ISSN 1211–8796

Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.
XCIX (2014): 2, 49–71, 2014

MINERÁLY DUTIN JEDNODUCHÝCH PEGMATITŮ A JE DOPROVÁZEJÍCÍCH MUSKOVITOVÝCH ŽIL STRÁŽECKÉHO MOLDANUBIKA, ČESKÁ REPUBLIKA

POCKET MINERALS FROM SIMPLE PEGMATITES AND ASSOCIATED MUSCOVITE VEINS OF THE STRÁŽEK MOLDANUBICUM (BOHEMIAN MASSIF, CZECH REPUBLIC)

PETR GADAS, VLADIMÍR HRAZDIL, MILAN NOVÁK & STANISLAV HOUZAR

Abstract

Gadas, P., Hrazdil, V., Novák, M., Houzar, S. (2014): Minerály dutin jednoduchých pegmatitů a je doprovázejících muskovitových žil strážeckého moldanubika, Česká republika – Acta Musei Moraviae, Sci. geol., 99, 2, 49–71.

Pocket minerals from simple pegmatites and associated muscovite veins of Strážek Moldanubicum (Bohemian Massif, Czech Republic)

Simple anatectic pegmatites with common pockets lined with crystals of smoky quartz, K-feldspar, albite, muscovite, zoned black tourmaline (schorl, oxy-schorl, foitite, dravite, magnesio-foitite) and common to rare accessory minerals - fluorapatite, garnet, cordierite to sekaninaite, TiO_2 phases (anatase, brookite, rutile), and cassiterite are common in the Strážek Moldanubicum but rather rare in other regions of the Moldanubian Zone, Bohemian Massif. Quartz, albite, muscovite, and tourmaline are present in several distinct morphological and paragenetic types. Spatially associated and genetically related muscovite veins are characterized by abundant muscovite, common quartz and tourmaline, feldspars (mainly K-feldspar) are rare. These simple pegmatites represent very specific type of anatectic (abyssal) pegmatites with common pockets, which are typically absent in such pegmatites worldwide.

Key words: pocket, anatectic pegmatite, muscovite vein, tourmaline, smoky quartz, Strážek Moldanubicum, Czech Republic.

Petr Gadas, Department of Geological Sciences, Masaryk University, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Czech Republic. e-mail: pgadas@centrum.cz

Vladimír Hrazdil, Department of Mineralogy and Petrography, Moravian Museum, Zelný trh 6, 659 37 Brno, Czech Republic. e-mail: vhrazdil@mzm.cz.

Milan Novák, Department of Geological Sciences, Masaryk University, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Czech Republic. e-mail: mnovak@sci.muni.cz

Stanislav Houzar, Department of Mineralogy and Petrography, Moravian Museum, Zelný trh 6, 659 37 Brno, Czech Republic. e-mail: shouzar@mzm.cz.

1. ÚVOD

Již dlouhou dobu jsou mezi našimi sběrateli minerálů známé nálezy estetických ukázek různě zbarvených odrůd křemene, krystalů K-živců, albitu, muskovitu, nádherných, černě zbarvených krystalů turmalínu a vzácně i krystalů apatitu, granátu a dalších, spíše akcesorických minerálů. Pocházejí z dutinových pegmatitů a je doprovázejících tzv. muskovitových žil, vyskytujících se na Českomoravské vrchovině. Tyto výskyty jsou soustře-

děny především do oblasti strážeckého moldanubika při východním okraji Českého masívu a to zejména do jeho centrální až jihovýchodní části. Z mineralogicko-petrologického hlediska jde o velmi málo prozkoumané horniny. S výjimkou morfologického popisu některých typických minerálů a stanovení chemického složení turmalínů je velmi málo známo o jejich genezi, přestože jde o horniny, které mohou významně přispět k poznání geologického vývoje této oblasti. Předložená studie zahrnuje přehled dosavadních výzkumů a je zaměřena na charakteristiku krystalovaných minerálů, vázaných na dutiny obou typů hornin.

2. GEOLOGICKÁ SITUACE

Horninovou náplň strážeckého moldanubika tvoří zejména silně metamorfované horniny vyšší amfibolitové až granulitové facie. Jedná se zejména o biotitické, biotit-sillimanitické až amfibol-biotitické ruly, obvykle silně migmatitizované, s vložkami leukokratních rul a amfibolitů. V centru oblasti se vyskytují kyanit-biotitické ruly, na jihu borský granulitový masiv a serpentinizované spinelové i granátické peridotity (gföhlská jednotka moldanubika). Při okrajích oblasti, na západě omezené přibyslavským zlomovým pásmem, na jihu melasyenity třebíčského plutonu, na východě moldanubickým nasunutím a na severu komplexem svrateckého krystalinika, vystupují četné amfibolity s malými tělesy dolomitických mramorů.

Rulami, migmatity a méně i granulity, hlavně v centrální části strážeckého moldanubika, pronikají četné, většinou drobné žíly jednoduchých i komplexních pegmatitů variského stáří (Staněk 1981, Novák 2005, Novák a Cempírek 2010, Melleton *et al.* 2012, Gadas *et al.* 2012, 2014a, b, Novák *et al.* 2013, Breiter *et al.* 2014). Vedle pegmatitů, víceméně snadno zařaditelných do současných klasifikací (např. Černý 1991), jako jsou např. lepidolitové pegmatity, se v oblasti strážeckého moldanubika vyskytují i exotické primitivní pegmatity, které Novák (2005) označil podle charakteristického minerálu jako záhnědové. Jde o dutinové pegmatity, které na rozdíl od známého miarolového typu nejeví bližší vztah k magmatickým horninám. S těmito horninami jsou místy úzce spjaté také tzv. muskovitové žíly (Gadas *et al.* 2012).

3. STRUČNÝ NÁSTIN VÝZKUMŮ DUTINOVÝCH PEGMATITŮ A MUSKOVITOVÝCH ŽIL VE STRÁŽECKÉM MOLDANUBIKU

První zprávy o nálezech krystalovaných minerálů v oblasti pochází již z konce 18. století. Tehdejší sběry a popisy byly doménou vzdělaných místních šlechticů či učených mnichů. Jedním z nich byl abbé Estner, který v roce 1795 popisuje nálezy pěkných „smolně zbarvených“ kamenů (turmalínů) v okolí Žďárského kláštera (Estner 1797). Počátkem 19. století byla řada lokalit a minerálů z dutinových pegmatitů objevena a stručně popsána Hruschkou (1826) a Kolenatim (1854), později např. Dvorským (1898) a Uličným (1902). Přehled lokalit, popis minerálů a zejména výsledky precizních krystalografických měření dokonalých krystalů turmalínu, živců, apatitu a dalších minerálů z Bobrůvky, Cyrilova, Dolní Libochové a z dalších lokalit uveřejnili např. Slavík (1901, 1903, 1904), Ulrich (1922, 1923), Milata (1936) a zejména Sekanina (1928), který rovněž shrnul veškerou starší literaturu.

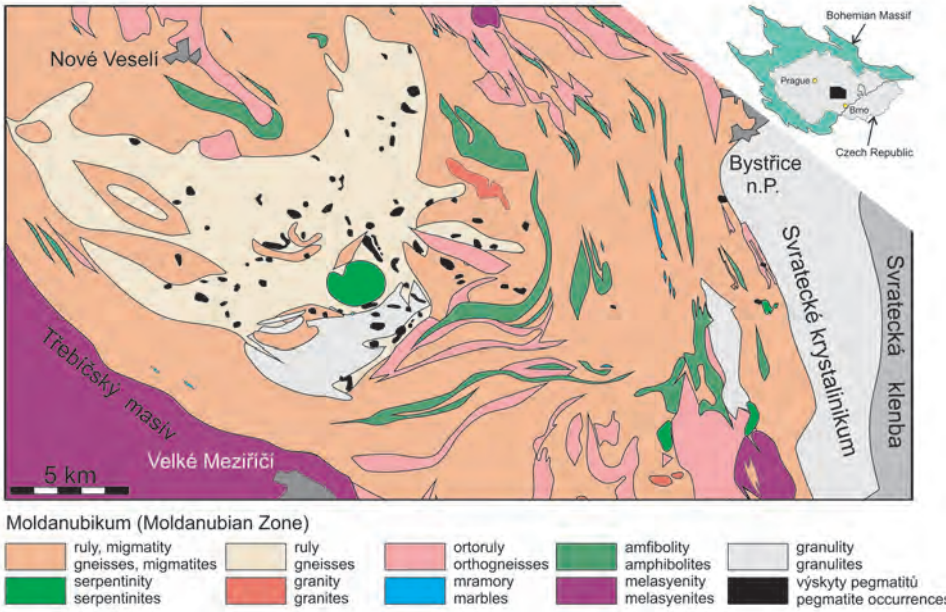
Petrografii a zvláště drobnou tektoniku pegmatitů u Bobrůvky popsali Hájek a Staňková (1970). První detailnější charakteristiku dutinových pegmatitů a jejich minerálů uveřejnil Staněk (1983, 1986), ilmenit z těchto pegmatitů popsali Novák a Jilemnická (1988), složení turmalínu Povondra (1981) a Novák *et al.* (2004). Zásadní a nemalý podíl na objevu mnoha nových lokalit a unikátních ukázek zdejších minerálů mají četní sběratelé minerálů. Řada jednotlivých pegmatitových lokalit v této oblasti, včetně další literatury, je zachycena v topografických mineralogiích Moravy, na něž případné zájemce

odkazujeme (BURKART 1953, KRUŤA 1966). Přehled záhnědových pegmatitů a zhodnocení minerálů dutin z gemologického hlediska publikovali MRÁZEK a REJL (1991, 2010).

Podrobnější petrogenetický výzkum těchto hornin však zůstával po dlouhou dobu poněkud ve stínu výzkumu známých lithných pegmatitů, vyskytujících se ve stejné oblasti, např. Rožná, Dobrá Voda, Laštovičky, Řečice, Věžná (STANĚK 1981, NOVÁK 2005).

V posledních desetiletích se výzkumu dutinových pegmatitů na západní Moravě věnovali z vědeckého hlediska podrobněji NĚMEC (1992), NOVÁK (2005) a GADAS *et al.* (2012). Sběratelé minerálů výsledky svých nálezů publikovali jen výjimečně (např. MÁTL 1993, BĚLUŠA 1999, KECLÍK 2002, KYNICKÝ a KYNICKÝ 2002, GADAS a TALLA 2003, ŠÍN a ŠÍNOVÁ 2003). Genetickými otázkami západomoravských dutinových pegmatitů se zabýval NĚMEC (1992). V dutinových pegmatitech se skorylem předpokládá dva typy dutin. První vznikly při oddělení fluid od taveniny, druhé mají původ ve vyluhování. Popsal zjednodušenou sukcesi krystalizace dutinových minerálů, vzniklých za T < 400 °C: K-živec (ortoklas i mikroklin) → albit → křemen (3 generace) → muskovit – skoryl a předpokládá postupný růst acidity fluid. Pegmatity řadí k typu vzácných prvků (ČERNÝ 1991), nikoliv k pegmatitům miarolovým. STANĚK (2009) v případě dutinového pegmatitu z Cyrilova upozorňuje na možnost explozívního úniku fluid při jejich genezi a to na základě rozlámaných až tříštěných krystalů turmalínu a záhněd.

V poslední době studovali fluidní systémy v záhnědách z dutinových pegmatitů na dvou lokalitách od Krásněvsi FIŠEROVÁ a DOLNÍČEK (2014). Ukazuje se komplikované vícefázové složení těchto fluid s dominujícími H_2O a CO_2, s podílem NaCl, N_2 a NH_4, $FeCl_2$ a $MgCl_2$. Na vzniku záhnědových pegmatitů se podílelo více typů fluid, starší vysokoteplotní nízkosalinní, s homogenizační teplotou Th 241–364 °C a mladší nízkoteplotní (Th = 118–171 °C). Na druhé lokalitě se mísily 2 typy středně salinních fluid s Th = 163–374 °C a Th = 89–194 °C. Složení fluid se podobá složení fluid z tamních křišťálů, pocházejících z deluviofluviálních sedimentů (HALAVÍNOVÁ a PŘICHYSTAL 2008).



Obr. 1. Geologická mapa centrální a jihovýchodní části strážeckého moldanubika s vyznačením pozic nejvýznamnějších lokalit dutinových pegmatitů.

Fig. 1. Geological map of the central and southeastern parts of Strážek Moldanubicum showing the position of the most important localities of the pocket pegmatites.

Nově studovali stopové prvky v křemeni z pegmatitu poblíž Znětínku Breiter *et al.* (2014). Obsahy prvků, např. Al, Ti, Li, Ge, B, Rb, Sn, Mn, a Fe z křemene v grafické a blokové jednotce jsou srovnatelné s beryl-columbitovým pegmatitem z Věžné a lepidolitovým pegmatitem z Rožné, i když ve většině případů jsou nižší s výjimkou Ti. Křemeny (záhnědy) z dutin, jak primární tak především křemen vznikající rozpadem K-živce, mají obsahy všech prvků výrazně nižší.

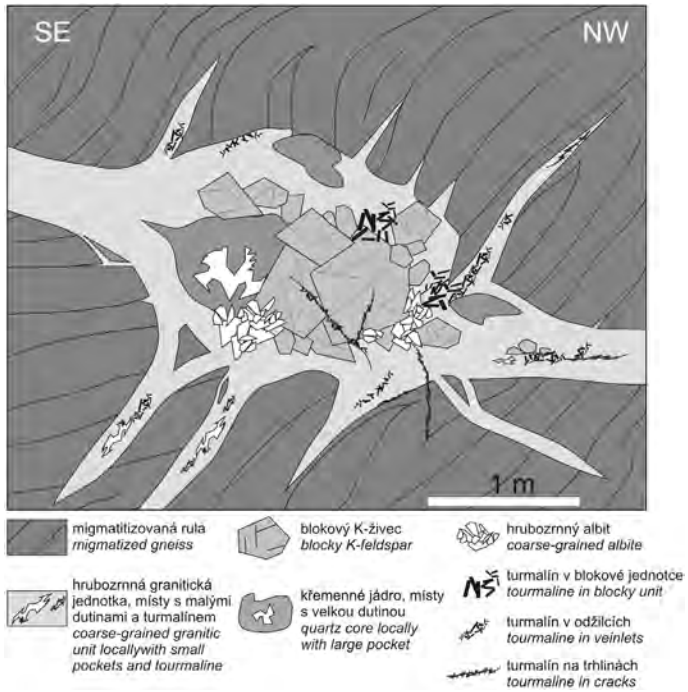
4. CHARAKTERISTIKA DUTINOVÝCH PEGMATITŮ V OBLASTI

Z uvedené oblasti o rozloze zhruba 250 km^2 (obr. 1) jsou známy stovky drobných žil jednoduchých pegmatitů a méně často tzv. muskovitových žil, soustředěných do větších či menších rojů a skupin s nejznámějšími výskyty u obcí Bobrůvka s nedalekým vrchem Houperk (Ouperek), Bobrová, Bohdalov, Bory, Cyrilov, Hodíškov, Krásněves, Meziboří, Radostín, Rousměrov, Řečice, Suky, Strážek, Vídeň, Záseka a Znětínek. Izolované lokality existují i mimo tuto oblast (např. Lhotka u Tasova, Rožná, Věžná, Hlinné u Nového Města). Celá oblast je do značné míry zalesněna, z velké části tvořena zemědělskou půdou a zčásti zatravněna. Nacházejí se zde pouze dva činné kamenolomy a několik malých kamenolomů opuštěných. Vzhledem k nedostatku vhodných odkryvů nelze až na výjimky říci nic bližšího o konkrétní povaze přímých kontaktů pegmatitů a muskovitových žil s okolními metamorfovanými horninami. Sběratele minerálů geologická pozice žil vesměs nezajímá a přes stovky provedených umělých odkryvů tak zůstáváme o tyto geneticky důležité informace zcela ochuzeni.

Na výjimečné lokalitě *Věžná V* je ve výchozu patrný vztah pegmatitové žíly popisovaného typu k okolním migmatitizovaným biotitickým rulám. Je zde zastižen pegmatit asi 1,5 m mocný o délce 6 metrů, s jasně intruzivním a ostrým kontaktem a diskordantním průběhem vůči okolnímu migmatitu, z něhož vybíhají četné, konkordantní odžilky, mocné do 15 cm a uzavírající četné xenolity, místy s neostrým kontaktem vůči okolnímu migmatitu (obr. 2, Gadas *et al.* 2014a). Obsahuje běžně drobné dutiny s křemenem, živci a turmalínem. I v samotném migmatitu jsou hojné drobné pegmatoidní polohy (obr. 3), často s turmalínem.

Nejvýznamnější, nejznámější a zdaleka největší jsou v této oblasti pegmatitové žíly u Dolních Borů (Hatě), které dosahují několika set metrové délky a mocnosti až 30 m. Do 70. let minulého století byly hlubinně těženy jako živcová surovina a dnes je odtud známo přes 90 minerálů (Staněk 2009). Žíly v Hatích, ač některé s významnými dutinami, jsou však typově i geneticky poněkud odlišné od menších pegmatitových těles popisovaných v tomto článku. Lokalita by sama o sobě zasluhovala samostatný příspěvek, proto není dále podrobněji charakterizována.

Zonální a většinou konkordantní žíly **dutinových pegmatitů**, někdy s nepravidelným průběhem (obr. 4), s ostrým i neostrým kontaktem s okolní horninou a o mocnostech většinou v prvních decimetrech, výjimečně více, mají velmi jednoduchý minerální vývoj. Od okraje tvořeného granitickou jednotkou (plagioklas + křemen + K-živec ± biotit ± muskovit) přecházejí přes písmenkovou jednotku (K-živec + křemen ± biotit nebo muskovit) do jednotky blokové (K-živec + křemen ± muskovit ± albit ± turmalín ± andalusit ± cordierit). Často je přítomno větší či menší křemenné jádro (křemen ± turmalín). Akcesorické minerály jsou v pegmatitech zastoupeny dumortieritem, granátem almandin-spessartinového složení, pyritem, ilmenitem, rutilem (Němec 1992), monazitem-(Ce), xenotimem-(Y) a některými dalšími minerály (Novák 2005, Gadas *et al.* 2012). V křemenném jádru, v blokové jednotce, popřípadě na jejich hranici se vyskytují typické dutiny o objemu několika desítek dm^3, ojediněle i více. Často protáhlé kaverny mohou mít asymetricky vyvinutou výplň, kdy na jedné straně vyrůstají do prostoru dokonale vyvinuté krystaly křemene (záhněda, citrín, křišťál) v asociaci s albitem. Na druhé straně dutiny lze nalézt krystaly K-živce čas-

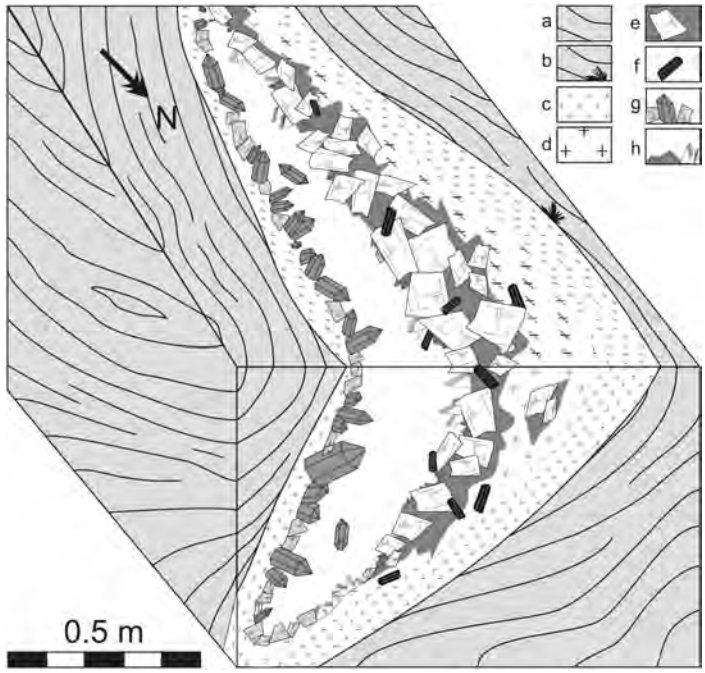


Obr. 2. Idealizované schéma výchozu dutinového pegmatitu Věžná V s vyznačením vztahu k okolním migmatitizovaným rulám (Gadas *et al.* 2014a).

Fig. 2. Idealized sketch of the outcrop of the pocket pegmatite Věžná V showing the relationship to the host migmatized gneisses (Gadas *et al.* 2014a).

Obr. 3. Naleštěný vzorek zachycující kontakt pegmatitu a okolních migmatitizovaných rul z lokality Věžná V. V pravé části zřetelný difúzní kontakt, šipka vyznačuje pegmatoidní žilku s turmalínem v migmatitu, velikost vzorku je 23 × 15 cm.

Fig. 3. Polished sample showing the contact of pegmatite and the host migmatized gneisses from Věžná V outcrop. Diffuse contact on the right side is obvious, pegmatoid veinlet in the migmatite is marked by the arrow, size 23 × 15 cm.



Obr. 4. Idealizovaný blokdiagram dutinového pegmatitu ve Znětínku (GADAS *et al.* 2012). a) migmatitizovaná biotit-sillimanitová rula, b) turmalíny na kontaktu, c) středně až hrubozrnná granitická jednotka d) písmenková jednotka, e) blokový K-živec s masivním křemenem, f) turmalín (černý), g) velké krystaly záhněd (křemen I) + albit I, h) křemen II + albit II + muskovit II.

Fig. 4. Idealized block-diagram of the pocked pegmatite from Znětínek (GADAS *et al.* 2012). a) host migmatized biotite-sillimanite gneiss, b) tourmaline on the contact, c) medium- to coarse-grained granitic unit, d) graphic unit, e) blocky K-feldspar with massive quartz (grey), f) tourmaline (black), g) large crystals of smoky quartz I + albite I, h) quartz II + albite II + muscovite II.

to korodované a na ně narůstající albit, muskovit, bezbarvý nebo našedlý, hypoparalelně vyvinutý křemen a turmalín. Akcesoricky se v dutinách objevuje apatit a zcela ojediněle granát, brookit, anatas, rutil, kasiterit a mikroskopický „wolframoixiolit". Prostor dutiny je pak vyplněn nejčastěji načervenalým nebo šedavým jílem spolu s drobně lupenitým muskovitem.

Dutina většinou nebývá zachována v původním tvaru a vývoji, bývá „zborcená", minerální výplň nepravidelně promíchána, fragmentována a nezřídka vlivem zvětrávání a dalších půdotvorných procesů nacházíme již jen izolované krystaly a jejich úlomky nepravidelně rozmístěné ve zvětralém pegmatitu nebo jeho okolí. Zaoblené krystaly křemene, pocházející z dutinových pegmatitů (záhněda, citrín), příp. z dalších zdrojů (křišťál), jsou typickou součástí deluviofluviálních sedimentů v celé zájmové oblasti (STANĚK a PLCH 1981, MRÁZEK a REJL 1991).

Uvedené pegmatity mohou přecházet do primitivních andalusitových pegmatitů (Mysliboř, Slavonicko), v nichž se občas vyskytují dutiny se záhnědou, živci a muskovitem, bývají však chudé turmalínem (NOVÁK 2005).

Poněkud odlišným typem výskytu dutinových minerálů jsou výplně drobných trhlin a poruch v uvedených metamorfitech, jež označujeme pro svůj převládající minerální obsah jako **muskovitové žíly**. Tyto „kapsy" jsou často v blízké prostorové asociaci s výše popsanými pegmatity a v několika případech byly nalezeny přímo v nich. Mají malé mocnosti od

několika cm do maximálně 10 cm a na jejich výplni se podílí zejména porézní muskovit, často promíchaný s větším či menším množstvím šedavého nebo červenavého jílu. Tím se výplň muskovitových žil často velmi podobá nejmladší výplni dutin v pegmatitech. V asociaci s muskovitem se někdy objevuje albit a turmalín, déle křemen ve formě světlé záhnědy až křišťálu, spíše ojedinělý je světle zelený apatit a K-živec. Ojediněle byly nalezeny i drobné dutiny či trhliny tohoto typu obsahující v podstatě pouze turmalín vedle malého množství křemene.

V současnosti není z genetického pohledu jasně vymezená hranice mezi popisovanými dutinovými (záhnědovými) pegmatity, včetně muskovitových žil, a mineralizacemi s asociací záhněda + muskovit + albit ± turmalín na puklinách rul pronikaných primitivními (anatektickými?) pegmatity, např. na Jihlavsku nebo Moravskobudějovicku; avšak poslední mineralizace většinou postrádá na okrajích pegmatoidní křemen-živcové (± muskovit) lemy.

5. PŘEHLED MINERÁLŮ DUTIN

Křemen – je nejhojnějším minerálem dutin v pegmatitech, v muskovitových žilách je naopak zastoupen podřadně. V pegmatitech bývá vyvinut ve třech, příp. čtyřech odlišných morfologických a zřejmě i genetických typech (Staněk 1986, Němec 1992), které se vyskytují jak samostatně, tak společně i v rámci jedné dutiny.

(1) Prvním typem jsou krátce až dlouze sloupcovité krystaly s výrazně vyvinutými prizmaty zakončené obvykle pouze oběma základními romboedry, méně často se objevují i plochy trapezoedrů. Běžným jevem jsou kónické krystaly, někdy až s potlačením vývoje romboedrů, jindy s vysokými romboedry; krystaly pak mají až obeliskový tvar (Němec 1992). Sloupcovité krystaly křemene narůstají šikmo nebo kolmo k podložkám tvořenými živci (obr. 5), ale běžné jsou i zcela volné krystaly, často oboustranně ukončené.

Krystalové plochy mohou být výrazně lesklé nebo až matné, plochy prizmat bývají téměř vždy výrazně příčně rýhované, zatímco na plochách romboedrů lze někdy pozorovat přírodní lepty. Velmi častým jevem u krystalů prvního typu je „dohojování“ v případě odlomených nebo jinak porušených ploch. Krystaly křemene nejčastěji dosahují velikosti od

Obr. 5. Krystaly záhnědy I s K-živcem, Bobrová, (velikost vzorku 25 × 15 10 cm), foto V. Hrazdil.
Fig. 5. Crystals of smoky quartz I with K-feldspar, Bobrová (size 25 × 15 × 10 cm), photo V. Hrazdil.

Obr. 6. Krystaly záhnědy I s albitem a muskovitem, Krásněves (velikost vzorku 25 × 15 × 20 cm), foto V. Hrazdil.
Fig. 6. Crystals of smoky quartz I with albite and muscovite, Krásněves (size 25 × 15 × 20 cm) photo V. Hrazdil.

prvních cm do 20 cm, ale byly nalezeny i jedinci o velikosti kolem 70 cm; největší známý krystal, avšak nízké kvality, pochází z Bohdalova.

Barva křemene prvního typu bývá v různých odstínech hnědé (***záhněda***), obr. 5, 6. Byly nalezeny jak krystaly hnědošedé, hnědočervené nebo zlatohnědé, tak i krystaly černé (***morion***). Běžné jsou i barevné přechody v rámci jednoho krystalu. V rámci jedné dutiny se mohou objevit krystaly různých barevných odstínů. Vzácnější jsou pak krystaly světlých odstínů a to jak ***citríny*** zlatavých barev (Gadas a Talla 2003), tak především zcela bezbarvý ***křišťál***.

Míra průhlednosti se může u krystalů prvního typu velmi lišit vlivem přítomnosti prasklin a poruch nebo různých „nečistot" tvořených zónami s fluidními inkluzemi. Z gemologického hlediska jsou nejvíce ceněny krystaly zcela průhledné, které mohou být jak velmi tmavé až černohnědé nebo barvy citrínu až křišťálu. Z tohoto materiálu vzniklo velké množství fasetových brusů (obr. 7), některé s unikátní velikostí či barvou (Mrázek a Rejl 1991, 2010). Nejsou výjimkou fasetové brusy o hmotnosti přes 400 karátů. Za zmínku taktéž stojí muglované brusy, například ty o hmotnosti 3500 a 2500 karátů uložené ve sbírkách Národního muzea v Praze nebo muglovaný brus tvaru vejce o rozměrech 74 × 65 × 50 mm (1593,5 karátu, sbírka Moravského zemského muzea Brno), které pocházejí ze záhnědové suroviny nalezené v dutině pegmatitu u Zahradiště.

Velmi kvalitní šperkařská surovina pochází také se sběrů v deluviofluviálních sedimentech, kde byly nalezeny ohlazené kusy světlých záhněd, citrínů a křišťálů o hmotnostech až několik kg (obr. 8), pocházející z dutin dnes již neexistujících (oderodovaných) dutinových pegmatitů (Mrázek 1977, Staněk a Plch 1981, Halavínová a Přichystal 2008).

(2) Druhým, neméně přitažlivým typem křemene jsou tzv. hypoparalelní srůsty křemenných krystalů (obr. 9). Jde o mladší generaci křemene, kdy jsou buď stěny dutin v kře-

Obr. 7. Fasetové brusy – záhněda, Zahradiště, vlevo 50,5 karátů, vpravo 48,5 karátů, foto K. Jursa.
Fig. 7. Cuts of smoky quartz, Zahradiště, left – 50.5 ct, right – 48.5 ct, photo K. Jursa.

menném jádru nebo starší krystaly křemene prvního typu porůstány a obrůstány touto mladší generací. Prizmatické plochy jsou u těchto krystalů křemene silně potlačeny a převládají plochy romboedru. V tomto případě často dochází k orientovanému hypoparalelnímu srůstu několika jedinců. Byly také nalezeny i velmi excentrické srůsty, kostrovité krystaly nebo vzácně tzv. žezlové křemeny. Velikost takových srůstů bývá obdobná jako u krystalů prvního typu, nicméně největší známé ukázky nedosahují tak velkých rozměrů (např. hypoparalelní srůst kouřových záhněd z lokality Obyčtov u Ostrova nad Oslavou o velikosti 25 × 16 × 12 cm a váze 6 kg). Krystaly tohoto typu bývají často skelně lesklé a prizmatům obvykle schází příčné rýhování. Odlišná je u křemene druhého typu i barva. Bývá označována nejčastěji jako kouřová, čili v rámci jednoho krystalu dochází k nepravidelnému vybarvení a přítomnosti různě intenzivně šedě až černě zbarvených zón. Křemen z muskovitových žil má nejčastěji formu drobných (do několika cm velkých) a světle zbarvených záhněd, křišťálu nebo šedavého křemene, někdy s kostrovitým vývojem.

Obr. 8. Zaoblený krystal záhnědy, Rousměrov (velikost vzorku 25 × 15 × 14 cm), foto V. Hrazdil.
Fig. 8. Rounded crystal of smoky quartz, Rousměrov (size 25 × 15 × 14 cm), photo V. Hrazdil.

Obr. 9. Hypoparalelní záhněda II na blokovém křemeni, Sklené nad Oslavou (velikost vzorku 15 × 14 × 7 cm), foto V. Hrazdil.

Fig. 9. Hypoparallel smoky quartz II on blocky quartz, Sklené nad Oslavou (size 15 × 14 × 7 cm) photo V. Hrazdil.

Obr. 10. Albit na korodovaném K-živci, Bobrová, (velikost vzorku 15 × 8 × 7 cm), foto H. Houzarová.

Fig. 10. Albite on corroded K-feldspar, Bobrová, (size 15 × 8 × 7 cm), photo H. Houzarová.

(3) Dalším typem jsou často hypoparalelní srůsty záhněd složené z protažených krystalů, někdy kónického tvaru, které spolu s muskovitem narůstají na silně korodované krystaly K-živce, např. na lokalitě Znětínek. Jsou produktem rozkladu K-živce podle rovnice: 3Kfs + $2H^+$ = Ms + 6Qtz + $2K^+$ v acidním prostředí fluid (Němec 1992). Nelze ale vyloučit, že podobného původu mohou být i některé křemeny předešlého typu.

(4) Ke čtvrtému typu řadí Němec (1992) drobné jehlicovité krystaly křišťálu.

Nálezy vysoce estetických krystalů prvních dvou typů křemene jsou známy z celé zájmové oblasti. Za zmínku stojí například nález 50 cm velkého krystalu z Houperku u Bobrůvky (dnes ve sbírkách MZM v Brně), nádherné kónické až 50 cm velké tmavé záhnědy z katastru obce Radešín, nález velkého množství velkých krystalů sloupcovitých záhněd u Zahradiště, hojné kvalitní záhnědy obou typů z okolí Skleného nad Oslavou, šperkově využitelné záhnědy a citríny z okolí Rousměrova, Suků a Radostína nebo unikátní nálezy velkých drúz záhněd se živci nebo velké dutiny s více než půlmetrovými záhnědami až citríny od Řečice u Nového Města na Moravě.

Největším doposud známým monokrystalem záhnědy, avšak nízké kvality, je nález z katastru obce Bohdalov, kde byl z hloubky asi 2 m vydobyt z křemenného jádra pegmatitové žíly krystal o velikosti 60 × 70 × 42 cm a hmotnosti 204 kg. Jedná se o záhnědu pokrytou hypoparalelními nárůsty křemene, od které byly vzhledem ke zborcení dutiny ještě odděleny další dva kusy o hmotnosti 20 a 30 kg, celková hmotnost tedy původně byla asi 254 kg (Šín a Šínová 2003).

K-živec – je běžným minerálem dutinových pegmatitů, zatímco v muskovitových žilách je velmi vzácný. V písmenkových zónách žil vytváří orientované grafické srůsty s křemenem. V drúzovém vývoji dutin se většinou jedná o nejstarší minerál. V zachovaných dutinách pegmatitů může být přítomen asymetricky pouze na jedné straně dutiny, zatímco na druhé schází (obr. 2). Má podobu tlustě tabulko-

vitých až sloupcovitých krystalů o velikosti max. do 30 cm, omezených plochami (010), (100) a (001). Známé jsou karlovarské srůsty a také dvojčatění podle bavenského zákona. Typickým znakem krystalů K-živce z popisovaných pegmatitů je jejich silně nerovný až voštinový povrch, který je důsledkem mladší postmagmatické, popřípadě pozdně magmatické koroze a následný orientovaný nárůst mladšího albitu (obr. 10). Toto naleptání mladšími fluidy se projevuje ostrými zářezy podél ploch štěpnosti. Na čerstvém lomu má K-živec pleťovou až světle okrovou barvu. Na krystaly může orientovaně narůstat mladší albit, křemen, muskovit a vzácně i turmalín. Pěkné byly zejména ukázky z dutin pegmatitů z Valů u Bobrové s dokonale omezenými a zajímavě korodovanými krystaly až 10 cm velkými, porostlými drobnými záhnědami. Dokonale vyvinuté, korodované krystaly o velikosti až 30 cm jsou známy z lokality Znětínek.

Albit je, podobně jako K-živec, hojný v dutinách pegmatitů, ale je jen málo zastoupený v dutinách muskovitových žil. V dutinách pegmatitů bývá zpravidla mladší než K-živec a je přítomen ve více texturních a snad i genetických typech, které ale nebyly detailněji studovány. Tvoří samostatné, tlustě tabulkovité, světle žlutavě nebo bíle zbarvené krystaly velké až 10 cm (obr. 11), nezřídka s kostrovitým vývinem, popř. jejich komplikované agregáty. Krystalové plochy albitu jsou čerstvé, bez známek alterací, skelně lesklé nebo i matné, běžně bývají porostlé muskovitem, vzácněji černým turmalínem. Albit někdy orientovaně narůstá na krystaly K-živce. Dále tvoří polokulovité agregáty až 5 cm velké, např. na lokalitě Řečice, kde jsou na něj vzácně narostlé krystaly kasiteritu. Drobné bělavé krystalky obdobného habitu jako v pegmatitech se objevují i v muskovitových žilách. Velmi estetické a bohaté ukázky pocházejí například z pegmatitu na katastru obce Strážek, kde albit vytváří bělavé až průsvitné několikacentimetrové krystaly či jejich hypoparalelní nárůsty na K-živci spolu s granátem (almandin-spessartin), turmalínem, křemenem a muskovitem (obr. 12). Složením se blíží čistému albitu.

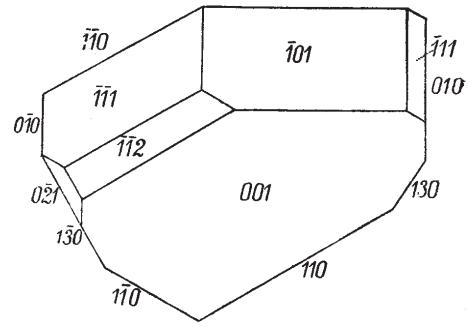


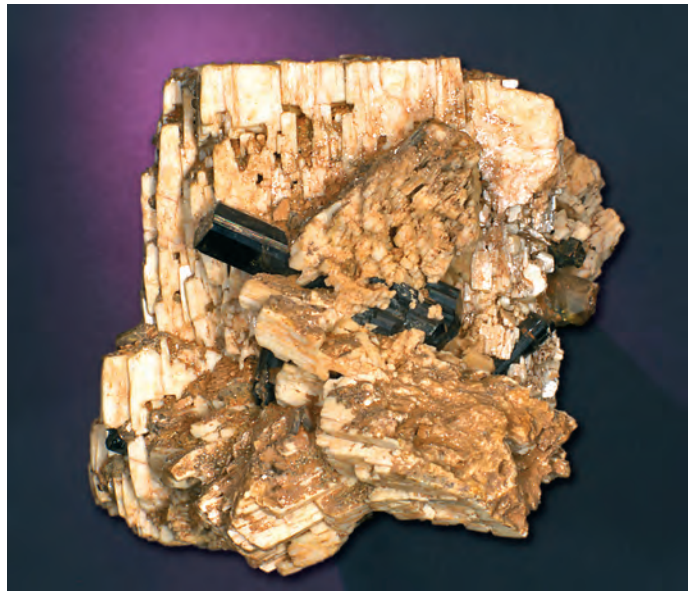
Fig. 11. Krystal albitu, Dolní Libochová (ULRICH 1923).

Fig. 11. Crystal of albite, Dolní Libochová (ULRICH 1923).

Muskovit je běžným minerálem dutinových pegmatitů, i když objemově je podřadný. Naopak v muskovitových žilách je minerálem nejvíce zastoupeným. Nepochybně náleží nejméně dvěma generacím. První generace tvoří v dutinách tence až tlustě tabulkovité krystaly a jejich drúzy narůstající na krystaly živců, křemene a turmalínu. Běžné jsou pseudohexagonální tabulky, ale vzácné nejsou ani krystaly trojúhelníkového tvaru o velikosti až 5 cm (obr. 13). Mladší muskovit II narůstá v drobně lupenitých agregátech na korodovaný K-živec (obr. 14) a bývá doprovázen křemenem III. Spolu s drobnými fragmenty živců se objevuje také jako nejmladší výplň s červenavým nebo šedavým jílem ve formě drobně lupenitých rozpadavých krystalů.

V muskovitových žilách tvoří buď masivní agregáty, někdy silně pórovité a plné dutin s drobnými krystaly v asociaci s křemenem, turmalínem, albitem a apatitem. Běžný je v nich i silně navětralý muskovit v červenavém nebo šedavém jílu, velmi podobného charakteru jako nejmladší výplň dutin v pegmatitech.

Turmalín – patří k nejvýznamnějším minerálům dutin jak pegmatitů tak i muskovitových žil. Je to prakticky jediný minerál, který nám u popisovaných pegmatitů a muskovitových žil umožňuje říci něco o původu a vývoji těchto hornin. V minulosti byl několikrát studován (SEKANINA 1928, POVONDRA 1981, GADAS *et al.* 2012). Krystaly turmalínu z obou typů výskytů mají poměrně proměnlivý habitus, nicméně lze říci, že zatímco v pegmatitech

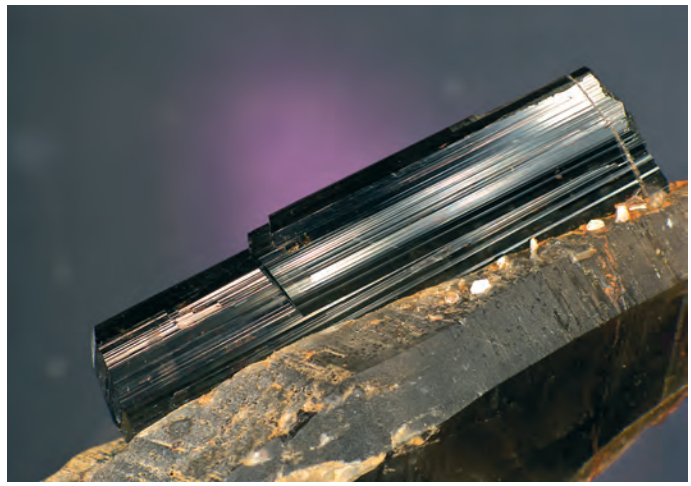


Obr. 12. Albit, turmalín, muskovit, Cyrilov, (velikost vzorku 13 × 8 × 6 cm), foto J. Sejkora.
Fig. 12. Albite, tourmaline, muscovite, Cyrilov, (size 13 × 8 × 6 cm), photo J. Sejkora.

Obr. 13. Krystalovaný muskovit I, Rousměrov, (velikost vzorku 8 × 6 × 3cm), foto V. Hrazdil.
Fig. 13. Crystals of muscovite I, Rousměrov, (size 8 × 6 × 3cm), photo V. Hrazdil.

převládá krátce až dlouze sloupcovitý vývoj a délka krystalů dosahuje až 30 cm (obr. 15), v muskovitových žilách byly nalezeny spíše krátce sloupcovité až čočkovité krystaly o průměru až 15 cm. V obou typech výskytů bývají také nacházeny drobné, velmi tence sloupcovité až jehlicovité krystaly turmalínu, narůstající na větší krystaly turmalínu (zejména para-

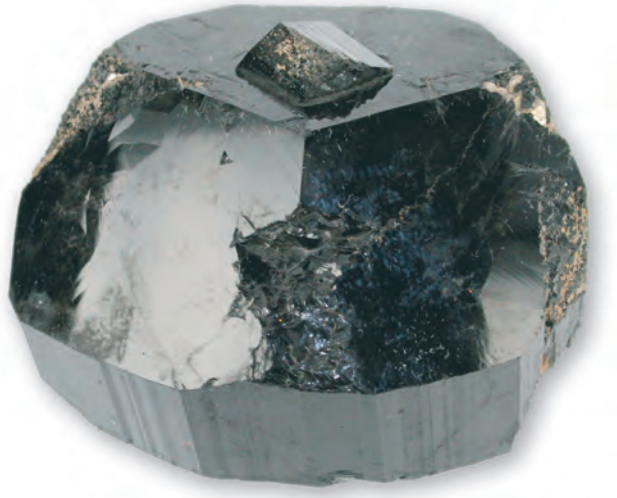
Obr. 14. Muskovit II na korodovaném K-živci, Bobrová (velikost vzorku 9 × 6 × 4 cm, foto V. Hrazdil.
Fig. 14. Muscovite II on corroded K-feldspar, Bobrová (size 9 × 8 × 4 cm), photo V. Hrazdil.



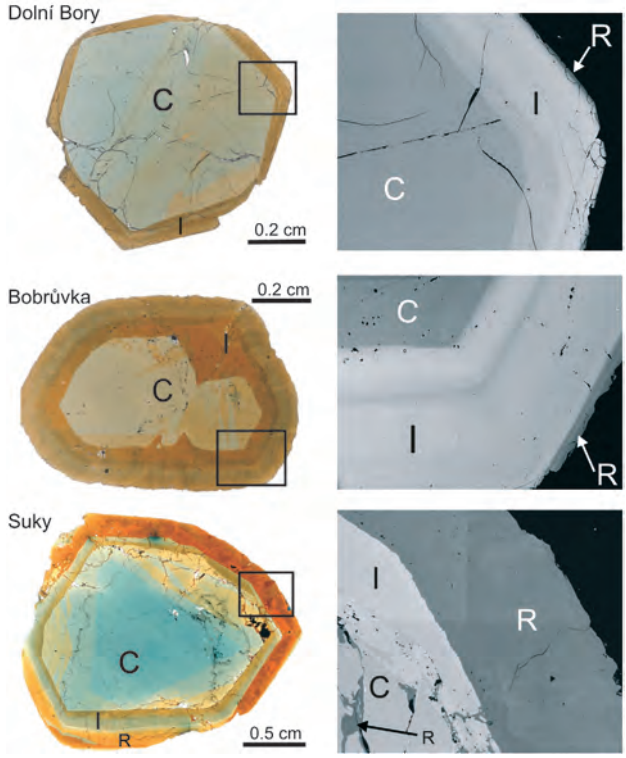
Obr. 15. Prizmatický krystal turmalínu narostlý na krystalu záhnědy I, Bobrůvka (velikost turmalínu 8 × 3 × 2 cm), foto J. Sejkora.
Fig. 15. Prizmatic crystal of tourmaline on crystal of smoky quartz I, Bobrůvka (size of tourmaline 8 × 3 × 2 cm), photo J. Sejkora.

lelně s jejich protažením v místech zakončení krystalů) nebo i volně do dutin. Dlouze sloupcovité krystaly nezřídka tvoří subparalelní srůsty. Plochy prizmat bývají hluboce rýhované, zakončení tvoří nejčastěji plochy nízkých romboedrů, méně pak trigonálních pyramid a vzácněji lze nalézt i pediony. U nízce sloupcovitých až čočkovitých a často oboustranně ukončených krystalů z muskovitových žil jsou plochy prizmat výrazně potlačeny. Tyto nízce sloupcovité, oboustranně ukončené krystaly čočkovitého habitu patří k nejkrásnějším světovým exemplářům (Staněk 1981, 1995, Litochleb 1995) (obr. 16).

Krystaly většinou vykazují silný skelný lesk, jsou černé, na hranách nebo v případě tence sloupcovitého vývoje tmavě hnědě prosvítají. Rovněž v tenkých řezech lze pozorovat



Obr. 16. Tabulkovitý krystal turmalínu, Radenice, (velikost vzorku 8 × 7 × 4 cm), foto V. Hrazdil.
Fig. 16. Tabular crystal of tourmaline, Radenice, (size 8 × 7 × 4 cm), photo V. Hrazdil.

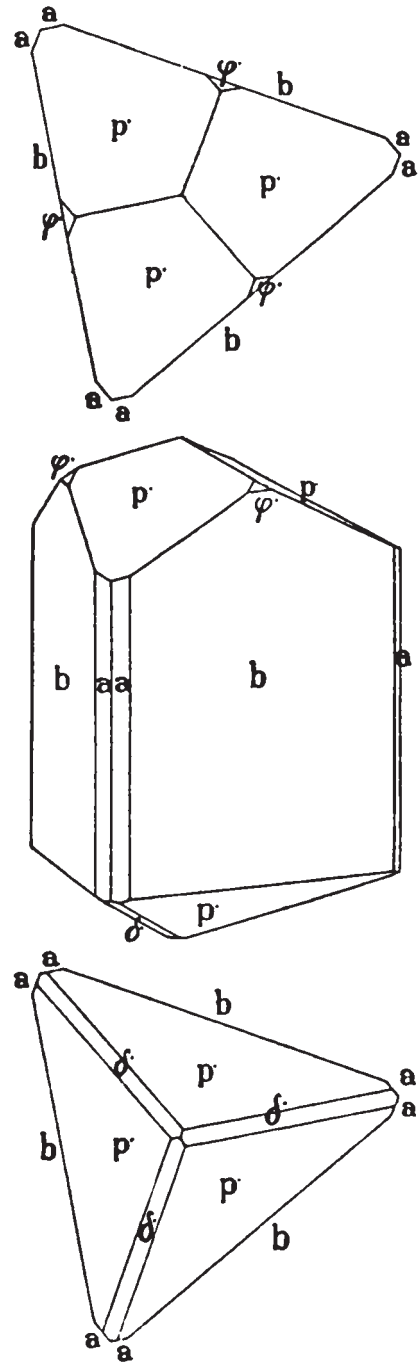


Obr. 17. Mikrofotografie zonálních turmalínů z dutin jednoduchých pegmatitů v kombinaci s BSE snímky. Řezy jsou kolmo k ose c.; C – jádro, I – přechodná zóna, R – vnější okraj (Gadas *et al.* 2012).
Fig. 17. Photomicrographs combining BSE images of zoned tourmalines from pockets in common pegmatites. The cuts are perpendicular to c axis of the crystals; C – core, I – intermediate zone, R – outer rim (Gadas *et al.* 2012).

barvy nejčastěji v odstínech hnědé až žlutohnědé, jádra některých krystalů z pegmatitů mají šedavé a modravé odstíny (obr. 17). Turmalíny z muskovitových žil jsou v tenkých řezech v různých odstínech hnědé až žlutohnědé.

Nálezů krystalů turmalínů v dutinách pegmatitů je velké množství. K nejznámějším nalezištím patří návrší Valy u Bobrové s „tužkovými“ turmalíny, které dosahují délky až 15 cm a jsou často na podložkách v asociaci se živci. Z dalších nálezů se průměru vymykají až 25 cm dlouhé sloupcovité turmalíny z Cyrilova a podobně dlouhé krystaly z nálezu u Suků, kde zarůstaly do záhněd nebo byly oboustranně ukončené. Výjimečné jsou rovněž hypoparalelní srůsty sloupcovitých turmalínů od Vídně nebo masivní, tlustě sloupcovité a hluboce rýhované krystaly až 25 cm velké v blízkosti Pikárce. Tvarově unikátní jsou krystaly trigonálního typu z Meziboří u Strážku (SEKANINA 1928, obr. 18). Známé „čočkovité turmalíny“, pocházející především z muskovitových žil, byly v minulosti nacházeny zejména v okolí obcí Radenice, Cyrilov a Horní Bory. Pochází odtud i největší známý oboustranně zakončený a silně lesklý čočkovitý krystal, nalezený v lomu v Horních Borech, o rozměrech 15 × 14 × 8 cm, pravděpodobně jeden z největších tohoto typu na světě. Je uložen v Národním muzeu v Praze (LITOCHLEB 1995).

Detailně byly po chemické stránce studovány krystaly turmalínu z dutin 15 pegmatitových žil a 5 muskovitových žil (GADAS *et al.* 2012). Bylo využito jednak elektronové mikrosondy na společném pracovišti elektronové mikroskopie a mikroanalýzy Ústavu geologických věd při Masarykově Univerzitě v Brně a České geologické služby a pro stanovení obsahu stopových a lehkých prvků (vč. Li) také pracoviště Ústavu chemie při Masarykově Univerzitě. Detailní podmínky měření jsou uvedeny v práci GADASE *et al.* (2012). Stechiometrické vzorce turmalínů byly spočteny na bázi 31 aniontů za předpokladu obsazení *B* pozice třemi atomy bóru, sumy OH + F = 4 ve *W* pozici a veškerého Fe jako dvojmocného. Turmalíny z pegmatitů mají poměrně široké rozpětí chemického



Obr. 18. Krystal turmalínu trigonálního typu, Meziboří u Strážku (SEKANINA 1928).

Fig. 18. Trigonal crystal of tourmaline, Meziboří u Strážku (SEKANINA 1928).

složení v rámci jednotlivých krystalů, ale poměrně jednotný chemický vývoj při srovnání jednotlivých lokalit. Změny chemického složení se odrážejí již při pozorování v procházejícím světle na tenkých řezech krystaly, kdy je zřejmý rozdíl v barvě zejména mezi jádrem a přechodnou zónou krystalů (obr. 17). Při pozorování na elektronové mikrosondě lze pak rozlišit 3 základní zóny, označené jako jádro, přechodná zóna a okraj (obr. 17).

(a) Jádra krystalů, která v nich ve většině případů objemově dominují, se výrazně liší i opticky. Odpovídají svým složením na většině lokalit **Na-bohatému foititu** až **Na-chudému skorylu** nebo **oxy-skorylu** (X-pozice je vakantní od 0,28 do 0,63 apfu) s poměrem $Fe_{tot}/(Fe_{tot} + Mg)$ = 0,41–0,99. Výjimečně se objevily krystaly, jejichž jádra odpovídala **magnesio-foititu**.

(b) Přechodné zóny krystalů vykazují nárůst obsahu Na (X-pozice je vakantní od 0,23 do 0,51 apfu), přičemž poměr $Fe_{tot}/(Fe_{tot} + Mg)$ zůstává téměř nezměněn v rozmezí 0,39–0,99. Většina analýz z těchto zón tedy odpovídá **skorylu** (tab. 1), výjimečně až **Fe-bohatému dravitu** . Chemické změny ve směru od jádra k okrajům jsou pozvolné, zatímco optická změna je ostrá. Jediný prvek, který skokově narůstá v okrajích, je Ti. Je tedy pravděpodobné, že je zodpovědný za změnu barvy v turmalínu mezi jádry a přechodnými zónami krystalů (obr. 17), ve kterých rovněž mírně a pozvolna narůstá obsah F.

Tabulka 1. Reprezentativní chemické složení turmalínů z pěti studovaných lokalit.
Table 1. Representative chemical compositions of tourmalines from five localities studied.

	pegmatity									muskovitové žíly			
	Dolní Bory			Bobrůvka			Suky			Hodíškov		Horní Bory	
	C	I	R	C	I	R	C	I	R	C	R	C	R
SiO_2 wt. %	35.96	34.94	35.43	36.86	35.26	35.49	34.99	34.35	36.02	35.95	36.05	35.93	37.13
TiO_2	0.20	0.87	0.85	0.32	0.79	1.03	0.09	0.39	0.86	1.25	1.02	1.43	0.19
Al_2O_3	34.79	33.95	33.01	35.12	34.45	34.01	36.11	34.97	33.48	33.14	34.83	31.88	35.60
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.03	0.16	0.00
V_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.03	0.17	0.08	0.13	0.03
FeO	13.28	13.77	10.01	9.26	12.27	9.29	13.33	14.24	6.52	6.93	6.44	7.19	5.81
MnO	0.15	0.19	0.08	0.06	0.19	0.05	0.25	0.31	0.02	0.01	0.03	0.03	0.03
MgO	0.79	0.84	3.67	3.25	1.52	4.08	0.18	0.22	6.50	6.08	5.58	6.61	5.49
CaO	0.03	0.11	0.21	0.17	0.19	0.44	0.05	0.08	0.74	0.82	0.39	1.09	0.16
Na_2O	1.30	1.75	1.63	1.49	1.66	2.11	1.40	1.83	1.59	1.94	1.68	1.94	1.25
F	0.36	0.45	0.41	0.11	0.48	0.44	0.46	0.67	0.25	0.00	0.00	0.22	0.08
O=F	-0.15	-0.19	-0.17	-0.05	-0.20	-0.19	-0.19	-0.28	-0.11	0.00	0.00	-0.09	-0.03
H_2O^*	3.44	3.36	3.38	3.63	3.37	3.44	3.38	3.24	3.55	3.67	3.70	3.55	3.68
B_2O_3	10.46	10.35	10.37	10.68	10.44	10.57	10.43	10.32	10.64	10.64	10.71	10.59	10.78
Total	100.61	100.39	98.88	100.90	100.45	100.79	100.48	100.34	100.09	100.77	100.54	100.66	100.20
Si *apfu*	5.976	5.865	5.937	5.998	5.872	5.833	5.832	5.785	5.883	5.872	5.850	5.896	5.986
^{IV}Al	0.024	0.135	0.063	0.002	0.128	0.167	0.168	0.215	0.117	0.128	0.150	0.104	0.014
B	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
^{Z}Al	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
^{Y}Al	0.790	0.582	0.456	0.734	0.634	0.421	0.925	0.726	0.327	0.252	0.511	0.061	0.750
Ti	0.025	0.110	0.107	0.039	0.099	0.127	0.011	0.049	0.106	0.154	0.124	0.176	0.023
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.004	0.021	0.000
V^{3+}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.004	0.000	0.000	0.004	0.022	0.010	0.017	0.004
Fe^{2+}	1.846	1.933	1.403	1.260	1.709	1.277	1.858	2.006	0.891	0.947	0.874	0.987	0.783
Mn	0.021	0.027	0.011	0.008	0.027	0.007	0.035	0.044	0.003	0.001	0.004	0.004	0.004
Mg	0.196	0.210	0.917	0.788	0.377	1.000	0.045	0.055	1.583	1.480	1.350	1.617	1.319
ΣY	2.878	2.862	2.894	2.829	2.850	2.836	2.874	2.880	2.914	2.878	2.877	2.883	2.883
Ca	0.005	0.020	0.038	0.030	0.034	0.077	0.009	0.014	0.129	0.144	0.068	0.192	0.028
Na	0.419	0.570	0.530	0.470	0.536	0.672	0.452	0.598	0.503	0.614	0.529	0.617	0.391
ΣX	0.424	0.590	0.568	0.500	0.570	0.749	0.461	0.612	0.632	0.758	0.597	0.809	0.419
^{X}	0.576	0.410	0.432	0.500	0.430	0.251	0.539	0.388	0.368	0.253	0.403	0.191	0.581
F	0.189	0.239	0.217	0.057	0.253	0.229	0.242	0.357	0.129	0.000	0.000	0.114	0.041
OH	3.811	3.761	3.783	3.943	3.747	3.771	3.758	3.643	3.871	4.000	4.000	3.886	3.959

C – jádro, core; I – přechodná zóna, intermediate zone; R – okraj, rim

(c) Úzké okraje krystalů, patrné většinou pouze v BSE obraze (obr. 17), mají o něco více snížený poměr $Fe_{tot}/(Fe_{tot} + Mg)$ do hodnot 0,36–0,71 a současně opět mírně narůstá obsah Na (X-pozice je vakantní od 0,12 do 0,47 apfu), což působí nárůst a převahu **dravitové komponenty**. Zřejmé je zde i relativně výrazné zvýšení obsahu Ca a pokles obsahu F a Al. Chemické složení těchto okrajů se velmi blíží složením turmalínů z muskovitových žil, které jsou výrazně více homogenní po stránce optické ve srovnání s turmalíny z pegmatitů.

Téměř všechny analýzy turmalínů z muskovitových žil odpovídají složením **dravitu**, výjimečně až **magnesio-foititu** ($Fe_{tot}/(Fe_{tot} + Mg)$ = 0,31–0,45) s výraznou variabilitou v X-pozici (vakantní od 0,15 do 0,59 apfu). Lze tedy říci, že turmalíny z dutin pegmatitů a muskovitových žil strážeckého moldanubika mají relativně primitivní chemické složení (nízký obsah Li, Mn a F), ale poměrně variabilní $Fe_{tot}/(Fe_{tot} + Mg)$ vývoj. Ten je charakteristický spíše pro hliníkem bohaté metamorfované sedimenty (Henry a Dutrow 1996), než pro granitické pegmatity (např. Novák *et al.* 2004, 2011). Tento trend odráží charakter a změny v médiu, z nějž turmalíny krystalovaly. Jádra i přechodné zóny krystalů se zřejmě vyvíjely v ještě uzavřeném systému vůči okolnímu prostředí, pouze přechodné zóny již naznačují, na rozdíl od magmatogenních jader, přechod k hydrotermálnímu stadiu. Úzké okraje turmalínů z pegmatitů a turmalíny z muskovitových žil již vykazují hydrotermální charakter s krystalizací v otevřeném systému z fluid, jejichž složení bylo částečně ovlivněno okolními horninami (zvýšený obsah Ca, Mg, Cr, V, Gadas *et al.* 2012).

Granát – je velmi vzácným minerálem dutin v popisovaných pegmatitech a v muskovitových žilách zcela schází. Pouze na jediné lokalitě (Strážek) patří v dutinách k běžným minerálům. Tvoří zde izolované krystaly, ale často i jejich skupiny (obr. 19). Velikost hnědých, červených nebo fialovočervených krystalů je většinou do 5 mm, výjimečně až 2 cm. Tvoří krystaly tvaru tetragon-trioktaedru s matnými až skelně lesklými plochami, většinou neprůhledné, vzácněji průsvitné.

Chemické analýzy granátů byly provedeny za pomocí elektronové mikrosondy tamtéž jako turmalíny za použití stejných standardů jako u turmalínů, pouze za vyšších proudů

Obr. 19. Krystaly almandin-spessartinu na albitu (šířka snímku 4 mm), Strážek, foto R. Kummer.
Fig. 19. Crystals of almandine-spessartine on albite (field of view 4 mm), Strážek, photo R. Kummer.

(20nA) a užšího svazku elektronů (2 μm). Stechiometrické vzorce byly spočteny na bázi 12 aniontů za předpokladu veškerého Fe jako dvojmocného. Granáty jsou homogenní a jejich složení kolísá kolem hranice **almandin-spessartin** (tab. 2). Mimo dutiny, kde se granát objevuje v asociaci s albitem, záhnědou, muskovitem a turmalínem, nebyl v tomto pegmatitu zjištěn. Druhým, poněkud odlišným výskytem jsou drobné, do 3 mm velké inkluze granátu v krystalech záhnědy z Cyrilova (DVORSKÝ 1898). Rovněž tyto granáty odpovídají složením almandin > spessartinu a z několika vzorků byly pokusně vyhotoveny fantazijní brusy světlé záhnědy s uzavřeným granátem (MRÁZEK a REJL 1991).

Tabulka 2. Reprezentativní chemické složení granátů.
Table 2. Representative chemical compositions of garnets.

	Strážek			Cyrilov		
SiO_2 wt. %	36.87	36.45	36.77	36.59	36.55	36.14
TiO_2	0.05	0.03	0.03	0.11	0.07	0.09
Al_2O_3	20.04	21.23	20.88	20.51	20.83	20.91
FeO	21.78	22.32	19.39	26.23	26.69	26.04
MnO	20.66	19.45	22.12	15.63	16.20	16.64
MgO	0.23	0.36	0.44	0.14	0.12	0.14
CaO	0.32	0.20	0.25	0.10	0.01	0.09
Total	99.95	100.04	99.88	99.31	100.47	100.05
^{Z}Si *apfu*	3.038	2.988	3.014	3.026	2.999	2.979
^{Z}Al	0.000	0.012	0.000	0.000	0.001	0.021
ΣZ	3.038	3.000	3.014	3.026	3.000	3.000
^{Y}Al	1.946	2.039	2.017	1.999	2.013	2.011
^{Y}Ti	0.003	0.002	0.002	0.007	0.004	0.006
ΣY	1.949	2.041	2.019	2.006	2.017	2.017
$^{X}Fe^{2+}$	1.501	1.53	1.329	1.814	1.831	1.795
$^{X}Mn^{2+}$	1.442	1.351	1.536	1.095	1.126	1.162
^{X}Mg	0.028	0.044	0.054	0.017	0.015	0.017
^{X}Ca	0.028	0.018	0.022	0.009	0.001	0.008
ΣX	2.999	2.943	2.941	2.935	2.973	2.982
alm *mol.%*	50.1	52	45.2	61.8	61.6	60.2
sps	48.1	45.9	52.2	37.3	37.9	39
grs	0.9	0.6	0.8	0.3	0	0.3
prp	0.9	1.5	1.8	0.6	0.5	0.5

Apatit – v dutinových pegmatitech patří k běžným akcesorickým minerálům stejně jako v dutinách muskovitových žil. V obou případech tvoří hexagonální krátce až dlouze sloupcovité krystaly nejčastěji světle zelené šedozelené až bělavé barvy, i když v pegmatitech jsou apatity poněkud větší (HRUSCHKA 1826, SEKANINA 1928). Velikost krystalů apatitu v pegmatitech bývá až 5 cm, běžně však do 1 cm (obr. 20).

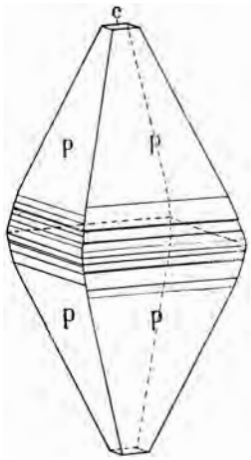
Apatit v pegmatitech narůstá spolu s muskovitem nejčastěji na krystaly živců. V muskovitových žilách nepřesahuje velikost 1 cm a narůstá na samotné lupeny muskovitu, nebo je v drobných drúzových dutinách v masivním muskovitu. V obou případech na krystalech převládají hexagonální prizmata v kombinaci s bází, plochy pyramid bývají vyvinuty podřadně. Svým složením odpovídá ve všech případech **fluorapatitu**, bližší analytická data však dosud nebyla publikována.

Cordierit-sekaninait – jeho 2–3 cm velké krystaly zarůstající do krystalů záhněd uvádějí ŠÍN a ŠÍNOVÁ (2003); obvykle je pouze zarostlý v podobě zrn v živcích a křemeni okra-

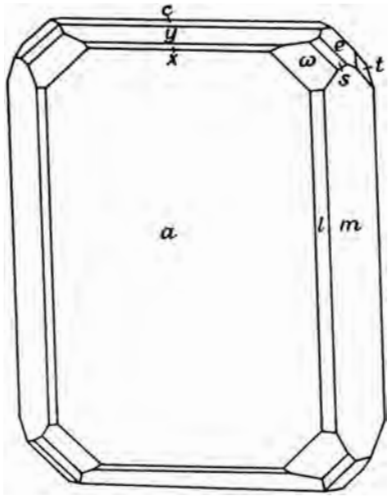
Obr. 20. Sloupcovité krystaly apatitu (šířka záběru 5 mm), Cyrilov, foto J. Sejkora.
Fig. 20. Columnar crystals of apatite (field of view 5 mm), Cyrilov, photo J. Sejkora.

jových zón pegmatitů. Vzhledem k silné alteraci (pinitizaci) není dosud známo jeho původní chemické složení.

Anatas, brookit, rutil – minerály o složení TiO_2 jsou v popisovaných dutinových pegmatitech velmi vzácné. Rozměry krystalů těchto minerálů se pohybují maximálně v rozmezí prvních milimetrů a tak mohou být často přehlíženy. Někdy se tyto formy TiO_2 v dutinách nacházejí společně a jedná se většinou o nejmladší minerální fáze. V Bobrůvce je podle SEKANINY (1928) anatas a brookit někdy uzavíraný v apatitu. Krystaly jsou černé, matné až silně kovově lesklé a většinou neprůhledné. Nejhezčí ukázky těchto minerálů pocházejí z Bobrůvky. Brookit zde porůstá spolu s muskovitem krystalové plochy křemene nebo se vyskytuje společně s anatasem v asociaci s jemnozrnným albitem a apatitem.



Obr. 21. Vlevo dipyramidální krystal anatasu, Bobrůvka (SEKANINA 1929); vpravo krystaly anatasu (šířka snímku 6 mm), Bobrůvka, foto J. Toman.
Fig. 21. Left – dipyramidal crystal of anatase, Bobrůvka (SEKANINA 1928); right – crystals of anatase (field of view 6 mm), Bobrůvka, photo J. Toman.



Obr. 22. Vlevo tabulkovitý krystal brookitu, Bobrůvka (ULRICH 1922); vpravo tabulkovité krystaly brookitu (šířka snímku 5 mm), Bobrůvka, foto J. Toman.

Fig. 22. Left – tabular crystal of brookite, Bobrůvka (ULRICH 1922); right – tabular crystals of brookite (field of view 5 mm), Bobrůvka, photo J. Toman.

Anatas je poněkud hojnější ve tvarech dipyramidálních krystalů (111) omezených bází (001), někdy s horizontálním rýhováním (obr. 21a, b). **Brookit** (obr. 22a, b) tvoří jednotlivé tabulkovité krystaly s dominující plochou (100), někdy rýhovanou rovnoběžně s vertikálou, příp. (110) a (210), dále (001), (104), (102), (944)?, (322), (122) a (021), náležející k nejmladším minerálům dutin (ULRICH 1922, SEKANINA 1928, STANĚK 1981). Ojedinělý byl v Dolní Libochové (KRUŤA 1966). Velmi vzácně pozorované jehlice **rutilu** narůstají na křemen nebo v něm tvoří jehlicovité inkluze. Uvádějí jej, avšak bez identifikačních dat, od Skleného např. KYNICKÝ a KYNICKÝ (2002).

Kasiterit

Kasiterit je dosud znám z jediného výskytu, z dutinového pegmatitu poblíž Řečice u Nového Města na Moravě. Zde tvoří nedokonale vyvinuté, protažené krystaly, až 1 cm velké, s matným leskem. Vždy narůstají na polokulovité agregáty albitu a chemicky je kasiterit blízký ideálnímu složení SnO_2.

6. POZNÁMKA KE GENEZI A REGIONÁLNÍ ROZŠÍŘENÍ DUTINOVÝCH PEGMATITŮ

Regionálním rozšířením dutinových pegmatitů popisovaného typu ve strážeckém moldanubiku a/nebo jejich vznikem se zabývali přehledně pouze NĚMEC (1992), NOVÁK (2005) a GADAS *et al.* (2012). Popisované pegmatity se svým charakterem (vztah k okolním horninám, primitivní minerální složení, primitivní složení turmalínů v dutinách) nejvíce blíží abysálním (anatektickým) pegmatitům. Vznikaly ale pravděpodobně v menších hloubkách, tzv. subabysální typy s andaluzitem a cordierit/sekaninaitem. Přítomnost četných dutin ukazuje i na vztah k miarolovým pegmatitům. Naprostá absence možných mateřských granitů a úzký vztah k polohám metatektu v migmatitech i konkordantní uložení včetně difuzních kontaktů ukazují, že tyto žíly představují poměrně specifický a i ze světového hlediska ojedinělý typ anatektických pegmatitů s dutinami (NOVÁK *et al.* 2013), které

kromě přítomnosti hojných dutin nemají žádný vztah k miarolovým pegmatitům ve smyslu klasifikace Černého a Ercita (2005) a práce Černého *et al.* (2012).

Kromě nejznámějších lokalit v oblasti strážeckého moldanubika nacházíme dutinové pegmatity se záhnědami i jinde v moldanubiku, např. v pruhu od Jihlavy přes Telč až ke Slavonicím, kde mohou přecházet do primitivních andalusitových pegmatitů (Mysliboř, Slavonicko) a v širším okolí Dlouhé Brtnice. Další známé výskyty leží na dalších místech Českomoravské vrchoviny v jižních a východních Čechách. Z lokalit lze uvést např. Kámen u Pacova (s granáty), Chotěboř, Golčův Jeníkov, východní okolí Písku (Cícha 1999) a Pelhřimova, okolí Humpolce (dutinový pegmatit s apatitem) aj. Tyto lokality však nebyly doposud vědecky zpracovány a je proto otázkou zda nejde, alespoň částečně, o jiné subtypy pegmatitů (miarolové?) nebo o mineralizace s asociací záhněda + muskovit + albit ± apatit ± turmalín blízké spíše alpské paragenezi v migmatitech.

7. ZÁVĚR

Dutinové pegmatity strážeckého krystalinika, včetně doprovodných muskovitových žil, se vyznačují jednoduchou asociací minerálů: křemen (záhněda >> morion > citrín, křišťál), K-živec, albit, turmalín, muskovit, granát a fluorapatit, ojediněle v akcesorickém množství také anatas, brookit, rutil a kasiterit. Několik dalších minerálů se vyskytuje až na výjimky pouze v okrajových zónách mimo dutiny (např. biotit, ilmenit, andalusit, alterovaný cordierit-sekaninait, dumortierit). Svým charakterem (úzký vztah k okolním horninám, chybějící vztah k mateřským granitům, jednoduchá asociace minerálů, primitivní složení, ale komplikovaný chemický vývoj turmalínů v dutinách) se blíží abysálním (anatektickým) pegmatitům, krystalizovaly však v porovnání s nimi za nižšího celkového tlaku v podmínkách vyšší amfibolitové facie. Muskovitové žíly zřejmě úzce geneticky souvisí s žilami pegmatitů a jejich vznik nejspíše bezprostředně následoval po utuhnutí taveniny pegmatitů, kdy došlo k relativně nížeteplotnější hydrotermální krystalizaci ze zbytkových fluid.

Ze sběratelského hlediska lze poznamenat, že na rozdíl od minulosti jsou nálezy kvalitních krystalovaných minerálů (zejména křemene a turmalínu) přímo na povrchu dnes již vzácné. Oblast strážeckého moldanubika je v tomto směru již poměrně vyčerpána, nicméně lze i dnes při troše štěstí a s vydáním velkého množství energie při kopání nebo při použití techniky stále nalézat sběratelsky hodnotné a velmi estetické exempláře. Nadějné se v současnosti jeví spíše vyhledávání obdobných záhnědových pegmatitů mimo známé oblasti.

8. PODĚKOVÁNÍ

Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury v rámci institucionálního financování na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace Moravské zemské muzeum (DKRVO, MK000094862).

LITERATURA

Běluša, J., 1999: Kouzlo záhněd. *Minerál*, 7, 1, 8–15.

Breiter, K., Ackerman, L., Ďurišová, J., Svojtka, M., Novák, M., 2014: Trace element composition of quartz from pegmatites of different types: A case study from the Moldanubian Zone of the Bohemian Massif (Czech Republic). – *Mineral. Magazine*, 78, 703–722.

Burkart, E., 1953: Moravské nerosty a jejich literatura. Mährens Minerale und ihre Literatur. – Nakl. ČSAV. Praha, 1008 p.

Cícha, J., 1999: O záhnědách písecké pegmatitové oblasti. – *Minerál*, 7, 1, 4–5. Brno.

Černý, P., 1991: Rare-element granitic pegmatites, I. Anatomy and internal evolution of pegmatite deposits. – *Geoscience Canada*, 18, 49–67.

Černý, P., Ercit, T. S., 2005: Classification of granitic pegmatites revisited. – *Canad. Mineralogist*, 43, 2005–2026.
Černý, P., London, D., Novák, M., 2012: Granitic pegmatites as reflections of their sources. – *Elements*, 8, 289–294.
Dvorský, F., 1898: O předních nalezištích nerostů na západní Moravě. – *Annales Musei Franciscae, Brno,* 5, 91–106.
Fišerová, R., Dolníček, Z., 2014: Fluidní systémy v záhnědách z dutinových pegmatitů od Krásněvsi (strážecké moldanubikum). – *Bull. Mineralog.-petrol. odd. Národního muzea* (v tisku).
Estner, abbé, 1797: Versuch einer Mineralogie für Anfänger u. Liebhaber. – Wien, Oehler, J. G., I Bd. 1794, II/1 Bd. 1796, II/2 Bd.
Gadas, P., Talla, D., 2003: Nález velkých krystalů záhněd u Řečice u Nového Města na Moravě. – *Minerál*, 11, 4, 265–266.
Gadas, P., Buriánek, D., Čopjaková, R., Houzar, S., Hrazdil, V., Losos, Z., Novák, M., Sejkora, J., Škoda, R., 2014a: CEMC 2014 Field Trip Guidebook. – 101 p.
Gadas, P., Novák, M., Cempírek, J. Filip, J., Vašinová Galiová, M., Groat, L. A., Všianský, D., 2014b: Mineral assemblages, compositional variation and crystal structure of feruvitic tourmaline from contaminated anatectic pegmatite in Mirošov near Strážek, Moldanubian Zone, Czech Republic. – *Canad. Mineralogist*, 52, 285–301.
Gadas, P., Novák, M., Filip, J., Staněk, J., Vašinová-Galiová, M., 2012: Compositional evolution of zoned tourmalines crystals from pockets in common pegmatites of the Moldanubian zone, Czech Republic. – *Canad. Mineralogist*, 50, 743–760.
Hájek, J., Staňková, J., 1970: Drobná tektonika a petrografie pegmatitů z Bobrůvky u Velkého Meziříčí. – *Vlast. Sbor. Vysočiny*, 6, 33–43.
Halavínová, M., Přichystal, A., 2008: Fluid inclusion characteristics of rock crystal sources from the Bohemian-Moravian Highlands. In: Přichystal A., Krmíček L., Halavínová M., (eds.): Petroarchaeology in the Czech Republic and Poland at the beginning of the 21st century, pp. 67–73. Vyd. Ústav geologických věd PřF MU a Moravské zemské muzeum, Brno.
Henry, D. J., Dutrow, B., 1996: Metamorphic tourmaline and its petrologic applications. In. Grew E. S., Anowitz L. M. (eds.). Boron. Mineralogy, petrology and geochemistry. – *Review in Mineralogy*, 33, *Miner. Soc. Amer.*, 503–557.
Hruschka, W., 1826: Vorkommen einiger mährischen Fossilien. – *Mittheilungen d. k. k. m. schl. Gesell*, 271.
Keclík, I., 2002: Záhnědy ze Záseky na Českomoravské vrchovině aneb zpráva o očekávaném nálezu. – *Minerál*, 10, 1, 21–26.
Kolenati, F. A., 1854: Die Mineralien Mährens und Osterr. Schlesiens. – Brünn, 123 p.
Kruťa, T., 1966: Moravské nerosty a jejich literatura 1940–1965. – Moravské museum v Brně, Brno, 379 p.
Kynický, J., Kynický, J., 2002: Pegmatitový roj severně od Skleného nad Oslavou. – *Minerál*, 10, 6, 433–434.
Litochleb, J., 1995: Čočkovité krystaly skorylu z pegmatitů u Horních Borů a Cyrilova. – *Minerál*, 3, 3, 171–173.
Mátl, V., 1993: Charakter pegmatitové žíly Dlouhá Brtnice. – *Minerál*, 1, 3, 15.
Melleton, J., Gloaguen, E., Frei, D., Novák, M., Breiter, K., 2012: How are the emplacement of rare-element pegmatites, regional metamorphism and magmatism interrelated in the Moldanubian domain of the Variscan Bohemian Massif, Czech Republic?. – *Canad. Mineralogist*, 50, 1751–1773.
Milata, F., 1936: Albit z Bobrůvky (u Vel. Meziříčí) a od Písku („U Obrázku"). – *Příroda*, 29, 1–5.
Mrázek, I., 1977: Křišťály a citríny na Žďársku. – *Geologický průzkum*, 8, 249–250.
Mrázek, I., Rejl, L., 1991: Drahé kameny Českomoravské vrchoviny. – Muzejní a vlastivědná společnost v Brně, Západomoravské muzeum v Třebíči, 135 p.
Mrázek, I., Rejl, L., 2010: Drahé kameny Moravy a Slezska. – Nakl. Aventinum Praha, 301 p.
Němec, D., 1992: Pegmatity s drúzovými dutinami západomoravského krystalinika. – *Přír. Sbor. Západomor. muzea v Třebíči*, 18, 13–23.
Novák, M., 2005: Granitické pegmatity Českého masivu (Česká republika); mineralogická, geochemická a regionální klasifikace a geologický význam. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.*, 90, 3–74. Brno.
Novák, M., Cempírek, J. (eds.)., 2010: Granitic pegmatites and mineralogical museums in Czech Republic. IMA 2010, Budapest, Hungary. – *Acta Mineralogica-Petrographica, Field guidebook serie*, 6, 1–56.
Novák, M., Jilemnická, L., 1988: Ilmenite from pegmatites of Western Moravia. – *Čas. Mineral. geol.*, 33, 411–417.
Novák, M., Kadlec, T., Gadas, P., 2013: Geological position, mineral assemblages and contamination of granitic pegmatites in the Moldanubian Zone, Czech Republic; examples from the Vlastějovice region. – *J. Geosciences*, 58, 21–47.
Novák, M., Povondra, P., Selway, J. B., 2004: Schorl-oxy-schorl to dravite-oxy-dravite tourmaline from granitic pegmatites; examples from the Moldanubicum, Czech Republic. – *Eur. J. Miner.*, 16, 323–333.

Novák, M., Škoda, R., Filip, J., Macek, I., Vaculovič, T., 2011: Compositional trends in tourmaline from the intragranitic NYF pegmatites of the Třebíč Pluton, Czech Republic; electron microprobe, LA-ICP-MS and Mössbauer study. – *Canad. Mineralogist*, 49, 359–380.

Povondra, P., 1981: The crystal chemistry of tourmalines of the schorl-dravite series. – *Acta Univ. Carol., Geol.*, 223–264.

Sekanina, J., 1928: Nerosty moravských pegmatitů. – *Čas. Morav. zem. muzea*, 10, 6–7, 113–224.

Slavík, F., 1901: Mineralogické zprávy ze západní Moravy. – *Rozpravy České akademie věd a umění* (II. třída), 10, 8, 1–10.

Slavík, F., 1903: Příspěvky k nerostopisu moravskému. – *Čas. Matice moravské*, 27, 46.

Slavík, F., 1904: Mineralogické zprávy ze západní Moravy II. Turmalin z Cyrilova u Vel. Meziříčí. – *Rozpravy České akademie věd a umění* (II. třída), 13, 35, 1–10.

Staněk, J. 1981: Pegmatity Moravy. Minerály pegmatitů moravské části Českomoravské vrchoviny. In.: Bernard, J. H. et al. (ed.): Mineralogie Československa. – Academia Praha, 132–161.

Staněk, J., 1983: Drahé kameny moravských pegmatitů. – *Hornická Příbram ve vědě a technice*, 131–137.

Staněk, J., 1986: Paragenezis mineralov miarolovych pegmatitov Zapadnoj Moravii, Čechoslovakija. – Proceedings of the General Meeting of IMA, Varna 1982, 403–410.

Staněk, J., 1995: Turmalíny z miarolových pegmatitů západní Moravy. – *Minerál*, 3, 3, 163–165.

Staněk, J., 2009: Minerály Borů a Cyrilova u Velkého Meziříčí. – 1–102, Vydavatel obec Bory.

Staněk, J., Plch, M., 1981: Mineralogie der Mährischen Paläolitischen Bergkristallindustrie und Beitrag zur Lösung ihrer Provenienz. – *Scripta Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brun.*, 11, 1, 49–61.

Šín, F., Šínová, P., 2003: Naše největší záhněda z Vysočiny. – *Minerál*, 11, 4, 267–270.

Uličný, J., 1902: Mineralogické paběrky ze západní Moravy. – *Věstník Kl. přírod. v Prostějově za rok 1901*, 113.

Ulrich, F., 1922: Brookit z Bobrůvky. – *Rozpravy České akademie věd a umění* (II. třída), 31, 8, 1–4.

Ulrich, F., 1923: Poznámky k mineralogii západní Moravy. – *Čas. Morav. zem. muzea*, 20/21, 184–188.