

## VÝVOJ ZEMSKÉ KÚRY V ZÁPADNÍCH ČECHÁCH

### Strukturní analýza barrandienského proterozoika stříbrsko-plaského pruhu

#### Structural analysis of Barrandian Proterozoic in the Stříbro-Plasy zone

DAVID DOLEJŠ

(11-42 Manětín, 12-31 Plasy)

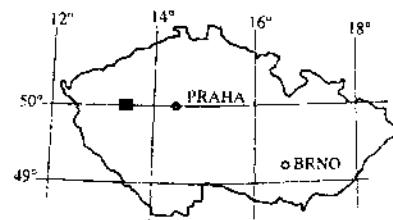
*Barrandian, Proterozoic, Folding, Cleavage, Structural analysis*

Svrchnoproterozoické vulkanosedimentární sekvence v sz. křídle Barrandie jsou charakteristické postupně rostoucí intenzitou deformace a velmi slabou až slabou regionální metamorfózou. V jejich současné geologické stavbě se proto odrážejí primární litologické vztahy i sekundární deformačně metamorfické struktury různého charakteru a měřítka. Tato skutečnost je zřetelně vyjádřena dlouhotrvajícími spory o charakteru a vztahu současné břidličnatosti k původní vrstevnatosti (např. Fediuk 1994). Cílem provedeného strukturního výzkumu ve stříbrsko-plaském pruhu bylo zjištění vztahu původních sedimentárních struktur a naložených deformací v několika profilech údolí Osopojenského potoka, Chladné, Střely (Ondřejov - Rabštejn), Lučného potoka a samostatných profilech mezi Řemešinem, Bukovinou a Trojany. Vybrané profily zachycují všechny zdejší litologie i známé deformační domény a hlavní části megavrásových struktur. Pro porovnání s nedávnou zprávou z lomu Oráčov (Fediuk 1994) byl proveden stejný výzkum i v této oblasti.

**Geologický přehled.** Území je tvořené rovnoplochými monotónními fylitickými břidlicemi až fility, závalkovými fility a gradačně zvrstvenými břidličnými až drobovými rytmity až laminity s tělesy bazických až ultrabazických vulkanitů, v jejichž okolí se vyskytují vložky grafických břidlic. Stupeň metamorfózy odpovídá hlubší části chloritové zóny (poblíž biotitové izogrády). Zrnitost metaaleuropelitů dosahuje 10–30 µm. Hodnoty illitové krystallinity se pohybují mezi 0,19–0,20 Δ° 20 ve všech zrnitostních frakcích. Muskovit patří výhradně polytypu 2M. Tato zjištění, v souladu s minerální asociací křemen-albit-chlorit-fengitický muskovit, odpovídají teplotám 350–400 °C.

Strukturně se studovaná oblast nachází ve společném křídle kralovického synklinoria a rabštejnského antiklinoria (Holubec 1988) a zachycuje několik dříšek vrásových struktur tvořených foliací S<sub>2</sub> a pásu intenzivní vertikální křiváze S<sub>3</sub> (Manětín-Brdo-Rabštejn). V jádru vrás je sklon foliace obvykle vertikální (osní křiváž); výjimku představuje tzv. ondřejovská synklinála (Andrusov 1925) v rovnoplochých fylitech, která má charakter ostře zašpičatělé krokvice megavrásy. Hlavní foliace S<sub>2</sub> má sv.-jz. až ssv.-jjz. směr; na hranicích litologických jednotek nebyla prokázána refrakce foliace, ale plynulý přechod z penetrativních do oddálených a puklinových typů, což umožňuje využití vztahu mezi osními (krenulačními) a penetrativními křivážemi v různých horninových typech ke zjištění sukcese vzniku křiváží v této oblasti.

Úplný výčet strukturních prvků studované oblasti zahrnuje několik typů foliací (S<sub>0</sub> – vrstevnatost, S<sub>1</sub> – vrstevní



břidličnatost, S<sub>2,3</sub> – křiváž) a jejich intersekční lineace (hlavně L<sub>3</sub>). Křiváže se dále rozdělují na penetrativní, oddálené, puklinové, krenulační a osní typy. Většina křiváží má osní polohu vůči starším vrásův strukturám různého měřítka. Velikost vrás je úměrná složení (relativní kompetenci) a poměru poloh tzv. vícevrstevních horninových souborů; kolísá od mm (fylitické svraštění, tj. krenulační lineace), 5–20 mm (krenulační zvrásnění), až k vrásám decimetrových a metrových rozměrů. Relativně nejmladší jsou zalomené vrásy (kink folds) centimetrových rozměrů v rovnoplochých fylitech. Následující přehled se zabývá strukturními prvky v jednotlivých horninových typech podle jejich rostoucí kompetence a klesající reologické anizotropie.

**Fylitech** je hlavní foliací metamorfické břidličnatost S<sub>2</sub> ssv.-jjz. až sv.-jz. směru a sklonu 45–90° k JV i SZ. Ojediněle se směr S<sub>2</sub> mění ostře a vzniká doména se dvěma rovnoplochými křivážemi (okolí žcl. zast. Mladotice), odpovídajícími lokálně různě orientovaným napěťovým polem. Častější systém křiváží má penetrativní charakter, méně hojný odpovídá oddálené křiváži (až 30 cm).

Foliace S<sub>2</sub> má charakter penetrativní rovnoploché křiváž, místy zvýrazněný křemenným žilkováním; ojediněle husté provlnění vyvětrávajících ploch, příp. i křemenných žilek naznačuje, že je krenulační křiváž vůči původní vrstevnatosti S<sub>0</sub>, resp. vrstevní břidličnatosti S<sub>1</sub>. Pouze vzácně je S<sub>2</sub> zvlněna drobnými vrásami (osa 235/10, z. od Ondřejova), deformována iniciálním svraštěním (214–220/24–30, 252/10) nebo ostrými až „duktilními“ kompresními zalomenými vrásami (osy 218/14–26, sv. okraj Rabštejna), příp. vrásami metrového rádu, vytvářejícími vlastní osní, oddálenou (15–20 cm) křiváž S<sub>3</sub> (297/56). Výskyt zalomených vrás je obvykle omezen na jílové až prachovité variety fylitů se značným obsahem fylosilikátů, tj. reologickou anizotropií.

Projevy transpozice vrstevní břidličnatosti S<sub>1</sub> do křiváž S<sub>2</sub> byly pozorovány v sekvenčních filitu s laminami nebo polohami hrubších prachovcových sedimentů. Např. jjz. od Trojan se vyskytují laminární fylitické břidlice (slabě metamorfované prachové břidlice) s krenulační křiváží S<sub>2</sub> (324/83) a v sousedních fylitických prachovitých až jílových břidlicích přecházejí krenulační vrásy do intrafoliacních, silně vytažených vrás, téměř splývajících s penetrativní křiváží. Ve větším měřítku se transpozice projevuje

ve střídání zvrásněných ( $F_2$ , osa 210/03) metasedimentů (Luční potok) – zbřidličnělé a vnitřně slabě noncylindricky zvrásněné metaprachovce tvoří litony (30–50 cm), jejichž hranice jsou konformní s kliváží  $S_2$  okolních fyllitů, které již nemají stopy původní vnitřní stavby.

Mezi Rabštejnem nad Střelou a Manětínem probíhají pásy intenzivní kosé kliváže  $S_3$ , postihující fyllity, příp. i metadropy, které byly těženy jako pokrývačské břidlice. V Rabštejně je původní foliace  $S_2$  ve formě oddálené kliváže (121/64); mladší „pokrývačská“ foliace  $S_3$  má charakter penetrativní kliváže (101–106/81–86) s drobnými flexurami (09/09) a asymetrickými kompresními zalomenými vrásami se stejnou orientací jako flexury. Ojediněle se vyskytuje i zalomení dalších orientací. Průsečnice kliváží  $S_2$  a  $S_3$  odpovídají drobným otevřeným vráskám až jemnému svraštění (intersekční lineace L, 184/46). Další fázi deformace, zsz.-v.jv. extenze, odpovídají konjugované, strmě ukloněné zlomy (poklesové křehké stříhy symetrické kolem ploch kliváže), a symetrické (osa 196/12) i konjugované asymetrické kompresní zalomené vrásy.

V souvrství **závalkových fyllitů** v okolí Hodovíze má břidličnatost  $S_2$  mírné oddálení (čočkovité závalky); v místech intenzivnější komprese (vertikální sklon kliváže), přechází čočkovité závalky do průběžné laminace (ssv. od Hodovíze).

**Laminární a rytmicky zvrstvené fyllity až metadropy**, s mocností lamín a poloh aleuropelitů od 1 mm do 50 cm, mají břidličnatost v podobě osní krenulační kliváže s oddálením 3–15 mm (např. krenulační kliváž  $S_2$  137–147/77–85 v okolí Kalce); ve vložkách metadrop a prokřemenělých metaprachovců přechází  $S_2$  do osní kliváže decimetrových vrás. Severně od Bukoviny jsou zvrásněné prachové až drobové břidlice s krenulační kliváží  $S_2$  138/88. Krenulační vrasy přecházejí do zvlněných ploch vrstevní břidličnatosti ( $S_1$  171/25, 145/72). Mediánová linie krenulačí vytváří větší symetrické vrasy (2–3 dm), vytvořené ohybem vrstevní břidličnatosti.

V kompetentních **polohách masivních metaprachovců až metadrop** má břidličnatost charakter osní kliváže krenulačních vrás (Osojenský potok), příp. oddálené osní kliváže metrových vrás (s. od Hodovíze, Kozičkův mlýn – Železný Hamr). Relikty vrstevní břidličnatosti  $S_1$ , často sledované křemenným žilkováním, jsou zvrásněny do ohybů decimetrových až metrových řádů s oddálenou osní kliváží  $S_2$  a mladším křemenným žilkováním (např. v. od Trojan). V rokli v.jv. od Řemešina jsou prachové břidlice až břidličnaté droby s břidličnatostí  $S_2$  135–148/65–87 se vzácným svraštěním a sz.-vergentními vrásami ( $F_3$ , osa 232/30), indikujícími násun v ploše foliace.

V okolí Brda a Hrádku postihuje mladší intenzivní kliváž  $S_3$  i kompetentní metadropy. Na j.v. okraji pásu kliváže  $S_3$  se vyskytuje silně zbřidličnělé metadropy (penetrativní  $S_2$  122/75, oddálená  $S_3$  126/88, intersekční lineace L, 215/01). Východně od Brda se těžily jako pokrývačské břidlice silně zbřidličnělé metadropy s vertikální penetrativní foliací  $S_3$ , místy s transponovanými litony fyllitů (do 10 cm), vzácně se svraštěním (224/02), příp. s asymetrickým krokvicevitým svraštěním (222/09) a oddálenou kliváží (111/85, 30 cm). Východně od Manětína je vyvinuta v prachových až drobových břidlicích penetrativní kliváž ( $S_{2,3}$  130–140/77) s krenulační lineací (svraštění 231/10) a decimetrovými flexurami (42/02). Hojně jsou zalomené

vrásy dvou konjugovaných systémů, nezávislých na průběhu foliace a odpovídajících s.-j. horizontální komprese.

Studium **metabazaltů** přineslo další zajímavé výsledky. Metapikrit j. od Řemešina májí hlavní břidličnatost  $S_2$  142/40, protínanou plochami 269/35 s intersekční lineací 211/21 (nelze vyloučit krenulační provrásnění). V okolí Strážiště se vyskytuje kontaktně metamorfované, velmi jemnozrnné a masivní metabazalty, které jsou často v mikroskopickém měřítku tvořeny drobně provrásněnou mylonitovou foliací. V polohách metatufů (např. u Kozičkova mlýna) obsahují metabazalty penetrativní kliváž  $S_2$  shodnou s kliváží okolních metasedimentů, která v polohách masivních vulkanitů přechází do stejně orientované puklinové (decimetrové) kliváže. Mezi klivážovými plochami se vyskytuje epidotem bohatší, drobně provrásněné (centimetrově-decimetrově) polohy, naznačující původní stratifikaci  $S_0$ , vůči níž má dnešní kliváž osní pozici. Podobně metabazaltový pruh u soutoku Vysočanského a Lučního potoka je v okrajových částech silně zbřidličnělý, s nevýraznou oddálenou (10 cm) kliváží  $S_2$ , která má osní charakter k provrásněným křemenným žilkám a hnězdům. Drobné výskyty metagaber mezi metabazalty u Strážiště, jsou nehomogenně deformované – všeobecně zmíté až silně mylonitizované (deformační makrostruktury jsou zvýrazněny pozdější kontaktní rekristalizací).

**Kontaktní metamorfity lomu Oráčov** v exokontaktu čistecko-jesenického granitoidního plutonu obsahují několik poloh (litonů) grafitických břidlic, které využil Fedík (1994) jako indikátoru průběhu původní vrstevnatosti. Kamenolom dnes odkrývá celou řadu puklinových kliváží, vrás různých rozměrů i krenulací; mezi mnoha jevy však existuje výjimečná souvislost. Hlavním strukturním prvkem je oddálená kliváž  $S_2$  (158/55 až 305/85), která odpovídá osní kliváži decimetrových vrás i drobných krenulací, zvláště vyvinutých v litonech grafitických břidlic, jejichž omezení sleduje z větší části zmíněnou kliváž (!), z části se odehyluje a vytváří ostré vzpřímené vrasy  $F_2$  metrových rozměrů s vytaženými vrcholy. Vznik těchto vrás pravděpodobně souvisí s horizontální sz.-jv. kompresemi, při které vznikla i osní kliváž a pravděpodobně i krenulace. Kliváž je lokálně ohýbána do vrás decimetrového řádu (osa 49/05). Ve středu horní etáže lomu se vyskytuje symetrické puklinové kliváže (135/63–79 a 324/72), sousedící s vertikální osní kliváží širokých rozevřených vrás, postihující lavicovitě zvrstvené, subhorizontálně uložené ( $S_{0,1}$ ) břidlično-drobové metasedimenty. Amplituda rozevřených vrás roste s klesající mocností lavic a rostoucím pomarem nekompetentních poloh.

**Starší deformace.** Původní práce Holubec (1968) vyčleňuje 4 fáze vzniku deformačních struktur kadomského stáří. Provedená analýza však ukazuje, že podobná prostorová orientace a úzká souvislost různých deformačních struktur s litologickým vývojem je výsledkem pouze menšího množství (2–3) deformačních fází. Projevy nejstarší deformační fáze D<sub>1</sub> vytvářející vrstevní břidličnatost z původní vrstevnatosti nejsou zachovány. Následující fáze D<sub>2</sub> (sz.-jv. horizontální komprese), vytvářející megavrásou a drobně vrásou stavbu s interní kliváží  $S_2$ , se projevuje velmi výrazně. Výsledné struktury (penetrativní kliváž, krenulace, drobné vrasy) jsou postdatovány kontaktní metamorfózou mladotického komplexu, který Cháb (1975) považuje za kadomský. Pravděpodobně kadomské stáří D<sub>2</sub>

potvrzuje i přítomnost regionálně nemetamorfovaného a nedeformovaného staršího paleozoika v Hluboké u Žihle (Veleman - Cháb 1974). Existence významných násunů v rámci raně variské paliové struktury (pop-up structure) mezi Plzní a Teplicou (Zulauf et al. 1994) nebyla prokázána. Otevřenou otázkou zůstává případný deformacní projev termální rejuvenace 375–380 Ma (Dallmeyer - Urban 1994), pravděpodobně spjaté s regionální metamorfózou v tepelském krystaliniku. Vznik mladších struktur – kliváže  $S_3$ , drobných zalomených vrás – nelze časově zařadit; různě orientované drobné zalomené vrásy souvisí s lokálními stříhy podél ploch kliváže při jejím vzniku nebo i pozdější křehké deformaci. Mladší křehké deformace reprezentují poklesové zlomy v proterozoiku (161–170/37–55), v karbonu (tzv. malměřicko-chrášťovická dislokace ssv.-jjz. směru, a další v.-z. a sz.-jv. zlomy) i v tertiéru (sz.-jv. směr). Většina zlomových systémů má své ekvivalenty i v puklinových systémech: 225–240/40–90 + 45–65/78–90, 128–134/82–90 + 305–315/80–90 a 350–005/60–90 + 175–185/67–81. Vznik křehkých deformací je pravděpodobně předkarbonský, doložitelný výplní žilných hornin, ale na téměř všech zlomech docházelo k obnovení pohybů. Neoktektonická aktivita patrně končí (podle denivelace zarovnaných povrchů) na rozhraní mio-cénu a pliocénu.

Současná břidličnatost v proterozoiku stříbrsko-plaského pruhu představuje metamorfí kliváž  $S_2$ , která má ve všech horninových typech osní polohu vůči původní vrstevnatosti  $S_0$ , resp. vrstevní břidličnatosti  $S_1$ . Vzhledem k cylindricitě vrásových struktur i převážně subhorizontálnímu průběhu vrásových os zůstávají hranice jednotlivých geologických jednotek směrově shodné s průběhem kliváže  $S_2$ , avšak jejich sklon je vždy odlišný a případně protiklonný. Získané poznatky jsou v dobrém souladu s představami Holubce (1968) o vztahu vrstevnatosti a břidličnatosti, i se zjištěním Synka (1983), že dnešní břidličnatost

tost představuje krenulační kliváž. Různý stupeň deformace kompetentních metagaber dokládá heterogenní distribuci deformace, která společně se vzácnými ukloněnými vergentními vrásami, naznačuje potenciální výskyt střížných zón versus méně deformovaných domén.

## Literatura

- Andrusov, D. (1925): Předběžná zpráva o geologickém mapování na Plassku (list Královice-Břasy) v r. 1925. – Věst. St. geol. Úst. Čsl. Republ., 1, 119–126.  
 Dallmeyer, R. D. - Urban, M. (1994): Variscan vs. Cadomian tectonothermal evolution within the Teplá-Barrandian Zone, Bohemian Massif, Czech Republic: evidence from  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  mineral and whole rock slate/phyllite ages. – J. Czech Geol. Soc., 39, 1, 21–22.  
 Fediuk, F. (1994): Planární prvky proterozoika sv. obruby českotko-jesenického masivu. – Věst. Čes. geol. Úst., 69, 2, 93–95.  
 Holubec, J. (1968): Structural Development of the Geosynclinal Proterozoic and its Relations to the Deeper Zones of the Earth's Crust. – Rozpr. Čs. Akad. Věd, Ř. mat. přír. Věd, 78, 8, 77 s.  
 – (1988): Lithostratigraphic subdivision and tectonics of the Upper Proterozoic in the Teplá-Barrandian Domain. – In: V. Zoubek - J. Cogné - D. Kozhoukharev - H. G. Kräutner (eds.): Precambrian in Younger Fold Belts. European Variscides, the Carpathians and Balkans, IGCP 22, 80–85.  
 Cháb, J. (1975): Intruzivní horniny strukturního vrta Bechlín u Roudnice nad Labem. – Sbor. geol. Věd, Geol., 27, 55–82.  
 Synek, J. (1983): Morphology of crenulation cleavage in NW limb of the Teplá-Barrandian Proterozoic. – Věst. Ústř. geol., 58, 2, 65–70.  
 Veleman, J. - Cháb J. (1974): Starší paleozoikum (?) z Hluboké u Žihle. – Čas. Mineral. Geol., 19, 4, 425–428.  
 Zulauf, G. - Kleinschmidt, G. - Vejnar, Z. (1994): Polyphase Variscan extension at the western border of the Teplá-Barrandian (Bohemian Massif). – Terra Nostra, 3, 110–112. Berlin.

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Albertov 6, 128 43 Praha 2

## Spodnoordovická metasomatóza granitoidu v podloží pražské pánve (tepelsko-barrandienská oblast, Český masiv)

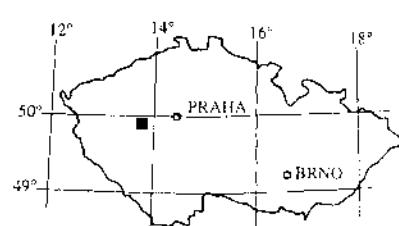
### Early Ordovician metasomatism of granitoids beneath the Prague Basin (Teplá-Barrandian Unit, Bohemian Massif)

JIŘÍ FRÝDA<sup>1</sup> - KAREL VOKURKA<sup>1</sup> - BERND KOBER<sup>2</sup>

(12-32 Zdice)

*Early Ordovician, Prague Basin, Metasomatism*

Xenolithy granitoidů vynesené ordovickou diatremou jv. od vsi Otmíče (6 km jz. od Zdic) byly petrologicky charakterizovány Fialou (1977). Tato diatremá proráží prachovce svrchnoodrovického záhořanského souvrství (V. Havlíček, osobní sdělení; Fiala 1977). Fiala (1977) popsal v těchto granitoidech silné zatlačování K-živečů albitem spolu s výskytem chloritu, analcimu a karbonátů. Detalní studie nového materiálu byla zaměřena na zjištění dalších geochemických charakteristik těchto granitoidních



xenolitů a na určení jejich stáří. Pro geochemické a izotopové studium bylo vybráno 5 velkých xenolitů (o průměru 15–25 cm) bez silných známk zvětrávání, které je velmi časté u většiny granitoidních xenolitů na studované lokalitě.