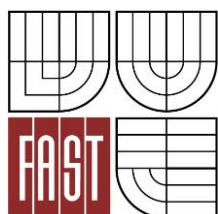




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEODÉZIE

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
Institute of Geodesy

ZAMĚŘENÍ POLOHOPISU A VÝŠKOPISU LOKALITY U OSTROVA U MACOCHY

THE MAPPING SURVEY OF THE LOCALITY OSTROV U MACOCHY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ADÉLA JENDRYŠČÍKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL KURUC, Ph.D.

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie a kartografie
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Adéla Jendryščíková
Název	Zaměření polohopisu a výškopisu lokality u Ostrova u Macochy
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Michal Kuruc, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2015
Datum odevzdání bakalářské práce	27. 5. 2016
V Brně dne 30. 11. 2015	

.....
doc. RNDr. Miloslav Švec, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Fišer, Z., Vondrák, J.: Mapování, Brno 2003

Fišer, Z., Vondrák, J.: Mapování I - studijní opory FAST VUT v Brně, Brno 2005

Fišer, Z., Podstavek, J., Vondrák, J.: Výuka v terénu II - studijní opory FAST VUT v Brně, Brno 2005

Návod pro obnovu katastrálního operátu a převod, ČÚZK, Praha 2007

Norma ČSN 01 3410 - Mapy velkých měřítek - Základní a účelové mapy

Norma ČSN 01 3411 - Mapy velkých měřítek - Kreslení a značky

Zásady pro vypracování

V zadané lokalitě v Moravském krasu navrhnete, vybudujete a zaměříte síť měřických stanovisek. Uskutečnete měření potřebná pro vyhotovení polohopisného a výškopisného plánu lokality, použijte metodu tachymetrie. Zejména se zaměříte na zmapování krasových jevů v této lokalitě.

Zpracujte měření s požadovanými přílohami a vyhotovte mapu lokality v závazném souřadnicovém a výškovém systému.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).
- 3.

.....

Ing. Michal Kuruc, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je vyhotovení účelové mapy v měřítku 1:500 lokality v okolí jeskyně Balcarka v Moravském krasu. Stěžejním úkolem je zaměřit krasové útvary, což znamená především vstupy do jeskyní a závrtů. Mapa je vyhotovena dle norem ČSN zabývajících se mapami velkých měřítek.

Klíčová slova

Účelová mapa, tachymetrie, GNSS, polohopis, výškopis, vrstevnice

Abstract

The object of this bachelor thesis is a preparation of the thematical map in the scale of 1:500 of the locality in the area of the Balcarka cave in the Moravian Karst. The main goal is to target the karst formations, mainly cave entrances and sinkholes. The map will be prepared according to the ČNS standards which are dealing with the big scale maps.

Keywords

Thematical map, tachymetry, GNSS, topography, alimetry, contour lines

Bibliografická citace VŠKP

Adéla Jendryščíková *Zaměření polohopisu a výškopisu lokality u Ostrova u Macochy*.
Brno, 2016. 36 s., 6 příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta
stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Michal Kuruc, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27.5.2016

.....
podpis autora
Adéla Jendryščíková

Poděkování

Mé vřelé poděkování patří Ing. Michalu Kurucovi, Ph.D. za jeho ochotu, pomoc a cenné rady. Nemohu opomenout ani mé spolužáky, zvláště Evu Červinkovou, která mi pomáhala nejen s měřením, stejně tak jako kolektiv firmy CZK s.r.o.. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat mé rodině za podporu po celou dobu mého studia.

Obsah

1. ÚVOD	10
2. TEORETICKÁ ČÁST	11
2.1. <i>Mapa</i>	11
2.1.1 Účelová mapa	11
2.2. <i>Náčrt</i>	12
2.3. <i>Lokalita</i>	13
2.3.1 Moravský kras.....	14
2.4. <i>Metody měření</i>	15
2.4.1. GNSS	15
2.4.2. Tachymetrie	17
2.5. <i>Znázornění výškopisu</i>	18
2.5.1. Výškové kóty	18
2.5.2. Vrstevnice	18
2.5.3. Technické šrafy.....	19
3. PRAKTICKÁ ČÁST	20
3.1. <i>Práce v terénu</i>	20
3.1.1. Rekognoskace	20
3.1.2. Použité přístroje	20
3.1.3. Tvorba pomocné měřické sítě.....	23
3.1.3. Měření podrobných bodů.....	23
3.2. <i>Výpočetní práce</i>	24
3.2.1. Výpočet souřadnic a výšek bodů pomocné měřické sítě	24
3.2.2. Výpočet souřadnic podrobných bodů	26
3.2.3. Testování přesnosti	26
3.2.3.1. Testování přesnosti polohy	27
3.2.3.2. Testování přesnosti výšek.....	28
3.3. <i>Tvorba mapy</i>	29

3.4.	<i>Tvorba kontrolních profilů</i>	30
3.5.	<i>Tvorba výkresu závrtu</i>	30
4.	ZÁVĚR	31
5.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	32
6.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	34
7.	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	35
7.1.	<i>Seznam obrázků</i>	35
7.2.	<i>Seznam tabulek</i>	35
8.	SEZNAM PŘÍLOH	36

1. ÚVOD

Tato bakalářská práce pojednává o tachymetrickém zaměření dané lokality na území městyse Ostrov u Macochy a vyhotovení účelové mapy v měřítku 1:500. Cílem práce je polohopisné a výškopisné zaměření veškerých prvků polohopisu a průběhu terénního reliéfu. Jelikož se jedná o území nacházející se v Chráněné krajinné oblasti Moravský kras, důraz bude kladen na krasové jevy, jako jsou např. jeskyně a závrtý.

Měření je prováděno tak, aby výsledná mapa byla v souladu s nařízeními a předpisy. K připojení měřické sítě do systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) a do výškového systému Balt po vyrovnání (Bpv) je využito metody GNSS. Tato síť je v průběhu tachymetrického měření podrobných bodů dále zhušťována metodou rajónu.

2. TEORETICKÁ ČÁST

V této části práce bude rozebrána teoretická stránka související s daným tématem. Hlavní náplní bude vysvětlení pojmů a metod měření.

2.1. Mapa

Mapa je průmětem částí zemského povrchu, položených na vhodnou referenční plochu, jako je např. elipsoid nebo koule, prostřednictvím kartografického zobrazení na plochu rozvinutelnou do roviny. Pojem mapa byl poprvé použit ve smyslu kartografického znázornění světa asi v 9. století. V češtině tento pojem zdomácněl až v 16. století. [1]

Definice mapy dle ČSN 73 0402 je následující: „*Mapa je zmenšený generalizovaný konvenční obraz Země, nebeských těles, kosmu, či jejich částí, převedený do roviny pomocí matematicky definovaných vztahů (kartografickým zobrazením), ukazující podle zvolených hledisek polohu, stav a vztahy přírodních, socioekonomických a technických objektů a jevů.*“ [2]

Jednou z hlavních vlastností mapy je měřítko, které udává poměr nezkreslené délky na mapě k odpovídající délce ve skutečnosti. Dle tohoto kritéria se mapy dělí na mapy malého, středního a velkého měřítka. Dále lze mapy rozdělit podle způsobu vzniku a dalšího využití, podle kartografických vlastností, účelu, funkce a funkčního stylu, podle obsahu, formy vyjádření skutečnosti, podle zobrazovaného prostoru a územního rozsahu, podle koncepce vyjádření skutečnosti nebo podle časového hlediska. [1]

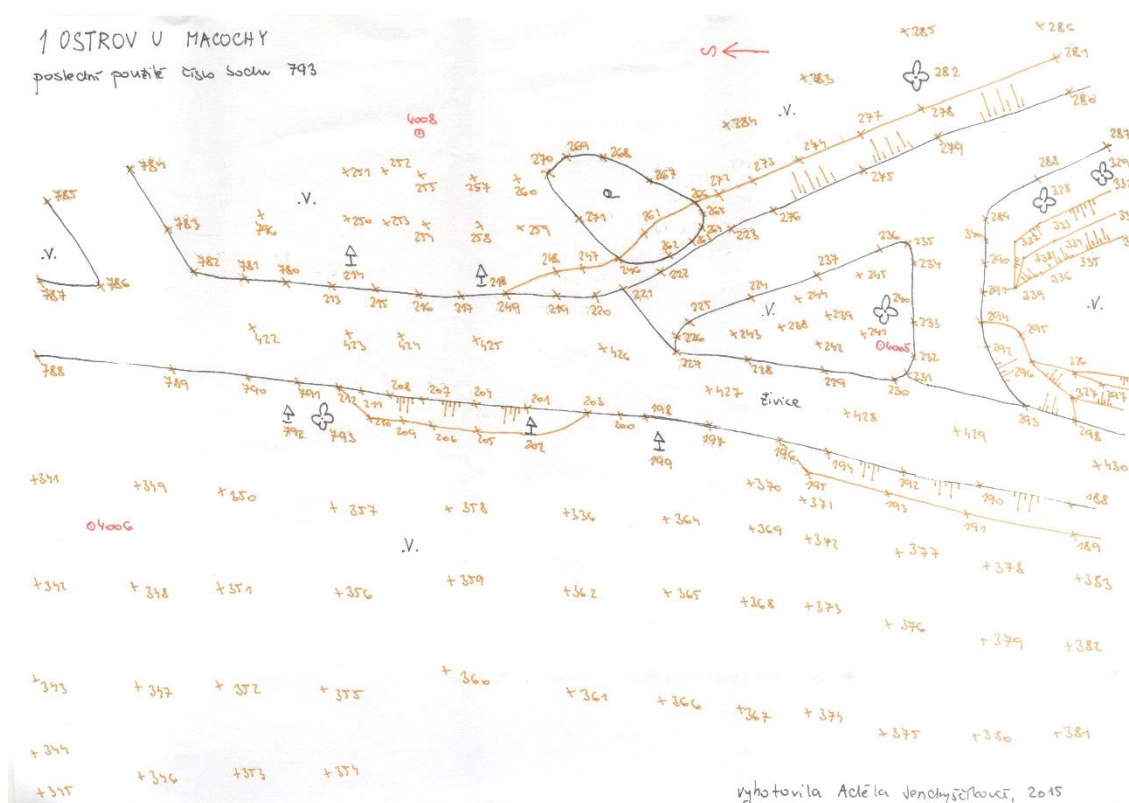
2.1.1 Účelová mapa

Jak už název napovídá, účelová mapa je mapa taková, která byla vytvořena za nějakým účelem, nejčastěji plánovacím, projektovým, provozním, dokumentačním nebo

evidenčním. Jedná se o mapy velkých měřítek, které mají kromě základních prvků i obsah navíc a to na základě účelu, pro jaký vznikly. Účelové mapy se tvoří na podkladě přímého měření, přepracování nebo doměření požadovaného obsahu do stávajících map. Polohopisným podkladem pro tvorbu těchto map bývá mapa katastrální. [4]

2.2. Náčrt

Měřický náčrt je přibližný zákres zaměřované lokality. Obsahuje body pomocné měřické sítě, které se vyznačují červeně, prvky polohopisu zakreslené černě a hnědou barvou vyznačeny významné změny členitosti terénu. Důležitými informacemi jsou také číslo náčrtu, poslední použité číslo bodu a kým a kdy byl náčrt vyhotoven.



Obrázek č. 1 Ukázka měřického náčrtu.

2.3. Lokalita

Zájmová oblast, kterou se zabývá tato bakalářská práce, leží v katastrálním území Ostrov u Macochy, v těsné blízkosti jeskyně Balcarka. Celé území spadá do Chráněné krajinné oblasti (CHKO) Moravský kras. Lokalita má přibližně 3 ha. Mezi hlavní polohopisné prvky patří cesta, která prochází napříč celou lokalitou, rozhraní kultur, dále skály a vstupy do jeskyní, kterých je v dané oblasti hned několik, stejně jako dalších krasových jevů – závrťů.



Obrázek č. 2 Přibližné vymezení lokality.



Obrázek č. 3 Část zájmové lokality.

2.3.1 Moravský kras

Moravský kras je se svou rozlohou 92 km² největší krasovou oblastí v České republice. Toto území se stalo v roce 1956 chráněnou krajinnou oblastí a to hlavně díky bohaté fauně i flóře. Na celé ploše je známo více než 1100 jeskyní, z nichž 5 je přístupno veřejnosti. Největším turistickým lákadlem jsou nepochybně Punkevní jeskyně, které se nacházejí na dně propasti Macocha, nejhlubší propasti v České republice i celé Střední Evropě. Mezi další významné jeskyně se řadí Kateřinská jeskyně, která je známá jedinečnými hůlkovými stalagmity, dále Sloupsko-šošůvské jeskyně, Jeskyně Výpustek a nakonec i jeskyně Balcarka, nacházející se v těsné blízkosti zaměřované lokality. [3]

Na území CHKO Moravský kras se nachází nejenom velké množství jeskyní, ale i dalších krasových útvarů jako jsou např. závrtý. Jedná se o povrchový krasový tvar – okrouhlou propadlinu, jejíž průměr může dosahovat až 1 km. Závrtý, které mohou být hluboké až více než 100 m, vznikají nejčastěji díky rozpouštějícím se horninám, tomuto jevu se říká *krasovění*.

2.4. Metody měření

Nejpoužívanějšími metodami měření jsou metody geodetické, fotogrammetrické a GNSS. K vytvoření pomocné měřické sítě bylo použito technologie GNSS, konkrétně metody RTK. Při zaměřování podrobných bodů byla využívána tachymetrie, která spadá mezi metody geodetické.

2.4.1. GNSS

Global Navigation Satellite System, česky globální navigační satelitní systém, patří mezi jedny z nejmladších způsobů určování polohy bodů na Zemi. Vzdálenost mezi družicemi a objektem je získávána např. měřením fázového doměrku. Systém je tvořen třemi základními segmenty: *kosmickým, řídicím a uživatelským*. [7]

Kosmický segment tvoří družice, které se pohybují po oběžných eliptických drahách podobným kružnicím ve výškách až 20 tisíc km nad Zemí. Družice jsou vybaveny veškerým potřebným vybavením jako je např. přijímač, vysílač, nebo atomové hodiny, aby mohly vysílat signály. [7]

Hlavním úkolem *řídicího segmentu* je aktualizace dat ve zprávách vysílaných družicemi. Jde o bezobslužné monitorovací stanice, které jsou vybaveny svými vlastními atomovými hodinami. Stanice nezpracovávají žádná přijatá data, pouze přenášejí získaná data do hlavní řídicí stanice. [7]

Uživatelský segment se skládá ze všech GNSS aparatur nacházejících se na Zemi a v její blízkosti. Přijímače vypočítají předběžné hodnoty polohy, rychlosti a času. Aby bylo možné vypočítat souřadnice, je nutné, aby přijímač získával signály alespoň ze čtyř družic. [7]

Měření je možné provádět na základě tří způsobů:

- kódových měření

- fázových měření
- dopplerovských měření

Při realizaci pomocné měřické sítě byla využita metoda fázového měření, konkrétně metoda RTK (Real Time Kinematic)

Kódová měření

K tomuto způsobu měření se využívá tzv. dálkoměrných kódů, které jsou vysílány jednotlivými družicemi. Tyto kódy lze zjednodušeně nazvat přesnými časovými značkami, díky kterým dokáže přijímač určit čas odvysílání signálu vysílaného družicí. Rozdíl časů, vypočítaný z času odeslání a přijetí jedné sekvence kódu, je použit pro určení vzdálenosti mezi přijímačem a družicí. Pro tento výpočet platí následující vztah:

$$d_i = \Delta t_i \cdot c,$$

kde d_i zastupuje počítanou vzdálenost, Δt časový rozdíl c rychlost šíření rádiových vln. Při tomto výpočtu se však neurčí skutečná vzdálenost, ale pouze *zdánlivá*, a to kvůli chybě, kterou je časový rozdíl zatížen. [7]

Fázová měření

Fázová měření zpracovávají vlastní nosné vlny. Při těchto měřeních přijímač spočítá počet vlnových délek, které se mezi ním a družicí nacházejí. [7]

Dopplerovská měření

Tato metoda se spíše než k získání polohy používá k určování rychlosti přijímače. Je založena na principu Dopplerova jevu, který popisuje změnu frekvence a vlnové délky přijímaného oproti vysílanému signálu, kterou způsobuje pohybování se vysílače a přijímače. [7]

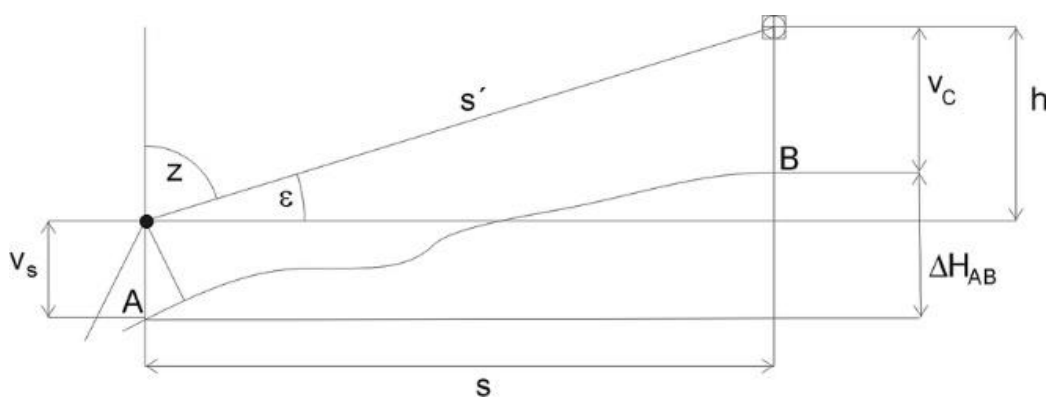
2.4.2. Tachymetrie

Vhodnou metodou na zaměřování terénního reliéfu je tachymetrie. Princip spočívá v určování polohy i výšky jednotlivých podrobných bodů současně. Ze stanoviska se zaměřuje:

- vodorovný úhel ϕ
- šikmá délka s'
- zenitový úhel z

Způsob, jakým jsou určovány výšky bodů, se nazývá trigonometrická metoda. Pro výpočet se používá následující vztah:

$$H_B = H_A + v_s + s' \cdot \cot g z - v_c$$



Obrázek č. 4 Trigonometrické určení výšky. [12]

2.5. Znázornění výškopisu

Výškopis je důležitou součástí účelových map, zvláště pokud se jedná o zmapování takové oblasti jako je kopcovitá oblast Moravského krasu. Je tedy nutné, aby pro jednoduché pochopení a zohlednění průběhu terénu, byly využity vhodné metody výškopisného vyjádření.

Ke správnému zaznamenání změn terénu je potřebné dokázat rozeznat základní terénní tvary jako je např. kupa, kužel, spočinek, sedlo, nebo terasa. Pro jejich bezchybné vyjádření je důležitá volba podrobných bodů, které daný tvar charakterizují. [10]

Metod znázornění výškopisu je několik:

- výškové kóty
- vrstevnice
- technické šrafy
- mapové značky
- stínování

2.5.1. Výškové kóty

Výškové kóty mohou vyjadřovat relativní nebo absolutní výšku. První z uvedených se používá pro vyjádření výšky terénních stupňů, příkopů a násypů. Absolutní výška poskytuje informaci o výškách bodů terénní kostry a podrobných bodů terénu. Obvykle se však používá kótování v kombinaci s vrstevnicemi a šrafami.

2.5.2. Vrstevnice

„Vrstevnice je svislý průmět průsečnice terénního reliéfu s vodorovnými rovinami, které mají pravidelný rozestup od nulové nadmořské výšky.“ [11]

Jde tedy o čáry spojující místa o stejných nadmořských výškách. Aby byla splněna podmínka pro minimální rozestup vrstevnic na mapě, který je 0,2-0,3 mm, volí se vhodný interval, což je rozestup mezi vodorovnými rovinami. Základní interval vrstevnic se vypočítá ze vztahu $i = M/5000$, kde M je měřítkové číslo. Pro přesnější vyjádření se používají vrstevnice doplňkové v polovičním nebo čtvrtinovém intervalu. V rovinatém terénu se interval volí tak, aby vzdálenost vrstevnic na mapě nebyla větší než 0,10 m. Aby byla mapa dobře čitelná, vykreslují se vrstevnice zdůrazněné, kterými bývá většinou každá pátá vrstevnice. Spádovky usnadňují orientaci o směru spádu, přikreslují se k vrstevnicím na straně spádu v místě největšího zakřivení. [10, 11]

Vrstevnice se nekreslí:

- mezi hranicemi vodní hladiny
- ve skalách
- přes místa s technickými šrafy
- v měřítku 1:2 000 a větším přes plochu stavebních objektů

2.5.3. Technické šrafy

Tato metoda znázornění výškopisu se používá při prudkých změnách terénu. Zakreslují se střídavě krátkými a dlouhými čarami ve směru spádu.

3. PRAKTICKÁ ČÁST

V této části popíši veškeré práce, které při tvorbě proběhly. Jedná se o měření v terénu, které zahrnuje tvorbu pomocné měřické sítě a samotné zaměření podrobných bodů, výpočetní a zpracovatelské práce.

3.1. Práce v terénu

Měřické práce probíhaly v několika etapách. Pomocná měřická síť byla vybudovaná na začátku podzimu 2014, kdy začala i první část podrobného měření. Po několika měsíční pauze byla lokalita doměřena na konci zimy. Na jaře roku 2016 byly zaměřeny další body, které sloužily ke tvorbě kontrolních profilů, vedoucích lokalitou, a ke znázornění změny velikosti závrtu.

3.1.1. Rekognoskace

Před samotným měřením je vždy nutné provést rekognoskaci terénu, ani v mém případě tomu nebylo jinak. Bylo potřebné projít celé zájmové území a přesně vymezit jeho hranice. Dále šlo o nalezení jeskyní, které byly předem vyhledány na stránkách <http://jeso.nature.cz>, kde by měly být zaznamenány všechny krasové jevy. Při rekognoskaci bylo však zjištěno, že informace z tohoto systému neodpovídají skutečnému stavu. Dalším krokem bylo naplánování tvorby pomocné měřické sítě tak, aby následné podrobné měření bylo co nejefektivnější vzhledem k terénní obtížnosti.

3.1.2. Použité přístroje

Pro určení polohy a výšky bodů pomocné měřické sítě byla použita GNSS aparatura od společnosti Trimble. Zaměření podrobných bodů bylo prováděno totální stanicí Topcon GPT-3003 N. Dále byly použity pomůcky jako stativ, odrazný hranol s tyčí, nebo dvoumetr.

Tato totální stanice byla vybrána hlavně kvůli možnosti bezhranolového měření, které bylo využito při zaměření skalních útvarů.

Přesnost měření délek	$\pm 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$
Přesnost měření úhlů	$3''$
Rozlišovací schopnost	$2,8''$
Zvětšení dalekohledu	$30\times$
Minimální délka zaostření	1,3 m
Hmotnost přístroje s baterií	5,1 kg
Dosah dálkoměru	3 000 m
Doba provozu	4,2 hodiny

Tabulka č. 1 Parametry totální stanice [6]



Obrázek č. 5 Totální stanice Topcon GPT-3003 N [6]

GNSS aparatura Trimble R6 se skládá z přijímače, přesné antény a baterie s dlouhou provozní dobou.

Polohová přesnost	10 mm + 1 ppm RMS
Výšková přesnost	15 mm + 0,5 ppm RMS
Doba inicializace	< 8 sekund
Spolehlivost inicializace	> 99,9 %
Hmotnost	1,52 kg
Vnitřní paměť	11 MB
Výdrž při surových observacích	188,6 hodin

Tabulka č. 2 Parametry GNSS aparatury [8]



Obrázek č. 6 Trimble R6 [9]

3.1.3. Tvorba pomocné měřické sítě

Před započítím měření samotných podrobných bodů bylo nutné vytvořit síť pomocných měřických bodů. Z důvodu malého počtu bodů polohového bodového pole v blízkém okolí byla za tímto účelem využita GNSS aparatura. Pomocí metody RTK byla zbudována měřická síť, která obsahovala sedm bodů, z nichž šest bylo stabilizováno dřevěnými kolíky, jeden hřebem. Další, osmý, bod byl zaměřen dodatečně během měření podrobných bodů, neboť jeden z kolíků byl zničen. Každé určení polohy i výšky bylo provedeno dvakrát, aby byla dodržena podmínka dána vyhláškou dvojího nezávislého měření. Časově tyto dvě měření dělil odstup větší než hodina.

Během měření byla síť postupně zhušťována dalšími body, které byly určeny metodou rajónu. Tímto způsobem vzniklo jedenáct bodů, které sloužily jako stanoviště při podrobném měření.

Z důvodu velkého časového odstavu bylo pro zaměření bodů kontrolních profilů nutné stabilizovat další tři body pomocné sítě. Ty byly rovněž určeny metodou GNSS dvojím měřením s hodinovým odstavem. Celkem tedy pomocná měřická síť čítala dvacet dva polohově a výškově určených bodů, jejichž náčrt je přiložen v příloze.

3.1.3. Měření podrobných bodů

Podrobné body byly zaměřeny pomocí metody tachymetrie totální stanicí Topcon GPT-3003 N. Jejich hustota byla zvolena tak, aby odpovídala podrobnosti měření v měřítku výsledné mapy 1:500. Během měření byl zpracováván náčrt, dle kterého byla zhotovena mapa.

Předmětem měření byly vstupy do jeskyní, závrtky, skály, komunikace, stromy, informační značení, čáry terénní kostry a další prvky polohopisného obsahu. Některé závrtky byly měřeny body po obvodu a jedním bodem ve středu, další byly určeny pouze body po obvodu a u nich zaměřenou hloubkou. Jako vstupy do jeskyní byl vnímán

kolmý průmět vchodu na terén. U některých vstupů byl zaměřen také identifikační štítek, nebyl však nalezen u všech.

Body kontrolních profilů byly zaměřeny stejně jako podrobné body, sloužící pro vyhotovení mapy, polární metodou. Pro určení kontrolního profilu č. 1 bylo zvoleno stanoviště 4020, u kontrolního profilu č. 2 to bylo stanoviště 4022. Aby byl vodorovný úhel stejný a tedy, aby body ležely v jedné přímce, zůstala horizontální ustanovka během měření neuvolněna. Celkem bylo zaměřeno 18 bodů.

Mezi další body patřily body sloužící ke znázornění změny závrtu, těch bylo 6 a jako jediné podrobné body byly určený GNSS aparaturou.

3.2. Výpočetní práce

Naměřená data byla stažena z totální stanice pomocí programu Geoman, při čemž byly zavedeny korekce délek do kartografického zobrazení a z nadmořské výšky. Pro výpočet souřadnic a výšek všech bodů byl použit geodetický software Groma v. 11.0.

3.2.1. Výpočet souřadnic a výšek bodů pomocné měřické sítě

Body pomocné měřické sítě byly určeny dvěma způsoby. Osm bodů bylo určeno technologií GNSS a jedenáct bodů metodou rajónu.

Při použití technologie GNSS musí být poloha bodu určena dvěma nezávislými měřeními, a to buďto opakovaným měřením nebo použitím jiné metody. V případě opakovaného měření musí být časový odstup min. jedna hodina, aby bylo provedeno při nezávislém postavení družic. Rozdíly těchto dvou měření nepřekročily v určení polohy 4 cm a ve výšce 6 cm. Získané souřadnice a výšky bodů byly pomocí programu Groma v. 11.0. zprůměrovány a byly dále používány při dalších výpočtech.

ČÍSLO BODU	Y [m]	X [m]	H [m]
4001	585 349,77	1 142 149,09	443,41
4002	585 403,60	1 142 099,41	440,73
4003	585 291,46	1 142 126,10	442,50
4004	585 286,55	1 142 067,39	442,88
4005	585 237,10	1 141 988,21	443,57
4006	585 301,84	1 142 872,13	444,54
4007	585 291,53	1 142 126,02	442,38
4008	585 238,88	1 141 904,85	445,31
4020	585 250,45	1 141 950,46	443,42
4021	585 272,04	1 141 857,06	445,34
4022	585 271,73	1 142 056,52	443,01

Tabulka č. 3 Souřadnice a výšky bodů určených metodou GNSS.

Přístroj: Trimble R4-3, fw: 4.84, vpr. c.: 5328440051

Trimble General Survey SW: 2.30

Verze protokolu: 4.93

Body vypsány od (RRRRMMDD): 2011

Souradnicovy system: Použit transformací modul zpsrenne globalni transformace Trimble 2013 verze 1.0 schvaleny CUKZ pro mereni od 1.7.2012.

Zona: Krovak_2013

Soubor rovinné dotransformace: KG2013

Vertikální transformace

Model kvazigeoidu: CR2005

POUŽITÉ A MĚŘENÉ BODY

Císlo bodu	Y	X	Z	Presnost	PDOP	Sit	Pocet	Antena	Datum	Zacatek	Doba	Kod bodu	
			XY	Z	sat.	vyska; od#		mereni		mereni[s]			
4001	585349.77	1142149.10	443.38	0.018	0.029	2.51	5	11	2.00	SZ	28.09	11:41	26
4002	585403.58	1142099.41	440.71	0.017	0.027	1.82	5	9	2.00	SZ	28.09	11:44	5
4003	585291.45	1142126.10	442.48	0.013	0.022	1.72	5	10	2.00	SZ	28.09	11:56	5
4004	585286.55	1142067.40	442.89	0.018	0.032	1.84	5	9	2.00	SZ	28.09	12:01	69
4006	585301.85	1141872.14	444.56	0.035	0.054	1.47	5	13	2.00	SZ	28.09	12:41	5
4008	585238.88	1141904.83	445.28	0.024	0.034	2.13	5	10	2.00	SZ	28.09	12:44	5
4001	585349.77	1142149.07	443.43	0.026	0.035	2.30	5	9	2.00	SZ	28.09	13:14	5
4002	585403.62	1142099.41	440.75	0.031	0.041	1.78	5	10	2.00	SZ	28.09	13:19	5
4003	585291.47	1142126.09	442.52	0.015	0.019	1.95	5	13	2.00	SZ	28.09	13:23	5
4004	585286.55	1142067.37	442.86	0.026	0.046	2.30	5	9	2.00	SZ	28.09	13:36	5
4006	585301.83	1141872.12	444.51	0.021	0.032	1.47	5	13	2.00	SZ	28.09	13:58	5
4008	585238.88	1141904.87	445.34	0.029	0.062	2.52	5	9	2.00	SZ	28.09	14:39	19

Vyska anteny merena od: FC = fazoveho centra; SZ = spodku zavitu; SN = stredu narazniku

Bod meren na: 1 = Trimble VRS NOW CZ; 2 = TOPNET; 3 = CZEPOS RTK

4 = CzePOS PRS/FPK; 5 = CZEPOS RTK3/MAX3; 6 = Neznama sit

Hodnoty PDOP oznacene * jsou mimo nastavenou toleranci: 7.00 Hodnoty PDOP oznacene * jsou mimo nastavenou toleranci: 7.00

Hodnoty s RMS oznacene # jsou mimo nastavenou toleranci: 40.00

Body oznacene ! NoFix ! pred cislem bodu, nebyly pri mereni Fixovany!

Obrázek č. 7 Ukázka protokolu GNSS měření.

Body určené metodou rajónu byly určovány souběžně s body podrobnými. Jejich souřadnice polohy a výšky byly vypočítané v programu Groma v. 11.0. pomocí polární metody dávkou.

ČÍSLO BODU	Y [m]	X [m]	H [m]
4009	585 296,69	1 141 977,43	442,43
4010	585 293,05	1 142 013,01	442,17
4011	585 303,25	1 142 069,22	442,36
4012	585 329,41	1 142 077,22	455,97
4013	585 302,65	1 141 972,43	440,41
4014	585 306,32	1 142 051,20	441,94
4015	585 370,83	1 142 132,07	441,97
4016	585 310,54	1 142 005,21	449,61
4017	585 351,15	1 141 909,01	450,11
4018	585 326,84	1 141 939,13	446,64
4019	585 316,50	1 141 953,20	446,43

Tabulka č. 4 Souřadnice a výšky bodů určených metodou rajónu.

3.2.2. Výpočet souřadnic podrobných bodů

Před samotným výpočtem souřadnic podrobných bodů bylo potřeba pomocí funkce *Zpracování zápisníku* zpracovat měření ve dvou polohách. Následovalo vypočítání zápisníků polární metodou dávkou. Při měření byly využity všechny viditelné body k orientaci. Celkem bylo určeno 920 podrobných bodů, 18 bodů kontrolních profilů a 6 bodů k porovnání závrtu.

3.2.3 Testování přesnosti

Testování přesnosti slouží pro ověření správnosti polohy bodů, resp. zda vyhovují stanoveným kritériím 3. třídy přesnosti dle ČSN 10 3410. Pro toto testování

bylo využito 86 jednoznačně identifikovatelných bodů. Výpočet byl proveden v programu Microsoft Excel.

3.2.3.1. Testování přesnosti polohy

Poloha kontrolních bodů byla určena zaměřením ze dvou stanovisek. Z výsledku byly vypočítány souřadnicové rozdíly:

$$\Delta Y = Y_m - Y_k \quad \Delta X = X_m - X_k$$

kde Y_m , X_m jsou souřadnice podrobných bodů získané z prvního měření a Y_k , X_k jsou souřadnice určené kontrolním měřením.

Dosažení stanovené přesnosti bylo testováno pomocí výběrové střední souřadnicové chyby $s_{x,y}$ vypočítané ze vztahu:

$$s_{x,y} = \sqrt{0,5(s_x^2 + s_y^2)}$$

Střední výběrové chyby souřadnic s_x a s_y byly určeny pomocí vztahů:

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{i=1}^N \Delta x_i^2} \quad s_y = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{i=1}^N \Delta y_i^2}$$

kde N reprezentuje výběrový soubor, a k koeficient, který závisí na volbě kontrolního měření. Jsou-li obě měření stejné přesnosti, zavádí se $k = 2$.

Přesnost určení lze považovat za vyhovující, když:

- polohové odchylky Δp vypočtené ze vztahu:

$$\Delta p = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

vyhovují kritériu $|\Delta p| = 1,7 \cdot u_{x,y}$

- výběrová střední souřadnicová chyba $s_{x,y}$ vyhovuje kritériu:

$$s_{x,y} \leq \omega_{2N} \cdot u_{x,y}$$

kde koeficient $\omega_{2N} = 1,10$ (hladina významnosti $\alpha = 5\%$, $31 \leq N \leq 300$)

3.2.3.2. Testování přesnosti výšek

Prvním krokem při testování výšek podrobných bodů bylo vypočítání výškových rozdílů:

$$|\Delta H| = H_m - H_k$$

kde H_m je výška určená z prvního měření a H_k z kontrolního měření. Dosažení stanovené přesnosti bylo testováno pomocí výběrové střední výškové chyby s_H :

$$s_H = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{i=1}^N \Delta H_i^2}$$

Stejně jako při testování polohy bylo zaváděno $k = 2$.

Přesnost určení výšek lze pokládat za vyhovující, když:

- $|\Delta H| \leq 2 \cdot u_H \cdot \sqrt{k}$
- výběrová střední výšková chyba s_H vyhovuje kritériu podle tabulky:

Pro zpevněný povrch	Pro nezpevněný povrch
$s_H \leq \omega_N \cdot u_H$	$s_H \leq 3 \cdot \omega_N \cdot u_H$

Tabulka č. 5 Kritéria určení střední výškové chyby.

kde koeficient $\omega_N = 1,1$ (hladina významnosti $\alpha = 5\%$, $80 \leq N \leq 500$)

Pro testování přesnosti výšek kontrolního profilu bylo využito stejných vztahů a vzorců. Porovnávány byly výšky nově měřených bodů a výšky určené interpolací vrstevnic v mapě. Na místo koeficientu ω_N byla dosazována hodnota 1,15. Všechny 18 takto testovaných výšek splnilo dané požadavky.

3.3. Tvorba mapy

V poslední fázi zpracování byla vyhotovena polohopisná a výškopisná mapa v měřítku 1:500. Polohopisná složka byla tvořena v programu Microstation V8i od firmy Bentley. Podrobné body a body pomocné měřické sítě byly naimportovány pomocí MDL aplikace Groma. Následně byly na základě měřického náčrtu zakreslovány jednotlivé prvky do stanovených vrstev s určenými parametry.

Jeskyně a popisné štítky byly označeny příslušnou značkou, stejně tak jako nejnižší místo závrtu. Jeden ze závrťů byl zaměřen několika body po obvodu dna a do mapy byla jeho hloubka zaznamenána relativními kótami. Další ze závrťů byl pro svou špatnou přístupnost zaměřen a vyznačen pouze obvodovými body, v kresbě je popsán jako „Závrt s nedostupným dnem“.

Další etapou zpracování bylo vyhotovení výškopisné složky. V první řadě šlo o zakreslení technických šraf a to zejména podél cesty. Pro tuto tvorbu byla využita nadstavba Mgeo. Při dalším zpracování byl použit program Atlas DMT, ve kterém byly vykresleny vrstevnice. Pro takovéto zpracování bylo nutné ze seznamu souřadnic podrobných bodů vyloučit ty body, které nesměly být použity při tvorbě digitálního

modelu terénu. Šlo o body na skalách, nebo značky. Základní vrstevnice byly zvoleny v intervalu jednoho metru, zdůrazněné po pěti metrech.

Na závěr byla mapa doplněna o legendu, směrovou růžici, křížky kilometrové sítě, klad mapových listů a tabulku s informačními údaji.

3.4. Tvorba kontrolních profilů

V rámci testování přesnosti byly zaměřeny a zpracovány kontrolní profily vedené lokalitou. Ty byly zakresleny rovněž v programu Microstation V8i. Pro čitelnost byla zvolena rozdílná měřítko a to 1:500 pro staničení, 1:300 pro výšky, a pro znázornění rozdílů výšek 1:10. Hodnoty byly vynášeny od srovnávací roviny 420,00 Bpv. Do horní části výkresu byla umístěna tabulka s popisem druhů pozemku, kterými profily vedou, a název katastrálního území. Posledním krokem bylo doplnění výkres velikosti A3 o legendu a popisovou tabulku.

3.5. Tvorba výkresu závrtu

Začátkem roku 2014 začal v prostoru mé lokality vznikat nový závrt, který stále mění svůj tvar. Jeho poloha a hloubka byla zaměřena proto dvakrát, s více jak ročním časovým rozestupem. Nově zaměřený závrt byl zakreslen do kopie účelové mapy v měřítku 1:250 na formátu A4.

Body z března 2016, které vyznačují obvod závrtu, se od bodů z předchozího roku vzdálily v průměru o 0,5 m. Dno se prohloubilo přibližně o metr. Tyto změny jsou vyznačeny v příloze č. 3.

4. ZÁVĚR

Účelem bakalářské práce bylo vyhotovení polohopisné a výškopisné situace zadané lokality u Ostrova u Macochy.

Po rekognoscaci dané oblasti proběhlo vytvoření pomocné měřické sítě pomocí technologie GNSS a metodou rajónů. Takto určených devatenáct bodů bylo následně použito jako stanoviška a orientace pro zaměření 924 podrobných bodů. Během podrobného mapování bylo kontrolně zaměřeno 86 jednoznačně identifikovatelných bodů, jejich poloha a výška pak byla testována dle kritérií 3. třídy přesnosti. Výsledná výběrová střední souřadnicová chyba dosáhla hodnoty 0,02 m, výběrová střední výšková chyba 0,03 m. Při testování výšek bodů kontrolních profilů tato hodnota dosáhla 0,08 m. Z výsledků vyplývá, že veškerá kritéria pro testování přesnosti byla dodržena.

Účelová mapa byla vyhotovena dle normy ČSN 01 3410. *Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy* a je přiložena k práci jako příloha č. 1 na formátu A1.

Mapa byla vytvořena pro potřeby správy CHKO Moravský kras, a to zejména kvůli zmapování krasových jevů, které se na dané lokalitě nacházejí.

5. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] PLÁNKA, L. *Kartografie a základy GIS: Úvod do kartografie*. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, 2006.

[2] ČSN 73 0402. *Značky veličin v geodézii a kartografii*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

[3] *Moravský kras* [online]. ©2015 [cit. 26.5.2015]. Dostupné z:
<http://www.moravskykras.net>

[4] FIŠER, Z.; VONDRÁK, J. a kol. *Mapování*. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, 2006. 146 s. ISBN 80-7204-472- 9.

[5] ČÚZK. *Návod pro obnovu katastrálního operátu a převod* [online]. 2015 [cit. 26.5.2015]. Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/Predpisy/Resortni-predpisy-a-opatreni/Navody-CUZK.aspx>

[6] *Totální stanice Topcon* [online]. 2015 [cit. 26.5.2015]. Dostupné z:
http://www.geoserver.cz/zbozi_files/313/totalni-stanice-topcon-GPT3000LN.pdf

[7] RAPANT, P. *Družicové polohové systémy*. VŠB – TU, Ostrava, 2002. 197 s. ISBN 80- 248-0124-8.

[8] *Trimble R6 GNSS Systém* [online]. 2015 [cit. 26.5.2015]. Dostupné z:
http://www.geotronics.sk/wp-content/uploads/2014/10/022543-259H-CZE_TrimbleR6GNSS_DS_0413_LR.pdf

[9] Trimble R6 [online]. 2015 [cit. 26.5.2015]. Dostupné z:
<http://www.geo-matching.com/products/id1588-trimble-r6-.html>

[10] KALVODA, Petr. *Mapování I*. Brno, 2013. Přednášky. Vysoké učení technické v Brně.

[11] *Digitální modely terénu* [online]. In: . s. 1-10 [cit. 21.5.2016]. Dostupné z: http://gis.fzp.ujep.cz/files/DTM_kap2_v0a.pdf

[12] *Trigonometrické určování výšek a převýšení: Převýšení dvou bodů a opravy trigonometrického převýšení* [online]. [cit. 21.5.2016]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch13s03.html>

6. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ČSN – Česká státní norma

S-JTSK – Systém jednotné sítě katastrální

Bpv – Výškový systém baltský – po vyrovnání

GNSS – Global Navigation Satellite System

RTK – Real Time Kinematic

7. SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

7.1. Seznam obrázků

Obrázek č. 1 Ukázka měřického náčrtu.	12
Obrázek č. 2 Přibližné vymezení lokality.	13
Obrázek č. 3 Část zájmové lokality.	14
Obrázek č. 5 Trigonometrické určení výšky. [12]	17
Obrázek č. 6 Totální stanice Topcon GPT-3003 N [6]	21
Obrázek č. 7 Trimble R6 [9]	22
Obrázek č. 8 Ukázka protokolu GNSS měření.	25

7.2. Seznam tabulek

Tabulka č. 1 Parametry totální stanice [6]	12
Tabulka č. 2 Parametry GNSS aparatury [8]	21
Tabulka č. 3 Souřadnice a výšky bodů určených metodou GNSS	23
Tabulka č. 4 Souřadnice a výšky bodů určených metodou rajónu	25
Tabulka č. 5 Kritéria určení střední výškové chyby.	27

8. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 01 Účelová mapa (digitálně, papírově)

Příloha č. 02 Kontrolní profily

02.1 Kontrolní profil č. 1 (digitálně, papírově)

02.2 Kontrolní profil č. 2 (digitálně, papírově)

Příloha č. 03 Závrt (digitálně, papírově)

Příloha č. 04 Náčrty

04.1 Náčrt PMS (digitálně, papírově)

04.2 Náčrt kontrolních profilů (digitálně, papírově)

Příloha č. 05 Zápisníky (digitálně)

Příloha č. 06 Protokoly

06.1 Protokoly výpočtu I. a II. polohy (digitálně)

06.2 Protokoly výpočtu podrobného měření (digitálně)

Příloha č. 07 Seznamy souřadnic

07.1 Body PMS (digitálně)

07.2 Podrobné body (digitálně)

07.3 Body kontrolních profilů (digitálně)

Příloha č. 08 Testování přesnosti

08.1 Testování YX (digitálně)

08.2 Testování H (digitálně)

08.3 Testování H kontrolních profilů (digitálně)