

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI**  
**PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA**  
**KATEDRA GEOLOGIE**

**PETROGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA  
GRANITOIDŮ HANUŠOVICKÉ INTRUZE**

**diplomová práce**

**Jan Pospíšil**

**Environmentální geologie (N1201)**  
**prezenční studium**

**vedoucí práce: doc. RNDr. Jiří Zimák, CSc.**

**duben 2012**

**Bibliografická identifikace:****Jméno a příjmení autora:** Jan Pospíšil**Název práce:** petrografická charakteristika granitoidů hanušovické intruze**Typ práce:** diplomová**Pracoviště:** Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra geologie**Vedoucí práce:** doc. RNDr. Jiří Zimák, CSc.**Rok obhajoby práce:** 2012

**Abstrakt:** Práce se zabývá charakteristikou granitoidů hanušovické intruze. Jejím cílem je získání údajů o povaze granitoidních hornin hanušovické intruze a provedení jejich srovnání s variskými granitoidy v prostoru silezika (šumperský masiv, intruze Rudné hory, žulovský pluton), a to na základě publikovaných dat. Vybrané vzorky granitoidů hanušovické intruze jsou vyhodnoceny pomocí polarizačního mikroskopu, včetně stanovení modálního složení. Chemismus vybraných minerálů byl sledován pomocí WDX analýz, celkový chemismus byl studován na základě dat získaných z laboratoře ACME ve Vancouveru. V práci je proveden i výzkum magnetické susceptibility a přirozené radioaktivity granitoidů (laboratorní gamaspektrometrické stanovení K, eU a eTh).

Na základě zjištěných dat jsem horniny hanušovické intruze klasifikoval jako leukokratní biotitický monzogranit a leukokratní biotitický syenogranit. Granitoidy hanušovické intruze se s určitými rozdíly podobají ostatním granitoidům v prostoru silezika.

**Klíčová slova:** granitoidy, hanušovická intruze, silezikum, modální složení, chemismus**Počet stran:** 53**Počet příloh:** 0**Jazyk:** čeština

**Bibliographical identification:****Autor's first name and surname:** Jan Pospíšil**Title:** Petrographic characterization of granitoids of Hanušovice intrusion**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:** 2012**Abstract:** This thesis deals with characterization of granitoids of Hanušovice intrusion.

The main goal is to gain data of granitoid rocks of Hanušovice intrusion and provide their comparison with the other Variscan granitoids in silesia (Šumperk massif, Rudná hora intrusion, Žulová batholith). Polarized microscope has been used for cuts determination and the study also included modal composition; chemistry of selected minerals has been studied with the use of WDX analysis, overall chemistry of whole rock has been studied according to the analysis from ACME laboratories in Vacouver. Research of magnetic susceptibility and natural radioactivity of granitoids of Hanušovice intrusion has been preformed as well (laboratory gamaspectrometric determination K, eU and eTh).

On the basis of obtained data, granitoid rocks of Hanušovice intrusion has been classified as leucocratic biotitic monzogranite and leucocratic biotitic syenogranite. Granitoids of Hanušovice intrusion, besides few differencies, are similar to the other granitoids in Silesia.

**Keywords:** granitoids, Hanušovice intrusion, silesia, modal composition, chemistry**Number of pages:** 53**Number of appendices:** 0**Language:** Czech

## Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. RNDr, Jiřímu Zimákovi, CSc. za jeho trpělivost a také čas strávený při konzultacích v průběhu tvoření této práce.

Prohlašuji, že tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškerou literaturu a ostatní prameny, z nichž jsem při přípravě práce čerpal, řádně cituji a uvádím v seznamu použité literatury.

V Šumperku dne 24. 4. 2012

.....

Podpis

## Obsah

1. Úvod a cíle práce	2
2. Metodika práce	3
3. Poloha studovaného území	6
4. Geologická charakteristika okolí Hanušovic	7
4.1 Orlicko sněžnická jednotka	8
4.2. Keprnická jednotka	9
5. Petrografie granitoidů silezika	10
5.1. Žulovský masiv	10
5.2. Šumperský masiv	12
5.3. Intruze Rudné hory	14
5.4. Hanušovická intruze	15
6. Výsledky terénních prací	16
7. Výsledky laboratorních prací	21
7.1. Makroskopický popis horniny	21
7.2. Mikroskopický popis horniny	22
7.3. Mikrofotografie minerálů	24
7.4. Sukcese minerálů	28
7.5. Modální složení hornin	29
7.6. Výsledky WDX analýz hanušovické intruze	30
7.8. Magnetická susceptibilita	40
7.9. Radioaktivita	40
9. Diskuse	42
10. Závěr	50
11. Použitá literatura	51

# 1. Úvod a cíle práce

Diplomová práce na téma Petrografická charakteristika granitoidů hanušovické intruze mi byla zadána katedrou Geologie přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci dne 29.10.2009.

O povaze granitoidních hornin hanušovické intruze dosud neexistuje žádná detailnější publikace ani nepublikovaná zpráva, kromě strohých informací v Textových vysvětlivkách k základní geologické mapě České republiky 1:25 000, list 14-234 Hanušovice (Opletal et al. 2000).

Cílem práce je získání údajů o povaze granitoidních hornin hanušovické intruze a provedení jejich srovnání s variskými granitoidy v prostoru silezika (šumperský masiv, intruze Rudné hory, žulovský pluton), a to na základě publikovaných dat.

## 2. Metodika práce

Zadání diplomové práce je rozděleno na 4 části:

- Literárně rešeršní
- Terénní
- Laboratorní
- Výsledky + srovnání nových údajů s literaturou

V terénní etapě práce jsem využíval topografické mapy v měřítku 1:10 000 a Základní geologické mapy ČR v měřítku 1:25 000, list 14-234 Hanušovice (Česká geologická služba 2003). Při rekognoskaci terénu jsem prošel všechna území u Hanušovic a Pustých Žibřidovic vyznačené v geologické mapě jako „drobně zrnitý biotitický granodiorit“ a také jejich blízké okolí (během terénních prací jsem pořídil i fotodokumentaci výchozů). Sledovanou oblast u Hanušovic a Pustých Žibřidovic jsem si pracovníčně rozdělil do čtyř úseků (viz obr. XX): Hynčice (podle přilehlé obce), Jindřichovská stráň (dle místního názvu), Branská (dle kóty) a Pusté Žibřidovice (podle obce). Ve čtyřech uvedených úsecích jsem odebral celkem 17 reprezentativních vzorků granitoidů, jejich výběr jsem volil zejména dle odlišných makroskopických znaků (textura, zrnitost, makroskopicky rozpoznatelné složení). Nerovnoměrné rozložení míst odběru vzorků a jejich místní nahloučení je způsobeno nepřítomností výchozů (nebo naopak jejich vysokou četností) nebo variabilitou sledovaných znaků.

Z materiálu odebraného v terénu bylo na PřF MU v Brně panem Jiřím Povolným zhotoveno 17 leštěných výbrusů. Tyto výbrusy jsem vyhodnotil standardními optickými metodami za použití mikroskopů Olympus BX41 a Olympus BX50, mikrofotografie jsem zhotovil pomocí mikroskopu Olympus BX50 s fotoaparátem Olympus C-7070.

Reprezentativní vzorky jsem homogenizoval na planetárním mlýnku a zaslal k analýze do laboratoře ACME ve Vancouveru (stanovení jak makroelementů, tak relativně širokého spektra mikroelementů).

Chemismus vybraných minerálů hanušovické intruze byl studován metodou WDX na PEMM PřF MU Brno na mikrosondě Cameca SX-100 (analytici: Petr Sulovský, Renata

Čopjaková, Petr Gadas a Radek Škoda). Analýzy byly provedeny za těchto podmínek: napětí 15 kV, proud 10 nA, průměr svazku pod 1  $\mu\text{m}$  (Th fáze), 3  $\mu\text{m}$  (biotit-analýzy č. 43, 45, 50, 52, 54, 59, živce-analýzy č. 44, 53, 56, 58), 4  $\mu\text{m}$  (živce-analýzy č. 4, 5, 6, 7), 5  $\mu\text{m}$  (biotit-analýzy č. 2, 8, 10), 7  $\mu\text{m}$  (apatit); napětí 15 kV, proud 20 nA, průměr svazku pod 1  $\mu\text{m}$  pro titanit, zirkon, magnetit, ilmenit a epidot.

Při analýze biotitu byly použity tyto standardy: albit A (Na), sanidin (Si, Al, K),  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  (Mg), grossular (Ca), chromit (Cr), benitoit (Ba), titanit (Ti), almandin (Fe),  $\text{Mn}_2\text{SiO}_4$ , vanadinit (V), Ni modifikace (Ni), NaCl (Cl), topaz (F), gahnit (Zn).

Při analýze živců byly použity tyto standardy: albit A (Na), sanidin (Si, Al, K), baryt (Ba), fluorapatit (P), grossular (Ca), andradit (Fe),  $\text{SrSO}_4$  (Sr).

Při analýze apatitu (č. 11, 12) byly použity tyto standardy: albit A (Na), almandin (Si), lammerit (As), grossular (Al),  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  (Mg), fluorapatit (Ca), sanidin (K), fluorapatit modifikace (P), NaCl (Cl), spessartin (Mn), hematit (Fe), topaz (F),  $\text{SrSO}_4$  (S, Sr), baryt (Ba), YAG (Y),  $\text{LaPO}_4$  (La),  $\text{CePO}_4$  (Ce),  $\text{NdPO}_4$  (Nd),  $\text{PrPO}_4$  (Pr),  $\text{SmPO}_4$  (Sm), brabantit (Th).

Při analýze apatitu (č. 49) byly použity tyto standardy: albit A (Na), sanidin (Si), YAG (Y), grossular (Al),  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  (Mg),  $\text{SrSO}_4$  (Sr), fluorapatit (Ca, P, F),  $\text{LaPO}_4$  (La),  $\text{CePO}_4$  (Ce), NaCl (Cl), baryt (S), brabantit (Th), U (U),  $\text{PrPO}_4$  (Pr), andradit (Fe), rhodonit (Mn),  $\text{NdPO}_4$  (Nd),  $\text{SmPO}_4$  (Sm),  $\text{GdPO}_4$  (Gd),  $\text{DyPO}_4$  (Dy), PbS (Pb).

Při analýze titanitu byly použity následující standardy: albit A (Na), titanit (Si, Ca, Ti), sanidin (Al),  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  (Mg), YAG (Y), Sn (Sn), columbit-Ivigtut (Nb),  $\text{CrTa}_2\text{O}_6$  (Ta), andradit (Fe), rhodonit (Mn), topaz (F), benitoit (Ba),  $\text{SrSO}_4$  (Sr), zirkon (Zr).

Při analýze zirkonu byly použity následující standardy: albit A (Na), titanit (Si, Ti), zirkon (Zr), Hf (Hf), YAG (Y), sanidin (Al), fluorapatit (P),  $\text{ThO}_2$  (Th), U (U), andradit (Fe), rhodonit (Mn), topaz (F), columbit-Ivigtut (Nb), Bi (Bi),  $\text{ScVO}_4$  (Sc), vanadinit (Cl), W (W),  $\text{YbPO}_4$  (Yb).

Při analýze magnetitu byly použity následující standardy: hematit (Fe), Ni (Ni), V (V), rhodonit (Mn), TiO (Ti),  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  (Al, Mg), gahnit (Zn), sanidin (Si), chromit (Cr), andradit (Ca).

Při analýze epidotu byly použity následující standardy: albit A (Na), sanidin (Si, Al, K), pyrop (Mg), grossular (Ca), chromit (Cr), titanit (Ti), almandin (Fe), spessartin (Mn), vanadinit (V), fluorapatit (P), YAG (Y), topaz (F).

Při analýze Th fáze byly použity následující standardy: andradit (Ca, Fe),  $\text{LaB}_6$  (La),  $\text{CeAl}_2$  (Ce),  $\text{ThO}_2$  modifik. (Th), fluorapatit (P), U (U), PbSe (Pb), zirkon (Zr, Si), InAs



modifik. (As), YAG (Y), HfO<sub>2</sub> (Hf), YbP<sub>5</sub>O<sub>14</sub> (Yb), YErAG (Er), DyGI (Dy), GdF<sub>3</sub> (Gd), SmF<sub>3</sub> (Sm), NdF<sub>3</sub> (Nd), rhodonit (Mn), sanidin (Al), baryt (S), topaz (F), ScVO<sub>4</sub> (Sc), titanit (Ti), columbit-ivigtut modifik. (Nb), Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Ta), SrSO<sub>4</sub> (Sr), W (W), Bi (Bi), PrF<sub>3</sub> (Pr), MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (Mg).

Přepočty výsledků WDX analýz jsem provedl pomocí programu FORMULA. Stanovené obsahy některých oxidů jsou pod detekčními limity.

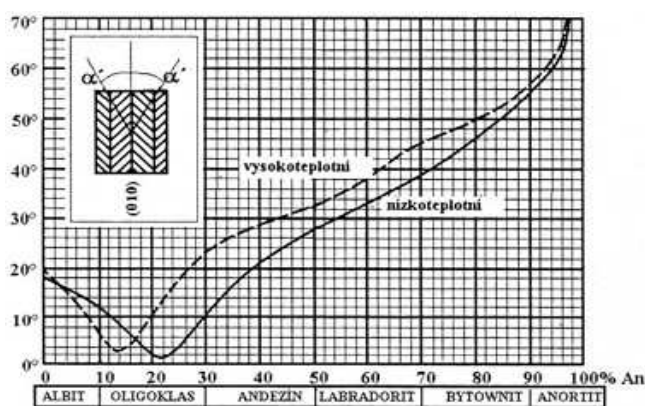
Magnetickou susceptibilitu jsem měřil na kappa-můstku KLY-4. Jednotlivé vzorky jsem opatrně nadrtil, vložil do sáčků a následně měřil 7x za sebou pro každý vzorek k vyloučení případné chyby měření, nejvyšší a nejnižší naměřenou hodnotu jsem vyloučil, ze zbylých pěti hodnot jsem stanovil průměr. Následně jsem vzorky zvážil a z těchto dat jsem vypočetl výsledné hodnoty.

Přirozená radioaktivita byla měřena na přístroji SG-1000 LAB. Vzorky před provedením analýz jsem nadrtil a vložil do plastových pouzder o objemu 250 ml. Měření byla prováděna po dobu 1.800 s.

Modální složení granitoidů jsem stanovil planimetrickou analýzou prováděnou pomocí přístroje ELTINOR-4, přičemž na každém výbrusu jsem vyhodnocoval celkem 2000 bodů.

Diagramy (č. 1-6 a 9-30) jsem vytvořil v programu GCDkit 2.3. (Janoušek et al. 2003).

Při určování bazicity plagioklasů jsem zvolil metodu symetrické zóny. Při měření jsem postupoval dle instrukcí Gregerové et al. (2002) – využil jsem křivku pro nízkoteplotní plagioklas (viz obr. 1).



Obr. 1. Maximální úhly zhášení albitových lamel v symetrické zóně (Gregerová et al. 2002)

### 3. Poloha studovaného území

Město Hanušovice (viz obr. 2 ), u kterých se nacházejí zájmové lokality, se svými přibližně 3400 obyvateli se nacházejí v Olomouckém kraji, v Hanušovické vrchovině, 15 km severně od okresního města Šumperk, v údolí řeky Moravy, lemované ze všech stran zalesněnými horskými výběžky masivu Hrubého Jeseníku, jen k jihu jsou otevřeny do postupně se rozšiřujícího údolí Moravy. Hanušovická intruze (viz červené body na mapě) se nachází v katastrálních územích Potůčnick, Hynčice nad Moravou, Hanušovice a Pusté Žibřidovice.

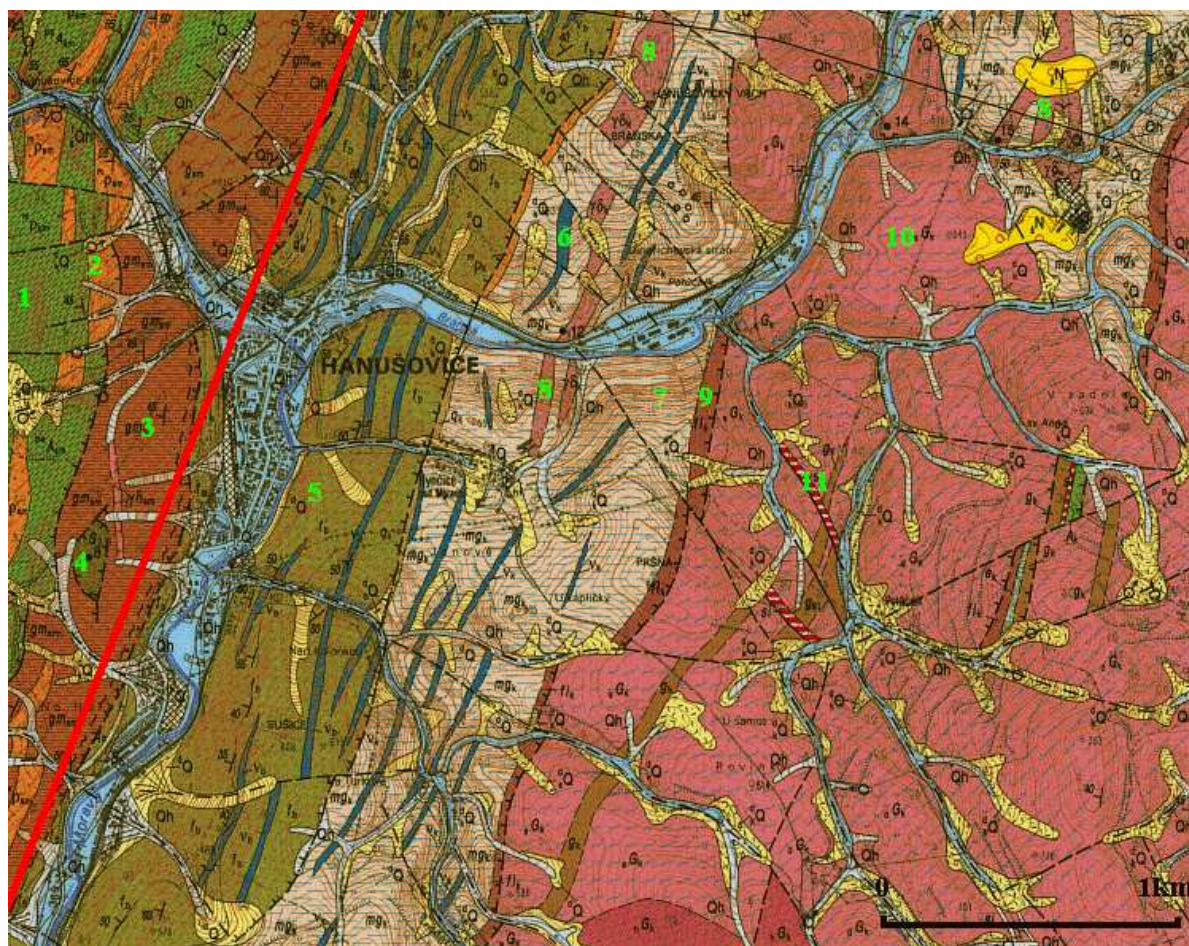


Obr. 2. Poloha Hanušovic s červeně vyznačenými body studovaného území. Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

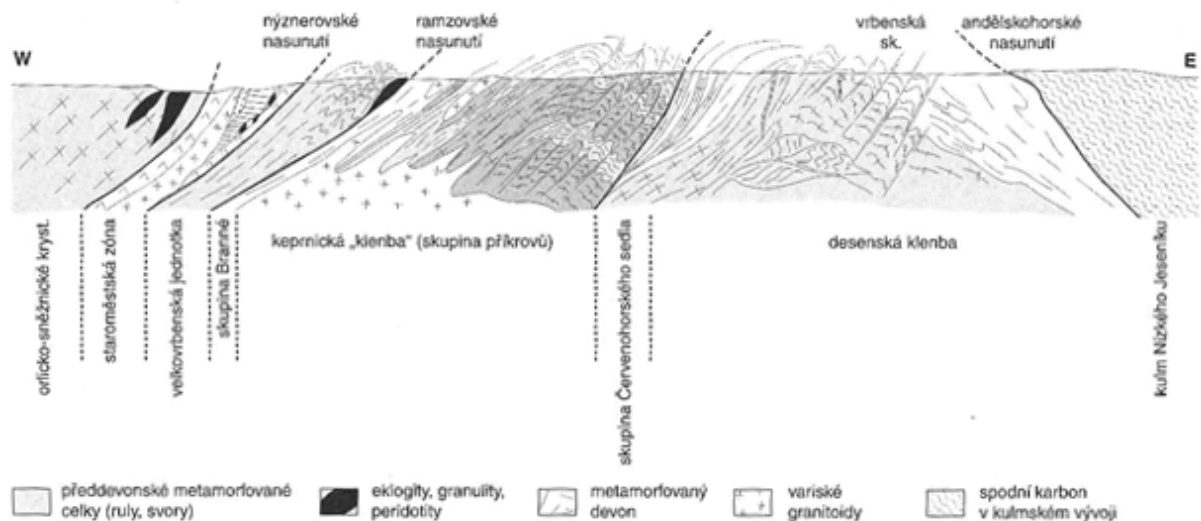
## 4. Geologická charakteristika okolí Hanušovic

Geologická stavba okolí Hanušovic má převážně průběh SSV-JJZ a je tvořena horninovými pruhy. Horniny jsou různě intenzivně metamorfované, mají šupinovitou stavbu a jsou postiženy vrásovými i střížnými deformacemi (Opletal et al. 2000).

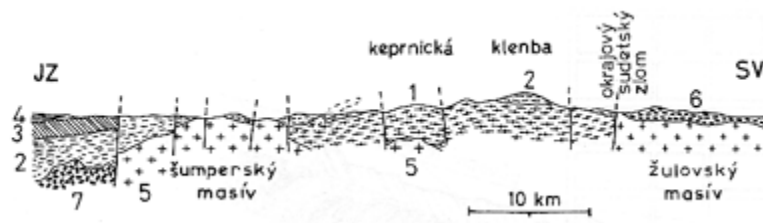
Hanušovice leží na rozhraní dvou geologických celků, lugika a silezika (v podloží lugika). Tento styk je jedním z nejsložitějších území českého masivu. Vystupují zde 2 regionální jednotky: orlicko-sněžnická jednotka (lugikum) a jednotka keprnická (silezikum). Jsou vzájemně oddělené tzv. ramzovským nasunutím, které má však charakter levostranného horizontálního posunu. Obě jednotky mají svrchnoproterozoické až spodnopaleozoické stáří (Opletal et al. 2000).



Obr. 3. Upravená geologická mapa okolí Hanušovic s intruzí granitoidů (8). Červenou linií je přibližně vyznačeno „ramzovské nasunutí“, které dělí 2 geologické celky – lugikum a silezikum (Česká geologická služba 2003). Vysvětlivky k mapě (silně zjednodušeno) : Orlicko-sněžnická jednotka (staroměstská skupina, lugikum): 1.páskovaný amfibolit, 2. metaryolit až metadacit, 3.dvojslídlná rula, 4. serpentinit. Keprnická jednotka (silezikum): 5. dvojslídlný nebo chlorit-sericitický fylit, 6. mramor, 7. dvojslídlný svor až rula, 8. hanušovická intruze, 9. fylonit, 10. biotitická ortonula, 11. žíla křemene



Obr. 4. Zjednodušený schematický geologický profil Hrubým Jeseníkem (podle Schulmanna a Gayera 2000)



Obr. 5. Podélný profil Hrubým Jeseníkem (podle Petránka 1993). 1 - ortoruly, 2 - svory, ruly, migmatity, 3 - zábřežská skupina, 4 - metamorfované sedimenty devonu a kulmu, 5 - granitoidy, 6 - horniny pláště žulovského plutonu, 7 - metabazity

#### 4.1 Orlicko sněžnická jednotka

Dělí se na jaderné a obalové skupiny. V okolí Hanušovic k obalovým skupinám patří staroměstská skupina, která je rozdělena na 6 dílčích tektonických šupin s rozdílným obsahem (Opletal et al. 2000). Schullman et al. (1996) uvádí ve staroměstské skupině tyto typy hornin: ruly, migmatity, leptyno-amfibolitové sekvence s eklogitovými relikty i bez nich, litologicky pestré sekvence s karbonátovými a grafitickými metasedimenty, serpentinity, metagabra apod.

Postavení staroměstské skupiny naznačuje, že jde o alochton, nesoucí v sobě stopy zaniklého sedimentačního prostoru s dnem oceánské povahy (Schulmann et al. 1996). Většina autorů předpokládá, že je staroměstská skupina především pokračováním zábřežské skupiny za bušínským zlomem.

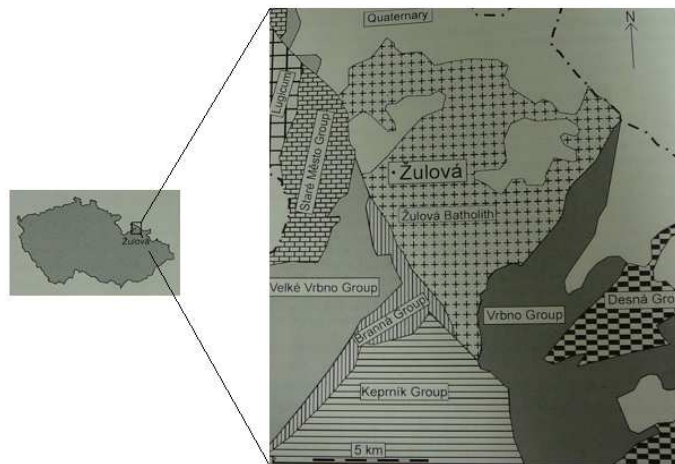
Podle datování (Parry et al. 1997) proběhla nejprve předvariská kambro-ordovická metamorfóza (asi před 500 miliony let). Při variských deformacích pak došlo k intruzi tonalitu (339 Ma) a k regionální metamorfóze odpovídající rozhraní amfibolitové a granulitové facie a současně k retrogresi minerálních asociací eklogitů, granulitů (Pecina et al. 2000).

## 4.2. Keprnická jednotka

Keprnická jednotka je interpretována v současnosti jako příkrovové těleso nasunuté k východu na (para)autochton desenské klenby (např. Cháb et al. 1994, Schulmann et al. 1995). podle Chába et al. (1994) se skládá z jaderné a obalové části (vnitřní a vnější obal), tvořené především skupinou Branné. Jadernou část tvoří těleso hrubozrnné keprnické ortoruly, jejíž protolitem byl velmi pravděpodobně středně až hrubě zrnitý porfyrický monzogranit (Cháb et al. 2008). Z koncentrace stopových prvků, které jsou blízké průměrné kontinentální kůře, lze odvodit, že nejvýznamnějším zdrojem protolitu bylo rozsáhlé tavení zralé kontinentální kůry (Cháb et al. 2008). Vnitřní obal obsahuje staurolitové svory a ruly a biotitické ruly s erlanovými vložkami s mocností od několika milimetrů po desítky metrů, vnější obal se dělí na spodní a svrchní. Spodní část obsahuje různé variety biotitických a biotit-kalcitických fylitů- mnohdy silně mylonitizovaných; z tmavých muskovit-chloritických fylitů, mramorů a neoproterozoického metadacitu (Cháb et al. 2008). Svrchní část vnějšího obalu podle Chába et al. (2008) představuje skupina Branné (devonské stáří), která je složená z kvarcitů, křemenných a oligomiktních metakonglomerátů, tmavých muskovit-chlorit-biotitických fylitů s nečetnými vložkami metatufů a vzácnými mafickými metavulkanity a z mramorů.

## 5. Petrografie granitoidů silesika

### 5.1. Žulovský masiv



Obr.6. Pozice žulovského masivu. Upraveno a zjednodušeno podle Zachovalové et al. (2002).

Vrcholová část žulovského masivu, která vystupuje v severní části silesika, má na našem území přibližnou rozlohu 80km<sup>2</sup> (Chlupáč et al. 2002). Je ohraničen na jihu okrajovým sudetským zlomem a směrem na sever pokračuje do Polska, kde se noří pod terciérní a kvartérní uloženiny. Cháb a Žáček (1994) se domnívají, že toto velké těleso vystoupilo v podobě diapiru za protavování a pohlcování svého pláště blíže k povrchu, které v hloubce pokračuje dále k jihovýchodu. Opírají se o výsledky gravimetrických měření a o četný výskyt pegmatitových a jiných žilných hornin mezi Jeseníkem a Mikulovicemi. Tento masiv je tvořen hlavně biotitickými granodiority, granity až křemennými diority a granitoidy bohatými na xenolity (Chlupáč et al. 2002). Maluski et al. (1995) interpretují radiometrická měření jako odpovídající nejspíše svrchnokarbonskému stáří.

Jedlička (1997) vyčlenil tyto horninové typy:

- 1) Alkalicko živcový granit- sporadický výskyt (lokality Černá Voda a Kostelní vrch)
- 2) Syeno- a monzogranity – hlavní horninové typy, monzogranity v převaze
- 3) Granodiority – ve střední a jižní části masivu
- 4) Tonality – sporadický výskyt (lokality Jasanový vrch)

- 5) Dioritické horniny – značná odlišnost v modálním složení (nejvíce zastoupeny amfibol-biotitické křemenné monzodiority na lokalitě Kaní hora, dříve Hutberg)

Jedlička (1997) dále prezentuje tyto výsledky (zestručněno):

- Podstatná část granitoidů inklinuje k alkalicko-vápenatému trendu, bazičtější horniny k trendu tholeiitovému
- I-typ granitoidů, magnetitová serie
- V diagramech R1-R2 (De la Roche et al. 1980) diferenciační trend od bazičtějších po kyselejší typy, tentýž diagram (Batchelor a Bowden 1985) ukazuje trend k postkolizním až postorogenním granitoidům kaledonského typu
- Radiometrické stáří hlavní intruze pro typ „Sorge“ stanoveno na  $341 \pm 20$  Ma a na  $349 \pm 10$  MA, pro typ „Steinberg“ potom  $335 \pm 7,5$  Ma

Novější práce, např. od Zachovalové et al. (2002), rozděluje žulovský pluton na 2 hlavní litologické typy- mafické enklávy a granity. Mafické horniny pak tvoří menší tělesa, desítky metrů dlouhá, uzavřená v granitech, vyskytující se v jižní části plutonu. Tyto enklávy jsou heterogenní (od tonalitů k melanogranodioritům). Diority a monzodiority jsou méně zastoupeny. Zachovalová et al. (2002) uvádí následující typy hornin:

#### Tonality

Tvoří nepravidelná tělesa s plynulým přechodem do granitů. Tonality jsou melanokrátní, středně zrnité, obsahující hipidiomorfní až idiomorfní zrna plagioklasu a amfibolu, draselný živec, biotit a křemen jsou omezeny méně. Z akcesorií nejčastěji přítomny ilmenit a titanit, dále pak apatit (tvoří až 2 mm dlouhé sloupečky), zirkon, xenotim a allanit.

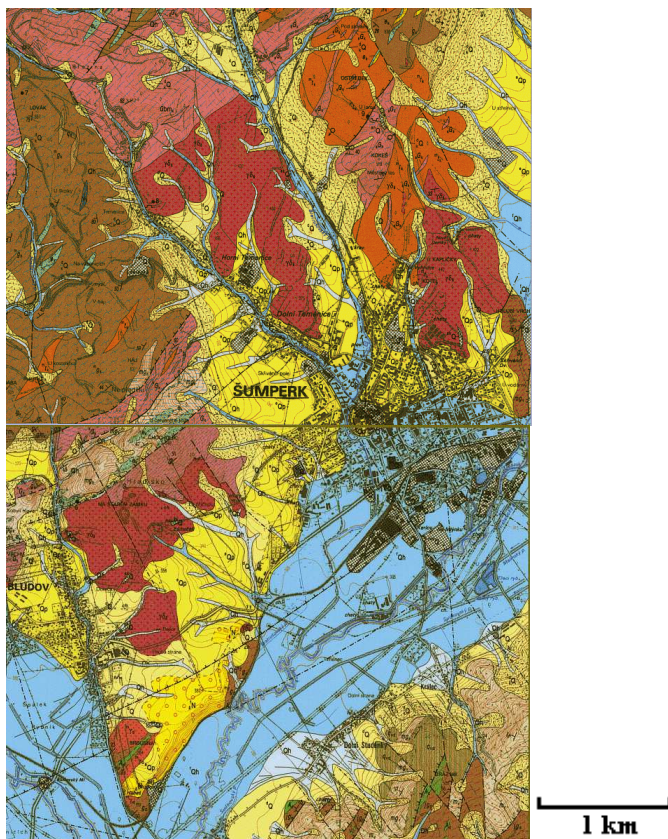
#### Granodiority

Jejich enklávy jsou světlejší a jemnozrnější v porovnání s diority. Jejich minerální složení je stejné jako u tonalitů, liší se však jejich proporcionalita. Granodiority obsahují více draselného živce méně amfibolu, biotitu, ilmenitu a titanitu. Anortitovou složkou bohaté zóny v plagioklasech jsou alterovány na prehnit. Množství apatitu je menší než v tonalitách, za to je vyšší obsah allanitu.

## Granity

Granity tvoří podstatnou část plutonu. Byly dříve děleny na jemnozrnnější a hrubozrnnější typy (Krystek a Harazim 1956), na hlavní a marginální (Musilová 1962) a na alkalicko-živcové granity, syenogranity až monzogranity (Jedlička 1997). Rozdíly mezi jednotlivými typy mohou být vysvětlovány jako produkt rozdílného stupně frakcionace, krystalové akumulace, rozdílnými podmínkami ochlazování nebo asimilace matečného magmatu. Granity obsahují křemen, draselný živec, plagioklas, akcesorický allanit, apatit, zirkon a vzácný monazit.

## 5.2. Šumperský masiv



Obr. 7. Výřez Základní geologické mapy s vyznačením pozice šumperského masivu (vyznačen sytě červenou barvou). Geologické mapy ČR 1:25 000 (Česká geologická služba 2003)

Šumperský masiv (viz obr. 7. ) vystupuje na povrch v několika ostrůvcích, vzájemně od sebe oddělených zbytky krystalinického pláště jižní části keprnické jednotky severně od města Šumperk a také nedaleko obce Bludov západně od Šumperka (Mísař 1959). Zde jeho kontaktní metamorfozou s vápenci vznikl „bludovit“ – erlan s hojným Hesonitem (Chlupáč et al. 2002). Šumperský masiv diskordantně proráží biotitické ruly a migmatity jaderné série,



také i svory s fylity obalové série (Mísař, 1959). Masiv je rozdělen temenickým zlomem na severní a jižní část, těleso protíná systém puklin (Svoboda et al., 1964). Podle Svobody et al. (1964) se nejedná o čistě posttektonické těleso, pravděpodobně utuhlo při doznívajících fázích variské orogeneze za působení tlaku, což podle něj dokazuje oscilační zonálnost plagioklasu, usměrnění biotitu a optických os křemene. Masiv provázejí mocné pegmatitové žíly jednoduchého minerálního složení.

Mísař (1959) uvádí, že horniny masivu jsou po petrologické stránce poměrně jednoduché a jako vysvětlení nabízí, že na povrchu jsou odkryty pouze menší svrchnější partie většího tělesa ukrytého v hloubce. Patrné rozdíly vidí hlavně v kolísání množství biotitu, ve velikosti a množství zrn vyrostlic živců, také v nepatrných změnách zrnitosti.

Mísař (1959) dále uvádí toto minerální složení: podstatné minerály - plagioklas, mikroklin, křemen, biotit, akcesorie a sekundární minerály – apatit, zirkon, magnetit, hematit, rutil, granát, titanit, allanit, chlorit, sericit, kaolinit a limonit. Strukturu popisuje jako převážně granitickou, ale i „granitoporfyrickou“, přičemž vyrostlice tvoří idiomorfnní plagioklasy. Mísař (1959) horninu označuje jako biotitický granodiorit. Podle v současnosti užívané klasifikace plutonitů (Streckeisenova klasifikace z roku 1979) odpovídá Mísařem (1959) uváděné modální složení hornin monzogranitu až granodioritu.

n	Do	Dm	Por	$n_{kN}$	$k_N$	$n_{kA}$	$k_A$	Th	U (Ra)	K
6	2,578	2,655	2,63	5	180	1	1282	14,4	3,2	3,71

Tab. 1 Fyzikální vlastnosti granodioritu SV části šumperského masivu (Opletal et al. 2000) n – počet laboratorně měřených vzorků, Do – objemová hustota, Dm – mineralogická hustota, Por – pórovitost,  $n_{(kN)}$  – počet vzorků s normálními hodnotami magnetické susceptibility,  $k_N$  – průměrná susceptibilita normálních vzorků,  $n_{(kA)}$  – počet vzorků s anomálními hodnotami,  $k_A$  – průměrná susceptibilita anomálních vzorků

### 5.3. Intruze Rudné hory

Intruze Rudné hory vystupuje asi 1 km severozápadně od Vernířovic mezi desenskou skupinou a sobotínským amfibolitovým masivem, na ploše o přibližně 4 km<sup>2</sup>. Na severu je granit Rudné hory utínán bukovickým zlomem a stýká se zde s desenskými rulami, jinak sousedí s horninami sobotínského masivu, převážně amfibolity (viz geol. mapy, Vávra 2002). Podle Hanžla et al. (2007) je stáří intruze raně variské (330 Ma).

Podle Svobody et al. (1964) toto značně heterogenní těleso obsahuje velké množství uzavřenin, je ohraničeno lemem migmatitizovaných metamorfovaných hornin se šířkou nepřesahující několik m. Pod kótou Rudné hory (915 m) se nachází dnes již nečinný lom.

Složením horniny se zabývala řada autorů, např. Svoboda et al. (1964), Mísař et al. (1983), novější práce Vávry (2002) a Hanžla 2007 vycházejí z velmi malého souboru studovaných vzorků. Nejnovější výzkum prováděli Nejeschlebová et al. (2012), kteří na celé ploše intruze odebrali celkem 42 vzorků granitoidů a na základě modálního složení sedmi vzorků z různých částí intruze, reprezentujících všechny makroskopicky rozlišitelné typy či variety, klasifikovali horninu jako alkalicko-živcový granit (4 vzorky), syenogranit (resp. přechod mezi alkalicko-živcovým granitem a syenogranitem, 2 vzorky) a křemenem bohatý granitoid (1 vzorek).

Nejeschlebová (2011) uvádí tyto hlavní horninotvorné minerály: křemen, K-živce a plagioklas, z vedlejších pak biotit a v menší míře muskovit. Živce jsou zastoupeny převážně alkalickými živci s dominancí perthitického živce. Kromě albitu s An<sub><05</sub> byl v syenogranitu určen Nejeschlebovou (2011) plagioklas s An<sub>25-45</sub> metodou symetrické zóny. Křemen vytváří xenomorfní zrna, která undulozně zháší (Nejeschlebová, 2011).

Asociace akcesorických minerálů je poměrně bohatá, Vávra (2002) uvádí magnetit, hematit, ilmenit, rutil, pyrit, apatit, zirkon, xenotim-(Y), monazit-(Ce), bastnäsit-(Ce), allanit-(Ce). Hanžl (2007) tuto asociaci dále rozšiřuje o titanit, epidot a fluorit. Nejeschlebová et al. (2011) zjistili navíc granát (Sp<sub>S46-49</sub>Alm<sub>45-46</sub>), euxenit-(Y), fergusonit-(Y) a cheralit.

Podle Nejeschlebové et al. (2012) jsou granity Rudné hory nevýrazně metaluminické až peraluminické I- granity s hodnotou A/CNK v rozmezí 0,97 až 1,04.

Granit Rudné hory spadá do oblasti WPG kontinentálních granitů. Granit Rudné hory se podobá horninám žulovského a částečně i šumperského plutonu, nelze však mluvit o úplné shodě (Vávra, 2000).

## 5.4. Hanušovická intruze

Hanušovická intruze se nachází ve spodním oddíle skupiny Branné (Opletal et al. 2000) asi 3 kilometry východně od středu města Hanušovice, v její místní části Potůčnick, naproti stejnojmenné železniční zastávce na trati Šumperk-Krnov, a to na obou stranách strmých strání nad říčkou Branná. Proniká zde ostrým stykem do svorů, výchozy tvoří skály až 10 metrů vysoké o délce asi 250 metrů. Druhá oblast je v nedalekých Pustých Žibřidovicích u Jindřichova.

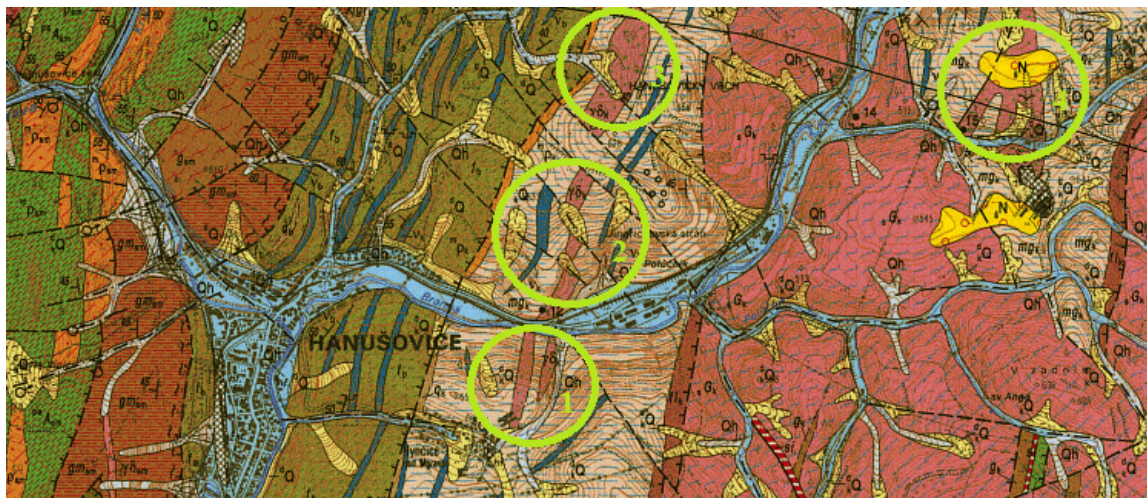
Opletal et al. (2000) stručně popisuje horninu světle šedé až krémové barvy, která je většinou masivní, místy je budinovaná a usměrněná (zvláště v okolí kóty Branská), má granitickou strukturu a místy obsahuje jen malé množství biotitu. Hornina je zde určena jako drobně zrnitý biotitický granodiorit, místy kataklazovaný.

## 6. Výsledky terénních prací

Během terénních prací jsem našel několik skalních výchozů granitoidů v prudkých zalesněných svazích po obou stranách říčky Branné. Z výchozů je zřejmé, že tyto granitoidy intrudovaly do okolních svorů. Nad pravým břehem říčky Branné na tzv. Jindřichovské stráni jde o až 10 metrů vysoké skály až několik desítek metrů dlouhé (přecházející až do skalní hradby). V prostoru této lokality bylo ve svorech zjištěno i několik menších granitových žil o mocnosti jednotek až desítek centimetrů, hojně jsou zde i drobné křemenné žilky, probíhající jak svory, tak i granitoidy. Drobnější, částečně navětralé výchozy granitoidů byly také nalezeny poblíž kóty Branská. Na svazích v prostoru těchto lokalit jsou četné odlomené bloky a balvany granitoidů, pocházející z výše položených skalních výchozů.

Druhé vzdálenější území s výskytem granitoidů se nachází v k. ú. Pusté Žibřidovice, od Potůčnicku je vzdáleno cca 3 km východním směrem. Je v mírném svahu na louce, granitoidy zde netvoří přirozené výchozy, vzorky lze nalézt jen na agrárních haldách.

Hanušovickou intruzi jsem si pracovní rozdělení na 4 části (viz obr. 8.)



Obr. 8. Pracovní rozdělení oblasti intruze na 4 části: 1. Hynčice, 2. Jindřichovská stráž, 3. Branská, 4. Pusté Žibřidovice. (Česká geologická služba 2003)



Obr. 9. Pohled na Jindřichovskou stráň v Potůčníku z levého břehu říčky Branné. Foto: Jan Pospíšil



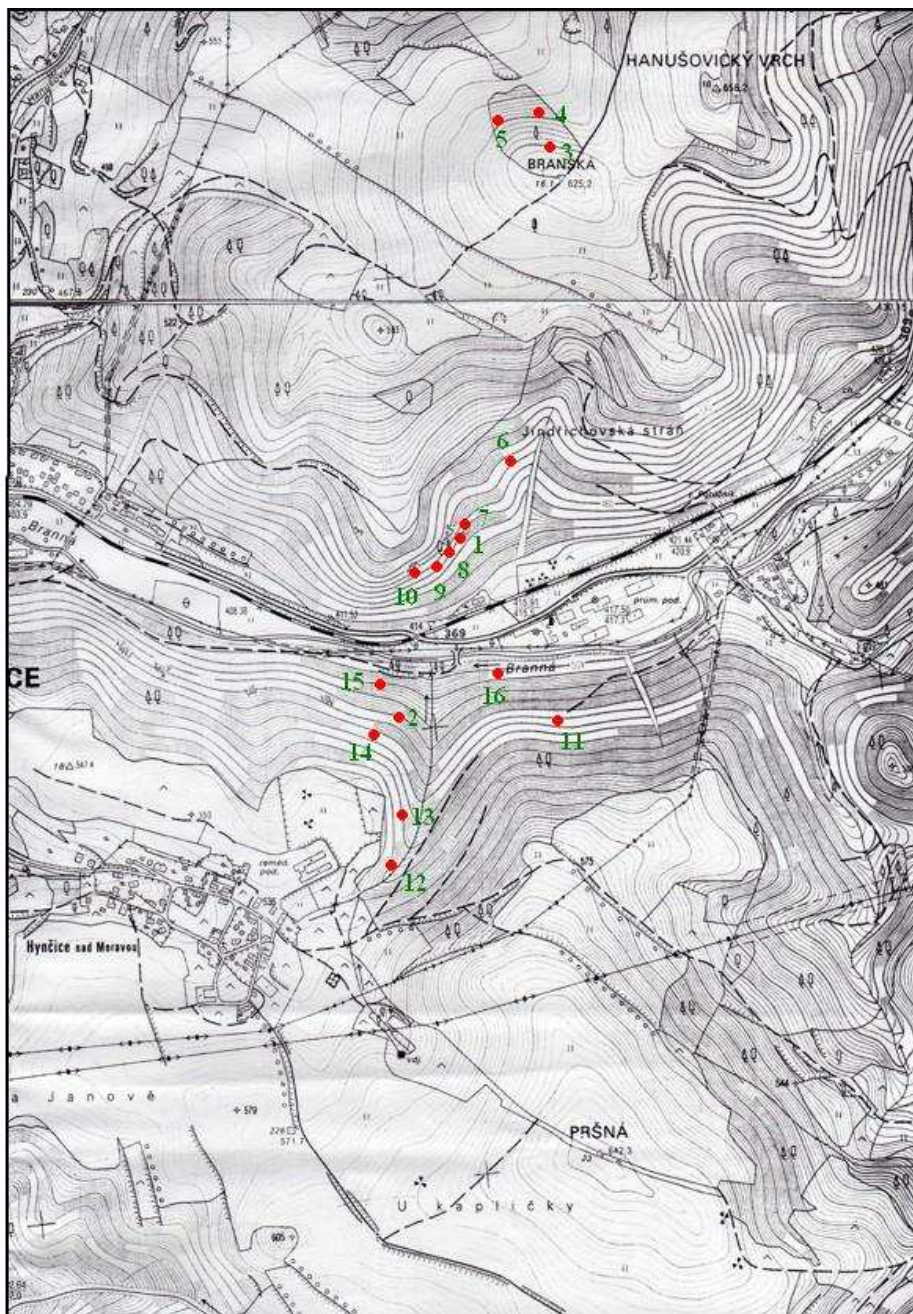
Obr. 10. Jedna z několika vyšších skal u Potůčníku tvořena granitem. Foto: Jan Pospíšil



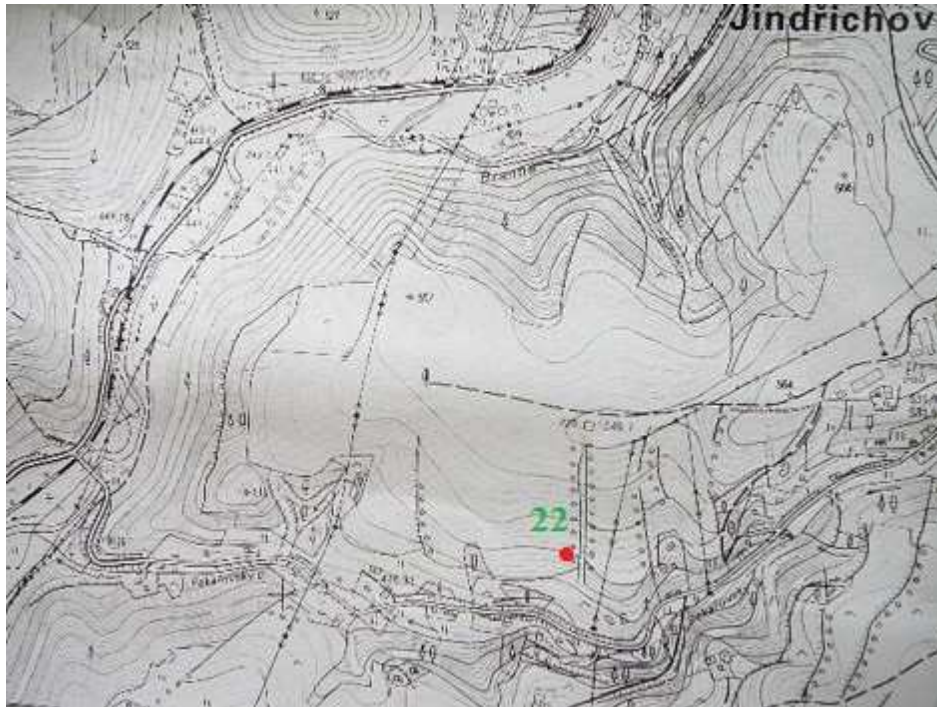
Obr. 11. Styk granitu (níže) se svorem (výše). Pravý břeh Branné, Potůčnick. Foto: Jan Pospíšil



Obr. 12. Leukokratický granit. Potůčnick. Foto: Jan Pospíšil



Obr. 13. Mapa oblasti Potůčnický u Hanušovic s vyznačenými odběry vzorků.



Obr. 14. Mapa s vyznačením místa odběru vzorku v Pustých Zibřidovicích



## 7. Výsledky laboratorních prací

### 7.1. Makroskopický popis horniny

Hornina má světle šedou až krémovou barvu, textura všesměrná, místy však lehce usměrněná. I když byly některé vzorky odebrané jen několik metrů od sebe, někdy se výrazně lišily se svou zrnitostí – nejčastěji je drobnozrnná, místy až středně zrnitá (viz obr. 15.-17. a mikrofotografie). Hornina je leukokratická, z nehojných tmavých minerálů je makroskopicky rozeznatelný pouze biotit.



Obr. 15.-17. Ilustrační makroskopická ukázka variability zrnitosti granitu hanušovické intruze. Foto: Jan Pospíšil

## **7.2. Mikroskopický popis horniny**

Struktura horniny je ve většině výbrusech granitická, zřídka porfyrická, kde vyrostlice tvoří hypautomorfní až automorfní plagioklas o velikosti až kolem 1mm, základní hmotu pak tvoří jemnozrnné komponenty, zejména křemen společně s draselným živcem, méně ostatní minerály.

Ve zhotovených výbrusech byly polarizačním mikroskopem a WDX analýzou identifikovány tyto hlavní minerály: křemen, plagioklas, draselný živec. Ve vedlejším množství pak biotit. Z akcesorických minerálů hlavně titanit, méně apatit, zirkon, muskovit, magnetit, ilmenit, epidot, rutil a thorit. Sekundární minerály jsou zastoupeny chloritem, muskovitem (sericit), přítomny jsou i oxo-hydroxidy Fe.

### **Křemen**

Je to v hornině nejběžnější minerál. Má xenomorfní omezení, v procházejícím světle bezbarvý, místy mírně zakalený jemnými uzavřeninami. Velikost zrn je velmi variabilní, pod 0,1mm (zvláště v základní hmotě hornin s porfyrickou strukturou) až po 0,5mm. Objevuje se slabé undulózní zhášení způsobené tlakovým postižením. Ve výbrusech nalezeno jeho prorůstání s plagioklasem – myrmekit (viz obr. 24.-27.) keříčkového typu.

### **Draselný živec**

Spolu s křemenem tvoří podstatnou část hornin hanušovické intruze. Ve výbrusech má barvu šedobílou až světle nažloutlou, způsobenou produkty přeměny. Jednotlivá zrna jsou xenomorfně až hypautomorfně omezena, místy uzavírají ostatní součástky horniny. Některá z nich vytváří dvojčatné srůsty podle karlovarského zákona. často vykazuje jemné mřížkování charakteristické pro mikroklin. K-živec je v některých výbrusech postižen sericitizací.

### **Plagioklas**

Ve výbruse velmi hojný minerál s vyšším stupněm omezení než křemen a draselný živec-hypautomorfní až automorfní, zvláště pak jeho vzácnější porfyrické vyrostlice. Je bezbarvý až mírně zakalený podobně jako draselný živec, nejnápadnějším znakem je jeho polysyntetické lamelování. Bývá často zonální (viz obr. 29.-31.). Metodou symetrické zóny byla mnou

zkoumaná zrna určena jako oligoklas. Místy s křemenem tvoří myrmekit. Stejně jako draselný živec podléhá na méně čerstvých vzorcích sericitizaci.

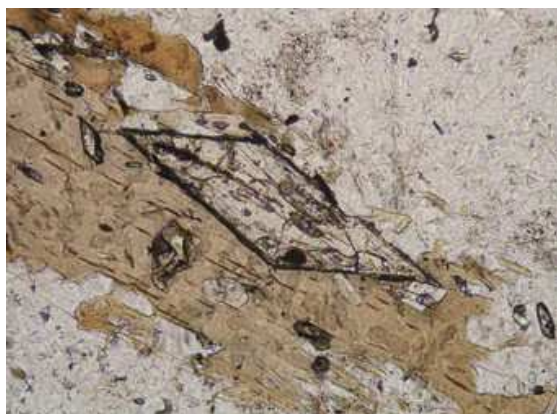
### Biotit

Je to poměrně hojný vedlejší minerál, je xenomorfní až hypautomorfní. Je výrazně pleochroický (jemně nažloutlý x okrově hnědá). Biotit obsahuje značné množství uzavřenin, nejčastěji apatit a zirkon, kolem nichž se vytváří pleochroické dvůrky (obr. 34. a 35.). Hojně se v jeho blízkosti nebo v něm nalézá i titanit. V mírně navětralých vzorcích se od okrajů přeměňuje na chlorit, objevuje se v něm také jehličkovitý rutil (sagenit) - viz obr. 44. a 45.

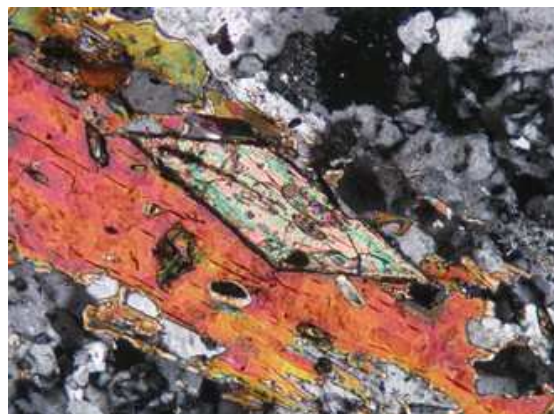
### Akcesorie

Z akcesorií převládá hypautomorfní až automorfní titanit (průřezy tvaru kosočtverce), avšak běžně se také vyskytuje v podobě xenomorfních zrn. Barva je světle žlutá až světle hnědá, má vysoký reliéf a silný dvojlom, málo zřetelný pleochroismus. Uvnitř xenomorfních zrn titanitu se objevují uzavřeniny ilmenitu (resp. ilmenit je titanitem obklopován a snad i zatlačován). Apatit je bezbarvý, automorfně omezený, sloupcovitě protažený, příčné průřezy mají tvar šestiúhelníku, jsou velmi malých rozměrů s výrazným reliéfem a nízkými interferenčními barvami. Kolem jeho uzavřenin v biotitu se vytváří pleochroické dvůrky. Muskovit se v hornině nalézá hlavně jako produkt přeměny živců ve formě sericitu, ojediněle jsou v hornině přítomny i větší lupínky tohoto minerálu. Magnetit tvoří ojedinělá, především automorfně omezená zrna malých rozměrů, nepravidelně roztroušená v ploše výbrusu.

### 7.3. Mikrofotografie minerálů



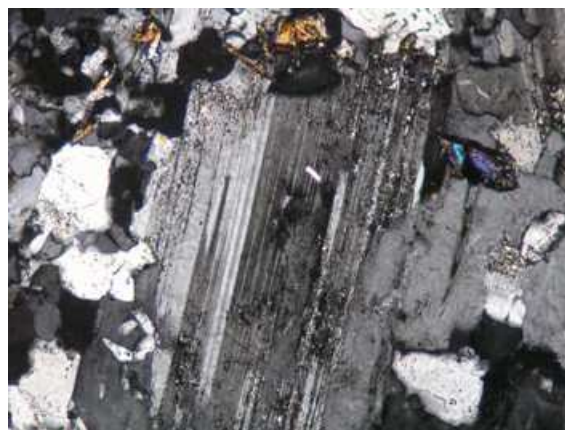
Obr.18. Titanit, PPL, šířka snímku 0,5mm



Obr.19. Titanit, XPL, šířka snímku 0,5mm



Obr.20 Plagioklas, titanit, PPL, šířka snímku 1mm



Obr.21 Plagioklas, titanit, XPL, šířka snímku 1mm



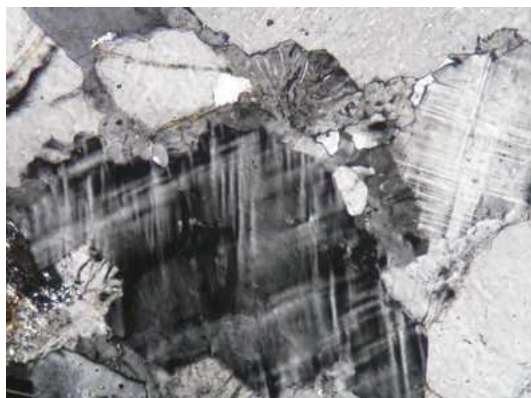
Obr.22. Vyroستlice plagioklasu, PPL, šířka snímku 2mm



Obr.23. Vyroستlice plagioklasu, XPL, šířka snímku 2mm



Obr. 24. Mikroklin, myrmekit, PPL, šířka snímku 1mm



Obr. 25. Mikroklin, myrmekit, XPL, šířka snímku 1mm



Obr.26. Myrmekit, PPL, šířka snímku 0,5 mm



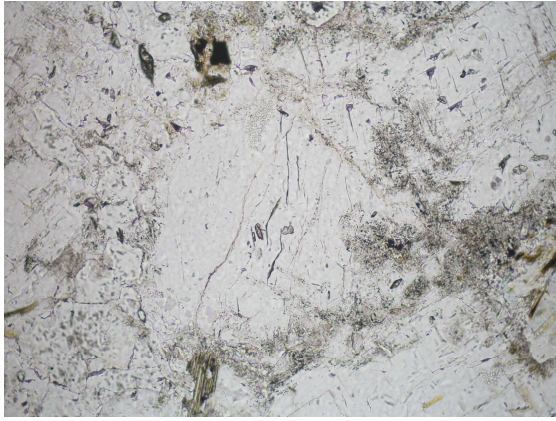
Obr.27. Myrmekit, XPL, šířka snímku 0,5mm



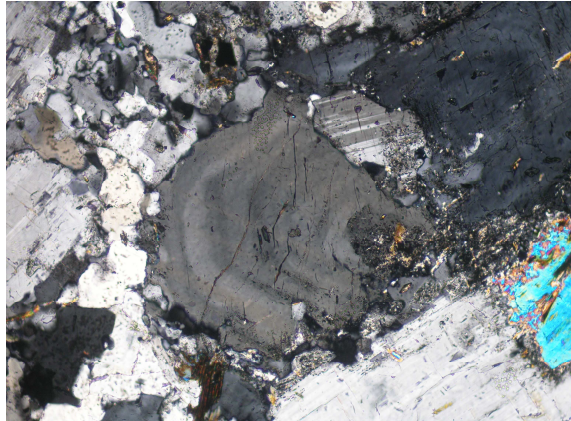
Obr.28.Plagioklas, mikroklin, XPL, šířka snímku 1 mm



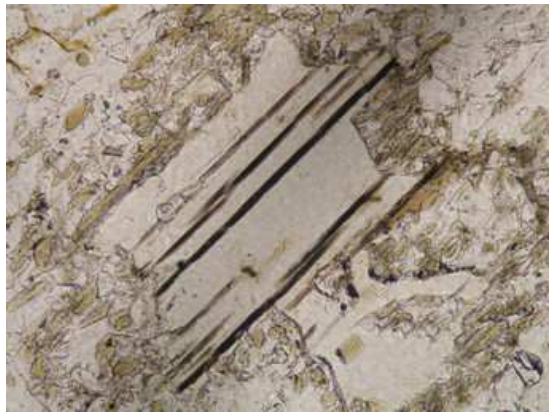
Obr.29. Zonální plagioklas, šířka snímku 0,5 mm



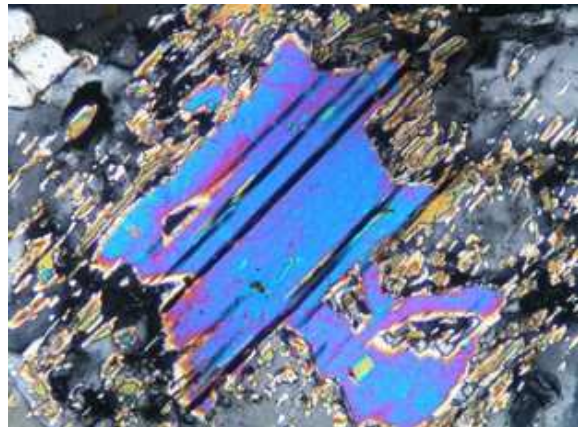
Obr.30 Zonální plagioklas, PPL, šířka snímku 1mm



Obr.31 Zonální plagioklas, XPL, šířka snímku 1mm



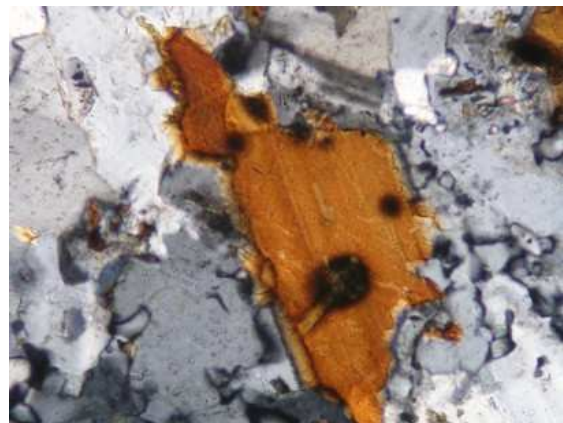
Obr.32 Muskovit, PPL, šířka snímku 0,5mm



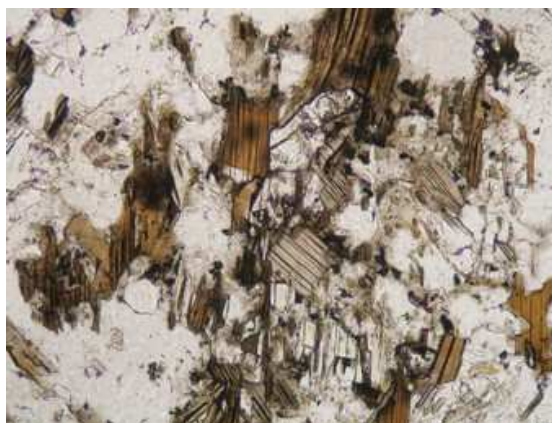
Obr.33 Muskovit, XPL, šířka snímku 0,5mm



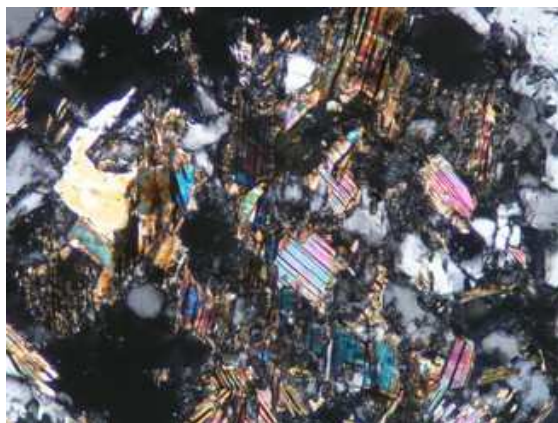
Obr.34. Pleochroické dvůrky v biotitu, PPL, šířka snímku 0,5mm



Obr.35 Pleochroické dvůrky v biotitu, XPL, šířka snímku 0,5 mm



Obr. 36. Shluk biotitu, PPL, šířka snímku 1mm



Obr. 37. Shluk biotitu, XPL, šířka snímku 1mm



Obr. 38. Plagioklas, muskovit, PPL, šířka snímku 0,2mm



Obr. 39. Plagioklas, muskovit, XPL, šířka snímku 0,2mm



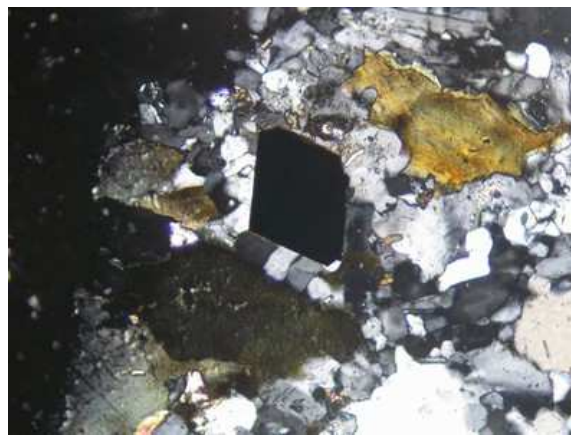
Obr. 40. Plagioklas, PPL, šířka snímku 0,5mm



Obr. 41. Plagioklas, XPL, šířka snímku 0,5mm



Obr. 42. Magnetit, PPL, šířka snímku 0,5mm



Obr. 43. Magnetit, XPL, šířka snímku 0,5mm



Obr. 44. Rutil v plagioklasu, PPL, šířka snímku 0,5mm



Obr. 45. Rutil v plagioklasu, PPL, šířka snímku 0,5mm

## 7.4. Sukcese minerálů

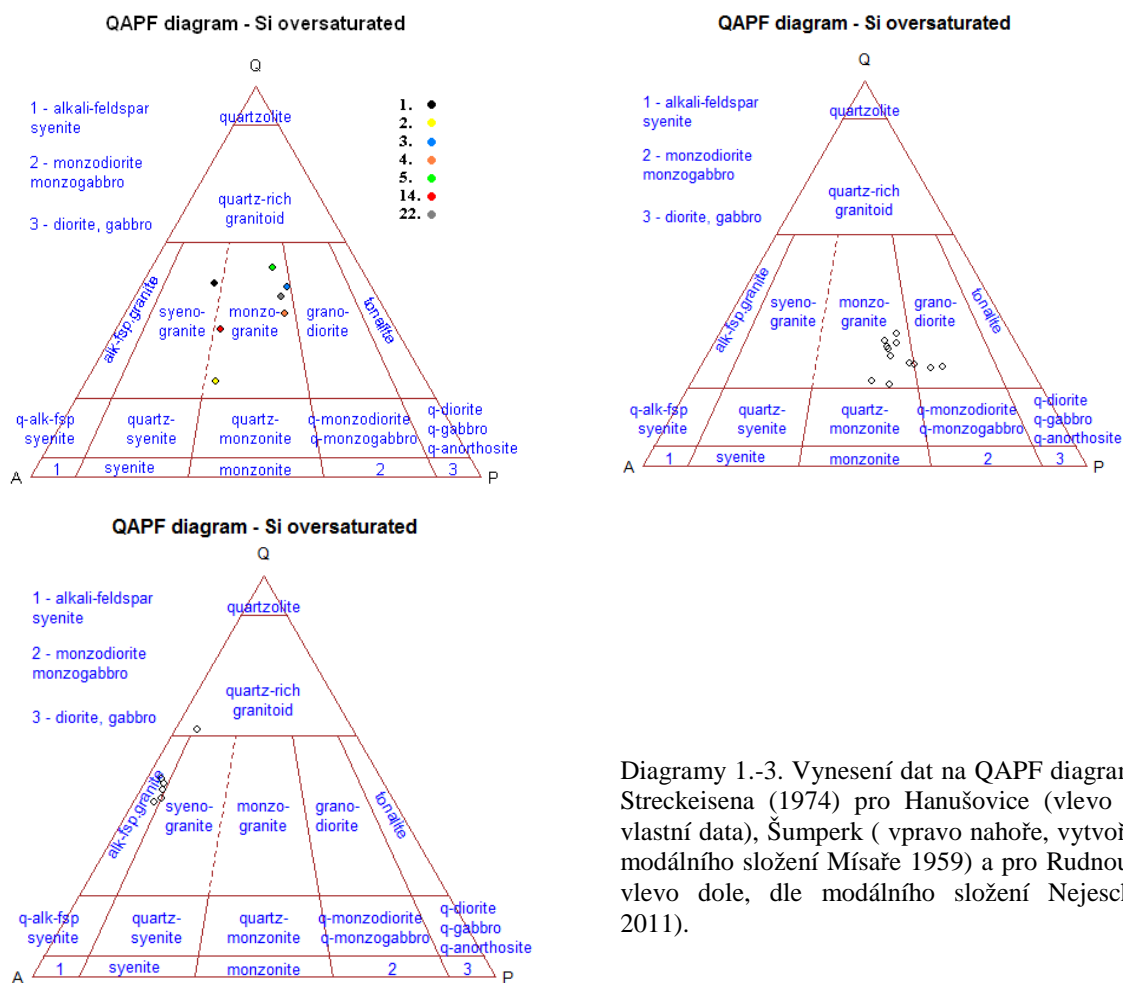
Studováním výbrusů jsem minerální sukcesi určil takto: nejdříve vykristalovaly akcesorické minerály, zejména apatit, protože tvoří uzavřeniny ve všech ostatních součástech horniny. Z vedlejších a hlavních horninotvorných minerálů je nejstarší biotit a plagioklas. Biotit byl dle mého názoru původně omezen automorfně, jeho současný místy zubovitý vzhled je způsoben buď postupným zatlačováním, korozí nebo uzavíráním mladšími minerály (K-živce, křemen). Vztah biotitu a plagioklasu nelze jasně hodnotit. Mezi světlými minerály je plagioklas nepochybně nejstarší (často má hypautomorfní až automorfní vývin). Po plagioklasu v krystalizační posloupnosti následuje draselný živec a nakonec křemen, který často vyplňuje intergranulární prostory.



## 7.5. Modální složení hornin

vz. č.	křemen	K-živec	plagioklas	biotit	titanit	apatit	opakní	muskovít
1	46,05	31,95	15,20	6,20	0,40	0,05	0,10	0,05
2	23,05	44,10	27,10	4,95	0,35	0,00	0,00	0,45
3	46,30	17,75	31,35	3,95	0,15	0,00	0,15	0,35
4	38,80	21,00	32,80	6,90	0,35	0,05	0,00	0,10
5	49,15	18,00	24,70	7,65	0,40	0,00	0,10	0,00
14	35,35	36,45	22,00	5,90	0,25	0,00	0,00	0,05
22	42,55	19,75	29,95	1,10	0,05	0,00	0,05	6,55

Tab. 2. Výsledky provedených planimetrických analýz granitoidů hanušovické intruze.



Diagramy 1.-3. Vynesení dat na QAPF diagram podle Streckeiseana (1974) pro Hanušovice (vlevo nahoře, vlastní data), Šumperk (vpravo nahoře, vytvořeno dle modálního složení Mísaře 1959) a pro Rudnou horu (vlevo dole, dle modálního složení Nejeschlebové 2011).

## 7.6. Výsledky WDX analýz hanušovické intruze

č. vz.	15	15	14	14	14
č. an.	42	44	53	56	58
SiO <sub>2</sub>	65,72	65,76	66,63	65,84	65,51
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,8	21,66	20,77	21,74	21,63
BaO	0	0	0	0	0
CaO	2,99	2,78	1,79	2,66	2,31
FeO	0	0	0,01	0,02	0,02
SrO	0,21	0,15	0,11	0,29	0,21
Na <sub>2</sub> O	9,83	9,87	10,89	10,33	10,38
K <sub>2</sub> O	0,11	0,19	0,18	0,27	0,19
Total	100,7	100,41	100,38	101,2	100,25
Si <sup>4+</sup>	2,88	2,88	2,92	2,87	2,88
Al <sup>3+</sup>	1,12	1,12	1,07	1,12	1,12
Ca <sup>2+</sup>	0,14	0,13	0,08	0,12	0,11
Sr <sup>2+</sup>	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01
Na <sup>+</sup>	0,83	0,84	0,93	0,87	0,88
K <sup>+</sup>	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
CATSUM	4,98	4,98	5,01	5,01	5,01
An	14	13	8	12	11

č. vz.	3	3	3	3
č. an.	4	5	6	7
SiO <sub>2</sub>	64	65,5	64,7	64,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,5	20,5	21,1	21,1
BaO	0,09	0	0	0
CaO	2,56	1,44	2,21	2,04
FeO	0,05	0	0,04	0
SrO	0,34	0,34	0,49	0,32
Na <sub>2</sub> O	10,8	11,1	10,4	10,2
K <sub>2</sub> O	0,16	0,23	0,39	0,36
Total	99,5	99,1	99,3	98,7
Si <sup>4+</sup>	2,85	2,91	2,88	2,89
Al <sup>3+</sup>	1,13	1,07	1,11	1,11
Ca <sup>2+</sup>	0,12	0,07	0,11	0,10
Sr <sup>2+</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01
Na <sup>+</sup>	0,94	0,96	0,90	0,89
K <sup>+</sup>	0,01	0,01	0,02	0,02
CATSUM	5,06	5,04	5,03	5,01
An	11	7	11	10

Tab. 3. a 4. Výsledky WDX analýz živců (přepočten na 8 aniontů). Analýzy č. 4-7 jsou pro jeden zonální plagioklas.

č. vz.	14	č. vz.	14
č. an.	51	č. an.	51
W <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	P <sup>5+</sup>	0,002
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07	Si <sup>4+</sup>	0,997
SiO <sub>2</sub>	32,66	Zr <sup>4+</sup>	0,963
ZrO <sub>2</sub>	64,69	Hf <sup>4+</sup>	0,008
HfO <sub>2</sub>	0,93	Th <sup>4+</sup>	0,004
ThO <sub>2</sub>	0,56	U <sup>4+</sup>	0,007
UO <sub>2</sub>	0,98	Ti <sup>4+</sup>	0,002
TiO <sub>2</sub>	0,1	Y <sup>3+</sup>	0,005
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,3	Al <sup>3+</sup>	0,001
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	Bi <sup>3+</sup>	0,001
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,11	Sc <sup>3+</sup>	0,003
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,13	Yb <sup>3+</sup>	0,001
Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,07	Ca <sup>2+</sup>	0,002
CaO	0,07	Fe <sup>2+</sup>	0,016
FeO	0,61	CATSUM	2,012
total	101,3		

č. vz.	16	č. vz.	16
č. an.	48	č. an.	48
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03	P <sup>5+</sup>	0,001
SiO <sub>2</sub>	31,7	Si <sup>4+</sup>	1,001
ZrO <sub>2</sub>	62,16	Zr <sup>4+</sup>	0,957
ThO <sub>2</sub>	0,01	Th <sup>4+</sup>	0,000
HfO <sub>2</sub>	1,34	Hf <sup>4+</sup>	0,012
UO <sub>2</sub>	2,64	U <sup>4+</sup>	0,019
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,22	Y <sup>3+</sup>	0,004
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,06	Sc <sup>3+</sup>	0,002
CaO	0,21	Ca <sup>2+</sup>	0,007
FeO	0,26	Fe <sup>2+</sup>	0,007
total	98,63	CATSUM	2,008

Tab. 5. a 6. Výsledky WDX analýz zirkonu (přepočten na 4 anionty)

č. vz.	3	3	4
č. an.	2	8	10
SiO <sub>2</sub>	37,52	37,22	36,40
TiO <sub>2</sub>	1,81	2,20	1,75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,82	15,23	14,07
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,05
BaO	0,00	0,72	0,58
MgO	9,87	10,67	10,29
FeO	19,90	20,13	21,91
MnO	0,46	0,43	0,39
K <sub>2</sub> O	9,63	9,74	9,48
Cl	0,00	0,00	0,06
F	1,69	2,10	2,67
O=Cl	0,00	0,00	-0,01
O=F	-0,71	-0,88	-1,12
total	95,99	97,57	96,51
Si <sup>4+</sup>	2,82	2,77	2,76
Ti <sup>4+</sup>	0,10	0,12	0,10
Al <sup>3+</sup>	1,40	1,34	1,26
Ba <sup>2+</sup>	0,00	0,02	0,02
Mg <sup>2+</sup>	1,11	1,19	1,16
Fe <sup>2+</sup>	1,25	1,26	1,39
Mn <sup>2+</sup>	0,03	0,03	0,03
K <sup>+</sup>	0,92	0,93	0,92
CATSUM	7,64	7,65	7,64
F <sup>-</sup>	0,40	0,50	0,64
Cl <sup>-</sup>	0,00	0,00	0,01
O <sup>2-</sup>	10,60	10,51	10,35

č. vz.	15	15	16	16	14	14	13
č. an.	41	43	45	50	52	54	59
SiO <sub>2</sub>	38,41	38,57	37,52	37,46	38,20	38,60	36,21
TiO <sub>2</sub>	1,94	1,98	2,43	2,66	2,38	2,44	2,55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,31	15,23	14,50	14,29	14,98	14,99	16,33
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,12	0,00	0,02	0,03	0,02	0,01	0,07
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,06	0,00	0,04	0,06	0,06	0,00	0,03
BaO	0,42	0,16	0,10	0,61	0,35	0,39	0,13
MgO	11,28	11,48	10,85	10,64	10,81	10,78	8,70
CaO	0,00	0,01	0,10	0,00	0,00	0,00	0,03
FeO	18,80	18,45	20,36	21,62	19,83	20,04	22,59
MnO	0,25	0,26	0,25	0,29	0,26	0,23	0,28
NiO	0,00	0,00	0,07	0,00	0,07	0,00	0,00
ZnO	0,19	0,00	0,00	0,08	0,06	0,00	0,16
Na <sub>2</sub> O	0,03	0,03	0,12	0,04	0,12	0,13	0,04
K <sub>2</sub> O	9,85	10,12	9,60	9,78	9,68	9,75	9,62
Cl	0,05	0,03	0,20	0,23	0,04	0,03	0,12
F	2,60	2,65	2,12	2,21	2,56	2,73	0,55
O=Cl	-0,01	-0,01	-0,05	-0,05	-0,01	-0,01	-0,03
O=F	-1,01	-1,12	-0,89	-0,93	-1,08	-1,15	-0,23
total	98,29	97,84	97,34	99,02	98,33	98,96	97,15
Si <sup>4+</sup>	2,81	2,82	2,79	2,77	2,80	2,79	2,75
Ti <sup>4+</sup>	0,11	0,11	0,14	0,15	0,13	0,13	0,15
Al <sup>3+</sup>	1,32	1,31	1,27	1,25	1,29	1,29	1,46
Cr <sup>3+</sup>	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba <sup>2+</sup>	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00
Mg <sup>2+</sup>	1,23	1,25	1,20	1,17	1,18	1,18	0,99
Ca <sup>2+</sup>	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe <sup>2+</sup>	1,15	1,13	1,27	1,34	1,22	1,23	1,44
Mn <sup>2+</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
Zn <sup>2+</sup>	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Na <sup>+</sup>	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01
K <sup>+</sup>	0,92	0,94	0,91	0,92	0,91	0,91	0,93
CATSUM	7,58	7,58	7,63	7,64	7,57	7,58	7,76
Cl <sup>-</sup>	0,01	0,00	0,03	0,03	0,01	0,00	0,02
F <sup>-</sup>	0,60	0,61	0,50	0,52	0,59	0,63	0,13
O <sup>2-</sup>	10,39	10,39	10,47	10,45	10,40	10,37	10,85

Tab. 7. a 8. Výsledky WDX analýz biotitu (přepočeno na 11 aniontů)

č. vz.	15	16	14	14	13
č. an.	39	46	55	57	62
Na <sub>2</sub> O	0,04	0,05	0,03	0,11	0,12
SiO <sub>2</sub>	31,12	30,62	30,94	31,05	31,48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,74	2,80	3,47	4,09	4,45
MgO	0,03	0,03	0,05	0,07	0,03
ZrO	0,11	0,11	0,06	0,06	0,00
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,21	0,21	0,38	0,36	0,00
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00
SnO <sub>2</sub>	0,02	0,01	0,00	0,02	0,07
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,06	0,22	0,10	0,07	0,18
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05
FeO	0,01	1,05	0,87	0,95	0,80
MnO	0,02	0,02	0,00	0,03	0,08
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,08	0,11	0,05	0,04	0,04
CaO	28,82	28,51	28,22	28,29	28,53
F	1,02	0,92	0,90	0,95	1,57
TiO <sub>2</sub>	33,34	34,64	33,32	32,92	32,30
BaO	0,35	0,53	0,57	0,47	0,00
Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,10	0,03	0,00	0,02
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,21	0,37	0,30	0,29	0,13
O=F	-0,43	-0,39	-0,38	-0,40	-0,66
Total	98,81	99,93	98,94	99,37	99,19
Nb <sup>5+</sup>	0,001	0,003	0,001	0,001	0,003
Sn <sup>4+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Si <sup>4+</sup>	1,022	1,005	1,021	1,019	1,024
Ti <sup>4+</sup>	0,823	0,855	0,827	0,812	0,790
Zr <sup>4+</sup>	0,002	0,002	0,001	0,001	0,000
Al <sup>3+</sup>	0,145	0,108	0,135	0,158	0,171
Ce <sup>3+</sup>	0,003	0,003	0,005	0,004	0,000
V <sup>3+</sup>	0,002	0,003	0,001	0,001	0,001
Nd <sup>3+</sup>	0,002	0,004	0,004	0,003	0,002
Pr <sup>3+</sup>	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Ba <sup>2+</sup>	0,005	0,007	0,007	0,006	0,000
Mg <sup>2+</sup>	0,001	0,001	0,002	0,003	0,001
Ca <sup>2+</sup>	1,014	1,002	0,998	0,994	0,994
Fe <sup>2+</sup>	0,000	0,029	0,024	0,026	0,022
Mn <sup>2+</sup>	0,001	0,001	0,000	0,001	0,002
Na <sup>+</sup>	0,003	0,003	0,002	0,007	0,008
CATSUM	3,024	3,027	3,028	3,036	3,019
F <sup>-</sup>	0,106	0,095	0,094	0,099	0,161
O <sup>2-</sup>	4,894	4,905	4,906	4,901	4,839

č. vz.	3	4
č. an.	1	13
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,06	0,00
SiO <sub>2</sub>	29,97	29,61
TiO <sub>2</sub>	32,95	32,29
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,37	3,52
BaO	0,41	0,37
MgO	0,05	0,04
CaO	28,05	27,99
FeO	1,06	1,12
MnO	0,05	0,00
F	0,74	0,85
O=F	-0,31	-0,36
Total	96,40	95,43
Nb <sup>5+</sup>	0,001	0,000
Si <sup>4+</sup>	1,013	1,011
Ti <sup>4+</sup>	0,838	0,829
Al <sup>3+</sup>	0,134	0,142
Ba <sup>2+</sup>	0,005	0,005
Mg <sup>2+</sup>	0,003	0,002
Ca <sup>2+</sup>	1,016	1,024
Fe <sup>2+</sup>	0,030	0,032
Mn <sup>2+</sup>	0,001	0,000
CATSUM	3,041	3,045
F <sup>-</sup>	0,079	0,092
O <sup>2-</sup>	4,921	4,908

Tab. 9 a 10. Výsledky WDX analýz titanitu (přečteno na 5 aniontů)

č. vz.	3	č. vz.	3
č. an.	3	č. an.	3
SiO <sub>2</sub>	37,69	Si <sup>4+</sup>	2,994
TiO <sub>2</sub>	0,18	Ti <sup>4+</sup>	0,001
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26,12	Al <sup>3+</sup>	2,446
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04	V <sup>3+</sup>	0,003
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,18	Fe <sup>3+</sup>	0,549
MgO	0,04	Mg <sup>2+</sup>	0,005
CaO	22,85	Ca <sup>2+</sup>	1,945
MnO	0,14	Mn <sup>2+</sup>	0,009
Na <sub>2</sub> O	0,09	Na <sup>+</sup>	0,014
K <sub>2</sub> O	0,04	K <sup>+</sup>	0,004
F	0,21	CATSUM	7,975
O=F	-0,09	F <sup>-</sup>	0,005
Total	96,49	O <sup>2-</sup>	12,447

Tab. 11. Výsledky WDX analýzy epidotu (přepočteno na 12,5 aniontů)

č. vz.	3	č. vz.	3
č. an.	9	č. an.	9
TiO <sub>2</sub>	0,13	Ti <sup>4+</sup>	0,004
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10	Al <sup>3+</sup>	0,005
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04	V <sup>3+</sup>	0,001
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	68,41	Fe <sup>3+</sup>	1,994
MgO	0,00	Fe <sup>2+</sup>	0,992
FeO	30,64	CATSUM	2,996
Total	99,32		

Tab. 13. Výsledky WDX analýzy magnetitu ( přepočet na 4 anionty)

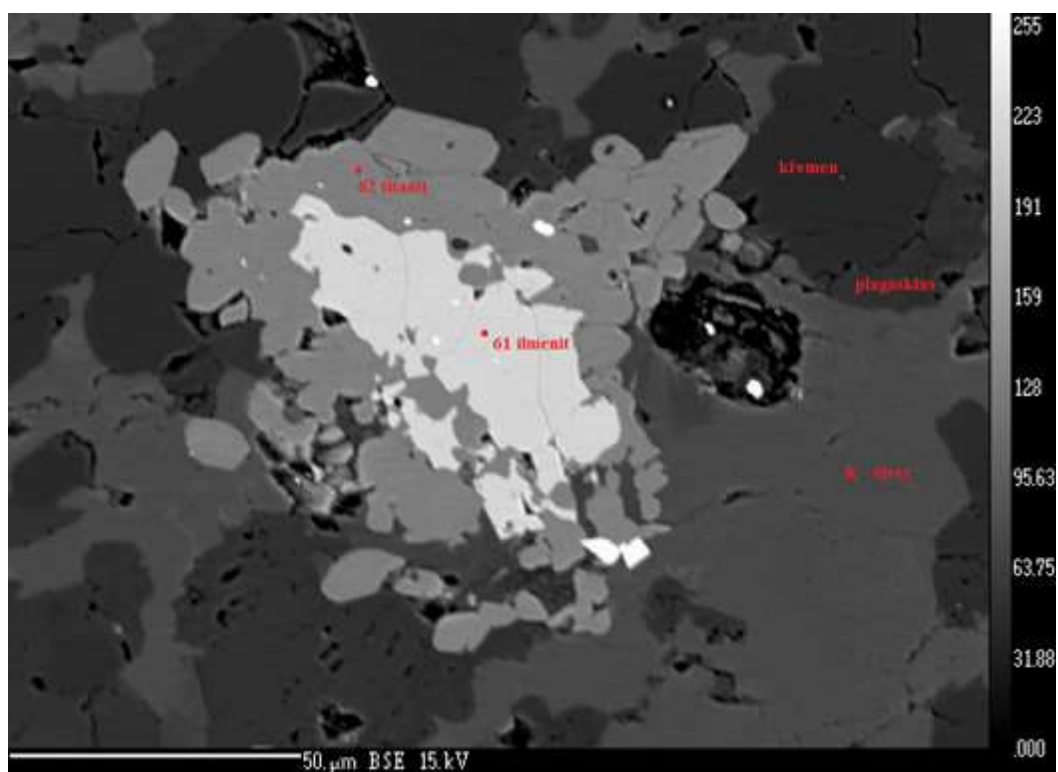
č. vz.	15	13	13
č. an.	40	60	61
WO <sub>3</sub>	0,10	0,00	0,12
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,10	0,10	0,08
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,00	0,00
SiO <sub>2</sub>	0,05	1,11	0,04
TiO <sub>2</sub>	55,60	53,65	54,22
ZrO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,32	0,01
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,04
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,03	0,00
MgO	0,01	0,15	0,00
CaO	0,66	1,66	0,28
FeO	38,15	37,81	41,66
MnO	3,82	3,63	1,85
ZnO	1,03	0,37	0,30
Total	99,54	98,83	98,60

Tab. 12. Výsledky WDX analýz ilmenitu (přepočteno na 3 anionty)

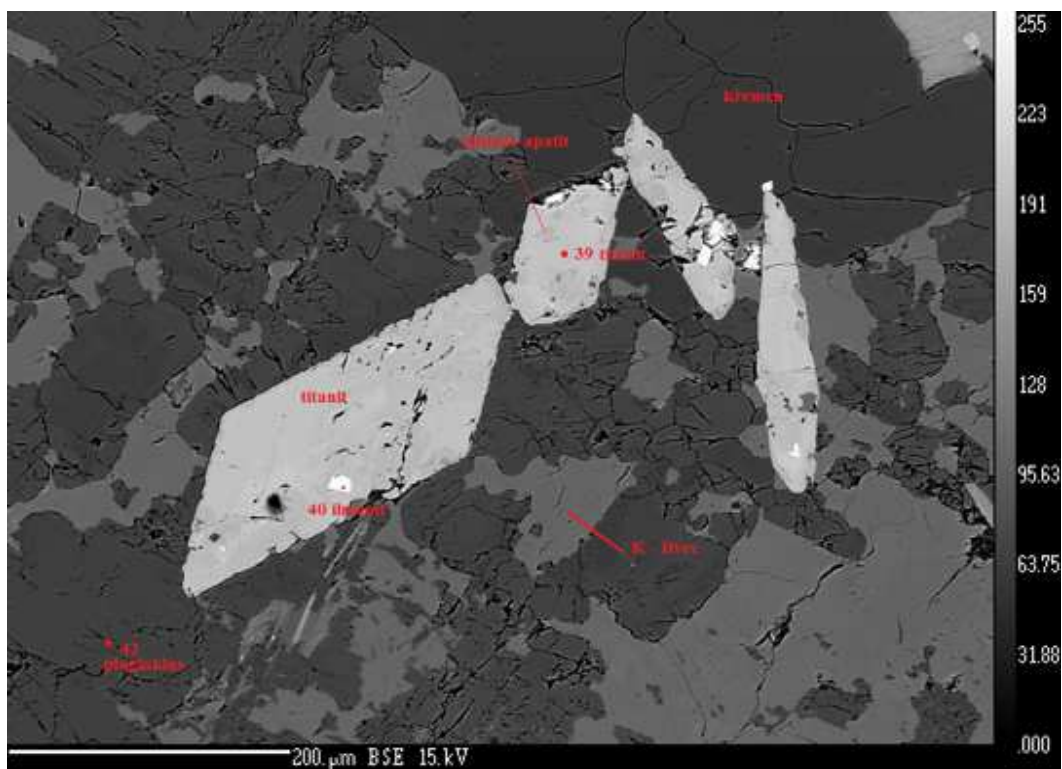
č. vz.	15	13	13
č. an.	40	60	61
W <sup>6+</sup>	0,001	0,000	0,001
Nb <sup>5+</sup>	0,001	0,001	0,001
Si <sup>4+</sup>	0,001	0,028	0,001
Ti <sup>4+</sup>	1,040	1,003	1,030
Al <sup>3+</sup>	0,000	0,009	0,000
V <sup>3+</sup>	0,000	0,000	0,001
Sc <sup>3+</sup>	0,000	0,001	0,000
Mg <sup>2+</sup>	0,000	0,006	0,000
Ca <sup>2+</sup>	0,018	0,044	0,008
Fe <sup>2+</sup>	0,794	0,786	0,880
Mn <sup>2+</sup>	0,080	0,076	0,040
Zn <sup>2+</sup>	0,019	0,007	0,006
CATSUM	1,954	1,961	1,968

č. vz.	16	č. vz.	16
č. an.	47	č. an.	47
WO <sub>3</sub>	0,06	W <sup>6+</sup>	0,001
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,92	P <sup>5+</sup>	0,039
ThO <sub>2</sub>	55,50	Th <sup>4+</sup>	0,637
SiO <sub>2</sub>	18,11	Si <sup>4+</sup>	0,914
TiO <sub>2</sub>	0,68	Ti <sup>4+</sup>	0,026
ZrO <sub>2</sub> korr	1,82	Zr <sup>4+</sup>	0,045
SO <sub>2</sub>	0,13	S <sup>4+</sup>	0,006
UO <sub>2</sub> korr	3,16	U <sup>4+</sup>	0,035
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,60	Y <sup>3+</sup>	0,043
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,16	La <sup>3+</sup>	0,003
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,18	Ce <sup>3+</sup>	0,022
Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,24	Pr <sup>3+</sup>	0,004
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,81	Nd <sup>3+</sup>	0,033
Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,61	Sm <sup>3+</sup>	0,028
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,72	Gd <sup>3+</sup>	0,029
Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,32	Dy <sup>3+</sup>	0,005
Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10	Er <sup>3+</sup>	0,002
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,50	Al <sup>3+</sup>	0,089
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> korr	0,07	As <sup>3+</sup>	0,002
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,21	Sc <sup>3+</sup>	0,009
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,12	Bi <sup>3+</sup>	0,002
CaO	0,16	Ca <sup>2+</sup>	0,009
FeO	2,74	Fe <sup>2+</sup>	0,116
PbO korr	0,01	Pb <sup>2+</sup>	0,000
F korr	0,55	CATSUM	2,099
O=F	-0,23	F <sup>-</sup>	0,088
total	94,25	O <sup>2-</sup>	3,912

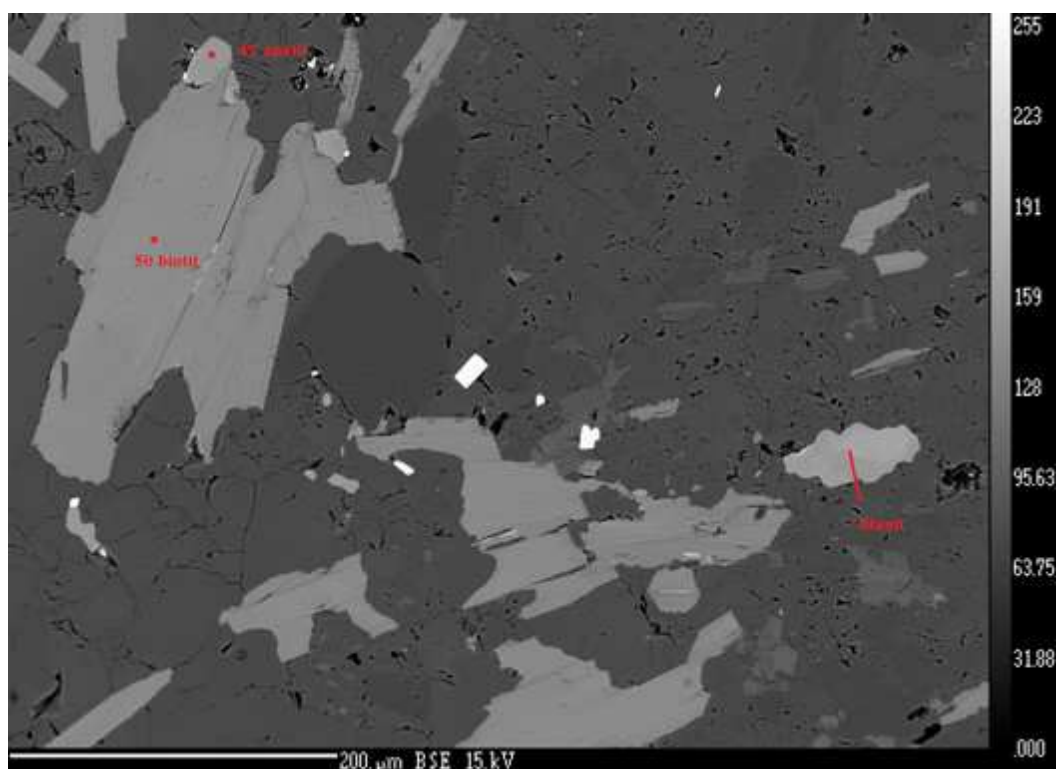
Tab. 14. Výsledky WDX analýzy thoritu (přepočteno na 4 anionty)



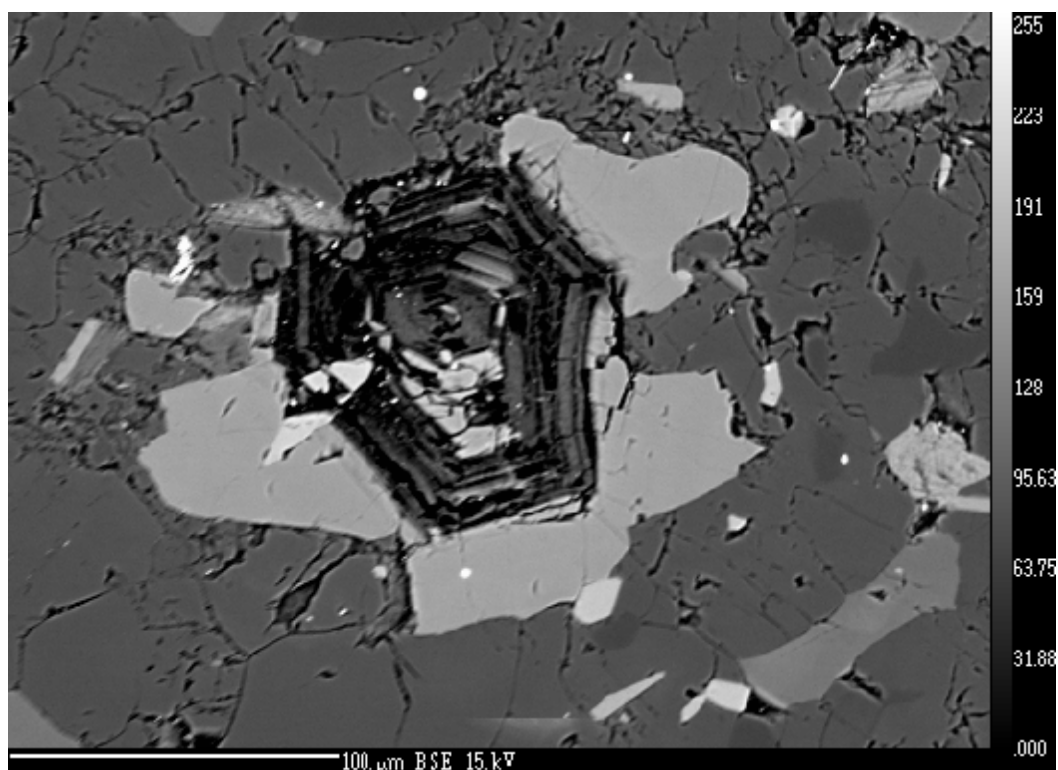
Obr. 46. Minerály v odražených elektronech (očíslované body byly analyzovány).



Obr. 47. Minerály v odražených elektronech (očíslované body byly analyzovány).

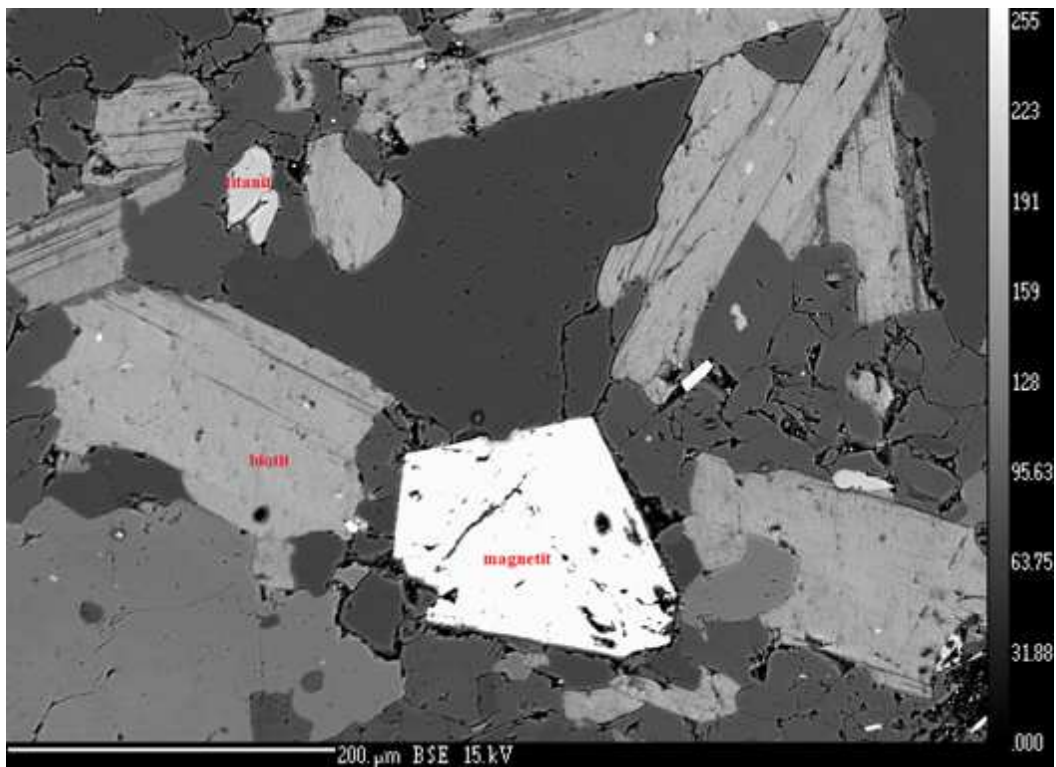


Obr. 48. Minerály v odražených elektronech (očíslované body byly analyzovány).

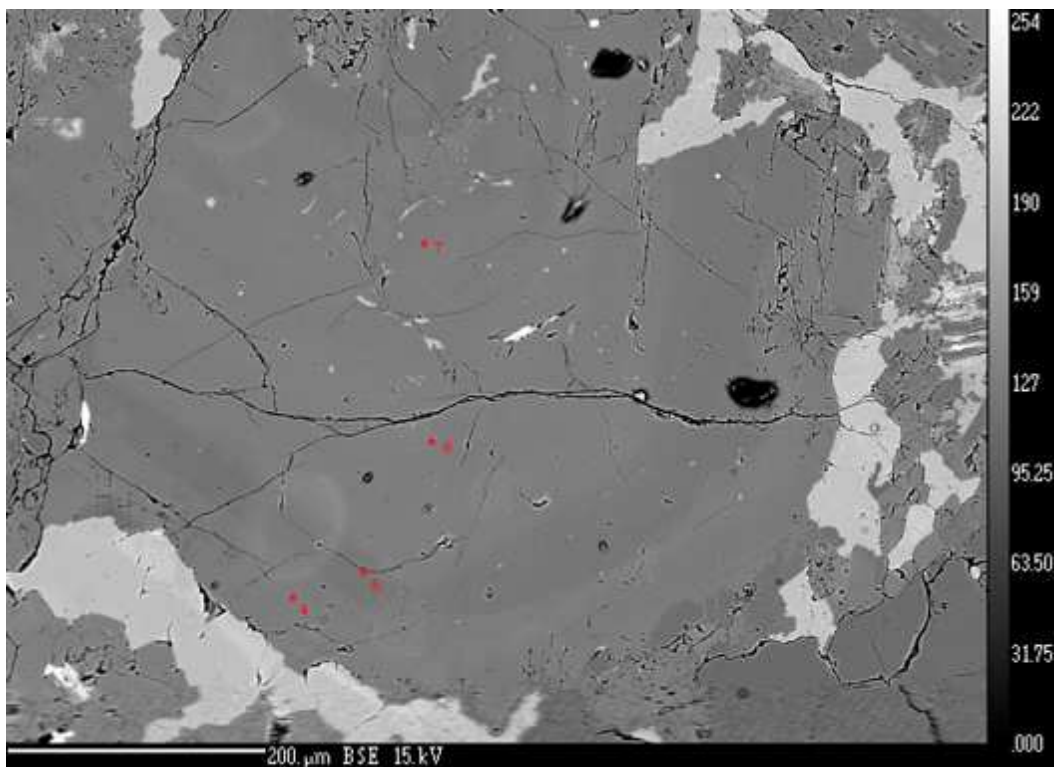


Obr. 49. Epidot v odražených elektronech.

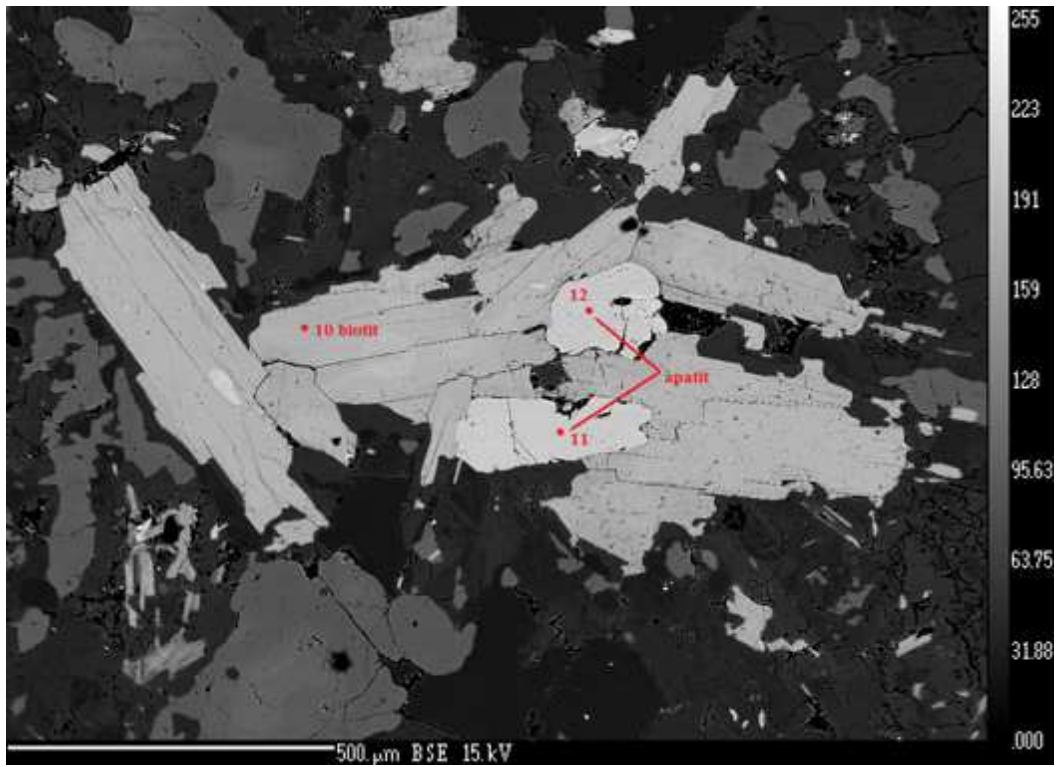




Obr. 50. Minerály v odražených elektronech.



Obr. 51. Zonální plagioklas v odražených elektronech (červeně vyznačeny body s čísly analýz).



Obr. 52. Minerály v odražených elektronech (očíslované body byly analyzovány).

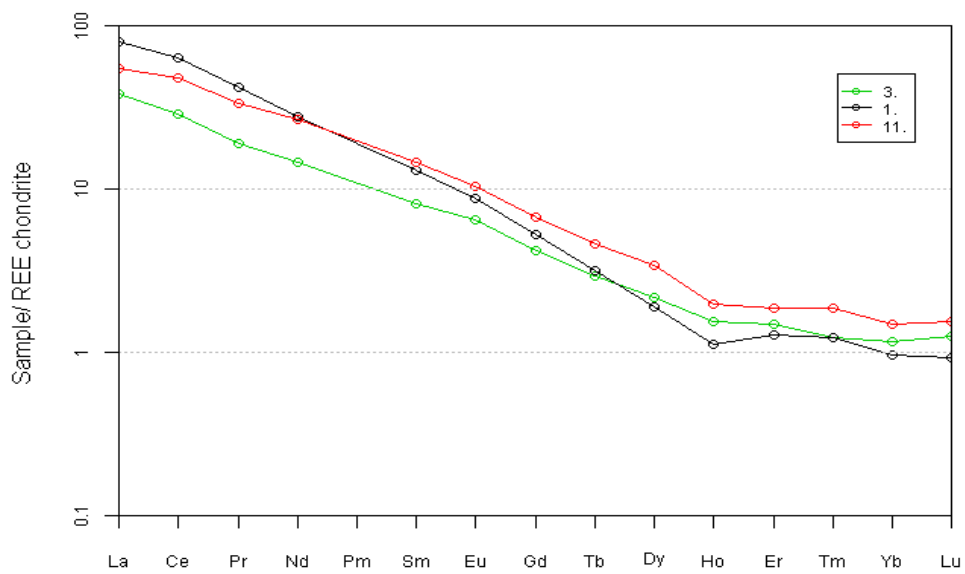


Diagram 4. Normalizace vzácných zemin vzhledem k chondritu. Hanušovická intruze. (Boynton 1984)

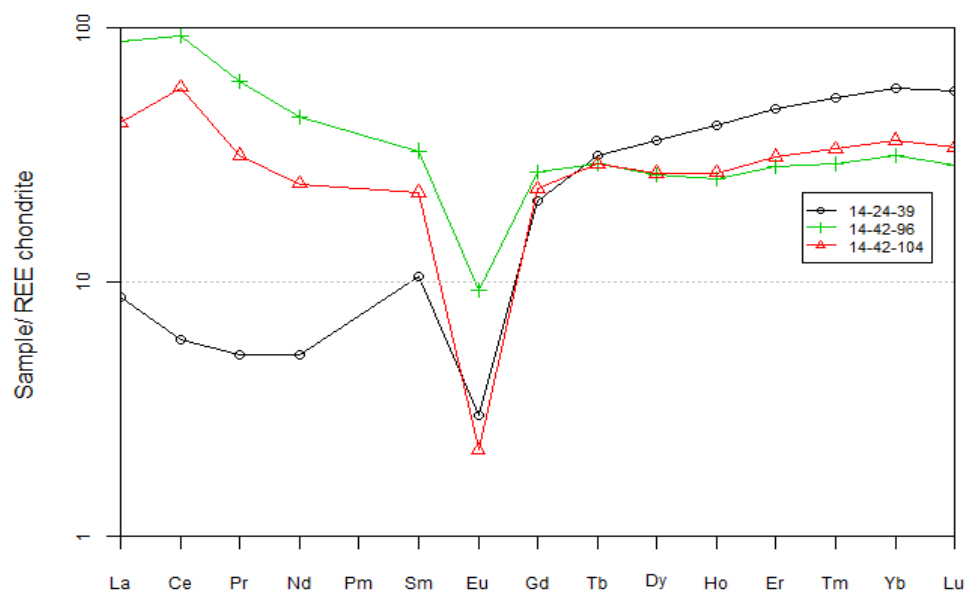


Diagram 5. Normalizace vzácných zemin vzhledem k chondritu. Rudná hora (Nejeschlebová 2011). (Boynton 1984).

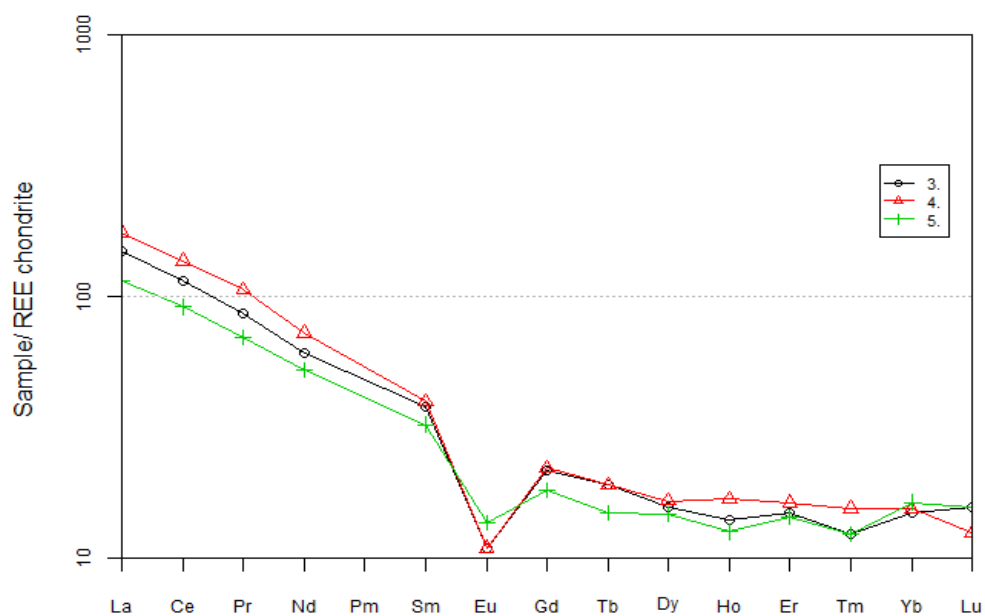


Diagram 6. Normalizace vzácných zemin vzhledem k chondritu. Žulová. (Boynton 1984). Zdroj dat: Zachovalová et al. (2002)

## 7.8. Magnetická susceptibilita

vz. č.	hodnoty	vz. č.	hodnoty
1	$1,7812 * 10^{-3}$	10	$3,0376 * 10^{-3}$
2	$1,6034 * 10^{-3}$	11	$1,7831 * 10^{-3}$
3	$46,5701 * 10^{-1}$	12	$1,7096 * 10^{-3}$
4	$1,5649 * 10^{-3}$	13	$2,0788 * 10^{-3}$
5	$0,1032 * 10^{-1}$	14	$1,8193 * 10^{-3}$
6	$1,5567 * 10^{-3}$	15	$1,6356 * 10^{-3}$
7	$1,2833 * 10^{-3}$	16	$2,2058 * 10^{-3}$
8	$1,7991 * 10^{-3}$	22	$0,6392 * 10^{-3}$
9	$1,5936 * 10^{-3}$		

Tab. 15. Magnetická susceptibilita granitoidů hanušovické intruze.

Lokalita	Magnetická susceptibilita
1a	$0,566-0,649 * 10^{-1}$
1b	$0,342-0,578 * 10^{-1}$
2	$0,257-0,564 * 10^{-1}$
3	$0,00174-0,0433 * 10^{-1}$
4	$0,45-0,54 * 10^{-1}$
5	$0,000595-0,00107 * 10^{-1}$
6	$0,233-0,296 * 10^{-1}$
7	$0,385-0,405 * 10^{-1}$
8	$0,07-0,20 * 10^{-1}$
9	$0,001-0,002 * 10^{-1}$
10	$0,001-0,002 * 10^{-1}$
11	$0,004-0,008 * 10^{-1}$

Tab. 16. Magnetická susceptibilita granitoidů Rudné hory (Nejeschlebová 2011).

## 7.9. Radioaktivita

vz. č.	K (hm%)	s.d.	eU (ppm)	s.d.	eTh (ppm)	s.d.	$^{13}\text{Cs}$	$a_m$ (Bq.kg <sup>-1</sup> )
1.	4,5	0,1	6,6	0,3	36,8	0,7	<20	403,62
2.	4,0	0,1	5,5	0,3	33,0	0,7	<20	355,92
3.	3,0	0,1	4,3	0,2	17,4	0,5	<20	226,43
4.	3,3	0,1	4,6	0,2	12,3	0,5	<20	207,75
5.	3,0	0,1	4,0	0,2	20,0	0,6	<20	237,82
6.	4,3	0,1	7,6	0,3	33,2	0,7	<20	390,25
7.	4,3	0,1	7,3	0,3	30,9	0,7	<20	373,19
8.	4,5	0,1	6,1	0,3	34,7	0,7	<20	385,25
9.	4,1	0,1	5,3	0,3	34,2	0,7	<20	362,83
10.	4,4	0,1	5,5	0,3	38,0	0,8	<20	394,59
11.	3,1	0,1	11,4	0,3	23,9	0,6	<20	354,26
12.	2,5	0,1	3,2	0,2	23,0	0,5	<20	233,31
13.	2,8	0,1	3,7	0,2	21,4	0,5	<20	237,42
14.	4,1	0,1	7,2	0,3	34,8	0,7	<20	389,78
15.	4,2	0,1	5,6	0,3	31,7	0,7	<20	354,43
16.	3,2	0,1	7,9	0,3	29,0	0,7	<20	343,06
22.	3,0	0,1	3,0	0,2	17,0	0,5	<20	208,05

Tab. 17. Výsledky měření radioaktivity a hmotnostní aktivity hanušovické intruze.

lokality	n	K (hm. %)		eU (ppm)		eTh (ppm)		a <sub>m</sub> (Bq.kg <sup>-1</sup> )	
		rozpětí	Ø	rozpětí	Ø	rozpětí	Ø	rozpětí	Ø
Branská	3	3,0-3,3	3,10	4,0-4,6	4,30	12,3-20,0	16,57	207,8-237,8	224,00
Jindř. stráň	6	4,1-4,5	4,35	5,3-7,6	6,40	30,9-38,0	34,63	362,8-403,6	384,96
Hynčice	7	2,5-4,2	3,40	3,2-11,4	6,35	21,4-34,8	28,11	233,3-389,8	324,03
P. Žibřidovice	1		3,00		3,00		17,00		208,05

Tab. 18. Výsledky měření radioaktivity granitoidů hanušovické intruze podle lokalit.

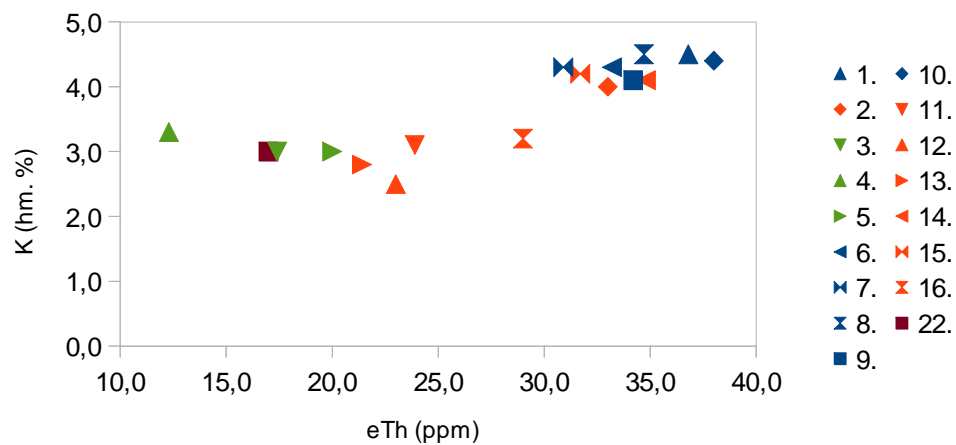


Diagram 7. Závislost K/eTh. Modré značky: lokalita Jindřichovská stráň; červené značky: Hynčice; zelené značky: Branská; hnědá značka: Pusté Žibřidovice.

## 9. Diskuse

Přestože hanušovická granitoidní intruze vystupuje na povrch na relativně malé ploše, liší se její horniny zrnitostí (jemnozrnné až drobnozrnné, výjimečně středně zrnité), usměrněním, modálním složením a chemickým složením.

Horniny hanušovické intruze lze na základě modálního složení a struktury klasifikovat jako leukokratní drobnozrnný biotitický monzogranit nebo leukokratní drobnozrnný biotitický syenogranit. Z hlavních horninotvorných minerálů převažuje křemen, z živců ve třech vzorcích mírně převažuje K-živec, ve čtyřech vzorcích plagioklas. Bazicita plagioklasu na základě metody symetrické zóny podle mých měření odpovídá oligoklasu, toto potvrzuje i chemické složení plagioklasů WDX analýz v tabulkách 3. a 4. Vedlejší minerály zastupuje biotit (složením odpovídající nejběžnějšímu horninotvornému biotitu, viz obr. 53), z akcesorií je poměrně hojný titanit a apatit.

Křivka normalizace vzácných zemin vzhledem k chondritu (Boynton, 1984) má plochý průběh bez europiové anomálie, což může ukazovat na relativně vysokou fugacitu kyslíku (v tavenině nedošlo ve významném rozsahu k redukci  $\text{Eu}^{3+}$  na  $\text{Eu}^{2+}$  a následně k jeho vstupu do krystalizujících Ca-fází, např. plagioklasů).

Magnetická susceptibilita u vzorků č. 3 a č. 5 vykazuje vysoké hodnoty, pro vyloučení případné chyby způsobené např. kontaminací ořepu z kladiva při drcení jsem připravil vzorky jiné, a přesto se nové hodnoty nelišily. Tyto vzorky zřejmě obsahují velké množství magnetitu.

Na K/eTh diagramu (č. 7) je vidět rozdílný obsah radiaktivních prvků podle jednotlivých lokalit. Severní část intruze kolem kóty Branská spolu s intruzí u Pustých Žibřidovic vykazují nejnižší obsah draslíku i thoria ze všech lokalit, zatímco střední část intruze na Jinřichovské stráni má naopak hodnoty nejvyšší. Lokalita u Hynčic má tyto hodnoty mezi nimi.

Granitoidy hanušovické intruze odpovídají synkolizním typům nebo granitoidům vulkanických oblouků (viz diagramy č. 9 a 11-14.). Jsou nevýrazně peraluminické, svým chemismem odpovídající I-granitům (neobsahují však typický amfibol), s hodnotou A/CNK v rozmezí 1,05 až 1,45. Z obsahu Zr lze odvodit pravděpodobnou teplotu granitové taveniny v rozmezí 730-810 °C (viz diagram č. 31).

Při srovnání informací z literatury o granitoidech žulovského, šumperského plutonu a intruzí Rudné hory s mými poznatky o hanušovické intruzi vyvstávají následující rozdíly:

Granitoidy žulovského plutonu obsahují pestrou škálu horninových typů (od granitů, které převažují, přes granodiorit až po tonalit). Intruze Rudné hory obsahují výrazně více draselného živce (podle Streckeisenovy klasifikace nejčastěji spadají do pole alkalicko-živcového granitu až syenogranitu) a také více druhů akcesorických minerálů než hanušovická intruze. Modálním složením se hanušovická intruze podobá šumperskému masivu (monzogranit až granodiorit). Oproti němu a také intruzi Rudné hory neobsahuje granát.

č. an.	3	1	11
Q	21,26	20,75	22,26
C	0,60	0,71	1,33
Or	24,05	30,44	21,57
Ab	42,39	37,82	43,32
An	8,03	6,52	6,97
Hy	1,05	1,22	1,27
Il	0,04	0,04	0,04
Hm	1,52	1,35	1,65
Ru	0,19	0,22	0,22
Ap	0,17	0,19	0,19
Sum	99,29	99,27	98,83

Tab. 19. CIPW norma pro hanušovickou intruzi

č. an.	3	4	5
Q	26,93	34,40	36,66
C	0,33	0,00	0,35
Or	27,19	31,32	21,87
Ab	26,23	24,54	27,92
An	6,79	4,89	8,77
Hy	14,20	1,25	1,00
Il	0,00	0,00	0,21
Hm	2,30	2,20	2,30
Tn	0,00	0,29	0,00
Ru	0,30	0,18	0,19
Ap	0,24	0,24	0,24
Sum	104,51	99,31	99,51

Tab. 21. CIPW norma pro žulovský pluton (Zachovalová et al. 2002).

č. an.	14-24-39	14-42-96	14-42-104
Q	31,52	32,60	36,58
C	0,94	0,48	0,48
Or	21,57	30,08	29,43
Ab	39,18	32,07	29,62
An	4,04	2,32	1,87
Hy	0,37	0,27	0,15
Il	0,11	0,04	0,02
Hm	1,42	2,11	1,50
Ru	0,01	0,11	0,08
Ap	0,05	0,02	0,02
Sum	99,21	100,10	99,74

Tab. 20. CIPW norma pro Rudnou horu (Nejeschlebová 2011).

Q	28,78
C	0,00
Or	18,03
Ab	34,10
An	16,61
Di	0,05
Hy	0,13
Il	0,09
Hm	1,08
Tn	0,04
Ru	0,00
Ap	0,28
Sum	99,177

Tab. 22. CIPW norma pro šumperský masiv (Mísař 1959)

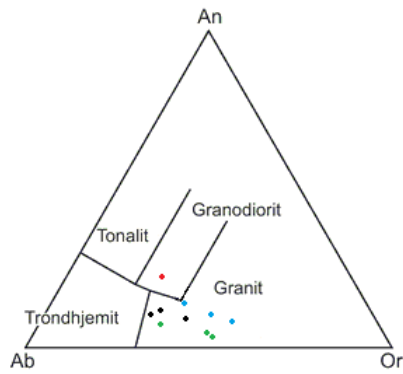
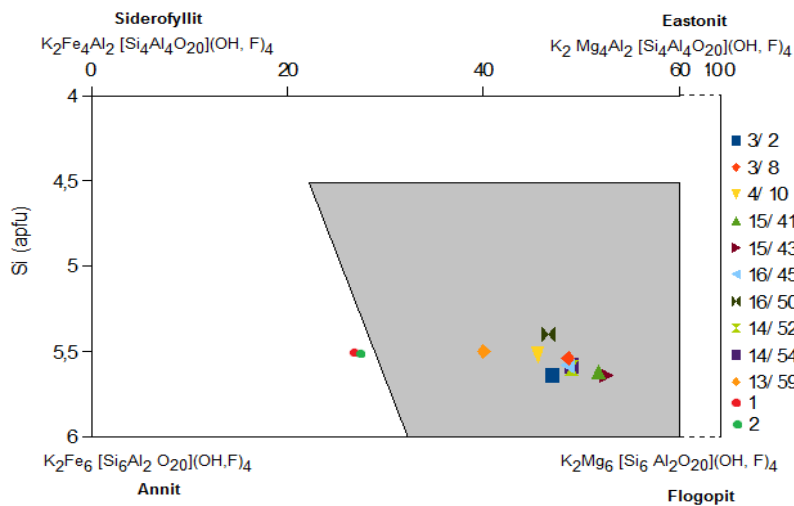


Diagram 8. Vynesené hodnoty CIPW do klasifikačného diagramu Ab-Or-An s políčkami podľa Barkera (1979). Červenou farbou je vyznačený šumperský masív, modrou farbou žulovský masív, zelenou farbou intrúzie Rudné hory, čiernou farbou hanušovická intrúzie



Obr. 53. Složení biotitů. Tmavé pole = nejběžnější horninotvorné biotity. Bod 1 a 2 je pro žulovský masív (data ze Zachovalové et al. 2002), ostatní body jsou pro hanušovickou intrúzi (vlastní data, první číslo je označení výbrusu, druhé je číslo analýzy). Upraveno. Gregerová et al. (2002)

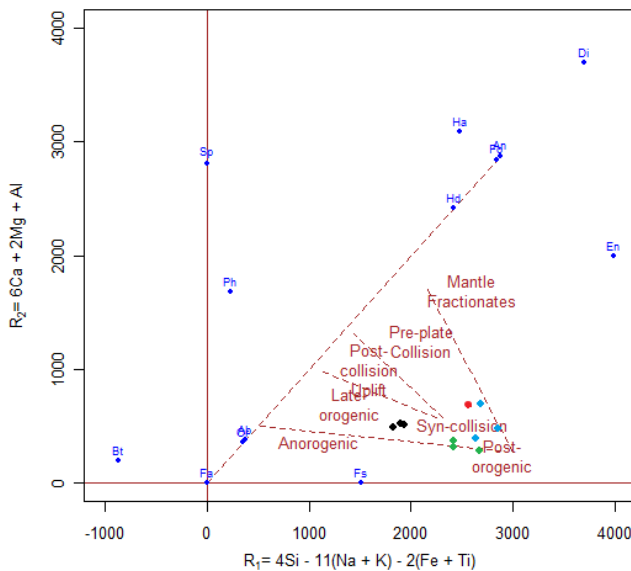


Diagram 9. Geotektonická pozice. Podľa Batchelora a Bowdena (1985). Červenou farbou šumperský masív (dľa Mísaře 1959), modrou farbou žulovský masív (dľa Zachovalové et al. 2002), zelenou farbou intrúzie Rudné hory (Nejeschlebová 2011), čiernou farbou hanušovická intrúzie (vlastní data).



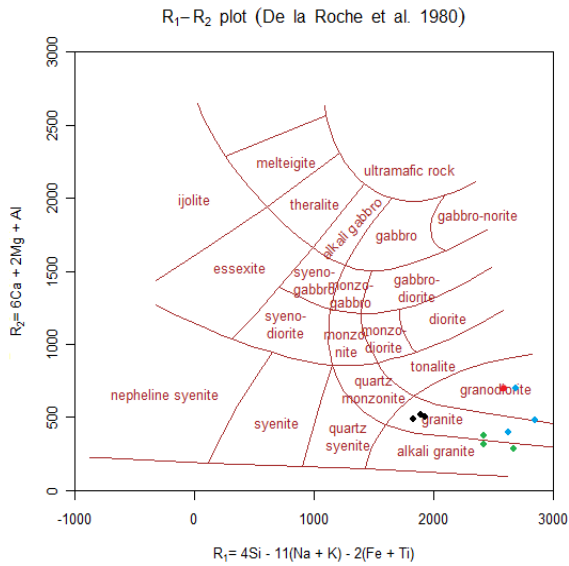
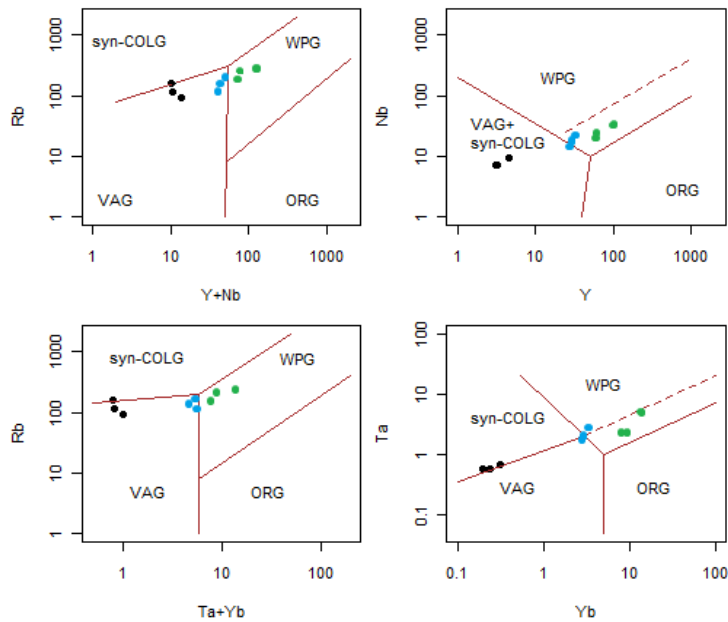
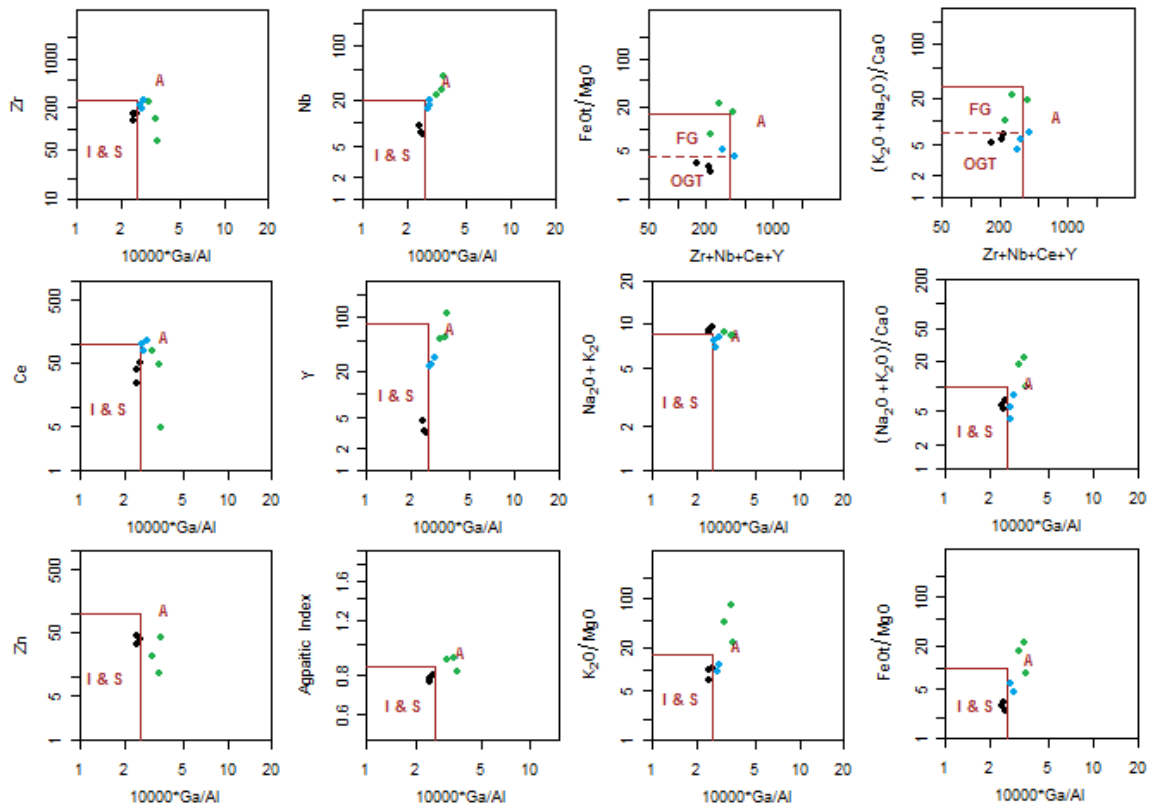


Diagram 10. R<sub>1</sub>-R<sub>2</sub> (De la Roche et al. 1980). červeně šumperský masiv - zhotoveno dle dat Mísaře (1959), modře žulovský masiv - data Zachovalové et al. (2002), zeleně intruze Rudné hory- data Nejeschlebové (2011), černě hanušovická intruze (vlastní data)





Diagramy č. 15-26. I-, S- a A- typy granitoidů dle Whalen et al. (1987). FG- pole pro frakcionované I-typy granitoidů, OGT- pole pro I-, S- a M- typy granitoidů. Modře žulovský pluton (data Zachovalová et al. 2002), zeleně intruze Rudné hory (data Nejeschlebová 2011), černě hanušovická intruze (vlastní data).

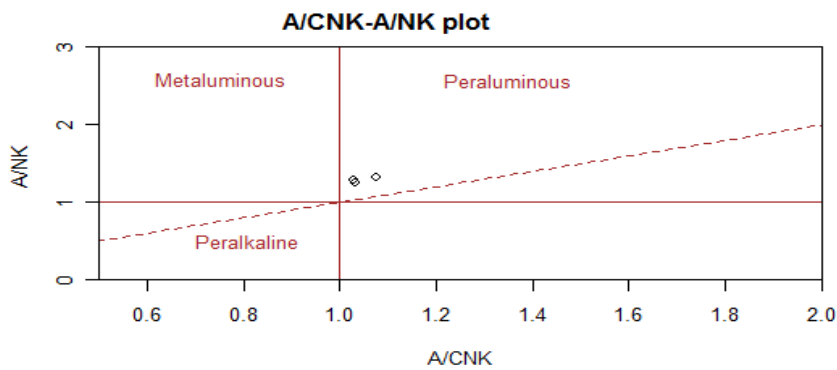


Diagram. 27. Pozice granitoidů hanušovické intruze v diagramu A/CNK versus A/NK. Podle Shanda (1943).

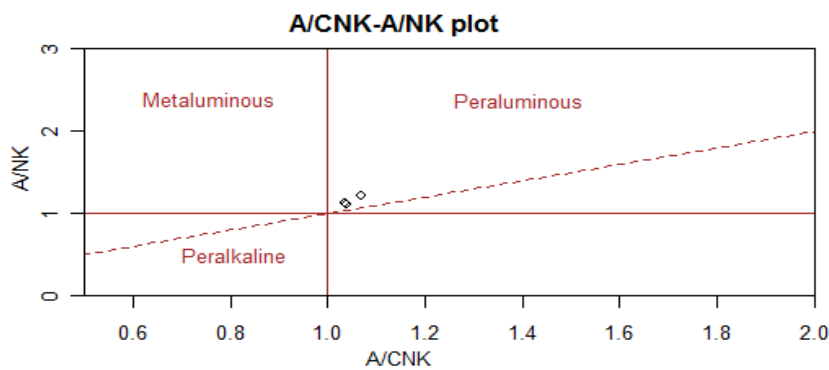


Diagram 28. Pozice granitoidů intruze Rudné hory v diagramu A/CNK versus A/NK (Nejeschlebová 2011). Podle Shanda (1943).

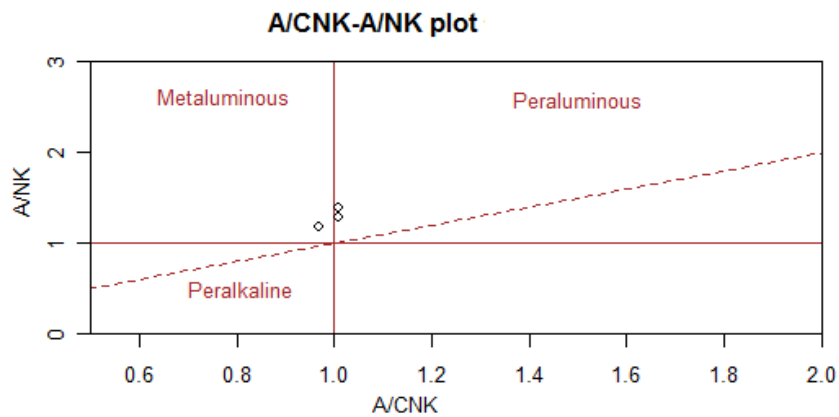


Diagram 29. Pozice grani-  
toidů žulovského masivu v  
diagramu A/CNK versus  
A/NK (data Zachovalová et  
al. 2002).  
Podle Shanda (1943).

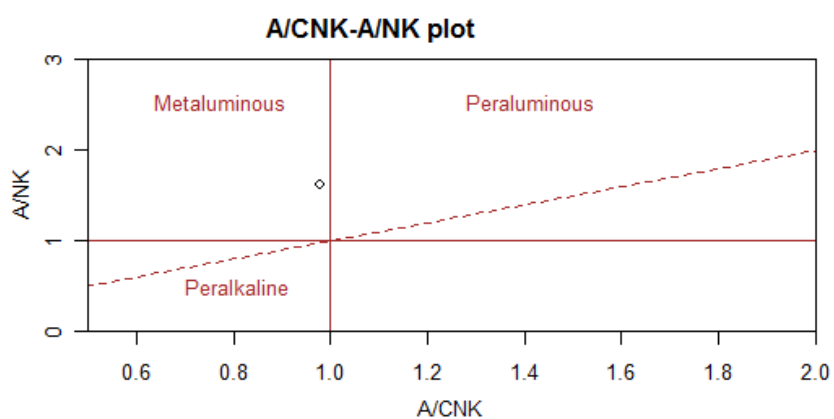


Diagram. 30. Pozice grani-  
toidů šumperského masivu v  
diagramu A/CNK versus  
A/NK (data Mísař 1959).  
Podle Shanda (1943).

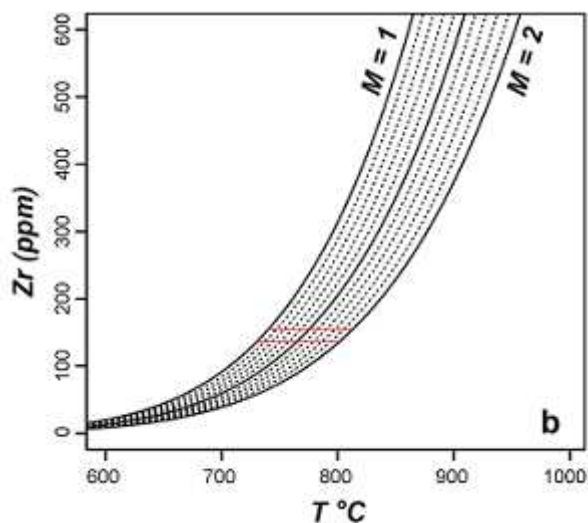


Diagram 31. Červené pole  
vyznačuje rozmezí při-  
bližných teplot granitové  
taveniny hanušovické intruze  
Kationtový poměr  
 $M = (Na + K + 2Ca) / (Al.Si)$   
(Watson a Harrison 1983)

č. vz.	Hanušovice			Rudná hora			Žulová			Šumperk
	3	1	11	14-24-39	14-42-96	14-42-104	3	4	5	
SiO <sub>2</sub>	70,07	70,01	69,78	74,39	75,29	76,89	74	74,5	74,4	71,18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,19	16,03	16,26	13,99	13,07	12,31	12,9	12,3	13	16,02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,52	1,35	1,65	1,42	2,11	1,5	2,3	2,2	2,3	1,08
MgO	0,42	0,49	0,51	0,15	0,11	0,06	5,7	0,5	0,4	0,06
CaO	1,71	1,42	1,51	0,84	0,48	0,39	1,5	1,2	1,9	3,53
Na <sub>2</sub> O	5,01	4,47	5,12	4,63	3,79	3,5	3,1	2,9	3,3	4,03
K <sub>2</sub> O	4,07	5,15	3,65	3,65	5,09	4,98	4,6	5,3	3,7	3,05
TiO <sub>2</sub>	0,21	0,24	0,24	0,07	0,13	0,09	0,3	0,3	0,3	0,06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07	0,08	0,08	0,02	0,01	0,01	0,1	0,1	0,1	0,12
MnO	0,02	0,02	0,02	0,05	0,02	0,01	0	0	0,1	0,04
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,008	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0	0	0	0
Ba	1680,0	1501,0	2280,0	149,0	449,0	205,0	751,0	720,0	568,0	
Be	5,0	6,0	5,0	5,0	6,0	4,0	-	-	-	
Co	1,5	1,9	1,8	1,0	1,5	1,1	3,5	2,8	3,7	
Cs	4,1	5,9	2,1	4,2	0,5	0,6	1,7	3,4	2,4	
Ga	21,1	21,8	20,9	26,3	21,7	22,5	18,6	18,9	19,0	
Hf	3,6	4,7	5,2	3,8	9,1	8,0	6,3	6,9	6,6	
Nb	7,3	7,2	9,3	39,8	22,9	27,0	17,2	20,5	14,8	
Rb	113,2	162,9	93,0	235,1	159,1	214,7	154,9	183,3	116,8	
Sn	2,0	2,0	2,0	23,0	5,0	5,0	-	-	-	
Sr	1670,9	1213,7	1998,0	46,9	42,3	27,8	159,0	137,4	210,9	
Ta	0,6	0,6	0,7	4,8	2,2	2,0	1,8	2,1	2,6	
Th	16,3	35,1	29,1	15,2	20,2	24,7	18,6	18,6	13,4	
U	4,1	5,5	8,1	15,9	4,3	6,3	2,8	2,3	2,6	
V	13,0	13,0	16,0	<8	<8	<8	24,0	16,0	25,0	
W	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	<0,5	1,6	-	-	-	
Zr	128,4	160,4	161,0	69,0	236,9	140,1	199,7	237,1	198,1	
Y	3,3	3,1	4,5	110,2	52,6	54,8	29,0	31,5	27,6	
La	11,9	25	17	2,7	27,4	13,1	45,9	54,2	35,5	
Ce	23,2	51,2	39	4,8	75,2	47,1	92,1	110,4	73,5	
Pr	2,32	5,15	4,06	0,63	7,55	3,84	10,5	12,9	8,5	
Nd	8,8	16,8	16,1	3,1	26,8	14,6	36,3	43,3	31,2	
Sm	1,59	2,52	2,83	2,04	6,4	4,39	7,4	7,7	6,3	
Eu	0,48	0,64	0,76	0,22	0,68	0,16	0,8	0,8	1	
Gd	1,08	1,36	1,75	5,38	6,98	6,02	5,6	5,7	4,7	
Tb	0,14	0,15	0,22	1,5	1,38	1,38	0,9	0,9	0,7	
Dy	0,7	0,61	1,09	11,65	8,54	8,61	5	5,3	4,7	
Ho	0,11	0,08	0,14	2,96	1,83	1,93	1	1,2	0,9	
Er	0,31	0,27	0,39	10,11	5,96	6,54	3,1	3,4	3	
Tm	0,04	0,04	0,06	1,72	0,95	1,08	0,4	0,5	0,4	
Yb	0,24	0,2	0,31	12,13	6,6	7,55	3,1	3,2	3,4	
Lu	0,04	0,03	0,05	1,81	0,93	1,09	0,5	0,4	0,5	
Mo	0,2	0,1	0,1	0,2	1,2	0,6	-	-	-	
Cu	3,3	2,6	4,5	3,1	5,2	5,6	-	-	-	
Pb	13,3	35	18,8	3,9	5,8	4,9	-	-	-	
Zn	45	40	32	42	21	11	-	-	-	
Ni	<0,1	4,3	2,2	2,2	1,7	1,9	35	212	-	
As	0,7	2,5	0,9	0,5	<0,5	<0,5	-	-	-	
Cd	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	-	
Sb	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	-	-	-	
Bi	0,2	0,2	0,2	0,2	<0,1	<0,1	-	-	-	
Ag	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	-	
Au	21,9	5,1	1,9	62,2	32,2	101,5	-	-	-	
Hg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	-	
Tl	0,4	0,3	0,2	0,3	<0,1	<0,1	0,5	0,7	0,4	
Se	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	<0,5	-	-	-	

Tab.23.Srovnání analýz granitoidů hanušovické intruze, Rudné hory, žulovského plutonu a šumperského masivu.

Z tabulky (výše) je zřejmé, že hanušovická intruze a šumperský masiv oproti granitoidům z jiných oblastí obsahují z oxidů o něco méně  $\text{SiO}_2$ , za to o něco více  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a  $\text{Na}_2\text{O}$ . Granitoidy Rudné hory obsahují relativně méně  $\text{CaO}$  a  $\text{TiO}_2$ . Hanušovická intruze obsahuje největší množství Ba a Sr, avšak méně vzácných zemin (zejména těžších prvků).

Diagram složení biotitů ukazuje, že všechny studované biotity hanušovické intruze mají podobné vlastnosti, biotity uvedené v práci Zachovalové et al. (2002) jsou zde na hranici běžných horninotvorných biotitů.

Z diagramů vzácných zemin je patrné, že hanušovické intruzi chybí na rozdíl od ostatních europiová anomálie.

Hanušovická intruze obsahuje přibližně stejné množství draslíku (tab. 17.) jako šumperský masiv (tab. 1.), ale obsahuje zhruba dvojnásobné množství uranu a thoria.

Hodnoty magnetické susceptibility hanušovické intruze jsou nižší než hodnoty intruze Rudné hory.

A/CNK-A/NK diagramy ukazují velmi podobné hodnoty (nevýrazně peraluminické) pro všechny sledované granitoidy v sileziku a výjimkou šumperského masivu (metaluminický).

Nejeschlebová et al. (2012) odvozuje z obsahu LREE a Zr pravděpodobnou teplotu granitové taveniny v rozmezí 746 až 821 °C, což jsou podobné hodnoty jaké vykazuje hanušovická intruze.

## 10. Závěr

Během terénních prací jsem našel několik skalních výchozů granitoidů v prudkých zalesněných svazích po obou stranách říčky Branné. Vystupují zde až 10 metrů vysoké skály až několik desítek metrů dlouhé (přecházející až do skalní hradby). V prostoru této lokality bylo ve svorech zjištěno i několik menších granitových žil o mocnosti jednotek až desítek centimetrů, hojně jsou zde i drobné křemenné žilky, probíhající jak svory, tak i granitoidy. Drobnější, částečně navětralé výchozy granitoidů byly také nalezeny poblíž kóty Branská. Na svazích v prostoru těchto lokalit jsou četné odlomené bloky a balvany granitoidů, pocházející z výše položených skalních výchozů.

Druhé území s výskytem granitoidů se nachází v k. ú. Pusté Žibřidovice, od Potůčnicku je vzdáleno cca 3 km východním směrem. Je v mírném svahu na louce, granitoidy zde tvoří přirozené výchozy, vzorky lze nalézt jen na agrárních haldách.

Horniny hanušovické intruze lze na základě modálního složení a struktury klasifikovat jako leukokratní drobnozrnný biotitický monzogranit nebo leukokratní drobnozrnný biotitický syenogranit. Z hlavních horninotvorných minerálů převažuje křemen, z živců ve třech vzorcích mírně převažuje K-živec, ve čtyřech vzorcích plagioklas. Vedlejší minerály zastupuje biotit. Z akcesorií převládá hypautomorfní až automorfní titanit (Uvnitř xenomorfních zrn titanitu se objevují uzavřeniny ilmenitu), dále apatit. Muskovit se v hornině nalézá hlavně jako produkt přeměny živců ve formě sericitu, ojediněle jsou v hornině přítomny i větší lupínky tohoto minerálu. Magnetit tvoří ojedinělá, především automorfně omezená zrna malých rozměrů.

Nalezl jsem rozdíly v poměrech  $K/eTh$  v jednotlivých mnou vymezených lokalitách.

Granitoidy hanušovické intruze jsou si v mnoha ohledech podobné s ostatními granitoidy v prostoru silezika ( žulovský pluton, intruze Rudné hory, šumperský masiv), liší se např. nižším obsahem  $SiO_2$ , nižším obsahem těžších prvků vzácných zemin a vyšším obsahem  $Al_2O_3$ , Ba a Sr. Hodnoty magnetické susceptibility hanušovické intruze jsou nižší než hodnoty intruze Rudné hory.

## 11. Použitá literatura

- Batchelor, R. A., Bowden, P. (1985): Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. – Chem. Geol., 48, 43-55. Amsterdam.
- Barker, F. (1979): trondhjemite: definition, environment and hypotheses of origin. In: Barker (Ed.): Trondhjemites, dacites and related rocks. Amsterdam, Elsevier, s. 1-12.
- Boynton, W. V. (1984): Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. Rare Earth Element Geochemistry. Developments in Geochemistry 2 (Henderson, R., ed.), 89-92, Elsevier, Amsterdam.
- De La Roche, H., Leterrier, J., Grandclaude, P., Marchal, M. (1980): A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagram and major element analyses. – Chem. Geol., 29, 183-200. Amsterdam.
- Gregerová, M., Fojt, B., Vávra, V. (2002): Mikroskopie horninotvorných a technických minerálů. Moravské zemské muzeum a Přírodovědecká fakulta MU Brno 2002.
- Hanžl, P., Janoušek, V., Žáček, V., Wilimský, D., Aichler J., Erban V., Pudilová M., Cháb, J., Žáček, V. (1994): Geology of the Žulová pluton mantle (Bohemian Massif, Central Europe). – Věst. Čes. Geol. Úst., 69, 4: 1-12.
- Cháb, J., Mixa, P., Vaněček, M., Ťáček, V. (1994): Geology of NW part of the Hrubý Jeseník Mts. (Bohemian massif, central Europe). – Bull. Czech Geol. Surv. 69, 3, 17-26. Praha.
- Cháb, J., Breitr, K., Fatka, O., Hladil, J., Kalvoda, J., Šimůnek, Z., Štorch, P., Vašíček, Z., Zajíc, J., Zapletal, J. (2008): Stručná geologie základu Českého masivu a jeho karbonského a permského pokryvu. - Vydavatelství České geologické služby. Praha 2008.
- Chlupáč, I., Brzobohatý, R., Kovanda, J., Stráník, Z. (2002): Geologická minulost České republiky. Academia. Praha.
- Janoušek, V., Farrow, C. M., Erban, V. (2003): GCDkit: new PC software for interpretation of whole-rock geochemical data from igneous rocks. – Geochim Cosmochim Acta 67: 186.
- Jedlička, J. (1997): Žulovský masiv ve Slezsku – přehled dosavadních znalostí. – Zprávy o geol. výzk v r. 1996: 121-123 .

- Krystek, I., Harazim, S. (1956): Petrografie a tektonika žulovského plutonu. - Přírodovědecký sborník ostravského kraje, 3: 29-37.
- Mísař, Z. (1959): Geologicko-petrologická studie šumperského granodioritového tělesa. - Sbor. Ústř. Úst. geol., Odd. geol., 25: 335-376.
- Mísař, Z., Dudek, A., Havlena, V., Weiss, J. (1983): Geologie ČSSR I. Český masív. SPN Praha.
- Maluski, H., Rajlich, P., Souček, J. (1995): Pre-Variscan and early Alpine thermo - tectonic history of the northeastern Bohemian Massif. - An Ar<sup>40</sup>/Ar<sup>39</sup> study. - Geol. Rundsch., 84, 345-358.
- Musilová, L. (1962): in Pouba et al. Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1:200 000, list jeseník. Ústř. Úst. Geol. Praha.
- Nejeschlebová, L. (2011): Mineralogická charakteristika granitoidů Rudné hory u Vernířovic v Hrubém Jeseníku. MS. Bakalářská práce. UP Olomouc. 36 stran.
- Nejeschlebová, L., Zimák, J., René, M. (2012): Granitoidy intruze Rudné hory v hrubém Jeseníku a jejich akcesorie. Moravskoslezské paleozoikum, sborník abstraktů. Olomouc.
- Opletal, M., Adamová, M., Čurda, J., Chlupáčová, M., Kočandrlé, J., Manová, M., Nekovařík, Č., Pecina, V., Šalanský, K., Večeřa, J., Vít, J. (2000): Vysvětlivky k základní geologické mapě České republiky 1:25 000, list 14-234 Hanušovice. Český geologický ústav. Praha.
- Parry, M., Štípská, P., Schulmann, K., Hrouda, F., Ježek, J., Kröner, A. (1997): Tonalite sill emplacement at an oblique plate boundary: northeastern margin of the Bohemian Massif. -Tectonophysics, 280, 61-81.
- Pearce, J. A. - Harris, N. B. W. - Tindle, A. G. (1984): Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. - Journal of Petrology, 25, 956-983.
- Pecina, V., Aichler, J., Adamová, M., Buriánková, K., Čurda, J., Hanžl, P., Holásek, O., Hrouda, F., Chlupáčová, M., Krejčí, Z., Kočandrlé, J., Manová, M., Nekovařík, Č., Opletal, M., Šalanský, K., Večeřa, J., Žáček, V. (2000): Vysvětlivky k základní geologické mapě České republiky 1:25 000, list 14-412 Šumperk. Český geologický ústav. Praha.
- Petránek, J. (1993): Malá encyklopedie geologie. Nakladatelství JIH. České Budějovice



- Shand, S. J. (1943): *Eruptive Rocks. Their Genesis, Composition, Classification, and Their Relation to Ore-Deposits with a Chapter on Meteorite*. New York: John Wiley & Sons.
- Schulmann, K., Gayer, R., Cháb, J. (1995): Tectonometamorphic development in an obliquely convergent orogenic zone: Silesian domain. – Abstr. Inter. Conf. TMIDSR, 35–48, Charl. Univ. Praha.
- Schulmann, K., Gayer, R. (2000): A model for a continental accretionary wedge developed by oblique collision. The NE Bohemian Massif. *J. Geol. Soc. London*, 157, 401-416.
- Schullman, K., Štípská, P., Ulrich S., Lexa, O., Cháb, J., Opletal, M., Žáček, V (1996). : Exkurze skupiny tektonických studií do serie Branné a do staroměstského pásma. Exkurzní průvodce. Český geologický ústav. Praha.
- Streckeisen, A. (1979): Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks: recommendations and suggestions of the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks: *Geology*, v. 7, p. 331–335.
- Svoboda, J., Beneš, K., Dudek, A., Holubec, J., Chaloupský, J., Kodým, O., Malkovský, M., Odehnal, L., Polák, A., Pouba, Z., Sattran, V., Škvor, V., Weiss, J. (1964): *Regionální geologie ČSSR, díl 1, Český masiv*, Nakladatelství Československé akademie věd. Praha
- Vávra, V. (2002): Lokalita č. 11: Vernířovice – Rudná hora. Mineralogie granitoidů Rudné hory. In: Zimák J., Novotný P., Fojt B., Novák M., Vávra V., Kopa D., Losos Z., Prinzová E., Skácel J: Exkurzní průvodce po mineralogických lokalitách na Sobotínsku, s. 41-45. UP Olomouc.
- Watson, E. B., Harrison, T. M. (1983): Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in a variety of crustal magma types. *Earth Planet. Sci. Lett.* 64, 295—304.
- Whalen, J. B., Currie, K. L., Chappell, B. W. (1987): A-Type Granites - Geochemical Characteristics, Discrimination and Petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 95(4): 407-419.
- Zachovalová, K., Leichmann, J., Švancara, J (2002): Žulová batholith: a post-orogenic fractionated ilmenite – allanite I-type granite. *Journal of the Czech Geological Society* 47/1-2.
- Základní geologické mapy ČR 1 : 25 000 [DVD]. Česká geologická služba. 2003.