

REVIZE GEOLOGICKÉ DOKUMENTACE ŠTOL VE KŘTINSKÉM ÚDOLÍ, MORAVSKÝ KRAS

Revision of the geological documentation in the Křtiny Valley adits, Moravian Karst

Vít Baldík¹, Jiří Rez², Jiří Otava¹, Helena Gilíková¹

¹ Česká geologická služba, Leitnerova 22, 658 69 Brno; e-mail: vit.baldik@geology.cz

² ElTekto group for structural geology, Brno; www.eltekto.cz

(24-41 Vyškov)

Key words: tectonic slice, boudinage, faulting

Abstract

Four adits excavated in the Křtiny Valley in the early fifties were documented and sampled especially from the viewpoint of structural geology and of genesis and origin of the sedimentary infillings. The studied localities include limestones of the Macocha Formation (Givetian of the Býčí skála cycle), Devonian clastics and granitoids of the Brno Massif (Neoproterozoic). Relatively monotonous fold structure of the limestones is disrupted by a thrust zone imbedding sandstone and granodiorite tectonic slices into the limestone sequence. NW-SE striking thrust zone bears N-S trending striae suggesting its strike-slip character. The shear sense was not yet determined. This thrust zone was rejuvenated and extremely altered during younger faulting, so nowadays it has a clayish appearance. Most of the psammities sampled in limestone cavities display a typical „Ottngian“ or „Cenomanian“ translucent heavy mineral assemblage (staurolite, kyanite, tourmaline, rutil) which proves redeposition (vertical transport) from Ottngian and Cretaceous sands.

Úvod, historie výzkumů, objekty výzkumu

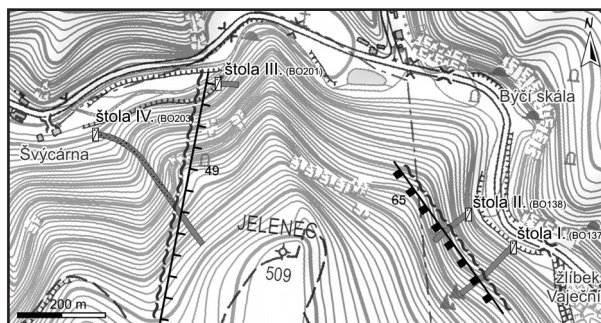
Začátkem padesátých let v období studené války byly ve Křtinském údolí v levé (jižní) stráni v prostoru mezi Švýčárnou a žlíbkem Vaječnickem vyhloubeny čtyři štoly pod Babickou plošinou. Jejich účelem bylo využití pro válečnou výrobu v případě konfliktu. Po emigraci hlavního inženýra a vyzrazení plánů ve švýcarském tisku bylo rozhodnuto hloubení štol ukončit a objekty zadržet. Tato poněkud rozpačitá aktivita odrážející ducha doby nicméně přinesla nečekané geologické objevy. Dvě ze štol zdokumentoval již Dvořák (Dvořák et al. 1961), jejich geologickou situaci zakreslil a stručně je popsal v závěrečné zprávě a ještě stručněji, asi na šesti řádcích, se vyjádřil i v publikaci Dvořák – Pták (1963). V dalších desetiletích byly štoly prolézány desítkami zvědavých jeskyňářů, turistů i odborníků, ovšem výsledky odborného geologického výzkumu, pokud byl vůbec prováděn, nikdo nepublikoval. Nová etapa, zdá se, nastala 15. prosince 2009, kdy autoři v doprovodu pracovníka CHKO dr. A. Tůmy rekognoskovali dvě ze čtyř štol a začali se systematickou dokumentací, měřením a vzorkováním.

Štoly byly vyhloubeny na svazích kopce Jelenec: štoly I a II na v. a štoly III a IV na sz. svahu (číslováno podle Dvořáka po proudu Křtinského potoka; viz obr. 1). Štola č. I je cca 150 m dlouhá a mírně se svažuje směrem k JZ. Těsně před koncem štoly je zával, za nímž je štola zhruba z poloviny permanentně zatopena. Také před závalem bývá zhruba od poloviny voda až do výše pasu. Stejně směru je i štola č. II. Tato štola zatím nebyla doměřena do konce, protože stejně jako štola I je zavalena a její druhá polovina je permanentně (místy až ke stropu) zatopena. Štoly I a II jsou si i jinak velmi blízké, mají stejný směr k JZ, zastihly stejné horniny i stejné struktury (viz dále). Štola č. III je velmi krátká, po cca 30 m zastihla krasovou dutinu (její stěny jsou pokryty 1–5 cm mocnou vrstvou hrubě krysta-

lického kalcitu a celá je vyplněna jílovitým materiálem) a je celoročně zatopena. Štola č. IV, která byla jako jediná ražena v horninách brněnského masivu, je 350 m dlouhá, směřuje k JV a zachytila kontakt brněnského masivu s bazálními klastiky devonu i lažáneckými vápenci.

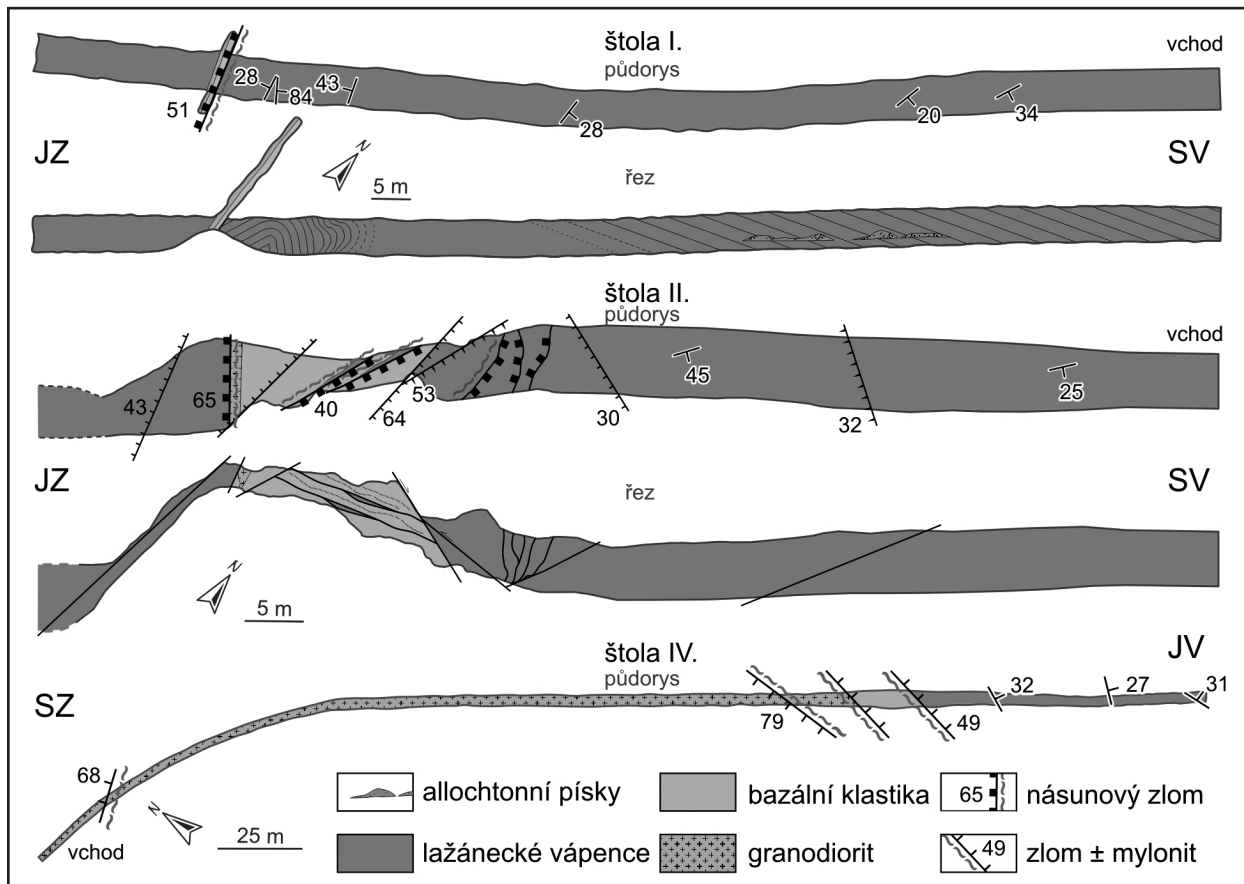
Geologická situace

Štoly se nacházejí při z. okraji brněnského masivu, který je zde tvořen biotiticko-amfibolickými a biotitickými granodiority (štola č. IV). Na nich spočívají devonská klastika zastoupená fialově šedými a zelenošedými, místy kaolinizovanými křemennými pískovci (štoly č. I, II a IV). V nadloží klastik leží givetské vápence cyklu Býčí skály ve smyslu Hladila (Hladil 1983), které jsou ve spodní části zastoupeny litotypem tmavě šedých josefovských vápenců s lumachelami brachiopodů (štola č. I). Vápence cyklu Býčí skály podléhaly již od paleozoika krasovění, které se na Babické plošině projevilo obzvlášť v křídě. V paleokrasových depresích se zde usadily a zachovaly sedimenty rudického typu. Miocenní transgrese (ottngang, baden) jsou



Obr. 1: Lokalizace a průběh zkoumaných štol s vyznačenými hlavními tektonickými zónami. Legenda stejná jako u obr. 2.

Fig. 1: Localization and geometry of adits under study with the main tectonic zones. For legend see fig. 2.



Obr. 2: Přehledné plánky a řezy třemi hlavními štolami. Lokalizace na obr. 1.

Fig. 2: Schematic maps and cross-sections of three main adits. For localization see fig. 1.

na vápencích Moravského krasu zachovány v reliktech. Štoly pod Babickou plošinu prořaly četné krasové dutiny vyplněné převážně písčitymi sedimenty, které se rovněž staly předmětem výzkumu.

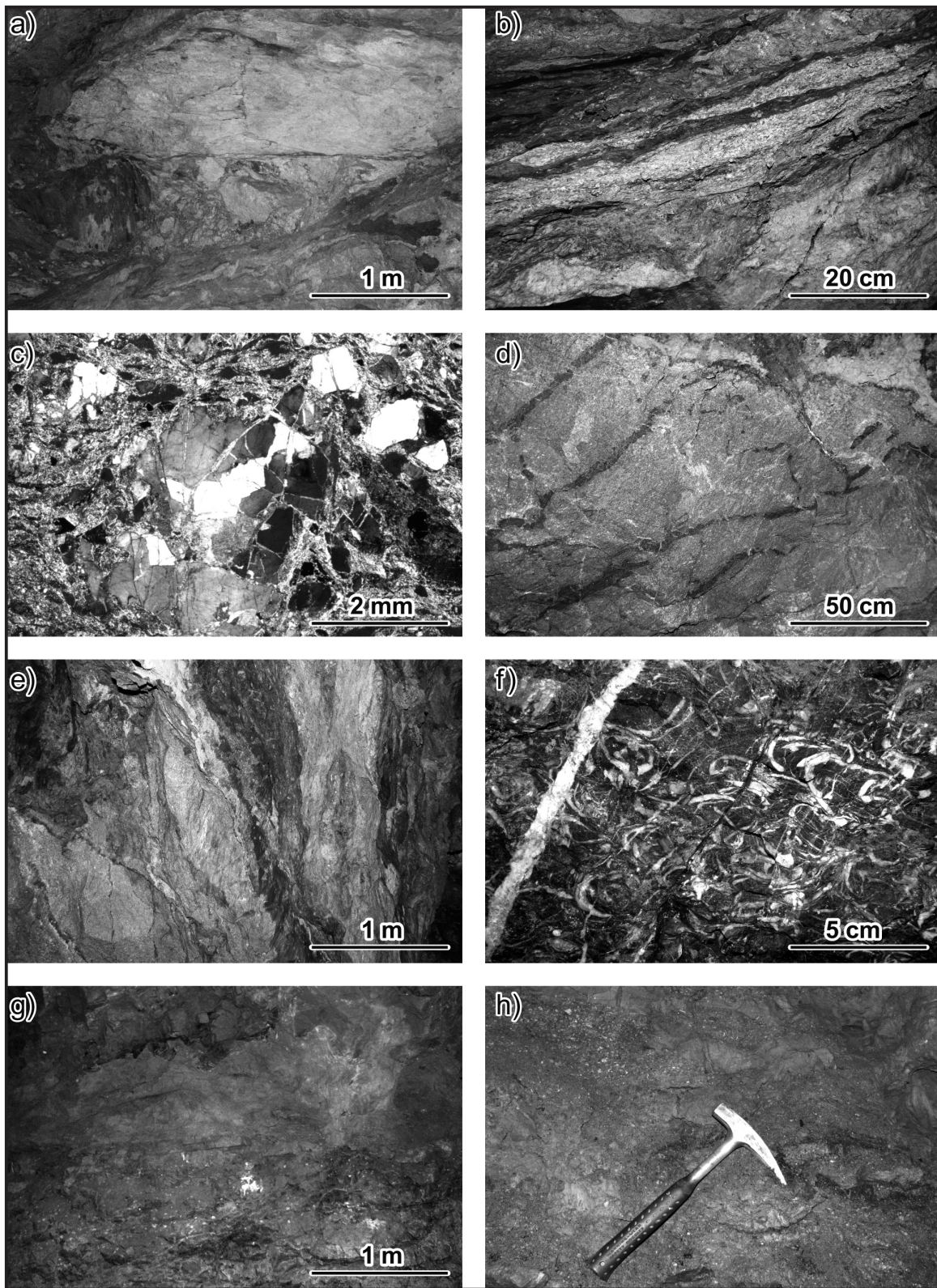
Litologie, petrografie a mineralogie

Horniny brněnského masivu byly zastiženy I., II. a IV. štolou (obr. 2), přičemž v prvních dvou ve formě silně kaolinizovaných tektonických šupin (obr. 3a, b). Petrograficky se jedná o středně zrnitý kataklazovaný granodiorit. Hornina se skládá z porfyroklastických zrn křemene, živců a chloritu, základní hmotu tvoří křemen, sericit a karbonát. Struktura je porfyroklastická až maltovitá. Křemen xenomorfně omezený tvoří silně undulózně zhášejší až 3 mm velká zrna, která jsou popraskaná (obr. 3c). Trhliny jsou vyplněny karbonátem a sericitem. Živce jsou zcela rozloženy na sekundární sericit. Lištovité průřezy biotitu, v současnosti zcela přeměněného na chlorit, mají velikost až 2 mm a tvoří v hornině až 5 obj. %.

Bazální klastitka devonu jsou vyvinuta jako fialově šedé až zelenošedé (obr. 3d, e), místy silně alterované pískovce. Ve výbrusu se pískovec svou skladbou jeví jako vápnitý pískovec. Z klastické složky je většinou zastoupen pouze křemen, ojediněle se zde nacházejí zcela sericitizované živce, dále byly zjištěny lupínky biotitu a chloritu. Základní hmotu má bazální charakter, koroduje okolní zrna a je tvořena karbonátem a jílovými minerály. Pískovec je zrnitostně špatně vytríděný, klastická zrna mají velikost

od 0,1 mm do 3 mm. Křemenná zrna jsou většinou tvarově polozaoblená až poloostrohranná, silně undulózní a rozpraskaná. Praskliny jsou vyplněny karbonátem. Klastickou složku dále tvoří (do 3 obj. %) lupínky chloritu a vzácněji i biotitu. Z akcesorických minerálů byly pozorovány opakní minerály a zirkon. Kolem některých zrn křemene se vytvořil paprscitý lem, může se jednat o sekundární minerál baryt nebo sádrovec. Výskyt sádrovce, popř. anhydritu, byl potvrzen také v pískovci bazálních klastik z jeskyně Suchdolský ponor (Otava et al. 2007).

Z vápenců ve štolě č. II bylo odebráno několik vzorků k petrografickému (P. Čáp) a biostratigrafickému (J. Hladil) popisu. V celé kolekci vápenců bylo zjištěno několik typů – od písčitých vápenců, biomikritových, biosparitových až po biopelsparitové a biopelmikritové vápence. V písčitých vápencích je výrazné zastoupení klastické složky (do 40 obj. %). Základní hmotu tvoří většinou sparit. Písčité vápence jsou zrnitostně špatně vytríděné, klastickou složku většinou tvoří poloostrohranná až ostrohranná zrna křemene o velikosti od 0,04 do 1,5 mm. Jsou-li přítomny skeletální úlomky, jsou většinou vzhledem k silné rekrystalizaci a deformaci nerozlišitelné. Byla identifikovaná skeletální drť po brachiopodech. V biomikritových až biosparitových vápencích základní hmotu tvoří mikrit, mikrosparit, popř. hrubozrný sparit. Klastická složka je tvořena křemenem (do 2 obj. %) a úlomky schránek (do 10 obj. %). Klastický křemen je poloostrohranný až ostrohranný o velikosti do 0,55 mm. Bioklastické úlomky jsou



Obr. 3: Horniny zastížené štolami ve Křtinském údolí: a – tektonická brekcie granodioritu brněnského masívu, štola č. I; b – tence šupinovitá stavba granodioritu v „jílovité střížné zóně“ ve štole II; c – mikrofoto silně alterovaného granodioritu ve štole II, zkřížené nikoly; d – zelenošedá bazální klastika s útržky/neptunickými žilami vápenců, štola I; e – fialově šedá bazální klastika a budina granodioritu (vpravo), jv. stěna, štola II; f – lumachela brachiopodů v lažáneckých vápencích, štola I; g – krasové dutiny vyplněné alochtonními písky, štola II; h – detail alochtonních písků, štola II.

Fig. 3: Rocks found in the adits in the Křtiny valley: a – tectonic breccia of granodiorite of the Brno Massif, adit II; b) tectonic slices of granodiorite in a shear zone in the adit II; c – microphoto of strongly altered granodiorite, adit II, crossed polars; d – green-gray basal clastics with clasts/neptunic dykes of limestone, adit I; e – violet-gray basal clastics and a boudin of granodiorite (in the right), SE wall, adit II; f – brachiopod lumachella in the Lažánky Limestone, adit I; g – cavities with allochthonous clastic fill, adit I; h – detail of the karst pocket clastic fill, adit II.

špatně identifikovatelné, většinou jsou rekrystalizované. Byly v nich zjištěny úlomky schránek brachiopodů (?*Borhardtina*), amfipor (*Amphipora* sp., *Amphipora* cf. *angusta*, *Amphipora* cf. *ramosa desquamata*) a blíže neidentifikovatelní červi a sféry. Biopelsparitové až biopelmikritové vápence obsahují v mikritové až mikrosparitové základní hmotě peloidy. Velikost peloidů se pohybuje od 0,05 do 0,3 mm. Klastickou složku tvoří poloostrohranná až ostrohranná zrna křemene (do 3 obj. %) o velikosti od 0,05 do 0,2 mm a úlomky schránek. Z nich byly identifikovány punktátní brachiopodi (?terebratulidi), ?ostrakodi, ?trilobiti, ?řasy a larvální stadia a sféry bez bližšího rozlišení. Celkově lze konstatovat, že se jedná o vápence spodního givetu, patrně přechodné vápence mezi josefovskými až lažáneckými (byly nalezeny i polohy s lumachelami brachiopodů, viz obr. 3f). Jsou to vápence vysloveně mělkovodní, pravděpodobně lagunární sedimenty a sedimenty začínající karbonátové sedimentace.

Orientačně byla rovněž studována průsvitná těžká frakce drcených granodioritů (vzorky G1 a G2 v tab. 1 a obr. 4) a pískovců (vzorek BKD v tab. 1 a obr. 4). Samotné minerální složení (podobné zirkon-apatitové až apatit-zirkonové asociace) nebylo překvapením. Značný rozdíl mezi asociacemi granodioritů a pískovců však byl v poměrech idiomorfních a oválných zirkonů, tedy vlastnosti neovlivnitelné alteracemi nebo selektivním tříděním (obr. 4). U granodioritů převažují idiomorfní zirkony nad oválnými v poměrech 8 : 1 až 26 : 1, zatímco v pískovcích je poměr menší než 3 : 1. Zajímavé je rovněž zastoupení barytu v pískovcích. Jeho původ může být epigenetický, hydrotermální, ale i syngedimentární. V případě preparátů z granodioritů je zcela zřejmé, že alterační procesy zcela „zlikvidovaly“ chemicky méně stabilní minerály, především amfiboly. Závěrem můžeme s určitou opatrností konstatovat, že alterovaná a mylonitizovaná drť granodioritů má několikanásobně (3× až 8×) vyšší převahu idiomorfních

zirkonů nad oválnými nežli mylonitizovaná a alterovaná drť pískovců.

Sedimentární výplně dutin

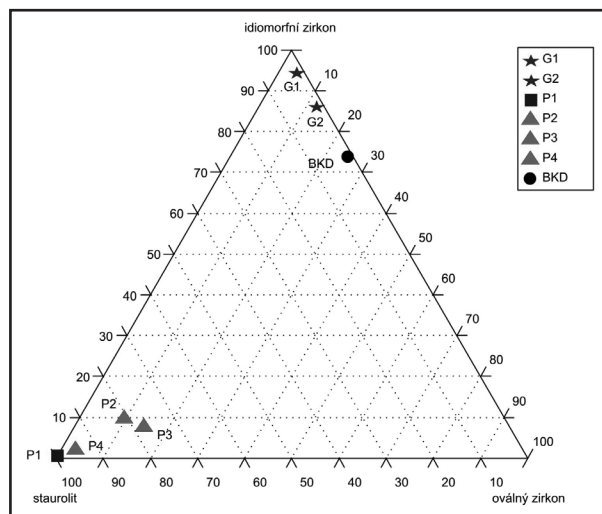
Ve štolách č. I a II byly na několika místech zastíženy menší (do 1 metru) víceméně subhorizontální krasové dutiny vyplněné žlutými až okrovými jemnozrnnými až hrubozrnnými písky (obr. 3g, h). Nevápnité písky byly bezfosilní, proto bylo genetické a provenienční studium soustředěno na posouzení asociací průsvitných těžkých minerálů. Obecně, či spíše teoreticky přicházejí v úvahu jako zdroje detritu lokální horniny, tedy především magmatity brněnského masivu a devonská klastika. Dalšími možnými zdroji byly sedimenty mladších formací, tedy v menší míře jurské sedimenty, dále usazeniny sladkovodního cenomanu peruckých vrstev, a především rudické vrstvy. Do úvahy bylo nutno brát i mladoterciární sedimenty ottangu a badenu. Škálu potenciálních zdrojů uzavírají nejmladší fluvialní kvartérní sedimenty. Všechny zmíněné potenciální zdroje mají naštěstí dosti specifické asociace průsvitné těžké frakce, proto naděje na úspěch byla značná.

Ze štoly č. II byla studována výplň dutiny 10 m od vchodu, tvořená hnědým, jemně až středně zrnitým pískem. Ze štoly č. I (poblíž Vaječnicku) byly studovány jemnozrnné písky z dutiny 30 m od vchodu a hrubozrnné písky z dutin vzdálených 55 m a 60 m od vchodu.

Z asociací uvedených v tab. 1 je zřejmé, že vzorky z metrů 55 a 60 z I. štoly mají díky staurolitovým asociacím nejblíže k pískům ottangu. Pouze písky ze štoly

Obr. 4: Poměry vybraných typomorfních minerálů v průsvitné těžké frakci allochtonních písků (P1-4), v granodioritech (G1, G2) a pískovci (BKD), přesnější lokalizace a charakteristika viz obr. 1, 2 a tab.1.

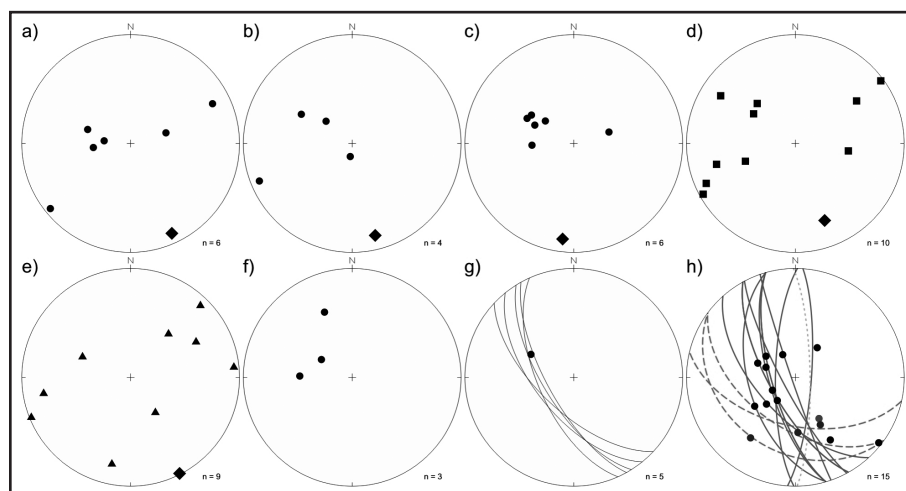
Fig. 4: Relations of selected typomorphic minerals in the translucent heavy mineral assemblages of the allochthonous sands (P1-4), of granodiorites (G1 and G2) and of sandstone (BKD). More detailed location and specification see Fig. 1 and 2 and Tab. 1.



Preparát, LOKALIZACE	granát	zirkon idiomorfní	zirkon oválný	apatit	rutil	turmalín	epidot	staurolit	amfibol	kyanit	ostatní	značka viz obr. 4	litologie
3157-BO137A – štola 1 – 60 m	2,1	1,3	1,3	0,4	3,4	1,5	1,1	78,2	1	7,1	2,6	P1	písek
3174-BO137B – štola 1 – 55 m	2,1	6,4	5,6	6,4	10,6	5,3	3,9	50,5	2,5	3,9	2,8	P2	písek
3156-BO137C – štola 1 – 30 m	20,8	4,5	8,0	1,2	7,0	3,8	0,5	44,0	0,2	6,1	3,9	P3	písek
3201-BO138A – štola 2 – 10 m	0,0	0	0,0	0,0	3,4	7,6	1,7	74,8	0	10,9	1,6	P4	písek
3154-BO138B – štola 2 – 70 m	0,0	30	1,2	66,9	0,0	0	0,7	0,0	0	0,0	1,2	G1	granodiorit
3176-BO138C – štola 2 – 70 m	0,0	64,7	8,8	20,6	0,0	2,9	0	0,0	0	0,0	3,0	G2	granodiorit
3154-BO138D – štola 2 – 60 m	1,3	39,1	13,7	31,7	0,5	0,8	0,3	0,0	0	0,0	12,6	BKD	pískovec

Tab. 1: Tabulka asociací průsvitných těžkých minerálů (mod. %) ze štol č. III a IV.

Tab. 1: Summary sheet of the translucent heavy mineral assemblages (mod. %) from adits No. III and IV.



Obr. 5: Strukturální diagramy (spodní polokoule, Lambertova projekce): a – póly vrstevnatostí ze štoly I; b – póly vrstevnatostí ze štoly II; c – póly vrstevnatostí ze štoly III; d – póly kliváže ze štoly I; e – póly násunových zlomů ze štoly II; f – rýhování na násunových zlomech ze štoly II; g – orientace jílovité střížné zóny a rýhování na ní (štola II); h – mladé zlomy s jílovitou výplní a jejich rýhování (plně bez určeného smyslu pohybu, čárkovaně přesmyčky, tečkované poklesy). Průměrné osy vrás vyznačeny diamantem.

Fig. 5: Tectonic plots (lower hemisphere, equal area projection): a – poles to bedding in adit I; b – poles to bedding in adit II; c – poles to bedding in adit III; d – poles to cleavage in adit II; e – poles to thrust planes in adit II; f – striae on thrust planes in adit II; g – orientation of the shear zone with granitoid boudins (adit II); h – young faults with clay fill (solid line for faults with undefined shear sense, dashed line for reverse faults, dotted line for normal faults). Mean fold axes are marked by black diamonds.

č. I z metráže 30 vykazují pestřejší složení. Konkrétně zastoupení granátů (21 mod. %) prozrazuje příměs detritu kulmské proveniencí transportovaného buď paleotokem Křtinského potoka anebo již dříve do písků ottnangu. Vzorek z druhé štoly (10 m od vchodu) je výrazně staurolitický, granát zcela chybí a typomorfní těžké minerály rudických písků tvoří téměř 98 % průsvitné těžké frakce. Kvantitativní rozdíl od typické „rudické“ asociace tkví u tohoto vzorku ve výrazné redukci kyanitu na úkor staurolitu. Takovou změnu můžeme vysvětlit mechanickou destrukcí dokonale štěpných kyanitů během redepozice do dutin a jejich relativním ochuzením vůči staurolitům. Důležité poměry mezi ultrastabilními minerály, tedy výrazná převaha turmalinů nad rutily, zůstaly neporušeny. Vápence Babické plošiny jsou pokryty relikty jak rudických vrstev, tak miocenních písků, které byly redeponovány a zaklesávaly do vápencového podloží.

Strukturální prvky

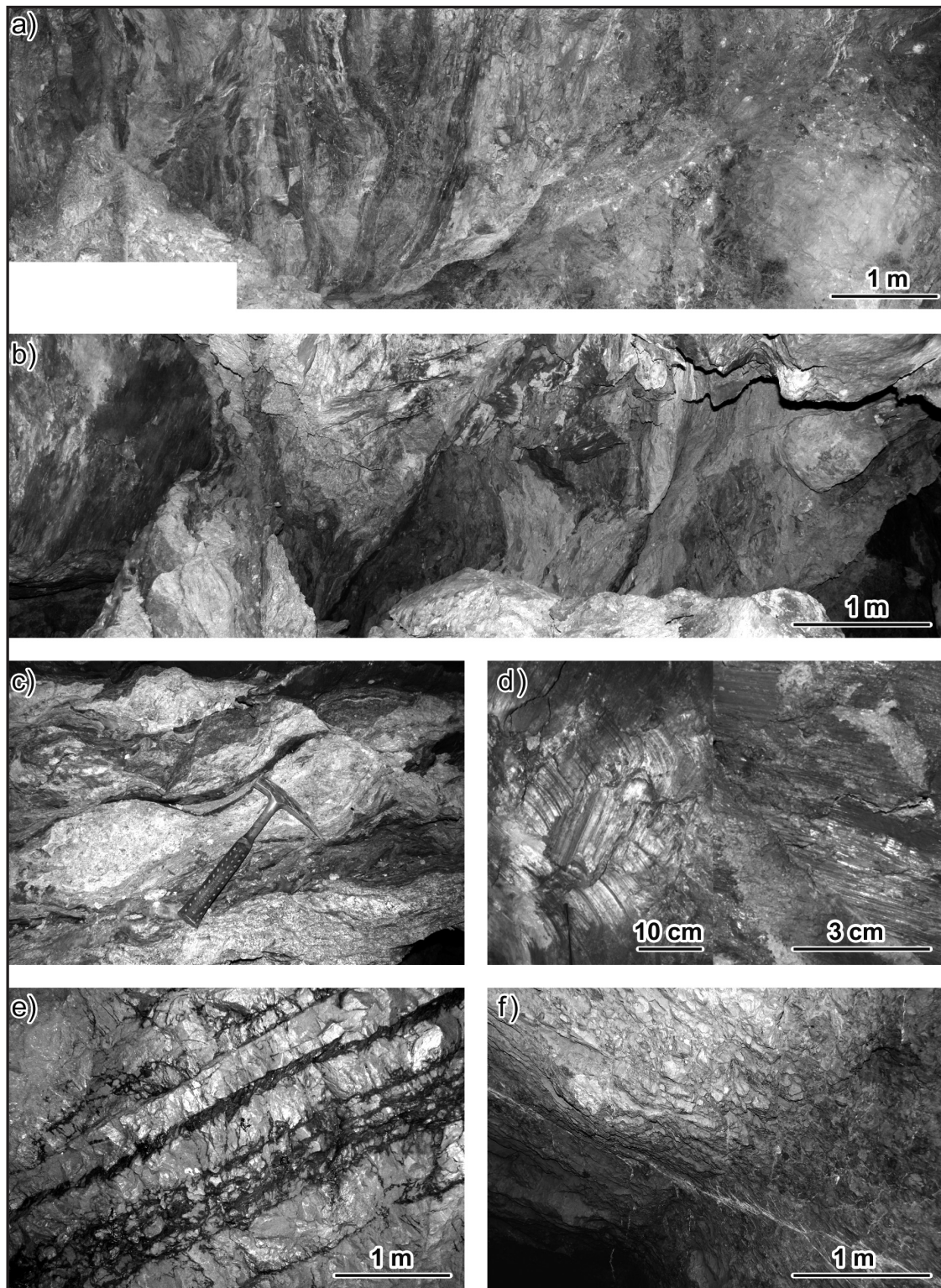
Měření vrstevnatosti ve všech štolách potvrdila poměrně jednoduchou monoklinální, k J až JV se uklánějící stavbu (obr. 5) porušenou pouze několika vrásami. Jedná se o přímé rozevřené vrásy větších (metrových) vlnových délek. Poblíž střížných zón (viz dále) vznikla ve vápencích i bazálních klastikách výrazná kliváž, která je zvrásněná ve vrásy menších měřítek (decimetry), jejichž osy se uklánějí také mírně k JV (obr. 5d), i když jednotlivé vrásové osy mají od hlavního trendu poměrně velký rozptyl. Za zmínku také stojí vrása odlepení ve štolě č. I v podloží násunového zlomu (obr. 2).

Štoly ve Křtinském údolí zachytily dvě výrazné tektonické zóny (obr. 1). Ve štolě č. IV byl zachycen kontakt

brněnského masivu s bazálními klastiky a lažáneckými vápenci cyklu Býčí skály. Ačkoliv jsou horniny v „normálním sledu“ (obr. 2), struktury na jejich kontaktech naznačují spíše tektonický charakter těchto kontaktů. Jasně patrné je narůstání deformace v lažáneckých vápencích směrem ke kontaktu s bazálními klastiky a potažmo horninami brněnského masivu. Ta se projevuje vznikem mezivrstevních střížných zón paralelních s vrstevnatostí, provázených vznikem kliváže a tlakovým rozpouštěním (obr. 6e). Hornina získává charakteristickou černou barvu v důsledku relativního nabohacení nerozpustným zbytkem převážně organického charakteru. Směrem ke kontaktu tyto zóny přibývají, objevuje se také kliváž mírně kosá k vrstevnatosti (cca 26°). Vlivem

křížení kliváže paralelní s vrstevnatostí s touto kosou klivází a tlakovému rozpouštění došlo ve vápencích ke vzniku „hlíznaté“ textury (obr. 6f). Postupně je takto postižen čím dál větší objem horniny. Nejbližší kontaktu je deformace tak intenzivní, že došlo ke vzniku tzv. plástevnaté textury známé např. z intenzivně deformovaných sledů hranického paleozoika (např. Dvořák 2005) – tedy ke vzniku výrazné kliváže až mylonitové foliace (obr. 6f).

Ve štolě č. II byly zachyceny tři struktury (deformační zóny), které spolu pravděpodobně úzce souvisejí (jsou odděleny mladšími zlomy, takže je rekonstrukce jejich vztahů podstatně ztížena). V lažáneckých vápencích je těsně před závalem vyvinuta tenká šupinovitá struktura (obr. 6a). Jednotlivé šupiny jsou odděleny mylonitovými zónami, zbarvenými do černa relativním nabohacením organické hmoty při tlakovém rozpouštění během deformace. Tyto mylonitové zóny jsou provrášněny, póly ploch mylonitizace padají v diagramu na obr. 5e na oblouk, jehož π -pól se uklání k JV a je tedy do značné míry kompatibilní s vrásovými osami (obr. 5). Rýhování změřená na násunových plochách se uklánějí k SZ. Smysl pohybu se nepodařilo spolehlivě zjistit ani v makro- ani v mikroměřítku. Přestože byly dvakrát odebrány vzorky na určení stratigrafie z každé ze 4 šupin, byla většina vzorků negativních a ty co nebyly, prokázaly stejné stáří vápenců, takže nelze stanovit délku sunutí těchto násunů, a tedy ani významnost této struktury. Může se jednat o doprovodnou strukturu nějaké významnější násunové zóny. Dále na JV bylo vymapováno několik šupin bazálních klastik postižených silnou provrášněnou klivází s generelním úklonem k JJV (obr. 5d). Jednotlivé šupiny jsou odděleny střížnými zónami, na některých jsou zavlečeny šupiny vápenců (obr. 6b vpravo).



Obr. 6: Deformační struktury zastižené štolami ve Křtinském údolí: a – šupinovitá stavba lažáneckých vápenců ve štolu II; b – „jílovitá“ střížná zóna s budinami brněnského masivu (vlevo) a šupinou vápence v bazálních klastikách (vpravo); c – budiny granodioritu, štolu II; d – detaily výplní mladých zlomů, vlevo ze štoly II, vpravo ze štoly I; e – mezivrstevní střížné zóny v lažáneckých vápencích zvýrazněné kliváží a tlakovým rozpouštěním, v centrální části počáteční stadium vzniku „hlíznaté“ textury, štolu IV; f – silně deformované lažánecké vápence při kontaktu s bazálními klastiky, „hlíznatá“ textura přechází s narůstající deformací postupně až v „plástevnatou“ texturu, štolu IV.

Fig. 6: Deformation structures documented in the Křtiny vally adits: a – tectonic slices of the Lažánky limestone in the adit II; b – “clay” shear zone with granodiorite boudins (in the left) and a slice of limestone in the basal clastics (in the right); c – granodiorite boudins, adit II; d – clay fill details of two young faults, adit II in the left, adit I in the right; e – bedding parallel shear zones in the Lažánky Limestone marked by cleavage and pressure solution, in the central part note that the limestone is sheared into “nodular” structure, adit IV; f – highly strained Lažánky Limestone at the contact with basal clastics, the “nodular” structure transforms into “plate” structure near the contact, adit IV.

Na hranici bazálních klastik a nadložních lažáneckých vápenců je vyvinuta snad nejzajímavější deformační zóna, která nepostihla pouze bazální klastika a vápence, ale obsahuje i šupinu granodioritů brněnského masivu (obr. 6b). Tato střížná zóna má orientaci 230/65 a podařilo se na ní změřit i rýhování – 298/53. Horniny brněnského masivu tvoří několik centimetrů až decimetrů mocné budinované polohy. Makroskopicky, i podle charakteru budináže jsou do této zóny zapracovány dva typy granitoidů (obr. 3b, 3c). Jedná-li se o různé typy granodioritů, různý stupeň jejich alterace či o žílu aplitu či pegmatitu není zatím jasné. Zajímavé ovšem je, že celá, několik metrů mocná, střížná zóna je silně alterovaná (v podstatě přeměněná v jílovitou hmotu), a to jak granitoidy, tak i bazální klastika, a obsahuje mocné polohy silně prohněteného tektonického jílu.

Podobnou tektonickou zónu zachytila i štola č. I, pouze s tím rozdílem, že místo budinovaných granodioritů obsahuje v nejsvrchnějších partiích cca 1 m mocnou šupinu granodioritu v nadloží granodioritové brekcie tmelené tmavě šedým jílem (obr. 3a). Podle pozice brekcie v podloží mocné šupiny granodioritu a charakteru tokových staveb mezerní hmoty se pravděpodobně jedná o tektonickou brekciu. Pod touto brekcií leží poloha tmavě šedého provrásněného jílu a pod ní šupina zelenošedých, silně alterovaných bazálních klastik.

Ve všech štolách byly zaznamenány zlomy s různými výplněmi. Nejzajímavější jsou zlomy s jílovitou výplní. Nejčastější jsou rezavě až masově červené jíly, dále okrové a tmavě šedé jíly (obr. 6d). Z diagramu na obr. 6d lze vyčíst dvě nevýrazné skupiny zlomů: 1) ssz.-jjv. orientované zlomy s rýhováními orientovanými po spádnicí s neurčeným smyslem pohybu (což je bohužel u těchto zlomů poměrně častý jev); 2) většinou zsz.-vjv. orientované levostranné přesmyky. Silná přednostní orientace zlomů a absence indikátorů smyslu pohybu na drtivě většině z nich však v podstatě vylučuje provedení napjatostní analýzy a sofistikovanější separaci zlomů do homogenních fází. Získané výsledky by byly extrémně zavádějící.

Diskuze a závěr

Studium průsvitné těžké frakce písků v krasových dutinách ukázalo velkou podobnost sedimentů s facií rezavě okrových písků ottangu. Analogické asociace byly zastíženy na mnoha lokalitách Brněnska (např. Bystrc – Buriánek et al. 2012, lokalita Bohunice – Nehyba et al. 2007). Vysoké zastoupení staurolitů v těžké frakci písků ottangu popisuje i Hypr (1957). Staurolitem bohaté asociace jsou poměrně běžné v pískách relativně výše situovaných, geneticky starších jeskyní (např. Otava 1989, Němec – Otava 2006). Jeden ze vzorků je vysvětlován spíše redepozicí sedimentů rudických vrstev.

Orientační studium průsvitné těžké frakce devonských pískovců a neoproterozoických granodioritů, resp. produktů jejich alterace naznačuje možnost odlišení

magmatitů od pískovců na základě posouzení zirkonové populace. Magmatity mají 7×, resp. 25× více idiomorfních zirkonů, nežli oválných, zatímco u sedimentů je tento poměr výrazně nižší, méně než 3. Ternární diagram znázorňující poměry idiomorfních zirkonů, oválných zirkonů a staurolitů navíc spolehlivě oddělí allochtonní písky od sypkých produktů alterace pevných hornin (obr. 5).

Strukturní situace ve štolách I a II není přes všechny získané údaje zatím zcela jasná. Za prvé není zcela jasný charakter střížné zóny/násunu ve štole č. II. Šupiny bazálních klastik mají opačný sklon než mylonitové zóny ve vápencích i než střížná zóna s budinami granitoidů. Mohlo by se tedy jednat o protikloně orientovaný duplex mezi dvěma násuny. Všechny tři struktury by také mohly být součástí jedné násunové zóny s normální asymetrií šupin, která byla zvrásněna mladší deformačí. V tomto případě by tato tektonická zóna mohla reprezentovat starší generaci násunů (ve smyslu Melichara – Kalvody 1997, Reze et al. 2011), které byly převrásněny vlekem při nasouvání mladší generace násunů. Podobná struktura byla popsána v údolí Křtinského potoka 1 km od Adama (Rez – Melichar 2002). S touto druhou možností se pojí možnost třetí: šupinovitá zóna bazálních klastik by mohla reprezentovat starší generaci násunů a střížná zóna s budinami brněnského masivu mladší generaci násunů. Tuto možnost podporuje i fakt, že ve štole č. I je přítomna pouze střížná zóna s brněnským masivem.

Druhým problémem ve štolách č. II a I je relativní stáří jílovitých střížných zón s budinami brněnského masivu. Zlomy s jílovitou výplní, která vznikla mechanickým drcením horniny až na tektonický jíl, jsou obecně považovány za velmi mladé, protože jejich jílovitá výplň „nestihla“ litifikovat. Jílovité střížné zóny však nesou známky plastické, a pravděpodobně tedy starší deformace (rozhodně deformace v diametrálně odlišném tlakově-termnálním režimu). Jedná se tedy pravděpodobně o mladší reaktivaci starší tektonické zóny. Tento fakt podporuje shodná orientace starší střížné zóny s přednostně orientovanými zlomy s jílovitou výplní (obr. 4g, h). Nicméně shoda směrů rýhování na evidentně starých násunových strukturách (obr. 4f) s rýhováními na takto zmlazených plochách (obr. 4g) a zároveň s rýhováními na evidentně mladých zlomech (obr. 4h) je přinejmenším zajímavá a volá po hlubší analýze.

Poděkování

Autoři děkují J. Hladilovi a P. Čápovi za pomoc při petrografickém a biostratigrafickém popisu vzorků. L. Kociánové za vynesení štol do topografické mapy a v neposlední řadě CHKO Moravský kras (dr. A. Tůmovi) za iniciaci celé akce a povolení vstupu do štol. Práce byla vypracována s finanční podporou projektu ČGS 390003 (Základní geologické mapování území České republiky 1 : 25 000 – oblast Brněnsko).

Literatura

- Buriánek, D. – Tomanová Petrová, P. – Otava, J. (2012): Kde je zdroj klastických sedimentů miocénu Brněnska? – Acta Musei Moraviae, Scientae geologicae, 97, 1, 153–166.
- Dvořák, J., et al. (1961): Zpráva o výzkumném úkole č. X. Základní výzkum moravského paleozoika, část I. Závěrečná zpráva o základním výzkumu devonu a spodního karbonu Moravského krasu. – MS Geofond Praha.
- Dvořák, J. – Pták, J. (1963): Geologický vývoj a tektonika devonu a spodního karbonu Moravského krasu. – Sborník geologických věd, Geologie, 3, 49–84. Praha.
- Hladil, J. (1983b): Cyklická sedimentace v devonských karbonátech macošského souvrství. – Zemní plyn a nafta, 28, 1, 1–14. Hodonín.
- Hypr, D. (1975): Miocenní jeskynní sedimenty v oblasti Moravského krasu a okolí. – MS diplomová práce, PŘF UJEP Brno.
- Melichar, R. – Kalvoda, J. (1997): Strukturně-geologická charakteristika němčicko-vratíkovského pruhu. – Sborník II. semináře České tektonické skupiny, 51–52.
- Nehyba, S. – Otava, J. – Bubík, M. – Petrová, P. – Kirchner, K. (2007): Miocenní sedimenty v Brně-Bohunicích (ubytovna Fakultní nemocnice Brno). – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 2006, 14, 31–34. Brno
- Němec, F. – Otava, J. (2006): Provenience a geneze sedimentů puklin a jeskyní Stránské skály. – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 2005, 13, 14–15. Brno.
- Otava, J. (1989): Těžké minerály jeskynních písků Suchého žlebu a okolí. – Sborník Okresního muzea Blansko, 65–69. Blansko.
- Otava, J. – Audy, I. – Audy, M. – Buriánek, D. – Baldík, V. – Gilíková, H. – Hanžl, P. – Havíř, J. – Novotný, R. – Vít, J. (2007): Nástin geologie jeskyně Suchdolský ponor a okolí v Moravském krasu. – Speleofórum 2007, 26, 90–95.
- Rez, J. – Melichar, R. (2002): Tektonika výskytu devonu u Adamova. – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 2001, 9, 57–61.
- Rez, J. – Melichar, R. – Kalvoda, J. (2011): Polyphase deformation of the Variscan accretionary wedge: an example from the southern part of the Moravian Karst (Bohemian Massif, Czech Republic). – In: Poblet, J. – Lisle, R. J. (eds): Kinematic Evolution and Structural Styles of Fold-and-Thrust Belts. – Geological Society Special publications, 349, Geological Society London, 223–235.