

Mapování Zbrašovských Aragonitových Jeskyní s využitím 3D skeneru ILRIS 3₀D a fotogrammetrického měření

Kateřina Valentová¹, Dagmar Böhmová a Vít Borovička²

Survey of the Zbrašov Aragonite Caves by using the 3D scanner ILRIS 3₀D and photogrammetry survey

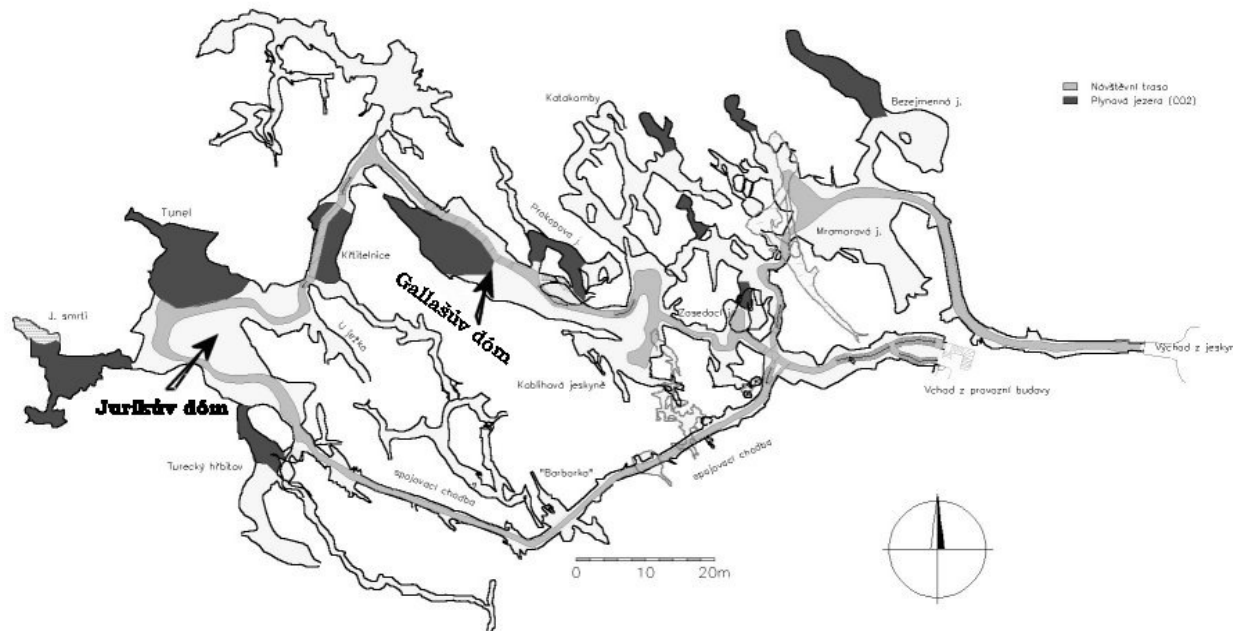
The caves of the Czech Republic are integrated into the precious natural landmarks, which are created by the complicated geomorphological process and by the atmospheric water effect and but first of all by the time. These complicated system of the dissected drifts, the spacious domes and the towering man holes was mapped only with the classical mine surveying methods, which are not able to create the sufficient accurate spatial picture these caves areas.

Thanks to development of the digital survey equipments we have an option to use 3D scanner. This 3D scanner obtains very easy 3D coordinates of the "points cloud" very easy and without the signalization. By the connection with the running research in the ZAJ, it was established a partnership with the company GEOVAP, which realized in June by the ILRIS 3₀D the 3D scanning of two spacious domes (Gallas, Jurik). The acquired data will be used not only to make 3D models of the caves areas, but also to determine accuracy of the sooner used photogrammetry method.

Key words: cave, 3D scanner, photogrammetry

Úvod

Zbrašovské aragonitové jeskyně (dále jen ZAJ) najdeme na 40 km jihovýchodně od Olomouce, v obci Teplice nad Bečvou, ve svahu levého břehu řeky Bečvy. Leží na rozhraní Českého masivu a Západních Karpat. Krasovějící fáze zde probíhaly v paleozoiku, mezozoiku i kenozoiku. Krasovějícími sedimenty Hranického krasu jsou vápence macošského a líšeňského souvrství řádově více stovek metrů mocné. K prvotnímu krasovění zde došlo při stratigrafickém hiátu na rozhraní stupňů frasn a famen ve svrchním devonu. Druhá fáze krasovění nastala v předcenomanské krasové periodě (spodní křída) v průběhu mezozoika. Nejstarší kenozoická perioda byla ukončena miocénní transgresí (karpat, spodní baden). Samostatnou etapu vývoje ZAJ tvoří nejmladší kvartérní hydrotermální krasovění. (Otava, 2006).



Obr. 1. Systém Zbrašovských aragonitových jeskyní.
Fig. 1. System of the Zbrasov Aragonite Caves.

¹ Kateřina Valentová, Ing. Dagmar Böhmová, PhD., VŠB – TU Ostrava, Institut geodézie a důlního měřičtví, tř. 17. listopadu 15, Ostrava – Poruba 708 33, katerina.valentova.st@vsb.cz, dagmar.bohmova@vsb.cz,

² RNDr. Vít Borovička, GEOVAP spol. s r.o., Čechovo nábřeží 1790, Pardubice 530 03, vit.borovicka@geovap.cz
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 3. 5. 2007)

ZAJ se svou celkovou delkou 1294 m a denivelací 55 m, mají spiše vertikln charakter, kter tvoří složit, znan členit systém chodeb, rozlehlých dom, nepruleznch puklin a zejména mnohých vysokých komin. Rozložen ZAJ je znázorněno na Obr. 1.

Z historie mapování ZAJ

Vytvořen dokonalého obrazu jeskyn bylo v divejšch dobách prakticky nemožn, neboť použit grafick metody pro znzornn jeskyn byly jen jistm způsobem idealizovaného pohledu na zamřovanou lokalitu. Z tohoto důvodu standardn speleologick mapy obsahují pouze půdorysy jeskyn, rozvinut podln řezu a řezu přchn.

Prvními kdo systém ZAJ zmapoval, byli bratři Chrom, objevitel těchto jeskyn. Tato mapa byla vytvořena kolem roku 1920 patrn za použit hornického kompasu, sklonoměru a psma. Originál této mapy se bohužel nedochoval, neboť v roce 1982 shořel společn s veškerou pozůstalostí bratří Chromch. Postupn následovalo vytvořen několika map neznámých autorů, ke kterm ovšem chyb jakkoliv dokumentace. Z nich stojí za zmínku zejména dvě mapy „Zbrašovských krápníkových jeskyn“. První mapa zobrazuje půdorys jeskyn a druh pak řez jeskyn v severovýchodním směru.

V roce 1985 byl Univerzitou Palackého v Olomouci (Ing. Alois Štefka) vyhotoven polohopisn a vškopisn plán jeskyn, několik přchnch řezů a charakteristick podln řezu. Toto mapování jíž bylo provedeno dle tehdy platných predpis v polohopisnm systému JTSK a vškovm systému Bpv. s dsledn vedenou dokumentací.

V letech 2003-2005 proběhla kompletn rekonstrukce ZAJ. Z tohoto důvodu bylo nutné přikroit k novému mapování nejen návštěvní trasy ale i nepřístupných prostor. Na vešker práce provdn př zpřístupňované a udržb zpřstupnch jeskyn se podle zákona ČNR . 61/1988 Sb. (o hornickchinnosti, vybušnnch a státní bnšsk správě) vztahoval přm dozor státní bnšsk správy a tím i řada vyhlsek eskho bnšskho uřadu. Mřick i vyhodnocovací práce se tak řdily vyhláškou B 435/1992 Sb. (o dln mřick dokumentaci př hornickchinnosti a nkterchinnostech prováděných hornickm způsobem) a byly prováděny hlavním dlnm mřčem Správy jeskyn esk republiky (Mgr. Vratislav Ouhřabka). Př mapování nepřístupných prostor byly mimo metod dlnho mřctv použit i metody speleologického mapování.

Vzhledem k členitému a spiše vertikálnímu prbhu ZAJ však řdn z těchto map neposkytuje dostaten obraz jeskynního systému. To ostatn ani není v mořnostech „klasick“ mapy ve 2D. Odvkm snem všech jeskyňářů je proto mít 3D model jeskyn, coř bylo donedávna ukoem nerealizovatelným. S rozvojem mřick techniky se nám do rukou dostává mořnost použit 3D skeneru, kter umořňuje získání prostorových souřadnic celého mračna bodů, bez nutnosti signalizace a to navíc se značnou přesností a rychlostí.

3D skenování

Skenování proběhlo, z důvodu návštěvního provozu v ZAJ, v noci z 15. na 16.6.2006 laserovm skenerem ILRIS 3D (technick parametry jsou uvedeny v tab. 1). Laserov přstroj vyrbn kanadskou firmou Optech, byl zapůjčen firmou GEOVAP, spol. s r.o., kter se také významnou mrou podl na zpracování výsledků z pořízených dat.



Obr. 2. Panoramatick snímek Jurikova dmu.
Fig. 2. Panoramas picture of the Jurik dome.

Po upevnění skeneru na otočnou základnu, je přístroj ovládán jediným operátorem pomocí kapesního počítače (PDA). Po založení projektu a zadání vstupních dat, se provede nafocení skenované oblasti vestavěným fotoaparát. Z důvodu špatných světelných podmínek v jeskyni bylo nutno snímanou scénu osvětlit halogenovými reflektory. V PDA se na získaném panoramatickém snímku již přesně určila skenovaná oblast, počet skenů, jejich překryt a také požadovaná hustota souboru bodů. Samotné skenování pak probíhalo zcela automaticky.

Předmětem skenování byly dvě rozsáhlé prostory – Jurikův a Gallašův dóm (Obr. 1). Jurikův dóm (Obr. 2) je s rozměry 40 x 17 m (délka x šířka) největší a nejčlenitější prostora ZAJ. Jeho součástí je pět komínů a tři menší jeskyně stabilně zamořené oxidem uhličitým. Je klasickou ukázkou hydrotermálního krasovění. Měření Jurikova dómu bylo provedeno během 6 hodin ze 4 různých stanovisek, na kterých se získalo 90 skenů 40° x 40° s překrytem 4°, celkem o 2,5 miliónech bodů.

Gallašův dóm s rozměry 31 m x 9,30 m (délka x šířka) je vytvořen podél tektonické poruchy severozápadního směru. Má téměř obdélníkový tvar a návštěvní trasa jej překonává visutou lávkou připevněnou podél pravé stěny prostory. Svažující se počva směřuje k neprůlezné puklině zaplněné oxidem uhličitým. V Gallašově dómu bylo měřeno 4 hodiny ze 3 stanovisek, na kterých bylo pořízeno 80 skenů 40° x 40° s překrytem 4°, celkem o 1,5 miliónech bodů v hustotě bodů v mračnu 2 cm.

Tab. 1. Technické parametry 3D skeneru ILRIS 36D.

Tab. 1. Technical details of the 3D scanner ILRIS 36D.

výkon skeneru		fyzické parametry	
dosah	3 m - 1500 m při 80 % odrazivosti	rozměr skeneru	32 cm x 32 cm x 22 cm
	3 m - 800 m při 20 % odrazivosti	hmotnost skeneru	13 kg
	3 m - 350 m při 4 % odrazivosti	rozměr otočné základny	30 cm x 28 cm x 12,7 cm
rychlost skenování	2000 bodů za vteřinu	hmotnost otočné základny	8 kg
minimální šířka kroku (osa X a Y)	0,001158°	napájení	24 V stejnosměrný proud
divergence paprsku	0,00974°	výdrž baterii	5 hodin
vlnová délka paprsku	1500 nm	provozní teplota	0°C až +40°C
bezpečnost laseru	třída 1 podle IEC 60825-1	skladovací teplota	-20°C až 50°C
přesnost - vzdálenost	7 mm na 100 m	vestavěný fotoaparát	6,6 megapixelů (CMOS senzor)
přesnost - pozice	8 mm na 100 m		
zorné pole	-20° až 90° (V) x 360° (H) a		
	-90° až 20° (V) x 360° (H)		

Fotogrammetrické měření

Souběžně se zaměřováním jeskyně 3D skenerem probíhá mapování metodou průsekové fotogrammetrie. Pro standardní vyhodnocování fotogrammetrických měření je potřeba několika vřícovacích bodů. Na členité skalní stěně jeskyně je ovšem velmi obtížné takové body najít, proto bylo třeba je uměle signalizovat. V jeskyních, kde převládá vertikální rozměr a dómy dosahují výšek až přes 30 m, je to však velmi problematické. Řešením byla nepřímá signalizace za použití led diod. Na IGDM Vysoké školy báňské – Technické univerzitě Ostrava byly proto zhotoveny dva kusy hliníkových držáků na kloubu, každý se třemi led diodami držáky lze připevnit na třínožku a natáčet podél dvou os. Vžilo se pro ně pracovní označení „diodovníky“. Diodovníky pak šesti body na jeskynní stěně vymezují snímkanou oblast a vytváří potřebné vřícovací body, které byly měřeny totální stanicí s pasivním odrazem TCR 307 Leica. Daná oblast je posléze nafocena, vzhledem k nepříznivým světelným podmínkám, při třech různých expozicích digitální kamerou FinePix S2 Pro s objektivem Sigma 1.8/20 D EX. Snímkování probíhá zprava doleva ve vodorovných pásích skládaných odspoda nahoru.

Měření začalo 23. března v Gallašově dómu. Návštěvní chodník a lávka byly měřeny polárně ze dvou stabilizovaných bodů polygonového pořadu vybudovaného při polohopisném a výškopisném mapování ZAJ v roce 2005. Pro potřeby dalšího měření byl v patě svažující se jílovité počvy stabilizován pomocný bod. Snímkování levé strany Gallašova dómu trvalo 5 dní resp. nocí. Jeskynní stěna při něm byla rozdělena na 7 vodorovných pásů a celkově pokryta 151 vřícovacími body. Takto bylo vytvořeno 45 oblastí, které si celkově vyžádaly 540 snímků. Měření stropu Gallašova dómu trvalo 2 noci a vyžádalo si 11 vodorovných pásů s 64 vřícovacími body a celkově 132 snímků.

Závěr

Skenováním získané prostorové souřadnice souboru bodů budou použity nejen pro vytvoření 3D modelů dříve zmiňovaných jeskynních prostor, ale také pro stanovení přesnosti použité fotogrammetrické metody.

Vytvořen prostorov modely by mohly sloužit například jako prostředek k simulaci pohybů plynových jezer oxidu uhličitého a přspj ke zvyšn kvalitě dokumentace této nrodn přrodn památky.

Zvřem bychom chtěli poděkovat p. Barboře Šimekov (vedoucí ZAJ), která nám ochotn umožnila přístup do jeskyn, mapov dokumentace a poskytla nm potřebn zázemí. Dále bychom chtěli poděkovat firmě GEOVAP spol. s.r.o., bez které by tento projekt nemohl být vůbec realizován.

Literatura - References

- Hromas, J., Weigel, J.: Základy speleologického mapování, *Zlat Kůň, Praha, 1998.*
Otava, J.: Souasn stav znalostí polyfázového krasovn hranického paleozoika, In: *Speleofórum. Praha, Česk speleologick společnost 2006, str. 84 – 86.*