,17	0,12	0,21	0,16	0,343	0,287	0,091	0,03	0,066	0,051
MgO	1,45	1,16	1,22	1,02	1,141	0,981	2,173	2,282	2,086	2,155
CaO	36,57	35,32	35,95	36,12	36,449	35,744	37,454	35,849	36,037	36,954
Na ₂ O	0,24	0,16	0,3	0,18	0,107	0,109	0	0,101	0,026	0,066
K ₂ O	0,03	0,03	0,01	0,01	0	0,014	0,004	0	0,014	0
H ₂ O+	2,31	2,27	2,2	2,14	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
H ₂ O-	0,14	0,09	0,07	0,1	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Součet	99,66	99,84	99,92	99,52	100,52 6	99,902	100,12 6	98,152	99,042	99,422
Si	17,967	18,033	17,618	17,798	17,98	17,84	17,88	18,03	18,32	18,11
Al ^{IV}	0,033	---	0,382	0,202	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Al ^{VI}	9,467	9,502	8,95	9,29	9,43	9,79	10,72	10,25	9,89	9,23
Ti	0,466	0,754	1,119	0,709	0,44	0,34	0,02	0,02	0,12	0,22
Cr	---	---	---	---	0	0	0	0	0	0,03
Fe ³⁺	1,021	0,929	0,998	1,241	2,23	2,46	0,72	1,25	1,36	1,62
Fe ²⁺	0,555	0,756	0,74	0,78	---	---	---	---	---	---
Mn	0,07	0,05	0,087	0,066	0,14	0,12	0,04	0,01	0,03	0,02
Mg	1,055	0,854	0,89	0,746	0,84	0,72	1,56	1,68	1,53	1,58
Ca	19,119	18,961	18,85	19,005	18,8	18,57	18,99	18,64	18,66	19,1
Na	0,227	0,153	0,284	0,171	0,1	0,1	0	0,1	0,02	0,06
K	0,02	0,018	0,006	0,006	0	0,01	0	0	0,01	0
O / O+OH+F	10	10	10	10	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
kationty	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

P_v = Příchovice, vesuvian, H_v = Hazlov, vesuvian, N_v = Dlouhá Lhota u Neveklova, vesuvian, V_v = Vápenná, vesuvian

Minerál epidot a vesuvian jsou si značně podobné, a jelikož se nacházely oba v zájmových lokalitách, byly současně provedeny i analýzy několika vzorků minerálu epidotu. Získaná data jsem rovněž přehledně zpracoval do tabulek a grafů. Spočítal jsem procentuální obsah pistacitu x klinocoizitu a následovně jsem je, pro srovnání, porovnal s daty, které byly dříve publikovány v diplomové práci Malec (2004). Zjistil jsem, že mezi mými a Malcovými výsledky z WDX analýzy není výrazný rozdíl. Pro srovnání jednotlivých dat uvádím tabulku 22, do které jsem náhodně vybral data, která byla přepočtena na procentuální složení epidotu (pistacitu x klinocoizitu). Data byla přepočítána podle složení dokonalého epidotu. Hodnoty jsou nenulové, čili pouze pár vzorků se blíží klinocoizitovému složení – toto si vysvětluji tím, že krystal vznikl v zóně, která nebylo bohatá na obsah Fe^{3+} iontů.

Tabulka 22: Porovnání dat pistacit x klinocoizit mé práce a práce Malec (2004)

číslo vzorku Vylíčil	1 / 1	2 / 1	3 / 1	4 / 1	5 / 1	6 / 1	12 / 1	
% Obsah pistacit x klinocoizit Data Vylíčil	30,43	28,70	26,96	27,83	16,52	42,61	59,13	
% Obsah pistacit x klinocoizit Data Malec	61,29	52,65	49,15	51,36	49,77	30,70	55,90	
číslo vzorku Vylíčil	13 / 1	14 / 1	15 / 1	16 / 1	17 / 1	18 / 1	70 / 1	
% Obsah pistacit x klinocoizit Data Vylíčil	63,48	22,61	24,35	55,65	54,78	55,65	94,78	
% Obsah pistacit x klinocoizit Data Malec	54,58	40,58	58,20	80,23	76,93	73,40	78,91	
číslo vzorku Vylíčil	83 / 1	84 / 1	92 / 1	93 / 1	94 / 1	99 / 1	100 / 1	
% Obsah pistacit x klinocoizit ,Data Vylíčil	52,17	51,30	55,65	48,70	50,43	46,09	48,70	
% Obsah pistacit x klinocoizit Data Malec	59,69	59,61	66,57	53,45	70,99	61,60	53,63	
číslo vzorku Vylíčil	71 / 1	72 / 1	73 / 1	74 / 1	75 / 1	76 / 1	77 / 1	78 / 1
% Obsah pistacit x klinocoizit Data Vylíčil	80,87	78,26	80,00	90,43	78,26	91,30	94,78	20,87

Navíc, ovšem ve své práci prezentuji data z lokality Staré Podhradí, kterou se již Malec (2004) nezabýval. Jelikož na lokalitě Staré Podhradí nebyly dosud provedeny žádné WDX analýzy, pro přesné stanovení složení jednotlivých minerálů, bylo na této lokalitě shromážděno několik vzorků zájmových minerálů a následně podrobena WDX analýze. Výsledky byly obdobné s ostatními lokalitami Boží hora, Borový vrch a Vycpálkův lom.

7. Závěr

Úkolem mé diplomové práce bylo zdokumentovat lokality Vycpálkův lom, Boží hora, Borový vrch a Staré Podhradí a získat nové mineraologicko-chemické informace v rámci minerálů skupiny epidotu a vesuviánů.

Vzorky, které byly nasbírány při terénním průzkumu, byly rozřezány, a následně byly vytvořeny jejich výbrusy. Poté jsem je zdokumentoval na Katedře geologie v Olomouci pomocí optického mikroskopu. Dále tyto vzorky byly poslány do Brna, kde byly vzorky pokoveny a následně analyzovány s využitím WDX analyzátoru. Při jednom z měření jsem se účastnil a podrobně jsem dokumentoval průběh samotné analýzy a poznamenal jsem na vytištěné fotky body jednotlivých analýz.

Z výsledků je patrné, že se jednotlivé minerály v rámci skupin markantně neliší. Naše hlavní domněnka o zonálnosti jednotlivých částí obou minerálů nebyla potvrzena. Na základě výstupních dat bylo zjištěno, že se jedná pouze o optickou nikoliv chemickou zonálnost.

8. Literatura:

- Arem J. E. (1973): Idocrase (vesuvianite) – a 250 – year puzzle. - *Mineral. Rec.*, 4/4, 164-174.
- Armrueter et al(2006): Recommended nomenclature of epidote-group minerals
Eur. J. Mineral., **18**, 551-567.
- Blažková, I. (2002): Kontaktní minerály na Borovém vrchu a Boží hoře u Žulové.
Diplomová práce. PŘF UP Olomouc.
- Buday, T. – Ďurica, D. – Opletal, M. & Šebesta, J. (1995): Význam bělského a klepačovského zlomového systému a jeho pokračování do Karpat. - Uhlí, Rudy. -*Geol. průzk.*, **9**, 275-282.
- Groat, L. A., Hawthorne, F. C. et al. (1992): The chemistry of Vesuvianite.
Canadian Minerologist, **30**, 19-48.
- Houzar S., Novák M., Šrein V. (1997): Minerální asociace vesuvianu z karbonátových a vápenato-silikátových hornin na Moravě a ve Slezsku. – *Čas. Morav. Muz, Vědy geol.*, **87**,21-32.
- Cháb J., Suk M. (1977): Regionální metamorfóza na území Čech a Moravy. –
Knihovna Ústř. Úst. geol., **50**, Praha.
- Cháb, J. - Žáček, V. (1994): Geology of the Žulová pluton mantle (Bohemian Massif, Central Europe), *Věstník Česk. geol. úst.*, **69**, 1-12. Praha.
- Chlupáč, I., Štorch, P. (1992): Regionálně geologické dělení Českého masívu na území České republiky. *Čas. Mineral. Geol.*, **37**, 4, 258-275. Praha.
- Chlupáč, I. et al (2002): Geologická minulost české republiky, Academia, Praha 216,370.

- Čabla, V. (1969): Stáří žulovského plutonu. - Geol. průzk., **11**, 4. str. 117 - 118.
- Čermák, J. (2009): Hypogenní a supergenní alterace allanitu, diplomová práce
PŘF Brno.
- Demek, J. (1987): Zeměpisný lexikon ČSR – hory a nížiny. Academia Praha
- Fediuk, F. (2008): K některým vesuvianům České republiky, *Geochemie a mineralogie*, roč. 2, publikace 1
- Jedlička J. (1995): Přehled mineralogie žulovského masívu ve Slezsku. –
Severní Morava, **70**, 35-50.
- Jedlička, J. (1997): Žulovský masiv ve Slezsku – přehled dosavadních znalostí.
-Zprávy o geologickém výzkumu v roce 1996, 121-123.
- Krausová D. a Zimák, J. (1998): Krystalová struktura a chemismus wollastonitu
z vybraných moravských a slezských lokalit. - Geol. výzk. Mor. Slez. v r.
1997, 82-84. Brno.
- Kruťa, T. (1973): Slezské nerosty a jejich literatura. – Moravské muzeum Brno.
414 s.
- Losos Z., Brož M. (2002): Parageneze a chemismus bimetasomatických
kontaktních zón žulovského masívu. – Mineralogie Českého masívu a
Západních Karpat. Up Olomouc.
- Losos, Z., Fojt, B., Hladíková, J. (1986): Mineralogická charakteristika
sulfidického zrudnění u České Vsi u Jeseníku. Scr. Univ. Purkyn. brun.,
Geol., **16**, 3, 143-170. Brno.

- Losos, Z. - Hladíková, J. (1988): Izotopické složení grafitů a karbonátů z pláště žulovského masívu a jeho využití pro výpočet teplot metamorfozy. - Scr. Univ. Purkyn. brun., Geol., **18**, 7, 261-272. Brno.
- Malec, P (2004): Minerály epidotové skupiny v magmatitech na kontaktech v alpské paragenezi Žulovského masívu, diplomová práce PŘF Brno
- Novák M. (1995): Minerální asociace wollastonit – vesuvian v nedvědických mramorech a jejich petrogenetický význam. – Geol. Výzk. Moravy a Slezska za r. 1994, 103-104
- Pauliš P. (2001): Nejzajímavější mineralogická naleziště Moravy a Slezska.
- Roger H., Zabinski W. (1995): Fe³⁺ in vesuvianite from Žulová (Czech Republic) studied by single crystal electron paramagnetic resonance (EPR). – N. Jb. Miner. Mh **6**, 264-272.
- Rybák, J. (1972): Asociace minerálů z kontaktních výskytů v okolí žulové, Diplomová práce PRF Brno
- Zimák J., Demek J., Janoška J., Pek I. a Zapletal J. (1995): Průvodce ke geologickým exkurzím. Střední a severní Morava, Slezsko. UP Olomouc.
- Zimák J., Novotný P., Fojt B., Večeřa J., Losos Z., Vávra V., Večeřová V., Skácel J. a Kopa D. (2003): Exkurzní průvodce po mineralogických lokalitách v okolí Javorníku, Jeseníku a Zlatých Hor. Vydavatelství UP Olomouc.

Internetové zdroje:

<http://geotech.fce.vutbr.cz/studium/geologie/skripta/HORMAS.htm>

[http://www.sci.muni.cz/mineralogie/kap_7_10_sorosil/kap_7_10_sorosil.htm#7.10.1.5.](http://www.sci.muni.cz/mineralogie/kap_7_10_sorosil/kap_7_10_sorosil.htm#7.10.1.5)

http://www.bruker.com/fileadmin/user_upload/8-PDF-Docs/X-rayDiffraction_ElementalAnalysis/XRF/Webinars/Bruker_AXS_EDX_vs_WDX_Webinar_Slides.pdf

<http://webmineral.com/data/Epidote.shtml>

<http://webmineral.com/data/Vesuvianite.shtml>