

Gravimetrický průzkum nad Pytlíkovou a Spodní Suchdolskou jeskyní

Pavel Kalenda¹, Igor Audy², Pavol Mravec³

¹ Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v. v. i., V Holešovičkách 41, 182 09 Praha 8

² ZO 6-17 Topas, Slezská 5, 616 00 Brno

³ ZO 6-15 Holštejnská skupina, Ondráčkova 229, 628 00 Brno

Abstract:

Gravity survey above the Pytlíková and Spodní Suchdolská Caves

The aim of gravity survey was to recognize the free space cavities behind the known end of the Spodní Suchdolská Cave. The possibility of recognition of free space caves was verified on the profile above the Pytlíkova Cave. On two profiles behind the Spodní Suchdolská Cave we found two anomalies, which could be unknown prolongation of such cave.

Úvod

Jeskyně Spodní Suchdolská je známa od nepaměti. V roce 1990 byla v jejím sousedství i na základě virgulových indicií objevena Pytlíková jeskyně (obr. 1; Audy 2003).

Virgulové prognózy však také ukázaly, že by i jeskyně Spodní Suchdolská měla mít své pokračování k JJZ. Protože prolonační práce v roce 1992 nevedly ke kýženému proniknutí do nových prostor, bylo v roce 1993 provedeno povrchové měření georadarem (J. Hruška), které ukázalo na volné prostory ve směru JJZ. Opakované měření georadarem na pěti profilech v roce 2001 (J. Gajdošík, J. Hruška) opět ukázalo, že za známým koncem Spodní Suchdolské by se měly nacházet volné prostory. Protože i další výkopové práce vždy končily na skalní stěně, bylo v roce 2009 provedeno tíhové měření na třech profilech nad Pytlíkovou jeskyní a pravděpodobným pokračováním Spodní Suchdolské jeskyně (obr. 2).

Obr. 2 Situace proměřovaných tíhových profilů a známých jeskyní (ortofotomapa Geodis) – v barevné příloze
Fig. 2 Position of gravity profiles and known cave (orthophotomap by Geodis) – in coloured supplement

Terénní práce a zpracování dat

Gravimetrické práce byly provedeny gravimetrem Scintrex CG-5 s citlivostí 1 μGal a měření bylo provedeno na třech profilech (P1–P3). Vzdálenost bodů na profilech byla 5 m. Délky jednotlivých profilů byly od 150 m (P1 a P2) do 85 m (P3). Celkem bylo proměřeno 80 tíhových bodů na profilech a 4 opakovaná měření na opěrném bodě. Situace tíhových profilů je patrná z obr. 2 a 3. Střední kvadratická chyba, zjištěná z opakovaných měření, byla 3 μGal .

Výškově a polohově zaměřeno pomocí totální stanice bylo pouze 72 bodů z důvodu ztráty kolíků, vytyčujících polohy tíhových bodů v terénu (obr. 2). Největší ztráta bodů byla na sz. konci prvního profilu P1. Na dalších profilech bylo ztraceno pouze po jednom tíhovém bodu. Relativní chyba



Obr. 1 Typický trojúhelníkový profil Pytlíkové jeskyně – pohled od jihu ke vchodu
Fig. 1 Typical profile of the Pytlíkova Cave – view from the south towards entrance

v trigonometrickém určení nadmořské výšky nepřesáhla 3 mm a v pozici 10 cm (možný posun středu gravimetru vůči zaměřenému bodu).

Naměřená data byla nejprve zpracována do formy relativních Bouguerových anomálií s redukční hustotou 2 700 kg.m^{-3} . Redukční hustota odpovídá měrné hmotnosti podložních vápenců. Reliéf terénu ve studovaném území je skloněný generelně k JJV, avšak na sv. straně se nachází hluboce zaříznutý okraj Pustého žlebu a také na JZ jsou více zaříznutá erozní údolíčka, vybíhající z Pustého žlebu. Proto bylo

vzato do úvahy možné ovlivnění profilu P1 vlivem boční eroze žlebu, profilu P2 na jeho jv. konci vlivem erozního výmolu a celého konce profilu P3 na jeho jv. konci taktéž vlivem hluboké eroze stráně. Účinek těchto nerovností byl odstraněn jako součást regionálního pole.

Výsledky měření

Výsledky měření byly zpracovány do profilů Bouguerových anomálií, opravených o vliv regionálního pole, které bylo aproximováno pouze lineární funkcí (obr. 3). Od Bouguerových anomálií bylo odečteno regionální pole tím způsobem, že krajními body profilu, u kterých bylo předpokládáno nejmenší ovlivnění anomálií, byla proložena přímka. Tato přímka měla pro všechny profily stejné parametry, takže reziduální výsledky jsou srovnatelné mezi profily. Rozdíl mezi křivkami Bouguerových anomálií a křivkou normálního pole byl považován za tíhovou reziduální anomálii. Ve všech případech se jednalo o záporné tíhové anomálie, vyvolané nedostatkem hmot.

Obr. 3 Reziduální tíhové anomálie na profilech P1 až P3 – v barevné příloze
Fig. 3 Residual gravity anomalies on profiles P1–P3 – in coloured supplement

Největší anomálie byly zjištěny na profilu P1 mezi staničeními -70 m a +30 m. Vzhledem k blízkosti srázu do Pustého žlebu se může jednat i o erozi úbočí žlebu nebo i o větší počet korozi rozšířených puklin ve svahu. Přesto jsou i zde patrné lokální tíhové anomálie ve staničeních -65 m, -50 m, -30 m, 15 m a 30 m (obr. 4). Anomálie ve staničení -30 m by mohla odpovídat Pytlíkové jeskyni, ale vzhledem k okolním anomáliím je velmi nevýrazná.

Na profilu P2 jsou zřetelné 3 anomálie ve staničeních -70 m, -10 až -30 m, 35 m až 45 m. Anomálie ve staničení -70 m může odpovídat jeskyni, ale může být také způsobena blízkostí zářezu cesty ve svahu. Anomálie ve staničeních -10 až -30 m je s největší pravděpodobností způsobena Pytlíkovou jeskyní. Posun minima anomálie do vyšších staničení oproti geografické poloze Pytlíkové jeskyně může být způsoben profilem samotné jeskyně, jejíž sz. okraj je omezen subvertikální tektonikou a jv. okraj chodeb vyklišuje podle sklonu vrstev. Jiným možným vysvětlením posunu tíhové anomálie k SZ je vliv odečteného regionálního pole, které generelně upadá k JV. Po odečtu tohoto regionálního pole se minima všech anomálií posunula k SZ. Méně výrazné anomálie ve staničeních 35 m až 45 m mohou odpovídat pokračování Spodní Suchdolské jeskyně. Její profil by pak v těchto místech měl být menší než profil Pytlíkové jeskyně.

Na profilu P3 jsou vidět 2 anomálie ve staničeních -25 m a 40 m. První z nich může odpovídat Pytlíkové jeskyni, ale může být také způsobena blízkostí příkřejšího svahu, spadajícího do žlebu. Protože ale známe polohu Pytlíkové jeskyně jv. od počátku anomálie,

přikláníme se k té interpretaci, že větší část anomálie je způsobena Pytlíkovou jeskyní, která se nachází nehluboko pod povrchem. Druhá, srovnatelně významná anomálie ve staničeních okolo 40 m je jistě způsobena přítomností dutiny, srovnatelné s Pytlíkovou jeskyní v přibližně srovnatelné hloubce.

Obr. 4 Ortofotomapa (Geodis) se zakreslením poloh známých jeskyní (Pytlíková fialově, Spodní Suchdolská červeně), dutin podle georadaru (bíle; J. Hruška) a tíhových anomálií – v barevné příloze
Fig. 4 Ortophotomap (Geodis) with known caves (Pytlíková violet, Spodní Suchdolská red), free cavities according georadar (white; J. Hruška) and gravity anomalies – in coloured supplement

Srovnání výsledků georadaru, gravimetrie a virgule

Protože Pytlíková jeskyně byla objevena na základě virgulových prognóz, byly již v roce 1992 učiněny pokusy indikovat virguli pokračování Spodní Suchdolské jeskyně ve směru k JJZ. Prolongační práce však ve Spodní Suchdolské nevedly k vytyčenému cíli. Pokusili jsme se proto porovnat možnou přesnost a spolehlivost virgulové prognózy ve srovnání s geofyzikálními metodami.

V letech 2000 a 2001 byl nad známou částí Pytlíkové jeskyně vytyčen profil, který byl v roce 2001 proměřen pomocí georadaru (J. Gajdošík, J. Hruška). Měření ukázalo téměř dokonalou shodu detekce volných dutin (bílé kroužky na obr. 4) a skutečné pozice Pytlíkové jeskyně. Georadar dále detekoval volné prostory v pokračování Spodní Suchdolské jeskyně. Měření georadaru bylo proto považováno za směrodatné pro vyhodnocení virgulových a tíhových anomálií.

Na stejném profilu jako georadar pak provedlo šest virgulářů průzkum bez znalosti výsledků geofyziky a své reakce vyznačili do připraveného rastru. Byly proměřeny i další 4 kratší profily sv. od prvního profilu a souhrnné výsledky celkového experimentu byly uvedeny ve sborníku Speleofóru 2003 (Audy 2003). Vyhodnocení experimentu na nejdelším profilu ukázalo lepší shodu s georadarem než na všech pěti profilech. Aritmetický průměr shody s georadarem na první řadě vyzněl tentokrát pro virguli příznivě na 74 % při přesnosti 73 % (viz tabulka 1).

Když stejným postupem vyhodnotíme výsledky měření gravimetrie na prvním profilu, který byl vzdálen od georadarového profilu přibližně 7 m a srovnáme je s výsledky měření georadarem, tak vidíme, že samotná Pytlíková jeskyně nebyla gravimetrií dostatečně jasně detekována a tíhová anomálie ve staničení -25 až -35 m téměř zaniká v okolní široké záporné depresi (obr. 3). Pytlíková jeskyně geograficky prochází pod staničeními -20 až -30 m. Druhá dutina, detekovaná georadarem ve staničení cca -5 m nebyla gravimetrií detekována vůbec. Třetí dutina ve staničeních okolo 15 m byla gravimetrií detekována, ale jen na dvou bodech (10 a 15 m), takže relativně nevýrazně.

Virgulář	věk	Typ virgule	A[m]	B[m]	C[%]
1	40	L	14	54	63
2	56	Y	13,8	78	93
3	62	L	21,4	99	76
4	61	Y	16	79	81
5	33	Y	19	66	57
6	26	Y	17,4	69	66

Tab. 1 Porovnání výsledků detekce virgule s georadarovým měřením

Tab. 1 Comparison of dowsing rod measurements with georadar survey

Vysvětlivky: Typ virgule – ocelový drát tvaru Y, L; A – reakce celkem [m]; B – shoda s georadarem [m]; C – shoda s georadarem [%]; D – přesnost v % stanovená jako poměr shody s georadarem k celkové reakci

Explanations: Type of dowsing rod – Y- and L-shaped steel wire; A – reaction time [m]; B – conformity with georadar [m]; C – conformity with georadar [%]; D – accuracy in % stated as relation of conformity with georadar to total reaction

Pokud srovnáme další pokračování dutin, detekovaných georadarem ve směru pravděpodobného pokračování Spodní Suchdolské jeskyně (na ZJZ), vidíme, že na tíhovém profilu P2 je vyznačena výrazná tíhová anomálie ve staničeních, posunutých až o 15 m k SZ a na profilu P3 je tíhová anomálie posunuta už jen o 5–10 m k SZ. Shoda gravimetrie s georadarem tedy nepřekračuje 60 % a je srovnatelná nebo horší, než indikace jeskyně pomocí virgule. Na rozdíl od virgule je však tíhové měření opakovatelné a nezávisí na kvalitě „operátora“. Protože gravimetrie je metoda, založená na integrálním tíhovém poli, je

každá anomálie tvořená součtem všech anomálních „hmot“ (erozní rýhy, korozní přívěškové dutiny, topografie terénu zejména tak blízko ke žlebu, jako je tomu v této lokalitě, sklon vrstev a tektoniky udávající tvar jeskyní a další), které není jednoduché od sebe odlišit a jednoznačně tak specifikovat, o jakou anomální hmotu se jedná.

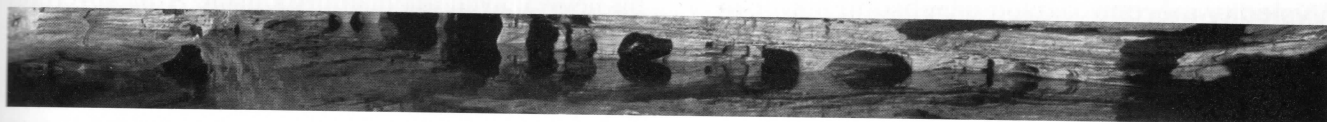
Závěr

Tíhové měření nad Pytlíkovou jeskyní a nad oblastí ve směru pokračování Spodní Suchdolské jeskyně ukázalo, že tíhové pole je v blízkosti žlebu silně porušené. Přesto byla nevýrazně detekována Pytlíková jeskyně (s posunem tíhového minima anomálie k SZ oproti geografické poloze jeskyně) a byly detekovány další dvě záporné tíhové anomálie, z nichž jedna ve staničeních 30–40 m na profilech P2 a P3 může odpovídat pokračování Spodní Suchdolské jeskyně.

Srovnání polohy známé Pytlíkové jeskyně s měřením georadarem, gravimetrií a proutkem ukázalo, že do malých hloubek je měření georadarem spolehlivé. Shoda georadaru a měření proutkem ukázala na jednom profilu průměrnou shodu šesti proutkařů lepší než 70 % a na dalších 4 profilech shodu menší než 60 %. Tato shoda je obdobná shodě měření georadarem vůči gravimetrii.

Literatura:

Audy I. (2003): Za tajemstvím jedné žlebové stráně. – *Speleofórum*, 22: 7–8. Praha.



Kde hledat pokračování jeskyně Balcarky?

Pavel Kalenda¹, Roman Duras²

¹ Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v. v. i., V Holešovičkách 41, 182 09 Praha 8
ZO 6-19, Plánivý

² GEOTest Brno a.s., pobočka Ostrava, 28. října 287, 709 00 Ostrava

Abstract:

Where is the unknown prolongation of the Balcarka Cave?

The areas near Ostrov u Macochy village were measured by the VLF survey in 2009. Some conductive lines were recognized in the depths of 50 m. They can be interpreted as caves, created by paleo-Lopač brook. Some karstified tectonic lines were found in the area to the west of Ostrov. One of them was the entrance of water to the cave in the continuation of the Balcarka Cave. This cave was named the Cave of Very Long Waves (the VLW Cave).

Virgulář	věk	Typ virgule	A[m]	B[m]	C[%]
1	40	L	14	54	63
2	56	Y	13,8	78	93
3	62	L	21,4	99	76
4	61	Y	16	79	81
5	33	Y	19	66	57
6	26	Y	17,4	69	66

Tab. 1 Porovnání výsledků detekce virgule s georadarovým měřením

Tab. 1 Comparison of dowsing rod measurements with georadar survey

Vysvětlivky: Typ virgule – ocelový drát tvaru Y, L; A – reakce celkem [m]; B – shoda s georadarem [m]; C – shoda s georadarem [%]; D – přesnost v % stanovená jako poměr shody s georadarem k celkové reakci

Explanations: Type of dowsing rod – Y- and L-shaped steel wire; A – reaction time [m]; B – conformity with georadar [m]; C – conformity with georadar [%]; D – accuracy in % stated as relation of conformity with georadar to total reaction

Pokud srovnáme další pokračování dutin, detekovaných georadarem ve směru pravděpodobného pokračování Spodní Suchdolské jeskyně (na ZJZ), vidíme, že na tíhovém profilu P2 je vyznačena výrazná tíhová anomálie ve staničeních, posunutých až o 15 m k SZ a na profilu P3 je tíhová anomálie posunuta už jen o 5–10 m k SZ. Shoda gravimetrie s georadarem tedy nepřekračuje 60 % a je srovnatelná nebo horší, než indikace jeskyně pomocí virgule. Na rozdíl od virgule je však tíhové měření opakovatelné a nezávisí na kvalitě „operátora“. Protože gravimetrie je metoda, založená na integrálním tíhovém poli, je

každá anomálie tvořená součtem všech anomálních „hmot“ (erozní rýhy, korozní připovrchové dutiny, topografie terénu zejména tak blízko ke žlebu, jako je tomu v této lokalitě, sklon vrstev a tektoniky udávající tvar jeskyní a další), které není jednoduché od sebe odlišit a jednoznačně tak specifikovat, o jakou anomální hmotu se jedná.

Závěr

Tíhové měření nad Pytlíkovou jeskyní a nad oblastí ve směru pokračování Spodní Suchdolské jeskyně ukázalo, že tíhové pole je v blízkosti žlebu silně porušené. Přesto byla nevýrazně detekována Pytlíková jeskyně (s posunem tíhového minima anomálie k SZ oproti geografické poloze jeskyně) a byly detekovány další dvě záporné tíhové anomálie, z nichž jedna ve staničeních 30–40 m na profilech P2 a P3 může odpovídat pokračování Spodní Suchdolské jeskyně.

Srovnání polohy známé Pytlíkové jeskyně s měřením georadarem, gravimetrií a proutkem ukázalo, že do malých hloubek je měření georadarem spolehlivé. Shoda georadaru a měření proutkem ukázala na jednom profilu průměrnou shodu šesti proutkařů lepší než 70 % a na dalších 4 profilech shodu menší než 60 %. Tato shoda je obdobná shodě měření georadarem vůči gravimetrii.

Literatura:

Audy I. (2003): Za tajemstvím jedné žlebové stráně. – *Speleofórum*, 22: 7–8. Praha.



Kde hledat pokračování jeskyně Balcarky?

Pavel Kalenda¹, Roman Duras²

¹ Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v. v. i., V Holešovičkách 41, 182 09 Praha 8
ZO 6-19, Plánivý

² GEOtest Brno a.s., pobočka Ostrava, 28. října 287, 709 00 Ostrava

Abstract:

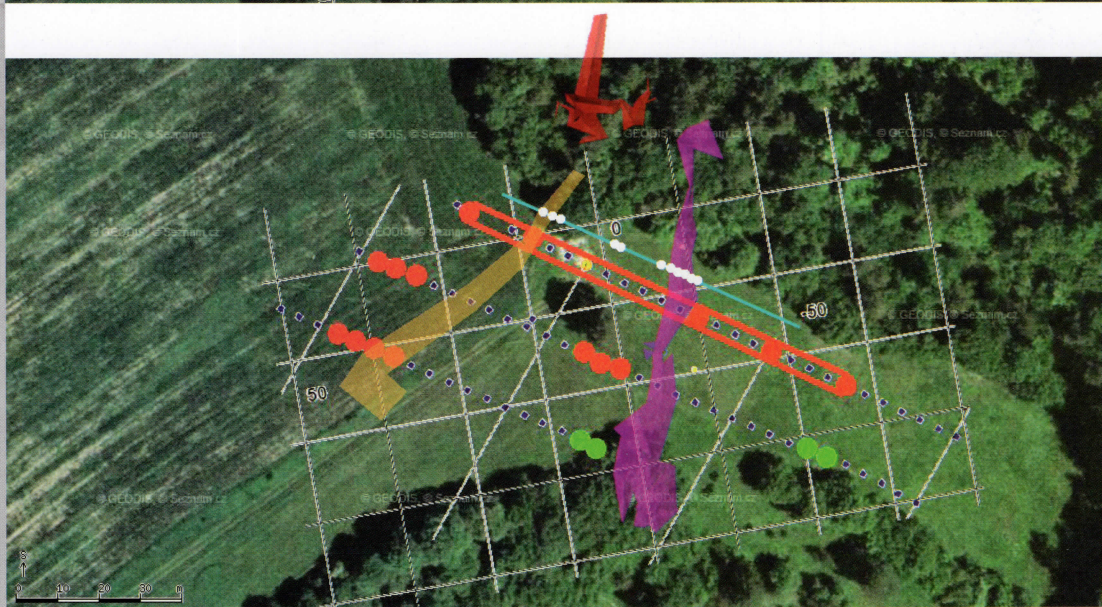
Where is the unknown prolongation of the Balcarka Cave?

The areas near Ostrov u Macochy village were measured by the VLF survey in 2009. Some conductive lines were recognized in the depths of 50 m. They can be interpreted as caves, created by paleo-Lopač brook. Some karstified tectonic lines were found in the area to the west of Ostrov. One of them was the entrance of water to the cave in the continuation of the Balcarka Cave. This cave was named the Cave of Very Long Waves (the VLW Cave).

Obr. 2 Situace
proměřovaných tíhových
profilů a známých jeskyní
(ortofotomapa Geodis)
*Fig. 2 Position of gravity
profiles and known cave
(orthophotomap by
Geodis)*



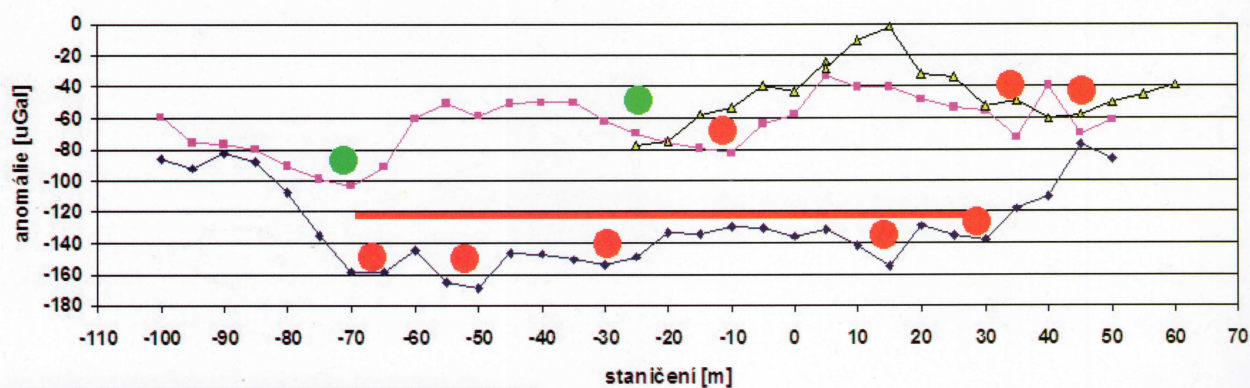
Obr. 4 Ortofotomapa
(Geodis) se zakreslením
poloh známých jeskyní
(Pytlíková fialově, Spodní
Suchdolská červeně),
dutin podle georadaru
(bíle; J. Hruška) a tíhových
anomálií
*Fig. 4 Ortophotomap
(Geodis) with known
caves (Pytlíková violet,
Spodní Suchdolská red),
free cavities according
georadar (white; J. Hruška)
and gravity anomalies*



Gravimetrický průzkum nad Pytlíkovou a Spodní Suchdolskou jeskyní *Gravity survey above the Pytlíková and Spodní Suchdolská Caves*

STRANA * PAGE 113

Bouguerovy anomálie opravené na regionální pole



Obr. 3 Reziduální tíhové anomálie na profilech P1 až P3
Fig. 3 Residual gravity anomalies on profiles P1-P3

—●— profil 1 —■— profil 2 —▲— profil 3



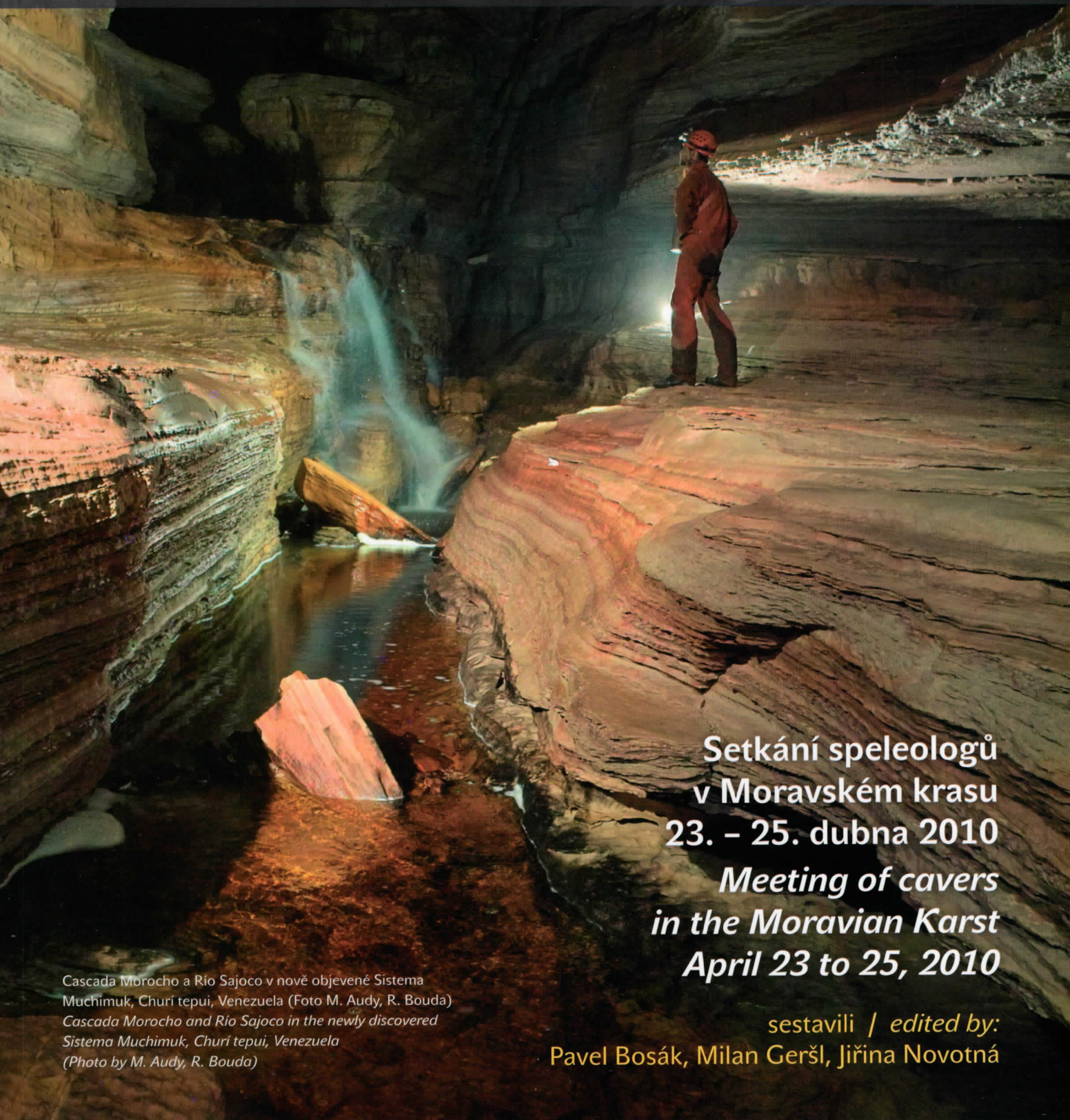
ČESKÁ SPELEOLOGICKÁ SPOLEČNOST CZECH SPELEOLOGICAL SOCIETY



Speleo**fórum**

2010

ROČNÍK VOLUME 29



**Setkání speleologů
v Moravském krasu
23. – 25. dubna 2010
*Meeting of cavers
in the Moravian Karst
April 23 to 25, 2010***

Cascada Morocho a Río Sajoco v nově objevené Sistema Muchimuk, Churí tepui, Venezuela (Foto M. Audy, R. Bouda)
Cascada Morocho and Río Sajoco in the newly discovered Sistema Muchimuk, Churí tepui, Venezuela
(Photo by M. Audy, R. Bouda)

sestavili / *edited by:*
Pavel Bosák, Milan Geršl, Jiřina Novotná