

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra speciální geodézie



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Tvorba nového bodového pole v Ponikelské jeskyni

Autor: Jaroslav Zeman

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Jiřikovský, Ph.D.

PRAHA, 2019



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební



Thákurova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE


### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Zeman</u>	Jméno: <u>Jaroslav</u>	Osobní číslo: <u>459191</u>
Zadávající katedra: <u>Katedra speciální geodézie</u>		
Studijní program: <u>Geodézie a kartografie</u>		
Studijní obor: <u>Geodézie, kartografie a geoinformatika</u>		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Tvorba nového bodového pole v Ponikelské jeskyni</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Creating a new point field of the Ponikelská cave</u>	
Pokyny pro vypracování: Rekognoskace, návrh, stabilizace a zaměření bodů na povrchu technologií GNSS, doplnění bodů v podzemí, propojení měření polygonových pořadů, výpočty, analýza měření, určení souřadnic v systému S-JTSK a Bpv, tvorba geodetických údajů k novým bodům.	
Seznam doporučené literatury: HROMAS Jaroslav a Josef WEIGEL: Základy speleologického mapování DVOŘÁK Jiří a Vratislav OUHRABKA: Ponikelská jeskyně 100 let od objevu. Krkonoše-Jizerské hory. 2012(11) Vyhl. 435/1992 sb. Vyhláška ČBÚ o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Tomáš Jiříkovský, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>22.2.2019</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>26.5.2019</u> <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
<u>22. 02. 2019</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Tvorba nového bodového pole v Ponikelské jeskyni“ vypracoval samostatně a veškeré použité zdroje jsem uvedl v kapitole „Použité zdroje“.

V Praze dne

Jaroslav Zeman

.....

.....

## Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Tomáši Jiřikovskému, Ph.D. za odborné vedení této bakalářské práce. Dále děkuji i panu Ing. Zdeňku Vyskočilovi, Ph.D. za pomoc se zpracováním GNSS měření a panu Ing. Jaroslavu Braunovi, Ph.D. za pomoc při práci v programu GNU Gama. Speciální dík patří panu Mgr. Vratislavu Ouhrabkovi, pracovníkovi SJ ČR, za zapůjčení podkladů a geodetických přístrojů, pomoc při měření, odbornou konzultaci a vstřícný přístup v po celou dobu zpracování této bakalářské práce.

## Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá tvorbou bodového pole v Ponikelské jeskyni. V práci je popsán výběr polohy bodů, jejich stabilizace a metody použité pro jejich zaměření. Pro zaměření jednotlivých bodů vně jeskyně bylo využito GNSS technologie. Uvnitř jeskyně bylo měřeno totální stanicí a přístrojem Leica Disto X2. Je zde uveden postup zpracování měřených dat a vyrovnání celé sítě v programu GNU Gama. Práce obsahuje vyrovnané souřadnice jednotlivých bodů spolu s jejich geodetickými údaji.

## Klíčová slova

jeskyně, Poniklá, geodetický bod, polygonový pořad, zaměření, stabilizace, GNSS, Leica Disto X2, vyrovnání, geodetické údaje

## Annotation

This bachelor thesis deals with creating geodetic point field in Ponikelská cave. In this thesis the choice of point position is described and also the way of stabilization and measurement methods. GNSS technology was used outside the cave. Total station and instrument Leica Disto X2 was used inside the cave. There is written about way of processing measured data and adjustment whole spatial network in GNU Gama software. Thesis contains adjusted coordinates of each measured point and its geodetic data of survey control point.

## Key words

cave, Poniklá, survey control point, traverse, survey, stabilization, GNSS, Leica Disto X2, adjustment, geodetic data of survey control point

# Obsah

<b>Úvod .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Jeskyně.....</b>	<b>11</b>
1.1 Vznik .....	11
1.2 Vztah člověka k jeskyním .....	11
1.3 Měření jeskyní.....	12
1.3.1 Historie.....	12
1.3.2 Současnost .....	12
<b>2 Ponikelská jeskyně.....</b>	<b>14</b>
2.1 Popis lokality.....	14
2.2 Historie objevů .....	15
<b>3 Stabilizace.....</b>	<b>17</b>
<b>4 Měření.....</b>	<b>18</b>
4.1 Přístrojové vybavení.....	18
4.1.1 Leica Disto X2 .....	18
4.1.2 Sokkia SET 330R3.....	19
4.1.3 Trimble Zephyr Model 2.....	20
4.1.4 Další pomůcky .....	20
4.2 Průběh měření .....	21
4.2.1 GNSS .....	21
4.2.2 Totální stanice.....	22
4.2.3 Leica Disto X2 .....	25
<b>5 Zpracování měření .....</b>	<b>26</b>
5.1 GNSS.....	26
5.1.1 Transformace .....	26
5.2 Leica Disto X2 .....	28
5.3 Porovnání azimutů .....	28
5.4 Redukce délek .....	30
5.5 Vyhláška č. 435/1992 Sb.....	31
5.5.1 Testování protisměrně měřených délek .....	32
5.5.2 Ověření souřadnic určených GNSS technologií .....	33
5.6 Vyrovnání.....	33
5.6.1 GNU Gama .....	33
5.6.2 Směrodatné odchylky měřených veličin.....	34
5.7 Geodetické údaje.....	38
<b>6 Výsledky .....</b>	<b>39</b>
<b>Závěr .....</b>	<b>41</b>

<b>Použité zdroje .....</b>	<b>43</b>
<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>45</b>
<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>46</b>
<b>Seznam zkratek .....</b>	<b>47</b>
<b>Seznam příloh.....</b>	<b>48</b>



# Úvod

Cílem této bakalářské práce je aktualizace a doplnění bodového pole v Ponikelské jeskyni. Velké množství bodů, které tvořily původní bodové pole v jeskyni, již dnes není možné identifikovat a v některých nově objevených částech nebyly stabilizovány body vůbec. Ke stávajícím bodům není možné dohledat dokumentaci, proto byly jejich souřadnice určeny z vektorizované mapy a vedeny pouze v místním systému. Tato práce se zabývá stabilizací nových bodů a určením souřadnic nových i vybraných původních bodů v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv.

V první kapitole je pojednáváno obecně o jeskyních. Dále je zde zmíněna historie zkoumání jeskyní, a to především jejich měření a mapování.

Druhá kapitola se zabývá Ponikelskou jeskyní z pohledu její geografické i geologické polohy. Také je zde popsána historie objevování této jeskyně.

Ve třetí kapitole je popsán výběr umístění nových bodů a způsob jejich stabilizace. Je zde odůvodněna volba využitých značek.

Ve čtvrté kapitole jsou uvedeny přístroje a pomůcky použité pro měření. Měřické vybavení je popsáno a doplněno obrázky. Tato kapitola je rozdělena do tří částí, pojednávajících o jednotlivých etapách měření podle použitých přístrojů a způsobů měření.

Pátá kapitola popisuje způsob zpracování měřených dat. Nejprve je zde popsán postup určení souřadnic bodů měřených GNSS technologií. Dále jsou zde zmíněny výpočty z dat měřených totální stanicí a přístrojem Leica Disto X2 předcházející vyrovnání, mezi které patří především redukce déle. Kapitola dále obsahuje tabulku analyzující měřené délky podle vyhlášky č. 435/1992 Sb. Českého báňského úřadu o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem. Je zde provedena kontrola správnosti vypočtených souřadnic z měření GNSS technologií. Na závěr je popsán způsob vyrovnání měření a program, ve kterém vyrovnání probíhalo.

Šestá kapitola obsahuje výsledné souřadnice bodů podrobného bodového pole Ponikelské jeskyně spolu s jejich směrodatnými odchylkami. Souřadnice jsou rozčleněny do dvou tabulek podle toho, zda na nich probíhalo měření nebo byly určeny rajónem.

# 1 Jeskyně

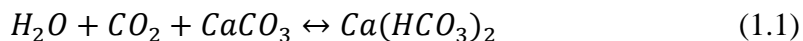
## 1.1 Vznik

Pod pojmem jeskyně rozumíme přírodně vytvořenou podzemní prostor. Jeskyně dělíme na krasové a pseudokrasové. Mezi pseudokrasové jeskyně řadíme tektonické, magmatické, erozní, ledové.

Ponikelská jeskyně je krasová jeskyně. Krasové jeskyně vznikají v krasových horninách, kterými jsou především vápenec a dolomit. Vývoj jeskyně má tři fáze.

První fází je vznik. Voda dopadající na zemský povrch je slabou kyselinou uhličitou  $H_2CO_3$ . Kyselina prosákne půdou až na krasovou horninou, následně se dostane různými puklinami do skály a cestou ji rozpouští.

V druhé fázi se puklina postupně rozšiřuje. Zároveň může dojít k usazování dříve rozpuštěné horniny a vzniku sekundárních krasových jevů. Tyto jevy vznikají v podobě sintru, nejznámější z nich jsou stalaktity, stalagmity a stalagnáty. Proces rozpouštění horniny a vzniku sintru popisuje chemická rovnice (1.1).



Ve chvíli, kdy již bylo rozpuštěno tolik materiálu, že hornina není schopna unést hmotnost stropu, se jeskyně dostává do své třetí fáze. Strop se zborší a vzniká propast.

## 1.2 Vztah člověka k jeskyním

Člověk se během celého svého vývoje zajímal o jeskyně. Druh zájmu se v průběhu tisíciletí měnil v závislosti na vyspělosti lidí a jejich potřebách. Pravěcí lidé využívali jeskyně především jako obydlí. V době válek byly některé jeskyně využívány jako kryty. Dnes jsou jeskyně zpřístupňovány pro návštěvníky, aby měl každý možnost se dostat do tohoto zvláštního prostředí a vidět krásy, které je schopna příroda stvořit. V současné době je na našem území evidováno více než 3000 jeskyní, z nichž je 14 zpřístupněných.

V České republice jsou jeskyně chráněny zákonem České národní rady o ochraně přírody, konkrétně se jedná o zákon číslo 114/1992 Sb. Jelikož jsou jeskyně součástí přírody, která stále není zcela prozkoumána a mohou nám toho mnoho říci o vzniku, vývoji a současném povrchu Země, jsou neustále předmětem zkoumání. Primárně

průzkum probíhá díky speleologům, kteří objevují nové jeskyně. Do výzkumu jsou zapojeni ale i odborníci z mnoha dalších oborů jako jsou například geologové, biologové, geodeti, kartografové, archeologové.

## 1.3 Měření jeskyní

### 1.3.1 Historie

Historicky je speleologické mapování spojeno s hornictvím. První mapou zobrazující krasový útvar na našem území byl řez propasti Macocha, vytvořený Carlem Rudzinským v roce 1784. V těchto dobách byly mapy jeskyní a krasových útvarů spíše uměleckými díly než mapami v pravém slova smyslu, o čemž svědčí tehdy odhadnutá hloubka propasti na 306 metrů, přičemž její faktická hloubka je 138,5 m.

První skutečná mapa jeskyně na našem území byla vytvořena v roce 1807, tato mapa vyobrazovala jeskyni Výпустek. Následně se několik desetiletí speleologické mapování nerozvíjelo, až na přelomu 19. a 20. století zaznamenalo velký rozmach, a to především díky prof. Karlu Absolonovi.

Zdroje: [1]

### 1.3.2 Současnost

Je třeba, aby byly jeskyně správně zmapovány a zaměřeny, a to z důvodu jejich ochrany, dále pak pro orientaci v nich i kvůli jevům, které doprovází jejich vývoj projevující se na povrchu. V mnohých případech je možné na základě povrchových krasových jevů objevit nové podzemní prostory. V neposlední řadě slouží bodové pole dalším pracím, jako je například zpřístupnění.

Přestože prostředí jeskyně může připomínat důlní prostředí, jsou jeskyně v mnoha ohledech odlišné, a proto není možné při speleologickém měřičtví využít veškerých metod důlního měřičtví. Jelikož jsou jeskyně přírodní útvar, který si zaslouží naši ochranu, není možné je upravit tak, aby v nich bylo měření snazší, a naopak se musí přizpůsobit měřičké metody a postupy. Jeskyně na rozdíl od dolů mají většinou mnohem členitější stěny, často zde dochází k horizontálním i vertikálním změnám a hlavně je zde různá průchodnost chodeb.

Dalším podstatným rozdílem mezi speleologickým a důlním měřictvím je požadovaná přesnost výstupů. Pro speleology je především důležité mít dobrou představu o tvaru, rozměrech a orientaci, na což však postačí méně přesné výstupy. Přesnost měření také souvisí s technologií měření, kterou je možno v jeskyni použít.

Zásadními kritérii při výběru přístrojů jsou jejich rozměry a váha, které musí být co nejmenší pro dobrou manipulaci. Z těchto důvodů se pro měření v jeskyních ve velké míře využívá přístroj Leica Disto X2 spolu s PDA zařízením. Oba přístroje jsou „kapesní“ velikosti. Při měření se přístroj přikládá přímo na bod a je cíleno „z ruky“.

Výzkumem jeskyní a dalších krasových jevů se v ČR zabývá několik institucí, mezi něž patří Geologický ústav Akademie věd ČR, Česká geologická služba a Česká speleologická společnost.

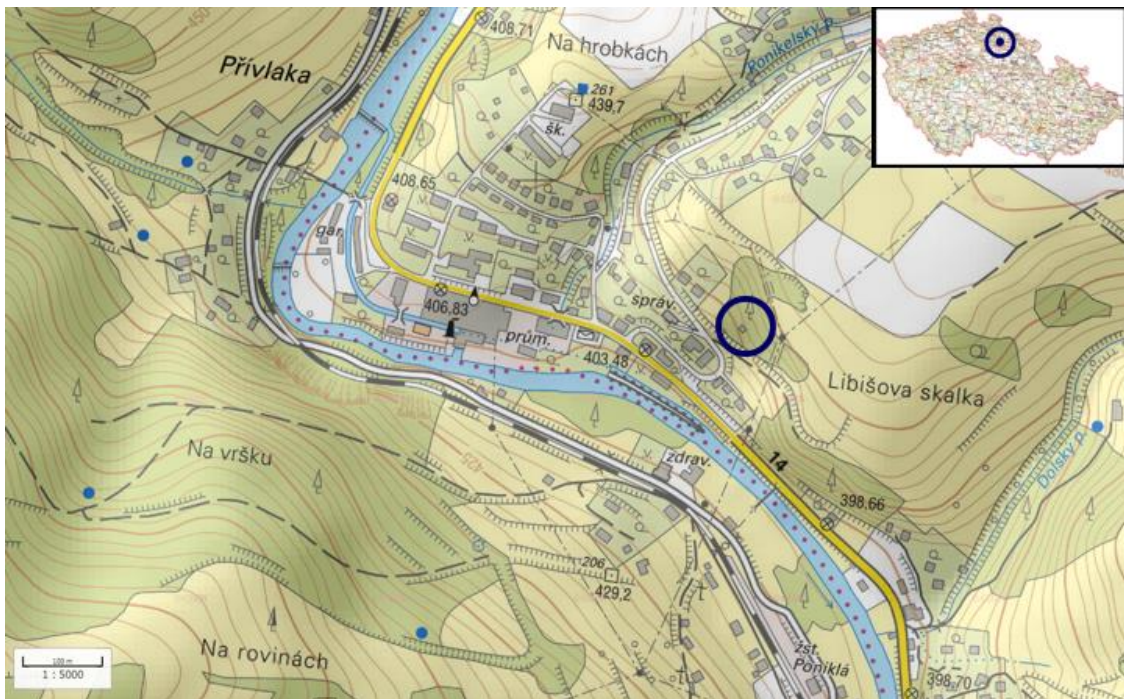
V současné době nemá speleologické mapování žádné dané předpisy ani normy, což způsobuje velké rozdíly v přesnostech a podrobnostech jednotlivých výstupů. V případě zavedení určitých pravidel by se přesnost sjednotila. Předpisy by mohly být dány formou vyhlášky, eventuálně jako interní dokument SJ ČR v podobě metodického návodu. V obou případech by bylo nutné vhodně nastavit pravidla tak, aby zohledňovala velmi rozdílná prostředí různých jeskyní, která mají vliv na možnosti měření uvnitř. Pokud by předpisy byly příliš konkrétní, bylo by v mnoha případech velmi obtížné je dodržet.

Zdroje: [2] [3]

## 2 Ponikelská jeskyně

### 2.1 Popis lokality

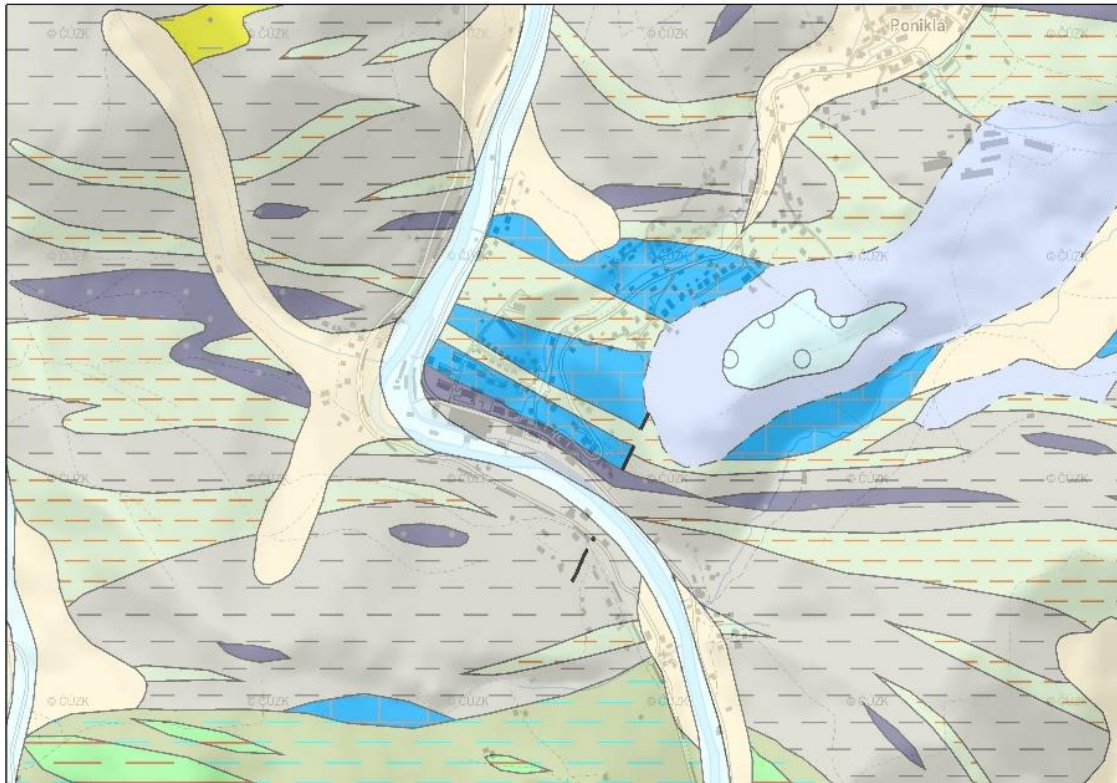
Ponikelská jeskyně leží v obci Poniklá, která se nachází v severních Čechách. Svůj název obec dostala podle staročeského slova „ponikat“ (mizet). V obci se totiž nachází potok, který místy mizí do podzemí a znovu se na jiném místě objevuje. Podle územního členění spadá Poniklá do Libereckého kraje, konkrétně do východní části okresu Semily. Samotná jeskyně je v mapě (Obr. 1) vyznačena modrým kruhem.



Obr. 1: Lokalizace jeskyně

Významnější než geografická poloha je pro jeskyni její poloha z pohledu geologického. Ponikelská jeskyně se nachází v Krkonošsko-jizerském krystaliniku. Tato oblast se dále dělí na menší celky, z nichž Poniklá leží v Železnobrodském krystaliniku. Převážná část krystalinika je tvořena nekrasovými metamorfovanými horninami, především fylity a zelenými břidlicemi. Mezi nimi se vyskytují malé, avšak nezanedbatelné oblasti uhličitanových hornin. Právě v Poniklé se nachází největší takováto oblast, ve které

vznikla Ponikelská jeskyně. Z geologické mapy (Obr. 2) je zřejmé, že Ponikelská jeskyně vznikla v dolomitech (tmavě modrá barva), okolními horninami jsou fylity (zelná, šedá) a křemenné písky (světle modrá).



Obr. 2: Geologická mapa [6]

Zdroje: [7]

## 2.2 Historie objevů

Již v 2. polovině 18. století, kdy se v okolí Poniklé těžila železná ruda, zde byly objeveny různé pukliny a náznaky jeskyní. Na konci 19. století se v Poniklé nacházel Tomíčkův lom, kde byl těžen kámen na stavbu železnice. V roce 1912 byla v tomto lomu odkryta podzemní chodba, a tak objevena Ponikelská jeskyně. První pokusy o proniknutí do dalších částí jeskyně byly neúspěšné. Jelikož se Poniklá nachází na území Sudet, byla v průběhu druhé světové války obsazena Německem. Německý starosta Emil Knappe rozhodl v roce 1944 o vybudování protiletdeckého krytu v jeskyni. Díky snahám o jeho vytvoření se povedlo objevit další podzemní prostory, jako např. Starý dóm se sintrovou výzdobou.

Profesionální speleologický výzkum byl v Poniklé započat mezi lety 1950 a 1953. Další průzkum byl prováděn od roku 1967 skupinou místních speleologů pod vedením Jaromíra Brauna. Díky tomuto průzkumu byla jeskyně rozšířena o další části, jakými byly Mikulášská jeskyně, Jezerní a Krokodýlí dóm. Následně byl pro usnadnění přístupu do jeskyně vytvořen druhý otvor. Díky druhému vstupu bylo možné vytvořit průzkumné štoly, které ale k objevu nových prostor nevedly. V současné době je délka celého podzemního systému 240 metrů, avšak v jeskyni stále probíhají další objevné práce.

Zdroje: [7]



### 3 Stabilizace

Při výběru místa stabilizace nových bodů bylo dbáno na následné dobré navázání polygonového pořadu, jejich případné další využití pro potřeby speleologů a také pevnost materiálu, do kterého byl bod umisťován. Veškeré body uvnitř jeskyně byly situovány do stropních částí, případně do stěn. Pokud by byly body umisťovány do dna jeskyně, hrozilo by velké nebezpečí poškození a zanesení bodu materiálem. Samotné body byly jsou tvořeny plastovými hřeby s děravou hlavičkou (Obr. 3). Díra v hlavičce umožňuje zavěšení olovnice, která slouží k centraci přístroje.

Hřeby byly zatlukány do vyvrtaných děr ve skalním bloku a doplněny štítkem s číslem bodu. Přestože jinými způsoby stabilizace by bylo možné docílit větší stability bodu a s tím spojené větší přesnosti určení souřadnic bodu, byly zvoleny právě plastové hřeby, a to především z toho důvodu, že pro měření v jeskyních je hojně využíváno magnetického kompasu. Použití jakéhokoliv kovového prvku pro stabilizaci by měření magnetickým kompasem znemožňovalo. Méně závažným důvodem pak byla snadná manipulace s plastovými hřeby a jejich následné umisťování ve stísněných prostorách jeskyně.

Vně jeskyně byly stabilizovány dva body. Pro stabilizaci prvního z nich bylo využito kamenného mezníku s křížem. Pro druhý z bodů byl využit nastřelovací hřeb.



*Obr. 3: Způsob stabilizace uvnitř jeskyně [vlastní fotografie]*

## 4 Měření

### 4.1 Přístrojové vybavení

#### 4.1.1 Leica Disto X2

Část polygonového pořadu, nepřístupná pro totální stanici, byla měřena přístrojem Leica Disto X2. Výrobní číslo použitého přístroje je 790856. Přístroj umožňuje měření magnetického azimutu (díky magnetickému kompasu), výškového úhlu a šikmých délek. K měření délek využívá zabudovaný dálkoměr Leica Disto X310. Další nespornou výhodou přístroje je jeho voděodolnost, která je při měření v jeskyních bezpodmínečná. Pomocí PDA spojeného s přístrojem bluetooth technologií je možno ihned kontrolovat naměřené hodnoty, graficky je zobrazit, případně editovat. Délky je možno měřit v intervalu 0,05 – 100 m s přesností  $\pm 2$  mm. Přesnost přístroje při měření úhlů je  $\pm 0,6$  gon, ta je však z velké části závislá i na zkušenostech a schopnostech měřiče při opakovaném cílení na stejný bod. Při měření je možné využít automatickou kontrolu „trojího měření“. Po změření jednoho bodu třikrát, přístroj měření uloží, pokud rozdíl dvojic směrů nepřesáhne 1,9 gon a rozdíl ve vzdálenostech 5 cm.



Obr. 4: Leica Disto X2 s PDA zařízením [9]

Přístroj je využíván především ve speleologii vzhledem k malým rozměrům, nižší požadované přesnosti měření a snadnému ovládní. Přestože přesnost měření úhlů tímto přístrojem je malá, je třeba vzít v potaz, že v jeskynním prostředí jsou vzdálenosti mezi jednotlivými body velmi krátké. Běžné délky záměr jsou zde v řádu jednotek metrů. Například při cílení na vzdálenost 5 m způsobí chyba měřeného výškového úhlu 0,5 gon

chybu výsledného převýšení cca 4 cm. Nevýhodou přístroje je, že při měření nesmí být v blízkosti kovové předměty, které by ovlivnily magnetický kompas, a tak znehodnotily měření úhlů. Při měření je třeba dbát nejen na to, aby se kovové předměty nenacházely v prostorách jeskyně, ale ani ve výbavě měřiče a ve způsobu stabilizace bodu.

Zdroje: [8]

#### 4.1.2 Sokkia SET 330R3

Pro měření polygonového pořadu byla využita totální stanice japonské firmy SOKKIA typu SET 330R3. Výrobní číslo daného přístroje je 144437. Totální stanice umožňuje vytvořit laserovou stopu pro přibližné cílení. Délky je možné měřit ve třech módech, a to na odrazný hranol, na odraznou folii a přímé (bezhranolové) měření. Přesnost měřené délky je závislá na zvoleném módu i na měřené vzdálenosti. Měřeno bylo pouze na krátké vzdálenosti pomocí dvou z výše zmíněných způsobů měření, jejichž přesnosti jsou  $\pm (2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$  pro měření na odrazný hranol a  $\pm (3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$  pro bezhranolové měření. Přesnost úhlového měření je 0,001 gon.

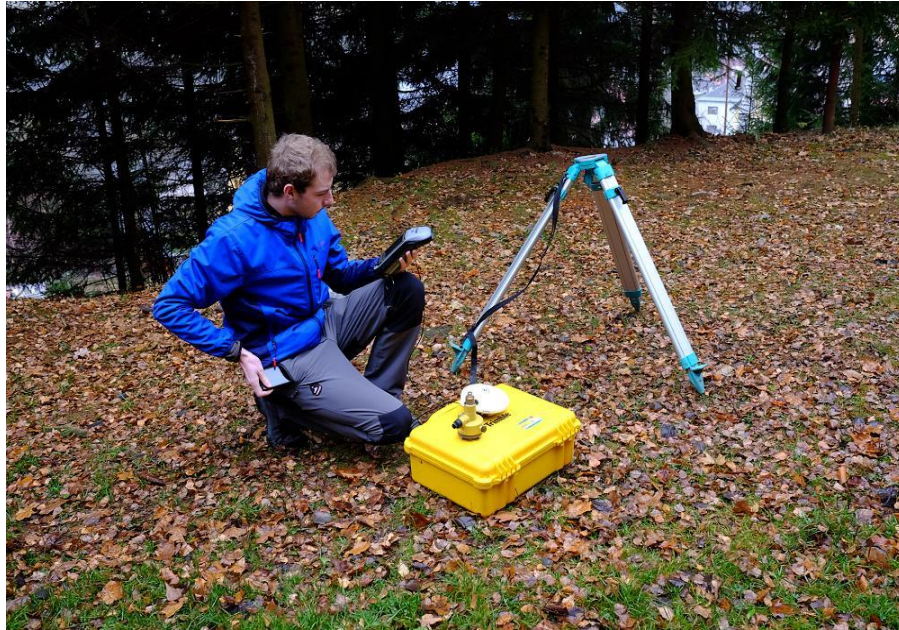


Obr. 5: Sokkia SET 330R3 [vlastní fotografie]

Zdroje: [10]

### 4.1.3 Trimble Zephyr Model 2

Pro určení souřadnic dvou stabilizovaných bodů vně jeskyně byl využit přijímač Trimble GeoXR propojený s anténou Trimble Zephyr Model 2. Výrobní číslo použité antény je 4811118235. Z vícero způsobů měření, která přístroj podporuje, byla využita metoda RTK a rychlá statická metoda.



Obr. 6: GNSS přijímač a anténa [vlastní fotografie]

### 4.1.4 Další pomůcky

Při měření především vně jeskyně bylo využíváno klasických stativů. Vzhledem k velmi stísněným prostorám uvnitř jeskyně bylo nutné pro velkou část měření použít ministativy. Odrazné hranoly byly stejně jako totální stanice vyrobeny firmou Sokkia. Součtová konstanta pro použité odrazné hranoly zadávaná do TS byla + 40 mm. Pro centraci totální stanice byly na body zavěšovány olovnice. Dále bylo při měření využíváno plastového nástavce pro připevnění zdroje světla k odraznému hranolu. Při bezhranolovém měření byla na provázek olovnice zavěšená na bodu připevňována plastová destička pro přesnější cílení.





*Obr. 8: Observace na bodě 5002 [vlastní fotografie]*

#### 4.2.2 Totální stanice

Veškeré nově stabilizované body v jeskyni byly umisťovány na stropy, případně na výstupky ze stěn tak, aby pod nimi bylo možné postavit totální stanici. Pro centraci TS byly využívány olovnice, které byly vždy připevněny k samotnému bodu a pod zavěšenou olovnicí byla pečlivě provedena centrace i horizontace. Pro zvýšení přesnosti centrace byla do trojnožky umisťována druhá olovnice. Samotná centrace spočívala v propojení hrotů obou olovnic (Obr. 9).



*Obr. 9: Centrace TS [vlastní fotografie]*

Z jednotlivých stanovisek bylo měřeno obousměrně, vždy v jedné skupině. V případě nově stabilizovaných bodů, pokud to bylo možné, bylo měřeno na odrazné hranoly. V některých případech nebyla viditelnost na odrazný hranol, z toho důvodu bylo využito bezhranolového měření. Při měření pomocí pasivního odrazu bylo cíleno přímo na měřený bod, případně na plastovou destičku zavěšenou na olovnici (Obr. 10). Destička zajišťovala přesnější opakované cílení na totožný bod. Další výhodou použití destičky je, že se laserový signál odrazí pouze z jednoho bodu.



*Obr. 10: Destička na olovnici pro bezhranolové cílení [vlastní fotografie]*

Jelikož je umělé osvětlení zavedeno pouze do části jeskyně, bylo nutné při měření využívat čelových svítilen (čelovek). V případě, že ani osvětlení čelovkou nebylo pro přesné cílení dostačující, byl na odrazný hranol připevněn nástavec a na něj umístěna svítilna (Obr. 11).



*Obr. 11: Nástavec na odrazný hranol se zdrojem světla*

*[vlastní fotografie]*

Pro měření na původní body bylo využíváno pouze bezhranolového měření s cílením na měřený bod. Výšky mezi body, ze kterých bylo měřeno, a totální stanicí, případně určovaným bodem a místem, na které bylo cíleno, byly určovány dvojím měřením přístrojem Leica Disto X2.

Pomocí totální stanice bylo měřeno z 21 stanovišek.



### 4.2.3 Leica Disto X2

V poslední fázi měření byl využit přístroj Leica Disto X2. Měření tímto přístrojem spočívá v umístění jeho spodní části na výchozí bod a následném trojím vyslání laserového signálu (Obr. 12). Přístroj sám zjistí rozdíly naměřených hodnot a vyhodnotí, zda jsou měření dostatečně blízka a je tedy možné uložit jejich průměrnou hodnotu. Tento přístroj byl vzhledem ke své přesnosti měření, která je nesrovnatelně nižší než v případě totální stanice, využit pouze v nejhůře přístupných místech, do kterých se s totální stanicí nebylo možné dostat. Přístrojem Leica Disto X2 bylo měřeno z 5 stanovisek. Při měření bylo dbáno na odstranění kovových předmětů, které by mohly ovlivnit magnetický kompas uvnitř přístroje, z míst, kde probíhalo měření.



Obr. 12: Měření přístrojem Leica Disto X2 [vlastní fotografie]

## 5 Zpracování měření

### 5.1 GNSS

Data naměřená pomocí GNSS přijímače rychlou statickou metodou byla z přístroje exportována v Trimble formátu *.t02*. Pro další zpracování musela být tato data převedena do formátu RINEX (Receiver Independent Exchange Format). Převod byl proveden pomocí programu ConvertToRinex od firmy Trimble. Z webových stránek [czeapos.cuzk.cz](http://czeapos.cuzk.cz) byla stažena data naměřená nejbližší permanentní stanicí (v tomto případě stanicí Liberec) a z virtuální stanice přibližně umístěné do místa, kde probíhalo vlastní měření. Hodnoty z portálu CZEPOS byly staženy pro stejný čas, ve kterém probíhalo měření a zároveň se stejným intervalem záznamu měření, který byl v tomto případě 5 vteřin.

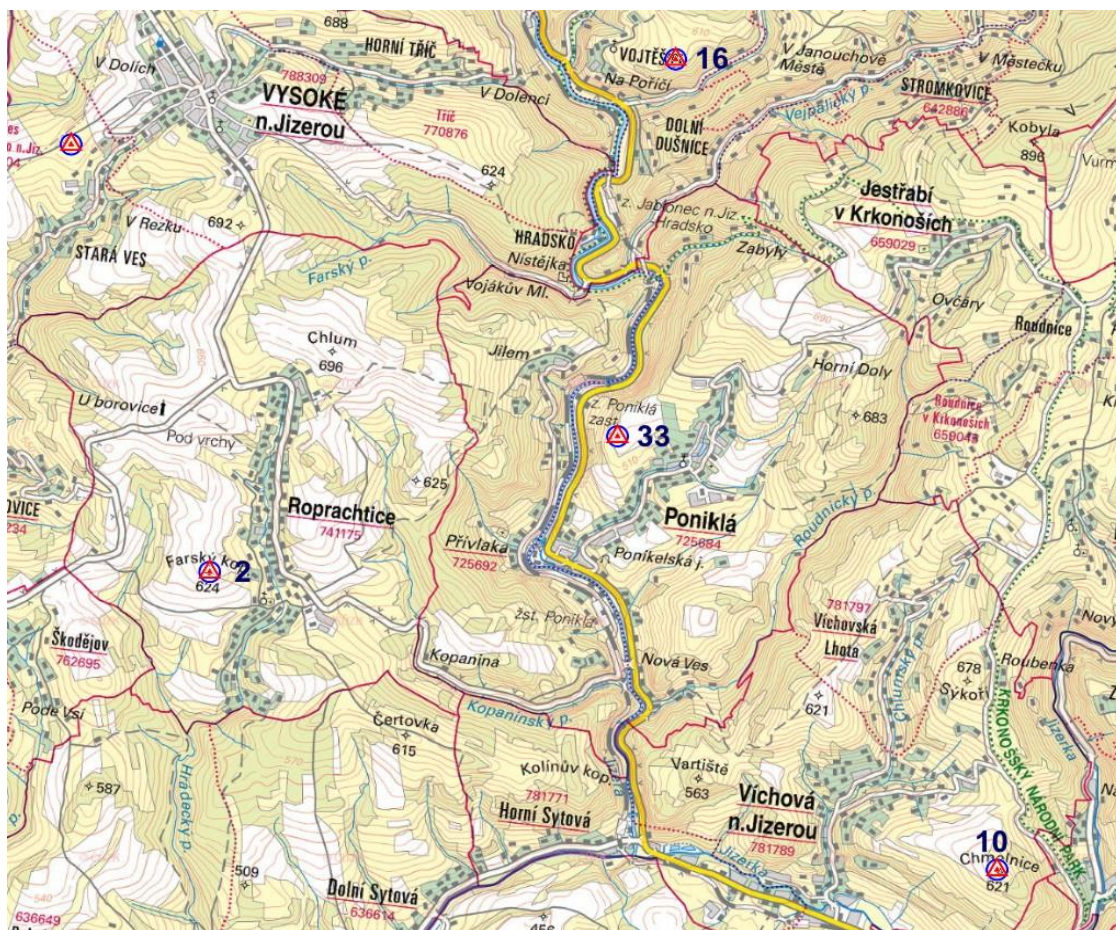
Pro následné zpracování RINEXů byl využit program Leica Geo Office. Jelikož v případě družic GLONAS se nepodařilo měření fixovat, byla pro výpočet využita pouze data z družic systému GPS.

Permanentní stanice Liberec je poměrně dosti vzdálená od Poniklé, při zpracování se proto podařilo fixovat pouze tři ze čtyř měření. Z tohoto důvodu byly zmiňované výsledky použity pouze jako kontrolní. V případě výpočtu souřadnic pomocí virtuální stanice se podařilo fixovat veškerá měření. Výsledkem tohoto zpracování byly souřadnice v systému ETRS-89.

#### 5.1.1 Transformace

Dalším krokem ve zpracování GNSS měření byla transformace souřadnic do systému S-JTSK. Pro tuto transformaci byl vypočten lokální transformační klíč.

Pro vytvoření transformačního klíče byly vyhledány čtyři body základního polohového bodového pole, a to takové, které byly rovnoměrně rozloženy v okolí místa měření a u nichž byly známy souřadnice v systému ETRS-89 i S-JTSK. Vyhledání identických bodů probíhalo pomocí webového geoportálu. Využity byly následující body ZPBP, které jsou znázorněny na obrázku (Obr. 13): 00908050100, 00908090160, 00908090330, 00908100020.



Obr. 13: Body využitě pro lokální transformaci [5]

Transformační klíč byl vypočten v programu Leica Geo Office. Jednotlivé parametry transformačního klíče zobrazené po řadě v tabulce (Tab. 1) jsou tato: posuny v souřadnicových osách (X, Y, Z), rotace okolo souřadnicových os (X, Y, Z) a měřítko transformace.

Tab. 1: Lokální transformační klíč

Parametr	Hodnota
dX [m]	-539,186
dY [m]	-160,956
dZ [m]	-427,202
$\omega$ X ["]	7,1823
$\omega$ Y ["]	1,7054
$\omega$ Z ["]	3,7259
q	-8,9326

Souřadnice byly následně pomocí Helmertovy transformace transformovány do systému S-JTSK. U bodu 5002 se jeho výšky určené dvojím měřením značně lišily, z toho důvodu byly pro další výpočet využity pouze polohové souřadnice tohoto bodu. Výsledné transformované souřadnice jsou zapsány v tabulce (Tab. 2).

Tab. 2: Souřadnice bodů zaměřených GNSS technologií v systému S-JTSK

	Y [m]	X [m]	Z [m]
<b>5001</b>	<b>661743,146</b>	<b>990186,627</b>	<b>424,694</b>
<b>5002</b>	<b>661756,767</b>	<b>990175,964</b>	-

Zdroje: [11]

## 5.2 Leica Disto X2

Jelikož přístroj Leica Disto X2 měří magnetické azimuty a výškové úhly, musely být pro vyrovnání z naměřených hodnot vypočteny vnitřní úhly polygonového pořadu a zenitové úhly. Výpočty byly provedeny v programu Excel. Zenitové úhly byly vypočteny odečtením jednotlivých měřených výškových úhlů od 100 gon. Vnitřní úhly polygonového pořadu byly určeny rozdílem měřených azimutů pomocí vzorce

$$Hz_i = Sm_{i+1} - Sm_{i-1}, \quad (5.1)$$

kde  $Sm$  je měřený magnetický azimut na daný bod.

## 5.3 Porovnání azimutů

Přístroj Leica Disto X2 měří magnetický azimut spojnice dvou bodů. Azimut je možné vypočítat také z vyrovnaných souřadnic bodů. Oba tyto azimuty by po matematické korekci měly být v ideálním případě totožné. Jejich rozdíl vypovídá o přesnosti přístroje při měření směrů.

Z vyrovnaných souřadnic (viz kapitola 6) byly vypočteny směrníky pro ty dvojice bodů, mezi kterými bylo měřeno přístrojem Leica Disto X2. Dále byla pomocí vzorce (5.2) vypočtena meridiánová konvergence

$$c = 0,008257 \cdot Y + 2,373 \cdot \frac{Y}{X}, \quad (5.2)$$

kde  $Y$  a  $X$  jsou souřadnice v kilometrech. Hodnota meridiánové konvergence byla určena pouze jedna, a to pro průměrné souřadnice, jelikož se pro blízké body téměř

nemění. Hodnota meridiánové konvergence byla 7,833 gon. Zeměpisné azimuty byly určeny ze směrnic odečtením meridiánové konvergence, následně pak v závislosti na velikosti směrníku bylo přičteno nebo odečteno 200 gon (v případě, že byl směrník větší než 200 gon, bylo 200 gon odečteno a naopak).

Pro redukci měřeného magnetického azimutu na zeměpisný azimut byla určena magnetická deklinace  $\delta$ . Ta byla zjištěna pomocí webové aplikace nazvané Magnetic declination calculator z webového portálu Natural Resources Canada. Deklinace byla stanovena pro datum, kdy měření přístrojem Leica Disto X2 probíhalo a pro lokalitu, ve které se Ponikelská jeskyně nachází. Měřené magnetické azimuty byly opraveny přičtením hodnoty magnetické deklinace  $\delta = 4,912$  gon, čímž byly opět určeny zeměpisné azimuty.

Následující tabulka (Tab. 3) obsahuje porovnání azimutů získaných měřením a určených výpočtem ze souřadnic, najdeme v ní i jejich rozdíly  $\Delta$ .

Tab. 3: Porovnání azimutů

BOD-BOD	Ze souřadnic [gon]	Z měření [gon]	$\Delta$ [gon]
306-305	64,6210	65,5055	-0,9
306-306.1	132,6844	134,6655	-2,0
306.1-306	332,6844	333,9689	-1,3
306.1-306.2	245,2155	247,0589	-1,8
306.2-306.1	45,2155	45,4855	-0,3
306.2-306.3	212,6503	213,0722	-0,4
306.3-306.2	12,6503	12,9755	-0,3
306.3-314	120,9870	121,6155	-0,6

Hodnoty rozdílů  $\Delta$  odpovídají ve většině případech přesnosti přístroje. Vzhledem z tomu, že jsou veškeré rozdíly záporné, je pravděpodobné, že měření ovlivňuje neznámá konstantní chyba, kterou by bylo možné odhalit a vyloučit důkladným testováním přístroje. Vliv na vypočtené rozdíly má také přesnost GNSS měření, které bylo jedním z podkladů pro určení veškerých souřadnic.

Zdroje: [12] [13]

## 5.4 Redukce délek

Pomocí TS i přístroje Leica Disto X2 byly měřeny šikmé délky, které musely být redukovány. Pro redukci měřených šikmých délek do systému S-JTSK bylo nutné určit měřítkový koeficient. Výpočet probíhal v programu Groma. Program Groma byl využíván ve verzi 12.0.

Prvním krokem byla redukce šikmých délek na vodorovné pomocí vzorce

$$d_v = d_s \cdot \sin z, \quad (5.3)$$

kde  $d_v$  je vodorovná délka,  $d_s$  je šikmá délka a  $z$  je zenitový úhel. V případě měření přístrojem Leica Disto X2 byly nejprve z výškových úhlů vypočteny úhly zenitové dle kapitoly 5.3.

Veškeré měřené hodnoty byly zkontrolovány, případně byly editovány chyby vzniklé při měření. Následně byl programem automaticky zpracován zápisník měření. Byly vypočteny souřadnice bodů „hlavního polygonového pořadu“, zahrnující body 5001, 300, 301, 302 a 320 až 330. Ze souřadnic těchto bodů byly aritmetickým průměrem vypočteny souřadnice těžiště, které jsou uvedeny v tabulce (Tab. 4).

Tab. 4: Souřadnice těžiště lokality

	Y [m]	X [m]	Z [m]
<b>Těžiště</b>	<b>661758,520</b>	<b>990177,114</b>	<b>419,655</b>

Jelikož je Ponikelská jeskyně vzhledem k daným redukcím malá svou rozlohou i výškovou členitostí, bylo pro redukci veškerých měřených délek vypočteno jednotné měřítko. Pro určení měřítka byly použity souřadnice těžiště (Tab. 4).

Souřadnice byly vypočteny z délek neredukovaných do S-JSTK, z toho důvodu byly pouze přibližné a musela být dále určena měřítko pro redukce do nulového horizontu a do systému S-JTSK.

Měřítka pro redukci vodorovných délek do nulového horizontu bylo určeno vzorcem

$$m_0 = \frac{R}{R+Z}, \quad (5.4)$$

kde  $R$  je konstanta vyjadřující poloměr Země, pro kterou byla použita hodnota 6380 km a  $Z$  nadmořská výška vypočteného těžiště.

Měřítka pro redukci do zobrazovací roviny S-JTSK bylo vypočteno pomocí řady

$$m_{S-JTSK} = 0,9999 + 1,22822 \cdot 10^{-14} \cdot \Delta r^2 - 3,154 \cdot 10^{-21} \cdot \Delta r^3 + 1,848 \cdot 10^{-27} \cdot \Delta r^4. \quad (5.5)$$

V této řadě se  $\Delta r$  určí ze souřadnic následujícím způsobem:

$$\Delta r = \sqrt{X^2 + Y^2} - 1298039, \quad (5.6)$$

kde souřadnice  $X$ ,  $Y$ , jsou souřadnice těžiště.

Výsledný měřítkový koeficient, kterým byly redukovány měřené délky, byl určen součinem měřítka pro redukci do nulového horizontu  $m_0$  a měřítka pro redukci do roviny S-JTSK  $m_{S-JTSK}$ :

$$m = m_0 \cdot m_{S-JTSK}. \quad (5.7)$$

Následující tabulka (Tab. 5) zobrazuje výsledný měřítkový koeficient použitý pro redukci délek.

Tab. 5: Měřítka pro redukci délek

$m_0$	0,99993423
$m_{S-JTSK}$	1,00004495
<b>m</b>	<b>0,99997918</b>

Měřená data byla opět importována do programu Groma, kde pomocí vzorce

$$d_{S-JTSK} = m \cdot d_s \cdot \sin z \quad (5.8)$$

byly redukovány šikmé délky do systému S-JTSK.

Zdroje: [14] [15]

## 5.5 Vyhláška č. 435/1992 Sb.

Měřené šikmé délky byly testovány podle vyhlášky č. 435/1992 Sb. Českého báňského úřadu o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem. Tato vyhláška popisuje především způsob vedení, doplnění a uchování důlně měřické dokumentace.

### 5.5.1 Testování protisměrně měřených délek

Vyhláška č. 435/1992 Sb. rozlišuje tři způsoby měření délek při použití dálkoměru, a to velmi přesné, přesné a technické. Pro každý ze zmíněných způsobů měření je stanovena maximální střední relativní chyba měřené délky. Pro výpočet byla použita hodnota udávaná pro technické měření, jejíž hodnota je 1:10 000. To znamená, že při měření desetimetrové vzdálenosti nesmí střední relativní chyba protisměrně měřených délek překročit 1 mm. Tímto způsobem bylo možné analyzovat pouze měření mezi dvojicemi bodů, u kterých bylo v obou směrech cíleno na odrazný hranol a nebyla měněna výška přístroje ani výška cíle. Z tohoto důvodu bylo testováno měření pouze mezi jedenácti dvojicemi bodů.

Tab. 6: Výsledek testování měřených šikmých délek

BOD-BOD	Tam [m]	Zpět [m]	$\Delta$ [mm]	$\Delta_M$ [mm]
301-303	5,5440	5,5420	2,0	0,6
303-304	8,1285	8,1280	0,5	0,8
307-309	3,5430	3,5425	0,5	0,4
310-313	12,1430	12,1413	1,8	1,2
324-325	7,1395	7,1400	0,5	0,7
325-326	6,3165	6,3173	0,8	0,6
326-327	6,5215	6,5228	1,3	0,7
328-330	8,1100	8,1113	1,3	0,8
330-5001	17,9970	17,9968	0,2	1,8
5001-300	14,6350	14,6350	0,0	1,5
5001-5002	17,3083	17,3090	0,7	1,7

Z tabulky (Tab. 6) je zřejmé, že přesnost měření délky uvedené ve vyhlášce se podařilo splnit především v případech, kdy bylo měřeno na povrchu (body 5001 a 5002) a na delší vzdálenosti. To, že v mnoha případech nebylo dosaženo požadované přesnosti, je způsobeno velmi krátkými vzdálenostmi mezi jednotlivými body a dalšími specifickými podmínkami jeskynního prostředí.

Zdroje: [16]



## 5.5.2 Ověření souřadnic určených GNSS technologií

Pro kontrolu správnosti určení souřadnic bodů 5001 a 5002 pomocí GNSS technologie byla porovnána délka mezi těmito body vypočtená ze souřadnic pomocí vzorce

$$s_{5001,5002} = \sqrt{(X_{5001} - X_{5002})^2 + (Y_{5001} - Y_{5002})^2} \quad (5.8)$$

s délkou měřenou pomocí TS a redukovanou do systému S-JTSK (Tab. 7.).

Tab. 7: Porovnání vzdáleností mezi body určenými GNSS technologií

$s_{5001,5002}$	[m]
ze souřadnic	17,2983
měření	17,3078
$\Delta$	0,0095

Druhým typem kontroly byl výpočet souřadnic bodu 5001 rajónem z bodu 5002 s orientací na bod PPBP číslo 72568400000503.

Tab. 8: Porovnání souřadnic bodu 5001 určeného GNSS technologií

5001	Y [m]	X [m]
GNSS	661743,146	990186,627
rajón	661743,132	990186,626
$\Delta$	0,014	0,001

Odchytky  $\Delta$  ve vzdálenosti a v souřadnicích dle tabulek (Tab. 7 a Tab. 8) jsou relativně velké. Vzhledem k náročným podmínkám pro GNSS měření v dané lokalitě odpovídají odchytky očekávané přesnosti. Body 5001 a 5002 vně jeskyně byly tedy určeny dostatečně přesně a mohly být použity pro následné měření totální stanicí.

## 5.6 Vyrovnání

### 5.6.1 GNU Gama

Vyrovnání veškerých měření probíhalo pomocí programu GNU Gama. Program vytvořil prof. Ing. Aleš Čepek, CSc. Samotný název programu vznikl spojením slov geodézie a mapování. Pomocí programu je možné vyrovnávat sítě polohové, ale i prostorové, čehož bylo v této práci využito. Program na základě zadaných měření

a souřadnic minimálně jednoho bodu sítě vypočte přibližné souřadnice ostatních bodů a následně metodou nejmenších čtverců provede vyrovnání. Vstupním souborem do programu je textový dokument ve formátu .gkf.

Při zapisování vstupních hodnot do zmiňovaného dokumentu je nutné dbát na správnou syntax. Jednotlivé body mohou mít tři různé charakteristiky (pevný, opěrný, vyrovnávaný). Směrodatné odchytky měření je možné zadat obecně pro všechna měření, případně přidělovat směrodatné odchytky každému jednotlivému měření.

Použitou verzí programu byla GNU Gama 1.7.09. Přestože existují grafická prostředí pro program, byl program používán v prostředí příkazového řádku.

### 5.6.2 Směrodatné odchytky měřených veličin

Před samotným vyrovnáním bylo nutné určit směrodatné odchytky měřených veličin. Jelikož prostředí jeskyní do značné míry ovlivňuje měření, nebylo možné použít absolutní přesnosti jednotlivých přístrojů deklarované výrobcem. Měření v jeskyních ovlivňují velmi krátké vzdálenosti, na které je měřeno (do 10 m), přesnost centrace, stísněné prostředí, členité a nestabilní dno, temno a v neposlední řadě užití různých typů cílení.

Směrodatné odchytky byly vypočteny z protisměrných měření. Pro výpočet byla vybrána měření na dvojicích bodů, na kterých bylo v obou směrech měřeno na odrazný hranol, neměnila se výška přístroje ani výška cíle a vzhledem k prostředí jeskyně byly srovnatelné podmínky (lepší než u ostatních měření). Směrodatné odchytky byly určeny pomocí vzorce

$$s = \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{2 \cdot n}}, \quad (5.10)$$

kde  $\Delta$  značí rozdíl protisměrných měření,  $n$  je počet protisměrných měření a díky 2 ve jmenovateli je ze směrodatné odchytky rozdílů vypočtena směrodatná odchytky jednoho měření.

Hodnoty, ze kterých byly směrodatné odchytky vypočteny, spolu s rozdíly protisměrných měření jsou uvedeny v tabulkách (Tab. 9, Tab. 10). Takovýmto způsobem bylo možno analyzovat pouze měření mezi některými body, zároveň bylo možno

hodnotit pouze měřené délky a zenitové úhly. Směrodatná odchylka měření vodorovných směrů byla považována za stejnou jako odchylka zenitových úhlů.

Pro určení směrodatných odchylek měřených délek a zenitových úhlů bylo použito velmi málo hodnot (7 dvojic protisměrných měření). Využita byla pouze data naměřená v nejlepších možných podmínkách. V souvislosti s výše uvedeným byly vypočtené hodnoty směrodatných odchylek, zapsané v prvním řádku tabulky (Tab. 11) využity pouze jako orientační. Z nich pak byly kvalifikovaným odhadem určeny směrodatné odchylky vstupující do vyrovnání. Byly stanoveny čtyři skupiny měření – za lepších a horších podmínek pro totální stanici, stejně tak i pro přístroj Leica Disto X2.

V tabulce (Tab. 11) jsou uvedeny spolu s vypočtenými směrodatnými odchylkami i odchylky odhadnuté. U jednotlivých měření byly posuzovány podmínky, za kterých měření probíhalo a směrodatná odchylka byla přidělována podle výše zmíněných skupin.

Tab. 9: Protisměrně měřené délky

BOD-BOD	Tam [m]	Zpět [m]	$\Delta$ [mm]
301-303	5,544	5,542	-0,20
303-304	8,129	8,128	-0,50
324-325	7,140	7,140	0,50
325-326	6,317	6,317	0,75
326-327	6,522	6,523	1,25
5001-5002	17,308	17,309	0,75
5001-300	14,635	14,635	0,00

Tab. 10: Protisměrně měřené zenitové úhly

BOD-BOD	Tam [gon]	Zpět [gon]	$\Delta$ [mgon]
301-303	129,9868	70,0318	18,6
303-304	68,1941	131,8182	12,3
324-325	97,1283	102,8821	10,4
325-326	98,5910	101,4220	13,0
326-327	72,1017	127,9112	12,9
5001-5002	100,4521	99,5514	3,5
5001-300	99,9202	100,0871	7,3

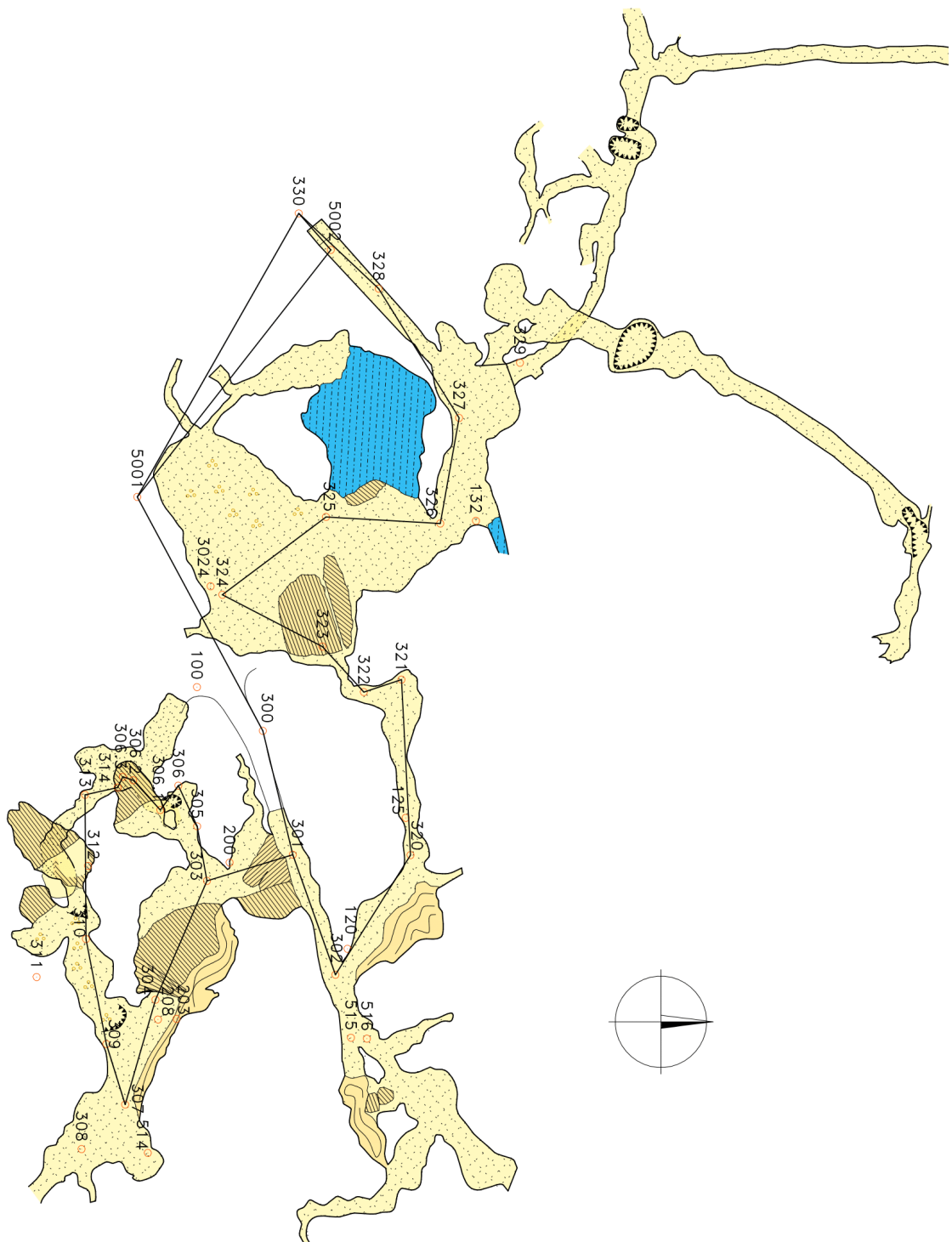
Tab. 11: Směrodatné odchylky měřených veličin vstupující do vyrovnání

s	Délka [mm]	Zenitový úhel [mgon]
Výpočet	0,7	8,5
TS podmínky 1	<b>3,0</b>	<b>13</b>
TS podmínky 2	<b>5</b>	<b>20</b>
Disto podmínky 1	<b>50</b>	<b>500</b>
Disto podmínky 2	<b>50</b>	<b>1000</b>

Z vyrovnání byl vynechán bod podrobného bodového pole číslo 72568400000503. V případě, kdy bylo měření na tento bod zahrnuto do výpočtu v programu GNU Gama, byl tento bod vyhodnocen jako singulární a byl automaticky programem vyloučen. Chyba mohla být způsobena rozdílným určením souřadnic bodů vstupujících do vyrovnání (technologie GNSS, bod PPBP). U zmíněného bodu nebyla ověřena správnost jeho souřadnic. Dalším důvodem mohla být neidentifikovaná chyba při měření.

Měřené body jsou vyznačeny na mapě Ponikelské jeskyně (Obr. 14).

Zdroje: [17] [18]



Obr. 14: Mapa Ponikelské jeskyně s měřenými body

## 5.7 Geodetické údaje

Pojem geodetické údaje označuje popis konkrétního bodu. V tomto dokumentu nalezneme zejména souřadnice daného bodu, způsob stabilizace a doplňující grafické znázornění bodu pro jeho snadné nalezení.

Tvorba probíhala v programu Kokeš. Geodetické údaje byly vytvořeny pro nově stabilizované body, na kterých probíhalo měření. Každý z těchto bodů byl doplněn místopisem vytvořeným na podkladě stávající mapy Ponikelské jeskyně poskytnuté pracovníkem SJ ČR. Dále je k jednotlivým bodům připojena fotografie, zaznamenávající daný bod a jeho nejbližší okolí a také schematický profil s kótami, znázorňujícími rozměr jeskyně. U jednotlivých bodů je v poznámce uvedeno, v jakém směru je profil vytvořen.

## 6 Výsledky

Střední chyby jednotlivých souřadnic jsou označeny  $s$ .

Tab. 12: Vyrovnané souřadnice bodů sítě

BOD	X [m]	$s_x$ [mm]	Y [m]	$s_y$ [mm]	Z [m]	$s_z$ [mm]
300	990179,708	3	661730,252	2	426,586	2
301	990178,060	5	661723,425	3	425,666	2
302	990175,701	8	661716,813	4	421,637	3
303	990182,787	6	661721,989	4	423,614	2
304	990185,624	9	661715,443	5	427,006	3
305	990183,330	5	661724,992	6	419,513	8
306	990184,366	5	661727,235	6	416,919	8
307	990187,291	12	661709,659	6	427,176	3
309	990188,335	10	661712,993	7	426,231	3
310	990189,449	8	661718,782	8	421,077	4
313	990189,505	10	661726,733	8	414,086	5
314	990187,706	11	661727,132	8	411,525	9
320	990171,568	6	661723,411	5	421,906	3
321	990172,061	5	661733,077	5	416,002	3
322	990174,139	5	661732,387	5	414,130	3
323	990176,425	5	661734,899	4	411,751	3
324	990181,934	5	661737,760	5	412,554	3
325	990176,229	4	661742,042	4	412,661	3
326	990169,924	4	661741,689	5	412,932	3
327	990168,889	3	661747,503	5	416,339	3
328	990173,325	3	661754,630	4	420,796	3
330	990177,725	3	661758,772	2	424,521	2
306.1*	990185,36	25	661725,89	24	415,95	30
306.2*	990186,85	29	661727,53	27	412,53	62
306.3*	990187,42	19	661727,72	28	410,91	30
5002					424,625	2

Body označené \* byly měřeny pouze pomocí přístroje Leica Disto X2, z toho důvodu jsou střední chyby těchto souřadnic v řádu desítek milimetrů.

Tab. 13: Vyrovnané souřadnice bodů měřených rajónem

BOD	X [m]	s <sub>x</sub> [mm]	Y [m]	s <sub>y</sub> [mm]	Z [m]	s <sub>z</sub> [mm]
100	990183,331	3	661732,662	4	426,161	3
120	990175,044	7	661718,240	6	420,426	5
125	990171,838	5	661725,464	7	420,659	4
132	990167,961	6	661741,828	5	412,665	3
200	990181,540	7	661722,998	5	422,830	3
203	990184,460	10	661714,385	6	426,682	3
208	990185,483	10	661714,349	7	427,022	3
308	990189,695	14	661707,203	8	427,369	3
311	990192,175	10	661716,687	10	422,015	5
312	990189,337	9	661722,812	9	419,015	5
329	990165,537	5	661750,545	7	416,352	3
514	990186,048	14	661706,996	7	431,228	8
515	990174,849	9	661713,348	6	417,527	7
516	990173,972	9	661713,291	6	417,381	7
3024	990182,581	6	661738,223	6	411,734	6



## Závěr

Cílem této práce bylo vytvoření nového bodového pole a jeho připojení do polohového systému S-JTSK a výškového systému Bpv. Několik stávajících bodů, které bylo možné v jeskyni identifikovat, bylo rovněž zaměřeno a byly určeny jejich souřadnice.

Pro připojení bodového pole do systémů S-JTSK a Bpv byly vně jeskyně stabilizovány dva body. Souřadnice těchto bodů byly určeny GNSS technologií.

Uvnitř jeskyně bylo nově stabilizováno 23 bodů. Veškeré body byly stabilizovány plastovými hřeby. Pro jejich měření byla použita totální stanice, v místech nepřístupných TS bylo měření provedeno přístrojem Leica Disto X2.

Magnetické azimuty měřené přístrojem Leica Disto X2 redukované o magnetickou deklinaci byly porovnány s azimuty vypočtenými z vyrovnaných souřadnic. Z určených rozdílů je zřejmé, jakou přesnost měření úhlů lze od přístroje očekávat.

Měřené šikmé délky, u nichž to bylo možné, byly testovány podle vyhlášky č. 435/1992 Sb. na úrovni technického měření. Zmíněná vyhláška se zabývá důlním měřením, které je od měření v jeskyních v mnoha ohledech odlišné. Stanovené povolené odchylky byly v některých případech překročeny, což bylo způsobeno především velmi krátkými záměry. Přestože byly odchylky překročeny, nebyla hodnota, o kterou byly překročeny tak velká, aby významně ovlivnila výsledné souřadnice. Směrodatné odchylky měřených veličin byly vypočteny analýzou protisměrně měřených zenitových úhlů a šikmých délek. Tyto hodnoty byly z důvodu velmi rozdílných podmínek pro měření v prostorách celé jeskyně brány jako orientační pro následný kvalifikovaný odhad směrodatných odchylek měření, vstupujících do vyrovnání. Pro směrodatné odchylky vodorovných úhlů byly stanoveny stejné hodnoty jako pro směrodatné odchylky zenitových úhlů.

Výsledné souřadnice byly určeny vyrovnáním pomocí programu GNU Gama. Směrodatné odchylky jednotlivých souřadnic jsou v řádu jednotek milimetrů. Z tohoto důvodu jsou souřadnice v kapitole výsledky zaokrouhleny na milimetry. Jejich reálná přesnost je však vzhledem k použitým metodám měření v řádu jednotek centimetrů.

V geodetických údajích, které jsou součástí této práce, jsou souřadnice zaokrouhleny na centimetry.

Na závěr byly vytvořeny geodetické údaje pro veškeré nově stabilizované body. Geodetické údaje obsahují místopis, profil zobrazující rozměry a tvar části jeskyně, kde se daný bod nachází, a fotografii daného místa.

Veškeré cíle této bakalářské práce se podařilo splnit. Přestože některé naměřené hodnoty nedosahují přesnosti uváděné vyhláškou č. 435/1992 Sb. Českého báňského úřadu o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem, byly dodrženy požadavky SJ ČR, pro níž bylo bodové pole budováno. Vzhledem k tomu, že se jedná o zaměření nezpřístupněné jeskyně, kde se nepředpokládají žádné práce dozorované báňskou správou, a jde pouze o dokumentaci přírodního fenoménu pro účely jeho evidence a ochrany, nebyl SJ ČR stanoven požadavek na soulad s vyhláškou č. 435/1992 Sb. Požadavkem SJ ČR bylo vybudování podrobného bodového pole v jeskyni, pomocí nemagnetických prvků vhodně rozmístit nově stabilizované body uvnitř celé jeskyně pro následné napojení magnetických měření v navazujících chodbách. Před započítím prací nebyly stanoveny absolutní hodnoty požadovaných přesností pro měření ani pro výstupy, byla stanovena pouze přesnost výsledných souřadnic v řádu jednotek centimetrů. Veškeré měřické práce byly dozorovány pracovníkem SJ ČR.

Na nově vytvořené bodového pole v Ponikelské jeskyni je možno kdykoliv navázat dalším měřením. Současná mapa této jeskyně je v některých částech značně nepřesná, proto budou v budoucnu prováděna měření, vedoucí k vytvoření nové mapy s využitím výstupů této bakalářské práce.

## Použité zdroje

- [1] ZAJÍČEK, Petr. Příběhy starých map jeskyní ČR. *Ochrana přírody*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2016, 2016(6), 32-35.
- [2] HROMAS, Jaroslav a Josef WEIGEL. *Základy speleologického mapování*. 2. vyd. Praha: Zlatý Kůň, 1998. ISBN 80-85304-59-7.
- [3] *Jeskyňe v České republice a historie objevu BDJ*. Správa jeskyní České republiky.
- [4] OUHRABKA, Vratislav. *Základy geologie*. Bozkov: Správa jeskyní České republiky, 1997.
- [5] *Národní geoportál INSPIRE* [online]. CENIA [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>
- [6] *Geovědní mapy 1:50000* [online]. Česká geologická služba [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>
- [7] DVOŘÁK, Jiří a Vratislav OUHRABKA. Ponikelská jeskyňe 100 let od objevu. *Krkonoše-Jizerské hory*. Správa KRNAP, 2012, 2012(11), 4-9.
- [8] DistoX2 User Manual: Leica Disto X310 based DistoX. *Paperless Cave Surveying* [online]. 2015, 22.2. 2015 [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: [https://paperless.bheeb.ch/download/DistoX2\\_UserManual.pdf](https://paperless.bheeb.ch/download/DistoX2_UserManual.pdf)
- [9] DistoX2. In: *Paperless Cave Surveying* [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://paperless.bheeb.ch/DuPfull.JPG>
- [10] Series30R English Brochure. *Sokkia* [online]. Sokkia Co., 2006 [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://www.sokkia.com.sg/products/electronic/uploads/SERIES%2030R%20R3.pdf>
- [11] *Geoportal: Bodová pole* [online]. ČÚZK [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>
- [12] Magnetic declination calculator. *Natural Resources Canada* [online]. Government of Canada, 2017 [cit. 2019-05-25]. Dostupné z: <https://geomag.nrcan.gc.ca/calc/mdcal-en.php>

- [13] *Zobrazení na našem území: Meridiánová konvergence* [online]. [cit. 2019-05-25]. Dostupné z: [http://old.gis.zcu.cz/studium/mk2/multimedialni\\_texty/index\\_soubory/hlavni\\_soubory/cechy.html](http://old.gis.zcu.cz/studium/mk2/multimedialni_texty/index_soubory/hlavni_soubory/cechy.html)
- [14] *Groma – Geodetický software: Groma verze 12.0* [online]. Praha: Geoline, 2007 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <http://groma.cz/cz/>
- [15] URBAN, Rudolf. *Redukce měřených délek* [online]. 2016 [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: [http://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie\\_geoinformatika/vy1/OBS/redukce\\_obs.pdf](http://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie_geoinformatika/vy1/OBS/redukce_obs.pdf)
- [16] *Vyhláška Českého báňského úřadu o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem*. In: Praha, 1992, ročník 1992, 435/1992 Sb. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-435>
- [17] *GNU Gama* [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://www.gnu.org/software/gama/>
- [18] *Teorie chyb a vyrovnávací počet: vysokoškolská učebnice pro studenty stavebních fakult. 2.*, upravené vyd. Praha: Geodetický a kartografický podnik, 1990. ISBN 80-701-1056-2.

## Seznam obrázků

Obr. 1: Lokalizace jeskyně .....	14
Obr. 2: Geologická mapa [6] .....	15
Obr. 3: Způsob stabilizace uvnitř jeskyně [vlastní fotografie] .....	17
Obr. 4: Leica Disto X2 s PDA zařízením [9].....	18
Obr. 5: Sokkia SET 330R3 [vlastní fotografie] .....	19
Obr. 6: GNSS přijímač a anténa [vlastní fotografie] .....	20
Obr. 7: Schéma měření .....	21
Obr. 8: Observace na bodě 5002 [vlastní fotografie].....	22
Obr. 9: Centrace TS [vlastní fotografie] .....	22
Obr. 10: Destička na olovnici pro bezhranolové cílení [vlastní fotografie] .....	23
Obr. 11: Nástavec na odrazný hranol se zdrojem světla.....	24
Obr. 12: Měření přístrojem Leica Disto X2 [vlastní fotografie].....	25
Obr. 13: Body využité pro lokální transformaci [5] .....	27
Obr. 14: Mapa Ponikelské jeskyně s měřenými body .....	37

## Seznam tabulek

Tab. 1: Lokální transformační klíč .....	27
Tab. 2: Souřadnice bodů zaměřených GNSS technologií v systému S-JTSK.....	28
Tab. 3: Porovnání azimutů.....	29
Tab. 4: Souřadnice těžiště lokality.....	30
Tab. 5: Měřítka pro redukci délek .....	31
Tab. 6: Výsledek testování měřených šikmých délek.....	32
Tab. 7: Porovnání vzdáleností mezi body určenými GNSS technologií .....	33
Tab. 8: Porovnání souřadnic bodu 5001 určeného GNSS technologií .....	33
Tab. 9: Protisměrně měřené délky .....	35
Tab. 10: Protisměrně měřené zenitové úhly .....	35
Tab. 11: Směrodatné odchylky měřených veličin vstupující do vyrovnání .....	36
Tab. 12: Vyrovnané souřadnice bodů sítě .....	39
Tab. 13: Vyrovnané souřadnice bodů měřených rajónem .....	40

## Seznam zkratek

SJ ČR	Správa jeskyní České republiky
S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
Bpv	Baltský po vyrovnání (výškový systém)
GNSS	Global Navigation Satellite System (Globální družicový navigační systém)
PDA	Personal Digital Assistant (osobní digitální asistent)
RTK	Real Time Kinematic (GNSS metoda)
ppm	Parts per milion (dílů na milion)
TS	Totální stanice
RINEX	Receiver Independent Exchange Format
CZEPOS	Czech Positioning System (Síť permanentních stanic GNSS ČR)
ETRS-89	European Terrestrial Reference System 1989 (Evropský terestrický referenční systém)
ZPBP	Základní polohové bodové pole
GLONAS	Globalnaja Navigacionnaja Sputnikovaja Sistěma (Globální družicový navigační systém)
GPS	Global Positioning System (Globální polohový systém)
PPBP	Podrobné polohové bodové pole
GU	Geodetické údaje

## Seznam příloh

Příloha č. 1 - Ukázka náčrtů profilů pro GÚ.....	49
Příloha č. 2 - Ukázka vstupního souboru GNU Gama.....	49
Příloha č. 3 - Ukázka výstupního souboru GNU Gama.....	52
Příloha č. 4 - Geodetické údaje.....	55

### Digitální přílohy

1_Merena_data	GNSS, TS, Leica Disto X2
2_Zpracovani_GNSS	Protokoly o výpočtu
3_Analyza_mereni	Výpočet směrodatných odchylek, úprava dat měřených přístrojem Leica Disto X2, porovnání měřených délek
4_Vyrovnani	Vstupní a výstupní soubory z vyrovnání
5_Geodeticke_udaje	Geodetické údaje, výkres z programu Kokeš
6_Bakalarska_prace	



# Příloha č. 1 - Ukázka náčrtů profilů pro GÚ



## Příloha č. 2 - Ukázka vstupního souboru GNU Gama

```
<?xml version="1.0" ?>
<!DOCTYPE gama-local SYSTEM "gama-locl.dtd">
<gama-xml version="2.0">
<network axes-xy="sw" angles="right-handed">
<description>
Ponikla
Meril: Jaroslav Zeman
Souradnicovy system: S-JTSK
Vyskovy system: Bpv
</description>
<parameters
sigma-apr="1"
conf-pr="0.95"
tol-abs="1000"
sigma-act="apriori"
/>
<points-observations
direction-stdev="130"
distance-stdev="3"
zenith-angle-stdev="130"
>
<point id="5001" x="990186.627" y="661743.146" z="424.694" fix="XYZ"/>
<point id="5002" x="990175.964" y="661756.767" fix="XY" adj="z"/>
<point id="300" adj="xyz"/>
<point id="301" adj="xyz"/>
...
<obs from="300" >
<direction to="5001" val="0" />
<direction to="301" val="216.2909" stdev="200"/>
```

```
<z-angle to="5001" val="108.1979"/>
<z-angle to="301" val="108.2809" stdev="200"/>

<distance to="5001" val="14.63467" />
<distance to="301" val="7.01937" stdev="5" />
</obs>

...
<obs from="3063">
<direction to="3062" val="0" stdev="5000"/>
<direction to="314" val="108.6400" stdev="5000"/>

<z-angle to="3062" val="22.8700" stdev="5000"/>
<z-angle to="314" val="51.9533" stdev="5000"/>

<distance to="3062" val="0.600705" stdev="50" />
<distance to="314" val="0.64956" stdev="50" />
</obs>

</points-observations>

</network>

</gama-xml>
```

### Příloha č. 3 - Ukázka výstupního souboru GNU Gama

Základní parametry vyrovnání

\*\*\*\*\*

Souřadnice    xyz    xy    z

Vyrovnané :    40    0    1

Opěrné \* :    0    0    0

Pevné    :    1    1    0

-----

Celkem    :    41    1    1

Počet směrů            :    71            Počet osnov        :    26

Počet délek            :    71

Zenitové úhly            :    71

Celkem pozorování        :    213

Počet rovnic oprav        :    213            Počet neznámých    :    147

Počet nadbyt. pozorování :    66            Defekt sítě        :    0

m0 apriorní    :    1.00

m0' aposteriorní:    1.18            [pvv] : 9.16247e+001

Při statistické analýze se pracuje

- s apriorní jednotkovou střední chybou 1.00

- s konfidenční pravděpodobností 95 %

aximální normovaná oprava 4.22 přesahuje kritickou hodnotu 1.96

na hladině významnosti 5 % pro pozorování #159

<z-angle from="307" to="309" val="116.8917" stdev="200.0" />

## Pevné body

\*\*\*\*\*

bod	x	y	z
-----	---	---	---

=====

5001	990186.627	661743.146	424.694
------	------------	------------	---------

5002	990175.964	661756.767	
------	------------	------------	--

## Vyrovnané souřadnice

\*\*\*\*\*

i	bod	přibližná	korekce	vyrovnaná	stř.ch.	konf.i.
---	-----	-----------	---------	-----------	---------	---------

===== hodnota ===== [m] ===== hodnota ===== [mm]

====

100

76	x	990183.33287	-0.00152	990183.33136	3.2	6.2
----	---	--------------	----------	--------------	-----	-----

77	y	661732.66123	0.00048	661732.66171	3.5	6.9
----	---	--------------	---------	--------------	-----	-----

78	z	426.16301	-0.00199	426.16101	2.5	5.0
----	---	-----------	----------	-----------	-----	-----

...

## Vyrovnané orientační posuny

\*\*\*\*\*

i	stanovisko	přibližná	korekce	vyrovnána	stř.ch.	konf.i.
---	------------	-----------	---------	-----------	---------	---------

===== hodn. [g] ===== [g] ===== hodn. [g] ===== [cc] =====

1	300	68.642678	-0.000000	68.642678	188.6	369.6
---	-----	-----------	-----------	-----------	-------	-------

...

### Střední chyby a parametry elips chyb

\*\*\*\*\*

bod	mp	mxy	stred. el. chyb	konfid. el. chyb	g				
=====	[mm]	==	[mm]	====	a [mm]	b	alfa[g]	====	a' [mm] b'
=====									
100	4.7	3.3	3.5	3.1	80.6	8.7	7.7	0.0	

...

### Overení normálního rozdělení homogenizovaných oprav

=====

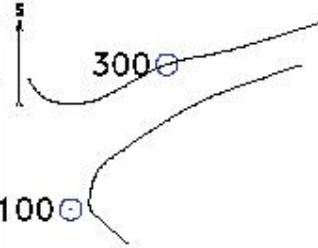
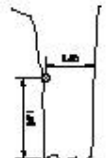
Test Kolmogorov-Smirnov : 0.0 %

## Příloha č. 4 - Geodetické údaje

### GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
 Obec: Poniklá  
 Okres: Semily

Strana: ..2..

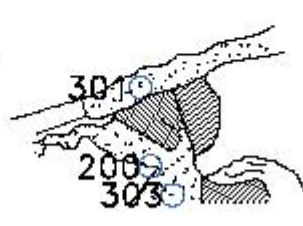

<b>Bod</b> 300	Bod zřídil (jméno, rok): S.J. ČR (2019) J. Zemán Platnost od: 1.5.2019	<b>y</b>	661 730.25	SM5	Vrchlabí 4-5
Verze: 1		<b>x</b>	990 179.71	Místoplaný náčrt 	
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bod ve stěně vstupní pukliny	Nadm. výška (Bpv)	426.59	Nárys nebo detail 		
Platový hřeb PLG. POŘAD					
Poznámka: Profil směrem do jeskyně					



## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
 Obec: Poniklá  
 Okres: Semily

Strana: ...3..

<b>Bod</b> 301	Bod zřídil (jméno, rok): SJ ČR (2019) J. Zeman Platnost od: 1.5.2019	<b>y</b>	<b>661 723.43</b>	SM5	Vrchlabí 4-5
Verze: 1		<b>x</b>	<b>990 178.06</b>	Mlatoplaný náčrt	
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bod ve stěně		Nadm. výška (Bpv)	trig. <b>425.67</b>	S ↑ X	
Plastový hřeb PLG. POŘAD		Nárys nebo detail 			
Poznámka: Profil směřem na bod 302					

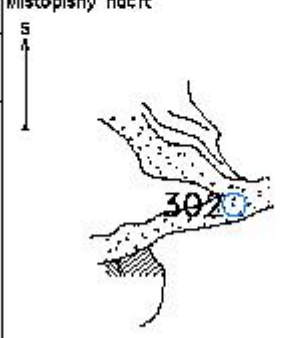





## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
Obec: Paníklá  
Okres: Semily

Strana: ...4...

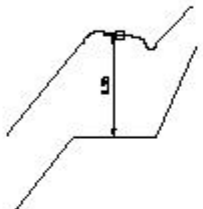
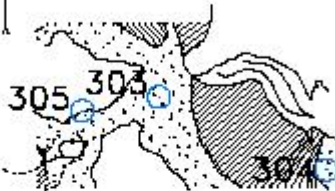
<b>Bod</b>	<b>302</b>	Bod zřídil (jméno, rok): SJ ČR (2019) J. Zemán Platnost od: 1.5.2019	$y$ <b>661 716.81</b>	SM5	Vrchlabí 4–5
Verze: 1			$x$ <b>990 175.70</b>	Místopisný náčrt	
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bod ve stropním bloku		Nadm. výška (Bpv) <b>421.64</b>			
Plastový hřeb PLG. POŘAD		Nárys nebo detail 			
Poznámka:					



## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
Obec: Paníklův  
Okres: Semily

Strana: ..15..

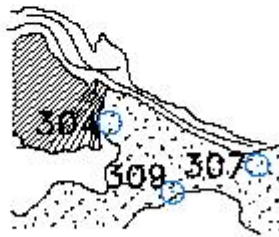
Bod <b>303</b> Verze: 1	Bod zřídil (jméno, rok): SJ ČR (2019) J. Zeman Platnost od: 1.5.2019	y x	661 721.99 990 182.79	SWS Vrchlabí 4-5 Místopisný náčrt	Nadm. výška (Bpv) trig. 423.61 Nárys nebo detail 	S 
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bod na stropě  Plastový hřeb PLG. POŘAD		Poznámka: Profil směrem na bod 301				



## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
 Obec: Paníklá  
 Okres: Semily

Strana: .25.


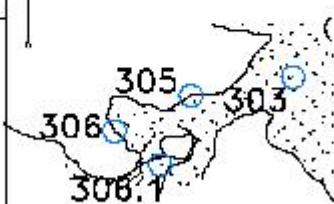
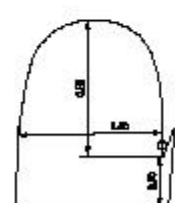
<b>Bod</b>	<b>304</b>	Bod zřídil (jméno, rok): SJ ČR (2019) J. Zeman Platnost od: 1.5.2019	<b>y</b>	<b>661 715.44</b>	SM5	Vrchlabí 4–5
Verze: 1			<b>x</b>	<b>990 185.62</b>	Mětoplaný náčrt	
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bod na stropě  Plastový hřeb PLG, POŘAD			Nadm. výška (Bpv)	trig. <b>427.01</b>	S ↑	
			Nárys nebo detail			
Poznámka: Profil směrem na bod 307						



## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
 Obec: Poníklá  
 Okres: Semily

Strana: „16.“

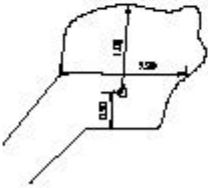

<b>Bod</b>	<b>305</b>	Bod zřídil (jméno, rok): S.J. ČR (2018) J. Zeman Platnost od: 1.5.2019	<b>y</b>	<b>661 724.99</b>	SM5	Vrchlobí 4–5
Verze: 1			<b>x</b>	<b>990 183.33</b>	Městopisný náčrt	
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bod na výstupku ze stěny			Nadm. výška (Bpv)	<b>419.51</b>		
Plastový hřeb PLG. POŘAD			Nárys nebo detail			
Poznámka: Profil směrem na bod 306						



## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
 Obec: Poniklá  
 Okres: Semily

Strana: ..17..



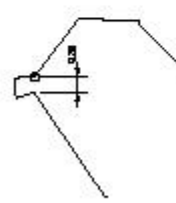
<b>Bod</b>	<b>306</b>	Bod zřídil (jméno, rok): SJ ČR (2019) J. Zeman Platnost od: 1.5.2019	<b>y</b>	<b>661 727.23</b>	SM5	Vrchlabí 4-5
Verze: 1			<b>x</b>	<b>990 184.37</b>	Místopisný náčrt	
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bod na stěně na konci chodby		Nadm. výška (Bpv) <b>416.92</b>	Názys nebo detail 		S ↑	
Plastový hřeb PLG. POŘAD						
Poznámka: Profil z bodu 305						



## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
 Obec: Poníklá  
 Okres: Semily

Strana: ..18..

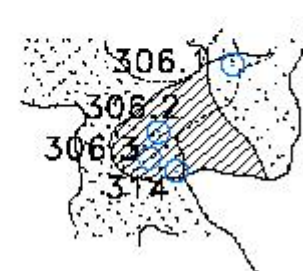
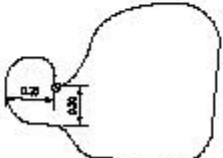
<b>Bod</b> 306.1	Bod zřídil (jméno, rok): SJ ČR (2019) J. Zeman Platnost od: 1.5.2019	<b>y</b>	661 725.89	SMS	Vrchlabí 4-5
Verze: 1		<b>x</b>	990 185.36	Místopisný náčrt	
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bod na stěně		Nadm. výška (Bpx)	Irig. 415.95		
Plastový hřeb PLG. POŘAD		Nárys nebo detail			
Poznámka: Bod měřený pouze přístrojem Leica Diato X2 Profil z bodu 306					



## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
 Obec: Paníklův  
 Okres: Semily

Strana: ..19..

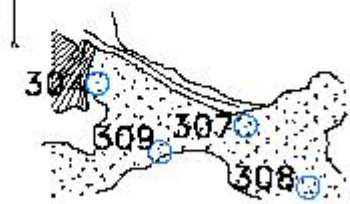
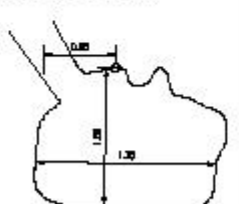
<b>Bod</b> 306.2	Bad zřídil (jméno, rok): SJ ČR (2019) J. Zemán Platnost od: 1.5.2019	<b>y</b>	661 727,53	SM5	Vrchlabí 4-5
Verze: 1		<b>x</b>	990 186,84	Místopisný náčrt	
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bad na skalním převisu		Nadm. výška (Bpv)	trig. 412,53	↑ S	
		Nárys nebo detail			
Blastový hřeb PLG. POŘAD					
Poznámka: Bad měřený pouze přístrojem Leica Diato X2 Profil z bodu 306.1					



## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
 Obec: Poniklá  
 Okres: Semily

Strana: .zř.

<b>Bod</b> 307	Bod zřídil (jméno, rok): SJ ČR (2019) J. Zeman Platnost od: 1.5.2019	<b>y</b>	661 709.66	SM5	Vrchlabí 4-5
Verze: 1		<b>x</b>	990 187.29	Místoplaný náčrt	
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bod na stropě		Nadm. výška (Bpv)	trig. 427.18	S ↑	
Plastový hřeb PLG. POŘAD		Nárys nebo detail			
Poznámka: Profil z bodu 304					

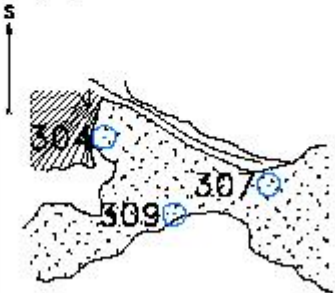
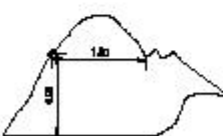


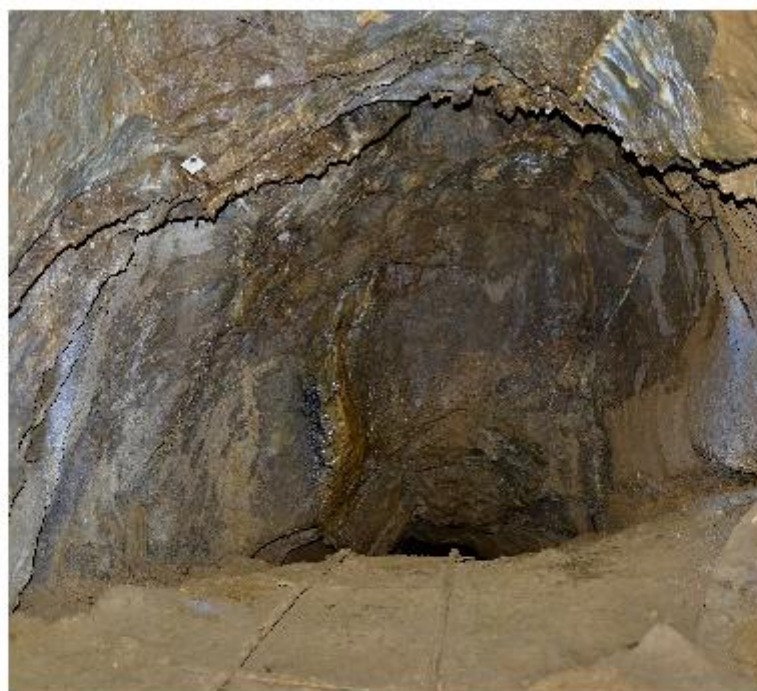


## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
 Obec: Poniklá  
 Okres: Semily

Strana: .23.

<b>Bod</b>	<b>309</b>	Bod zřídil (jméno, rok): S.J. ČR (2019) J. Zeman Platnost od: 1.5.2019	<b>y</b>	<b>661 712.99</b>	SMS	Vrchlabí 4-5
Verze: 1			<b>x</b>	<b>990 188.33</b>	Místoplaný náčrt	
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bod na stropě			Nadm. výška (Bpv)	trig. <b>426.23</b>	S ↑ 	
Plastový hřeb PLG. POŘAD			Nárys nebo detail			
Poznámka: Profil směrem na bod 310						



## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
 Obec: Poniklá  
 Okres: Semily

Strana: .22.



<b>Bod</b> <b>310</b>	Bod zřídil (jméno, rok): S.J. ČR (2019) J. Zeman Platnost od: 1.5.2019	<b>y</b>	<b>661 718.78</b>	SM5 Vrchlabí 4–5 Místopisný náčrt
Verze: 1		<b>x</b>	<b>990 189.45</b>	
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bod na stropě		Nadm. výška (Bpv)	trig. <b>421.08</b>	
		Nárys nebo detail		
Plastový hřeb PLG. PDRAD				
Poznámka: Profil směrem na bod 313				



## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
 Obec: Poniklá  
 Okres: Semily

Strana: 21.

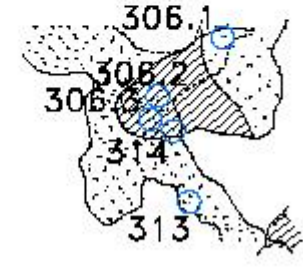
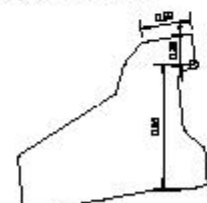
Bod <b>313</b>	Bod zřídil (jméno, rok): SJ ČR (2018) J. Zemán Platnost od: 1.5.2019	<b>Y</b>	<b>661 726.73</b>	SMS Vrchleblí 4-5
Verze: 1		<b>X</b>	<b>990 189.51</b>	Místopisný náčrt ↑ S
Papír, způsob stabilizace a určení bodu Bod na stěně		Nadm. výška (Bpv)	Ing. <b>414.09</b>	
Plastový hřeb PLC. POŘAD		Nárys nebo detail		
Poznámka: Profil směrem na bod 314				



## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
 Obec: Poniklá  
 Okres: Semily

Strana: .29.

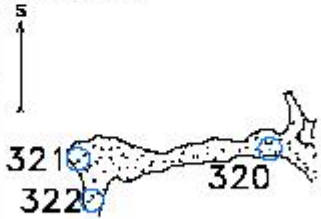
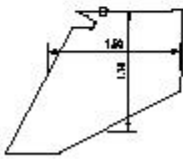
Bod	<b>314</b>	Bod zřídil (jméno, rok): SJ ČR (2019) J. Zeman	$y$	661 727.13	SM5	Vrchlabí 4-5
Verze:	1	Platnost od: 1.5.2019	$x$	990 187.71	Místopisný náčrt	
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bod na stěně			Nadm. výška (Bpv)	Irřg. 411.52	↑ S	
Plastový hřeb PLG. POŘAD			Nárys nebo detail			
Poznámka: Profil z bodu 313						



## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
 Obec: Paníklá  
 Okres: Semily

Strana: ..5..

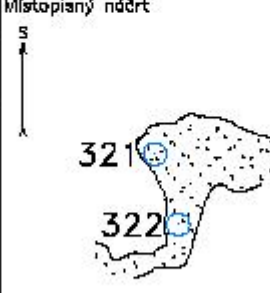
<b>Bod</b> 320	Bod zřídil (jméno, rok): SJ ČR (2019) J. Zeman Platnost od: 1.5.2019	<b>y</b>	<b>661 723.41</b>	SM5 Vrchlabí 4–5
Verze: 1		<b>x</b>	<b>990 171.57</b>	Místopisný náčrt
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bod na stropě  Plastový hřeb PLG. POŘAD		Nadm. výška (Bpv)	trig. <b>421.91</b>	
Poznámka: Profil směrem na bod 321		Nárys nebo detail 		



## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
 Obec: Poniklá  
 Okres: Semily

Strana: ..8..

<b>Bod</b>	<b>321</b>	Bod zřídil (jméno, rok): SJ ČR (2019) J. Zemán Platnost od: 1.5.2019	<b>y</b>	<b>661 733.08</b>	SM5 Vrchlabí 4–5
Verze:	1		<b>x</b>	<b>990 172.06</b>	Místopisný náčrt
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bod na stropě  Plastový hřeb PLG. POŘAD			Nadm. výška (Bpv)	<b>416.00</b>	
			Nárys nebo detail		
Poznámka:					



## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
 Obec: Poniklá  
 Okres: Semily

Strana: ..7...

Bod	<b>322</b>	Bod zřídil (jméno, rok): S.J. ČR (2019) J. Zemán Platnost od: 1.5.2019	<b>y</b>	<b>661 732.39</b>	SMS Vrchlabí 4–5
Verze:	1		<b>x</b>	<b>990 174.14</b>	Místoplaný náčrt
Popis, způsob stabilizace a určení bodu			Nadm. výška (Bpv)	trig. <b>414.13</b>	
Bod na stropě		Nárys nebo detail			
Plastový hřeb PLG. POŘAD					
Poznámka: Profil z bodu 321					



## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
 Obec: Paníklův  
 Okres: Semily

Strana: ..š..

<b>Bod</b> <b>323</b>	Bod zřídil (jméno, rok): SJ ČR (2019) J. Zeman Platnost od: 1.5.2019	<b>y</b>	<b>661734.90</b>	SM5 Vrchlabí 4-5
Verze: 1		<b>x</b>	<b>990176.42</b>	Místopisný náčrt
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bod na stropě		Nadm. výška (Bpv)	trig. <b>411.75</b>	
Plastový křeb PLG. POŘAD		Nárys nebo detail		
Poznámka: Profil směrem na bod 322				





## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
 Obec: Poniklá  
 Okres: Semily

Strana: ..9..

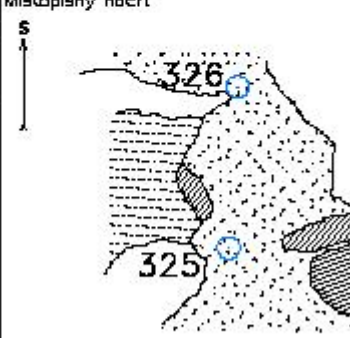
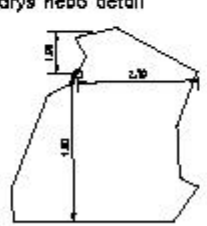
<b>Bod</b>	<b>324</b>	Bod zřídil (jméno, rok): SJ ČR (2019) J. Zeman Platnost od: 1.5.2018	<b>y</b>	<b>661 737.76</b>	SM5	Vrchlabí 4-5
<b>Verze:</b>	1		<b>x</b>	<b>990 181.93</b>	Místopisný náčrt	
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bod na skalním převisu			Nadm. výška (Bpv) trlg. <b>412.55</b>			
Platový hřeb PLG. POŘAD			Nárys nebo detail 			
Poznámka: Bod v puklině Profil směrem na bod 325						



## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
Obec: Poniklá  
Okres: Semily

Strana: ..19..



<b>Bod</b>	<b>325</b>	Bad zřídil (jméno, rok): Sv. ČR (2019) J. Zeman Platnost od: 1.5.2018	<b>y</b>	<b>661 742.04</b>	SM5	Vrchlabí 4—5
Verze: 1			<b>x</b>	<b>990 176.23</b>	Místopisný náčrt	
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bad na stěně			Nadm. výška (Bpv)	trlg. <b>412.66</b>		
Plastový hřeb PLG. PŮRAD			Nárys nebo detail			
Poznámka: Profil směrem na bod 326						



## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
Obec: Poniklá  
Okres: Semily

Strana: „11..

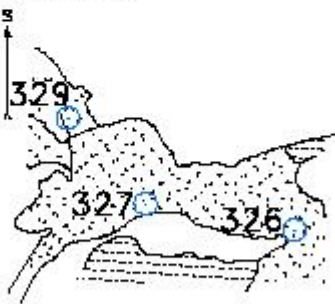
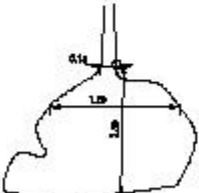
<b>Bod</b>	<b>326</b>	Bod zřídil (jméno, rok): SJ ČR (2019) J. Zeman Platnost od: 1.5.2019	<b>y</b>	<b>661 741.69</b>	SM5 Vrchlabí 4–5
Verze: 1			<b>x</b>	<b>990 169.92</b>	Mříčkový náčrt
Popis, způsob stabilizace a určení bodu		Nadm. výška (Bpv)	trig. <b>412.93</b>		
Bod na stropě  Plastový hřeb PLG. POŘAD					
Poznámka:		Nárys nebo detail			
Profil směrem na bod 327  					

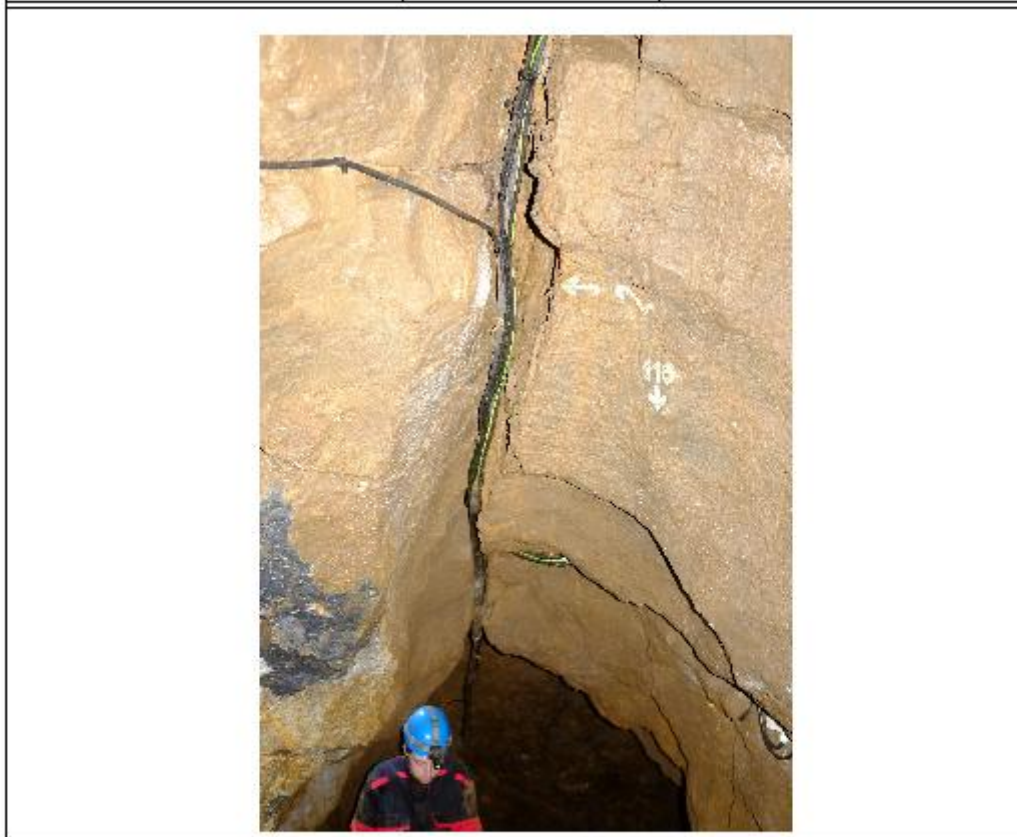


## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
 Obec: Poniklá  
 Okres: Semily

Strana: ..12.

Bod <b>327</b>	Bod zřídil (jméno, rok): SJ ČR (2019) J. Zemán Platnost od: 1.5.2019	Y	661 747.50	SM5 Vrchlabí 4-5
Verze: 1		X	990 168.89	Místopisný náčrt
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bod na stropě		Nadm. výška (Bpv)	trig. 416.34	
Plastový hřeb PLG, POŘAD		Nárys nebo detail		
Poznámka: Bod ve skalní puklině označený bílou šipkou a číslem 2 Profil směrem na bod 326				



## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
 Obec: Poniklá  
 Okres: Semily

Strana: 13.

Bod <b>328</b> Verze: 1	Bod zřídil (jméno, rok): SJ ČR (2019) J. Zeman Platnost od: 1.5.2019	<b>y</b>	<b>661 754.63</b>	SMS Vrchlabí 4-5 Místopisný náčrt
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bod na stropě vstupní šachty  Plastový hřeb PLC. POŘAD		<b>x</b>	<b>990 173.32</b>	
		Nadm. výška (Bpv) <b>trig. 420.80</b>  Nárys nebo detail		
Poznámka: V betonové výstuži Profil směrem ven z jeskyně				



## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
 Obec: Paníklá  
 Okres: Semily

Strana: ...1...

<b>Bod</b> 5001	Bod zřídil (jméno, rok): SJ ČR (2019) J. Zeman Platnost od: 1.5.2019	<b>y</b>	<b>661 743.15</b>	SMS	Vrchlabí 4–5
Verze: 1		<b>x</b>	<b>990 186.63</b>	Místopisný náčrt <div style="text-align: center;">                 S                  ↑                  ↓                  A             </div>	
Popis, způsob stabilizace a určení bodu		Nadm. výška (Bpv)	<b>GNSS 424.69</b>		
Kámenň mezník GNSS		Nárys nebo detail			
Poznámka:					



## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE JESKYNĚ

Lokalita: PONIKELSKÁ JESKYNĚ  
 Obec: Poníklá  
 Okres: Semily

Strana: ..14..

Bod <b>5002</b>	Bod zřídil (jméno, rok): SJ ČR (2019) J. Zeman	<b>y</b>	661 756.77	SM5	Vrchlabí 4-5
Verze: 1	Platnost od: 1.5.2019	<b>x</b>	990 175.86	Místopisný náčrt	
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bod na betonové desce u vstupní šachty do jeskyně		Nadm. výška (Bpv)	Irig. 424.62	↑ S	
		Nárys nebo detail			
Nastřelovací hřeb GNSS					
Poznámka:					

