

Nová mapa Krápníkové jeskyně v Šanově Koutě u Berouna a stručný přehled historie mapování a výzkumu jeskyně

A new map of the Krápníková Cave (Šanův Kout near Beroun, Bohemian Karst) and a brief history of mapping and research within the cave

Michal Hejna¹, Markéta Jakovenko¹, Karel Žák²

Abstract

The Krápníková Cave (located at the Šanův Kout site near Beroun, Bohemian Karst) is a cave known since prehistory. It was repeatedly archaeologically studied, extended by excavations by cavers, and repeatedly mapped. The cave was newly 3D-scanned by a laser and newly mapped. Differences between various maps are discussed, and bibliography of the cave is added. The new cave length is 302 m, with the difference between its lowest and highest points being 19 m.

1. Úvod

Krápníková jeskyně v Šanově Koutě (místní evidenční číslo jeskyně 20-003, kód celostátní databáze jeskyní JESO je K112 87 20 J00003) patří k nejznámějším jeskyním Českého krasu. Nachází se v silurských vápencích motolského souvrství při horní hraně skal Šanova Kouta, v úseku mezi Berounem a lomem Alkazar. Vchod leží 46 m nad dnešní běžnou hladinou řeky Berounky. Jeskyně byla mnohokrát mapována (tři z těchto starších map uvádíme v obr. 1–3). Zřejmě se jedná o jeskyni, která byla v rámci Českého krasu mapována vůbec nejčastěji. Některé mapy se ale nedomohly a jiné mají zjevné nepřesnosti nebo na nich některé části jeskyně scházejí. To přimělo členy České speleologické společnosti, základní organizace 1-02 Tetín (dále ČSS ZO 1-02 Tetín), aby v letech 2018 až 2020 jeskyni s využitím moderních mapovacích postupů nově podrobně zmapovali. A to v dnešním rozsahu všech známých chodeb, včetně nejtěsnějších plazivek. Hlavní prostory jeskyně byly v rámci těchto nových prací trojrozměrně (3D) skenovány. Jedná se o první testování této mapovací metody v jeskyních Českého krasu. Cílem tohoto příspěvku je publikovat novou mapu jeskyně a stručně shrnout dosavadní historii mapování a výzkumu jeskyně.

2. Historie využití, průzkumu, výzkumu a mapování jeskyně

Tento stručný přehled historie využití a výzkumu jeskyně odkazuje na tradiční názvy části jeskyně uvedené ve starších mapách (obr. 1 až 3) a zobrazené také v její nové mapě (obr. 4). I když jeskyně byla známa již od pravěku, první jednoznačně s jeskyní propojitelnou publikovanou zmínku jsme našli až v roce 1932 (PETRBOK 1932).

Nevelká a krátká *Vstupní chodba* jeskyně byla známa již v mladém paleolitu, jak doložil výzkum Františka Proška a Jaroslava Petrboka před portálem jeskyně a na malé skalní plošině z. od něj. F. Prošek se výzkumem jeskyně a jejího okolí zabýval od roku 1940 (HOMOLA 1943–1944; VENCL 1995). První pazourkový ústěp v prostoru povrchového magdalénienského sídliště, které leží ve svahu rokle 75 m k SV od vchodu jeskyně, našel tehdy osmnáctiletý F. Prošek dne 6. října 1940. Později v téže roce našel jaspisové jádro na svahu pod jeskyní. K lokalitě tím přitáhl pozornost J. Petrboka a mladých

jeskynářů ze skupiny „Petrbokovy mládeže“, například Vladimíra Homoly (srovnej ŽÁK et al. 2014). V jeskyni a jejím okolí potom v první polovině 40. let Petrbok, Prošek, Homola a další členové této skupiny poměrně intenzivně pracovali, občasné ještě po válce až do roku 1949. Petrbok ovšem lokalitu navštěvoval nejméně od již zmíněného roku 1932, jak dokládá jeho článek v novinách *Právo lidu* (PETRBOK 1932). Jeskyně ale nikdy neležela ve středu Petrbokova zájmu a v porovnání s jinými jeskyněmi Českého krasu ji ve svých početných publikacích zmiňoval málo a obvykle poměrně stručně.

Přítomnost mladého paleolitu přímo před portálem jeskyně potvrdili F. Prošek a J. Petrbok sondáží v červenci až říjnu roku 1942 (PETRBOK 1946; PROŠEK 1947; NEUSTUPNÝ 1948; PETRBOK 1950; SKUTIL 1952; PETRBOK 1956; PROŠEK 1959; VALOCH 1960; PROŠEK 1961; VENCL 1966, 1969, 1971, 1972; FRIDRICH a SKLENÁŘ 1976, SKLENÁŘ a MATOUŠEK 1994; VENCL 1995; existují četné, od těchto publikací odvozené sekundární zdroje). Na úzké skalní plošině z. od jeskynního portálu bylo nalezeno ohniště, stopy kamenné konstrukce a štípaná industrie. Lokalita je v archeologických publikacích označována jako Šanův Kout II. Archeologická klasifikace nálezu zprvu oscilovala (F. Prošek uvažoval nejprve aurignacien, později gravettien, materiál zobrazil v publikaci Josef Skutil a později jej Karel Valoch správně přiřadil k magdalénienu).

Mladopaleolitické osídlení v okolí jeskyně bylo potvrzeno rozsáhlým výzkumem Slavomila Vencla v letech 1963–1969, který se zaměřil na již zmíněné sídliště na otevřené ploše, ležící 75 m sv. od vchodu jeskyně (souborně VENCL 1995, lokalita označována jako Šanův Kout I.). Na povrchovém sídlišti bylo během několikaletého výzkumu získáno přes 16 tisíc kusů štípané industrie a řada dalších artefaktů a stop po pobytu magdalénienských lovců, včetně známých rytin lovené zvěře na břidlicových destičkách. Konvenční radiouhlíkové stáří kolagenu koňských kostí z výzkumu činilo 12 420±470 let BP (VENCL 1995), což odpovídá za použití současných kalibračních programů kalibrovanému (skutečnému) radiouhlíkovému stáří v intervalu 14 148–11 504 let před Kristem (16 098–13 454 calBP). Osídlení tak zřejmě spadá do některého z teplejších interstadiálů

¹ Česká speleologická společnost, Základní organizace 1-02 Tetín; michal.hejna@post.cz; potlukovam@hotmail.com

² Geologický ústav AV ČR, v. v. i., Rozvojová 269, 165 00 Praha 6 – Lysolaje; zak@gli.cas.cz

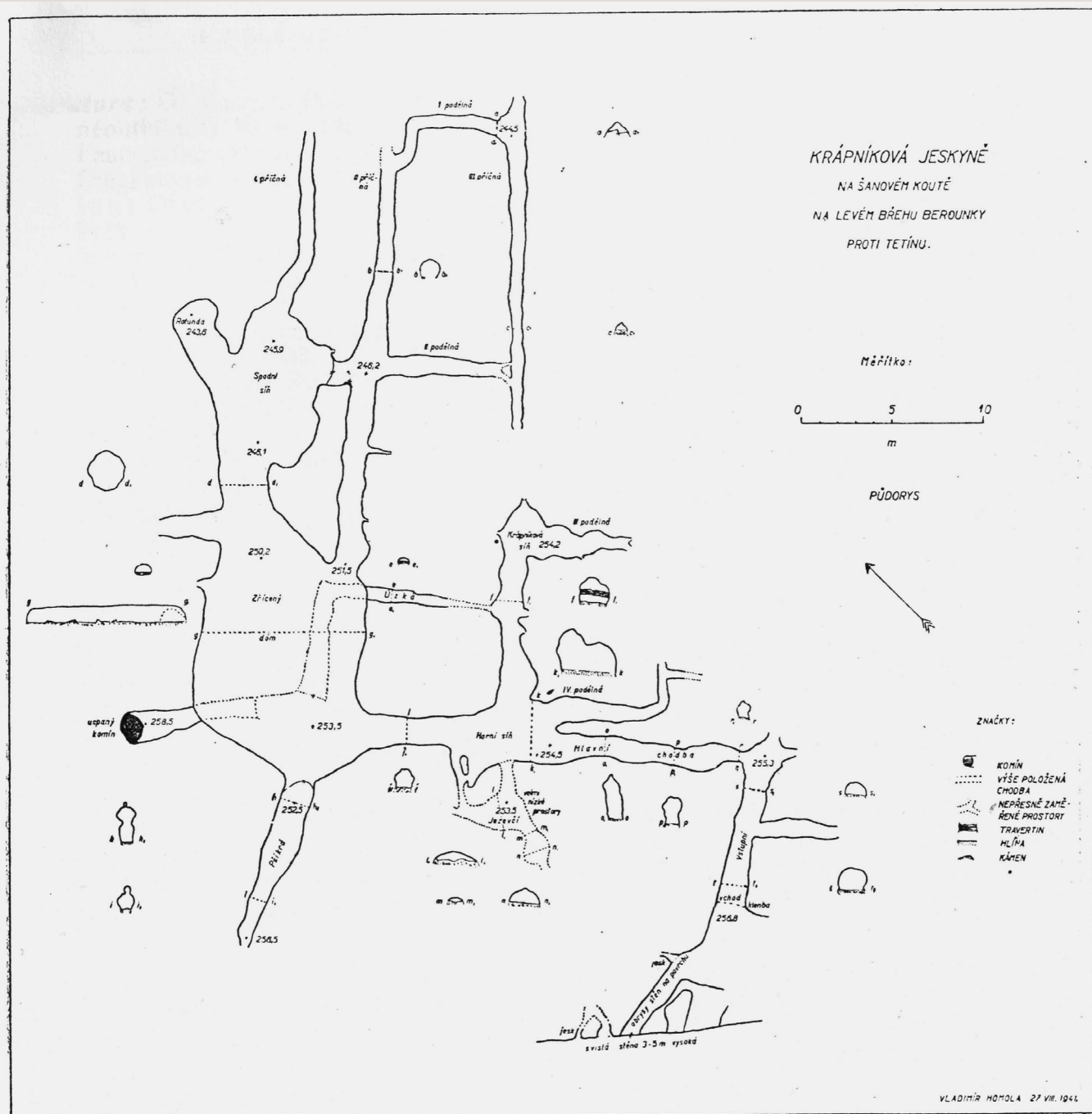
Poděkování: Firmě Hrdlička, s. r. o., děkujeme za provedení testovacího laserového skenování v jeskyni. Podíl K. Žáka na přípravě rukopisu byl podpořen v rámci financování RVO67985831 Geologického ústavu AV ČR, v. v. i.

Český kras (Beroun), 46 (2020), 37–44, 6 obr.

© Muzeum Českého krasu, p. o., Beroun

ISSN 1211-1643

ISBN 978-80-87708-14-9



Obr. 1. Mapa Krápníkové jeskyňe V. Homoly z roku 1941. Mapa je v náhodné orientaci, viz šipku udávající sever.

Fig. 1. A map of the Krápníková Cave by V. Homola, 1941. The map is in a random orientation, see the arrow showing the north.

v závěru posledního glaciálu, velká chyba datování přesnější zařazení neumožňuje.

Předpokládá se, že první úsek *Hlavní chodby* jeskyňe byl v pravěku zaplněn jeskynnými sedimenty do té míry, že z jeskyňe bylo přístupných jen několik metrů *Vstupní chodby*. Dokladem pro to jsou zbytky sintrové desky na stěnách prvního úseku *Hlavní chodby*, které kryly původní štěrkopískovou výplň. Nad sedimentární výplní zřejmě zbýval tak těsný prostor, že neumožňoval průlez.

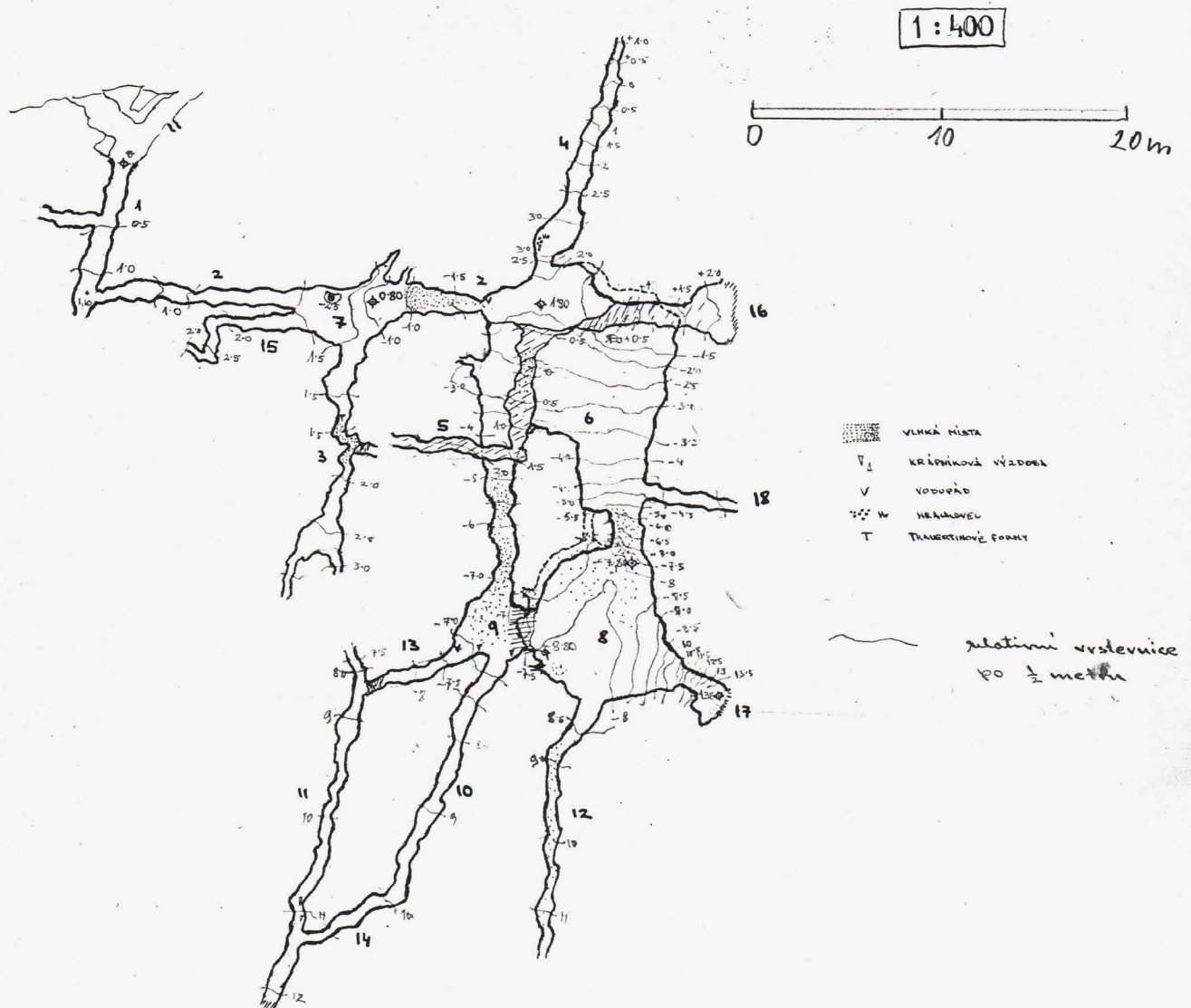
V etapě výzkumu 1940–1944 proběhly další práce i přímo v jeskyni. Již v roce 1940 hloubili F. Prošek, J. Petrbok a V. Homola například *Horní síň* jeskyňe více než 3 m hlubokou sondou, další menší sondu ve *Zříceném domě* a v *Rotundě*. Výsledkem studia jeskyňe

bylo mimo jiné zjištění, že *Hlavní chodba* byla po uložení převážně písčitého a štěrkovitého materiálu téměř až po strop zasintrována (Homola 1943–1944). Podle nálezů železného čakanu a několika dlaždic autoři těchto sond soudili, že sintrová deska a zhruba 1,5 m sedimentů pod ní byly z *Hlavní chodby* odstraněny v 18. století (Homola 1943–1944). Tento autor interpretoval, že odstranění většiny sedimentární výplně *Hlavní chodby* mohli realizovat v době válek lidé, kteří v jeskyni hledali úkryt.

Při hloubení zmíněné sondy v *Horní síni* byl též objeven vchod do *Jezevíč chodby* a na opačnou stranu F. Prošek prorazil cestu sintrovou polohou do *Krápníkové síně*. Stopy po trhačích pracích (návrty prováděné plochým sekáčem) ve stropě sestupu do *Rotundy* F. Pro-

"JESKYNĚ V KOZLE"

2003



- 1 - vstupní chodba
- 2 - Hlavní chodba
- 3 - III. podélná
- 4 - Příkrá
- 5 - úzká
- 6 - Zřícený dóm
- 7 - Horní síň
- 8 - Spodní síň

- 9 - Mokrá síň
- 10 - II. příčná
- 11 - III. příčná
- 12 - I. příčná
- 13 - II. podélná
- 14 - I. podélná
- 15 - IV. podélná
- 16 - komin

- 17 - Rotunda
- 18 - V. podélná
(výhledisko viz text)

Obr. 2. Mapa Krápníkové jeskyňe J. Kukly z roku 1949. Mapa je v náhodné orientaci, nahoře je JZ.
 Fig. 2. A map of the Krápníková Cave by J. Kukla, 1949. The map is in a random orientation, SW is up.

šek a V. Homola ve svých publikacích nekomentovali, zmínil je ale PETRBOK (1956). Zda tyto výbušninou prováděné trhací práce souvisely s aktivitou ve 40. letech, nebo jsou starší, nedokážeme rozhodnout. Návrty jsou dělány ručně, plochým sekáčem, a jsou až 30 cm hluboké. Tuto časově náročnou práci musel provést někdo, kdo měl s trhacími pracemi zkušenosti. I kdyby byly tyto odstřely provedeny ve 40. letech, stěží by se o nich jejich původci odvážili ve válečné době referovat v publikacích.

V roce 1942 prolongoval v jeskyni V. Homola s pražskými studenty V. Svačinkou, N. Kalátem, Z. Zimmermannem a O. Vávrou. Pracovali zejména v *II. a III. příčné* a *II. podélné* chodbě, což prodloužilo jeskyni asi o 20 m. Soudíme, že materiál z prolongací byl ukládán přímo v jeskyni, což místy pozměnilo morfologii jeskynního dna. Homola také jeskyni mapoval. Jeho mapa nese datum 27. srpna 1941 (obr. 1), publikována byla ale až v jeho pozdějším článku (HOMOLA 1943–1944). Není proto zřejmé, zda autor do mapy po datu jejího prvotního vzniku ještě nezasahoval a neaktualizoval ji podle stavu prolongací v roce 1942. Spíše ano, protože stav zmíněných chodeb na jeho plánu odpovídá zhruba současnosti.

Jeskyni potom mapoval v roce 1949 pro svoji seminární gymnaziální práci tehdy devatenáctiletý Jiří Kukla. Jeho mapa (obr. 2) je ze všech historických map nejpřesnější, bohužel kromě zařazení do zmíněné seminární práce (KUKLA 1949) nebyla nikdy publikována. V době Kuklova mapování měla jeskyně délku všech chodeb zhruba 240 m a denivelaci 13,5 m. V roce 1958 jeskyni pro J. Petrboka mapovali o generaci mladší Jaroslav Hromas a Jiří Kříž (osobní sdělení J. Hromas, 2020). Petrbock již v té době s F. Proškem ani V. Homolou nespolupracoval, jejich spolupráce skončila po neshodách v letech 1943–1944. Tato mapa se, pokud víme, nedochovala (může ovšem ležet v Petrbockové dokumentaci v Národním muzeu).

Dne 3. února 1966 nalezl v jeskyni v *Příkré chodbě* J. Jeřábek lidskou lebku, což v daném místě vyvolalo záchranný výzkum (Slavomil Vencel a Jan Fridrich za účasti Emanuela Vlčka). Komisionální posouzení nálezu proběhlo dne 16. února 1966. Lebka není dodnes datována, zřejmě je ale holocenního stáří. Zbytek lidské kostry nebyl nalezen, jen něco zvířecích kostí. S určitou mírou nejistoty můžeme soudit, že lebka snad může souviset s novověkou etapou prací v jeskyni, tedy dobou výkopu sedimentů *Hlavní chodby* a tedy zpřístupnění velkých prostor jeskyně. HOMOLŮV (1943–1944) názor, že chodbu mohli lidé vykopat pro vytvoření úkrytu v době válek, se nám jeví málo pravděpodobný. Válečný úkryt je obvykle třeba hledat rychle a musí být nenápadný, zatímco výkop sedimentů z jeskyně jistě trval měsíce a pod jeskyní přitahoval pozornost nápadný osep vykopaného materiálu.

Určité světlo na motivaci výkopu *Hlavní chodby* snad může vrhnout jednak Seydlova kronika města Berouna (SEYDL 1828, reedice 2003), jednak soubor dokumentů o hledání zlata v této oblasti uložený v archivu Národního muzea, jejichž překlady nám poskytl Jiří Ševčík ml. Kromě Seydlovy kroniky uvádějí pokusy hledat rudy stříbra a později i zlata nedaleko Berouna i další informační zdroje. První zprávy o těžbě (zmiňuje je například Schallerova „Topografie“) jsou z 16. století, další z druhé poloviny 18. století a počátku 19. století. Výsledkem těchto těžebních pokusů jsou dvě štolky v silurských diabasech v tzv. Židovské skále na levém břehu Berounky zhruba proti Tetínu. Dopisy a další dokumenty z let 1776–1777 uložené v archivu Národního muzea dokládají pokusy hledat zlato a testovat přítomnost zlata v rudě (zřejmě v pyritu) v oblasti V Kozle. Aktivní v tom byli Jan Ježek a Jan Stehlík z Unhoště. Svým hlavním zaměřením oba působili v obchodu s tabákem a v geologii byli ryzí amatéři. Žádné zlato se nenašlo a dotyční měli ze svého oznámení a pokusů

s rudami jen nepříjemnosti. Můžeme spekulovat o tom, že vchod Krápníkové jeskyně a pravidelně tvarovaná *Vstupní* a v pravém úhlu odbočující *Hlavní chodba* snad mohly být považovány za zašlé štolky, ve kterých mohl někdy v 16. až 18. století proběhnout pokus o znovu zpřístupnění „dolu“, kdy byla místo starého dolu objevena jeskyně. Prokázat to ale na dnešní úrovni znalostí nelze.

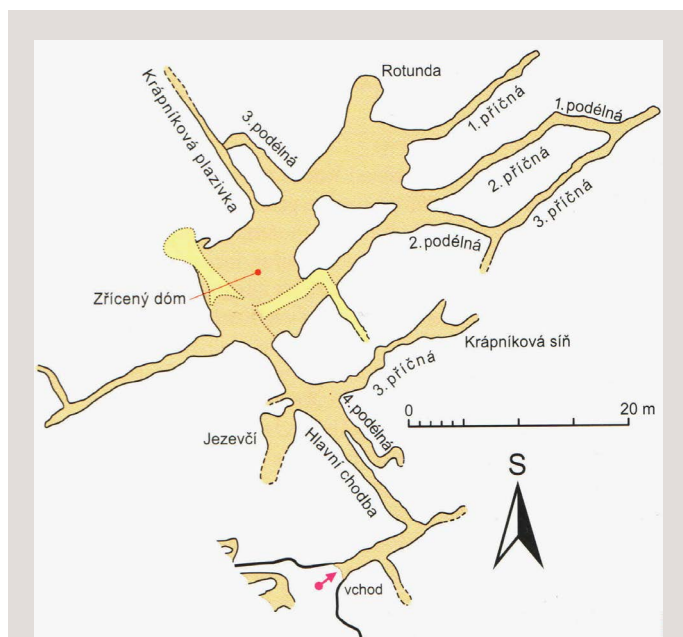
V hlubších částech jeskynního systému byla prováděna od doby, kdy byl pořízen plán KUKLY (1949), na více místech nesystematická prolongace, často i neorganizovanými jeskyňáři, a vykopaný materiál byl chaoticky ukládán přímo v jeskyni. To vedlo ke značným změnám v morfologii jeskynního dna a v úložných poměrech sedimentů. Některé z menších nově objevených odboček byly při dalších prolongacích opět zavaleny ukládaným materiálem. Objevy učiněné během těchto menších výkopů zahrnovaly např. podstatné rozšíření známého rozsahu těsných plazivek při ukončení *Příkré chodby*, plazivek odbočujících k JV a k SV ze *Vstupní chodby* a další drobné objevy.

Jeskyně byla nově mapována ve dnech 12.–14. března 1976 skupinou kolem Petra Zajíčka a Vladimíra Daněčka (osobní sdělení P. Zajíček 2008 a jeho jeskyňářský deník), mapa ale nebyla publikována a zřejmě se nedochovala. Pravděpodobně z této akce pocházejí modrou barvou označené mapovací body v jeskyni. V době, kdy se rozvinula e-mailová komunikace, začala mezi zájemci o Český kras obíhat značně nepřesná digitální mapa jeskyně, která je zřejmě zjednodušenou verzí Homolovy mapy. Autora této digitální mapy neznáme. Pro knihu *Jeskyně* (HROMAS ed. 2009) skeslil existující mapy K. Žák, opíral se přitom hlavně o mapu KUKLY (1949) a orientačně doměřil geologickým kompasem některé chybějící úseky. Mapku pro knihu načisto překreslil Martin Přibíl (obr. 3).

Z hlediska speleogeneze nebyla jeskyně detailně moderně zkoumána. Názory na vznik jeskyně uváděné ve starších pracích, využívající představ sestupných vod směřujících k údolí Berounky (např. HOMOLA 1943–1944), jsou dnes již překonány a vznik jeskyně je dnes přičítán působení říčních vod Berounky, zejména ve spodním a středním pleistocénu. Václav Cílek se věnoval dobře tříděným fluvialním světle hnědým pískům z Rotundy, které jsou kryty Fe-Mn horizontem (CÍLEK 1989). Považoval je za předkvartérní. Podrobnější studium asociace tzv. těžkých minerálů ale prokázalo poměrně hojnou přítomnost pyroxenů a amfibolů a velké množství slídy, tedy zastoupení minerálů typických pro kvartér (ŽÁK et al. 2001).

Helena Hercman (Polská akademie věd, Varšava) datovala metodou uranových řad pro výzkumnou zprávu ŽÁKA et al. (2004) dva vzorky sintru ze zbytků odtěžené sintrové desky v *Hlavní chodbě*. Jeden vzorek vykazoval příliš velkou detritickou kontaminaci a byl nedatovatelný, druhý, s menší detritickou příměsí, vykázal stáří 10,96±0,31 tisíc let před současností. Odpovídá tedy počátku holocénu. V hlubších částech jeskyně ale žádné stopy po magdaléninských lovcích nalezeny nebyly, takže předpokládáme, že chodba byla neprůchodná díky šterkopískové sedimentární výplni a zhruba 10–15 cm mocná sintrová poloha (která je mladší než pobyt magdaléninských lovců před jeskyní) jen zneprůchodnění *Hlavní chodby* dotvořila.

Po roce 2000 se v jeskyni začalo ve stále větší míře objevovat psaní po stěnách a rytí do nich (krápníková výzdoba byla ovšem olámána již mnohem dříve, během staletí, kdy byla jeskyně volně přístupná). V jeskyni se hromadily odpadky a docházelo k rušení zimujících netopýrů. To vedlo k tomu, že po dohodě se Správou CHKO Český kras byla jeskyně dne 9. listopadu 2008 uzavřena pevným uzamykatelným uzávěrem s vletovým otvorem pro netopýry. Práce realizovali jeskyňáři ČSS ZO 1-05 Geospeleos. Jako kuriozitu můžeme uvést, že jeskyňáři podstrčili do materiálu z výkopu pro základ vstupních dveří



Obr. 3. Mapa Krápníkové jeskyně připravená pro knihu *Jeskyně* (HROMAS ed. 2009) jako soukres map V. Homoly a J. Kukly, doplněno a revidováno K. Žákem, 2003. Grafická úprava M. Příbil.

Fig. 3. A map of the Krápníková Cave prepared for the book *Caves* (HROMAS ed. 2009) as a combination of maps by V. Homola and J. Kukla, revised and supplemented by K. Žák, 2003. Graphical style by M. Příbil.

plochý pazourkový ústěp z baltského pazourku, který sami vyrobili. K. Žák ho ve vykopávaném materiálu našel a předal pracovníkům Ústavu archeologické památkové péče středních Čech. K jejich cti je třeba uvést, že poznali, že se jedná o padělek. Později se jeskyňáři k tomuto žertu přiznali.

Díky desetiletím pohybu návštěvníků jeskyně ve *Vstupní chodbě* se stala plázevka, pokračující přímo v místě odbočení *Hlavní chodby* neprůlezná. Jakub Zelinka a K. Žák dne 3. listopadu 2011 tuto ucpávku odstranili a nevelké prostory v přímém pokračování *Vstupní chodby* tak opět zpřístupnili.

3. Nové mapovací práce v jeskyni v letech 2018–2019 – metodika

3.1. Trojrozměrné (3D) laserové skenování v roce 2018

Na konci 80. let 20. století, po rozvoji výpočetní techniky, která dokázala zpracovat velké množství naměřených dat, došlo k rozšíření měření systémem pozemního laserového skenování (TLS – *terrestrial laser scanning*). Při této metodě se laser umísťuje na stativ na známý bod a po naskenování okolí se přesune na další bod (KOUKAL 2017). První skenování pomocí laseru bylo neúspěšně testováno od roku 1988 ve španělské jeskyni Altamira (IDREES a PRADHAN 2016). GALLAY et al. (2015) udávají jako první úspěšné využití laserového skenování v jeskyni mapování v rámci archeologického průzkumu jeskyně Wemyss Caves ve Skotsku v roce 2004.

Po roce 2000 se začalo ve větší míře používat mobilní laserové skenování (KOUKAL 2017). Při něm už není nutné skenovat z pevných stanovišť. Se skenerem se prochází skenovaným prostorem a skenování probíhá kontinuálně. Postupem času se velikost skeneru zmenšovala. Zatímco v počátku bylo nutné vozit skener na vozíku, dnes jsou běžně používány ruční skenery.

V roce 2018 bylo v Krápníkové jeskyni testováno měření skenerem Geoslam ZEB REVO-RT. Jedná se o ruční skener s rychlostí

sběru dat 43 200 bodů za sekundu. Dosah měření je v uzavřeném prostoru až 3 m při přesnosti $\pm 0.1\%$. Skener funguje díky SLAM algoritmu (*simultaneous localization and mapping*). Na trh byl uveden v roce 2017. Výrobce udává, že skenery jsou „s úspěchem zákazníky používány k měření interiérů budov pro jejich oceňování a tvorbu chybějících plánů před prodejem, povrchových dolů, spleť chodů, hlubinných dolů, jeskynních systémů“ (<https://mensuro.cz/mobilni-laserove-skenery/>). Právě díky zmínce o mapování jeskynních systémů byl s majitelem skeneru dohodnut test použití v jeskyni. Krápníková jeskyně byla zvolena, protože se jedná o dobře přístupnou a přitom relativně členitou jeskyni. Už před testem bylo zřejmé, že nebude možné dodržet některá pravidla měření.

Před zahájením měření je nutné definovat tzv. vlčovací body. Jedná se o terče v podobě bílých koulí. Střed koule je zaměřen geodeticky a slouží k transformaci měření do souřadnicového systému. Jedná se o ruční skener, který se volně pohybuje, není pevně postaven, zhorizontován ani zcentrován a nemá tedy jasně definovaný směr os. Vlčovací body mají být rozmístěny rovnoměrně po celém objektu. Při skenování se měřené segmenty průběžně napojují na vlčovací body a sken se tak průběžně zpřesňuje. V případě měření v Krápníkové jeskyni byly vlčovací body stabilizovány pouze před jeskyní a měření na nich začalo a skončilo. Skenovaná vzdálenost mezi vlčovacími body dosáhla více než 100 m.

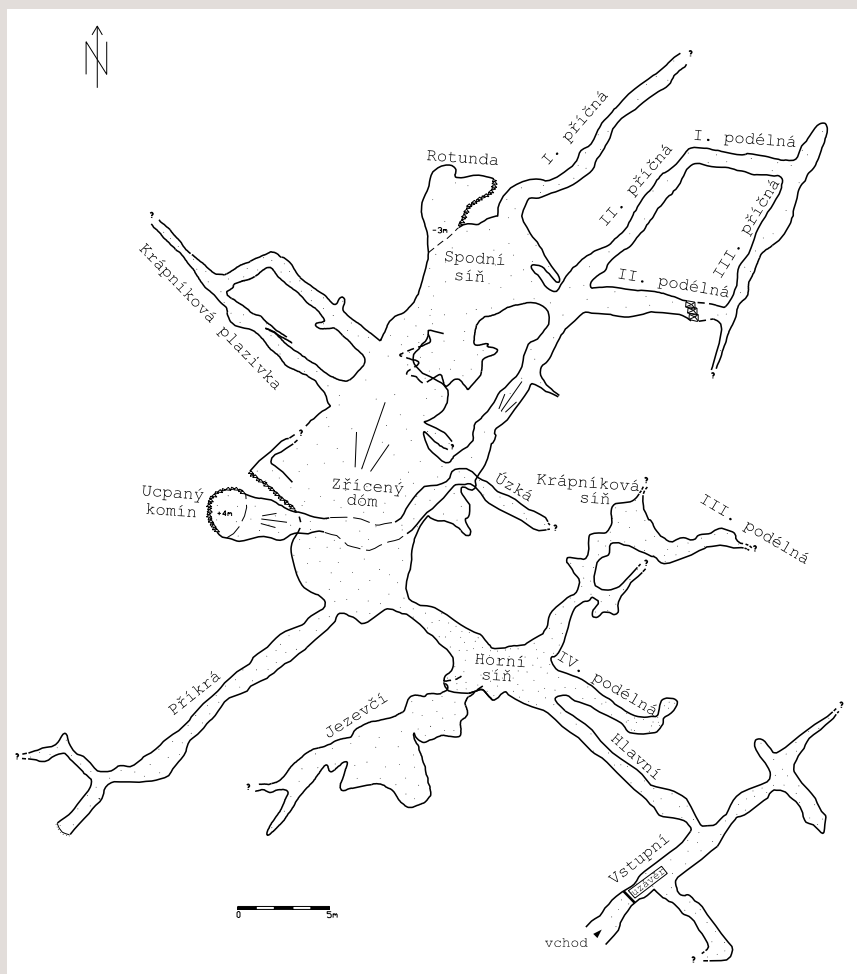
Pro správné fungování SLAM algoritmu v úzkých prostorách je výhodnější chodit pozpátku, což v tomto případě nebylo v důvodu bezpečnosti pohybu v jeskyni možné dodržet. Posledním důležitým bodem je dodržování smyček. Jedno místo je skenováno dvakrát, s tím, že se na stejné místo dojde jinou cestou. Při mapování Krápníkové jeskyně nebylo dodržení této zásady možné.

V rámci testu bylo zmapováno 223 m jeskyně. Při porovnání mapy s mapováním provedeným v letech 2019–2020 (viz následující kapitola) došlo u nejzazších bodů v jeskyni k posunu až o 1 m. Stěny jeskyně na výsledném 3D modelu nebyly hladké, jako ve skutečnosti, ale plné hranatých nerovností. Hlavními příčinami obou nepřesností byla výše uvedené nedodržení pravidel, hlavně nedostatek vlčovacích bodů. Vyhlazení stěn bylo neúspěšně zkušeno v programech Autocad, Microstation a Surpac. Úspěch přineslo až využití australského programu Leapfrog určeného primárně pro tvorbu geologických modelů.

3.2. Mapování v letech 2019–2020

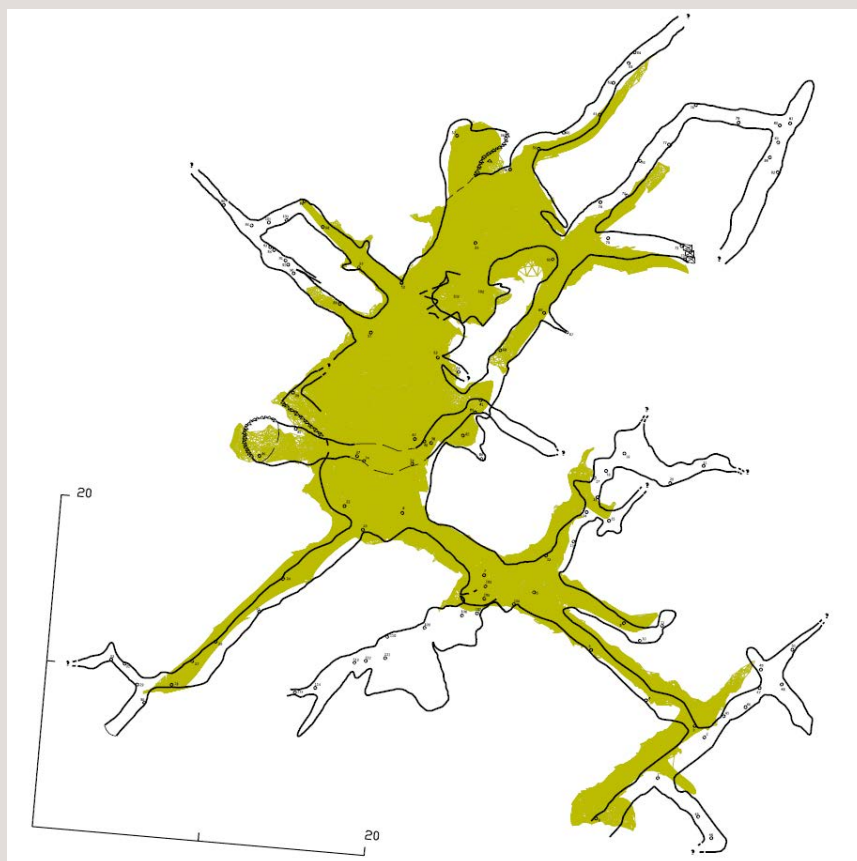
Mapovací metody a nástroje tradičně vycházely z důlního mapování a po několik století neprodělaly výrazné změny. Mapování probíhalo většinou kombinací polárních a ortogonálních souřadnic. Azimut a sklon polygonového pořadu byly měřeny pomocí buzoly, geologického kompasu či hornického závěsného kompasu a sklonoměru. Vzdálenosti byly měřeny pomocí pásma. Výsledkem byly polární souřadnice, definované úhlem a vzdáleností. Pomocné body byly definovány ortogonálními souřadnicemi, podle nichž je poloha bodu dána vzdáleností kolmice od polygonu a vzdáleností počátku kolmice od výchozího polygonového bodu. Měřené hodnoty byly pomocí úhloměru a pravítek kresleny na milimetrový papír.

Prvním nástrojem, který mapování výrazně zrychlil a zpřesnil, byl laserový dálkoměr. Ve výbavě českých jeskyňářů se začal objevovat v druhé polovině 90. let. Kromě délek dokázal dálkoměr měřit i sklon. V roce 2008 představil na 4. evropském speleologickém kongresu v Lans-en-Vercors, Isère ve Francii švýcarský jeskyňář Beat Heeb měřící zařízení nazvané Disto X komunikující s kapesním počítačem PDA. Disto X vzniklo instalací malé PCB desky s přidaným tříosým kompasem, tříosým inklinometrem a Bluetooth modulem



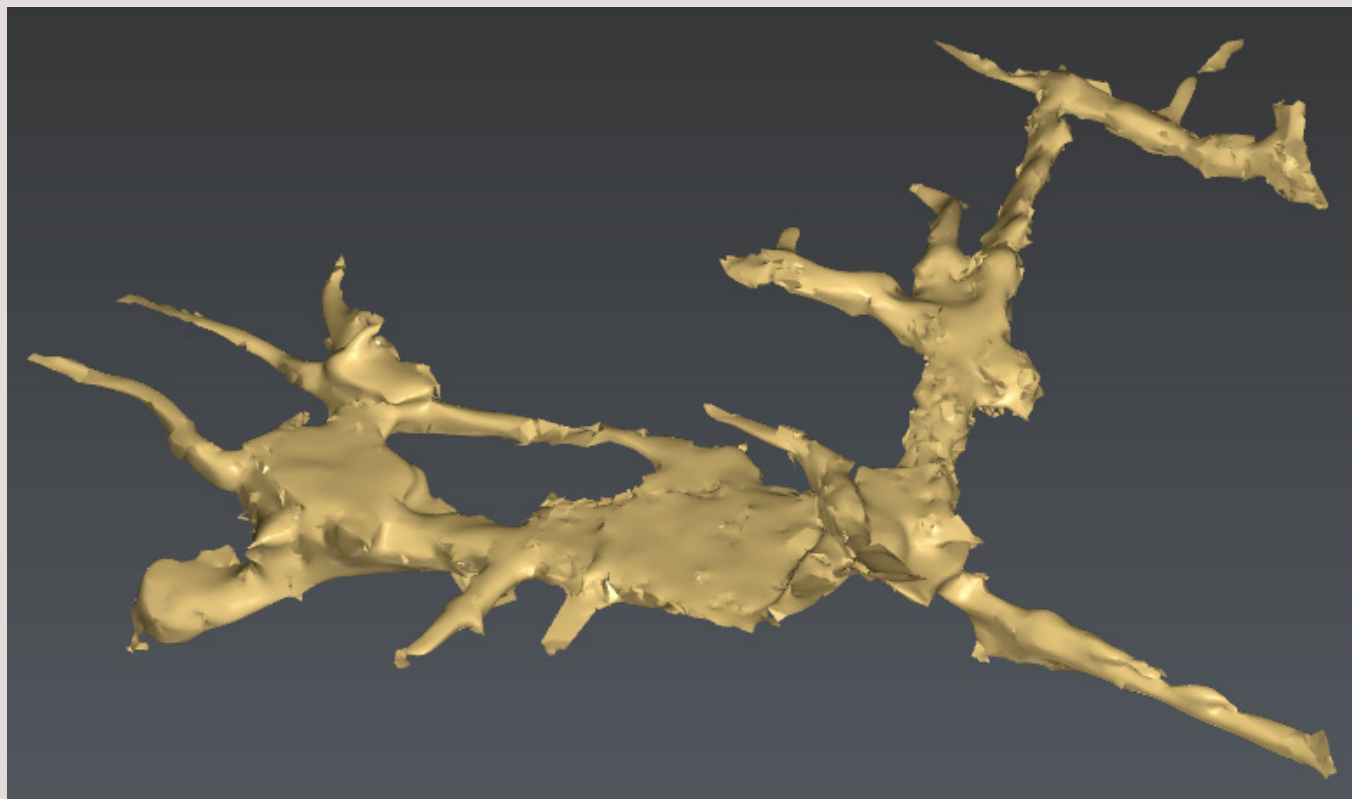
Obr. 4. Nová mapa Krápníkové jeskyně v Šanově Koutě. Měřili M. Hejna, M. Jakovenko, L. Kachlík, S. Šlechta, L. Falteisek, L. Pecka ve dnech 15. 9. 2018, 15. 10. 2018, 15. 8. 2019 a 15. 5. 2020. Kreslili M. Hejna, M. Jakovenko, L. Kachlík.

Fig. 4. A new map of the Krápníková Cave at the Šanův Kout near Beroun (mapping by M. Hejna et al. 2018–2020).



Obr. 5. Porovnání nové mapy jeskyně (černě) a půdorysu odvozeného z laserového skenování (světle zeleně).

Fig. 5. A comparison of the new cave map (in black) with the plan derived from laser scanning (light green).



Obr. 6. Trojrozměrný pohled na hlavní prostory Krápníkové jeskyně vytvořený na základě laserového skenování. Pohled od SZ.
Fig. 6. A three-dimensional view of the Krápníková Cave derived from laser scanning. View from the NW.

do dostupného dálkoměru Leica Disto A3. Disto X bylo schopné zmáčknutím jednoho tlačítka shromáždit informace o vzdálenosti, sklonu i azimutu. Informace se přenášely přes Bluetooth do PDA, kde mohl uživatel rovnou zakreslovat na displeji jednoduchou mapu (HEEB 2008).

HEEB (2014) publikoval další vývoj Dista X2. To také obsahuje kromě laserového dálkoměru tříosý kompas a inklinometr a Bluetooth modul. Nicméně zapojení rozšiřující desky je jiné. Disto X2 vzniklo na základě nově vyráběného dálkoměru Leica Disto X310, jejíž vnitřní uspořádání vývoj vylepšeného Dista X2 umožňovalo. Nová deska nahrazuje část hardwaru Dista a dovoluje použití LiPo akumulátoru místo klasických AAA baterií, což zajišťuje větší přesnost kompasu. Mezitím se také již přestaly vyrábět některé komponenty Dista X (samotná Leica Disto A3, chip s akcelerometrem (inklinometr), Bluetooth modul již byl také zastaralý). U Dista X2 je hlavní deska Dista X310 vyměněna za desku s rozšiřujícími komponentami (HEEB 2014).

Disto X i Disto X2 může být použito s více aplikacemi pro zakreslení mapy. Nejpoužívanější jsou zřejmě jednoduché PocketTopo Beata Heeba a sofistikovanější TopoDroid italského jeskyňáře Marca Corviho. TopoDroid běží pod operačním systémem Android. Praktické tedy je, že jej můžeme v jeskyni používat na poměrně lehkém telefonu nebo tabletu, kde zase využijeme velký displej. Na rozdíl od přístroje PocketTopo, který umožňuje pouze základní kreslení, TopoDroid obsahuje velké množství uživatelských voleb a nastavení, velké množství objektů (bodových symbolů, čar i ploch) mezi kterými můžeme při zakreslování map volit tak, aby mapa odpovídala realitě.

K mapování Krápníkové jeskyně bylo použito Disto X2 (na bázi Dista X310) a program TopoDroid. Mapování pomocí Dista X2

je většinou prezentováno jako rychlé a při tom velmi přesné. Disto X310 má z výroby nastavenou maximální délkovou chybu 1–2 mm na 1 m a chybu u sklonoměru 0,24–0,28 stupně. Kompas je potřeba před prvním měřením a poté vždy dle potřeby kalibrovat. Výsledná chyba je závislá na přesnosti kalibrace. Před mapováním Krápníkové jeskyně bylo použito Disto X2 kalibrováno s výslednou průměrnou odchylkou 0,18 stupně při maximální odchylce 0,50 stupně.

BALÁK (2014) uvádí sedm stupňů přesnosti zaměření. Jako nejpřesnější udává 1. třídu přesnosti, nejméně přesnou je 7. třída přesnosti. Měření Distem obecně řadí do 4. třídy přesnosti, tzn. měření azimutu a sklonu s přesností na stupně a délky s přesností na 5–15 cm. Při tomto začlenění vychází Balák pravděpodobně z expedičního způsobu mapování, které je velmi rychlé (až několik stovek metrů mapy za den u jednoduché horizontální jeskyně) – rychlost je zde upřednostněna na úkor přesnosti. Při tomto způsobu mapování nejsou stabilizovány polygonové body a jako polygonové body slouží většinou špičky krápníků, ostré skalní výstupky či pyramidy z kamenů. Mezi místem, které bylo zaměřeno z předchozího bodu a místem, ze kterého probíhá další měření tak může být rozdíl v řádech jednotek centimetrů.

Při dodržení některých jednoduchých pravidel lze dosáhnout přesnosti, kterou umožňují technické možnosti Dista. Při mapování Krápníkové jeskyně byl polygonový pořad měřen na stabilizované body. Jako bodové pole byly použity body stabilizované při předchozích mapování, případně byly stabilizovány nové. Tím bylo dosaženo toho, že další měření proběhlo přesně z bodu, který byl zaměřen z předchozího stanoviště. Další nepřesnost měření samotným Distem vychází z toho, že Disto je k bodu přikládáno spodní částí, která je plochá. Místo, kterým je Disto přiloženo k bodu tak nemusí přesně odpovídat místu osy laserového paprsku. Tato nepřesnost byla

odstraněna tím, že byl k patě Dista přidělán pětcentimetrový trn v ose laseru, kterým je Disto přikládáno na bod. Při dodržení těchto pravidel měření se domníváme, že lze měření zařadit do 3. třídy přesnosti, tj. měření úhlů s přesností na desítky minut a vzdáleností na 1–5 cm.

Při mapování Krápníkové jeskyně bylo využito 115 polygonových bodů a délka polygonu dosáhla 282 m. Délka jeskyně byla dříve stanovována jako délka polygonu. S využitím Dista bylo nutné způsob stanovení délky jeskyně změnit. Do kratších rovných odboček není nutné zavádět polygonový pořad a stačí pouhá pomocná záměra. Tím může být skutečná délka jeskyně významně delší než polygonový pořad. V tomto případě byla délka jeskyně stanovena jako součet délek jednotlivých chodeb měřených z půdorysu a rozvrtých profilů. Délka všech chodeb jeskyně byla stanovena na 302 m při převýšení 19 m.

4. Závěr

Trojrozměrný model Krápníkové jeskyně je i přes svou nepřesnost prvním publikovaným 3D modelem jeskyně v Českém krasu. Kromě toho se jedná o první publikaci využití ručního skeneru při skenování jeskyní v rámci Čech. Výsledky a zkušenosti ze skenování mohou přispět k dalším úspěšným mapováním.

Nové mapování Krápníkové jeskyně pomocí laserového dálkoměru sdruženého s kompasem a sklonoměrem (Disto X2 na bázi Dista X310 a program TopoDroid) určilo celkovou délku všech prostor jeskyně na 302 m a celkové převýšení na 19 m. Krápníková jeskyně má tak konečně k dispozici publikovanou přesnou mapu, která odpovídá jejímu dnešnímu stavu.

Literatura

- BALÁK I. (2014): Jak vznikají speleologické mapy. – In: *Metodická příručka – Jaskyne tam a späť*. Lipka, školské zařízení pro environmentální vzdělávání: 151–174. Brno.
- CÍLEK V. (1989): Exhumace a geomorfologický vývoj Českého krasu. – *Český kras*, XV: 97–112. Beroun.
- FRIDRICH J., SKLENÁŘ K. (1976): Die paläolitische und mesolitische Höhlenbesiedlung des Böhmischen Karstes. – *Fontes Archaeologici Pragenses*, 16: 1–122. Praha.
- GALLAY M., KAŇUK J., HOCHMUTH Z., MENEELY J. D., HOFIERKA J., SEDLÁK V. (2015): Large-scale and high-resolution 3-D cave mapping by terrestrial laser scanning: a case study of the Domica Cave, Slovakia. – *International Journal of Speleology*, 44, 3: 277–291.
- HEEB B. (2008): Paperless Caving – An Electronic Cave Surveying System – *Proc. of the IV European Speleological Congress*: 130–133. Lans-en-Vercors, Isère, France.
- HEEB B. (2014): The Next Generation of the DistoX Cave Surveying Instrument – *CREG Journal*, 88: 5–8.
- HOMOLA V. (1943–1944): Jeskyně zvaná „Krápníková“ na Šanovém koutě u Berouna. – *Příroda*, 36, 1: 19–23. Brno.
- HROMAS J. (Ed.) et al. (2009): Jeskyně. – In: P. MACKOVČIN, M. SEDLÁČEK (Eds.): *Chráněná území ČR, svazek XIV*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum: 1–608. Brno, Praha.
- IDREES M. O., PRADHAN B. (2016): A decade of modern cave surveying with terrestrial laser scanning: A review of sensors, method and application development. – *International Journal of Speleology*, 45, 1: 78–88.
- KOUKAL P. (2017): *Zaměření specifických prvků v areálu Admas*. – Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie: 1–62. Brno.
- KUKLA J. (1949): *Jeskyně Českého krasu na levém břehu řeky Berounky a Vltavy*. – Seminární práce. Reálné gymnasium Praha XII. – Slovenská: 1–85, přílohy. Praha.
- NEUSTUPNÝ J. (1948): Le Paléolithique et son art en Bohême. – *Artibus Asiae (Ascona)*, XI–1948, 214–238. Ascona.
- PETRBOK J. (1932): Jeskyně na Šanovém koutě. – *Právo lidu*, XLI–1932, dne 27. 5.
- PETRBOK J. (1946): Stratigrafická chronologie aurignacienského sídliště „V Dolíku“ u Srbska nad Berounkou. – *Památky archeologické*, XLII–1939/46: 136.
- PETRBOK J. (1950): Paleolitikum v jeskyních Českého krasu. – *Československý kras*, III: 259–261. Brno.
- PETRBOK J. (1956): Český kras ve výzkumu do roku 1950. – *Anthropozoikum*, V (1955): 9–46 (22 tabulí s fotografiemi). Praha.
- PROŠEK F. (1947): Paleolitické osídlení Čech ve světle novějších výzkumů. – *Časopis Národního muzea, řada věd společenských*, CXVI–1947: 129–141. Praha.
- PROŠEK F. (1959): Nový tip paleolitického očaga iz stojanki Šanov-kout II u s. Gostim. – *Sovetskaja archeologija*, 1959, 1: 243–245. Moskva.
- PROŠEK F. (1961): Mladopaleolitická obydlí v Československu. – *Památky archeologické*, LII–1961: 57–75. Praha.
- SEYDL J. A. (1828, tiskem 2003): *Kronika královského města Berouna*. – Editore vydání v roce 2003 M. GARKISCH, M. TOŠNEROVÁ. Státní oblastní archiv Praha, Státní okresní archiv Beroun: 1–256. Beroun.
- SKLENÁŘ K., MATOUŠEK V. (1994): Die Höhlenbesiedlung des Böhmischen Karstes vom Neolithikum bis zum Mittelalter. – *Fontes Archaeologici Pragenses*, 20: 1–212. Prague.
- SKUTIL J. (1952): Přehled českého paleolitika a mesolitika. – *Sborník Národního muzea, A*, VI–1952.
- VALOCH K. (1960): *Magdalénien na Moravě*. – *Anthropos*: 1–107. Brno.
- VENCL S. (1966): La station magdalénienne de Hostim près de Beroun (Bohême). – In: FILIP J. (ed.), *Investigations archéologiques en Tchécoslovaquie*: 26–27. Prague.
- VENCL S. (1969): Zu den Grobgeräten des Jungpaläolithikum bis Neolithikum. – *Jahrbuch für mitteldeutsche Vorgeschichte (Halle/S.)*, 53: 167–177.
- VENCL S. (1971): Několik paleolitických lokalit z Čech. – *Archeologické rozhledy*, 23: 649–668. Praha.
- VENCL S. (1972): Magdalénští lovci koní nad Berounkou. – *Práce*, 28. 2. 1972, str. 3. Praha.
- VENCL S. (1995): Hostim. Magdalenian in Bohemia. – *Památky Archeologické – Supplementum*, 4: 1–264. Praha.
- ŽÁK K., CÍLEK V., GRMELA A. (2014): Prof. RNDr. Vladimír Homola, CSc., významná osobnost ve výzkumu Českého krasu. – *Český kras*, XL: 19–26. Beroun.
- ŽÁK K., TÁBORSKÝ Z., KADLEC J., CÍLEK V. (2004): *Jeskynní sedimenty a vývoj krasových jevů v údolí řeky Berounky v Českém krasu. Závěrečná zpráva a dokumentace provedených prací projektu Grantové agentury ČR č. 205/02/0449*. – Nepublikovaná zpráva. P 009.2004. 16 str. textu, 95 s. textových příloh, 2 mapové přílohy. Archiv České geologické služby. Praha.
- ŽÁK K., TÁBORSKÝ Z., LACHMANOVÁ M., PUDILOVÁ M. (2001): Využití těžkých minerálů při studiu alochtonních klastických jeskynních sedimentů Českého krasu. – *Český kras*, XXVII: 5–14. Beroun.