

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta,
Ústav petrologie a strukturní geologie



Bc. Irena Olšanská

Strukturní a metamorfní vývoj kontaktní aureoly krkonoško-jizerského plutonického komplexu

Vedoucí diplomové práce:

RNDr. Kryštof Verner, Ph.D.

Praha, 2019

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

V Praze, 22. 8. 2019

.....

Poděkování

V první řadě bych ráda poděkovala svému vedoucímu práce doc. RNDr. Kryštofu Vernerovi, Ph.D. za podnětné konzultace, za pomoc po celou dobu vzniku práce a za to, že si pro mě ve svém nabitém programu vždycky našel nějaký čas. Také mu děkuji za zajištění všech prostředků pro uskutečnění výzkumu - od sběru dat po jejich analýzy. Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Davidu Buriánkovi, Ph.D. z České geologické služby v Brně za neméně podnětné a vyčerpávající konzultace, pomoc při zpracování dat a všechnen čas, který mi věnoval. V neposlední řadě moc děkuji za podporu mým přátelům, z nichž největší dík patří Davidu Kolečkářovi, nejdražšímu příteli a mojí rodině, jejíž členové mě podpořili ve všech ohledech. Bez vás bych to nezvládla! Můj velký dík patří i ústavu Petrologie a strukturní geologie, pod jehož hlavičkou mi bylo umožněno práci napsat a jmenovitě garantovi mého oboru doc. RNDr. Petru Jeřábkovi, Ph.D. za veškerou pomoc k hladkému proplutí magisterským studiem. Děkuji panu doc. RNDr. Václavu Kachlíkovi, CSc. za poskytnutí svých doposud nepublikovaných poznatků. A nemenší dík patří všem přednášejícím na této fakultě, kteří nám neúnavně předávají své znalosti, spolužákům, studijním referentkám, paním sekretářkám a pánům vrátným, ani bez nich by tato práce nemohla vzniknout.

Abstrakt

Krkonoško-jizerský plutonický komplex je jedním z nejrozsáhlejších kompozitních plutonů v Českém masivu. S jeho vmístěním je spojený vznik strukturní a termální aureoly, jejíž projevy jsou patrné zejména v horninách severní a jižní části oblasti. V této práci je zkoumán vliv kontaktní metamorfózy v těchto horninách. Informace o projevech metamorfních procesů v dílčích partiích příkontaktní zóny krkonoško-jizerského plutonu jsou součástí několika prací, avšak žádná práce se doposud nevěnuje kontaktní metamorfóze v této oblasti vyčerpávajícím způsobem. Cílem této práce bylo uceleně interpretovat kontaktní metamorfózu, spojenou s vmístěním plutonického komplexu a implikovat tyto poznatky v diskusi o procesech a mechanismu jeho vmístění. V horninách kontaktní aureoly krkonoško-jizerského plutonického komplexu (KJPK) byly rozpoznány relikt variské regionální metamorfózy, která byla spojena s tvorbou regionálních metamorfních staveb S_1 a S_2 . Původní minerální asociace a deformační stavby byly v příkontaktní zóně KJPK o průměrné šířce 1 km heterogenně přetištěny účinky kontaktní metamorfózy, jejíž intenzita nabývá směrem k intruzivnímu kontaktu. V minerálních asociacích kontaktně metamorfovaných hornin se objevují charakteristické minerály jako je cordierit, andalusit a vzácně pak sillimanit. Částečné nahrazení některých kontaktních minerálů indikuje rozsáhlou aktivitu hydrotermálních fluid během závěrečných fází chladnutí a krystalizace magmatu. Podmínky kontaktní metamorfózy v horninách ze severního a jižního kontaktu plutonu jsou obdobné a odpovídají teplotám v rozmezí $\sim 695 - 547$ °C. Tlaky vzniku kontaktních hornin v jižní části odpovídají hodnotám $\sim 2,5$ kbar. Stanovené P-T podmínky ukazují na mělké vmístění plutonického komplexu do hloubek okolo 7,5 km. S vmístěním plutonu byl dále spojen deformační přetisk původních regionálních staveb v podobě změny v orientaci metamorfní foliace v těsném okolí plutonického komplexu (tvorba dómové struktury V-Z protažení) a naložené krenulační kliváže. Tyto struktury indikují kompresi okolních hornin vlivem mechaniky intruze a jsou důležitým faktorem při tvorbě prostoru pro vystupující magma. Celkové vmístění krkonoško-jizerského plutonu pak bylo pravděpodobně řízeno zlomovou aktivitou v kinematickém režimu pravostranné transtenze ve směru ZSZ-VJV.

Klíčová slova: kontaktní metamorfóza, kontaktní aureola, strukturní aureola, krkonoško-jizerský plutonický komplex, krkonoško-jizerské krystalinikum

Abstract

Krkonoše-Jizera plutonic complex is one of the largest composite plutonic bodies in the Czech massif. The emplacement of this pluton relates to the origin of the structural and thermal aureole. The processes of contact metamorphism are most evident in the northern and southern part. The topic of this work is to find influence of the contact metamorphism in the host rocks. Partial information about contact metamorphism in this area could be found in several papers, but there aren't work which discuss this topic in detail. Goal of this work is to make complex interpretation of contact metamorphic processes connected with intrusion of the Krkonoše-Jizera plutonic complex and use this interpretation for discussion about model of magma intrusion.

In rocks of contact aureole of Krkonoše-Jizera plutonic complex (KJPC) were identified relicts of Variscan regional metamorphism, connected to creation of regional metamorphic fabric S1 and S2. Original mineral associations and deformation fabrics were in near-contact zone of KJPC 1 km in average in width heterogeneously overprinted by effects of the contact metamorphism, which intensity increases towards the intrusive contact. In the mineral associations of contact-metamorphic rocks appears characteristic minerals such as cordierite and andalusite, rarely sillimanite. Partial replacement of specific contact minerals implies wide activity of hydrothermal fluids during final phases of cooling and crystallization of the magma. The conditions of the contact metamorphism in rocks from northern and southern plutonic contact are similar and relates to temperatures in range of ~695 – 547 °C. Pressures in the south part of aureole are ~2.5 kbar. These determined P-T conditions shows shallow emplacement of the plutonic complex to depths about 7.5 km. The emplacement of KJPC also relates to deformative overprint of former-original regional fabrics in form of orientation change of metamorphic foliation in vicinity of plutonic complex (dome structure creation, east-west elongation). These structures indicate compression of surrounding rocks by intrusion and stand as important factor in creation of space for magma. The overall emplacement of KJPC was probably driven by faulting in kinematic regime of right-sided transtension in W/N-W to E/S-E direction.

Key words: contact metamorphism, contact aureole, structural aureole, Krkonoše-Jizera plutonic complex

Obsah

1. Úvod	10
1.1 Obecné definice a poznatky o kontaktních aureolách.....	10
1.1.1 Faktory řídící vznik kontaktní aureoly	11
1.1.2 Facie a minerální asociace spojené s kontaktní metamorfózou	12
1.1.3 Metasomatóza	14
1.2 Strukturní a texturní znaky kontaktně metamorfovaných hornin	15
2. Geologická stavba studované oblasti	17
2.1 Krkonošsko – jizerský plutonický komplex.....	20
2.2 Hostitelské horniny KJK	23
2.3 Dosavadní poznatky o aureole KJK.....	27
3. Petrologický vývoj hornin kontaktní aureoly KJK	31
3.1 Metodika	31
3.2 Petrografický popis hornin aureoly	34
3.3 Mineralogie	39
3.4 Teplotně – tlakové podmínky vzniku kontaktní aureoly	42
4. Výsledky terénní strukturní analýzy	45
4.1 Metodika	45
4.2 Struktury a stavby hornin	45
5. Diskuze	51
6. Závěry	55

Seznam použitých zkratek:

P-T „Pressure-temperature“ – teplotně-tlakové

ČM Český masiv

KJK krkonošsko-jizerské krystalinikum

KJPK krkonošsko-jizerský plutonický komplex

Ma miliony let

HP „high pressure“ – vysokotlaký

LP „low pressure“ – nízkotlaký

LT „low temperature“ – vysokoteplotní

HT „high-temperature“ - vysokotlaký

1. Úvod

Diplomová práce se zabývá problematikou vzniku kontaktních (termálních) aureol intruzivních těles, a to na příkladu krkonošsko-jizerského plutonického komplexu (KJPK), který vystupuje v severní části Českého masivu. Geneze a procesy vmístění tohoto kompozitního plutonického tělesa byly spojeny se závěrečnou etapou variských orogenních procesů, které probíhaly v období od středního devonu do spodního karbonu (např. Faryad a Kachlík, 2013; Žák *et al.*, 2014). S vmístěním a chladnutím tohoto plutonického komplexu je spojen vznik kontaktní a strukturní aureoly, vyvinuté v okolních horninách.

Tato práce si klade za cíl shrnout dosavadní znalosti o termálních a kontaktních aureolách intruzivních těles a zejména pak rozšířit dosavadní poznatky o kontaktní a strukturní aureole KJPK. Práce sestává ze dvou dílčích částí: 1) Rešeršní části, která se věnuje shrnutí dosavadních poznatků o kontaktních aureolách intruzivních těles a dále shrnuje dosavadní znalosti o geologické stavbě studovaného území s důrazem na těleso KJPK a horniny v jeho blízkém okolí. 2) Výzkumné části, která shrnuje výsledky petrologické a strukturní analýzy vybraných pěti segmentů kontaktní aureoly KJPK.

1.1 Obecné definice a poznatky o kontaktních aureolách

Jako kontaktní aureolu označujeme zónu tvořenou kontaktně metamorfovanými horninami v okolí těles intruzivních hornin (Mason, 1991). Kontaktní (termální) metamorfóza se vyskytuje v horninách v blízkosti kontaktu s intrusivními či extrusivními vyvřelými tělesy a metamorfni změny jsou způsobeny přenosem tepla z vysoce temperovaných magmat (Bucher *et al.*, 2010). Kontaktně metamorfované horniny se zpravidla vyskytují v prostředí s velkými rozdíly v teploty mezi magmatem a okolními horninami, to jest ve vyšších partiích zemské kůry (Winkler, 1974). Sekvence od kontaktem neovlivněných hornin k termálně metamorfovaným rohovcům, v těsné blízkosti s intruzí, se nazývá progresivní metamorfni sekvence (Mason, 1991). Ke vzniku kontaktní aureoly pak dochází zejména ve spojitosti se závěrečnými fázemi vmístění magmat, kdy teplo uvolňované během krystalizace magmatu generuje termální energii pro vytvoření kontaktní metamorfózy v okolních korových

horninách. Kontaktní aureola pak reprezentuje výsledek termální ekvibrace mezi původními korovými horninami komplexu a vystupujícím magmatem (Barboza a Bergantz, 2000).

1.1.1 Faktory řídící vznik kontaktní aureoly

Šíře kontaktních aureol se většinou pohybuje v rozmezí od několika metrů až po první kilometry. Vznik a rozsah kontaktní aureoly je závislý zejména na objemu, původu, teplotě a hloubce vmístění magmatického tělesa. Dále na mineralogickém složení a fyzikálních vlastnostech okolních hornin jako je například jejich permeabilita a obsah fluid (např. Bucher *et al.*, 2010). Na vývoji kontaktních aureol se dále mohou podílet i deformační procesy spojené s vmístěním plutonických těles (viz kapitola 1.2). Efekt kontaktní metamorfózy je nejlépe patrný zejména v prostředí sedimentárních hornin (např. břidlice a vápence). Horniny, které již prodělaly regionální metamorfózu v podmínkách středních nebo vyšších, obecně nevykazují znaky termálního metamorfního přetisku z důvodu absence vhodných minerálních asociací (Bucher *et al.*, 2010).

Jak bylo uvedeno výše, zásadní vliv při procesech kontaktní metamorfózy má teplota, respektive teplotní rozdíl mezi magmatem a okolními horninami a též doba tepelného přenosu (Mason, 1991; Bucher *et al.*, 2010). Teplota taveniny závisí na jejím chemickém složení. Bazaltická magmata vystupují při teplotách přes 1000 °C, oproti tomu granitická tavenina se může formovat při teplotě 650–700 °C (např. Tuttle a Bowen, 1958; Bucher *et al.*, 2010). Geotermální gradient v přípovrchových podmínkách relaxované kontinentální kůry (v hloubkách 3 až 5 km) je v průměru 25 °C/km a dále, se zvyšující se hloubkou, klesá na hodnoty nižší než 16 °C/km. V podmínkách aktivních orogenních pásem jsou hodnoty geotermálního gradientu obecně vyšší (DiPietro, 2013). V případě kontaktních aureol intruzivních těles bývá termální efekt spojen s lokální deformací, způsobenou procesy výstupu a vmístění magmatu (Bucher *et al.*, 2010).

Přítomnost magmatických fluid je dalším významným faktorem, který řídí výměnu hmoty a tepla (chemický a termální transport) mezi intrudujícím magmatem a okolními horninami (např. Kerrick, 1991). Fluida napomáhají přenosu tepla a urychlují metamorfní reakce v kontaktní zóně (Kerrick, 1991). Zásadně tak ovlivňují režim kontaktní metamorfózy a míru

metasomatické alterace (např. Nabelek, 2002; Rossetti *et al.*, 2007). Volatilní komponenty mají dále vliv i na celé magmatické systémy – mohou částečně snižovat teplotu solidu a měnit sekvenci magmatické krystalizace, depolymerizovat strukturu taveniny a celkově tak ovlivňovat viskozitu a hustotu magmatu (Kerrick, 1991). Přítomnost fluid při kontaktní metamorfóze dokumentují například fluidní inkluze v minerálech (Kerrick, 1991). Interakce fluid a hornin na kontaktu závisí na rovnováze mezi produkcí fluid, termálním režimem, složením a permeabilitou hostitelských hornin (např. Hanson, 1995; Rossetti *et al.*, 2007).

1.1.2 Facie a minerální asociace spojené s kontaktní metamorfózou

Procesy v kontaktních aureolách probíhají obvykle za nízkých tlaků (<~4 kbar). Ke změnám v hostitelských horninách dochází zejména vlivem zvýšeného teplotního gradientu (Pattison a DeBuhr, 2015). Například u hornin pelitického složení dochází během kontaktní metamorfózy k přeměně na rohovce, bohaté na silikáty, s charakteristickými minerály pyroxenem, granátem, biotitem, muskovitem, andalusitem, cordieritem, živci a často též epidotem, diopsidem, aktinolitem, wollastonitem a méně častými titanitem a tremolitem (Halдар a Tisljar, 2013).

Mineralogické změny, způsobené termální metamorfózou v kontaktní aureole, definují metamorfní facie a výskyty indexových minerálů (metamorfní izogrady). Ve směru termálního gradientu je možné, na základě výskytu charakteristických asociací metamorfních minerálů, definovat jednotlivé metamorfní facie (viz obr. 1) (např. Blatt *et al.*, 2005; Vladimír, 2014):

- Sanidinová facie
- Facie pyroxenických rohovců
- Facie amfibolických (též hornblendových) rohovců
- Facie muskovitických (též albit-epidotických) rohovců

Ve facii **muskovitických rohovců** (albit – epidotických rohovců) je charakteristická stabilní asociace muskovit + křemen. Dalšími častými minerálními asociacemi v této facii jsou: biotit + cordierit + muskovit + andalusit + křemen, chlorit + biotit + muskovit + andalusit ad.

Facie **amfibolitických rohovců** má charakteristické následující minerály a minerální asociace: hornblend, biotit, kalcit + křemen, dolomit, draselný živec + cordierit, draselný živec + andalusit, almandin, ortoamfibol, plagioklas + hornblend + křemen, diopsid + forsterit + kalcit + křemen ad. V této facii již není stabilní muskovit + křemen.

Facie **pyroxenických rohovců** je charakteristická vymizením hornblendu a jeho přeměnou na pyroxen, plagioklas, olivín ad. a přeměnou mírně Fe-bohatého biotitu na draselný živec, olivín či hypersten, cordierit, magnetit ad. Častými minerály a asociacemi jsou: hypersten, diopsid, ortoklas, cordierit + draselný živec, biotit, sillimanit, korund + sanidin, forsterit + cordierit + flogopit, cordierit + olivín + spinel ad.

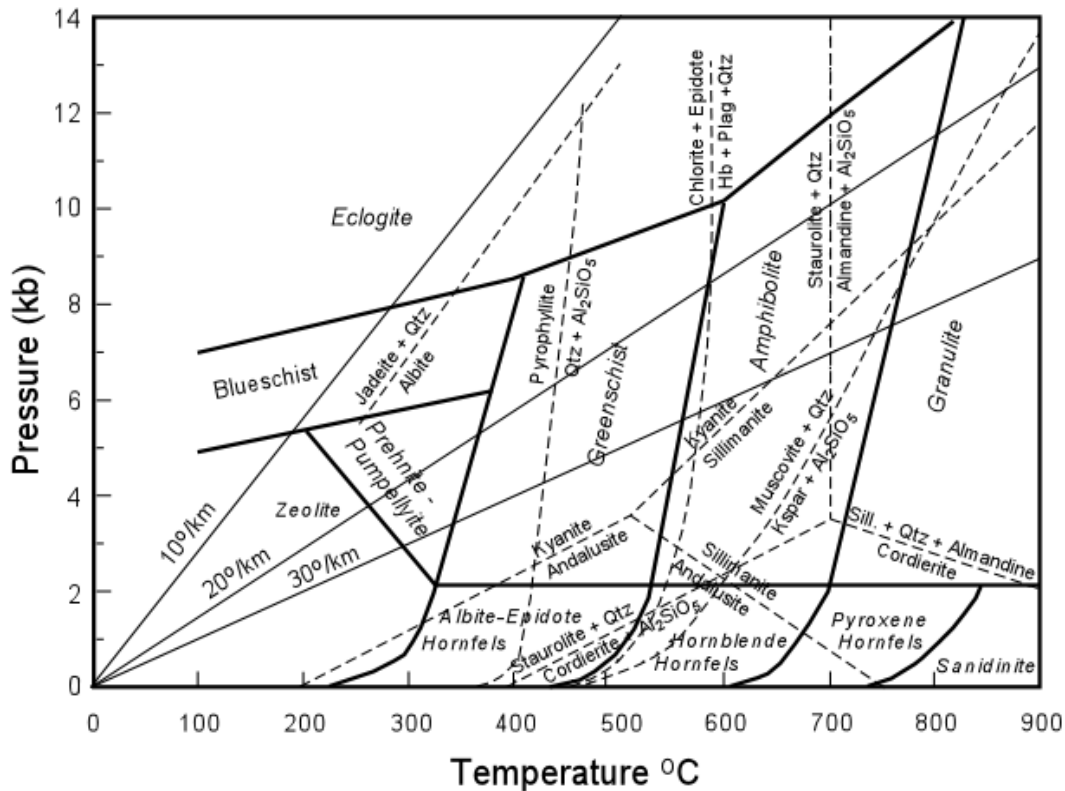
Pro **sanidinovou facii** jsou charakteristické následující minerály a jejich asociace: rohovce obsahující korund, cordierit, spinel, pyroxeny, sanidin, tridymit atd., které vznikají z hornin pelitického složení při HT metamorfóze. Tato facie je charakteristická absencí hydratovaných minerálů a částečně slíd. Křemen-živcové horniny se v těchto podmínkách obvykle taví.

Tyto prográdní sekvence nejsou u všech aureol vždy kompletní, v závislosti na teplotě vystupujícího magmatu a hloubce vmístění (Kerrick, 1991).

Metamorfnní izogrady definují první výskyt minerálu typického pro dané teplotně-tlakové podmínky – tj. tzv. indexového minerálu. Oblast výskytu indexového minerálu se nazývá metamorfnní zóna. Izogrady popisující výskyt minerálů v závislosti na teplotě se nazývají izotermy (obr. 1). Pro podmínky kontaktní metamorfózy jsou to zóny výskytu indexových minerálů typických pro vysoký nárůst teploty a relativně nízký nárůst tlaku (Mason, 1991).

Metamorfnní zóny ve směru ke kontaktu (tj. metamorfnní prográdní sekvence) jsou následující:

biotit - cordierit - andalusit - sillimanit.



Obr. 1. Idealizovaný graf pro metamorfni facie a minerální reakce. Převzato z (Nelson, 2004).

1.1.3 Metasomatóza

Ve vnitřních částech některých kontaktních aureol jsou hostitelské horniny vystaveny změnám chemického složení vlivem aktivity volatilních komponent (např. CO_2 , H_2O , F , Cl , a B), což vede k částečným změnám v chemickém složení hostitelských hornin (Kerrick, 1991; Mason, 1991). Metasomatická přeměna vede k re-ekvilibraci minerálních asociací vlivem změny P-T podmínek a/nebo chemického složení (Putnis a Austrheim, 2011). S nárůstem stupně termální metamorfózy vliv volatilních komponent klesá (Mason, 1991). Nejlépe je metasomatóza doložena z hornin karbonátového složení, kde působení fluid v blízkosti kontaktu s intruzí vede ke vzniku skarnové mineralizace. Metasomatóza se však může teoreticky vyskytovat ve všech prostředích kontaktní metamorfózy (Kerrick, 1991).

Hlavními mechanismy metasomatických procesů jsou difuze a infiltrace (Kerrick, 1991). Transportní mechanismy vlivem fluid jsou řádově rychlejší než difuze v pevné fázi (Putnis a Austrheim, 2011). Difuzní metasomatóza je řízena teplotou a rozdíly v chemickém potenciálu. Infiltrace je pak dominantním mechanismem u většiny kontaktních

metasomatóz, zvláště ve svrchní kůře, kde je cirkulace externích a magmatických fluid podporována vysokou permeabilitou prostředí (Kerrick, 1991).

Řídícími silami toku fluid je termální gradient oblasti a/nebo hydraulický gradient indukovaný procesy deformace (Oliver, 1996). V obou případech tok fluid závisí na prostupnosti cest, která je dána porozitou horniny a výskytem fraktur (již dříve existujících nebo vzniklých během synmetamorfních deformací či hydraulickou frakturací) (Kerrick, 1991; Putnis a Austrheim, 2011).

1.2 Strukturní a texturní znaky kontaktně metamorfovaných hornin

Horniny vzniklé kontaktní metamorfózou obvykle nevykazují znaky silné deformace, jsou jemnozrné, masivní a mají porfyroblastickou texturu. Vlivem relativně krátké doby termálního působení jsou minerální zrna v těchto horninách relativně malá a mají rovnoměrné tvary. V souvislosti s tím v mikroměřítku vykazují granoblastickou nebo také rohovcovou texturu (Haldar a Tisljar, 2013; Tyler, 2018). Velikost zrn se zmenšuje směrem od kontaktu spolu s klesajícím vlivem termálního působení (Haldar a Tisljar, 2013).

V některých případech je umístění intruze doprovázeno deformací kontaktně metamorfovaných hornin. V souvislosti s tím vznikají lineární, lineárně-planární a planární deformační stavby (např. Haldar a Tisljar, 2013).

Foliace v hostitelských horninách jsou obvykle orientovány paralelně s okrajem intruze a bývají paralelní i s osními rovinami starší vrásové stavby. Intenzita deformace zpravidla narůstá směrem k intruzivnímu kontaktu (Kerrick, 1991). Lineace v hostitelských horninách často přecházejí od strmě upadajících po horizontálně protažené, paralelní s okrajem plutonu. V některých kontaktních aureolách lineace naopak chybí (Brun *et al.*, 1990). Mezi křehké struktury v kontaktních aureolách patří zlomy s poklesovou kinematikou, jejichž četnost obvykle roste směrem k plutonu. Fraktury spojené s umístěním mají většinou orientace radiální či paralelní s okrajem plutonu a mohou být pronikány žilami (Kerrick, 1991).

Příslušné typy struktur jsou spojeny s mechanismem vmístění, tvarem a hloubkou plutonického tělesa. U mělkých intruzí se může objevovat mechanismus magmatického stopingu, kdy dochází k termálně řízené frakturaci hornin v nadloží plutonu. Hostitelské horniny jsou pak ve formě xenolitů pohlcovány a částečně asimilovány magmatem. S tvorbou lakolitů je spojen vznik charakteristické dómové struktury (vyklenutí hornin v nadloží intruze), poklesových zlomů a vmístěním žilných těles. Při procesu diapirismu a ballooningu v okolí kontaktu vznikají vlivem deformační kontrakce okolních hornin koncentricky orientované foliace. (Kerrick, 1991)

2. Geologická stavba studované oblasti

Zájmová oblast se nachází v severní části Českého masivu (ČM), který je jedním z nejrozsáhlejších výskytů evropských variscid. Vznik variského orogenního pásma a jednotky Českého masivu souvisel s procesy kolize kontinentů Laurussie a Gondwany, respektive se zánikem oceánské kůry (subdukce) a následnou akrecí jednotlivých mikrokontinentů v oblasti peri-Gondwany. Hlavní fáze těchto orogenních procesů je datována od středního devonu do spodního karbonu (např. Faryad a Kachlík, 2013; Žák *et al.*, 2014). Jednotka Českého masivu reprezentuje pestrou mozaiku jednotlivých litotektonických celků, které se skládají z kadomského fundamentu, deformovaných a metamorfovaných horninových sekvencí spodno-paleozoického stáří. Podrobné členění regionálně-geologické stavby ČM udává publikace Chlupáče *et al.*, (2002). V oblasti Českého masivu jsou vymezeny tyto jednotky:

- **Tepelsko-barrandienská oblast**, která tvoří centrální část Českého masivu. Jednotka se skládá z podložního patra, tvořeného nížce metamorfovanými horninami neoproterozoického stáří. Geneze těchto hornin byla spojena s formováním akrečního klínu okrajové části kadomského orogenu (Hajná *et al.*, 2011). Nadložní patro je tvořeno nemetamorfovanými vulkanosedimentárními horninami staršího paleozoika (kambrium – devon), ukládanými na periférii Gondwanského kontinentu. Dále jsou přítomna tělesa plutonických hornin, zejména kambro – ordovického a variského stáří. Z nich nejrozsáhlejší – Středočeský plutonický komplex se nachází při kontaktu tepelsko-barrandienské a moldanubické jednotky. Paleozoické sledy prodělaly jen slabé variské přepracování a díky tomu jsou velice dobře zachovány. Vůči okolním jednotkám Českého masivu (saxothuringiku a moldanubiku) vystupuje tepelsko-barrandienská jednotka jako strukturně nejvyšší a ve smyslu variského orogenního pásma náleží svrchní kůře (např. Hajná *et al.*, 2011; Žák *et al.*, 2014).
- **Moldanubická oblast** představuje jádro ČM. Jedná se o exhumované části střední a spodní kůry variského orogenního pásma označované jako jeho orogenní kořen (Schulmann *et al.*, 2008). Moldanubická oblast se na základě rozdílů v litologickém složení rozděluje na dvě hlavní jednotky: (a) jednotku Drosendorfskou, obsahující monotónní a pestrou skupinu a (b) Gföhlskou jednotku. Monotónní skupina je

tvořena jednotvárnou sekvencí migmatitů. Pestrá skupina kromě typických migmatitů obsahuje velké množství pestrých horninových vložek (mramory, amfibolity, kvarcity). Gföhlskou jednotku pak tvoří komplexy vysoce metamorfovaných hornin (granulitová až eklogitová facie), zejména granulity a migmatity, dále jsou přítomny ortoruly, (U)HP eklogity a plášťové peridotity. V jednotce Moldanubika se dále vyskytuje velké množství intruzivních těles variského stáří (např. Faryad *et al.*, 2010; Žák *et al.*, 2014).

- Na východě se nachází oblast moravosilezika, která zahrnuje jednotky brunovistulika, moravika a silezika. **Brunovistulikum** je interpretováno jako předpolí variscid na západě a Západních Karpat na východě. Jednotka brunovistulika je se nachází v JV části ČM a je odlišná zejména svým prevariským vývojem, kdy byla patrně součástí kontinentu Avalonie (Kalvoda *et al.*, 2008). Jednotka je složena z kadomského a variského patra. V průběhu variské orogeneze oblast vystupovala jako spodní deska na jižním okraji Laurusie, kolidujícím se skupinou armorických mikrokontinentů. Během této kolize byla deska brunovistulika podsouvána pod moldanubikum (např. Chlupáč, 1994; Kalvoda *et al.*, 2008; Žák *et al.*, 2014). V nadloží brunovistulika se nacházejí jednotky **moravika** a **silezika**. Moravikum je tvořeno zejména mesozonálně metamorfovanými horninami, vystupujícími na povrch v klenbách Dyjské a Svratecké a tělesem Bítěšské ortoruly, spočívající na brunovistulickém fundamentu. Silezikum, charakteristické svoji příkrovovou stavbou, tvoří sérii varisky metamorfovaných komplexů paleozoického stáří. Dále jsou přítomny menší tělesa variských granitoidů (Žulová masiv ad.). (např. Chlupáč, 1994)
- V S a SZ části ČM vystupuje jednotka **Saxothuringika**, která je tvořena metamorfovanými vulkano-sedimentárními zaobloukovými formacemi kadomského orogenu, granitoidními intruzemi svrchně proterozoického až spodno-kambrického stáří (např. Lužický masiv) a metamorfovanými vulkanosedimentárními horninami spodno-paleozoického stáří (např. Žák *et al.*, 2014). Uspořádání vnitřní stavby saxothuringika je interpretováno jako výsledek polyfázové interakce dílčích mikrokontinentů během variské orogeneze (např. Žáčková *et al.*, 2010). Severovýchodní – Lužická část saxothuringika (Lugikum) reprezentuje pasivní okraj saxothuringického oceánu (Matte *et al.*, 1990; Jeřábek *et al.*, 2016). Horniny této oblasti byly postiženy polyfázovou metamorfózou v podmínkách nízkých až vysokých

tlaků za relativně nízkých teplot (např. Žák *et al.*, 2014). Metamorfované horniny později prodělaly dvoufázovou deformaci v režimu kontinentální kolize a následné postorogenní extenze (např. Jeřábek *et al.*, 2016). Poslední fází tektonické aktivity byl vznik zlomových struktur ~SZ–JV směru s převažující kinematikou pravostranného subhorizontálního posunu (Aleksandrowski, 1997; Marheine *et al.*, 2002; Mazur *et al.*, 2006; Žák *et al.*, 2014). V období ~330 až ~305 Ma byla do částečně exhumovaných hornin saxothuringika vmístěna tělesa granitoidních hornin (např. Žák *et al.*, 2013, 2014), často s účinky kontaktní (termální) metamorfózy. Jedním z nejvýznačnějších těles těchto granitoidních hornin je krkonošsko-jizerský plutonický komplex (KJPK).

Studovaná oblast se nachází v severovýchodní části Saxothuringika a tvoří ji krkonošsko-jizerské krystalinikum a těleso krkonošsko-jizerského plutonického komplexu. Tyto dílčí jednotky jsou podrobně popsány v následujícím textu.

Krkonošsko - jizerské krystalinikum

Krkonošsko - jizerské krystalinikum je z litologického pohledu tvořeno metasedimenty spodno-proterozoického stáří, ortorulami kambro-ordovického stáří (jizerská a krkonošská ortorula) a bimodálními metavulkanity (Kryza *et al.*, 2007; Kusiak *et al.*, 2014). Protolity metamorfovaných vulkanosedimentárních hornin byly derivovány z pasivního okraje desky a ukládanými během intrakontinentálního riftingu kadomského podkladu a souběžného vývoje oceánské pánve (Žáčková *et al.*, 2010; Jeřábek *et al.*, 2016). Jednotka má příkrovovou stavbu a metamorfóza narůstá východním směrem (Žáčková *et al.*, 2010).

Na základě geochemických, geochronologických, strukturních a metamorfních dat byly litologické komplexy Lugika rozděleny na dílčí jednotky (Mazur a Aleksandrowski, 2001; Žáčková *et al.*, 2010; Jeřábek *et al.*, 2016):

- Paraautochtonní jednotka, která se skládá z hornin neoproterozoického stáří a jejich metamorfovaného pokryvu spodno-paleozoického stáří (např. ještědská jednotka na západě).
- Spodní příkrov, který se nachází ve strukturním nadloží a je tvořen granátickými svory s tělesy ortorul, kvarcitů, vápenato-silikátových hornin a mramorů.

Petrologické studie vzorků s granátem ukazují na metamorfózu ve facii modrých břidlic, v rozmezí tlaků 18 -19 kbar a teplot 460 – 520 °C (Žáčková *et al.*, 2010).

- Střední příkrov je tvořen fylity, mramory a metavulkanity, které prodělaly metamorfózu za nízkých teplot ~300-530 °C a vysokých tlaků ~6,5 – 12 kbar (Patočka *et al.*, 1996)-
- Nejsvrchnější příkrov tvoří Leszczyńska jednotka s dominantním zastoupením metamorfovaných bazických hornin se záznamem nízkotlaké metamorfní přeměny (Kryza a Mazur, 1995).

Krkonoško-jizerské krystalinikum (KJK) je interpretováno jako variský subdukčně-akreční komplex, jehož geneze byla spojena s jihovýchodní subdukcí saxothuringické desky pod tepelsko-barrandienskou jednotku v období okolo 360 Ma (Kachlík 1998; Faryad a Kachlík, 2013). Během těchto procesů horniny prodělaly vysokotlakou metamorfózu za teplot 300 - 500 °C a tlaků 7 - 19 kbar. V další fázi okolo 340 Ma následovala kolize, která byla spojena s tvorbou příkrovů a rozsáhlou LP metamorfózou – přetiskem ve facii zelených břidlic (Marheine *et al.*, 2002; Žáčková *et al.*, 2010; Buriánek *et al.*, 2013; Faryad a Kachlík, 2013; Žák *et al.*, 2013).

V rozmezí ~325 až 315 Ma byla oblast postižena výraznou zlomovou aktivitou, v převažujícím tektonickém režimu pravostranného stříhu, která doprovázena posttektonickým vmístěním rozsáhlého granitového tělesa – krkonoško-jizerského plutonického komplexu (např. Marheine *et al.*, 2002; Žáčková *et al.*, 2010; Žák *et al.*, 2013; Jeřábek *et al.*, 2016).

2.1 Krkonoško - jizerský plutonický komplex

Krkonoško - jizerský plutonický komplex (KJPK) je jedním z nejvýznačnějších granitoidních těles variského stáří v oblasti Českého masivu (např. Žák *et al.*, 2013; Kusiak *et al.*, 2014). Pluton byl vmístěn do asymetrické dómové struktury tvořené horninami KJK v období okolo 320 – 315 Ma (Žák *et al.*, 2013). Plutonický komplex má východo-západní protažení oválného tvaru se zúženou částí uprostřed a jeho rozloha zaujímá ~1000 km² (Kusiak *et al.*, 2014). Kontakty plutonu jsou vůči strukturám hostitelských hornin převážně diskordantní s

výjimkou jeho východního okraje (Kryza, 1995). Severovýchodní a jihozápadní okraje plutonického komplexu byly zkráceny intrasudetským a machnínským zlomem (Žák *et al.*, 2013). Xenolity hostitelských hornin o velikosti v řádu několika centimetrů až decimetrů byly dokumentovány vzácně. KJKP je polyfázovou kompozitní intruzí s přítomností 5 dílčích magmatických pulzů mírně rozdílného stáří a složení. Celkově těleso KJKP vykazuje vápenato-alkalické, vysoce draselné složení, jehož geneze byla spojena s parciálním tavením hlubších partií kontinentální kůry, mixingem mezi felsickými a mafickými magmaty a v neposlední řadě také s příspěvkem magmatické diferenciaci (Klomínský *et al.*, 2010; Šlaby a Martin, 2008).

Těleso plutonického komplexu bylo umístěno do relativně mělkých úrovní kůry (Žák *et al.*, 2013). Na základě rozdílů v mineralogickém a geochemickém složení, stanoveném stáří krystalizace a strukturním záznamu, bylo v rámci tělesa KJKP identifikováno několik dílčích magmatických variet (např. Klomínský *et al.*, 2010; Žák *et al.*, 2013).

Nejstarší magmatickou varietou v rámci plutonického komplexu je hrubozrnný dvojslídny granit, označovaný jako **tanvaldský typ** ($317,3 \pm 2,1$ Ma) s výskytem akcesorického granátu a andalusitu. Granit je rozdělen do dvou izolovaných těles, z nichž jedno tvoří nejzápadnější výběžek komplexu, zatímco druhé vystupuje podél jihozápadního okraje. Tanvaldský granit je dle složení S-typ, jehož geneze byla spojena s parciálním tavením metasedimentárních formací.

Následovalo umístění granitu **libereckého typu** (319.5 ± 2.3 Ma) a **jizerského typu** (320.1 ± 3.0 Ma až 319.3 ± 3.7 Ma). Liberecký granit zaujímá největší část plutonického komplexu. Jedná se o středně až hrubozrnný porfyrický biotitický granit s živcovými fenokrysty (o velikosti 2-3 cm). Střednězrnný, silně porfyrický jizerský granit obsahuje fenokrysty draselného živce o velikosti 3-7 cm a tvoří též plošně rozsáhlé těleso, nacházející se v nadloží libereckého granitu. Liberecký granit formuje vnější okraj v západním výběžku plutonického komplexu a vystupuje jako vnitřní těleso obklopené jizerským granitem.

V západní části komplexu, na vnitřním kontaktu mezi libereckým a jizerským granitem, se vyskytuje několik stovek metrů mocná **gradační zóna**. Podél gradačního kontaktu intrudoval

granodiorit typu fojtka ($318 \pm 2-3$ Ma), který vykazuje znaky mixingů s granitem libereckého typu.

Intruzivní sekvence byla zakončena drobnějšími intruzemi střednězrnitého granitu **harrachovského typu** (315.0 ± 2.7 Ma) a jemně- až střednězrnitého ekvigranulárního biotitického granitu **krkonošského typu**. Tyto nejmladší intruze tvoří nejvýše položenou a nejvíce obnaženou část plutonického komplexu v nadmořských výškách okolo 1400 – 1500 m (např. Klomínský *et al.*, 2010; Verner *et al.*, 2013; Žák *et al.*, 2013).

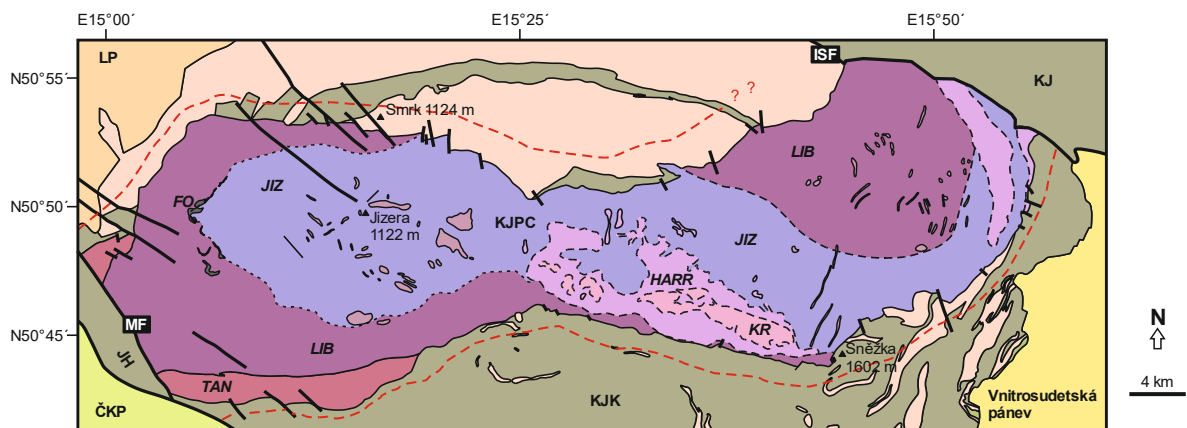
Hlavní vliv na umístění postkolizního granitového komplexu měly dextrální pohyby na hlavních zlomech SZ-JV průběhu (Aleksandrowski *et al.*, 1997). Tyto procesy probíhaly v součinnosti se založením intrasudetské pánve v období střední visean – perm (Žák *et al.*, 2013).

Báze této sekvence značí nástup postkolizního výzdvihu a eroze hostitelských hornin před umístěním KJK (Žák *et al.*, 2013). Vývoj granitoidů je spojen s tavením hlubších partií kůry za přispění magmatického mixingů (Słaby a Martin, 2008).

Během umístění plutonického komplexu byly metasedimentární a metamorfované vyvěřelé horniny v úzké zóně podél intruzivního kontaktu přeměněny na kontaktní rohovce a skvrnitě břidlice (např. Fila-Wojcicka, 2004; Buriánek *et al.*, 2013; Žák *et al.*, 2013). Studium teplotně-tlakových podmínek krystalizace plutonu a termálního přetisku v kontaktní zóně plutonu indikuje relativně mělké umístění plutonického komplexu nepřesahující hloubku 7 až 10 km (Ilnicki, 2011).

Na základě interpretace současných gravimetrických dat lze předpokládat tabulární tvar komplexu, v jeho západní části nepřekračující mocnost 8-9 km pod současnou erozní hranici a směrem na východ rozšíření kořenové oblasti až do hloubky 10 km (Sedlák *et al.*, 2007).

V rámci libereckého granitu jsou zachovány magmatické foliace a lineace paralelní s okrajem plutonu. Oproti tomu vnitřní granitové variety (jizerský, harrachovský a krkonošský typ) jsou přetištěny synmagmatickými deformacemi způsobenými pravostrannými pohyby podél regionálních dextrálních zlomů (Žák *et al.*, 2013).



Legenda:

Jednotky okolních hornin

- Ortoruly a metagranity (nespecifikováno)
- Granitoidy (Lužický pluton; LP)
- Metavulkanity a metasedimenty (krkonošsko-jizerské krystalinikum; KJK)

Krkonošsko-jizerský plutonický komplex

- Středně-zrnitý biotitický granit (krkonošský typ; KR)
- Středně-zrnitý biotitický granit (harrachovský typ; HARR)
- Granodiorit (typ fojtka; FO)
- Porfyrický biotitický granit (jizerský typ; JIZ)
- Porfyrický biotitický granit (liberecký typ; LIB)
- Dvojslídny granit (tanvaldský typ; TAN)

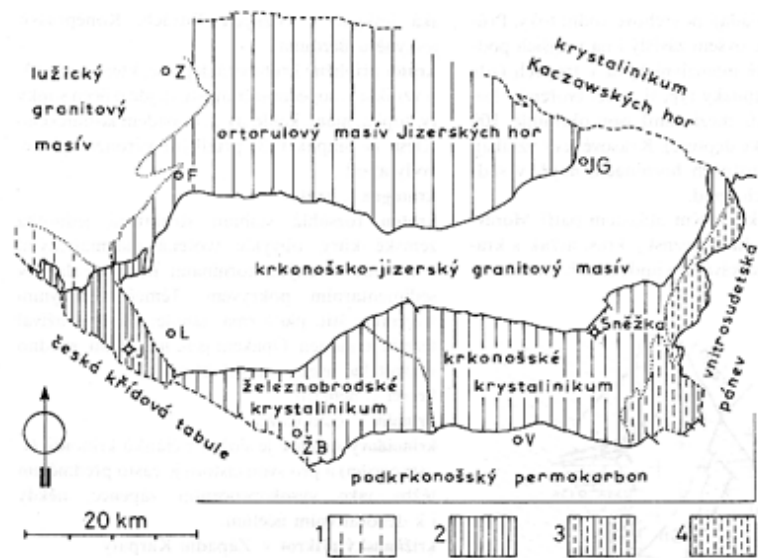
Platformní pokryvné útvary

- Česká křídlová pánev (ČKP) (pískovce, slínovce)
- Vnitrosudetská pánev (konglomeráty, pískovce)
- Hlavní zlomové struktury
- ISF Vnitrosudetský zlom
- MF Machninský zlom
- Předpokládaná hranice kontaktní aureoly KJP

Obr. 2. Zjednodušená geologická mapa krkonošsko-jizerského plutonického komplexu a jeho okolí s vyznačením předpokládané hranice kontaktní aureoly. Upraveno z (Žák et al., 2013).

2.2 Hostitelské horniny KJPK

Intruze KJPK, tvořící jádro krkonošsko-jizerské oblasti, je obklopena středně-proterozoickými až spodno-paleozoickými horninami KJK. Tento obal je reprezentován ne sever od plutonu jizerskými ortorulami, v jihovýchodní části jižním a východním krkonošským komplexem a železnobrodským krystalinikem a dále krystalinikem ještědského hřebětu na jihozápadě. Severní a jihozápadní omezení krkonošsko-jizerské oblasti je tvořeno zlomovými liniemi: vnitrosudskou a východním pokračování lužického zlomu, který ji odděluje od české křídlové pánve. Na západě, za vnitrosudským zlomem, přiléhá k plutonu kaczauský metamorfovaný komplex, popsáný na polském území. (Kozdrój, 2001)



Obr. 3. Schématická geologická mapa krkonošsko – jizerské oblasti s krkonošsko – jizerským plutonem uprostřed. Převzato z www.geology.cz.

Železnobrodské krystalinikum

Železnobrodské krystalinikum je tvořeno různými typy fylitických hornin s vložkami bazických vulkanitů, žilných bazik a ultrabazik, kvarcitů, mramorů a ultrabazických hornin (např. Kachlík, 1996). Stáří hornin je nejisté, avšak na základě litologické podobnosti s okolními jednotkami se v rámci železnobrodského krystalinika vyčleňují dvě patra (Chaloupský *et al.*, 1989; Kachlík, 1996): svrchno-proterozoické až kambrické (radčická jednotka) a spodno-paleozoické - ordovik až silur (ponikelská jednotka).

Starší radčická jednotka je tvořena sericit – chloritickými fylity s vysokým podílem vulkanické příměsi a vložkami grafitických a sericitických fylitů. Svrchní část sledu je tvořena bimodálními metavulkanity, pyroklastiky a v menší míře metagabry a žilnými metamorfovanými ultrabaziky, označovanými jako železnobrodský vulkanický komplex.

Mladší, nadložní ponikelská jednotka tvoří plošně rozsáhlejší část železnobrodského krystalinika. Je tvořena komplexem sericitických fylitů a v menší míře grafitických fylitů s polohami lydítů a hruběji porfyroblastických albitických fylitů, místy až svorů. V nižší části sledu jsou přítomny vložky kvarcitů a místy polohy mramorů, střídající se s vápnitými tufitickými fylity a grafitickými fylity. Ve vyšší části sledu se nachází masivnější horizont

plošně rozsáhlejších těles světlejších mramorů. Na rozdíl od starší skupiny je v této menší množství vulkanitů, které se zde vyskytují v podobě drobnějších těles metadiabasů s vložkami metatufitů (např. Kachlík, 1996; Kachlík a Patočka, 1998).

Jižní a východní krkonošský metamorfovaný komplex

Jižní a východním krkonošský metamorfovaný komplex je tvořen sériemi hornin proterozoika – kambria, které přecházejí bez výraznějších diskontinuit v podobné, avšak pestřejší metamorfované vulkano-sedimentární horniny kambrického až svrchno-ordovického stáří. Jižní část krkonošského komplexu, tvořená jednotkami proterozoického až kambrického stáří, je ekvivalentem čtyř pásů tvořených krystalickými břidlicemi v jizerském krystaliniku na severu od KJPK. Východ krkonošského metamorfovaného komplexu je tvořen sekvencemi spodního kambria až svrchního ordoviku s množstvím bazických metavulkanitů, dále biotitickými a epidotickými amfibolity, laterálně nahrazenými metabazity metamorfovanými ve facii zelených břidlic. JV část KJK je budována krkonošskými ortorulami - rulovými horninami kadomského či předkadomského stáří (např. Chaloupský, 1989). Jižní krkonošský metamorfovaný komplex nese znaky HP-LT metamorfni události. Představoval nejspíš hluboce zanořenou krystalinickou příkrovovou sekvenci, která byla později exhumována a vyvrásněna přes paraautochtonní jednotku Ještědské oblasti a pasivní okraj Saxothuringika. (Kozdrój, 2001)

Ještědský hřbet

Jednotka Ještědského hřbetu vystupuje na západ od KJPK jako hrášt klínovitého tvaru, tvořená silně zvrásněnými, mírně až epizonálně metamorfovanými horninami pozdního proterozoika a paleozoika (Kozdrój, 2001). Ještědská jednotka je tvořena pestrými horninovými sledy proterozoického až spodnokarbonského stáří. Nejstarší sledy představují klastické flyšové sekvence s polohami metavulkanitů proterozoického stáří, následující spodní paleozoikum je tvořeno metasedimenty (zejména fylitickými horninami) a metavulkanity. Horninové celky ještědského hřbetu prodělaly slabou variskou metamorfózu ve facii zelených břidlic. Starší kadomské struktury zachované v horninách machnínské skupiny byly varisky přetištěny do plochých orientací (Kozdrój, 2001).

Jizerský komplex

Jizerský metamorfní komplex, nacházející se v severní části krkonoško-jizerského krystalinika, je tvořen různými varietami jizerských ortorul a čtyřmi paralelními zónami (pásy) tvořenými krystalickými břidlicemi s drobnými vložkami muskovitických kvarcitů, grafitických kvarcitů a svorů (Fila-Wojcicka, 2004; Oberc-dziedzic *et al.*, 2009). Dále jsou přítomna tělesa pegmatitů a pneumatolytických hydrotermálních těles: silicifikovaných kataklastických zón a metasomatitů, vzniklých alterací ortorul a křemenných žil (Kozłowski, 1978).

Horniny jizerského krystalinika byly varisky regionálně metamorfovány a deformovány. Zóna krystalických břidlic Skłarska Poręba, nacházející se na kontaktu s KJK, byla ve spojitosti s touto intruzí termálně metamorfována na rohovce s minerály andalusitem a cordieritem. (Kozłowski, 1978; Fila-Wojcicka, 2004).

Kaczawský metamorfní komplex

Na SV od plutonického komplexu se na Polském území nachází Kaczawský metamorfní komplex, který je od krkonoško-jizerské oblasti oddělen vnitrosudetským zlomem. Je vystavěn spodnopaleozoickými horninami variského basementu, které prodělaly různé stupně metamorfózy. Horniny komplexu jsou tvořeny sedimentárně-vulkanickými sériemi – zejména krystalickými břidlicemi a fylity s vložkami kvarcitů a krystalických vápenců. Nejrozsáhlejší vulkanická aktivita spadá do závěru ordoviku/počátku siluru a je spojována s hlavním riftingem oblasti. S tělesem KJK přímo sousedí Bolkowská a Dobromierská jednotka, tvořené metavulkanity. Horniny byly během variských metamorfovány ve facii modrých břidlic (výskyt glaukofánu a jadeitu) a následně přepsány metamorfózou ve facii zelených břidlic. (Kozdrój, 2001)

2.3 Dosavadní poznatky o aureole KJKP

Vznik kontaktní aureoly obklopující KJKP byl spojen se závěrem magmatických a tektonometamorfních procesů v krkonošsko-jizerské oblasti. Tato termální událost, spolu se vznikem posttektonických minetových žil, je datována na ~314 až 312 Ma (Marheine *et al.*, 2002). Během vmístění plutonického komplexu byly původní metasedimentární a vyvřelé horniny kontaktně metamorfovány na rohovce a skvrnitě břidlice s cordieritem, andalusitem a K-živcem (např. Aleksandrowski, 1997; Žák *et al.*, 2013). Šířka kontaktní aureoly dosahuje ca 2,5 km. Na východě se jedná o horniny oblasti Rudawy Janowickie (Aleksandrowski, 1997), na severu jsou dokumentovány projevy kontaktní metamorfózy v pásu krystalických břidlic v okolí Szklarské Poręby a v jv. části zlomové zóny Garby Izetskie. Kontaktně metamorfované rohovce zde obsahují andalusit a cordierit (Kozłowski, 1978; Fila-Wójcicka, 2000). V jižní části aureoly, v železnobrodském krystaliniku, kontaktní metamorfní asociace nahradily minerální asociaci facie zelených břidlic (např. Faryad a Kachlík, 2013; Žák *et al.*, 2013). Na základě stabilní minerální asociace byly P-T podmínky kontaktní metamorfózy stanoveny na $T > 600$ °C, $P < 2$ kbar, což indikuje vmístění jižní části KJKP do hloubek nepřesahujících 7 km (Kryza a Mazur, 1995; Aleksandrowski, 1997; Marheine *et al.*, 2002). S procesy výstupu a vmístění magmatu je dále spojen vývoj strukturní aureoly – vznik asymetrických kinkových vrásek a strmě upadající osní kliváže. Následovně během chladnutí byla deformace lokalizována a vznikaly zlomové struktury (Fila-Wojcicka, 2004; Verner a Mrázová, 2013; Verner *et al.*, 2013).

SZ část kontaktu s KJKP je strmě ukloněna k jihu. V blízkosti kontaktu se vyskytují kontaktně metamorfované fylity, metabazity a ortoruly (Buriánek *et al.*, 2013 a Verner *et al.*, 2013). Jako první znaky kontaktní metamorfózy se v těchto fylitech objevují poikiloblasty biotitu obsahující inkluze křemene. Směrem ke kontaktu fylity přecházejí do kontaktních břidlic s cordieritem a andalusitem. Břidlice jsou středně- až jemnozrnné, tvořené minerály muskovitem, biotitem, křemenem a v podřízeném množství plagioklasem. Dále obsahují poikiloblasty cordieritu (až 5 mm), jež je často pinitizován nebo zatlačován muskovitem a chloritem. Vzácněji se vyskytují asociované porfyroblasty andalusitu (až 1 cm), který je v mnoha případech zatlačován muskovitem. Cordierit a andalusit vzácně uzavírá relikt granátu.

Směrem ke kontaktu se břidlice mění na cordieritické, cordierit-andalusitické a cordierit-sillimanitické kontaktní rohovce, které se vyskytují ve vzdálenosti desítek až stovek metrů od plutonu. Ty jsou tvořeny křemenem, převážně sericitizovaným plagioklasem (An_{9–12}), vzácněji draselným živcem, oválným poikilblastickým cordieritem (v některých případech až 30 - 80 mod. % horniny) a slídkami s často poikilitickým andalusitem v proměnlivém množství. Biotit v rohvcích na základě chemického složení odpovídá annitu. Cordierit je místy zatlačován sekundárním muskovitem a chloritem.

Na základě minerální asociace draselný živec, cordierit a andalusit v kontaktních rohvcích odhadují Buriánek *et al.* (2013) a Verner *et al.* (2013) P-T podmínky vzniku na > 550 °C a < 3 kbar. Tuto tezi podporují výpočtem P-T podmínek 613 ± 50 °C a 3 ± 1 kbar v programu Thermocalc (Holland – Powell 1988; verze 3.3) pro kontaktní rohovec s andalusitem a granátem. Dále pomocí termometru, založeného na obsahu Ti v biotitu, vypočítali teplotu vzniku biotitu v muskoviticko-biotitických kontaktních břidlicích až cordieritických rohvcích na 541 – 685 °C (Buriánek *et al.*, 2013 a Verner *et al.*, 2013).

Severovýchodní části kontaktu KJPK se věnují práce (Kozłowski, 1978; Fila-Wójcicka, 2000; Marheine *et al.*, 2002; Ilnicki, 2011). Kontakt KJPK s ortorulami a rohovci jizerské oblasti blízko Jakuszyce na západ od Szklarské Poręby je z části intruzivní a z části tektonický podél zlomové zóny Garby Izerskie – Rozdroże Izerskie. Mineralizovaná zóna spojená s touto dislokací je 100 - 400 m široká. Jz. konec kontaktní zóny s KJPK se projevuje rozptýleným prokřemeněním (Fila-Wójcicka, 2000). Okolní horniny na JV oblasti jsou tvořeny rohovcovými krystalickými břidlicemi s andalusitem a pinitem s vložkami skarnů různé mocnosti (Kozłowski, 1978). Skarny jsou pro svůj vznik na exokontaktu s KJPK interpretovány jako exoskarny (Fila-Wójcicka, 2004). SZ část je tvořena blastomylonitickými a jemnozrnými ortorulami s biotitem. Zóna spojená s posunem je mineralizovaná křemenem, jehož obsah postupně narůstá směrem k jejímu centru v ortorulách i rohvcích až k monominerální kvarcitické hornině (Kozłowski, 1978). Metamorfní událost spojená s termální aktivitou KJCP na kontaktu s granitem je v oblasti Sowia Dolina doložena metabazity (místy s cummingtonitem) (Fila-Wójcicka, 2000). Asociace s prehnitem odráží retrográdní reekvilibraci ($T < 300 - 350$ °C, $P < 2.5 - 3$ kbar), která může být též částečně spojena s hydrotermální aktivitou v okolí plutonu (Ilnicki, 2011). Kontakt KJPK a jizerské oblasti je

konkordantní, pouze v SSZ části je diskordantní (Kozłowski, 1978). V mafických horninách Kaczawského komplexu, metamorfovaných ve facii zelených břidlic na východním kontaktu s KJCP, aureola téměř chybí vlivem pozdějšího levostanného přemístění podél vnitrosudetské zlomové zóny (Marheine *et al.*, 2002).

V zóně Izerskie Garby, ve spojitosti s kontaktní metamorfózou, vznikaly kontaktní rohovce a vápenato-silikátové skarny. Maximální teplota vzniku kontaktních rohovců byla podle Fila-Wojcicka (2004) pravděpodobně nižší než 600 °C. Maximální teploty kontaktní metamorfózy bylo dosaženo ve vápenato-silikátových skarnech a odpovídá přibližně 650 °C (Fila-Wójcicka, 2000). Podle Fila-Wojcicka (2004) je kontaktní metamorfóza v zóně Garby Izerskie starší, než ~320 Ma, kdy bylo datováno chladnutí biotitu (Marheine *et al.*, 2002).

S intruzí KJPK je dále spojována mobilizace volatilních komponent. Hydrotermální mineralizace oblasti Garby Izerskie vznikala za teplot 370 – 110 °C. Při kontaktu s plutonem se spojována i aureola mobilních prvků (CO₂, F, B, Li, Na, Be) (Kozłowski, 1978).

V jižní části kontaktu KJPK se vyskytují horniny mladší ponikelské jednotky, která je tvořena zejména grafitickými fylity s častými laminami kvarcitu a polohami sericitických fylitů a dále s vložkami vápenců, kvarcitů a metabazik (V. Kachlík, ústní sdělení). Tyto horniny byly na kontaktu s KJPK přeměněny na rohovce a plodové břidlice v 0,5 – 1,5 km široké aureole. Ve vnitřní zóně aureoly jsou metamorfovány ve facii biotitických a amfibolických rohovců s andalusitem a cordieritem. V její vnější širší části, zejména na jihu, je charakteristický výskyt skvrnitých břidlic a plodových břidlic s poikiloblasty cordieritu. Sericitický a chlorit-sericitický fylit, nejvíce zastoupená hornina ponikelské jednotky. Tento horninový typ se zároveň i největším rozšířením na kontaktu s KJPC (konkrétně tanvaldským granitem) odráží termální metamorfózu nárůstem krystalinity slídových minerálů a ve vnější části vznikem plodových břidlic. Blíže ke kontaktu se objevují biotit-cordierit-andalusitické rohovce s masivní texturou, vyvinutou foliací a páskováním a dále páskované albitické sericit-muskovit-chloritické fylity. Růst minerálů, spojených s kontaktní metamorfózou, většinou sleduje starší strukturní plochy. Jemnozrnné zelené břidlice jsou na kontaktu přeměněny na jemnozrnný zelenavý kontaktní rohovec s deskovitou odlučností a masivní texturou. Převažujícím minerálem je zelený amfibol, občas nahrazován aktinolitem. Dále je přítomen plagioklas, epidot a titanit. Metavulkanity ponikelské skupiny jsou při kontaktu s KJPK

přeměněny na epidotické amfibolity (V. Kachlík, ústní sdělení). Na kontaktu tanvaldského granitu a železnobrodského krystalinika (lokality Rádlo a Příchovice) byly popsány znaky uranové mineralizace vázané na kontakt (Lepka a Kundrát, 1993).

3. Petrologický vývoj hornin kontaktní aureoly KJPK

3.1 Metodika

Na vybraných pěti profilech v jižní a severní části kontaktu krkonoško-jizerského plutonického komplexu byly systematicky odebrány horninové vzorky pro účely optické a elektronové mikroskopie. Na základě optické mikroskopie byl vypracován petrografický popis těchto vzorků (viz. příloha 1 - Petrografický popis). Na základě tohoto popisu byly vypracovány petrografické charakteristiky jednotlivých horninových typů (kapitola 3.2). Dále byly vybrány reprezentativní výbrusové preparáty, které byly podrobeny analýze na elektronové mikrosondě typu CAMECA SX100 na společném pracovišti Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity a ČGS v Brně. Chemické složení hlavních a vybraných akcesorických minerálů, z vybraných vzorků (viz příloha 2) bylo stanoveno pomocí bodových analýz ve vlnově disperzním módu (WDX) za následujících podmínek: urychlovací napětí 15 kV, průměr elektronového svazku 2 μm , proud 20 nA, operátor P. Gadas. Jako standardu bylo pro analýzy cordieritu, granátu, živců a slíd užito těchto minerálů (první řádek tabulky):

Cordierit a granát	Živce	Slídy
Na albit	Na albit	Na albit
Si andradit	Si sanidin	Si, Ca wollastonit
Al sanidin	Al, K ortoklas	Si sanidin
P fluorapatit	Ca wollastonit	Mg pyrop
Ba baryt	Fe almandin	Cl, V vanadinit
Ca wollastonit	Ba baryt	Ti titanit
K ortoklas	Sr SrSO ₄	Cr chromit
Fe almandin	P fluorapatite	Ba baryt
Mn spessartin	F topaz	K ortoklas
Sr SrSO ₄	Mn spessartin	Fe almandin
Pb nebo Cl, V vanadinit	Rb leucit	Mn spessartin
Mg olivín	Cs polucit	Zn gahnit
Ti titanit	P fluorapatit	F topaz
Cr chromit		Sr SrSO ₄
Zn gahnit		Ni Ni ₂ SiO ₄
F topaz		Sc ScVO ₄
Sr SrSO ₄		Rb leucit
Ni Ni ₂ SiO ₄		Cs polucit

Tab. 1. Přehled standardů použitých pro analýzy cordieritu, granátu, živců a slíd.

Krystalochemické vzorce slíd jsou vypočteny na 20 O + 4 OH + F. Krystalochemické vzorce živců byly přepočteny na 8 O a cordieritu na 18 O. Granáty byly přepočteny na 12 O, Fe²⁺ a Fe³⁺ bylo rozpočteno na základě stechiometrie (Si + B-pozice = 5). Použité zkratky minerálů jsou podle Whitneyové a Evanse (2010). Pro vybrané horninotvorné minerály (biotit, živce a granát) byly vytvořeny diagramy v programu GCDkit. Tyto diagramy jsou diskutovány v kapitole, pojednávající mineralogii (viz obr. 4). Poté byla mineralogická data použita jako vstupní hodnoty pro výpočet tepelně-tlakových (P-T) podmínek pro metamorfní vývoj vybraných hornin. Pro výpočet P-T podmínek byly použity minerální asociace, jejichž minerály se v optickém mikroskopu jeví být v rovnováze. Pomocí programu Thermocalc (Powell a Holland, 1988) byly vypočteny aktivity koncových členů na základě chemické analýzy z elektronové mikroskopie a následně byly vypočteny reakce umožňující výpočet P-T podmínek. P-T podmínky jsou detailně diskutovány v kapitole 3.4. Z důvodu nedostatku vhodných vzorků ze severní části bylo pro účely vyhotovení komplexní mineralogické interpretace a výpočtu P-T podmínek vzniku aureoly navíc použito archivních dat, poskytnutých D. Buriánkem a zahrnuty analýzy z práce Buriánka *et al.* (2013). Použitá data (výsledky chemických analýz z elektronové mikrosondy vzorků vyhotovených pro účely této práce), jsou v příloze 2.

Metoda	celkový počet vzorků/vzorky z této práce/vzorky Buriánek*
Petrografie	21/21/0
Mineralogie	24/10/14
Thermocalc**	6/2/2004
Bt termometr	17/9/8

*archiv Davida Buriánka a data z práce (Buriánek *et al.*, 2013)

** (Powell a Holland, 1988)

Tab. 2. Tabulka zobrazující počet použitých vzorků pro danou metodu.

Pro výpočet P-T podmínek vzniku byly pro vybrané vzorky použity následující minerální asociace:

HJ96* – fylit: Qtz + Pl + Ms + Chl + Grt

HJ97* – fylit: Ms + Bt + Pl + Grt + Ilm

RR93* – fylit: Ms + Chl + Pl + Grt + Mag

KP15 – fylit: Qtz + Pl + Ms + Grt + Bt + Mt + Ilm

RR103* – kontaktní rohovec: Ms + Bt + Cdr + And + Grt + Pl + Ilm

KP11 – Ms – Bt kontaktní fylit: Qtz + Pl + Ms + Grt + Crd + Kfs + Bt + And-Sill + Ilm

Mapa s lokalizacemi těchto vzorků je v příloze 3. Petrografický popis vzorků KP11 a KP15 je v příloze č. 1. Vzorky označené “*” jsou z archivu D. Buriánka.

Chemismus těchto minerálů byl použit jako vstupní data v programu Thermocalc (Powell a Holland, 1988).

Dále byly spočteny teploty vzniku vybraných horninových vzorků pomocí termometru, založeného na obsahu Ti v biotitu (Henry *et al.*, 2005). V tabulce 3 jsou popsány jako rozmezí minimální a maximální teploty.

Dále byly spočteny teploty vzniku vybraných horninových vzorků pomocí termometru, založeného na obsahu Ti v biotitu (Henry *et al.*, 2005). V tabulce 3 jsou popsány jako rozmezí minimální a maximální teploty.

3.2 Petrografický popis hornin aureoly

Regionálně metamorfované horniny KJK

Regionálně metamorfovaným horninám z analyzovaných vzorků odpovídá muskovitický fylit (KP15) z jižní části kontaktní aureoly jihozápadně od Harrachova, přibližně 1 km od kontaktu s krkonoško-jizerským plutonem (viz mapa odběru vzorků v příloze 3). Tento typ fylitu je nejhojněji zastoupenou horninou v jižním okolí krkonoško-jizerského plutonického komplexu. Hornina se vyznačuje se jemnozrnnou texturou a tenkým páskováním (okolo 0,4 mm). Jednotlivé pásy jsou tvořeny xenoblastickým křemenem a slídami, protaženými paralelně s průběhem pásků. Z horninotvorných minerálů má největší zastoupení křemen (až 50 mod. %) a lupínkovitě protažený muskovit (přibližně 40 mod. %), v podřízeném množství je přítomen šedohnědý biotit. Vedlejším minerálem je plagioklas, který je většinou silně alterován a tvoří porfyroblasty asociované se slídovými minerály. Akcesoricky se vyskytuje atolový granát, idioblastický turmalín a na základě elektronové mikroskopie byla rozpoznána přítomnost zirkonu, monazitu a apatitu. Atolový granát je ve středu vyplňovaný

převážně chloritem a jeho výskyt je vázán na pásy tvořené slídkami. Hypidioblasty granátu mají rozměry 0,1 – 0,85 mm. Hornina je výrazně provrásněná a na primární foliaci je naložena krenulační kliváž. Viz foto 1.

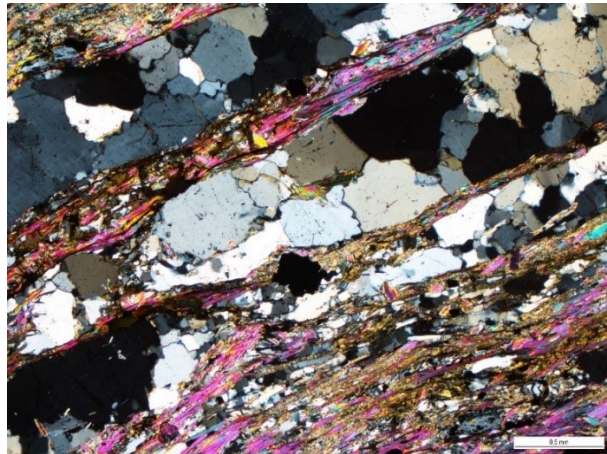


Foto 1. Páskovaný muskoviticko-biotitický fylit. Uprostřed se nachází zrno granátu. Mikrofotografie v polarizovaném světle. Měřítko 0,5 mm.

Kontaktně metamorfované horniny

Kontaktní břidlice

Kontaktní břidlice z jižního okraje KJKP jsou jemnozrnné horniny, tvořené zejména křemenem, biotitem a muskovitem. Jako vedlejší minerály se vyskytují plagioklas a méně hojný draselný živec. Často je přítomen chlorit a novotvořené minerály spojené s účinky kontaktní metamorfózy – cordierit a andalusit. Cordierit často tvoří velké, částečně alterované poikiloblasty (až 1,2 cm velké) s větším množstvím inkluzí. Cordierit je někdy chloritizovaný. Andalusit je často zatlačovaný muskovitem. Někdy se vyskytují akumulace sekundárně vzniklého křemene a muskovitu jako výsledek pseudomorfózy po andalusitu. Slídky jsou většinou xenoblastického až hypidioblastického tvaru a jsou protažené souhlasně s foliací. Biotit je místy přeměňován na chlorit. V biotitu jsou časté pleochroické dvůrky, místy se zirkony. Akcesoricky je přítomný turmalín hypidioblastického až idioblastického omezení. Další akcesorické minerály jsou monazit, apatit a rutil. Analyzované břidlice mají foliaci, na kterou je v některých případech druhotně naložena krenulační kliváž. Břidlice jsou většinou tvořeny pásy křemene, které se střídají s pásy s převahou slídových minerálů (foto 3) a přecházejí od střednězrnných po jemnozrnné. V křemeni jsou patrné znaky sekundární

rekrytalizace a deformace (např. výskyt subzrn a undulózní zhášení). Směrem ke kontaktu s KJKP horniny často ztrácejí foliaci a mají masivní texturu (přechod od kontaktních břidlic ke kontaktním rohovcům). Viz foto 3 a 4.



Foto 2. Mikrofotografie kontaktní břidlice s výraznými pásky. Měřítko 0,5 mm.

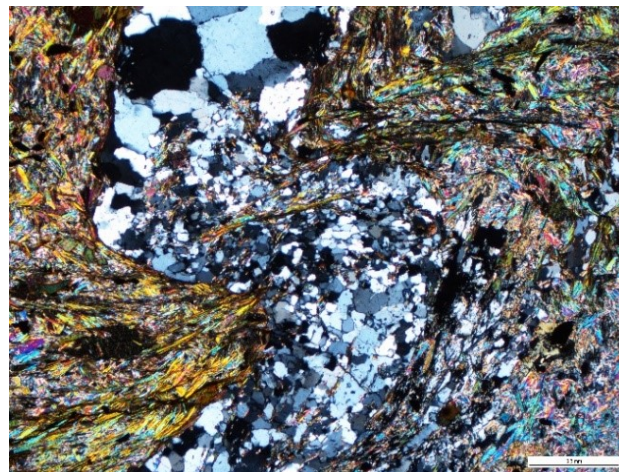


Foto 3. Kontaktní břidlice v polarizovaném světle se zvrásněnou texturou. Měřítko 0,5 mm.

Kontaktní rohovce

Kontaktní rohovce byly dokumentovány v jižní části aureoly v těsné blízkosti kontaktu s krkonošsko-jizerským plutonem. Rohovce jsou jemnozrné, místy obsahují až několik mm mocné pásky křemene a mají granoblastickou texturu. Skládají se z xenoblastického křemene a slíd – muskovitu a biotitu v různých poměrech. Slídy jsou většinou lupínkovitě protažené a mají xenoblastický a vzácněji hipidioblastický tvar. V biotitu jsou časté pleochroické dvůrky, ve kterých je akcesoricky přítomen zirkon. Na lokalitě severně od Špindlerova Mlýna se v minerální asociaci vyskytují jako vedlejší minerály andalusit a chlorit. Akcesoricky se vyskytují opakní minerály.

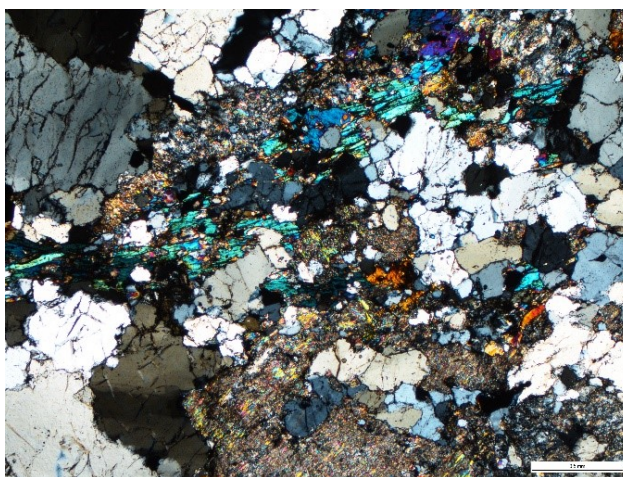


Foto 4. Kontaktní rohovec s všesměrnou texturou. U křemene je patrné undulózní zhášení (např. Leva dolní část fotografie). Mikrofotografie v polarizovaném světle. Měřítko 0,5 mm.

Kontaktně metamorfované fylity

Kontaktní fylity byly analyzovány v jižní i severní části okolí KJPK. Horniny mají usměrněnou páskovanou texturu a jsou tvořeny převážně křemenem, muskovitem a biotitem. Slídy jsou často protažené souhlasně s foliací. Mezi vedlejší minerály patří chlorit, plagioklas, místy granát a novotvořené minerály, spojené s účinky kontaktní metamorfózy – cordierit, andalusit a vzácněji sillimanit. Andalusit, pokud je přítomen tvoří sloupečkovité porfyroblasty s častými inkluzemi v okrajích zrn a je orientován všesměrně, nezávisle na stavbě horniny. Chlorit často zatlačuje biotit a místy se vyskytuje ve formě pseudomorfózy po cordieritu. Plagioklas je obvykle hojně sericitizován. Křemen je xenoblastický a často obsahuje deformační mikrostruktury. Místy jsou v horninách přítomny mikrofraktury vyplněné hydrotermální mineralizací tvořenou křemenem, chloritem a albitem. Na základě elektronové mikroskopie byly ve fylitech rozpoznány akcesorické minerály turmalín, zirkon, monazit a apatit. Fylity mají vyvinutou foliaci, definovanou protažením hlavních minerálů, která je často druhotně přetištěna za vzniku krenulačních vrásek.

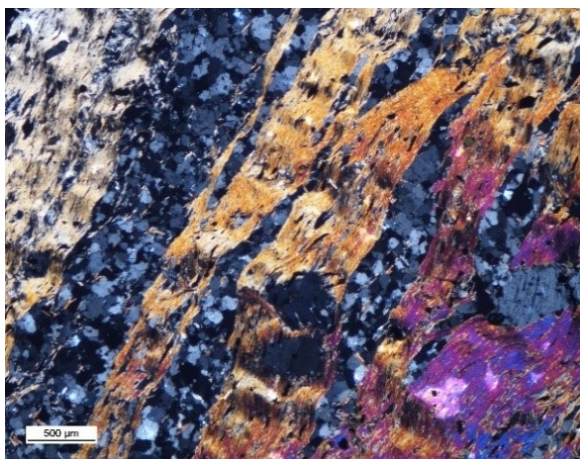


Foto 5. Kontaktní fylit v polarizovaném světle, výrazně páskovaný. Ve slídových páscích patrné krenulační vrásky. Měřítko 0,5 mm.



Foto 6. Mikrofotografie kontaktního fylitu v polarizovaném světle s páskovanu texturou. Měřítko 0,5 mm.

Kontaktně metamorfovaná biotitická rula

Kontaktně metamorfovaná rula z lokality západně od Jablonce v blízkosti kontaktu s KJK je jemnozrná hornina tvořená zejména drobným lupínkovitým biotitem, který tvoří přibližně 55 % modálního složení a křemenem (40 mod. %). Biotit obsahuje pleochroické dvůrky, místy s akcesorickým zirkonem. Křemen tvoří budiny a agregáty, široké až 1,2 cm nebo vyhojuje drobné puklinky, které jsou paralelní s foliáci. V agregátech křemene se vyskytují inkluze biotitu. Vedlejšími minerály jsou chlorit, muskovit, plagioklas, draselný živec, muskovit, cordierit a poikilblastický andalusit. Andalusit často uzavírá inkluze dalších minerálů a vyskytuje se spolu se slídami. Hornina má vyvinutou foliaci s drobnými vráskami a množství žil, vyhojených křemenem a biotitem. S pomocí elektronové mikroskopie byly rozpoznány akcesoricky se vyskytující minerály ilmenit, xenotim, monazit a apatit.

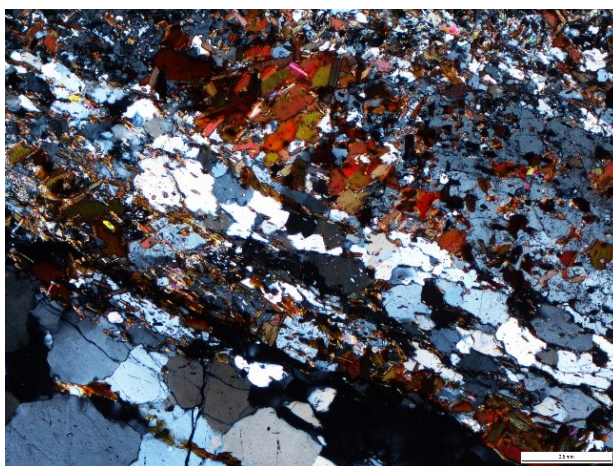


Foto 7. Kontaktně metamorfovaná biotitická rula v polarizovaném světle. Měřítko 0,5 mm.

Vápenato-silikátové horniny a amfibolit

Vápenato-silikátové horniny z kontaktu s plutonem či jeho těsné blízkosti se vyskytují spolu s jemnozrnným kontaktním rohovcem, do kterého pozvolna přecházejí. Tyto horniny jsou tvořeny plagioklasem, pyroxenem (diopsid), křemenem, epidotem a granátem nebo amfibolem, sericitem a chloritem, který zatlačuje biotit, přítomný v minoritním množství. Přítomný diopsid tvoří protažené porfyroblasty a je relativně hojný (tvoří přibližně 40 mod. % horniny). Biotit tvoří hypidioblasty a často přechází do téměř bezbarvého chloritu. Akcesoricky jsou přítomny minerály ilmenit, zirkon a apatit. V rohovcích tvoří hlavní složku minerály křemen, biotit, muskovit a plagioklas. Akcesoricky se vyskytuje cordierit. Vápenato-silikátové horniny mají usměrněnou texturu, narozdíl od rohovců, do kterých přecházejí.



Foto 8. Kontakt vápenato-silikátové horniny (levá část) s kontaktním rohovcem (pravá část). Mikrofotoografie v polarizovaném světle. Měřítko 0,5 mm.

Amfibolit z lokality u Velkých Hamrů je tvořen zejména jehličkovitě protaženým zelenavým amfibolem, který je usměrněný v pásech a křemenem. Vedlejšími minerály jsou živce a akcesoricky se vyskytuje ilmenit.

3.3 Mineralogie

Cordierit

Cordierit je přítomen pouze v kontaktně metamorfovaných horninách. Chemické složení cordieritů v jednotlivých vzorcích je odlišné (obsah železa se pohybuje v rozmezí Fe 0,54 – 0,66 apfu). Jednotlivá zrna jsou chemicky poměrně homogenní nebo vykazují značně nepravidelnou zonálnost s vyššími obsahy Fe na okrajích. Například vzorek KP11 (muskoviticko-biotitický kontaktní fylit) obsahuje cordierit s Fe od 0,60 do 0,66 apfu a s Al od 3,95 do 3,99 apfu. Mírně nižší obsah Al má vzorek KP29 (muskovitická kontaktní břidlice), která má zároveň i výrazněji nižší obsah Fe (0,55 – 0,6 apfu). Nejnižší obsah Fe mají vzorky KP30b a KP10 (kontaktní břidlice) – okolo 0,54 apfu, které mají zároveň nejvyšší obsahy Al: KP30b 4,02 – 4,45 a KP10 4,03 – 4,08. Všechny tyto vzorky pocházejí z blízké příkontaktní zóny v jižní části aureoly. Lokalizace odběru vzorků je v mapě v příloze 3.

Biotit

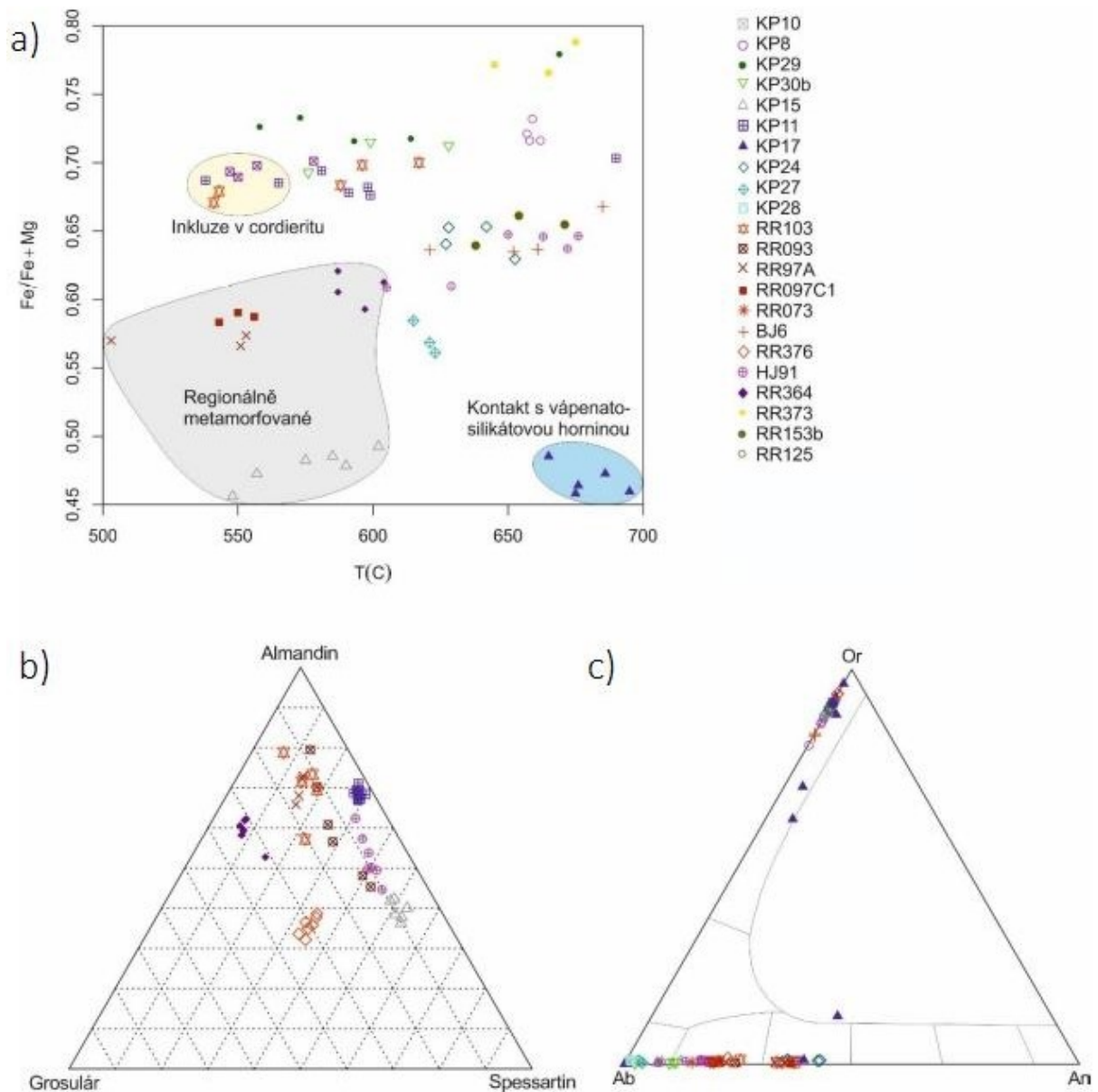
Biotit je hojným minerálem v regionálně i kontaktně metamorfovaných horninách. Regionálně metamorfované horniny mají relativně nízký poměr Fe/Fe+Mg v biotitu a vykazují nižší teploty vzniku (503 – 602 °C) v porovnání s kontaktně metamorfovanými horninami (viz obr. 4a). Jedná se konkrétně o granátický svor, muskoviticko – biotitickou pararulu a muskoviticko – biotitický fylit. Oproti tomu kontaktně metamorfované horniny mají převážně vyšší poměr Fe/Fe+Mg v porovnání s horninami regionálně metamorfovanými. Výjimkou je vápenato-silikátová hornina, pocházející z kontaktu s plutonem, která má relativně nízký poměr Fe/Fe+Mg v biotitu. Tato kontaktní hornina má však relativně vysokou teplotu vzniku (v rozmezí 665 – 695 °C) (viz obr. 4a). Biotity, tvořící inkluze v cordieritu, mají relativně nižší teploty vzniku oproti ostatním biotitům v kontaktně metamorfovaných horninách a mají též vysoký poměr Fe/Fe+Mg (viz obr. 4a). Tento typ biotitu byl uzavřen při růstu poikiloblastů cordieritu a je tedy starší než biotit v základní hmotě, který je naopak s cordieritem v rovnováze. Tento biotit v základní hmotě je proto též produktem kontaktní metamorfózy. Tento typ biotitu obsahují granátické kontaktní svory a biotiticko-muskovitické kvarcité fylity. Anomální poměr Fe/Fe+Mg mají biotity vápenato-silikátových hornin (viz obr. 4a). Lokalizace odběru vzorků viz mapa v příloze 3.

Granát

Granát se vyskytuje jak v regionálně, tak v kontaktně metamorfovaných horninách. Jednotlivá zrna jsou chemicky poměrně homogenní nebo vykazují značně nepravidelnou zonálnost s vyššími obsahy Fe a Mg na okrajích. V horninách s granátem obecně převažuje almandinová složka (vzorky RR364, RR103, RR97A, KP11 a HJ91). Kontaktní metamorfované horniny (KP11, HJ91 a RR103) mají zároveň převahu spessartinové komponenty na úkor grosulárové. V případě vzorku KP15 – regionálně metamorfovaného granátického fylitu je téměř rovnocenně zastoupená složka almandinová a spessartinová. Všechny tři komponenty jsou relativně rovnoměrně zastoupeny u vzorku RR376 – regionálně metamorfovaného granátického fylitu. Viz obr. 4b. Lokalizace odběru vzorků viz mapa v příloze 3.

Živce

V analyzovaných horninách jsou zastoupeny K-živce (ortoklas) a plagioklas s převahou albitové komponenty. Regionálně a kontaktně metamorfované horniny nemají ve vzájemném porovnání převahu některého z koncových členů živců (viz obr. 4c). Nejvýraznější zonálnost vykazují živce v kontaktním rohovci na kontaktu s vápenato-silikátovou horninou KP17 (obr. 4c).



Obr. 4. Diagramy zobrazující chemismus, popřípadě teplotu vzniku pro vybrané minerály. V pravé horní části se nachází legenda, přiřazující k symbolům příslušný horninový vzorek (viz tabulka 3). Lokalizace těchto vzorků je vynesena v mapě v příloze 3. A) Diagram pro biotit zobrazující poměr obsahu Fe/Fe+Mg a teploty vzniku biotitu ve vybraných vzorcích. B) Diagram zobrazující poměr almandinové, grosulárové a spessartinové složky v granátu ve vybraných vzorcích. C) Ternární diagram živců zobrazující poměr albitové, anortitové a ortoklasové komponenty ve vybraných vzorcích hornin KJK.

3.4 Teplotně – tlakové podmínky vzniku kontaktní aureoly

Průměrné tlaky regionální metamorfózy, spočtené pro vhodné vzorky v programu Thermocalc (Powell a Holland, 1988), se pohybují v rozmezí $6,2 \pm 1,4 - 7,3 \pm 1,6$ kbar (viz tabulka 3). Nejnižší hodnota ($6,2 \pm 1,4$ kbar) odpovídá vzorku fylitu HJ096 ze severní části okolí KJPK, vzdálené asi 2,5 km od kontaktu. Pro kontaktně metamorfované horniny byly spočteny tlaky vzniku pouze u dvou vzorků, u kterých průměrná hodnota odpovídá $2,6 \pm 1$ kbar (u vzorku RR103 ca 1 km od kontaktu) a $2,1 \pm 0,8$ kbar (u vzorku KP11, vzdáleného první desítky metrů od kontaktu).

Teploty vzniku, vypočtené v programu Thermocalc, se pro regionálně metamorfované horniny pohybují od 530 ± 28 °C do 617 ± 26 °C a pro kontaktně metamorfované byly spočteny hodnoty: 583 ± 42 °C pro vzorek, vzdálený asi 20 m od kontaktu a 613 ± 52 °C pro vzorek vzdálený asi 1,2 km od kontaktu.

Dále byly spočteny teploty pomocí termometru, založeného na obsahu Ti v biotitu (Henry *et al.*, 2005) pro jednotlivé horninové vzorky s biotitem. V tabulce 3 jsou tyto teploty uvedeny jako rozmezí minimální a maximální teploty ($T_{min} - T_{max}$).

Pro použité vzorky kontaktně metamorfovaných hornin byla na základě biotitového termometru zjištěna nejvyšší maximální teplota (T_{max}) 695 °C u vzorku kontaktního rohovce KP17, pocházejícího přímo z kontaktu s KJPK.

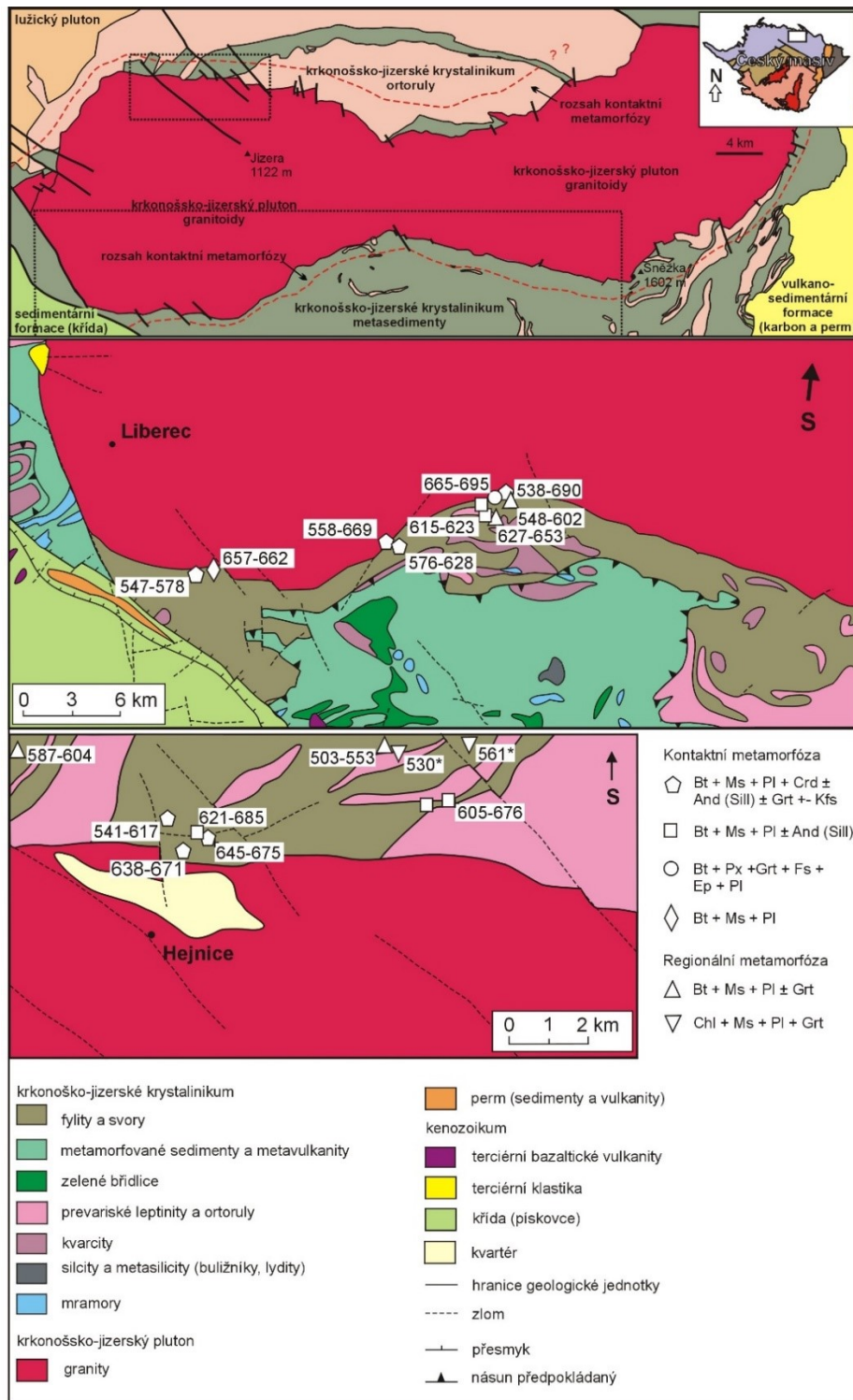
O něco málo nižší maximální teplota 690 °C byla naměřena u vzorku muskoviticko-biotického kontaktního fylitu, pocházejícího ze vzdálenosti asi 20 m od kontaktu. Naopak nejnižší hodnoty teploty vzniku v rámci kontaktně metamorfovaných hornin patří kontaktnímu rohovci (KP10) T: 547 - 578 °C ($T_{min} - T_{max}$) z lokality jihozápadně od Jablonce nad Nisou vzdálené přibližně 1 km od kontaktu s plutonem. Průměrné teploty kontaktní metamorfózy odpovídají 601 - 653 °C ($T_{min} - T_{max}$). Tyto teploty jsou zaneseny do mapy s vyznačenými lokalitami odběru - viz obrázek 5.

Stejnou metodou získané teploty regionálně metamorfovaných hornin jsou celkově mírně nižší, rozmezí minimální a maximální teploty je 560 – 600 °C. Přičemž nejvyšší hodnoty odpovídají biotiticko-muskovitickému svoru, jehož vzorek pochází z vrtu (31 m) ze vzdálenosti asi 1 km od kontaktu. Nejnižší teplotě teplota byla touto metodou vypočtena pro granátický svor RR97A, vzdálený přibližně 2,5 km od kontaktu. Viz tabulka 3.

Vzorek	Hornina	Bt termometr			**THERMOCALC		
		Tmin - Tmax	avT	sd(T)	avP	sd(P)	corr
	Kontaktně metamorfovaná						
KP8	rula	657 - 662	-	-	-	-	-
KP10	Kontaktní břidlice	547 - 578	-	-	-	-	-
KP29	Ms - Bt kontaktní rohovec	558 - 669	-	-	-	-	-
KP30b	Kontaktní břidlice	576 - 628	-	-	-	-	-
KP11	Ms - Bt kontaktní fylit	538 - 690	583	42	2.1	0.8	0.858
KP15	Ms-Bt fylit	548 - 602	617	52	7.2	1.8	0.753
	Kontaktní rohovec/Ca-Si						
KP17	hornina	665 - 695	-	-	-	-	-
KP27	Ms-Bt kontaktní břidlice	615 - 623	-	-	-	-	-
KP28	Ms-Bt fylit	627 - 653	-	-	-	-	-
HJ91*	Kontaktní břidlice	605 - 676	-	-	-	-	-
RR373*	Crd kontaktní rohovec	645 - 675	-	-	-	-	-
RR153B*	Cdr kontaktní rohovec	638 - 671	-	-	-	-	-
RR103*	Grt kontaktní svor	541 - 617	613	52	2.6	1.0	0.848
RR97A*	Grt svor	503 - 553	-	-	-	-	-
RR093*	Grt svor	-	561	31	7.3	1.6	0.526
RR364*	Grt pararula	587 - 604	-	-	-	-	-
BJ6-31m*	Bt-Ms svor	621 - 685	-	-	-	-	-
RR097C1*	Svor	543 - 556	-	-	-	-	-
HJ096*	Fylit	-	530	28	6.2	1.4	0.545
RR097*	Grt svor	-	617	26	7.3	0.9	0.767

Tab. 3. Teplotně-tlakové podmínky vzniku vybraných vzorků metapelitů z této práce a z práce Buriánka et al. (2013). Průměrná teplota a tlak jsou vyneseny ve sloupci avT a avP. Zkratky sd (P) a sd (T) značí směrodatné odchylky tlaku a teploty, „corr“ je korelační koeficient (Powell a Holland, 1994). Teploty Tmin – Tmax jsou vypočtené pomocí termometru, založeného na obsazích Ti v biotitu (Bt) (Henry et al., 2005). Uvedené hodnoty teploty jsou ve stupních celsia a tlaky v kilobarech. Vzorky označené “*” jsou z archivu Davida Buriánka a práce (Buriánek et al., 2013).

**THERMOCALC (Powell a Holland, 1988)



Obr. 5. Mapa studované oblasti s vyznačenou pozicí vzorků, vybraných pro petrologickou analýzu, se symboly vyjadřujícími minerální asociace těchto vzorků (viz legenda) a rozsahem teplot vzniku (T_{min} – T_{max}) u příslušných lokalit odběru vzorků pro tento výpočet použitých.

4. Výsledky terénní strukturní analýzy

4.1 Metodika

Strukturní analýza studovaných hornin proběhla na základě mezoskopického terénního pozorování základních typů planárních a lineárních staveb v metamorfovaných a intruzivních horninách. Struktury byly popsány sukcesivně, od nejstarších k relativně nejmladším včetně znaků vzájemné superpozice. Orientační parametry staveb a struktur ve formě směr sklonu / úhel sklonu byly měřeny geologickým kompasem. Získaná data jsou zahrnuta v databázi terénních měření (příloha 4 a 5) a zobrazena za použití software Spheristat 3.0 ve formě orientačních diagramů v plochojevné projekci na spodní polokouli (viz obr. 6 – 8).

4.2 Struktury a stavby hornin

Struktury a stavby duktilního charakteru

Mezi nejstarší pozorované struktury v komplexu metamorfovaných hornin v okolí krkonošsko-jizerského plutonického komplexu patří reliktní metamorfní foliace (S_1), která v původní orientaci upadá pod strmými až středními úhly k \sim SSV nebo \sim JJZ. Tato stavba byla pozorována převážně ve formě izoklinálních až sevřených vrás decimetrových měřítek. Osní roviny těchto vrás upadají pod mírnými úhly \sim JJZ až \sim JV nebo pod mírnými až středními úhly k \sim SZ až \sim S. Jejich vrásové osy pak mají převážně mírný sklon k \sim JV nebo \sim SZ (obr. 6 c). Dominantní metamorfní stavbou v komplexu metamorfovaných hornin je metamorfní foliace (S_2) charakteru kompozičního nebo deformačního páskování (obr. 6 a). Plochy této foliace (S_2) jsou subparalelní s osními rovinami reliktních izoklinálních až sevřených vrás a upadají pod mírnými úhly k \sim S až \sim SZ (obr. 6 a). Plochy foliace (S_2) nesou poměrně výrazné minerální lineace a lineace protažení agregátů biotitu, živců a křemene (obr. 6 b). Tyto lineace upadají převážně pod mírnými úhly k \sim Z až \sim ZJZ (obr. 6 b). V okolí intruzivního kontaktu KJPK byly foliační plochy (S_2) místy převrásněny do formy otevřených, částečně asymetrických vrásových struktur metrových měřítek. Intenzita tohoto přetisku pak v generelu nabývá směrem ke kontaktu s KJPK. Ramena těchto vrás upadají pod mírnými až středními úhly k \sim S(SSZ) nebo \sim J(JJV). Osní roviny mají převážně strmou orientaci v průběhu \sim V-Z. Vrásové osy jsou pak orientovány převážně pod mírnými úhly k \sim Z(ZJZ) nebo \sim V(VSV).

Místy byla dále pozorována tvorba drobných krenulačních vrás centimetrových měřítek s dobře vyvinutou osní kliváží (S_3). Plochy této osní kliváže upadají pod strmými úhly k $\sim JJZ$ až $\sim JJV$ nebo $\sim SSV$ až $\sim SSZ$ (obr. 6 d).

Stavby v okrajové části krkonošsko-jizerského plutonického komplexu

Dominantní stavbou v okrajové části KJPK je magmatická foliace, která je definována přednostní planární orientací vyrostlíc draselných živců a agregátů biotitu bez dokladů subsolidové deformace a rekrystalizace (obr. 8). V rámci studované části plutonu (viz příloha 5) byly identifikovány dvě odlišné magmatické foliace. Relativně starší magmatické foliace nabývají strmé orientace a jsou převážně paralelní s intruzivními kontakty plutonu. Těmto stavbám odpovídají dílčí orientační maxima v okrajové části diagramu (obr. 8). Plochy naložené nepenetrativní magmatické foliace pak upadají pod mírnými úhly s nevýrazným orientačním maximem, které odpovídá foliačním plochám mírného sklonu k $\sim JZ$ (obr. 8).

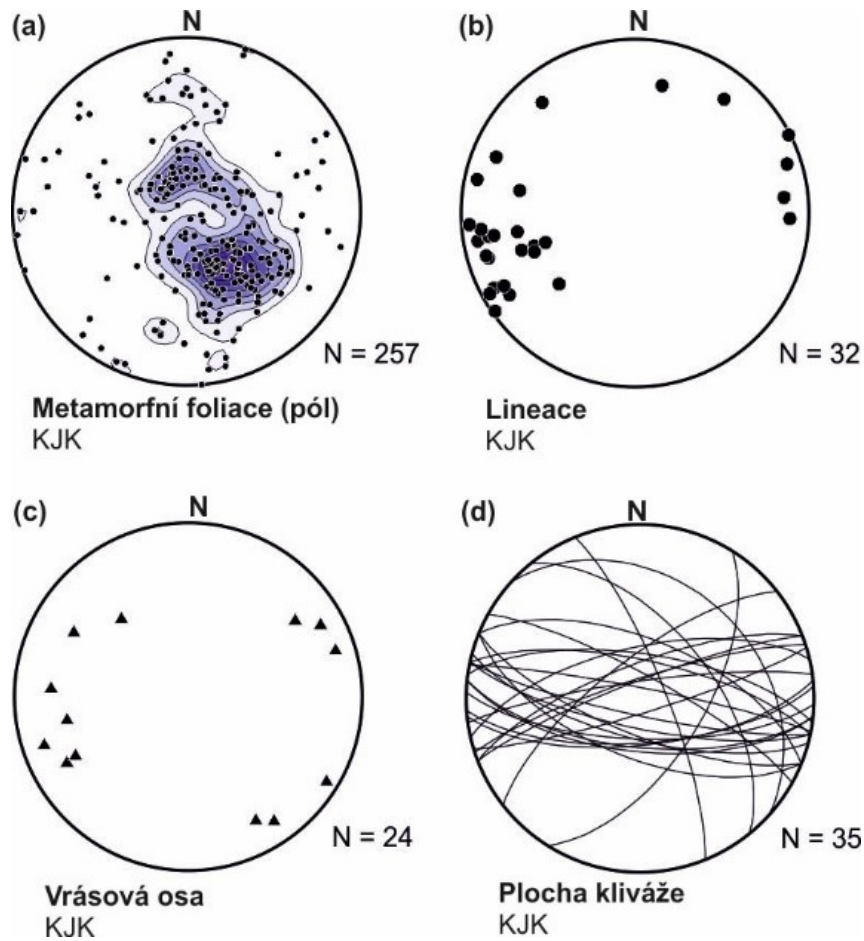
Stavby v kontaktní aureole KJPK

S blízkostí intruzivního kontaktu je v metamorfovaných horninách s největší pravděpodobností spojeno převrácení stavby foliace (S_2) za vzniku otevřených vrásových struktur, které se objevují v blízkosti kontaktu a jejichž ramena upadají mírně až středně strmě k $\sim S(SSZ)$ nebo $\sim J(JJV)$ a osní roviny jsou orientovány $\sim V-Z$. Dále je na starší struktury naložená relativně nejmladší stavba S_3 , definující osní kliváž krenulačních vrásek, jejíž plochy strmě upadají k $\sim JJZ$ až $\sim JJV$ či $\sim SSV$ až $\sim SSZ$ (foto 10 a 11). Tato strmá metamorfní kliváž je převážně subparalelní s intruzivním kontaktem komplexu. Lineace v blízkosti kontaktu jsou orientovány $\sim VSV$ až $\sim SV$ nebo $\sim ZJZ$ až $\sim JZ$ a v některých případech jsou definovány protažením kontaktních minerálů.

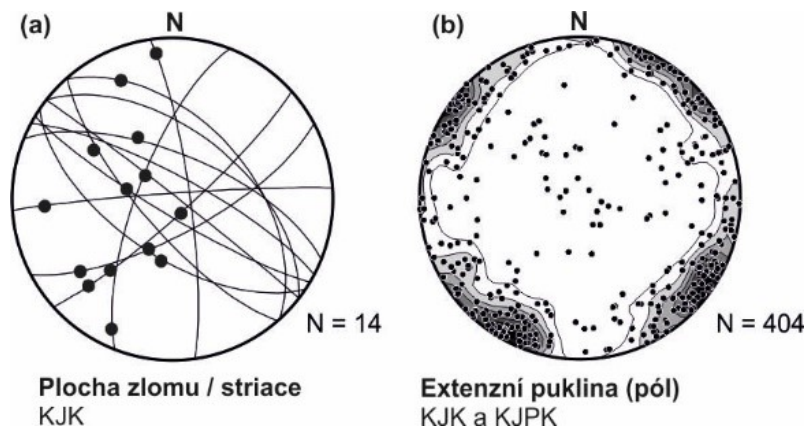
Struktury křehkého porušení

Mezi hlavní struktury křehkého porušení patří systémy střižných puklin a zlomových struktur. Jedná se o planární křehké struktury s pohybovými indikátory (obr. 7 a), foto 14). V rámci studované oblasti bylo nalezeno 14 zlomových struktur s různou orientací a kinematickým obrazem. Plochy čtenostně převažujících zlomů upadají pod strmými až středními úhly k $\sim SV$ nebo $\sim JZ$. Tyto zlomy nesou striace (rýhování) mírného sklonu k $\sim SZ$ s převažujícími indikátory šikmého pravostranného posunu nebo strmé orientace s indikátory

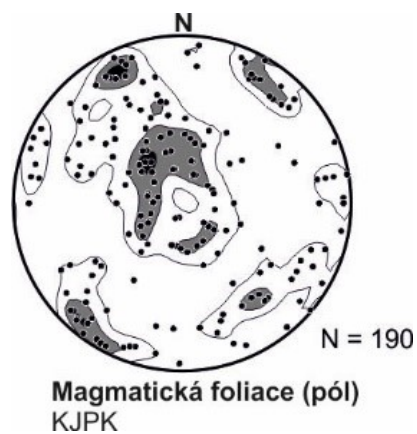
poklesové kinematiky. Druhé nevýrazné orientační maximum odpovídá zlomovým strukturám \sim SSV(SV) až \sim JJZ(JZ) průběhu se striacemi mírného sklonu k \sim JZ a převažujícími indikátory levostranné kinematiky (obr. 7 a). Extenzní pukliny tvoří ortogonální systém s výraznými orientačními maximy odpovídající plochám strmého sklonu ve směru \sim ZSZ až \sim SSZ – \sim VJV až \sim JJV a \sim SV – \sim JZ (obr. 7 b), foto 13).



Obr. 6. Struktury a stavby duktilního charakteru KJK v plochojevné projekci na spodní polokouli. Symboly (kolečka a trojúhelníky) zastupují lineární strukturální prvky a křivky značí orientaci a úhel sklonu ploch kliváže. A) tmavší barvou (izolinie) jsou označena orientační maxima pólů metamorfnních foliací v KJK.



Obr. 7. Struktury křehkého porušení v KJK a KJPK vynesené v plochojevné projekci na spodní polokouli. A) zlomy v KJK – body značí průběh (úhel a orientaci) striací a křivky značí orientaci zlomových ploch. B) body značí úhel a orientaci pólů extenzních puklin, tmavší barvou jsou vyznačena orientační maxima.



Obr. 8. Póly magmatické foliace v granitech krkonošsko-jizerského plutonu vynesené v plochojevné projekci. Tmavší barvou jsou vyznačena orientační maxima pólů magmatických foliací.



Foto 9. Metamorfni foliace definovaná přednostní orientací kontaktně metamorfních minerálů a taveniny v příkontaktní zóně krkonošsko-jizerského plutonu (Kočičí kameny). Pohled k západu, rozměr spodní hrany 40 cm.



Foto 10. Superpozice krenulačních vrás a výrazné osní kliváže S_3 (Pekelský potok). Pohled k západu, rozměr spodní hrany 25 cm.



Foto 11. Superpozice krenulačních vrás a výrazné osní kliváže S_3 (Harrachov – Rokytnice nad Jizerou). Pohled k severu, rozměr spodní hrany 25 cm.



Foto 12. Planární přednostní orientace vyrostlic draselného živce se strmou orientací ve výrazně porfyrickém granitu jizerského typu. Pohled k západu, rozměr spodní hrany 50 cm.



Foto 13. Systém extenzních puklin s minerální výplní (křemen) naložených na regionální metamorfni foliaci ploché orientace (Harrachov – Rokytnice nad Jizerou). Pohled k severu, rozměr spodní hrany 20 cm.



Foto 14. Zlomová struktura paralelní s intruzivním kontaktem granitu KJPK a kontaktně metamorfovaných hornin KJK (Špindlerův Mlýn). Pohled k JJZ, rozměr spodní hrany fotografie 15 cm.

5. Diskuze

Výzkum hornin kontaktní aureoly krkonošsko-jizerského plutonického komplexu byl založen na terénní strukturní analýze a petrologické charakteristice hlavních horninových typů kontaktní aureoly včetně výpočtu teplotně-tlakových podmínek. Výsledky výzkumu včetně implikací pro celkový vývoj kontaktní aureoly a umístění KJPK jsou diskutovány níže.

Petrologické a mineralogické složení hornin aureoly

V horninách kontaktní aureoly KJPK se směrem k intruzivnímu kontaktu se objevují minerály, spjaté s kontaktní metamorfózou. Jedná se o zejména o: poikiloblasty cordieritu, méně hojný andalusit a vzácně sillimanit. První výskyt cordieritu směrem k plutonu v analyzovaných horninách je vzdálen přibližně 1 km od kontaktu. V některých horninách jsou patrné pseudomorfózy po andalusitu tvořené křemenem a muskovitem a akumulace chloritu a muskovitu, které s největší pravděpodobností nahradily cordierit. Tato přeměna pravděpodobně indikuje výraznou hydrotermální alteraci, která byla spojena se závěrečnými fázemi krystalizace a chladnutí plutonu. V horninách s cordieritem se často vyskytují dva typy biotitu: starší biotit, tvořící inkluze v poikiloblastech cordieritu, který na základě termometru v biotitu vykazuje nižší teploty vzniku (~530 – 565 °C) a biotit, který je v rovnováze s cordieritem, pročež indikuje vznik vlivem kontaktní metamorfózy a zároveň též vykazuje vyšší teploty vzniku (~555 - 695 °C). Hojná chloritizace biotitu a rozpad granátů je s největší pravděpodobností produktem naložené retrográdní regionální metamorfózy retrográdní alterace.

Tyto poznatky se doplňují s poznatky o mineralogii hornin ze severní kontaktní aureoly (Buriánek *et al.*, 2013; Verner *et al.*, 2013). Nicméně, výskyt poikiloblastů biotitu, jako první mineralogický indikátor termální přeměny spojené s kontaktem nebyl potvrzen. Důvodem však může být odběr vzorků v užší zóně, které nemusí pokrýt kontaktní sukcesii v celé její šíři. Směrem ke kontaktu zvyšuje se výskyt masivních rohovců bez patrné foliace. Rohovce byly dokumentovány v těsné blízkosti a přímo na kontaktu a nejvzdálenější výskyt horniny bez přednostní orientace je dokumentován z lokality vzdálené 650 m od kontaktu.

P-T podmínky kontaktní metamorfózy

Regionálně metamorfované horniny KJK indikují vrcholné P-T podmínky kolem 6-7 kbar a 530 - 617 °C vypočtené v programu Thermocalc (Powell a Holland, 1988). Kontaktně metamorfované horniny pak vykazují tlaky $2,6 \pm 1$ a $2,1 \pm 0,8$ kbar a teploty $583 \text{ °C} \pm 42 \text{ °C}$ pro vzorek, vzdálený asi 20 m od kontaktu a $613 \text{ °C} \pm 52 \text{ °C}$ pro vzorek vzdálený asi 1,2 km od intruzivního kontaktu.

Teploty vypočtené pomocí termometru, založeného na obsahu Ti v biotitu (Henry *et al.*, 2005) odpovídají teplotnímu gradientu ve směru ke kontaktu. Nejvyšší maximální teplota vzniku biotitu v kontaktních horninách (T_{\max}) 695 °C byla vypočtena pro vzorek, pocházející přímo z kontaktu s plutonem. Podobná teplota 690 °C byla vypočítána u vzorku muskoviticko-biotického kontaktního fylitu ze vzdálenosti asi 20 m od kontaktu. Teplotní gradient je dobře patrný ze souboru vzorků z okolí Hejnic v severní části. Zde teplota postupně klesá od průměrných $\sim 655 \text{ °C}$, naměřených u vzorku v příkontaktní zóně k $\sim 580 \text{ °C}$ pro vzorek, vzdálený přibližně 1 km od kontaktu. Tento teplotní gradient však není rovnoměrný pro všechny oblasti. V některých případech jsou teploty od kontaktu vzdálenějších vzorků vyšší než teploty vzniku vzorků, situovaných blíže kontaktu. V jižní části klesá teplota od $\sim 680 \text{ °C}$ v příkontaktní zóně k hodnotám okolo $\sim 600 \text{ °C}$. V jižní části mají teploty v rámci uvažovaného termálního gradientu vyšší variabilitu.

Podle práce Fila-Wojcicka (2004) jsou teploty vzniku kontaktních rohovců v sv. části aureoly v oblasti Izerskie Garby Zone maximálně 600°C a pro vápenato-silikátové skarny dosahovaly nejvyšší teploty vzniku 650°C. Přilíží se tedy neliší od podmínek zjištěných v distální části kontaktní aureoly.

Podle studií (Kryza a Mazur, 1995; Aleksandrowski, 1997; Marheine *et al.*, 2002) byly na základě minerálních asociací teploty kontaktní metamorfózy vypočteny na $> 600 \text{ °C}$ a tlaky < 2 kbar, tedy mírně nižší, než tlakové podmínky vzniku vypočtené v této práci.

Na základě přepočtu stanovených tlaků z kontaktní aureoly plutonu P: $2,6 \pm 1$ a $2,1 \pm 0,8$ kbar na hloubku při průměrné hustotě hornin svrchní kontinentální kůry (2.7 g/cm^3) je možné usuzovat na hloubku vmístění KJK na ca 7,5 kilometru. Na základě studia

minerálních asociací byla šířka kontaktní aureoly krkonošsko-jizerského plutonu určena na ~1 km v průměru.

Výsledky této práce jsou v souladu s výpočty P-T podmínek ze severní části kontaktní aureoly (Buriánek *et al.*, 2013; Verner *et al.*, 2013), kde podmínky vzniku kontaktní aureoly odpovídají na T: ~550 °C a P: ~3 kbar.

Teploty vzniku regionálně metamorfovaných hornin v okolí plutonu byly spočteny na T: 560 – 600 °C a hodnoty pro tlakové podmínky vzniku vycházejí P: 6,2 ± 1,4 – 7,3 ± 1,6 kbar. Teploty a tlaky vzniku regionálně metamorfovaných hornin, uvedené v této práci, se shodují pro severní a jižní část zkoumané oblasti. Podmínky vzniku regionálně metamorfovaných hornin vycházejí ve srovnání s doposud publikovanými daty (Marheine *et al.*, 2002; Žáčková *et al.*, 2010; Buriánek *et al.*, 2013; Faryad a Kachlík, 2013; Žák *et al.*, 2013) mírně nižší.

Deformační stavby v kontaktní aureole KJPK

Na základě vyhodnocení strukturních dat bylo zjištěno, že hostitelské horniny v blízkosti kontaktu obsahují několik generací deformační a metamorfní stavby. Stavby regionálního původu tvoří superpozici původních strmých metamorfních foliací, které byly transponovány do ploch subhorizontální orientace s výskytem výrazných lineací V-Z průběhu. Tyto regionální metamorfní foliace však v blízkém okolí plutonu změnu v orientaci. Podél severní části plutonu tyto foliace upadají pod mírnými úhly k severu až severozápadu, podél jižní části pak k jihu a tvoří tak charakteristické vyklenutí – dómovou strukturu v protažení V-Z. Právě tvorba této dómové struktury může být spojena s vmístěním plutonu, jako jeden z mechanismů tvorby prostoru pro vystupující magma (Žák *et al.*, 2013). Na tyto regionální foliace byl naložen soubor krenulačních vrás s výskytem nepenetrativní osní kliváže. Osní kliváž těchto krenulačních vrás je pak paralelní s kontaktem plutonu. Tvorba kliváže je tedy synchronní s vmístěním plutonu a souvisí s duktilním zkrácením okolních hornin vlivem mechaniky intruze.

V hostitelských horninách v blízkosti kontaktu s plutonem byly dále dokumentovány dva hlavní systémy zlomů. Převažující jsou zlomy upadající strmě až pod středními úhly k SV nebo JZ s indikátory šikmého pravostranného posunu nebo poklesu. Tyto zlomy jsou s největší pravděpodobností spojeny s otevíráním prostoru za vzniku pánve typu pull-apart v

kinematickém režimu dextrálního stříhu v závěru variských procesů (Aleksandrowski et al. 1997). Zlomová aktivita byla souběžná se vznikem permo-karbonských pánví (Žák et al., 2013). Právě tato tektonická aktivita byla pravděpodobně synchronní s vmístěním plutonického komplexu a umožnila otevírání prostoru pro vystupující magma (Aleksandrowski et al., 1997; Marheine et al., 2002; Žák et al., 2013). Tento předpoklad dále podporuje přítomnost s kontaktem paralelních magmatických staveb v okrajové části plutonu, které jsou konzistentní s modelem vmístění magmatu za příspěvku dextrálního posunu (Žák et al., 2013).

6. Závěry

Horniny kontaktní aureoly krkonošsko-jizerského plutonického komplexu v reliktech nesou znaky variské regionální metamorfózy, která byla spojena s tvorbou regionálních metamorfních staveb S_1 a S_2 . Původní minerální asociace a deformační stavby byly v příkontaktní zóně KJPK o průměrné šířce 1 km heterogenně přetištěny účinky kontaktní metamorfózy, jejíž intenzita nabývá směrem k intruzivnímu kontaktu. V minerálních asociacích kontaktně metamorfovaných hornin se objevují charakteristické minerály jako je cordierit a andalusit, vzácně pak sillimanit. Částečné nahrazení některých kontaktních minerálů indikuje rozsáhlou aktivitu hydrotermálních fluid během závěrečných fází chladnutí a krystalizace magmatu. Podmínky kontaktní metamorfózy v horninách ze severního a jižního kontaktu plutonu jsou obdobné a odpovídají teplotám v rozmezí $\sim 695 - 547$ °C. Tlaky vzniku kontaktních hornin v jižní části odpovídají hodnotám $2,1 \pm 0,8$ a $2,6 \pm 1$ kbar. Stanovené P-T podmínky ukazují na mělké umístění plutonického komplexu do hloubek okolo 7,5 kilometru. S umístěním plutonu byl dále spojen deformační přetisk původních regionálních staveb v podobě změny v orientaci ploché metamorfní foliace v těsném okolí plutonického komplexu (tvorba dómové struktury V-Z protažení) a naložené krenulační kliváže. Tyto struktury indikují kompresi okolních hornin vlivem mechaniky intruze a jsou důležitým faktorem při tvorbě prostoru pro vystupující magma. Celkové umístění krkonošsko-jizerského plutonu pak bylo pravděpodobně řízeno zlomovou aktivitou v kinematickém režimu pravostranné transtenze ve směru ZSZ-VJV.

Seznam literatury:

Aleksandrowski, P. (1997) 'Kinematic data on major Variscan strike-slip faults and shear zones in the Polish Sudetes, northeast Bohemian Massif', *Geological Magazine*, (February 2016), pp. 727–739. doi: 10.1017/S0016756897007590.

Barboza, S. A. and Bergantz, G. W. (2000) 'Metamorphism and Anatexis in the Mafic Complex Contact Aureole, Ivrea Zone, Northern Italy', *Journal of Petrology*. Oxford University Press, 41(8), pp. 1307–1327. doi: 10.1093/petrology/41.8.1307.

Brun, J. P. *et al.* (1990) 'The Flamanville Granite (Northwest France): an unequivocal example of', *Geological Journal*, 25(1 990).

Buriánek, D., Verner, K. and Mrázová, Š. (2013) 'Strukturní a metamorfni vývoj severozápadní části krkonošsko-jizerského krystalinika (v okolí Lázní Libverda)', 0329, pp. 179–190.

Chlupáč, I. (1994) 'Regional geological subdivision of the Bohemian Massif on the territory of the Czech Republic'. *Journal of the Czech Geological Society*.

Farbisz, J., Cwojdzinski, S. and Scheibe, R. (2007) 'Geological interpretation of a gravity low in the central part of the Lugian Unit (Czech Republic , Germany and Poland)', 52, pp. 181–197. doi: 10.3190/jgeosci.012.

Faryad, S. W. and Kachlík, V. (2013) 'New evidence of blueschist facies rocks and their geotectonic implication for Variscan suture(s) in the Bohemian Massif', *Journal of Metamorphic Geology*. John Wiley & Sons, Ltd (10.1111), 31(1), pp. 63–82. doi: 10.1111/jmg.12009.

Faryad, S. W., Nahodilová, R. and Dolejš, D. (2010) 'Lithos Incipient eclogite facies metamorphism in the Moldanubian granulites revealed by mineral inclusions in garnet', *Elsevier*, 114, pp. 54–69. doi: 10.1016/j.lithos.2009.07.014.

Fila-Wojcicka, E. (2004) 'The geological significance of the Rb-Sr whole-rock isochron of hornfelsed schists from the Izerskie Garby Zone, Karkonosze-Izera block, southern west Poland', *Acta Geologica Polonica*, 54(3), pp. 407–411.

Fila-Wójcicka, E. (2000) 'Petrogenesis of the calc-silicate skarns from Garby Izerskie, Karkonosze-Izera block', *Acta Geologica Polonica*, 50(2), pp. 211–222.

Hajná, J., Žák, J. and Kachlík, V. (2011) 'Structure and stratigraphy of the Teplá-Barrandian Neoproterozoic, Bohemian Massif: A new plate-tectonic reinterpretation', *Gondwana Research*, 19(2), pp. 495–508. doi: 10.1016/j.gr.2010.08.003.

Haldar, S. K. and Tisljar, J. (2013) *Introduction to mineralogy and petrology*. Available at: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=da4d9b59-fbd4-4ed5-a563-9cf2ff0db655%40sdc-v-sessmgr04&bdata=Jmxhbm9Y3Mmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZSZyY29wZT1zaXRI#AN=655266&db=nlebk> (Accessed: 8 April 2019).

Henry, D. J., Guidotti, C. V. and Thomson, J. A. (2005) 'The Ti-saturation surface for low-to-medium pressure metapelitic biotites: Implications for geothermometry and Ti-substitution mechanisms', *American Mineralogist*, 90(2–3), pp. 316–328. doi: 10.2138/am.2005.1498.

Höhn, S. *et al.* (2018) 'Geochronology, stratigraphy and geochemistry of Cambro - Ordovician, Silurian and Devonian volcanic rocks of the Saxothuringian Zone in NE Bavaria (Germany) — new constraints for Gondwana break up and ocean – island magmatism', pp. 359–377. doi: 10.1007/s00531-017-1497-2.

Ilnicki, S. (2011a) 'Variscan prograde P-T evolution and contact metamorphism in metabasites from the Sowia Dolina, Karkonosze-Izera massif, SW Poland', *Mineralogical Magazine*. Cambridge University Press, 75(01), pp. 185–212. doi: 10.1180/minmag.2011.075.1.185.

Ilnicki, S. (2011b) 'Variscan prograde P-T evolution and contact metamorphism in metabasites from the Sowia Dolina, Karkonosze-Izera massif, SW Poland', *Mineralogical Magazine*. De Gruyter, 75(1), pp. 185–212. doi: 10.1180/minmag.2011.075.1.185.

JANOUŠEK, V., FARROW, C. M. and ERBAN, V. (2006) 'Interpretation of Whole-rock Geochemical Data in Igneous Geochemistry: Introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit)', *Journal of Petrology*. Narnia, 47(6), pp. 1255–1259. doi: 10.1093/petrology/egl013.

Jeřábek, P., Konopásek, J. and Žáčková, E. (2016) 'Two-stage exhumation of subducted

Saxothuringian continental crust records underplating in the subduction channel and collisional forced folding (Krkonoše-Jizera Mts., Bohemian Massif)', *Journal of Structural Geology*, 89, pp. 214–229. doi: 10.1016/j.jsg.2016.06.008.

Kachlík, V. (1996) 'Litostratigrafie a stavba železnobrodského krystalinika: výsledek variských tektodeformačních procesů', *Zprávy o geologických výzkumech v roce 1996*, (1984).

Kachlík, V. and Patočka (1998) 'Cambrian/Ordovician intracontinental rifting and Devonian closure of the rifting generated basins in the Bohemian Massif realms', *ACTA-UNIVERSITATIS 1998, Carolinae; Univerzita Karlova*. Available at: https://scholar.google.cz/scholar?hl=cs&as_sdt=0%2C5&q=Kachlík%2C+V.%2C+Pato%3Fcka%2C+F.%2C+1998.+Cambrian%2FOrdovician+intracontinental+rifting+and+Devonian+closure+of+the+rifting+generated+basins+in+the+Bohemian+Massif+realms&btnG= (Accessed: 28 November 2018).

Kalvoda, J. *et al.* (2008) 'Brunovistulian terrane (Bohemian Massif, Central Europe) from late Proterozoic to late Paleozoic: a review', *International Journal of Earth Sciences*. Springer-Verlag, 97(3), pp. 497–518. doi: 10.1007/s00531-007-0183-1.

Kerrick, D. M. (1991) *Contact metamorphism*. Mineralogical Society of America. Available at: <https://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=1&sid=1682a395-5cd2-4424-a5f9-a38cac0038de%40sessionmgr4007&bdata=JkF1dGhUeXBIPWlwLHNNoaWlmbGFuZz1jcyZzaXRIPWVvkcy1saXZlJnNjb3BIPXNpdGU%3D#AN=kup.000053777&db=cat04374a> (Accessed: 21 February 2019).

Klomínský, J., Jarchofský, T. and S.Rajpoot, G. (2010) *Bohemian Massif Atlas Iugicum*.

Kozłowski, A. (1978) 'Pneumatolytic and hydrothermal activity in the Karkonosze-Izera block', *Acta Geologica Polonica*, 28(2), pp. 171–222.

Kryza, R. and Mazur, S. (1995) 'Contrasting metamorphic paths in the SE part of the Karkonosze-Izera Block (western Sudetes , SW Poland)', *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, (January 1995), pp. 157–192. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/245540460>.

Kusiak, M. A. *et al.* (2014) 'Monazite to the rescue: U–Th–Pb dating of the intrusive history of the composite Karkonosze pluton, Bohemian Massif', *Chemical Geology*. Elsevier, 364, pp.

76–92. doi: 10.1016/J.CHEMGEO.2013.11.016.

Lepka, F. and Kunderát, M. (1993) 'Vzácné zeminy v aleuropelitech Barrandienu'.

Marheine, D. *et al.* (2002) 'Geological Society, London, Special Publications The 40 Ar / 39 Ar ages from the West Sudetes (NE Bohemian Massif): constraints on the Variscan polyphase tectonothermal development Email alerting service Permission The 4 ~ ages from the West Sudetes (' (June 2007). doi: 10.1144/GSL.SP.2002.201.01.07.

Mason, R. (1991) *Petrology of the metamorphic rocks*. doi: 10.1007/978-94-010-9603-4.

Mazur, S. *et al.* (2006) 'The Variscan Orogen in Poland', *Geological Quarterly*, 50(1), pp. 89–118.

Nabelek, P. I. (2002) 'Calc-silicate reactions and bedding-controlled isotopic exchange in the Notch Peak aureole, Utah: implications for differential fluid fluxes with metamorphic grade', *Journal of Metamorphic Geology*. John Wiley & Sons, Ltd, 20(4), pp. 429–440. doi: 10.1046/j.1525-1314.2002.00379.x.

Nelson, S. A. (Tulane U. (2004) *Metamorphic Rocks - Classification, Field Gradients and Facies*. Available at: <http://www.tulane.edu/~sanelson/eens212/metaclassification&facies.htm> (Accessed: 9 April 2019).

Oberc-dziedzic, T. *et al.* (2009) 'The Orthogneiss and Schist Complex of the Karkonosze – Iżera Massif (Sudetes , SW Poland): U-Pb SHRIMP zircon ages , Nd-isotope systematics and protoliths', pp. 3–24.

Oliver, N. H. S. (1996) 'Review and classification of structural controls on fluid flow during regional metamorphism', *Journal of Metamorphic Geology*. John Wiley & Sons, Ltd (10.1111), 14(4), pp. 477–492. doi: 10.1046/j.1525-1314.1996.00347.x.

Powell, R. and Holland, T. (1994) 'Optimal geothermometry and geobarometry', *American Mineralogist*, 79(1992), pp. 120–133.

POWELL, R. and HOLLAND, T. J. B. (1988) 'An internally consistent dataset with uncertainties and correlations: 3. Applications to geobarometry, worked examples and a computer program', *Journal of Metamorphic Geology*. John Wiley & Sons, Ltd (10.1111), 6(2), pp. 173–

204. doi: 10.1111/j.1525-1314.1988.tb00415.x.

Putnis, A. and Austrheim, H. (2011) 'Fluid-Induced Processes: Metasomatism and Metamorphism', *Frontiers in Geofluids*, pp. 254–269. doi: 10.1002/9781444394900.ch18.

Schulmann, K. *et al.* (2008) 'Vertical extrusion and horizontal channel flow of orogenic lower crust : key exhumation mechanisms in large hot orogens ?', *J. metamorphic Geol.*, 26, pp. 273–297. doi: 10.1111/j.1525-1314.2007.00755.x.

Słaby, E. and Martin, H. (2008) 'Mafic and Felsic Magma Interaction in Granites : the Hercynian Karkonosze Pluton (Sudetes , Bohemian Massif)', 49(2). doi: 10.1093/petrology/egm085.

Tyler, R. D. (2018) *Metamorphic textures*. Edited by 2018 Salem Press Encyclopedia of Science. Available at: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=1&sid=1557b9df-6688-4ce0-a590-d73510de00ac%40pdc-v-sessmgr05&bdata=Jmxhbm9Y3Mmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZSZyY29wZT1zaXRI#AN=88806520&db=ers> (Accessed: 8 April 2019).

Verner, K. *et al.* (2013) 'Vysvětlivky k základním geologickým mapám České republiky 1 : 25 000; Hejnice - Jizerka'.

Vladimir, R. (2014) 'The facies of contact metamorphism', (January 1973).

Whitney, D. L. and Evans, B. W. (2010) 'Abbreviations for names of rock-forming minerals', *American Mineralogist*, 95(1), pp. 185–187. doi: 10.2138/am.2010.3371.

Žáčková, E. *et al.* (2010) 'Early Carboniferous blueschist facies metamorphism in metapelites of the West Sudetes (Northern Saxothuringian Domain, Bohemian Massif)', *Journal of Metamorphic Geology*, 28(4), pp. 361–379. doi: 10.1111/j.1525-1314.2010.00869.x.

Žák, J. *et al.* (2013) 'Multistage magma emplacement and progressive strain accumulation in the shallow-level Krkonoše-Jizera plutonic complex, Bohemian Massif', *Tectonics*, 32(5), pp. 1493–1512. doi: 10.1002/tect.20088.

Žák, J. *et al.* (2014) 'A plate-kinematic model for the assembly of the Bohemian Massif constrained by structural relationships around granitoid plutons'.

Seznam příloh

- 1) Petrografický popis vzorků hornin KJK
- 2) Výsledky analýzy minerálů
- 3) Mapa lokalit odběru vzorků pro petrologickou analýzu
- 4) Tabulka lokalit terénní strukturní analýzy
- 5) Tabulky s daty terénní strukturní analýzy

1) Petrografický popis vzorků hornin KJK

vyhotovený na základě pozorování v optickém mikroskopu

Číslo výbrusu: **KP1**

Hornina: **chloriticko - sericitický fylit**

Profil: P1 – Hejnice

Usměrněná páskovaná textura definovaná zejména pásy tvořenými výrazně protaženými základními minerály (*Foto 1*): lepidoblastickým křemenem (50 mod. %) a destičkovitě protaženými slídami – muskovitem (35 mod. %) a biotitem (10 mod. %). Ve vzorku je přítomen vedlejší minerál andalusit, tvořící xenoblasty (o rozměrech až 4 mm v delší ose), který je alterovaný a uzavírá mnoho inkluzí, situovanými zejména při okrajích zrn. Andalusit přerůstá okolní minerály nezávisle na stavbě horniny. Většina slíd je orientována souhlasně s foliací, vzácněji jsou orientovány kolmo. Biotit je místy zatlačován chloritem a v některých zrnech jsou přítomny pleochroické dvůrky. U porfyroblastů křemene lze často pozorovat deformační mikrostruktury (*Foto 2*). V malém množství jsou přítomny opakní minerály (parně ilmenity). Ve vzorku jsou drobné pukliny, orientované nezávisle na strukturních prvcích horniny. Vzácně se vyskytuje sericitizovaný plagioklas.



Foto 15. Chloriticko-sericitický fylit (KP1). Mikrofotografie. Měřítko 0,5 mm.

Číslo výbrusu: **KP2**

Hornina: **chloriticko - sericitický kvarcitický fylit**

Profil: P1 - Hejnice

Hornina je tvořena zejména křemenem (65 mod. %) a v menší míře plagioklasem a dále pásy se zelenavým chloritem (20 mod. %) a porfyroblastickými lupínky vedlejších minerálů: muskovitu (5 mod. %) a biotitu (3 mod. %). Křemen a plagioklas jsou xenoblastické o velikosti do 0,7 mm. Plagioklas je často zakalen jílovými minerály a sericitizován zejména poblíž hydrotermálních žil. Velká část biotitu ve vzorku je chloritizována a některé akumulace chloritu nejspíše představují i pseudomorfózy po cordieritu. V akcesorickém množství jsou přítomny opakní minerály (patrně ilmenit). Hojné jsou pukliny, vyplněné hydrotermální mineralizací složenou z křemene, chloritu a albitu (*Foto 3*). Struktura horniny je lepidogranoblastická s foliací, definovanou především přednostní orientací lupínkovitě protažených slíd a v menší míře protaženými zrny křemene (*Foto 2*).

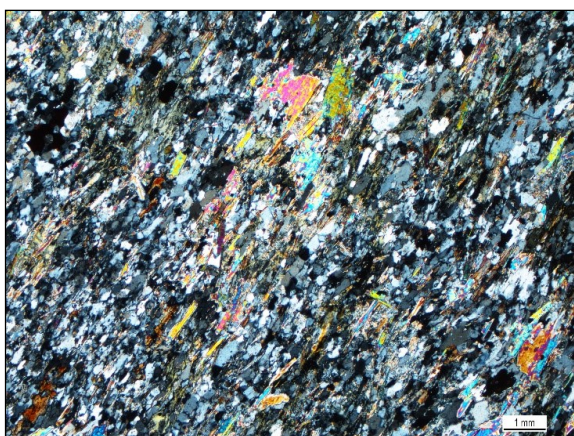


Foto 16. Chloriticko - sericitický kvarcitický fylit (KP2). Měřítka 1 mm.

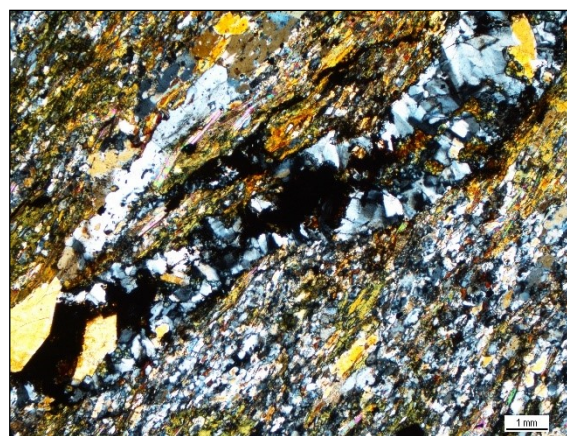


Foto 17. Hydrotermálně vyhojená puklina (KP2). Měřítka 1 mm.

Číslo výbrusu: **KP3**

Hornina: **fylonit až kvarcitická ortorula**

Profil: P1 – Hejnice

Hornina má jemnozrnnou texturu s foliací, vyvinutou v základní hmotě tvořené světle hnědým biotitem (27 mod. %) a křemenem (*Foto 4 a 5*). Biotit ve velké míře podléhá chloritizaci. Hojně jsou roztroušené akumulace sericitu a pásy tvořené xenoblastickými, relativně velkými zrny undulózně zhášejího křemene (0,25 – 0,65mm). Celkové modální zastoupení křemene je přibližně 50 %. Dále je přítomen plagioklas (17 mod. %), který je často sericitizován (*Foto 5*). V některých částech výbrusu jsou přítomny albitové porfyroblasty. Akcesoricky se vyskytují opakní minerály.

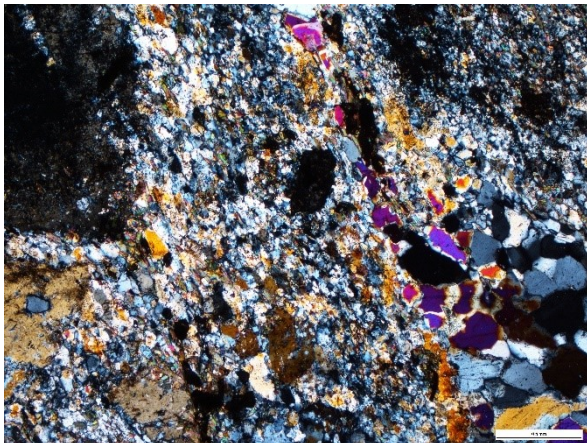


Foto 18. Fylonit až kvarcitická ortorula (KP3) v levé horní části sericit. Měřítko 0,5 mm.

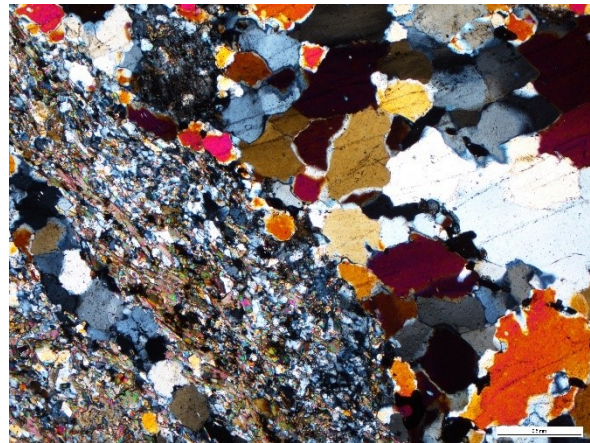


Foto 19. Fylonit až kvarcitická ortorula (KP3). Jemnozrnná základní hmota a pásy tvořené křemenem. Měřítko 0,5 mm.

Číslo výbrusu: **KP4**

Hornina: **rula až ortorula**

Profil: P1 - Hejnice

Hornina má usměrněnou texturu a je dominantně tvořena zrny křemene uspořádanými v monominerálních páscích (30 mod. %) a živci, převážně plagioklasem (30 mod. %). Plagioklas je z většiny sericitizován a tvoří protažené, šedavé akumulace. Křemen je xenoblastický a tvoří drobná zrna až relativně velké porfyroblasty (0,1 – 1,2 mm). Hojným minerálem je zelenomodrý chlorit (15 mod. %), který nahrazuje v menší míře přítomný biotit (7 mod. %). V chloritu jsou přítomny časté inkluze rutilu. Napříč foliací prochází drobná žilka vyhojená živci.



Foto 20. Ortorula (KP4). Pásky sericitu se zelenomodrým chloritem. Měřítko 0,5 mm.

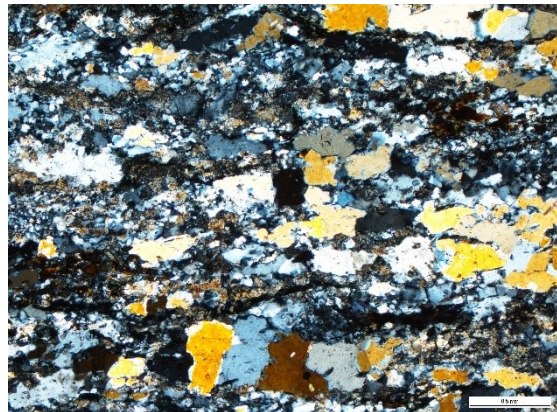


Foto 21. Ortorula (KP4) s pásky křemene. Měřítko 0,5 mm.

Číslo výbrusu: **KP8**

Hornina: **kontaktně metamorfovaná rula**

Profil: P2 - Jablonec nad Nisou

Jemnozrnná hornina tvořená zejména drobným lupínkovitým biotitem ryšavé barvy (55 mod. %), vyskytující se bez přednostní orientace a relativně masivními budinami tvořenými velkými xenoblastickými zrny křemene. Vedlejšími minerály jsou chlorit, muskovit a cordierit. Pásky tvořené téměř výhradně křemenem jsou až 1,2 cm široké. Celková struktura je usměrněná a lze v ní pozorovat drobné vrásky. Další křemen se vykytuje v protažených strukturách vázaných na drobné puklinky, sledující foliaci a v agregátových strukturách s inkluzemi biotitu. Celkové modální zastoupení křemene je 40 %. Dále je přítomen andalusit, který tvoří relativně velké poikiloblasty s množstvím inkluzí, svým výskytem asociovaný se slídkami. V biotitu jsou časté pleochroické dvůrky a akcesoricky zirkon. V křemeni lze pozorovat tyto mikrostrukturní prvky: subzrna a undulózní zhášení. Vzorek je protkán žilkami, vyhojenými biotitem a křemenem, které nezávisle protínají veškeré ostatní strukturní prvky.

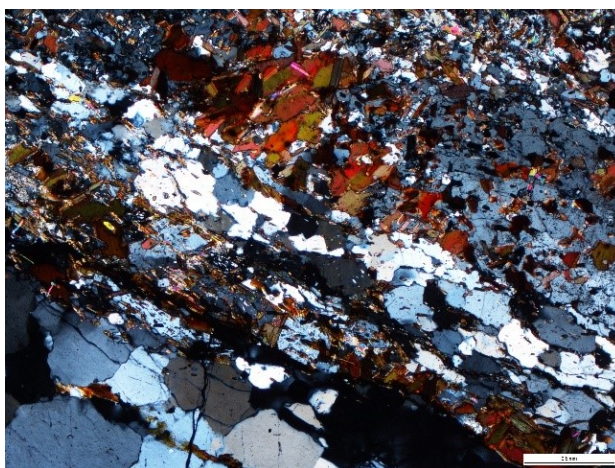


Foto 22. Kontaktně metamorfovaná rula (KP8) s porfyroblasty křemene a jemnozrnnými slídkami.

Měřítko 0,5 mm.

Číslo výbrusu: **KP10**

Hornina: **kontaktní břidlice s cordieritem**

Profil: P2 - Jablonec nad Nisou

Silně zvrásněná jemnozrnná horniny s výraznými pásy křemene (40 mod. %) až 6 mm mocnými a pásy tvořenými slídovými minerály (57 mod. %), podobné relativní šířky. Hojněji zastoupenou slídou je šedohnědý biotit, prorůstající se s méně hojným muskovitem. Muskovit je tvořen výrazně protaženými tenkými zrny, zatímco biotit je přítomen ve formě protažených lupínkovitých zrn xenoblastického omezení, místy s pleochroickými dvůrkami. Vedlejším minerálem je cordierit. Akcesoricky je se vyskytuje andalusit a hypidioblastický turmalín, který je relativně hojný (2 mod. %) a objevuje se napříč celým vzorkem bez jakékoliv strukturní vazby na ostatní minerály. Akcesorické opakní minerály tvoří inkluze v zrnech ostatních minerálů. Na primární foliaci je naložená druhotná krenulační kliváž, tvořící pásy zalomení, která je patrná zejména v páslech tvořených slídami. V křemeni jsou častá deformačně vzniklá subzrna.

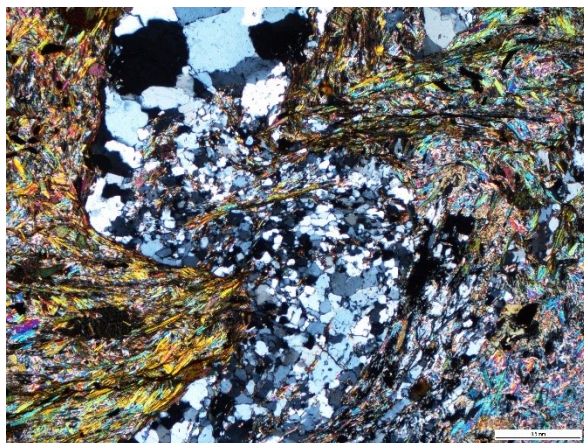


Foto 23. Zvrásněná struktura kontaktní břidlice (KP10) s výrazným páskem křemene a pásy zalomení ve slídách. Měřítka 0,5 mm.

Číslo výbrusu: **KP10c**

Hornina: **kontaktní břidlice s cordieritem**

Profil: P2 - Jablonec nad Nisou

Podobný výbrus, jako KP10 - pásy křemene (až 5,5 mm mocné) střídají pásy tvořené slídami (biotiem s pleochroickými dvůrky, který má protažený a lupínkovitý tvar a silně protaženým jemnozrnným muskovitem, který je orientován všesměrně). V tomto vzorku je ale, na rozdíl od předchozího, přítomno více xenoblastického, silně alterovaného cordieritu. Cordierit tvoří relativně velké, protažené porfyroblasty (až 0,8 cm v delší ose) s hojnými inkluzemi. Akcesoricky se vyskytuje turmalín, tvořící až idioblastická zrna (*Foto 11*).

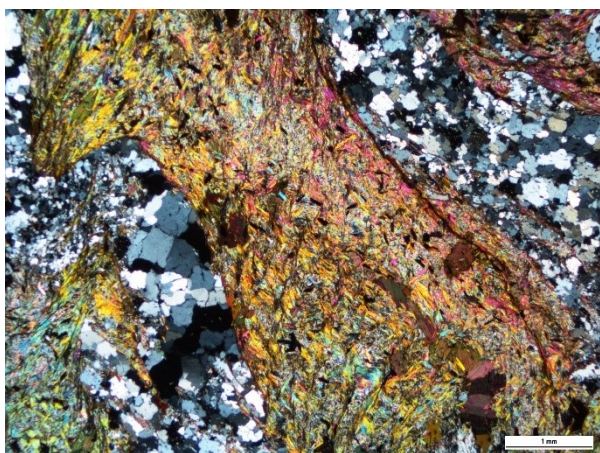


Foto 24. Zvrásněná textura kontaktní břidlice (KP10c). Měřítko 1 mm.



Foto 25. Pásy tvořené křemenem a slídami. V pravé části idioblastický turmalín v řezu, kolmém na osu c. Měřítko 0,5 mm.

Číslo výbrusu: **KP11**

Hornina: **muskoviticko-biotitický kontaktní fylit**

Profil: P4 - Mýto

Popis: Páskovaná hornina tvořená pásy xenoblastického, undulózně zhášejího křemene (mocnost pásů 1 – 6,5 mm) a pásy tvořenými relativně jemnozrnnými slídovými minerály biotitem (10 mod. %) a muskovitem (10 mod. %) s převážně všesměrnou až mřížkovitou texturou. V pásech tvořených slídami se vyskytují alterované porfyroblasty cordieritu a křemene. Celkové modální zastoupení křemene je 30 %. Ryšavý biotit tvoří xenoblastická lupínkovitá až hypidioblastická protažená zrna s občasnými pleochroickými dvůrky a akcesoricky přítomným zirkonem. Muskovit je zastoupen převážně výrazně protaženými zrny s všesměrným uspořádáním. Dále je přítomný granát, tvořící porfyroblasty obklopené zejména muskovitem a křemenem. Granát obsahuje inkluze slíd a ilmenitu. Akcesoricky se vyskytují opakní minerály. V cordieritu jsou vzácně přítomny jemné agregáty sillimanitu.

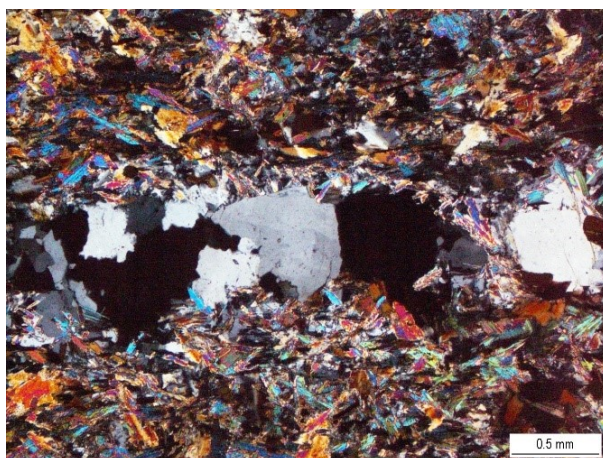


Foto 26. Detail vzorku KP 11 – tenký pásek tvořený křemenem, obklopený slídami. Měřítka 0,5 mm

Číslo výbrusu: **KP15**

Hornina: **muskoviticko-biotitický fylit**

Profil: P4 - Mýto

Výrazně páskovaná hornina definovaná zejména pásy xenoblastického křemene (40 mod. %) (0,5 – 4 mm mocnými), střídajících se s širšími pásy usměrněných slíd, zejména tence protaženého muskovitu a v podřízeném množství světle šedohnědého biotitu. Ve slídových páscích se vyskytuje plagioklas ve formě alterovaných zrn s drobnými poikiloblasty. Dále jsou přítomny drobné hypidioblastické atolové granáty (0,1 – 0,85 mm) uvnitř nichž je většinou chlorit. Akcesoricky se vyskytuje turmalín, který tvoří hypidioblastická sloupečkovitá zrna a opakními minerály. Vzorek má výraznou foliaci s drobnými pásky zalomení.

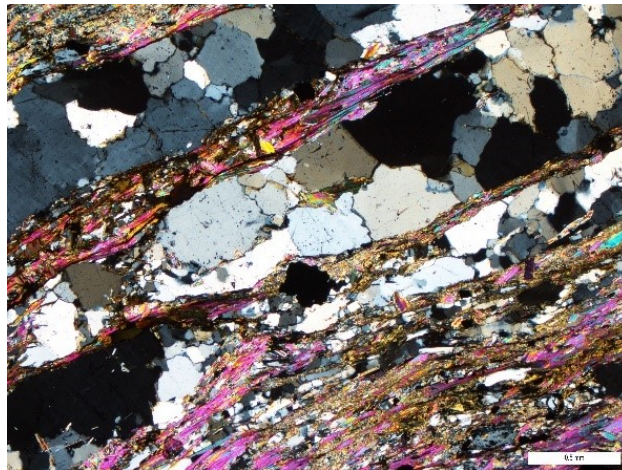


Foto 27. Páskovaný muskoviticko-biotitický fylit. Uprostřed se nachází zrno granátu. Měřítko 0,5 mm.

Číslo výbrusu: **KP17**

Hornina: **kontaktní rohovec/vápenato-silikátová hornina**

Profil: P4 - Mýto

Výbrus vzorku má dvě polohy:

- 1) kontaktní rohovec (*foto 14*): Jemnozrnňý páskovaný metapelit, tvořený velmi jemnozrnňnou šedivo-hnědou základní hmotou tvořenou biotitem a plagioklasem a pásy křemene 0,05 – 0,75 mm mocnými.
- 2) Postupný přechod do kontaktu s jemnozrnňnou vápenato-silikátovou horninou (*foto 15*), tvořenou porfyroblasty pyroxenu (diopsid) (asi 40 mod. %), protaženými konkordantně se strukturou vzorku a v menším množství biotitem (30 mod. %) vyskytujícími se v agregátech tvořených protaženými zrny bez přednostní orientace, přecházejících do velmi jemnozrnňných pásů, tvořených dominantně biotitem. Dále je v této poloze plagioklas, minerály epidotové skupiny a části, bohaté granátem. V biotitu jsou časté pleochroické dvůrky, vzácně s reliktním zirkonem.

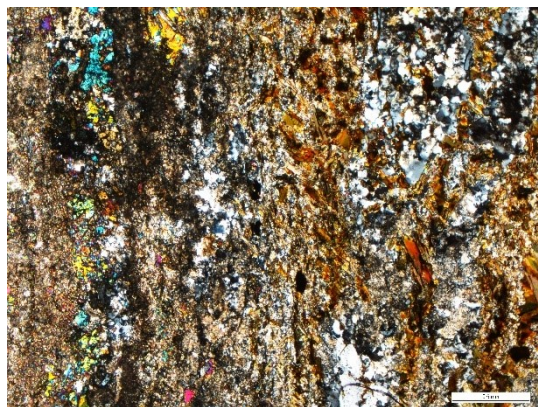


Foto 28. Kontaktní rohovec. Měřítko 0,5 mm.

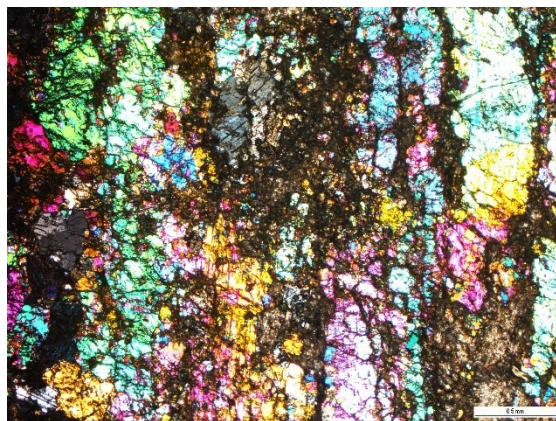


Foto 29. Vápenato-silikátová hornina s protaženými porfyroblasty diopsidu. Měřítko 0,5 mm.

Číslo výbrusu: **KP18**

Hornina: **biotitický rohovec až břidlice**

Profil: P5 - Špindlerův mlýn

Všesměrná až páskovaná textura definovaná základní hmotou tvořenou zejména slídami s tenkými akumulacemi (okolo 0,7 mm) tvořenými křemenem. Více zastoupenou slídou je biotit, v podřízeném množství se spolu s ním vyskytuje muskovit. Biotit je zde ve formě zrn lupínkovitého xenoblastického až protaženého hypidioblastického tvaru. V biotitu jsou časté pleochroické dvůrky, místy s akcesorickým zirkonem. Muskovit je destičkovitý až protažený, většinou xenoblastický. Vedlejším minerálem sloupečkovitý hypidioblastický andalusit a chlorit. Akcesoricky se vyskytují opakní minerály.

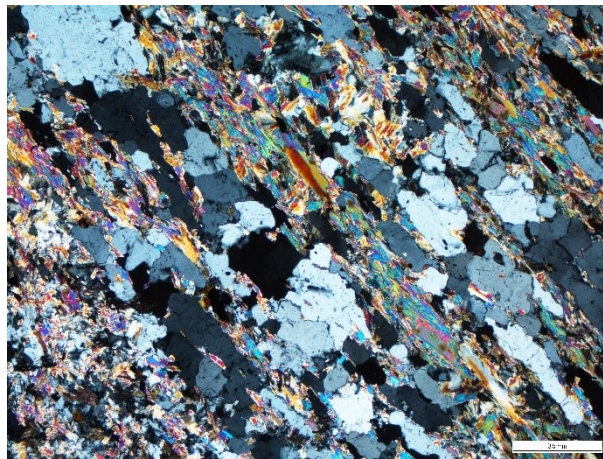


Foto 30. Biotitický rohovec (KP18). Měřítka 0,5 mm.

Číslo výbrusu: **KP19**

Hornina: **kontaktní rohovec/vápenato-silikátová hornina**

Profil: P5 - Špindlerův mlýn

Výbrus má dvě polohy: kontaktní rohovec na kontaktu s vápenato silikátovou horninou, oddělené masivní polohou křemene (1,2 cm mocnou).

- 1) Kontaktní rohovec (*foto 18*) je jemnozrnná masivní hornina, tvořená křemenem (50 mod %), tvořícím porfyroblasty (až 5 mm velké) a protaženým, lupínkovitým muskovitem.
- 2) Vápenato silikátová hornina (*foto 17*) je bohatá živci (plagioklas a albit), křemenem, v menší míře biotitem, často zatlačovaným chloritem a dále amfibolem, který je produktem metasomatózy. Živce jsou z většiny sericitizované. Biotit tvoří relativně velké hypidioblastické vyrostlice – ryšavý biotit přechází do čirého chloritu a titanit a rutil, které z této přeměny zůstávají, tvoří v biotitu tmavé skvrnky a lemy. Akcesoricky se vyskytují opakní sulfidické minerály.

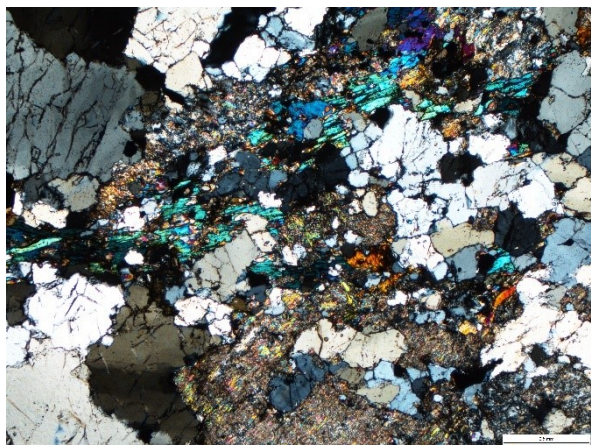
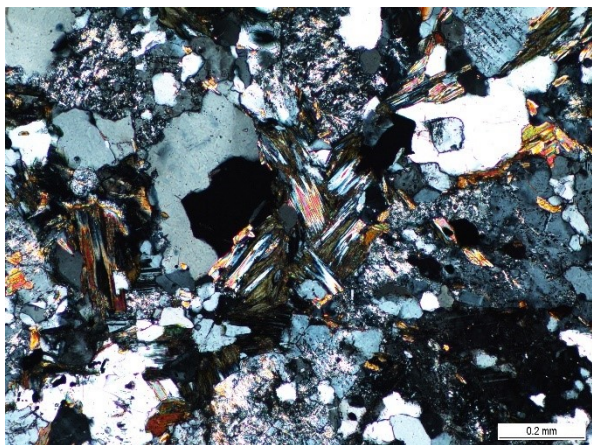


Foto 31. Vápenato silikátová hornina. Měřítko 0,2 mm. *Foto 32. Kontaktní rohovec. Měřítko 0,5 mm.*

Číslo výbrusu: **KP20**

Hornina: **kontaktní břidlice**

Profil: P5 - Špindlerův mlýn

Jemnozrnná páskovaná hornina s usměrněnou strukturou. Pásky tvořené hrubozrnějším křemenem (45 mod. %) střídají pásky tvořené dominantně slídami, zejména muskovitem (40 mod. %). Vedlejšími minerály jsou plagioklas a lupínkovitě protažený biotit. Biotit je často přeměňován na chlorit. Akcesoricky se vyskytuje andalusit, apatit, turmalín, rutil a ilmenit. Křemen velmi často zháší undulózně a tvoří též subzrna.

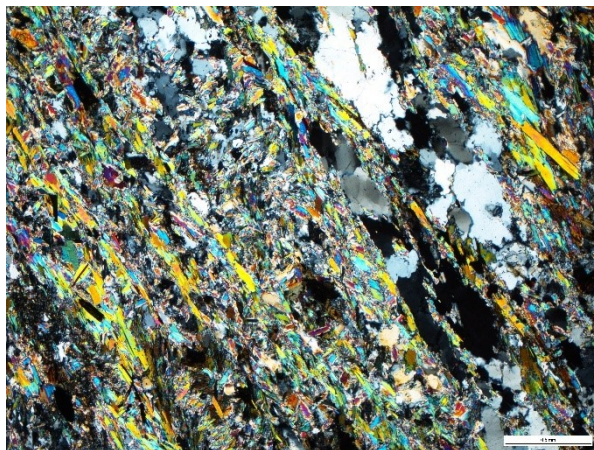


Foto 33. Kontaktní břidlice (KP20) v polarizovaném světle. Měřítko 0,5 mm.

Číslo výbrusu: **KP21**

Hornina: **Muskovitický kontaktní rohovec až břidlice**

Profil: P5 - Špindlerův mlýn

Částečně usměrněná porfyroblastická hornina se základní hmotou tvořenou lupínkovitě protaženým hypidioblastickým muskovitem a pásky tvořenými křemenem bez přednostní orientace. Vedlejším minerálem je plagioklas, který je částečně sericitizovaný a xenoblasty

andalusitu, který je místy zatlačovaný muskovitem. Výbrusem procházejí všesměrně orientované puklinky.

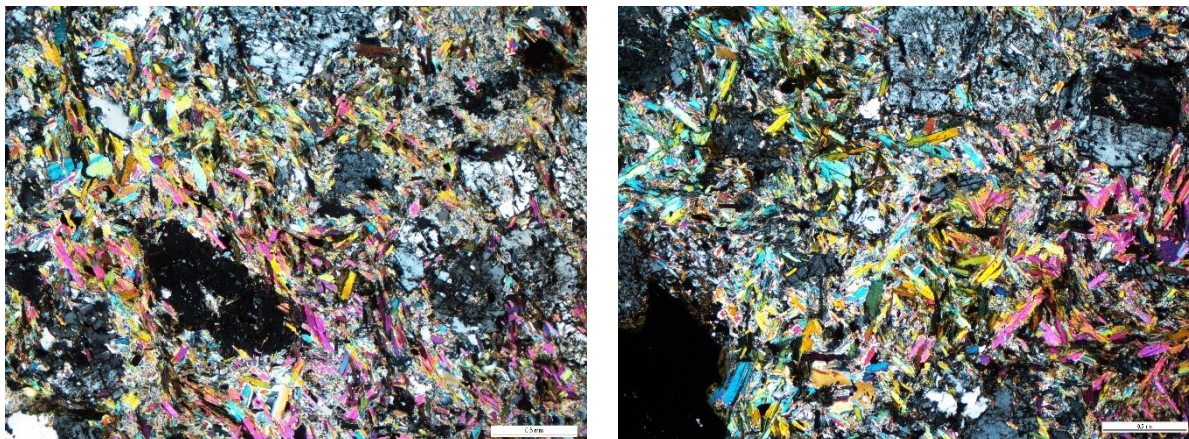


Foto 34 a 35. muskovitický kontaktní rohovec až břidlice. Měřítko 0,5 mm.

Číslo výbrusu: **KP24**

Hornina: **muskovitická kontaktní břidlice**

Profil: P4 - Mýto

Hornina má usměrněnou páskovanou texturu, definovanou usměrněním hlavních minerálů – křemene (27 mod. %) a slíd (40 mod. %). Dále jsou přítomny živce – draselný živec a více zastoupený plagioklas (25 mod. %). Jemnozrnné živce často tvoří srůsty s křemenem. Ze slídových minerálů převažuje biotit s častými pleochroickými dvůrky. Dále přítomný muskovit vytváří hypidioblastické až xenoblastické, převážně protažené porfyroblasty. Křemen má xenoblastické omezení a jeho porfyroblasty občas mají deformační subzrna. Ve vzorku je přítomno akcesorické množství opakních minerálů. Ve vzorku jsou přítomny akumulace křemene a muskovitu, které i na základě tvaru s největší pravděpodobností představují pseudomorfózy po andalusitu.

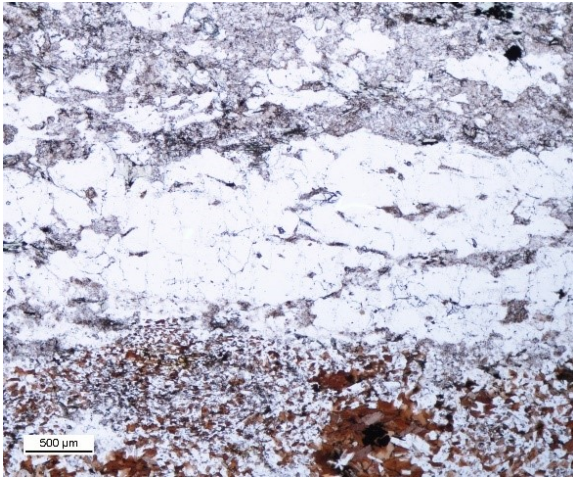


Foto 36. Muskovitická kontaktní břidlice (KP 24) – pásky křemene a slíd. Měřítko 0,5 mm.

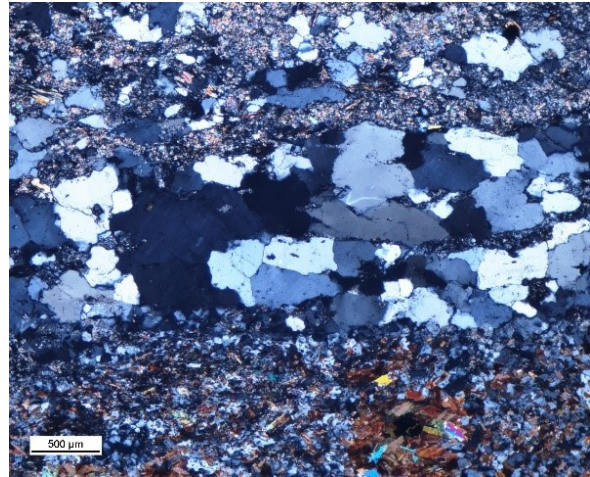


Foto 37. Muskovitická kontaktní břidlice (KP 24) v polarizovaném světle. Měřítko 0,5 mm.

Číslo výbrusu: **KP26**

Hornina: **biotitická břidlice**

Profil: P4 – Mýto

Velmi jemnozrná usměrněná hornina s xenoblastickými porfyroblasty křemene (20 mod. %), které jsou převážně usměrněny v pásech. Jemnozrnou základní hmotu tvoří zejména křemen, biotit a muskovit. Přítomny jsou agregáty opakních minerálů s častým muskovitickým lemem. Některé křemeny zhášejí undulózně.

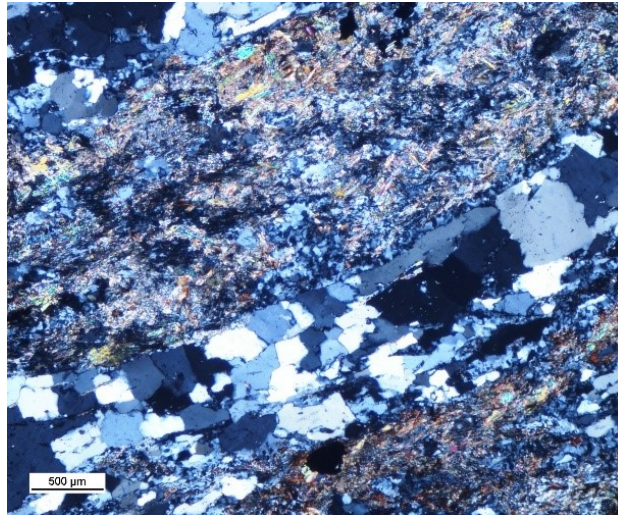


Foto 38. Biotitická břidlice (KP26) s výraznými pásy křemene. Mikrofotografie v polarizovaném světle. Měřítko 0,5 mm.

Číslo výbrusu: **KP27**

Hornina: **muskoviticko-biotitická kontaktní břidlice**

Profil: P4 - Mýto

Hornina má usměrněnou strukturu, definovanou pásy tvořenými relativně ekvigranulárním křemenem, které jsou střídány pásy tvořenými slídami. Dále jsou přítomny opakní minerály soustředěné ve slídových páscích. Zrna slíd jsou hypidioblastická a lupínkovitě úzce protažená. V biotitu jsou časté pleochroické dvůrky, s relativně častými akcesorickými zirkony, které mají místy až idioblastické omezení. Celková textura horniny je jemnozrná a slídy modálně převažují nad křemenem. Na foliaci slíd jsou naložené kinkové vrásy. V křemeni jsou vyvinuté deformační mikrostruktury – subzrna a jeho omezení je xenoblastické.

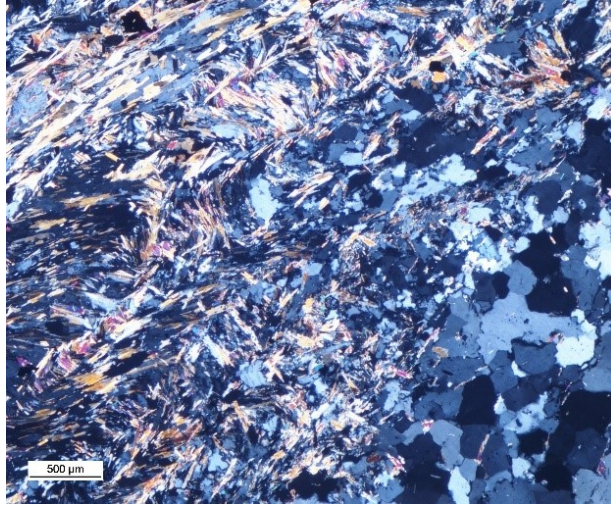


Foto 39. KP27 – zvrásněná textura v poloze tvořené slídovými minerály. Měřítko 0,5 mm.

Číslo výbrusu: **KP28**

Hornina: **muskoviticko-biotitický fylit**

Profil: P4 – Mýto

Jemnozrnná páskovaná hornina. Hlavními minerály jsou křemen (50 mod. %), muskovit (40 mod. %) a biotit (7 mod. %). Vedlejší minerály jsou plagioklas, tvořící porfyroblasty obklopené slídami, dále chlorit a opakní protažené minerály, asociované se slídami. Chlorit sekundárně přeměňuje biotit. Slídy a křemen jsou soustředěny v oddělených pásích. Křemen je xenoblastický, bez přednostní orientace. Slídy jsou velmi jemnozrnné, tvoří je xenoblastická protažená zrna. Akcesoricky se vyskytuje turmalín a rutil. Hornina je výrazně provrásněná. Výbrusem prochází výrazná zvrásněná poloha křemene a přítomny jsou drobnější pásy zalomení, rozeznatelné v pásích, tvořených slídami.

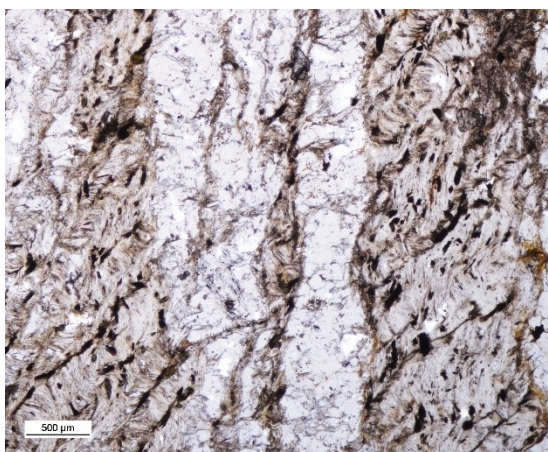


Foto 40. Muskovitický fylit – zvrásněná foliace v muskovitické poloze a pásy tvořené křemenem. Měřítka 0,5 mm.

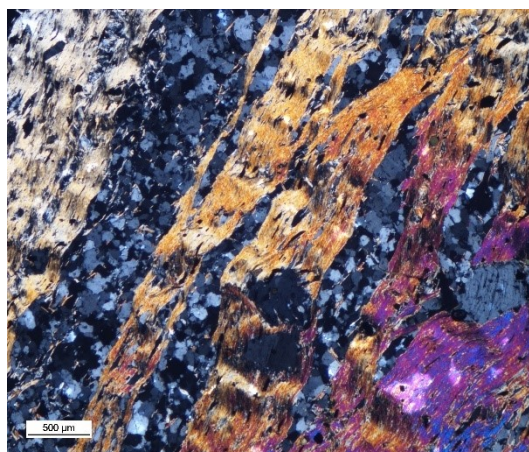


Foto 41. Muskovitický fylit – mikrofotografie v polarizovaném světle. Měřítka 0,5 mm.

Číslo výbrusu: **KP29**

Hornina: **Muskovitická kontaktní břidlice s cordieritem**

Profil: P3 - Velké Hamry

Velmi jemnozrnná hornina tvořená zejména slídami a křemenem. Pásy tvořené dominantně křemenem (50 mod. %) střídají pásy s převažujícími slídami – biotitem (7 mod %) a muskovitem (30 mod %) a vzájemně prolínají, např. slídové agregáty často uzavírají budiny křemene. Slídy jsou většinou lupínkovitě protažené a jsou orientovány zejména ve dvou hlavních, na sebe kolmých, směrech. Vedlejším minerálem je cordierit a hypidioblasty plagioklasu. Cordierit tvoří poikiloblasty s množstvím inkluzí. V biotitu jsou časté pleochroické dvůrky. Biotit i cordierit jsou místy slabě chloritizované. Vzorek má usměrněnou strukturu, definovanou protažením hlavních minerálů a páskováním. Na foliaci je naložená krenulační kliváž.

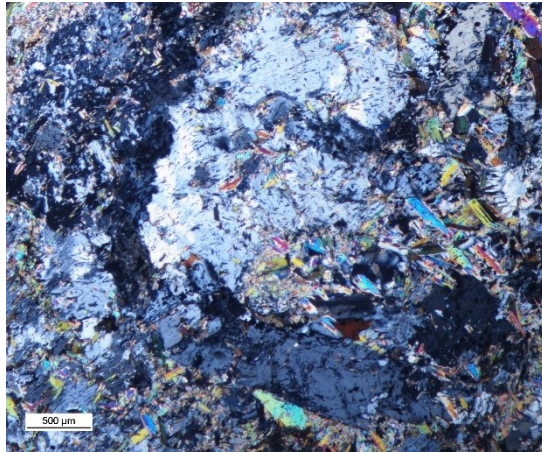


Foto 42. Cordierit a plagioklas s muskovitické kontaktní břidlici. Měřítko 0,5 mm.

Číslo výbrusu: **KP30b**

Hornina: **kontaktní břidlice**

Profil: P3 - Velké Hamry

Velmi jemnozrnná páskovaná hornina s usměrněnou texturou. Hlavními minerály jsou křemen (45 mod. %) a slídy - biotit (25 mod. %) a podstatně méně zastoupený muskovit. Biotit tvoří protažené xenoblastické vyrostlice s častými pleochroickými dvůrky, akcesoricky se zirkonem. Vedlejším minerálem je cordierit, který tvoří velké protažené poikiloblasty (až 1,2 cm v delší ose) s množstvím inkluzí. Vzorek je nehomogenní – obsahuje polohy s převahou cordieritu a polohy tvořené především křemenem a slídami. Akcesoricky je přítomen převážně hypidioblastický až idioblastický turmalín a opakní minerály.

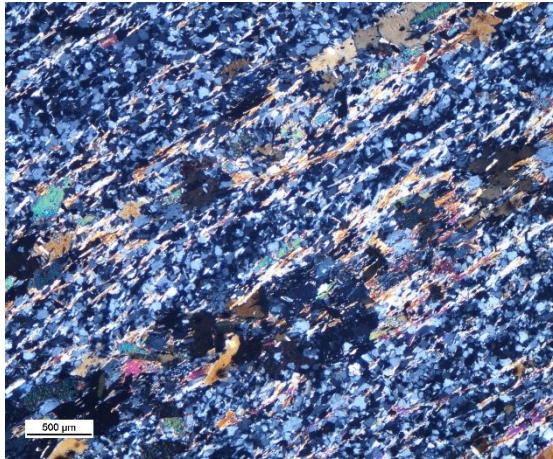


Foto 43. Usměrněná textura s jemnozrnným křemenem a slídami. Měřítka 0,5 mm.

Číslo výbrusu: **KP30c**

Hornina: **amfibolit**

Profil: P3 - Velké Hamry

Páskovaná hornina tvořená zejména amfibolem a křemenem. Jehličkovitý až vláknitý amfibol (Foto 30) přechází od zelenomodré od světle hnědé barvy. Vedlejším minerálem jsou živec a opakní minerály.

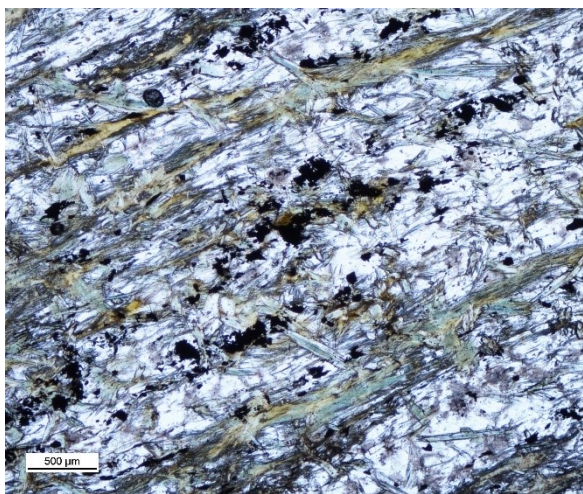


Foto 27. Páskovaný muskoviticko-biotitický fylit. Uprostřed se nachází zrno granátu. Měřítka 0,5 mm.

2) Výsledky analýzy minerálů

Tab. 4. Chemické složení živců v hmotnostních procentech oxidů a krystalochemický vzorec v atomech na vzorcovou jednotku (apfu). Krystalochemické vzorce byly přeočteny na 8 O.

Vzorek	KP 27	KP 27	KP 27	KP 27	KP 29	KP 29	KP 11	KP 11	KP 11	KP 15
SiO ₂	64.84	65.01	68.61	68.29	63.55	66.25	59.34	59.18	46.19	67.17
P ₂ O ₅	0.19	0.02	0.00	0.31	0.04	0.31	0.04	0.07	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	18.40	18.34	19.92	19.63	22.82	20.76	25.79	25.78	36.04	20.93
FeO	0.11	0.04	0.01	0.00	0.33	0.13	0.00	0.14	1.44	0.00
CaO	0.00	0.00	0.81	0.60	3.94	1.55	7.72	7.82	0.00	1.75
Na ₂ O	1.31	1.25	11.16	11.27	9.09	10.50	7.53	7.00	0.64	10.80
K ₂ O	15.19	15.19	0.07	0.15	0.14	0.13	0.16	0.15	10.81	0.09
BaO	0.32	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00
Celk.	100.03	99.84	100.58	100.26	99.91	99.63	100.57	100.15	95.14	100.74
Si	2.983	2.996	2.980	2.976	2.805	2.912	2.638	2.637	2.218	2.925
Al	0.997	0.996	1.020	1.008	1.187	1.075	1.352	1.354	2.040	1.074
Fe ³⁺	0.004	0.002	0.000	0.000	0.012	0.005	0.000	0.005	0.058	0.000
K	0.892	0.893	0.004	0.009	0.008	0.007	0.009	0.009	0.662	0.005
Na	0.117	0.111	0.940	0.952	0.778	0.895	0.649	0.605	0.060	0.912
Ca	0.000	0.000	0.037	0.027	0.184	0.072	0.363	0.369	0.000	0.081
Ba	0.006	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000
K+Na+Ca	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.7	1.0
An	0.0	0.0	3.8	2.8	19.0	7.4	35.6	37.5	0.0	8.1
Ab	11.6	11.1	95.8	96.4	80.2	91.8	63.5	61.6	8.3	91.4
Or	88.4	88.9	0.4	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	91.7	0.5

Vzorek	KP 15	KP 15	KP10	KP10	KP10	KP30b	KP30b	KP30b	KP30b	KP8
SiO ₂	65.85	67.25	63.52	63.87	63.44	68.23	65.90	65.28	65.45	64.85
P ₂ O ₅	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.10
Al ₂ O ₃	21.25	20.52	23.01	22.84	23.10	20.19	21.82	21.82	21.73	19.30
FeO	0.07	0.06	0.07	0.18	0.03	0.38	0.25	0.06	0.05	0.06
CaO	2.55	1.51	3.86	3.44	3.97	0.47	2.36	2.17	2.39	0.03
Na ₂ O	9.99	10.71	9.41	9.36	9.44	11.50	10.79	10.83	10.27	1.53
K ₂ O	0.13	0.06	0.16	0.14	0.10	0.05	0.12	0.06	0.11	14.72
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51
Celk.	99.87	100.12	100.03	99.85	100.08	100.81	101.24	100.41	99.99	100.59
Si	2.896	2.941	2.805	2.818	2.801	2.957	2.866	2.861	2.877	2.960
Al	1.101	1.058	1.197	1.188	1.202	1.031	1.118	1.127	1.126	1.038
Fe ³⁺	0.003	0.002	0.003	0.007	0.001	0.014	0.009	0.002	0.002	0.002
K	0.007	0.004	0.009	0.008	0.006	0.003	0.007	0.003	0.006	0.857
Na	0.851	0.908	0.806	0.801	0.808	0.966	0.910	0.920	0.876	0.135
Ca	0.119	0.070	0.180	0.160	0.185	0.022	0.108	0.100	0.111	0.001
Ba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009
K+Na+Ca	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
An	12.1	7.1	18.1	16.6	18.5	2.2	10.6	9.8	11.2	0.1

Ab	87.1	92.5	81.0	82.6	80.9	97.6	88.8	89.9	88.2	13.6
Or	0.7	0.4	0.9	0.8	0.6	0.3	0.6	0.3	0.6	86.3

Vzorek	KP8	KP8	KP8	KP24	KP24	KP24	KP24	KP24	KP24	KP24
SiO ₂	65.03	65.44	64.82	64.66	57.96	57.70	64.80	64.94	64.68	59.20
P ₂ O ₅	0.07	0.07	0.05	0.02	0.13	0.14	0.07	0.03	0.00	0.08
Al ₂ O ₃	18.92	18.40	19.05	19.00	27.69	27.81	18.94	19.23	18.69	26.13
FeO	0.13	0.06	0.18	0.03	0.08	0.07	0.02	0.07	0.01	0.13
CaO	0.05	0.02	0.02	0.01	9.12	8.91	0.00	0.05	0.03	7.59
Na ₂ O	2.13	1.45	1.42	1.07	6.73	6.44	0.98	1.14	0.93	7.46
K ₂ O	13.74	14.38	15.16	15.31	0.16	0.17	15.79	15.45	15.82	0.22
BaO	0.43	0.45	0.49	0.58	0.00	0.00	0.47	0.57	0.24	0.00
Celk.	100.07	99.81	100.70	100.10	101.85	101.24	100.59	100.90	100.16	100.79
Si	2.973	3.001	2.962	2.972	2.554	2.553	2.971	2.964	2.982	2.625
Al	1.019	0.995	1.026	1.029	1.438	1.450	1.023	1.034	1.016	1.365
Fe ³⁺	0.005	0.002	0.007	0.001	0.003	0.003	0.001	0.003	0.000	0.005
K	0.802	0.841	0.884	0.898	0.009	0.009	0.924	0.899	0.930	0.012
Na	0.189	0.129	0.126	0.095	0.575	0.553	0.087	0.101	0.083	0.641
Ca	0.002	0.001	0.001	0.000	0.425	0.417	0.000	0.002	0.001	0.356
Ba	0.008	0.008	0.009	0.010	0.000	0.000	0.008	0.010	0.004	0.000
K+Na+Ca	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
An	0.2	0.1	0.1	0.0	42.1	42.6	0.0	0.2	0.1	35.3
Ab	19.0	13.3	12.5	9.6	57.0	56.4	8.6	10.1	8.2	63.5
Or	80.7	86.6	87.4	90.4	0.9	1.0	91.4	89.7	91.7	1.2

Vzorek	KP17	KP17	KP17	KP17	KP17	KP17	KP17	KP17	KP17	KP17
SiO ₂	65.41	64.51	64.58	56.08	54.18	58.69	64.08	64.63	50.25	48.09
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.12	0.07	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	18.25	18.63	18.41	28.33	29.96	26.31	18.31	18.51	32.42	36.01
FeO	0.00	0.02	0.05	0.25	0.26	0.05	0.03	0.00	0.23	0.13
CaO	0.00	0.00	0.02	8.13	0.99	8.20	0.00	0.04	0.63	0.33
Na ₂ O	0.90	0.39	0.89	5.12	2.88	6.88	0.77	0.96	2.16	0.73
K ₂ O	15.76	15.90	15.10	2.01	8.50	0.20	15.62	15.52	9.01	10.69
BaO	0.17	0.75	0.55	0.02	0.11	0.01	0.75	0.21	0.00	0.00
Celk.	100.32	99.45	99.05	100.03	96.84	100.42	98.82	99.66	94.69	95.98
Si	3.006	2.987	2.994	2.523	2.530	2.613	2.986	2.990	2.410	2.290
Al	0.989	1.016	1.006	1.502	1.649	1.381	1.006	1.009	1.832	2.021
Fe ₃₊	0.000	0.001	0.002	0.009	0.010	0.002	0.001	0.000	0.009	0.005
K	0.924	0.939	0.893	0.115	0.506	0.011	0.929	0.916	0.551	0.650
Na	0.080	0.035	0.080	0.446	0.260	0.594	0.070	0.086	0.201	0.067
Ca	0.000	0.000	0.001	0.387	0.049	0.386	0.000	0.002	0.032	0.017
Ba	0.003	0.014	0.010	0.000	0.002	0.000	0.014	0.004	0.000	0.000
K+Na+Ca	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8	1.0	1.0	1.0	0.8	0.7
An	0.0	0.0	0.1	40.8	6.0	38.9	0.0	0.2	4.1	2.3
Ab	8.0	3.6	8.2	47.0	31.9	59.9	7.0	8.6	25.6	9.1
Or	92.0	96.4	91.7	12.2	62.1	1.1	93.0	91.2	70.3	88.6

Vzorek	KP17	KP17	KP17	KP28	KP28	KP28
SiO ₂	69.34	69.80	69.82	68.32	68.87	67.98
P ₂ O ₅	0.01	0.02	0.03	0.00	0.00	0.02
Al ₂ O ₃	19.41	19.56	19.55	19.47	19.67	19.75
FeO	0.23	0.12	0.12	0.02	0.04	0.08
CaO	0.13	0.08	0.03	0.15	0.23	0.23
Na ₂ O	11.78	11.87	11.89	11.27	11.38	11.47
K ₂ O	0.02	0.02	0.03	0.21	0.17	0.15
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Celk.	100.92	101.47	101.48	99.44	100.36	99.67
Si	2.998	3.001	3.001	2.998	2.994	2.979
Al	0.989	0.991	0.991	1.007	1.008	1.020
Fe ³⁺	0.008	0.004	0.004	0.001	0.002	0.003
K	0.001	0.001	0.001	0.012	0.009	0.008
Na	0.988	0.989	0.991	0.958	0.959	0.975
Ca	0.006	0.004	0.001	0.007	0.011	0.010
Ba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K+Na+Ca	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
An	0.6	0.4	0.1	0.7	1.1	1.1
Ab	99.3	99.5	99.7	98.1	97.9	98.1
Or	0.1	0.1	0.1	1.2	1.0	0.8

Tab. 5. Chemické složení cordieritu v hmotnostních procentech oxidů a krystalochemický vzorec v atomech na vzorcovou jednotku (apfu). Krystalochemické vzorce byly přepočteny na 18 O.

Vzorek	KP 29	KP 29	KP 29	KP 29	KP 11	KP 11	KP 11	KP 11	KP 11	KP 11
SiO ₂	47.95	48.00	47.89	47.94	47.57	47.72	47.78	47.83	47.42	47.76
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.04	0.01
Al ₂ O ₃	32.09	31.75	31.80	31.82	31.75	31.75	32.13	31.74	31.25	31.77
FeO	13.34	12.62	12.70	11.97	12.35	12.85	12.80	12.97	12.79	11.81
MnO	0.61	0.57	0.55	0.63	1.25	1.12	1.21	1.37	1.39	1.34
MgO	5.03	5.25	4.85	5.52	4.33	4.35	4.15	4.12	3.81	4.47
CaO	0.00	0.03	0.00	0.04	0.02	0.07	0.02	0.07	0.04	0.03
Na ₂ O	0.34	0.36	0.35	0.24	0.43	0.49	0.46	0.50	0.63	0.74
K ₂ O	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Celkem	99.38	98.59	98.16	98.18	97.71	98.37	98.56	98.60	97.36	97.91
Si	5.014	5.041	5.051	5.041	5.050	5.043	5.037	5.050	5.070	5.054
Ti	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.003	0.001
Al	3.955	3.930	3.952	3.943	3.972	3.954	3.992	3.949	3.938	3.962
Fe	1.167	1.109	1.120	1.052	1.096	1.135	1.128	1.145	1.144	1.045
Mn	0.054	0.051	0.049	0.056	0.113	0.100	0.108	0.123	0.125	0.120
Mg	0.784	0.822	0.763	0.865	0.685	0.685	0.652	0.648	0.608	0.705
Ca	0.000	0.003	0.000	0.004	0.003	0.008	0.003	0.008	0.004	0.003
Na	0.068	0.073	0.072	0.050	0.087	0.101	0.093	0.102	0.130	0.151
K	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Celkem	11.043	11.031	11.009	11.012	11.007	11.028	11.013	11.026	11.022	11.040
X _{Fe}	0.598	0.574	0.595	0.549	0.615	0.624	0.634	0.638	0.653	0.597

Vzorek	KP10	KP10	KP10	KP10	KP10	KP30b	KP30b	KP30b	KP30b	KP30b	KP10
SiO ₂	47.27	47.36	46.90	47.39	47.41	47.91	47.44	47.32	47.62	47.60	47.44
TiO ₂	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	32.79	32.47	32.72	32.38	32.98	32.52	32.35	32.52	32.47	32.69	32.54
FeO	11.41	11.29	11.70	11.31	10.85	11.19	10.95	11.55	11.46	11.30	11.13
MnO	0.80	0.72	0.67	0.69	0.67	0.51	0.56	0.59	0.51	0.50	0.67
MgO	5.35	5.37	5.48	5.44	5.36	5.37	5.36	5.38	5.39	5.57	5.35
CaO	0.02	0.03	0.05	0.03	0.02	0.10	0.05	0.03	0.01	0.06	0.04
Na ₂ O	0.46	0.43	0.42	0.42	0.35	0.42	0.38	0.52	0.48	0.50	0.36
K ₂ O	0.03	0.01	0.01	0.01	0.25	0.01	0.02	0.01	0.01	0.08	0.18
Celk.	98.13	97.68	97.95	97.67	97.92	98.04	97.11	97.93	97.96	98.28	97.71
Si	4.970	4.996	4.948	5.000	4.981	5.025	5.020	4.985	5.007	4.989	5.001
Ti	0.001	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Al	4.063	4.037	4.068	4.026	4.084	4.019	4.033	4.038	4.023	4.038	4.042
Fe	1.003	0.996	1.032	0.997	0.953	0.981	0.969	1.018	1.008	0.990	0.981
Mn	0.071	0.064	0.060	0.061	0.060	0.045	0.050	0.053	0.045	0.044	0.060
Mg	0.838	0.845	0.861	0.855	0.839	0.840	0.846	0.846	0.844	0.870	0.840
Ca	0.002	0.003	0.006	0.003	0.002	0.011	0.005	0.004	0.001	0.006	0.005
Na	0.093	0.087	0.085	0.087	0.071	0.086	0.078	0.106	0.097	0.101	0.074

K	0.004	0.002	0.001	0.002	0.033	0.001	0.002	0.002	0.001	0.010	0.024
Celk.	11.05	11.03	11.06	11.03	11.03	11.01	11.00	11.05	11.03	11.05	11.03
X _{Fe}	0.545	0.541	0.545	0.538	0.532	0.539	0.534	0.546	0.544	0.532	0.539

Tab. 6. Chemické složení granátu v hmotnostních procentech oxidů a krystalochemický vzorec v atomech na vzorcovou jednotku (apfu). Krystalochemické vzorce byly přepočteny na 12 O, Fe²⁺ a Fe³⁺ bylo rozpočteno na základě stechiometrie (Si + B-pozice = 5).

Vzorek	KP 11	KP 11	KP 11	KP 11	KP 11	KP 11	KP 11	KP 11	KP 11	KP 11	KP 11
SiO ₂	37.09	37.02	37.35	37.07	36.92	36.86	36.62	36.89	37.47	36.65	37.11
TiO ₂	0.03	0.04	0.02	0.01	0.06	0.05	0.04	0.02	0.01	0.06	0.02
Al ₂ O ₃	20.79	20.58	20.59	20.54	20.65	20.47	20.64	20.20	20.50	20.00	20.63
Cr ₂ O ₃	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.01	0.00
Fe ₂ O ₃	0.00	0.38	0.40	0.32	0.29	0.15	0.49	0.54	0.22	0.83	0.18
FeO	28.99	28.87	28.75	29.08	29.06	28.59	28.01	27.92	28.90	28.09	28.30
MnO	11.83	11.65	11.75	11.49	11.55	11.66	11.80	11.84	11.84	11.88	11.83
MgO	0.94	0.96	0.99	1.00	1.04	0.98	1.08	1.03	1.03	1.10	1.06
Na ₂ O	0.01	0.00	0.03	0.07	0.00	0.01	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04
P ₂ O ₅	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
CaO	1.10	1.47	1.57	1.24	1.28	1.26	1.88	1.70	1.13	1.45	1.44
	100.7	101.0	101.4	100.8	100.8	100.0	100.6	100.1	101.1	100.0	100.6
Celk.	9	0	7	4	7	7	1	9	7	6	3
Si	3.010	3.002	3.012	3.009	2.997	3.013	2.980	3.013	3.028	3.003	3.012
P	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001
Al	1.989	1.967	1.956	1.965	1.976	1.972	1.980	1.944	1.953	1.931	1.973
Cr	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.000
Fe ³⁺	0.000	0.023	0.025	0.020	0.018	0.009	0.030	0.033	0.013	0.051	0.011
Ti	0.002	0.003	0.001	0.001	0.001	0.003	0.000	0.001	0.001	0.004	0.000
Fe ²⁺	1.968	1.958	1.939	1.974	1.973	1.954	1.906	1.907	1.953	1.925	1.921
Mn	0.813	0.800	0.802	0.790	0.794	0.807	0.813	0.819	0.811	0.825	0.814
Mg	0.113	0.116	0.119	0.121	0.126	0.120	0.131	0.126	0.124	0.134	0.128
Ca	0.096	0.127	0.136	0.108	0.111	0.111	0.163	0.148	0.098	0.127	0.125
Na	0.003	0.001	0.007	0.017	0.000	0.003	0.009	0.006	0.008	0.005	0.009
Almandin	65.7	65.1	64.4	65.8	65.5	65.1	62.9	63.2	65.0	63.5	64.2
Andradit	0.0	1.2	1.2	1.0	0.9	0.5	1.5	1.7	0.7	2.6	0.5
Grosulár	3.2	3.1	3.3	2.6	2.8	3.2	3.9	3.3	2.5	1.7	3.7
Pyrop	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.0	4.4	4.2	4.2	4.5	4.3
Spessartin	27.3	26.8	27.0	26.5	26.5	27.1	27.3	27.6	27.5	27.7	27.3
Uvarovit	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
Celk.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fe ³⁺ /Fe	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0.02	0.02	0.01	0.03	0.01
Celk.											

Vzorek	KP 11	KP 11	KP 11	KP 11	KP 15	KP 15	KP 15	KP 15	KP 15	KP 15
SiO ₂	36.78	37.04	36.97	36.77	37.23	37.28	37.28	37.13	37.55	36.93
TiO ₂	0.06	0.01	0.06	0.06	0.19	0.19	0.16	0.16	0.16	0.12
Al ₂ O ₃	20.67	20.64	20.89	20.44	20.24	20.24	20.21	19.97	20.22	19.91
Cr ₂ O ₃	0.04	0.04	0.05	0.04	0.02	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃	0.31	0.08	0.00	0.35	0.52	0.86	0.81	1.18	0.61	0.67
FeO	28.20	29.24	29.09	29.63	17.93	17.60	15.43	15.82	16.50	16.75
MnO	11.85	11.34	11.34	11.01	19.72	19.43	21.53	20.98	20.60	20.85
MgO	1.03	0.98	0.99	0.99	1.16	1.26	1.12	1.18	1.15	1.27
Na ₂ O	0.02	0.00	0.02	0.05	0.00	0.00	0.01	0.06	0.00	0.01
P ₂ O ₅	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00
CaO	1.69	1.17	1.43	1.06	3.31	4.00	4.12	4.17	3.92	2.86
Celk.	100.66	100.55	100.84	100.39	100.30	100.91	100.72	100.67	100.72	99.38
Si	2.990	3.013	2.997	3.001	3.017	3.002	3.008	3.001	3.025	3.022
P	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
Ti	0.004	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	1.981	1.978	1.997	1.966	1.933	1.921	1.922	1.902	1.920	1.920
Cr	0.002	0.002	0.003	0.003	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000
Fe ³⁺	0.019	0.005	0.000	0.022	0.032	0.052	0.049	0.071	0.037	0.041
Ti	0.000	0.000	0.001	0.004	0.011	0.012	0.010	0.010	0.010	0.008
Fe ²⁺	1.917	1.989	1.973	2.023	1.215	1.185	1.041	1.069	1.112	1.147
Mn	0.816	0.781	0.779	0.761	1.353	1.325	1.471	1.436	1.406	1.445
Mg	0.125	0.119	0.119	0.120	0.140	0.151	0.134	0.142	0.138	0.155
Ca	0.147	0.102	0.124	0.093	0.287	0.345	0.356	0.361	0.338	0.251
Na	0.006	0.000	0.005	0.012	0.000	0.001	0.002	0.013	0.000	0.002
Almandin	63.6	66.4	65.9	67.4	39.6	38.5	33.7	34.5	35.9	37.1
Andradit	0.9	0.2	0.0	1.1	1.6	2.6	2.5	3.6	1.9	2.1
Grosulár	3.8	3.1	4.0	1.9	8.1	8.9	9.5	8.5	9.6	6.4
Pyrop	4.2	4.0	4.0	4.0	4.7	5.1	4.5	4.8	4.7	5.3
Spessartin	27.3	26.2	26.0	25.5	45.9	44.7	49.7	48.5	47.9	49.1
Uvarovit	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
Celk.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tab. 7. Chemické složení biotitu Tab. 1. živců v hmotnostních procentech oxidů a krystalochemický vzorec v atomech na vzorcovou jednotku (apfu). Krystalochemické vzorce byly přepočteny na 20 O + 4 OH + F.

Vzorek	KP 27	KP 27	KP 27	KP 29	KP 29	KP 29	KP 29	KP 29	KP 11	KP 11
SiO ₂	35.37	34.51	34.62	34.21	34.08	33.61	34.34	34.40	34.79	34.02
TiO ₂	2.21	2.15	2.12	1.88	1.75	3.18	2.04	2.28	3.57	2.06
Al ₂ O ₃	20.42	19.71	19.35	19.89	20.15	19.40	19.92	19.93	18.99	19.47
FeO	19.54	19.68	20.76	25.26	24.56	26.15	24.28	24.24	22.69	23.66
MnO	0.06	0.07	0.02	0.12	0.14	0.12	0.12	0.15	0.62	0.50
MgO	8.58	8.38	8.28	5.17	5.20	4.16	5.41	5.35	5.37	6.19
CaO	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.03	0.01
Na ₂ O	0.11	0.13	0.11	0.09	0.15	0.12	0.09	0.15	0.17	0.13
K ₂ O	9.27	9.04	8.72	9.29	9.21	9.30	9.15	9.11	9.50	8.96
SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
BaO	0.07	0.02	0.06	0.08	0.08	0.16	0.10	0.09	0.15	0.12
ZnO	0.14	0.00	0.07	0.10	0.09	0.10	0.07	0.04	0.06	0.10
F	0.41	0.37	0.42	0.47	0.48	0.41	0.51	0.50	0.16	0.18
Cl	0.00	0.01	0.01	0.04	0.02	0.04	0.03	0.02	0.05	0.07
H ₂ O*	3.77	3.70	3.67	3.62	3.61	3.63	3.61	3.63	3.79	3.74
O=F, Cl	0.17	0.16	0.18	0.21	0.21	0.18	0.22	0.21	0.08	0.09
Celk.	99.76	97.60	98.04	100.01	99.34	100.18	99.44	99.70	99.84	99.13
Si	5.348	5.346	5.360	5.320	5.319	5.257	5.341	5.333	5.376	5.310
Al ^{iv}	2.652	2.654	2.640	2.680	2.681	2.743	2.659	2.667	2.624	2.690
Al ^{vi}	0.987	0.945	0.890	0.966	1.026	0.834	0.992	0.975	0.834	0.890
Ti	0.252	0.251	0.246	0.219	0.205	0.374	0.239	0.266	0.415	0.241
Fe	2.471	2.550	2.688	3.285	3.206	3.421	3.157	3.143	2.932	3.088
Mn	0.008	0.009	0.003	0.016	0.018	0.016	0.015	0.020	0.081	0.066
Mg	1.933	1.936	1.911	1.198	1.209	0.969	1.254	1.237	1.237	1.439
Zn	0.015	0.000	0.008	0.011	0.011	0.012	0.008	0.005	0.007	0.011
Ca	0.002	0.000	0.000	0.002	0.004	0.000	0.000	0.005	0.005	0.002
Na	0.032	0.038	0.034	0.027	0.046	0.036	0.028	0.045	0.050	0.040
K	1.787	1.786	1.722	1.843	1.834	1.855	1.816	1.802	1.872	1.784
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
Ba	0.004	0.001	0.004	0.005	0.005	0.010	0.006	0.006	0.009	0.008
OH*	3.803	3.820	3.792	3.758	3.757	3.789	3.745	3.750	3.908	3.892
F	0.197	0.179	0.204	0.233	0.239	0.201	0.248	0.245	0.078	0.089
Cl	0.000	0.002	0.004	0.009	0.004	0.009	0.007	0.005	0.014	0.019
Celk.	19.491	19.516	19.506	19.572	19.563	19.526	19.517	19.503	19.441	19.571

H₂O* - vypočtený obsah vody

Vzorek	KP 11	KP 11	KP 11	KP 11	KP 11	KP 15	KP 15	KP 15	KP 15	KP 15
SiO ₂	32.94	33.92	34.56	33.96	34.38	36.01	36.06	36.52	36.12	35.87
TiO ₂	1.88	1.77	1.58	1.98	2.08	1.83	1.58	1.44	1.35	1.66
Al ₂ O ₃	18.99	20.42	19.98	19.73	20.19	18.64	18.63	18.32	18.70	18.81

FeO	25.90	23.07	22.94	23.51	22.81	18.17	18.12	17.56	17.06	17.93
MnO	0.58	0.50	0.54	0.47	0.47	0.58	0.46	0.49	0.44	0.64
MgO	6.40	5.95	5.87	6.26	6.13	10.50	10.90	11.00	11.41	10.67
CaO	0.03	0.09	0.06	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01
Na ₂ O	0.03	0.20	0.17	0.15	0.25	0.24	0.27	0.18	0.23	0.18
K ₂ O	7.99	8.92	9.10	8.96	9.30	9.13	8.58	8.81	8.85	8.95
SrO	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
BaO	0.11	0.09	0.05	0.07	0.13	0.11	0.08	0.09	0.05	0.12
ZnO	0.04	0.07	0.03	0.00	0.07	0.06	0.16	0.19	0.06	0.01
F	0.13	0.16	0.16	0.18	0.16	0.54	0.58	0.61	0.56	0.57
Cl	0.14	0.06	0.06	0.09	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
H ₂ O*	3.70	3.76	3.76	3.74	3.80	3.70	3.68	3.67	3.68	3.68
O=F, Cl	0.09	0.08	0.08	0.10	0.07	0.23	0.24	0.26	0.24	0.24
Celk.	98.77	98.92	98.77	99.01	99.72	99.31	98.85	98.63	98.27	98.87
Si	5.206	5.283	5.382	5.296	5.309	5.454	5.466	5.539	5.484	5.447
Al ^{iv}	2.794	2.717	2.618	2.704	2.691	2.546	2.534	2.461	2.516	2.553
Al ^{vi}	0.743	1.031	1.049	0.922	0.984	0.783	0.796	0.814	0.830	0.814
Ti	0.223	0.207	0.185	0.233	0.241	0.208	0.180	0.164	0.154	0.190
Fe	3.423	3.005	2.987	3.067	2.946	2.302	2.297	2.227	2.166	2.277
Mn	0.078	0.066	0.071	0.062	0.061	0.075	0.058	0.063	0.056	0.082
Mg	1.508	1.381	1.361	1.456	1.411	2.371	2.464	2.486	2.583	2.414
Zn	0.005	0.008	0.003	0.000	0.007	0.007	0.018	0.021	0.006	0.002
Ca	0.005	0.015	0.010	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001
Na	0.010	0.061	0.051	0.045	0.075	0.071	0.078	0.053	0.068	0.054
K	1.610	1.771	1.808	1.782	1.832	1.764	1.660	1.704	1.713	1.733
Sr	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000
Ba	0.007	0.005	0.003	0.004	0.008	0.007	0.005	0.006	0.003	0.007
OH*	3.898	3.906	3.906	3.887	3.914	3.741	3.721	3.709	3.730	3.728
F	0.065	0.078	0.078	0.089	0.078	0.258	0.279	0.290	0.268	0.272
Cl	0.037	0.016	0.016	0.024	0.008	0.001	0.000	0.001	0.002	0.001
Celk.	19.612	19.552	19.529	19.572	19.565	19.590	19.558	19.538	19.580	19.573

H₂O* - vypočtený obsah vody

Vzorek	KP 15	KP17	KP17	KP17	KP17	KP17	KP10	KP10	KP10	KP10
SiO ₂	36.90	35.75	35.31	35.74	34.22	35.66	33.61	33.81	34.35	34.27
TiO ₂	1.70	2.99	2.67	2.63	2.52	2.87	1.63	1.70	1.91	1.66
Al ₂ O ₃	18.37	17.16	17.70	17.37	17.95	17.07	20.05	20.10	20.20	19.97
FeO	17.69	17.38	17.79	17.79	18.29	18.13	24.16	23.65	24.47	23.43
MnO	0.57	0.15	0.18	0.21	0.15	0.14	0.22	0.19	0.19	0.19
MgO	10.81	11.46	11.52	11.80	10.88	11.34	5.99	5.75	5.85	5.92
CaO	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
Na ₂ O	0.26	0.11	0.19	0.12	0.08	0.15	0.24	0.16	0.29	0.37
K ₂ O	8.85	9.97	9.81	9.96	10.03	9.88	8.22	8.37	8.63	8.24
SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00
BaO	0.10	0.12	0.19	0.06	0.16	0.10	0.09	0.13	0.09	0.07
ZnO	0.07	0.00	0.08	0.11	0.04	0.02	0.03	0.08	0.06	0.00
F	0.55	1.18	1.06	1.08	1.05	1.18	0.35	0.34	0.31	0.34

Cl	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.00	0.02	0.00	0.01
H ₂ O*	3.72	3.38	3.44	3.44	3.37	3.37	3.65	3.64	3.74	3.67
O=F, Cl	0.23	0.50	0.45	0.46	0.45	0.50	0.15	0.15	0.13	0.15
Celk.	99.39	99.19	99.53	99.88	98.34	99.46	98.09	97.83	99.96	97.99
Si	5.551	5.439	5.367	5.409	5.295	5.429	5.282	5.319	5.303	5.364
Al ^{iv}	2.449	2.561	2.633	2.591	2.705	2.571	2.718	2.681	2.697	2.636
Al ^{vi}	0.809	0.515	0.538	0.507	0.568	0.492	0.996	1.045	0.979	1.048
Ti	0.192	0.342	0.305	0.299	0.293	0.328	0.192	0.201	0.222	0.195
Fe	2.225	2.211	2.261	2.252	2.367	2.308	3.176	3.111	3.160	3.067
Mn	0.073	0.020	0.024	0.027	0.020	0.017	0.029	0.026	0.025	0.025
Mg	2.425	2.600	2.611	2.663	2.509	2.573	1.404	1.348	1.347	1.381
Zn	0.008	0.000	0.009	0.012	0.005	0.002	0.004	0.010	0.007	0.000
Ca	0.003	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.001
Na	0.076	0.031	0.055	0.035	0.025	0.044	0.072	0.049	0.088	0.112
K	1.698	1.934	1.903	1.922	1.979	1.919	1.648	1.679	1.700	1.645
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.000	0.003	0.000	0.000
Ba	0.006	0.007	0.011	0.004	0.010	0.006	0.005	0.008	0.005	0.004
OH*	3.735	3.428	3.486	3.476	3.478	3.426	3.828	3.823	3.848	3.829
F	0.263	0.567	0.509	0.516	0.514	0.567	0.172	0.171	0.152	0.168
Cl	0.002	0.005	0.005	0.008	0.008	0.007	0.000	0.006	0.000	0.003
Celk.	19.515	19.664	19.721	19.721	19.777	19.693	19.528	19.481	19.532	19.478

H₂O* - vypočtený obsah vody

Vzorek	KP30b	KP30b	KP30b	KP8	KP8	KP8
SiO ₂	33.63	33.95	33.71	34.21	34.47	34.26
TiO ₂	2.43	2.11	1.86	3.00	2.94	3.02
Al ₂ O ₃	19.49	20.00	20.08	20.51	20.23	20.24
FeO	24.41	24.85	23.85	24.58	24.29	23.97
MnO	0.11	0.16	0.14	0.06	0.12	0.15
MgO	5.53	5.56	5.93	5.05	5.27	5.33
CaO	0.01	0.02	0.00	0.02	0.07	0.02
Na ₂ O	0.22	0.16	0.26	0.17	0.19	0.13
K ₂ O	8.77	8.77	8.66	9.30	9.26	9.43
SrO	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
BaO	0.11	0.14	0.17	0.11	0.14	0.14
ZnO	0.04	0.14	0.05	0.01	0.01	0.05
F	0.26	0.26	0.25	0.70	0.77	0.75
Cl	0.04	0.04	0.03	0.08	0.06	0.06
H ₂ O*	3.68	3.73	3.70	3.56	3.54	3.53
O=F, Cl	0.12	0.12	0.11	0.31	0.34	0.33
Celk.	98.60	99.76	98.61	101.04	101.01	100.75
Si	5.284	5.276	5.278	5.244	5.280	5.263
Al ^{iv}	2.716	2.724	2.722	2.756	2.720	2.737
Al ^{vi}	0.895	0.939	0.983	0.952	0.933	0.927
Ti	0.287	0.246	0.219	0.345	0.339	0.349
Fe	3.208	3.230	3.123	3.152	3.111	3.080

Mn	0.015	0.021	0.018	0.008	0.015	0.019
Mg	1.294	1.287	1.384	1.154	1.203	1.221
Zn	0.004	0.016	0.006	0.001	0.001	0.006
Ca	0.002	0.004	0.000	0.003	0.011	0.003
Na	0.066	0.049	0.080	0.049	0.055	0.040
K	1.758	1.739	1.729	1.819	1.809	1.847
Sr	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
Ba	0.006	0.009	0.011	0.007	0.008	0.008
OH*	3.861	3.863	3.867	3.642	3.614	3.619
F	0.129	0.127	0.125	0.339	0.371	0.364
Cl	0.010	0.009	0.008	0.019	0.016	0.017
Celk.	19.535	19.540	19.555	19.491	19.487	19.499

*H₂O** - vypočtený obsah vody

Vzorek	KP8	KP28	KP28	KP28	KP28
SiO ₂	34.50	33.67	32.98	33.70	33.85
TiO ₂	2.96	2.35	2.38	2.59	2.72
Al ₂ O ₃	20.35	20.66	21.03	20.53	20.22
FeO	23.81	21.85	22.13	22.46	21.69
MnO	0.09	0.19	0.22	0.17	0.14
MgO	5.29	6.88	6.61	6.69	7.16
CaO	0.02	0.04	0.04	0.00	0.00
Na ₂ O	0.11	0.12	0.17	0.16	0.15
K ₂ O	9.43	9.14	9.52	9.63	9.52
SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.12	0.17	0.09	0.10	0.07
ZnO	0.06	0.09	0.05	0.09	0.00
F	0.77	0.20	0.21	0.26	0.20
Cl	0.08	0.02	0.02	0.02	0.00
H ₂ O*	3.53	3.78	3.76	3.77	3.80
O=F, Cl	0.34	0.09	0.09	0.11	0.08
Celk.	100.77	99.04	99.10	100.05	99.42
Si	5.288	5.209	5.124	5.189	5.218
Al ^{iv}	2.712	2.791	2.876	2.811	2.782
Al ^{vi}	0.964	0.976	0.975	0.914	0.892
Ti	0.342	0.273	0.278	0.300	0.315
Fe	3.052	2.827	2.875	2.891	2.797
Mn	0.012	0.025	0.029	0.022	0.019
Mg	1.209	1.586	1.530	1.535	1.646
Zn	0.007	0.010	0.005	0.011	0.000
Ca	0.003	0.006	0.007	0.000	0.000
Na	0.031	0.035	0.051	0.049	0.044
K	1.844	1.805	1.887	1.891	1.872
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.007	0.010	0.005	0.006	0.004
OH*	3.606	3.900	3.893	3.869	3.905
F	0.374	0.096	0.102	0.125	0.095

Cl	0.020	0.004	0.005	0.006	0.000
Celk.	19.471	19.554	19.642	19.619	19.588

*H₂O** - vypočtený obsah vody

Tab. 8. Chemické složení muskovitu v hmotnostních procentech oxidů a krystalochemický vzorec v atomech na vzorcovou jednotku (apfu). Krystalochemické vzorce byly přepočteny na 20 O + 4 OH + F. H₂O* značí vypočtený obsah vody.

Vzorek	KP 29	KP 11	KP 11	KP 11	KP 15	KP 15	KP 15	KP 15	KP 15
SiO ₂	46.31	45.29	46.44	46.36	46.71	47.04	47.02	46.11	47.10
TiO ₂	0.17	0.11	0.34	0.28	0.32	0.18	0.24	0.46	0.19
Al ₂ O ₃	35.24	35.54	35.29	36.12	32.43	31.05	31.75	33.82	32.39
FeO	1.75	1.26	1.27	1.46	3.37	3.53	3.25	2.52	3.53
MnO	0.05	0.03	0.00	0.01	0.04	0.05	0.03	0.03	0.04
MgO	0.47	0.45	0.38	0.39	0.97	1.31	1.13	0.64	1.02
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Na ₂ O	0.58	0.68	0.52	0.71	0.66	0.65	0.65	0.94	0.70
K ₂ O	10.46	10.24	10.57	10.54	9.95	10.05	9.87	9.89	9.95
BaO	0.12	0.61	0.05	0.08	0.18	0.18	0.17	0.18	0.14
F	0.29	0.10	0.11	0.11	0.21	0.22	0.24	0.17	0.21
Cl	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Cr ₂ O ₃	0.04	0.02	0.06	0.05	0.02	0.03	0.00	0.03	0.00
H ₂ O*	4.35	4.39	4.44	4.48	4.33	4.29	4.30	4.37	4.35
O=F, Cl	0.12	0.04	0.05	0.05	0.09	0.09	0.10	0.07	0.09
Celk.	99.72	98.67	99.42	100.54	99.09	98.48	98.55	99.11	99.53
Si	6.185	6.121	6.201	6.132	6.320	6.414	6.387	6.218	6.345
Al ^{iv}	1.815	1.879	1.799	1.868	1.680	1.586	1.613	1.782	1.655
Al ^{vi}	3.732	3.782	3.756	3.764	3.491	3.404	3.471	3.594	3.487
Ti	0.017	0.011	0.034	0.028	0.033	0.019	0.025	0.047	0.019
Cr	0.004	0.002	0.006	0.005	0.002	0.003	0.000	0.003	0.000
Fe	0.195	0.142	0.142	0.162	0.381	0.402	0.369	0.284	0.397
Mn	0.006	0.003	0.000	0.001	0.004	0.006	0.003	0.003	0.005
Mg	0.094	0.091	0.075	0.077	0.195	0.267	0.228	0.129	0.204
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Li*	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000
Na	0.151	0.178	0.135	0.182	0.172	0.171	0.171	0.244	0.183
K	1.782	1.765	1.801	1.778	1.717	1.748	1.710	1.700	1.709
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.006	0.032	0.003	0.004	0.010	0.009	0.009	0.010	0.008

Rb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
OH*	3.878	3.955	3.953	3.951	3.908	3.903	3.896	3.927	3.910	3.910
F	0.121	0.044	0.046	0.047	0.092	0.097	0.104	0.072	0.089	0.089
Cl	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
Celk.	17.988	18.008	17.952	18.001	18.005	18.029	17.987	18.018	18.011	18.011

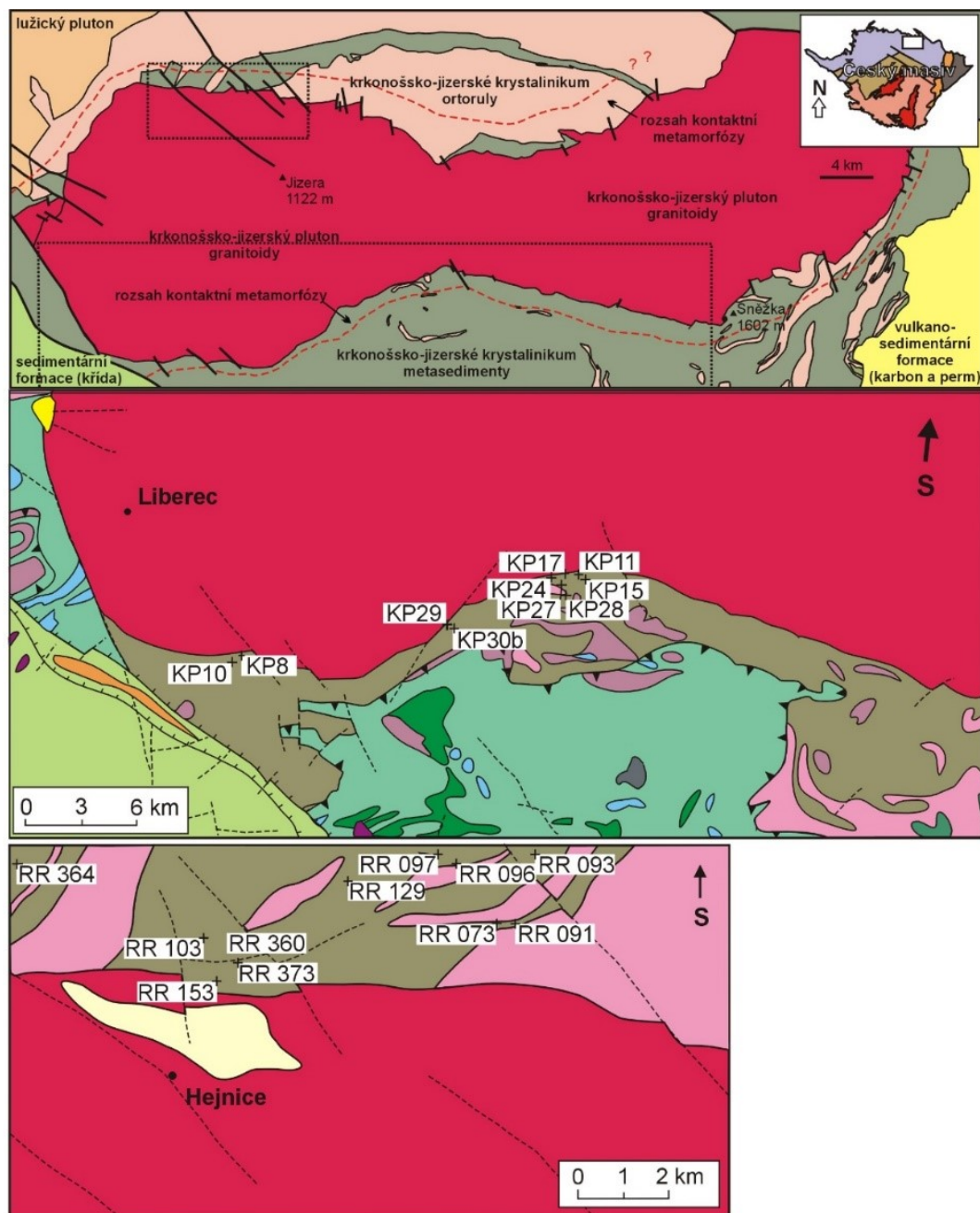
Vzorek	KP 27	KP 27	KP 29	KP 29	KP28	KP28	KP28	KP28	KP28	KP28
SiO ₂	46.28	47.07	45.98	46.03	48.54	54.54	47.79	47.67	47.81	48.06
	1.19	0.30	0.50	0.54	0.09	0.18	0.25	0.39	0.25	0.22
Al ₂ O ₃	35.43	36.12	35.36	35.70	30.66	27.62	32.23	32.08	31.83	30.40
FeO	0.79	0.90	1.54	1.62	2.45	1.97	2.10	2.37	2.36	2.73
MnO	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01
MgO	0.64	0.60	0.34	0.27	1.62	1.34	1.34	1.35	1.45	1.53
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.04	0.01	0.01	0.00
Na ₂ O	0.46	0.58	0.54	0.68	0.14	0.25	0.28	0.25	0.24	0.28
K ₂ O	10.52	10.24	10.45	10.33	10.70	9.28	10.75	10.79	10.84	10.65
BaO	0.08	0.09	0.13	0.08	0.17	0.15	0.20	0.14	0.13	0.13
F	0.18	0.19	0.23	0.20	0.36	0.25	0.28	0.30	0.32	0.35
Cl	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
H ₂ O*	4.43	4.47	4.37	4.41	4.27	4.47	4.34	4.32	4.31	4.25
O=F, Cl	0.08	0.08	0.09	0.08	0.15	0.10	0.12	0.13	0.13	0.15
Celk.	99.96	100.50	99.33	99.80	98.89	100.03	99.50	99.57	99.45	98.48
Si	6.140	6.192	6.158	6.135	6.553	7.136	6.412	6.401	6.427	6.530
Al ^{iv}	1.860	1.808	1.842	1.865	1.447	0.864	1.588	1.599	1.573	1.470
Al ^{vi}	3.681	3.793	3.740	3.744	3.433	3.395	3.509	3.478	3.471	3.399
Ti	0.118	0.030	0.051	0.054	0.009	0.018	0.025	0.039	0.025	0.022
Cr	0.003	0.000	0.000	0.003	0.000	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003
Fe	0.087	0.099	0.172	0.180	0.277	0.215	0.235	0.266	0.265	0.310
Mn	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002	0.002	0.002	0.000	0.001	0.001
Mg	0.126	0.117	0.067	0.053	0.325	0.262	0.267	0.270	0.290	0.310
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Li*	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.005	0.005	0.001	0.002	0.000
Na	0.119	0.149	0.141	0.176	0.037	0.062	0.072	0.066	0.063	0.073
K	1.781	1.718	1.785	1.757	1.842	1.548	1.839	1.847	1.859	1.846
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.004	0.005	0.007	0.004	0.009	0.008	0.010	0.008	0.007	0.007
Rb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
OH*	3.924	3.921	3.905	3.918	3.847	3.897	3.882	3.871	3.866	3.850
F	0.075	0.077	0.095	0.082	0.152	0.103	0.118	0.127	0.134	0.150

Cl	0.001	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000
Celk.	17.920	17.911	17.963	17.971	17.937	17.520	17.968	17.977	17.985	17.972

Vzorek	KP10	KP10	KP10	KP10	KP10	KP30b	KP30b	KP30b	KP8
SiO ₂	45.94	46.00	45.50	45.95	46.62	46.34	46.90	45.49	45.65
	0.23	0.30	0.25	0.21	0.19	0.38	0.29	0.41	0.63
Al ₂ O ₃	36.07	36.20	35.88	36.08	34.65	35.88	36.28	37.00	36.13
FeO	2.16	1.68	2.32	2.37	2.18	1.44	1.67	1.31	1.79
MnO	0.01	0.02	0.01	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00
MgO	0.48	0.47	0.47	0.59	0.70	0.44	0.50	0.32	0.42
CaO	0.05	0.08	0.05	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02	0.01
Na ₂ O	1.09	1.04	1.14	1.18	1.05	0.99	0.69	1.01	0.41
K ₂ O	9.34	8.87	9.06	9.12	9.39	9.51	9.57	9.76	10.18
BaO	0.15	0.21	0.18	0.19	0.12	0.20	0.18	0.28	0.09
F	0.20	0.16	0.19	0.19	0.21	0.14	0.19	0.12	0.36
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Cr ₂ O ₃	0.04	0.04	0.01	0.03	0.01	0.04	0.04	0.04	0.04
H ₂ O*	4.42	4.43	4.39	4.43	4.39	4.45	4.47	4.47	4.33
O=F, Cl	0.08	0.07	0.08	0.08	0.09	0.06	0.08	0.05	0.15
Celk.	100.10	99.42	99.38	100.24	99.44	99.78	100.73	100.17	99.88
Si	6.099	6.117	6.086	6.093	6.226	6.152	6.162	6.030	6.079
Al ^{iv}	1.901	1.883	1.914	1.907	1.774	1.848	1.838	1.970	1.921
Al ^{vi}	3.744	3.790	3.742	3.731	3.680	3.766	3.780	3.811	3.749
Ti	0.023	0.030	0.025	0.021	0.019	0.038	0.029	0.041	0.063
Cr	0.004	0.004	0.001	0.003	0.001	0.004	0.004	0.004	0.004
Fe	0.240	0.187	0.260	0.262	0.244	0.160	0.183	0.145	0.199
Mn	0.001	0.002	0.001	0.000	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000
Mg	0.096	0.093	0.094	0.117	0.139	0.088	0.099	0.063	0.083
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Li*	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.007	0.011	0.008	0.000	0.000	0.002	0.004	0.003	0.001
Na	0.281	0.269	0.296	0.303	0.271	0.255	0.175	0.259	0.105
K	1.581	1.504	1.546	1.542	1.599	1.609	1.604	1.650	1.729
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.008	0.011	0.009	0.010	0.006	0.010	0.009	0.015	0.005
Rb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
OH*	3.917	3.933	3.921	3.922	3.911	3.940	3.919	3.950	3.848
F	0.082	0.067	0.079	0.078	0.089	0.060	0.080	0.050	0.151
Cl	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Celk.	17.984	17.901	17.981	17.988	17.962	17.934	17.888	17.991	17.939

Vzorek	KP8	KP8	KP8	KP24	KP24	KP24
SiO ₂	46.03	46.04	46.27	46.04	46.45	44.20
	0.76	1.15	0.70	0.65	1.17	0.58
Al ₂ O ₃	36.39	36.55	36.77	36.73	36.42	35.53
FeO	1.43	1.31	1.52	1.12	1.23	3.70
MnO	0.00	0.01	0.00	0.01	0.04	0.00
MgO	0.47	0.40	0.45	0.51	0.49	0.39
CaO	0.02	0.00	0.00	0.04	0.00	0.02
Na ₂ O	0.44	0.39	0.46	0.42	0.38	0.45
K ₂ O	10.72	10.73	10.72	10.93	10.62	10.37
BaO	0.14	0.13	0.14	0.11	0.12	0.12
F	0.36	0.35	0.38	0.14	0.13	0.12
Cl	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	0.01	0.04	0.01	0.01	0.04	0.00
H ₂ O*	4.37	4.40	4.39	4.49	4.52	4.38
O=F, Cl	0.15	0.15	0.16	0.06	0.06	0.05
Celk.	100.99	101.34	101.65	101.12	101.57	99.80
Si	6.071	6.049	6.063	6.060	6.079	5.970
Al ^{iv}	1.929	1.951	1.937	1.940	1.921	2.030
Al ^{vi}	3.729	3.710	3.742	3.757	3.698	3.627
Ti	0.076	0.113	0.068	0.064	0.115	0.059
Cr	0.001	0.004	0.001	0.001	0.004	0.000
Fe	0.157	0.144	0.166	0.123	0.135	0.417
Mn	0.000	0.001	0.000	0.001	0.004	0.000
Mg	0.093	0.078	0.089	0.100	0.096	0.078
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Li*	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.002	0.000	0.000	0.005	0.000	0.002
Na	0.113	0.100	0.117	0.106	0.097	0.119
K	1.804	1.798	1.791	1.834	1.773	1.787
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.007	0.007	0.007	0.006	0.006	0.006
Rb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
OH*	3.848	3.857	3.841	3.942	3.944	3.948
F	0.151	0.143	0.159	0.057	0.055	0.052
Cl	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
Celk.	17.983	17.955	17.983	17.997	17.929	18.095

3) Mapa lokalit odběru vzorků pro petrologickou analýzu



- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> krkonošsko-jizerské krystalinikum fylity a svory metamorfované sedimenty a metavulkanity zelené břidlice prevariské leptinity a ortoruly kvarcity silicity a metasilicity (bulžňníky, lydity) mramory krkonošsko-jizerský pluton granity | <ul style="list-style-type: none"> perm (sedimenty a vulkanity) kenozoikum terciérní bazaltické vulkanity terciérní klastika křída (pískovce) kvartér — hranice geologické jednotky ----- zlom — — přesmyk ▲ násun předpokládáný |
|---|--|

4) Tabulka lokalit terénní strukturní analýzy

Profil	Č.dok. bodu	Souřadnice	Popis lokality	Hornina
P1 Hejnice	KP1	50° 53' 28.72"N 15° 10' 33.92"E	Lázně Libverda	chloriticko - sericitický fylit
P1 Hejnice	KP2	50° 53' 50.69"N 15° 10' 15.09"E	Peklo	chloriticko-sericitický kvarcitický fylit
P1 Hejnice	KP3	50° 53' 45.43"N 15° 10' 5.13"E	Peklo	fylonit až kvarcitická ortorula
P1 Hejnice	KP4	50° 53' 40.76"N 15° 10' 2.58"E	Peklo	rula až ortorula
P0 pluton	KP5	50°42'47.673"N 15°6'13,05"E	Císařský kámen	dvojslídny hrubozrnný granit
P0 pluton	KP6	50° 42' 47.67"N 15° 06' 010.31"E	okrajová facie KJPC	dvojslídny hrubozrnný granit
P0 pluton	KP7	50°42'51.258"N 15°5'25.164"E	okrajová facie KJPC	dvojslídny hrubozrnný granit
P2 Jablonec n. N.	KP8	50°42'28.134"N 15°9'51.378"E	rulová skalka Vyhlídka	kontaktně metamorfovaná rula
P2 Jablonec n. N.	KP9	50° 42' 16.89"N 15° 09' 040.27"E	nad meandr. silnice pod Dobrou Vodou	
P2 Jablonec n. N.	KP10	50° 42' 7.14"N 15° 09' 00.17"E	u křižovatky pod Dobrou vodou	kontaktní břidlice s cordieritem
P4 Mýto	KP11	50°45'37.070"N 15°24'19.968"E	Mýto - levý břeh	Ms-Bt kontaktní fylit
P4 Mýto	KP12	50°45'38.557"N 15°24'35.499"E	Mýto - levý břeh	kvarcitický kontaktní fylit
P4 Mýto	KP13	50°45'42.987"N 15°24'48.987"E	Mýto - levý břeh	kvarcitický kontaktní fylit
P4 Mýto	KP14	50°45'41.189"N 15°24'57.625"E	Mýto - levý břeh	kvarcitický fylit
P4 Mýto	KP15	50°45'27.384"N 15°25'20.254"E	Mýto - levý břeh	Ms-Bt fylit
P4 Mýto	KP16	50°45'31.808"N 15°25'0.937"E	Mýto - levý břeh	kvarcitický fylit
P4 Mýto	KP17	50°45'33.420"N 15°24'11.442"E	Mýto - levý břeh, kontakt 331/81	kontaktní rohovec
P5 Špindlerův M.	KP18	50° 44' 36.77"N 15° 36' 10.79"E	pravý břeh profil blízko kontaktu	biotitický rohovec až břidlice
P5 Špindlerův M.	KP19	50° 44' 15.52"N 15° 36' 21.6"E	pravý břeh	kontaktní rohovec /vápenato-silikátová hornina
P5 Špindlerův M.	KP20	50° 44' 9.74"N 15° 36' 23.53"E	pravý břeh - nad cestou u jezu	kontaktní břidlice

P5 Špindlerův M.	KP21	50° 44' 5.18"N 15° 36' 25.12"E	Labe	muskovitický kontaktní rohovec až břidlice
P4 Mýto	KP22	50° 45' 29.82"N 15° 24' 4.23"E	Mýto - pravý břeh 10 m od kontaktu	kvarcit
P4 Mýto	KP23	50° 45' 28.68"N 15° 24' 7.45"E	pravý břeh	břidlice
P4 Mýto	KP24	50°45'27.201"N 15°24'10.773"E	pravý břeh	muskovitická kontaktní břidlice
P4 Mýto	KP25	50°45'27.122"N 15°24'17.119"E	Mýto - pod řopíkem	břidlice
P4 Mýto	KP26	50° 45' 26.19"N 15° 24' 20.76"E	pravý břeh	biotitická břidlice
P4 Mýto	KP27	50° 45' 16.03"N 15° 24' 17.21"E	pravý břeh	Ms-Bt kontaktní břidlice
P4 Mýto	KP28	50° 44' 53.67"N 15° 24' 8.29"E	u Klokotivého potoka	Ms-Bt fylit
P3 Velké Hamry	KP29	50° 43' 49.97"N 15° 18' 54.87"E	Popelnice - bukový les	muskovitická kontaktní břidlice s cordieritem
P3 Velké Hamry	KP30	50° 43' 36.05"N 15° 18' 56.84"E	nad Hamry	kontaktní břidlice/amfibolit
P4 Mýto	KP31	50°45'31.896"N 15°24'4.164"E	Mýto - pravý břeh nedaleko kontaktu	kontaktní břidlice
P4 Mýto	KP32	50°45'31.576"N 15°24'5.695"E	pravý břeh	Myto - pravý břeh, břidlice
P4 Mýto	KP33	50°45'29.136"N 15°24'6.331"E	pravý břeh	Mýto - pravý břeh, břidlice
P4 Mýto	KP34	50° 45' 25.23"N 15° 24' 9.94"E	pravý břeh - skála ve svahu	kvarcit
P4 Mýto	KP35	50° 45' 19.64"N 15° 24' 20.57"E	pravý břeh	břidlice
P4 Mýto	KP36	50° 45' 17.46"N 15° 24' 18.58"E	pravý břeh	břidlice
P4 Mýto	KP37	50° 45' 13.93"N 15° 24' 17.55"E	pravý břeh	kvarcit
P5 Špindlerův M.	KP38	50° 44' 18.83"N 15° 36' 39.36"E	levý břeh	břidlice
P3 Velké Hamry	KP39	50° 43' 38.37"N 15° 19' 16.5"E	pod Cimrmanem	pararula
P3 Velké Hamry	KP40	N50° 43' 46.98" 15° 19' 15.67"E	pod Cimrmanem	pararula

*zkratky: Ms - muskovitický/á, Bt - biotitický/á, Crd – cordierit, č. Doku. Bodu – číslo dokumentačního bodu

5) Tabulky s daty terénní strukturní analýzy

Tab. 9. Tabulka s naměřenými hodnotami kliváže, foliace a lineací v metamorfovaných horninách KJK.

Č. doku. bodu	Metamorfované horniny					
	Kliváž		Metamorfní foliace		Protažení lineací	
	směr sklonu	sklon	směr sklonu	sklon	směr sklonu	sklon
KP1	68	78	336	31	282	8
			292	37		
KP2	22	62	316	31		
			345	76		
			322	42		
			352	81		
			352	72		
			346	81	252	39
KP3			311	61	252	45
KP4			252	56	252	32
KP8			22	21		
			221	20		
			322	17		
			328	22		
			182	56		
KP9	29	79	252	27		
	192	82	72	11		
KP10	11	85	8	38		
			172	65		
KP11	345	70	2	10		
			172	12		
			25	85		
			182	16		
			162	16		
			22	84		
			2	10		
KP12			132	12		
KP13			12	12		
KP14			156	17		
			192	20		
			32	82		
KP15			161	19	292	15
			40	82		
KP16			122	12		

Č. doku. bodu	Metamorfované horniny					
	směr sklonu	sklon	směr sklonu	sklon	směr sklonu	sklon
			Metamorfní foliace		Protažení lineací	
	Kliváž					
KP16			148	13		
			111	15		
			162	22		
KP17			42	72		
			12	61		
			302	72		
			127	21		
	322	72				
KP19			178	20		
KP20	186	65	200	55		
			186	42		
			232	17		
			92	16		
			191	32		
			174	80		
			12	62		
			172	76		
KP21			180	70		
			188	60		
KP22			162	57		
			232	30		
			236	28		
KP23			252	30		
			172	29		
KP24			201	29		
			262	20		
			252	62		
KP25			272	22		
KP26						
			267	27		
			172	19		
KP27			141	21		
	342	81	161	60		
			42	17		
KP28			144	17		
KP29			292	39		
	122	60				
KP30			147	15	92	12
	339	82	112	25	84	15
	163	83				

Č. doku. bodu	Metamorfované horniny					
	Kliváž		Metamorfní foliace		Protažení lineací	
	směr sklonu	sklon	směr sklonu	sklon	směr sklonu	sklon
KP30	339	74				
KP31			205	18		
			290	30		
KP32			30	27		
KP33			340	27		
			190	26		
KP34			215	15		
			220	22		
			225	22		
			240	20		
			284	7		
			139	16		
			154	37		
KP35			114	35		
			272	35		
KP36			80	30		
KP37			180	20		
			180	29		
			170	35		
			75	20		
KP38			200	46		
			197	50		
KP39			190	25		
			158	19		
			172	25		
KP40			190	25		
			178	40		
			212	14		
			228	15		
			340	25		

Tab. 10. Tabulka s naměřenými strukturálními hodnotami vyjadřujícími osy a osní roviny vrás v horninách KJK.

Číslo doku. bodu	Vrásy - metamorfované horniny					
		Typ vrásky	Vrásová osa		Osí rovina	
			směr sklonu	sklon	směr sklonu	sklon
KP1	vrása	274	22			
KP2	vrása	320	40			
KP8	krenulace	145	15	211	80	
KP9				29	79	
	krenulace	252	14			
KP10		72	12			
KP11	S2	121	8			
KP15		151	21	341	73	
KP27	krenulace	61	14			

Tab. 11. Strukturální měření zlomů a lunací na zlomech v horninách KJK a KJPK a magmatických foliací v horninách KJPK.

Číslo d. b.	Metaforika a pluton						Pluton	
	Zlom	sklon	Lineace na zlomu	sklon	Pukliny	sklon	Magmatická foliace	sklon
			směr sklonu		směr sklonu			
KP1	82	81	342	12				
	76	95	351	4				
KP5					120	54	46	76
					38	68		
KP6	138	82	221	41	32	86	58	68
					305	81		
KP7					41	66		
					42	72		
					35	76		
					338	76		
KP8					301	74		
					82	96		
KP11	152	72	205	62	116	76		
					225	82		

Číslo d. b.	Metamorfi -ka a pluton						Pluton	
	Zlom		Lineace na zlomu		Pukliny		Magmatická foliace	
	směr sklonu	sklon	směr sklonu	sklon	směr sklonu	sklon	směr sklonu	sklon
KP12					252	82		
					342	70		
KP14					105	75		
					111	84		
KP16					16	62		
					112	71		
KP17					295	82		
					12	76		
KP20	287	73	191	12	305	67		
	291	72	205	12	12	83		
					286	68		
KP22					305	89		
					116	83		
KP24					256	80		
KP26					296	76		
					22	76		
KP31					300	83		
					40	250		
KP32					300	89		
					300	80		
KP33					320	60		
					286	73		
KP34					325	75		
					54	85		
KP37					300	85		
					45	80		
KP38					60	65		
					35	85		