

# GEOLOGICKÁ STAVBA PROPASTI MACOCHA V MORAVSKÉM KRASU NA ZÁKLADĚ STRUKTURNÍCH A STRATIGRAFICKÝCH VÝZKUMŮ

Geological structure of the Macocha Abyss in the Moravian Karst on the basis of structural and stratigraphic research

Petr Barák<sup>1,2</sup>, Ivan Poul<sup>1</sup>, Milan Geršl<sup>1</sup>, Jindřich Hladil<sup>3</sup>, Marek Pukaj<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Česká geologická služba, Leitnerova 22, 658 69 Brno; email: petr.barak@geology.cz

<sup>2</sup>Ústav geologických věd PFF MU Brno, Kotlářská 2, 611 37 Brno

<sup>3</sup>Geologický ústav AV ČR, Rozvojová 269, 165 00 Praha; e-mail: hladil@gli.cas.cz

<sup>4</sup>Správa železniční geodézie Praha, Pod výtopnou 8, 180 00 Praha; e-mail: pukish@seznam.cz

(24-23 Protivanov)

**Key words:** Moravian Karst, Macocha Abyss, Macocha Formation, Devonian, structural geology

## Abstract

The main concern of this study is the tectonics of the Macocha Abyss (Macocha Chasm) and a part of the Punkva Cave in the Moravian Karst. Two systems of subvertical faults with NNE–SSW and NW–SE strike are the most important for the genesis of the abyss. The third system (related to décollements) strikes NE–SW and dips 40 to 60 degrees to the SE. The intersection of these three systems was crucial for the collapse of the roof of the original cave dome and the genesis of the abyss. These structures were formed during the Variscan orogeny but modified during the Alpine orogeny. A 3D model of the Macocha Abyss based on a geodetic surveying is presented.

## Úvod

Propast Macocha představuje téměř 139 m vysoký profil vápence macošského souvrství. Jedná se o vysoko-procentní vápence, které pocházejí z prostředí devonských karbonátových plošin, lagun a útesů, nemají jílové vložky, a tak se vyznačují sníženou odlučností podél vrstevních ploch. Vápence tohoto souvrství zaujímají většinu území Moravského krasu. Výzkumu propasti Macochy, ležící v s. části oblasti, se v minulosti věnovala celá řada geologů. Podrobnou strukturní analýzu stěn propasti však doposud nikdo neprovedl. Za tímto účelem byl v roce 2008 zahájen nový výzkum propasti se zaměřením na její strukturní stavbu a stratigrafii.

## Stručný popis geologického vývoje oblasti

Geologickým podkladem devonských vápenců Moravského krasu jsou v normálním stratigrafickém sledu neoproterozoické granitoidy brunovistulika (např. Dvořák et al. 1984). V bezprostředním podloží jsou přítomna spodnopaleozoická, pravděpodobně většinou devonská klastika. Na krystalinickém podloží spočívají diskordantně (např. Kettner 1970), mají převážně červené, méně častěji světlé nebo pestré zbarvení a odpovídají kontinentálním prostředím sedimentace. Jejich stáří je doloženo pomocí ojedinělých vložek karbonátů pouze v jejich nejvyšší části, kde občasné mořské záplavy zanechaly mořskou faunu středního devonu (Zukalová – Chlupáč, 1982). Stáří nižších částí klastik, pokud jsou v oblasti zachovány, zůstává zatím neurčené, ačkoliv může být spodno až středodevonské.

Karbonátová sedimentace v Moravském krasu začala v různých úrovních. Nejstarší karbonátové vložky s korály se nacházejí u Petrovic (sv. ems) a v severní části oblasti u Vavřince (stř. eifel), na řadě míst ve střední a jižní části území však vápence nasedají na klastika až v givetu,

ojediněle až ve frasnú (např. Hladil 1995). Usazování velmi čistých útesových vápenců macošského souvrství (mocnost 600–700 m) probíhalo v mělkém, klidném a dobře prokysličeném mořském prostředí. Dominantní horninotvorné bioklasty patřily zpočátku brachiopodům (objemově málo zastoupené, ale dobře rozlišitelné čočky josefovských vápenců), později zejména stromatoporoidům a korálům, mimořádně velké množství karbonátového materiálu je vázáno na amfiporidy – organizmy nejasného systematického zařazení. Tmavší a lépe zvrstvené litotypy se tradičně označují jako vápence lažánecké v širším smyslu tohoto pojmu (= dříve „vápence amfiporové“), kdežto světlejší a slaběji zvrstvené litotypy jako vápence vilémovické (= dříve „vápence korálové“). Již od středního frasnú, avšak zejména okolo rozhraní stupňů frasnú a famen (Hladil 1995) období relativního klidu skončilo a nadložní líšeňské souvrství svým předflyšovým charakterem (hádsko-říčské vápence) již poukazuje na rozlámání a částečný zánik rozlehlé karbonátové plošiny.

Současné povrchové rozšíření vápenců Moravského krasu je pouhým tektonickým reliktem, rozsah platformy byl výrazně stlačen kompresí (např. Hladil 1998) a její velká část je „pohřbena“ pod sedimenty karbonského flyše – kulmu.

## Historický přehled významných výzkumů Moravského krasu se zaměřením na jeho stavbu

Geologickou problematikou oblasti se ve významnějším měřítku zabývalo několik autorů, jejichž práce vyjadřují vývoj názorů na strukturně-geologickou stavbu území. Zapletal (1923) jako první naznačil tektonickou stavbu území, vrásnění rozdělil do tří fází a vyčlenil odlišné litotypy vápenců.

Významný odkaz po sobě zanechal R. Kettner, který publikoval řadu článků v letech 1935–1970, určil převažu-

jící směr vrstev devonu Moravského krasu SSV–JJZ a jejich sklon k VJV. Kládl důraz především na subhorizontální násuny a intenzivní zvrásnění, kdy byly vrásky mnohdy překoceny až úplně vyválcovány. Jako první naznačil příkrovovou stavbu a vysvětloval jí i stratigrafické opakování litotypů macošského souvrství.

Dvořák (1957) a Dvořák – Pták (1963), potvrdili Kettnerova měření – hlavní směr orientace vrstevnatosti SSV–JJZ a jejich vjv. úklon. Jako nejpodstatnější pro stavbu území však považovali vertikální zlomy, kterým přisuzovali synsedimentární původ a stálou vazbu k podloží od devonu po dnešek, a vysvětlovali jimi faciální změny jednotlivých litotypů vápenců. Intenzita zvrásnění byla chápána jako ne tak významná a autoři na tomto základě odmítli Kettnerovu koncepci.

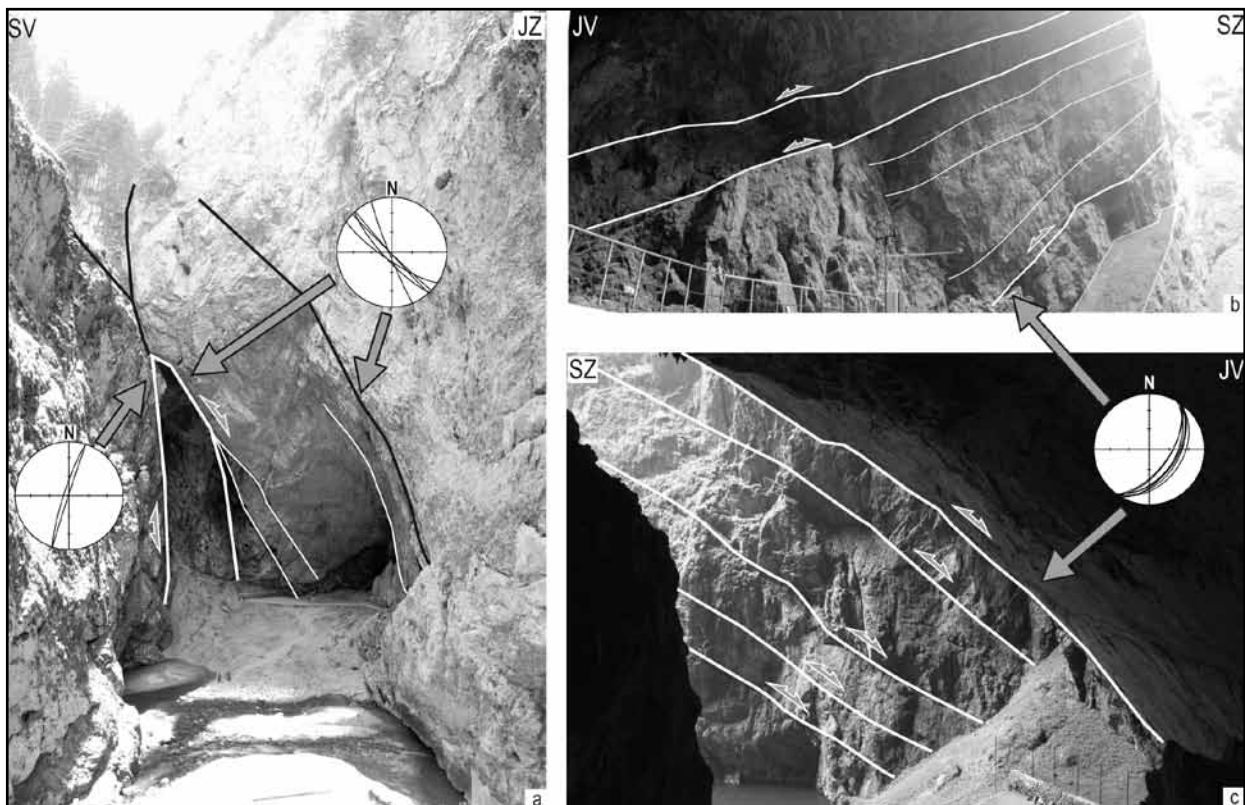
Hladil (1983a, 1983b) se podrobně zabýval stratografií macošského souvrství. Faciální změny nad sebou se opakujících litotypů údajně stejného stáří vysvětlil cykličností sedimentace, pomocí rozlišení „amfiporových“ a „korálových“ vápenců různých biostratigrafických stáří, tj. nikoliv tektonickým opakováním jako R. Kettner. V různých pásmech devonského moře sedimentovaly odlišné facie a při kombinaci transgresních a regresních pohybů se jejich hranice posouvaly. J. Hladil tak na jedné straně opravil Dvořákovu koncepci o pozvolném přechodu pouze jedné „lažáneckých (amfiporových)“ vápenců do nadložních „vilémovických (korálových)“ vápenců, ale současně také poopravil jinak veskrze správnou koncepci Kettnerovu, protože vyčlenil ve vápencích macošského

souvrství celkem 4 postupně opakující se cykly a ukázal, že ne všechna střídání tmavých a světlých litotypů macošského souvrství v Moravském krasu musejí být „tektonickým opakováním stejně starých vrstev“, jak se ve své době domníval R. Kettner.

**Přehled významných geologických výzkumů propasti Macochy**

První geologické výzkumy propasti uskutečnil již V. J. Procházka, který do propasti Macochy poprvé sestoupil už v roce 1898 (Skutil 1952). Od tohoto moravského geologa pochází také samotný pojem „Moravský kras“ (v geografickém i geologickém smyslu). Na začátku 20. století na něj dlouhodobým výzkumem navázal Absolon (1970), který se však věnoval především speleologické a hydrologické problematice, nicméně stručně diskutoval i geologickou stavbu propasti. Odlišný charakter Přítokové stěny (sv. stěna pod níž vyvěrá na dně propasti Macochy říčka Punkva) a Odtokové stěny (jz. stěna, kde se Punkva propadá do systému Punkevních jeskyní, též Hlavní stěna nebo stěna s Horním můstkem) řešil až Zapletal (1923) a to „příčnou diskontinuitou“, tj. zlomem příčným vůči generelně ssv.–jjz. směru vrstev. Ryšavý (1952) vysvětlil potom samotný vznik propasti propadem stropu vysoké dómovité jeskynní prostory, ke kterému mělo dojít podél pásma „tektonických trhlin“ směru SZ–JV.

Podle Dvořáka (1963) je propast predisponována poklesem se strmým úklonem k JZ, přičemž jz. kra (Odtoková stěna) je pokleslá. Podle logiky, že „lažánecké litotypy



Obr. 1: Stěny propasti Macochy s vyznačením nejvýznamnějších zlomových poruch: a – subvertikální zlomové systémy při ukončení propasti; b a c – mezivrstevní poruchy v odtokové a přítokové stěně.

Fig 1: Faceted rocky cliffs inside the Macocha Abyss. The most important fault systems are marked: a – subvertical fault systems in the SE part of the abyss; b and c – decollements in NE and SE cliffs.

leží primárně pod vilémovickými“, je podle tohoto autora Odtoková stěna ve své spodní části tvořena vápenci lažáneckými, ve vyšších částech vápenci vilémovickými, kdežto Přítoková stěna je tvořena výhradně vápenci lažáneckými.

Kettner (1970) ovšem uvedl vilémovické vápence ve spodní i svrchní části stěn. Ve středních částech naopak předpokládal vápence lažánecké.

Burkhardt (1977) při vlastních výzkumech potvrdil spíše závěry Dvořáka (1963). V Odtokové stěně doložil „střední“ jv. úklony vrstev (25–35°), k JV se zvětšující až na 60°. V Přítokové stěně naopak konstatoval „strmé“ jv. úklony (40–75°).

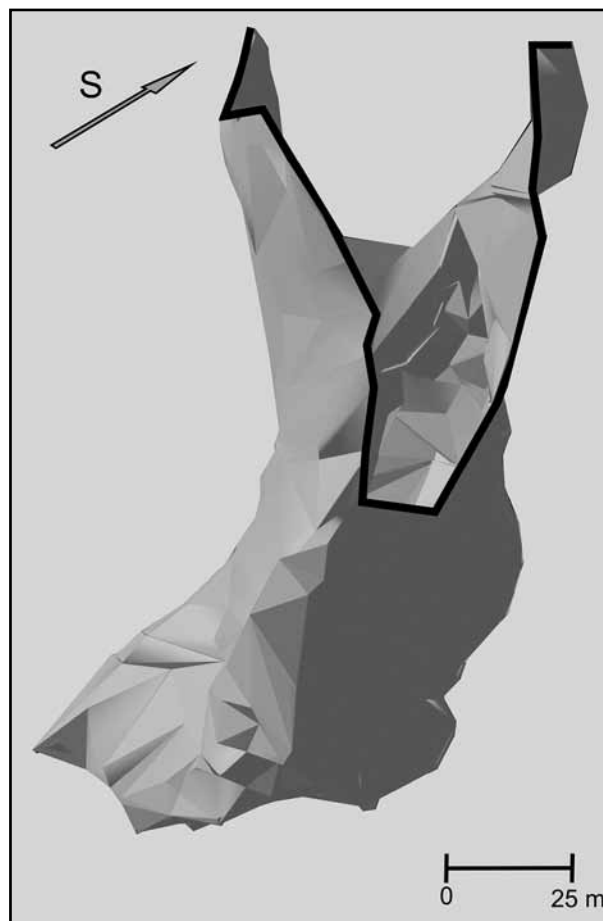
Čížek – Hladil (1979) provedli stratigrafickou a mikropaleontologickou analýzu Odtokové stěny Macochy. V této stěně byla doložena převážně *Amphipora angusta* a vápencový litotyp „lažánecký“, pouze nejvyšší část stěny pod Horním můstkem byla tvořena světlejším „vilémovickým“ typem vápenců. V 70. letech minulého století to biostratigraficky odpovídalo svrchnímu givetu, kdežto dnes, po ustálení mezinárodního stratigrafického bodu pro bázi frasnu, to odpovídá středním částem stupně givetu. Starší, spodno/středogivetská *Amphipora ramosa* byla indikována pouze v Přítokové stěně. Vápenec byl v řadě vzorků silně rekrystalizovaný. Dobová data jsou též shrnuta v exkurzním průvodci Chlupáč et al. (1986). Geneze propasti, na základě geofyzikálního výzkumu a studia sedimentárních výplní okolních lokalit, byla nově podána v pracích Kadlece a Beneše (1996) a Kadlece et al. (2001). Kolaps jejího stropu kladou tito autoři do středního pleistocénu.

Strukturním měřením a geofyzikálnímu výzkumu dna propasti se následně věnovali pracovníci České geologické služby (Baldík et al. 2009). Nejnovějším výzkumům se zaměřením na strukturní geologii a stratigrafii se pak věnoval kolektiv autorů v letech 2008–2010 (Barák et al. 2010, Barák 2010).

## Výsledky

Ve stěnách propasti byla změřena orientace významných diskontinuit. Strukturním výzkumem byly zjištěny následující poznatky. V propasti v drtivé většině převažují mezivrstevní prokluzy (či spíše „s vrstevnatostí subparalelní odlepení“, otázka rigidity těchto vápenců) se spádnicí uklánějící se od SZ k JV pod úhlem 40–60°. Další dva zlomové systémy jsou zhruba subvertikální s úklony od JJV k SSZ a od SV k JZ (obr. 1). Na žádné z ploch nespojitosti však nebyl stanoven smysl pohybu. Kinematické indikátory nebylo možno jednoznačně stanovit ze dvou důvodů: jednak díky častým reaktivacím pohybů a také vlivem zvětrání skalních stěn. Podrobná fotodokumentace stěn propasti umožnila v několika případech rozpoznat struktury „stoupajících“ vrás (fault related folds), které se objevují při rozhraních zlomů podél vrstevních ploch.

Morfologie propasti byla podrobně geodeticky zaměřena profesionálním geodetem za použití totální stanice Trimble S6 s důrazem na dokumentaci skalních elevací a pozici významných struktur. Zaměření proběhlo ze tří stanovišť (Horní můstek, Dolní můstek, dno propasti). Výsledkem je trojrozměrný morfologický model (obr. 2



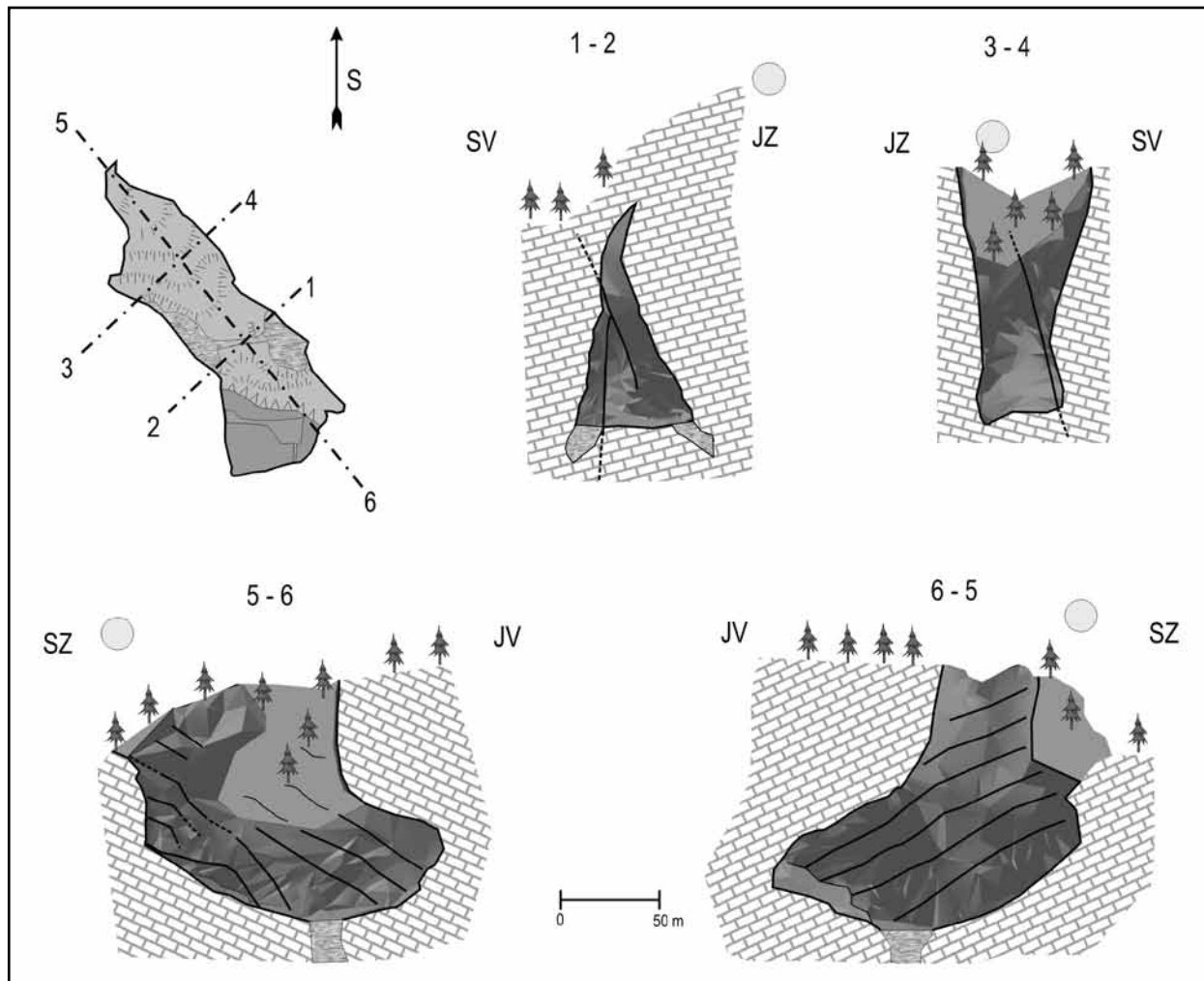
Obr. 2: Morfologický 3D model propasti; pohled ve směru jejího protažení v mapě od JV k SZ.

Fig. 2: Morphological 3D model of the abyss; seen along the elongation of the abyss in the map view, from SE to NW.

a 3). Výpočtovými metodami byla zjištěna orientace ploch diskontinuit rámujeících stěny propasti, jejichž směr sklonu je v drtivé většině shodný s kompasovým měřením prováděným ve stěnách. Byly zaměřeny stratigrafické profily a pozice odběru orientovaných vzorků.

Z důvodu poznání geologické stavby v bezprostředním okolí propasti Macochy byly také zdokumentovány zlomy ve Vodním úseku Punkevních jeskyní. Velké množství chodeb zde bylo uměle upraveno, některé partie jsou v celém profilu vylámané (Absolon 1970). Díky reliéfu odkrytých stěn je zde dokumentovatelné velké množství struktur, zejména zlomů s velmi dobře zachovalými kinematickými indikátory (Riedlový stříhy, rýhování, akreční stupně). U těchto diskontinuit byla změřena jejich orientace, která je obdobná jako v propasti Macošě. Na rozdíl od zlomů z přírodních povrchů ve stěnách Macochy zde bylo většinou možno bezpečně určit jejich kinematický charakter, což umožnilo provedení paleonapjatostní analýzy (program MARK 2006). Dokumentované zlomy spadají s největší pravděpodobností do jedné deformační fáze, kde napětí je charakterizováno složkami  $\sigma_1 = 18/72$ ,  $\sigma_2 = 183/17$  a  $\sigma_3 = 277/4$ .

Z báze Odtokové stěny bylo odebráno za účelem mikropaleontologického a litofaciálního výzkumu 5 vzorků. Odebrané horniny byly nesourodě, avšak často silně

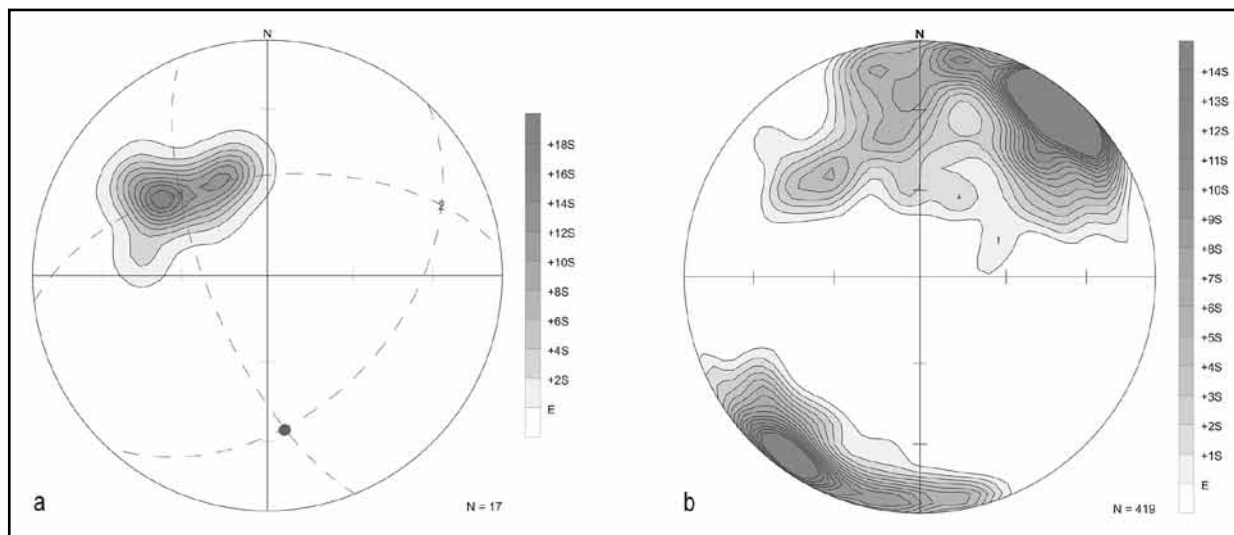


Obr. 3: Morfologické řezy propasti spolu s ilustrativním facetovým vyznačením zlomových systémů.  
 Fig. 3: Morphological cross-sections of the abyss; fault systems are marked in mode of facets.

deformované (střih, extenze původních sedimentárních staveb, různá míra překrystalování podle lokálního namáhání a původního horninového typu). Řada puklin a švů v hornině byla bez tmelu, takže tyto vzorky byly těž nápadně rozpadavé a tříštivé. V jednom případě (vz. č. 5) byly ve výbrusech z tohoto materiálu nalezeny i velmi dobře zachovalé řezy *Amphipora angusta* analogické s faunou odtokové stěny (viz Čížek – Hladil 1979). U ostatních 15 výbrusů ze vz. č. 1–4 jsou rozlišitelné jen blíže neurčitelné drobné úlomky amfipor, stromatoporoideí, brachiopodů, korálů a různých drobných skeletálních objektů jako jsou larvální stadia různé fauny, jednodomůrkové foraminifery a kalcisféry pocházející z řas. Z kolekce se mírně vymyká vz. č. 1, kde jsou zbytky řas typu „*Beresella*“ a „*Proninella*“, což by mohlo ukazovat na jistou podobnost ke vz. č. 7 (Čížek – Hladil 1979). Mikrofacie však umožňují celou kolekci vzorků klást do lokální akmezóny *Amphipora angusta*. Podrobnější biostratigrafické rozlišení zde zatím nebylo možné. Tyto výsledky tedy zhruba potvrzují biostratigrafické indicie z r. 1979, s tím, že na rozdíl od let 70. to dnes znamená „střední část středodevonského stupně givet“ (viz přehled výzkumů výše).

### Diskuze

Vysokoprocentní lavicovité a původně značně soudržné vápence vycházející v propasti jsou porušené mezivrstevními zlomy a puklinami uklánějícími se pod úhlem 40–60° k JV (obr. 4a). Na plochách odlučnosti byly identifikovány struktury „stoupajících“ vrás poukazující na násunovou tektoniku od SZ k JV. Přesmyky následně rotovaly do stratigrafických poklesů. Lokálně zde tedy lze potvrdit Kettnerovu koncepci o stavbě Moravského krasu (1935–1970), ovšem s tou výhradou, že jednotlivé přesunuté celky nejsou biostratigraficky odlišné nad rámec jedné stromatoporooidové zóny, což zde časově může znamenat omezení v rámci 1,5–2 miliony let. Nejedná se tedy o tektonické opakování stáří různých devonských zón či stupňů. Vápence z blízkosti subvertikálního zlomu lemujícího propast jsou ve většině případů silně rekrystalizované. Vysoký stupeň deformace a přítomnost jak tektonomikritu, tak i mladšího neomorfního sparitu poukazují na tlakové rozpouštění za zvýšených teplot hluboko pod povrchem. Základ zlomové stavby lze na základě předešlých poznatků interpretovat jako variský. Mezivrstevní odlepení byla ovšem velmi pravděpodobně znovu reaktivována během alpinské orogeneze, na což poukazují zpětné násunové



Obr. 4: Strukturální analýza: a – orientace pólů ploch mezivrstevních odlepení v propasti Macoše a na Vodním úseku Punkevních jeskyní – vyznačena je osa rotace (vrásky), spodní polokoule Lambertova zobrazení; b – orientace pólů ploch hlavní odlučnosti v propasti Macoše je paralelní se zlomovými systémy, spodní polokoule Lambertova zobrazení.

Fig. 4: Structural analysis: a – polar data for décollement planes in the Macocha Abyss and an adjacent part of the Punkva Cave – axis of rotation (fold) is shown, equal area projection, lower hemisphere; b – pole orientation for the areas with the most intense jointing in the Macocha Abyss is parallel with fault systems; equal area projection, lower hemisphere.

struktury (od JV k SZ) s odlišným charakterem křehké deformace.

Další dva zlomové systémy jsou subvertikálního charakteru a jsou vytvořeny ve směrech SZ–JV a SSV–JJZ. Obdobné směry byly výpočtem na základě geodetických měření zjištěny i u diskontinuit rámujeících stěny propasti (obr. 4b). K postupnému opadávání bloků a následnému kolapsu stropu původní jeskynní prostory (vzniku propasti) došlo podél odlučných ploch těchto subvertikálních diskontinuit. Výbrusový materiál z okolí zmíněných poruch naznačuje zajímavé posloupnosti deformovaných žilek a švů a jejich následné porušení puklinami, což je potenciálně využitelné pro následné studie o stavbě a deformaci těchto hornin.

Výrazná morfologická deprese ve směru osy propasti, všeobecně označovaná jako „macošský zlom“, mohla v době nižší erozní báze přivádět z Pustého žlebu výrazný přítok vody, který urychloval erozi podél strukturálních oslabení a křížení zlomových poruch. Voda mohla rovněž vyvěrat z jeskyně Písečné nebo Podmůstkové, které propast na SZ ukončují. Tato myšlenka je v souladu s výsledky Kadlece a Beneše (1997) a Kadlece et al. (1999), kteří v suťovém svahu, uklánějícím se od SZ k JV, na základě geofyzikálního měření a sedimentologického výzkumu, popsali fluviaální sedimenty, které by tomu mohly odpovídat.

Strukturální stavba v navazujícím systému Punkevních jeskyní je obdobná. Většina chodeb má paralelní průběh se směrem zjištěných zlomových systémů. Tyto chodby vznikly erozí a korozí výrazně tektonicky predisponovaných zón. Zjištěné zlomy jistě spadají do několika vývo-

jových fází. Ovšem paleonapjatostní analýza poukázala pouze na jednu deformační fázi mající charakter poklesové tektoniky, během které pravděpodobně došlo k reaktivaci stávajících zlomů – lze spekulovat o reakci na pokles napětí při dozívání alpínských horotvorných procesů v oblasti.

#### Závěr

V propasti byly zjištěny tři hlavní systémy diskontinuit. Dva systémy jsou subvertikální a mají směry SZ–JV a SSV–JJZ. Obdobnou orientaci mají odlučné plochy ohraničující stěny propasti. Podél nich došlo postupným říčením ke kolapsu stropu jeskynní prostory za pravděpodobné spoluúčasti erozní činnosti vodního toku od SZ. Třetí systém má směr SV–JZ a průměrný sklon 50°. Jedná se o mezivrstevní prokluzu charakteru násunů, které následně rotovaly do poklesových zlomů – tyto struktury jsou variského stáří a byly velmi pravděpodobně reaktivované během alpínského vrásnění. Vápence odtokové stěny (její bazální části) lze interpretovat jako středogivetské. Zlomové systémy mají obdobný charakter i v Punkevních jeskyních (poslední pohyby s převažujícími poklesy). Tyto zlomy byly stěžejní pro genezi chodeb na Vodním úseku Punkevních jeskyní. Otevřen nadále zůstává problém celkové kinematiky na tzv. „macošském zlomu“, který si nepochybně zaslouhuje další výzkum.

#### Poděkování

Za pomoc při pracích v terénu autoři děkují Bohuslavu Kouteckému, Sandře Kejíkové a Daně Fialové. Za cenné rady a pomoc při zpracování dat patří poděkování Rostislavu Melicharovi.

**Literatura**

- Absolon, K. (1970): Moravský kras (I. a II. díl). – Academia, 416 str., 345 str. Praha. II. vyd.
- Baldík, V. – Hubatka, F. – Krejčí, O. – Novotný, R. (2009): Propast Macocha – geofyzikální průzkum k potvrzení nebo vyvrácení původu zřícením stropu. – Svahové deformace a pseudokras, Vsetín, 13.–15. května 2009, sborník abstraktů, 1–8. Vsetín.
- Barák, P. (2010a): Strukturní analýza propasti Macocha v Moravském krasu. – MS, bakalářská práce, PřF MU. Brno.
- Barák, P. – Poul, I. – Geršl, M. – Pukaj, M. (2010): Nové výsledky strukturní analýzy propasti Macocha. – Speleofórum, 133–135. Praha.
- Burkhardt, R. (1977): Příspěvek ke geologickým poměrům Macochy a jeskyní v jejím předpolí. – Sbor. okr. vlast. muz. v Blansku, 6–7, 89–100. Blansko.
- Čížek, P. – Hladil, J. (1978): Otázka stáří vápenců tvořících hlavní stěnu Macochy. – Čas. Mor. muz., 64, 13–16. Brno.
- Dvořák, J. (1957): Nové poznatky o geologii devonu severní části Moravského krasu. – Věst. ústř. úst. geol., 32, 5, 353–356. Praha.
- Dvořák, J. (1963): Macocha. – Sjezdový průvodce, 14. sjezd Společnosti pro mineralogii a geologii při ČSAV, 47–48. Brno.
- Dvořák, J. – Pták, J. (1963): Geologický vývoj a tektonika devonu a spodního karbonu Moravského krasu. – Sbor. geol. věd, Geol., 3, 49–84. Praha.
- Dvořák, J. – Friáková, O. – Mitrenga, P. – Reil, L. (1984): Vliv stavby východní části brněnského masívu na vývoj nadložních sedimentárních formací. – Věst. ústř. úst. geol., 59, 1, 21–28. Praha.
- Hladil, J. (1983a): The biofacies section of Devonian Limestones in the central part of the Moravian Karst. – Sbor. geol. věd, Geol., 38, 71–94. Praha.
- Hladil, J. (1983b): Cyklická sedimentace v karbonátech macošského souvrství. – Zem. plyn a nafta, 28, 1, 1–14. Hodonín.
- Hladil, J. (1995): Argumenty pro pravostrannou rotaci bloků ve variscidech Moravy – analýza faciálních disjunkcí. – Geol. výzk. Mor. Slez., 44–48. Brno.
- Hladil, J. (1998): Nástin variské tektonické rotace na Moravě při hlubokém porušení kůry. – Geol. výzk. Mor. Slez., 46–49. Brno.
- Chlupáč, I. – Hladil, J. – Lukeš, P. et al. (1986): Barrandian and Moravian Karst – The Guidebook of the Field Conference of the International Subcommittee on the Devonian Stratigraphy. – Ústř. úst. geol., 62 str. Praha.
- Kadlec, J. – Beneš, V. (1996): Jak vznikla Macocha?. – Speleo, 23, ČSS, 5–17. Praha.
- Kadlec, J. – Hercmanová, H. – Beneš, V. – Šroubek, P. – Diehl, J. F. – Granger, D. (2001): Cenozoic history of the Moravian Karst (northern segment): cave sediments and karst morphology. – Čas. Mor. muz., 86, 111–160. Brno.
- Kettner, R. (1935): Zpráva o geologických výzkumech v okolí Sloupu na Moravě. – Čas. vlast. spol. mus., 48, 117–124. Olomouc.
- Kettner, R. (1942a): Nové pojetí tektonické stavby Moravského krasu. – Věda přírodní, 21, 33–40. Praha.
- Kettner, R. (1942b): Tektonický problém Moravského krasu a Dražanské plošiny. – Sbor. čs. spol. zeměpisné, 44, 5–11. Praha.
- Kettner, R. (1958): Poznámky ke geologii Moravského krasu a jeho okolí. – Věst. ústř. úst. geol., 33, 2, 81–86. Praha.
- Kettner, R. (1959): Morfologický vývoj Moravského krasu a jeho okolí. – Čs. kras, 12, 47–84. Praha.
- Kettner, R. (1966): Problém tektoniky Moravského krasu. – Čs. kras, 18, 69–90. Praha.
- Kettner, R. (1970): Geologický a geomorfologický vývoj Moravského krasu a jeho okolí. – In: K. Absolon: Moravský kras II, 261–284, Academia. Praha.
- Ryšavý, P. (1952): Několik poznámek o Macoše. – Čs. kras, 5, 97–102. Brno.
- Skutil, J. (1952): Procházkovy sestupy do Macochy. – Čs. kras, 5, 230–232. Brno.
- Zapletal, K. (1923): Geotektonická stavba Moravského krasu. – Čas. Mor. zem. muz., 20–21, 220–256. Brno.
- Zukalová, V. – Chlupáč, I. (1982): Stratigrafická klasifikace nemetamorfovaného devonu moravskoslezské oblasti. – Čas. pro mineralogii a geologii, 27, 3, 225–240. Praha.