



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

# ZAMĚŘENÍ POLOHOPISU A VÝŠKOPISU LOKALITY V JEDOVNICÍCH

THE MAPPING SURVEY OF LOCALITY IN JEDOVNICE

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Věra Pšikalová

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL KURUC, Ph.D.

BRNO 2018



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3646 Geodézie a kartografie
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3646R003 Geodézie, kartografie a geoinformatika
<b>Pracoviště</b>	Ústav geodézie

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Věra Pšikalová
<b>Název</b>	Zaměření polohopisu a výškopisu lokality v Jedovnicích
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Michal Kuruc, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2017
<b>Datum odevzdání</b>	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.  
Vedoucí ústavu



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

## PODKLADY A LITERATURA

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 2015

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 Jedovnicích navrhnete, vybudujete a zaměříte síť měřických stanovisek. Uskutečnete měření potřebná pro vyhotovení polohopisného a výškopisného plánu lokality, použijte metodu tachymetrie.

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

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

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



---

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

## **Abstrakt**

Cílem mé bakalářské práce je zaměření polohopisu a výškopisu v Jedovnicích, jehož předmětem byla příjezdová komunikace s přilehlým terénem podél rybníka Olšovec k nedalekému autokempu. Konečným produktem je tedy mapa, vzniklá metodou tachymetrie v měřítku 1:500 vyhotovena ve 3. třídě přesnosti, podléhající normám ČSN 01 3410 a ČSN 01 3411. Tato práce začíná teoretickými znalostmi o mapách jako obecném pojmu a plynule přechází k znalostem praktickým, vedoucí k výsledné tvorbě mapy.

## **Klíčová slova**

Jedovnice, Rybník Olšovec, tachymetrie, účelová mapa, vrstevnice, polární metoda

## **Abstract**

This thesis is concerned with mapping of topography and altimetry in Jedovnice. The main object of the survey has been access road to the campsite with its adjacent terrain along the Olšovec pond. The final outcome is a map created with use of a tachymetry method in a scale of 1:500 and in the 3rd class of accuracy. The resulting map is subject to the standards ČSN 01 3410 and ČSN 01 3411. This thesis begins with theoretical knowledge of maps as a general term and continuously leads to practical knowledge leading to final map creation.

## **Keywords**

Jedovnice, Olšovec pond, tachymetry, purpose map, contour line, polar method

## **Bibliografická citace VŠKP**

Věra Pšikalová Zaměření polohopisu a výškopisu lokality v Jedovnicích. Brno, 2018. 46 s., 3 přílohy, Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Michal Kuruc, Ph.D.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 20. 5. 2018



---

Věra Pšikalová  
autor práce

## **Poděkování**

Ze všeho nejdříve bych prostřednictvím této práce ráda poděkovala svému vedoucímu Ing. Michalu Kurucovi Ph.D. za jeho kvalitní a shovívavý přístup, rady a odbornou pomoc při vypracovávání a tím i celému akademickému sboru za získané znalosti v oboru. Dále nemohu nepoděkovat paní správce autokempu Olšovec, která mi několikrát poskytla střechu nad hlavou během měření a v neposlední řadě patří velký dík mým skvělým rodičům nejen za finanční podporu při studiu a mým spolužákům geodetům, kteří se mnou měřili.

# OBSAH

Úvod.....	10
1 Lokalita .....	11
1.1 Jedovnické rybníky.....	12
2 Mapa .....	13
2.1 Historie pojmu.....	13
2.2 Mapa a její definice .....	13
2.3 Druhy map a jejich rozdělení .....	14
3 Účelová mapa .....	16
3.1 Rozdělení účelových map .....	16
3.2 Polohopis.....	16
3.2.1 Souřadnicový a výškový systém.....	16
3.2.2 Geodetické základy.....	17
3.2.3 Číslování bodů bodového pole .....	18
3.3 Výškopis .....	18
3.3.1 Kótování .....	19
3.3.2 Vrstevnice.....	19
3.3.3 Technické šrafy.....	20
3.4 Popis .....	20
4 Přípravné práce .....	21
4.1 Využitelnost bodového pole.....	21
4.2 Budování měřické sítě .....	21
4.3 Použité měřické přístroje .....	22
4.3.1 Totální stanice Topcon GPT 3003 N .....	22
4.3.2 GNSS přijímač Leica GS09.....	23
5 Měřický náčrt .....	25
5.1 Dělení měřických náčrtů .....	25
5.2 Adjustace měřických náčrtů.....	25
5.3 Obsah měřických náčrtů .....	25
6 Měřické metody.....	27
6.1 Tachymetrie.....	27
6.1.1 Postup výpočtu tachymetrického měření .....	27



6.2	Rajón.....	28
6.2.1	Postup výpočtu rajónu.....	28
6.2.2	Kritéria při měření rajónu.....	29
6.3	Polygonový pořad.....	29
6.3.1	Polygonový pořad oboustranně připojený a orientovaný.....	29
6.3.2	Postup výpočtu polygonového pořadu.....	30
6.3.3	Kritéria přesnosti při měření polygonového pořadu.....	31
6.4	Polární metoda.....	32
6.4.1	Polární metoda s pevným stanovištěm.....	32
6.4.2	Polární metoda s volným stanovištěm.....	32
6.5	Technologie GNSS.....	32
6.5.1	Metoda RTK.....	32
6.6	Doplňující měřické metody.....	33
6.6.1	Ortogonální metoda.....	33
6.6.2	Metoda konstrukčních oměrných.....	33
7	Podrobné a kontrolní měření.....	34
7.1	Podrobné měření.....	34
7.2	Kontrolní měření.....	34
8	Zpracování dat.....	35
8.1	Výpočet pomocné měřické sítě a podrobných bodů.....	35
8.2	Testování přesnosti.....	37
8.2.1	Testování přesnosti výšek dle normy ČSN 01 3410.....	37
9	Tvorba mapy.....	39
	Závěr.....	40
	Seznam použité literatury:.....	41
	Seznam použitých zkratk.....	43
	Seznam obrázků.....	44
	Seznam tabulek.....	45
	Seznam příloh.....	46

# Úvod

Cílem mé bakalářské práce bylo zaměření polohopisu a výškopisu lokality v Jedovnicích. V přeneseném významu se jednalo o vypracování účelové mapy tachymetrickou metodou v měříku 1:500. Polohopis mapy je vztažen ke geodetickému referenčnímu systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) a výškopis pak k systému baltskému po vyrovnání (Bpv). Mapa byla vyhotovena ve 3. třídě přesnosti dle ČSN 01 3410 „*Mapy velkých měřítek – Základní a účelové mapy*“, přičemž kresba mapy byla vyhotovena v souladu s *normou* ČSN 01 3411 „*Mapy velkých měřítek – Kreslení a značky*.“

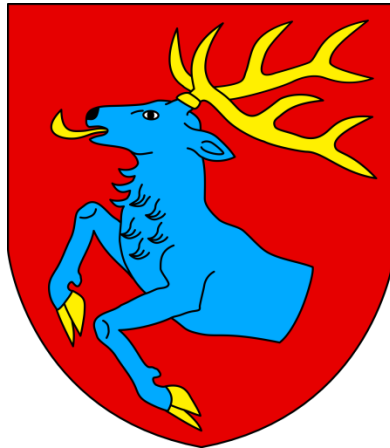
Předmětem měření byla příjezdová komunikace s přilehlým terénem, vedoucí souběžně podél rybníka Olšovec, od pohostinství U Hastrmana až k nedaleké restauraci Partyzánka, jenž sousedí s autokempem Olšovec. V této oblasti se mimo jiné každoročně koná výuka v terénu oboru geodézie a kartografie fakulty stavební VUT v Brně.

K podrobnému měření byla vybudována měřická síť, tvořena polygonovým pořadem s rajony, společně připojeny do závazného souřadnicového a výškového systému prostřednictvím technologie GNSS.

# 1 Lokalita

Městys Jedovnice, rozkládající se 25 km severně od jihomoravské metropole Brna tvoří vstupní bránu do Moravského krasu. Vzhledem k zeměpisné poloze a neobyčejné štědrosti přírody jsou Jedovnice významným střediskem rekreace, turistiky a vodních sportů rybníka Olšovec.

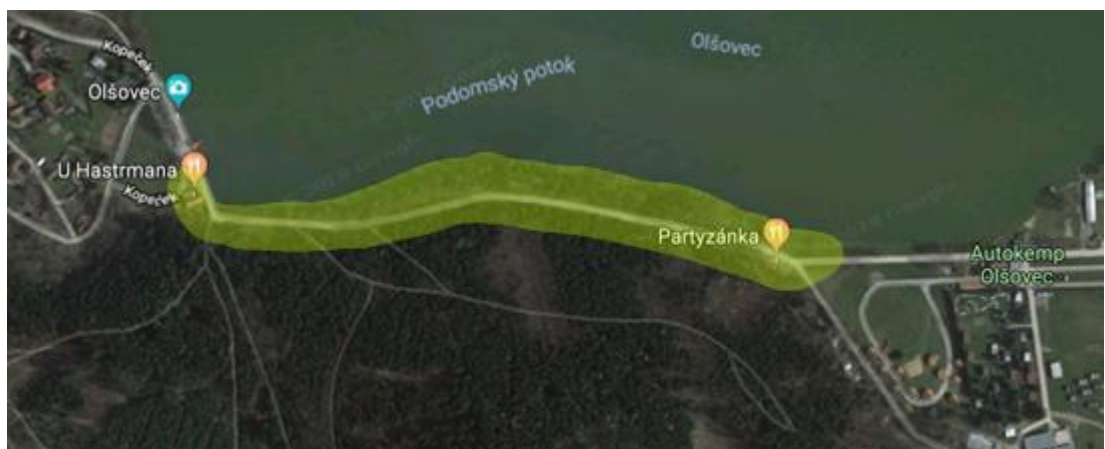
[2]



*Obrázek 1.1: Znak modrého jelena v červeném poli jako symbol Jedovnic. [1]*

Lokalita měření a tvorby účelové mapy se rozkládá podél jižního břehu rybníka Olšovec s přilehlým terénem a asfaltovou komunikací, započatou u místního pohostinství U Hastrmana, končící v bezprostřední blízkosti rekreačního střediska autokempu Olšovec u restaurace Partyzánka. Místní krajina není známá jen rekreačními aktivitami, které se v letních měsících nabízejí, nýbrž také krásou Moravského krasu, podepisující se na přírodním úkazu zvaném Rudické propadání nebo také Propadání Jedovnického potoka nacházejícího se nedaleko lokality.

[3]



*Obrázek 1.2: Ortofoto snímek měřené lokality. [4]*

## 1.1 Jedovnické rybníky

Nejstarší zmínka o rybnících pochází z roku 1371 v souvislosti budkovanskými rybníky z obce Budkovany v blízkosti Jedovnic. Rybníky s názvy Tunklovský, Dymák a Floriánek sloužily zejména k pohonu mlýna a hutí, jako laciný zdroj energie. První doložená zpráva o rybníku Olšovec pochází až z počátku 20. století, kdy se prováděl výlov ryb, zachovávající si svou tradici až do dnešních let. Rybník od roku 1931 náleží obci Jedovnice a v roce 1967 byl prohlášen rybníkem rekreačním.

[5]



*Obrázek 1.3: Letecký pohled na rybník Olšovec a část obce Jedovnice. [6]*

## 2 Mapa

Ačkoliv dnes není na mapy kladeno takového důrazu, jsou nedílnou součástí moderního světa. Z tohoto důvodu se tato část zaměřuje na historii a definici pojmu, druhy a rozdělení map podle různých dílčích aspektů vzniklých za různými účely.

### 2.1 Historie pojmu

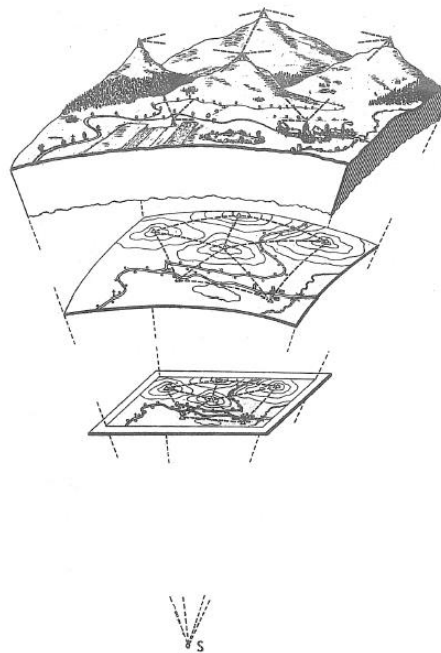
Označení pojmu „mapa (mappa)“ je nejspíše punského původu a představoval pravděpodobně pokreslenou tkaninu, šátek, ubrousek nebo plátěnou roušku. První písemná zmínka ve smyslu kartografického znázornění se objevuje v 9. století v knihovně kláštera St. Gallen ve Švýcarsku, kde se vyskytuje jako „*mappa mundi*“ neboli mapa světa. V českém jazyce se pojem mapa ve významu kartografického díla začal používat od 16. století.

[7]

### 2.2 Mapa a její definice

*„Mapa je zmenšený generalizovaný konvenční obraz Země, kosmu, kosmických těles nebo jejich částí, převedený do roviny pomocí matematicky definovaných vztahů (kartografickým zobrazením), ukazující v závislosti na daném účelu polohu, stav a vztahy přírodních, sociálně-ekonomických a technických objektů a jevů, které jsou vizuálně vyjádřeny znakovým systémem.“*

[8]



Obrázek 2.1: Gnómičké znázorňování terénu do roviny (ze středu). [8]

## 2.3 Druhy map a jejich rozdělení

V kartografii lze mapy třídit podle několika různých hledisek, soustředící se na jeden hlavní aspekt, a to:

- Podle způsobu vzniku
  - Mapy původní
  - Mapy odvozené
  - Mapy částečně odvozené

Původní (originální) mapy vznikají přímým měřením nebo fotogrammetrickým vyhodnocením, a to ze snímků družic nebo letadel. Příkladem původních map může být mapa stabilního katastru, SMH-5, THM, ZMVM a mnoho dalších. Mapy odvozené vznikají odvozením od map původních a mapy částečně odvozené vznikají vzájemnou kombinací přímého měření s použitím podkladů již hotových původních map.

- Podle měřítka mapy
  - Mapy malého měřítka
  - Mapy středního měřítka
  - Mapy velkého měřítka

Měřítka je nedílnou součástí kartografického díla a udává poměr zmenšení proti skutečné vzdálenosti.

Mapy malého měřítka mají měřítkové číslo větší než 200 000, dochází tedy k větší generalizaci předmětů a většinou se jedná se o přehledové mapy. Mapy středních měřítek mají měřítkové číslo v rozmezí 200 000 – 10 000 a jedná se zejména o topografické mapy pro vojenské účely. Mapy velkého měřítka mají měřítkové číslo menší než 5 000 a jedná se například o mapy stabilního katastru (1:2880), ZMVM 1:5000 a mnoho ostatních map.

- Podle kartografických vlastností
  - Mapy ekvidistantní – délky se nezkracují v předem definovaném směru.
  - Mapy ekvivalentní – nezkracují se plochy.
  - Mapy konformní – nezkracují se úhly.
  - Mapy vyrovnávací – hodnoty úhlového, délkového a plošného zkreslení jsou minimalizovány.
  - Mapové transparenty – vznikají za účelem promítání, označovány jako diapozitivní mapy nebo diamapy.
- Podle formy záznamu
  - Mapy analogové – v tištěné nebo rukopisné kreslené obrazové formě.

- Mapy obrazové – z upravených družicových, či leteckých snímků
- Mapy digitální, elektronické – prvky map jsou v podobě dat uloženy v paměti počítače. Data jsou následně prostřednictvím grafických programů zpracovány do analogové formy.
- Podle obsahu mapy
  - Mapy polohopisné
  - Mapy výškopisné

Mapy, obsahující pouze polohopis zobrazují horizontální uspořádání bodů na Zemi bez výškových údajů. Příkladem jsou katastrální mapy nebo mapy stabilního katastru, vznikající v počátcích 19. století. Výškopisné mapy obsahují mimo polohopisu a popisu i výškopis. Jsou jimi topografické mapy, THM nebo ZMVM, doplněné o výškopis. Takovým speciálním případem jsou pouze výškopisné mapy tvořené plastovou fólií s vrstevnicemi a body výškového pole, jež se přikládaly na již vytvořené mapy bez výškopisu.

- Mapy základní
- Mapy účelové

Oba výše uvedené druhy map spadají do kategorie map tematických, pro které je charakteristické střední (základní mapy) a větší (účelové mapy) měřítko. Zobrazení prostoru, objektů a technologických zařízení je typické pro mapy základní. Jsou to základní mapy tunelů, dálnic, závodů, letišť a jiné. Mapy účelové se tvoří pro užší záměr mapové tvorby a obsahují navíc i další předměty měření než mapy základní.

- Podle počtu mapových listů
  - Mapový soubor – je vytvářen dle jednotné koncepce, pokrývající informace o celém zájmovém území tehdy, nelze-li celé území zobrazit na jednom mapovém listu.
  - Mapový atlas – je systematicky členěný soubor map s informacemi o určitém, souvislém území nebo soubor se stejnými informacemi z různých území se stejným účelem, měřítkem a tematikou, tvořící jednotné kartografické dílo.
  - Mapové dílo – je například kartografické dílo (atlas), které skýtá jak obrazovou, tak textovou část s rejstříkem na konci. Je to například soubor mapových listů, souvisle pokrývající celé území, zobrazené ve stejném měřítku, se stejným kartografickým zobrazením, znakovým klíčem a totožnou velikostí mapových listů.

[8][9]

## 3 Účelová mapa

*„Je tematická mapa velkého měřítka, obsahující kromě prvků základní mapy další předměty šetření a měření, stanovené pro daný účel.“* Je nejčastěji vytvářena přímým měřením, může však být i přepracována na podkladě již zhotovených map.

[10]

Obsahem každé účelové mapy je polohopis, výškopis a popis.

### 3.1 Rozdělení účelových map

- Základní – např. Technická mapa města, Základní mapa závodu
- Podzemních prostor, s výjimkou důlních map – jeskyně, podzemní chodby
- Ostatní – mapy určené pro projektové a provozní účely

[11]

### 3.2 Polohopis

*„Polohopis je grafické znázornění předmětů měření zemského povrchu vyjadřující jejich polohu, tvar a rozměr bez závislosti na terénním reliéfu. Je to soubor zobrazených bodů, čar a mapových značek na mapě.“*

[12]

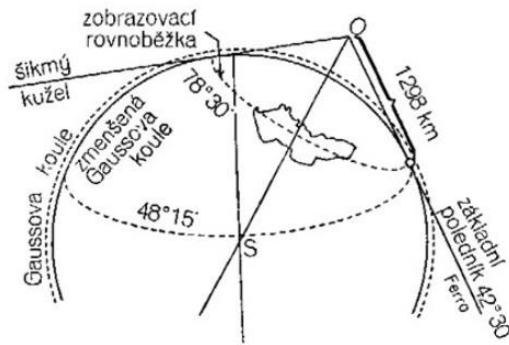
Co se obsahu týče, tvoří jej nejčastěji vodstvo, pozemní komunikace, hranice, sídla, technické objekty (přehrady, mosty), lesy, trvalé kultury apod.

#### 3.2.1 Souřadnicový a výškový systém

Závazným souřadnicovým referenčním systémem na území České republiky je systém jednotné trigonometrické sítě katastrální neboli **S-JTSK**. Je definován v rovině Křovákova dvojitého konformního kuželového zobrazení v obecné poloze se souřadnicovým počátkem na vrcholu kužele. Pravoúhlá souřadnicová síť je definována dvěma osami  $X$  a  $Y$ , přičemž kladná osa  $X$  směřuje k jihu a tvoří obraz základního poledníku, natočeného  $42^{\circ}30'$  východně od nultého poledníku Ferra. Kladná osa  $Y$  směřuje na západ.

[13]





Obrázek 3.1: Schematické znázornění Křovákova zobrazení. [14]

Výškový systém je reprezentován systémem baltským po vyrovnání – **Bpv**. Výšky jsou vztaženy ke střední hladině Baltského moře, určené mareografem (vodočtem) v Kronštadu. Využívá aplikaci normálních, Moloděnského výšek.

[15]

### 3.2.2 Geodetické základy

Pro zaměření a určení polohy podrobných bodů a jednotlivých předmětů mapování je nutné v lokalitě měření vybudovat síť trvale stabilizovaných (geodetických) bodů. U těchto bodů se určují jejich rovinné pravoúhlé souřadnice v závazném souřadnicovém systému a tvoří tak geodetické základy zvané bodové pole.

- Geodetické polohové sítě
  - Česká trigonometrická síť
  - Česká astronomicko-geodetická síť
  - Místní síť
- Polohové bodové pole
  - Základní polohové bodové pole (**ZPBP**)
    - je tvořeno referenční sítí nultého řádu
    - body Astronomicko-geodetické sítě
    - body České státní trigonometrické sítě
    - body geodynamické sítě
  - Zhušťovací body (**ZhB**)
  - Podrobné polohové bodové pole (**PPBP**)

[12][16]

I přesto, že s nárůstem moderních technologií jako jsou globální navigační satelitní systémy, bodů bodového pole pomalu ubývá, jsou i nadále nepostradatelnou součástí geodetických základů. Pro potřeby mapování zejména v zalesněných, či porostem nepřístupných místech lze využít tvorbu pomocné měřické sítě, v terénu dočasně stabilizované například dřevěnými kolíky, nebo nastřelovacími hřeby. Tato síť

může být vytvořena pomocí polygonového pořadu, rajonu, či polární metody s napojením právě na bodové pole.

### 3.2.3 Číslování bodů bodového pole

Veškerá čísla bodů, která jsou použita pro tvorbu mapy, se skládají z patnácti čísel, z nichž má každé své opodstatnění. Čísly se podle druhu bodového pole. U pomocných a podrobných měřických bodů vyznačuje prvních šest číslic příslušnost k danému katastrálnímu území (k. ú. Jedovnice 658154). Zbývajících devět číslic tvoří úplné číslo bodu, z nichž prvních pět je záznam podrobného měření změn (měřického náčrtu) a poslední čtyři jsou vlastním číslem bodu.

Tabulka 3.1: Číslování bodů bodového pole.

Bod	celé číslo	Číslování bodu
ZPBP	0000009EEEECCC0	001-199
ZhB		201-499
Přidružené body k ZPBP nebo ZhB	0000009EEEECCCX	001-199
		201-499
PPBP	KKKKKK00000CCCC	501-3999
PPBP – dočasně stabilizovaný		4001-9999
Pomocné měřické body	KKKKKKZZZZZCCCC	4001-9999
Podrobné body		0001-3999

- EEEE – Číslo triangulačního listu
- KKKKKK – Číslo katastrálního území
- ZZZZZ – Číslo měřického náčrtu
- X – Číslo přidružení

### 3.3 Výškopis

Abychom mohli interpretovat výškopis, je nejprve nutné vysvětlit rozdíl mezi terénem a terénním reliéfem.

- Terén je jakákoliv část zemského povrchu se všemi nerovnostmi, vytvořená přírodními silami či uměle, se všemi objekty a jevy, které se na zemském povrchu nacházejí. Je dále tvořen terénním reliéfem a terénními předměty.
- Terénní reliéf je zemský povrch vytvořený uměle nebo přírodními silami bez objektů a jevů na zemském povrchu.

Výškopis je obraz terénního reliéfu na mapě. Je to soubor vrstevnic, výškových bodů s jejich výškovými kótami, výškopisných značek, popřípadě další prostorově působící způsob znázornění reliéfu, např. stínováním terénu nebo šrafováním.

Před započítím měření výškopisu je zapotřebí posoudit charakter lokality a zvolit optimální počet bodů s ohledem na členitost terénu a výsledné měřítko mapy. V místech monotónního spádu volíme podrobné body ve čtvercové síti o straně dva až tři centimetry v měřítku mapy.

[10][17]

### 3.3.1 Kótování

Při podrobném mapování je každý bod interpretován výškovou kótou a poskytuje nám tím přesnou a rychlou informaci o výšce. Z technického hlediska se jedná o vyjádření relativních a absolutních výšek. Relativní výška je výškový rozdíl dvou bodů (svislá vzdálenost mezi dvěma body). Pro absolutní výšku platí, že to je svislá vzdálenost mezi zvolenou nulovou hladinovou plochou a skutečným horizontem bodu. Nevýhodou kótování je skutečnost, že hodnoty výškových kót nám nevytvoří přímou představu o reliéfu terénu.

[18]

### 3.3.2 Vrstevnice

Další možnou a nejužívanější metodou interpretace výškopisu je zobrazení pomocí vrstevnic. Vrstevnice jsou obecné čáry spojující na topografické ploše body o totožné nadmořské výšce a jsou to obrazy průniků topografické plochy se soustavou ploch hladinových (vodorovných ploch) vedených v určitých výškových intervalech. Dohromady s výškovými kótami vytváří geometricky nejpřesnější vyjádření terénního reliéfu v rovinném kartografickém díle. Jsou geometrickým základem projekčních prací, jako je výpočet kubatur nebo profilování. Vrstevnice, procházející nad určenou nulovou plochou nazýváme izohypsy a pod určenou plochou izobaty (hloubnice). Prochází-li v obecné výšce, jedná se o horizontály. Horizontální vzdáleností mezi sousedními vrstevnicemi určujeme rozestup vrstevnic. Kvalita výškopisu je závislá i na zvoleném intervalu vrstevnic  $i$ , který udává vertikální vzdálenost dvou vrstevnic a je závislý na měřítku výsledné mapy  $m$  podle vzorce  $i = \frac{m}{5000}$ .

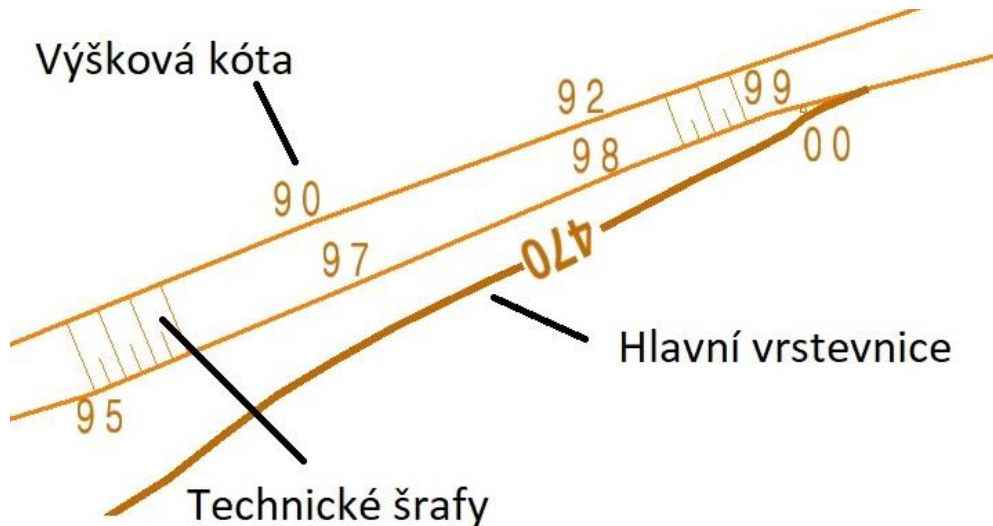
- **Vrstevnice základní** – hnědá plná souvislá čára v intervalu  $1 - 0,20m$ .
- **Vrstevnice hlavní (zdůrazněná)** – hnědá plná souvislá čára v pětinasobném intervalu vrstevnice základní.
- **Vrstevnice doplňkové** – hnědá splná čára, hnědé barvy použita zejména v rovinatých oblastech.
- **Vrstevnice pomocné** – hnědá čárkovaná čára, jedná se o nekótované horizontály.

[17][18]

### 3.3.3 Technické šrafy

U úzkých a protáhlých přírodních nebo uměle vybudovaných terénních útvarů s hranou, charakterizovanou zářezy, či terasami a na mapách velkých a středních měřítek, kde nelze výškopis zakreslit jinou metodou z výše uvedených, se využívá technických šraf. Jsou graficky znázorněny tak, aby se pravidelně střídala delší a krátká čára, z nichž všechny vychází od výše položené hrany. Šrafy se zakreslují hnědě pro přírodní útvary nebo černě pro útvary vytvořené lidskou činností.

[18]



Obrázek 3.2: Grafická ukázka různých metod interpretace výškopisu z účelové mapy.

### 3.4 Popis

Popis mapy obsahuje soubor všech geografických názvů, zkratk, alfanumerických údajů a slovních doplňků v mapových polích a mezi-rámových prostorech map.

## 4 Přípravné práce

### 4.1 Využitelnost bodového pole

Před každým měřením je nutná podrobnější rekognoskace terénu, vedoucí ke zjištění rozsahu lokality a následné maximální využitelnosti a možnosti připojení k existujícím bodovému poli lokality. Rozložení a geodetické údaje o bodech bodového pole byly vyhledány na internetovém portálu [www.geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec](http://www.geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec). Získané údaje o bodech byly následně dohledány v terénu a jejich stav byl porovnán se skutečností a sepsán do tabulky 4.1. Většina bodů však nebyla nalezena, a to zejména díky stavebním činnostem, které zde od data jejich vzniku probíhaly.

Tabulka 4.1: Porovnání stavu bodového pole se skutečností.

č.b.	Způsob stabilizace	aktuální stav
000000934202020	střed makovice	využit
658154000000630	kámen s křížkem	nenalezen
658154000000631	kámen z plastu	nenalezen
658154000000635	kámen s křížkem	nenalezen
658154000000636	kámen s křížkem	nenalezen
658154000000706	kámen z plastu	nenalezen
658154000000829	kámen z plastu	využit
658154000014010	kámen z plastu	využit



Obrázek 4.1: Přehledka některých bodů bodového pole [zdroj: geoportal.cuzk.cz]

### 4.2 Budování měřické sítě

Budování měřické sítě úzce souvisí s rozložením a využitelností bodového pole. Měřické práce byly započaty na konci srpna roku 2016 a postupně probíhaly v průběhu

celého roku. Vzhledem k náročnému, kopcovitému terénu lokality a vzešlému porostu byl celou lokalitou veden oboustranně orientovaný a oboustranně připojený polygonový pořad s připojením na body bodového pole a pomocné měřické body určené technologií GNSS, jimiž jsou body 658154000014001-658154000014005 a bod 658154000014024. Měření na těchto pomocných měřických bodech bylo provedeno dvakrát, a to s odstupem minimálně jedné hodiny od prvního měření. Interval záznamu měření na bodě trval 20s. Všechny pomocné body, určené technologií GNSS byly v terénu stabilizovány nastřelovacím hřebem a byly k nim vyhotoveny geodetické údaje, obsažené v příloze 3.3.2 GÚ. V místech, odkud ani z polygonového pořadu nebylo možné dostatečně vidět okolní terén, byla vytvořena síť rajonů, které byly stabilizovány převážně dřevěnými kolíky.



*Obrázek 4.2: Ukázka dočasné stabilizace nastřelovacím hřebem.*

### **4.3 Použité měřické přístroje**

Veškeré použité přístroje a pomůcky kromě aparatury GNSS, potřebné k měření byly zapůjčeny na Ústavu geodézie Fakulty stavební VUT v Brně.

#### **4.3.1 Totální stanice Topcon GPT 3003 N**

Totální stanice Topcon GPT 3003 N byla využita při zaměření pomocné měřické sítě, při měření podrobných bodů polohopisu a ověřování přesnosti polohy bodů kontrolními profily.

*Tabulka 4.2: Technické parametry přístroje*

Topcon GPT 3003N - Technické parametry	
zvětšení	30X
min. zaostření	1m
přesnost měření úhlů	3"
přesnost měření délek	$[3 + 2ppm \times Dkm]mm$
max. dosah měřené délky	3000m



*Obrázek 4.3: Totální stanice Topcon GPT 3003 N. [19]*

#### 4.3.2 GNSS přijímač Leica GS09

GNSS přijímač Leica GS09 spolu s kontrolerem CS09 byl zapůjčen od geodetické firmy GEFOS a.s. ze střediska Zlín a byl použit pro zaměření pomocných měřických bodů 658154000014001-658154000014005, 658154000014024, použitých při tvorbě pomocné měřické sítě a bodů 658154000014035-658154000014039, potřebných k nezávislé kontrole testování přesnosti kontrolními profily.

*Tabulka 4.3: Technické parametry přístroje Leica GS09*

Leica GS09	
horizontální přesnost metody RTK	$[10 + 1ppm]mm$
vertikální přesnost metody RTK	$[20 + 1ppm]mm$
podporované systémy	GPS, GLONASS



*Obrázek 4.4: GNSS aparatura Leica GS09. [20]*



## 5 Měřický náčrt

Aby mohla být vytvořena grafická podoba účelové mapy, je nezbytné si vhodným způsobem zaznamenávat již naměřený stav podrobného měření a šetření. Při měření bylo využito klasické metody záznamu, a to měřických náčrtů, vyhotovovaných přímo v terénu na papír, které byly posléze adjustovány a doplněny o potřebné informace.

### 5.1 Dělení měřických náčrtů

- Podle ohraničení
  - **Blokový náčrt** – vyhotovuje se na území ohraničeném liniovými objekty v přírodě, např. komunikacemi, vodními toky.
  - **Rámový náčrt** – náčrt je ohraničený vnitřními rámovými čarami mapového listu nebo rovnoběžkami s nimi.
- Podle obsahu
  - **Polohopisný náčrt** – obsahuje pouze údaje o polohovém zaměření podrobných bodů.
  - **Výškopisný náčrt** – s údaji o výškovém zaměření podrobných bodů a také údajích o průběhu terénního reliéfu.

### 5.2 Adjustace měřických náčrtů

Aby byl náčrt kompletní, musí být posléze adjustován. To znamená doplnění některých chybějících údajů. Jedná se například o doplnění mapových značek, doplnění popisu, čísel sousedních náčrtů, měřítka a konkrétního čísla vyhotovovaného měřického náčrtu.

### 5.3 Obsah měřických náčrtů

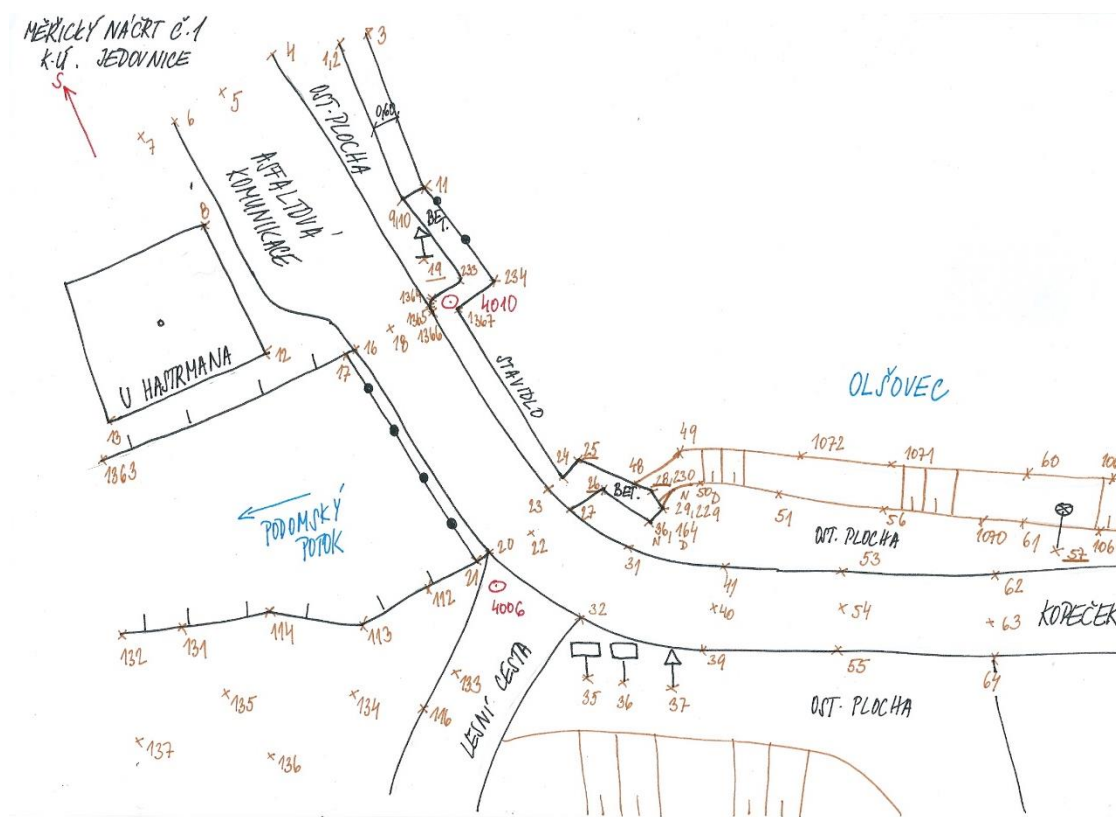
Protože byly během měření zaznamenávány podrobné body i s výškovými údaji, je konečným produktem výškopisný měřický náčrt, obsahující body bodových polí a pomocné měřické sítě, podrobné body, terénní stupně (šrafy) a popis. Zaznamenány byly i budovy a jejich popisné údaje, vchody do objektů, rozhraní vozovky, chodníků a ostatní rozhraní, břeh a hladina vody, druhy pozemků, šířky podezdívek a další prvky.

- **Hnědou barvou**
  - Podrobné body ležatými křížky, určené tachymetrií s číslem bodu.
  - Příčné profily určené tachymetrií.
  - Hrany terénních stupňů a technické šrafy určené tachymetrií.
  - Relativní výškové kóty, výšky bodů bodových polí a pomocných měřických bodů.

- **Modrou barvou**
  - Podrobné body ležatými křížky, určené plošnou nivelací.
  - Příčné profily určené plošnou nivelací.
  - Hrany terénních stupňů a technické šrafy určené nivelací.
  - Vodní toky.
- **Červenou barvou**
  - Střídavou čarou polygonové pořady.
  - Čárkovaně rajony a měřické přímky.
  - Tečkovaně orientační směry.
  - Pomocné měřické body s čísly.
  - Body bodových polí.
  - Orientace k severu.
- **Černou barvou**
  - Kontrolní oměrné míry a rozměry předmětů.
  - Polohopisnou kresbu.
  - Číslo popisná.

Opakované určení podrobného bodu se v náčrtu zaznačí podtržením čísla podrobného bodu.

[21]



Obrázek 5.1: Ukázka tvorby měřického náčrtu.

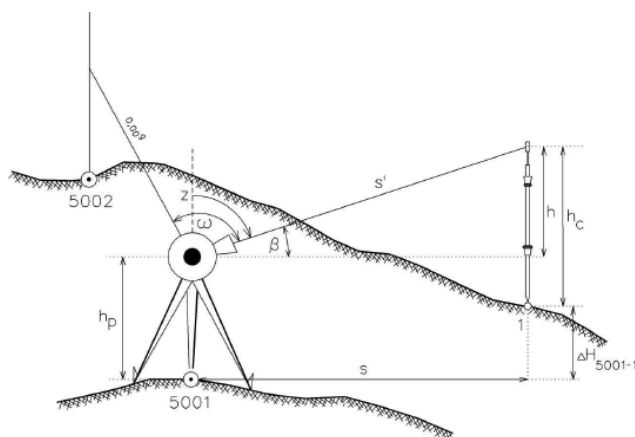
## 6 Měřické metody

Veškerá měřená data potřebná k vyhotovení mapy byla získána geodetickým měřením, mezi které patří metoda tachymetrie a GNSS, oboustranně orientovaného a oboustranně připojeného polygonového pořadu, rajonu a dalších doplňkových metod jako je metoda ortogonální nebo metoda konstrukčně oměrných.

### 6.1 Tachymetrie

Tachymetrie je metoda měření, pomocí níž se určuje poloha a výška bodu současně. Poloha a výška jednotlivých bodů se získává měřením polárních souřadnic, a to díky měřenému vodorovnému úhlu, svislému úhlu a délce mezi stanoviskem a určovaným bodem. Převýšení mezi stanoviskem a určovaným bodem se počítá trigonometricky z měřené šikmé délky a zenitového úhlu. V dnešní době se tachymetrie měří především elektronickými dálkoměry.

[22]



Obrázek 6.1: Princip Tachymetrie. [23]

#### 6.1.1 Postup výpočtu tachymetrického měření

Vztah pro výpočet výšky bodu z trigonometrie:

$$H_1 = H_{5001} + h_p + s \cdot \operatorname{tg} \beta - h_c$$

- $H_1$  – výška určovaného bodu.
- $H_{5001}$  – výška stanoviska.
- $h_p$  – výška přístroje.
- $h_c$  – výška cíle

Vztah pro výpočet souřadnic určovaného bodu:

$$Y_1 = Y_{5001} + s \cdot \sin \alpha_{5001,1}$$

$$X = X_{5001} + s \cdot \cos \alpha_{5001,1}$$

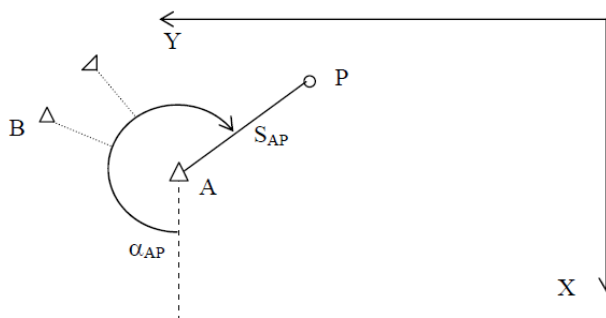
- $Y_1, X_1$  jsou souřadnice určovaného bodu.

- $Y_{5001}, X_{5001}$  jsou souřadnice stanoviště.
- $\alpha_{5001,1}$  je směrnik vypočítaný z orientačního směrniku a rozdílu směrů na orientační a určovaný bod.

[23]

## 6.2 Rajón

Termín rajón označuje orientovanou a délkově zaměřenou spojnicí mezi daným bodem (A) a určovaným bodem (P).



Obrázek 6.2: Rajón. [24]

Jsou dány souřadnice bodů  $A(X_A, Y_A)$  a některé další body o známých souřadnicích např.  $B(X_B, Y_B)$ . Měřenými veličinami je délka spojnice daného a určovaného bodu  $S_{AP}$  a úhel  $\omega$ , který je rozdílem směru na určovaný bod  $P$  a směru na daný bod  $B$ .

### 6.2.1 Postup výpočtu rajónu

Nejprve je nutné spočítat směrnik  $\alpha_{AP}$ :

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} + \omega$$

Poté spočítáme souřadnicové rozdíly:

$$\Delta X_P = S_{AP} \cdot \cos \alpha_{AP}$$

$$\Delta Y_P = S_{AP} \cdot \sin \alpha_{AP}$$

Nakonec vypočteme souřadnice bodu  $P$ :

$$X_P = X_A + \Delta X_P$$

$$Y_P = Y_A + \Delta Y_P$$

[24]

### 6.2.2 Kritéria při měření rajónu

- Délka rajónu nesmí přesáhnout 1000 m.
- Může být max. o 1/3 větší než délka měřické přímky.
- Nesmí být větší než délka k nejbližší orientaci.
- Maximální možná délka maximálně třech na sebe navazujících rajónů je 250 m.

[25]

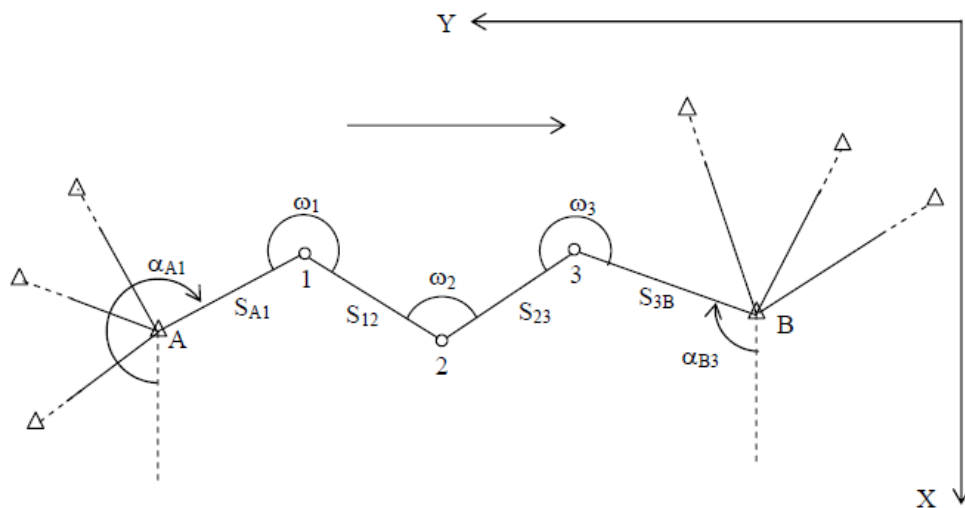
### 6.3 Polygonový pořad

Polygonový pořad je definován jako průmět prostorové lomené čáry do roviny. Jeho vrcholy jsou polygonovými body. Spojnice polygonových bodů se nazývají polygonové strany. K určení polohy polygonových bodů se měří na polygonových bodech osnovy směrů, z nichž se určí vrcholové úhly. Délky stran se měří obousměrně tam a zpět. Orientace pořadů se děje směrovým připojením z koncových bodů pořadů na body ZBPP, ZhB nebo body PBPP. V rámci této práce bylo zvoleno připojení na pomocné měřické body určené GNSS. Z naměřených osnov směrů se na koncových bodech vypočítají orientované směrníky.

[24]

#### 6.3.1 Polygonový pořad oboustranně připojený a orientovaný

U tohoto typu pořadu jsou měřeny tři nadbytečné veličiny uvnitř pořadu, a to jedna délka a dva vrcholové úhly a další veličiny při orientacích na dva a více orientační směry. Při výpočtu tedy dochází k úhlovému a souřadnicovému vyrovnání.



Obrázek 6.3: Polygonový pořad oboustranně připojený a oboustranně orientovaný [24]

### 6.3.2 Postup výpočtu polygonového pořadu

Ze souřadnic daných bodů a osnov měřených směrů na počátečním a koncovém bodě se vypočtou orientované směrníky  $\alpha_{A1}$  a  $\alpha_{B3}$ .

Z naměřených směrů při vrcholech polygonového pořadu se vypočtou úhly  $\omega'_i$ :

$$\omega'_i = \Psi_{i,i+1} - \Psi_{i,i-1}$$

Z orientovaných směrů  $\alpha_{A1}$  a  $\alpha_{B3}$  a vrcholových úhlů  $\omega'_i$  se vypočte úhlový uzávěr  $O_\omega$ :

$$O_\omega = \alpha_{B3} - \alpha'_{B3}$$

Kde  $\alpha'_{B3} = \alpha_{A1} + \sum_{i=1}^n \omega'_i - i2R$ , a kde  $i2R$  značí počet odečtených  $2R$  při výpočtu jednotlivých směrníků.

Vypočtený úhlový uzávěr  $O_\omega$  se porovná s dovolenou odchylkou  $\Delta\omega$  a musí být splněna podmínka  $|O_\omega| \leq \Delta\omega$ .

Hodnota  $O_\omega$  se rovnoměrně rozdělí na vrcholové úhly  $\omega'_i$  a na orientované směrníky  $\alpha_{A1}$  a  $\alpha_{B3}$ :

$$v_{\omega i} = \frac{O_\omega}{n} \rightarrow \omega_i = \omega'_i + v_\omega$$

$$\alpha'_{Ai} = \alpha_{A1} + v_\omega$$

$$\alpha'_{B3} = \alpha_{B3} + v_\omega$$

Kde  $n$  je počet bodů, na kterých bylo měřeno.

Vypočítají se vyrovnané směrníky:

$$\sigma_{A1} = \alpha'_{Ai} + v_{\omega i}$$

$$\sigma_{12} = \sigma'_{Ai} + \omega_1 - 2R$$

Následuje výpočet přibližných souřadnicových rozdílů  $\Delta X_{i,i+1}$ ,  $\Delta Y_{i,i+1}$  z vyrovnaných směrníků  $\sigma_{i,i+1}$  a délek stran  $S_{i,i+1}$ :

$$\begin{array}{l} \Delta X'_{A1} = S_{A1} \cdot \cos \sigma_{A1} \\ \vdots \\ \Delta X'_{3B} = S_{3B} \cdot \cos \sigma_{3B} \end{array} \quad ; \quad \begin{array}{l} \Delta Y'_{A1} = S_{A1} \cdot \sin \sigma_{A1} \\ \vdots \\ \Delta Y'_{3B} = S_{3B} \cdot \sin \sigma_{3B} \end{array}$$

$$\Delta X'_{AB} = \sum_1^4 S_{i,i+1} \cdot \cos \sigma_{i,i+1} ; \quad \Delta Y'_{AB} = \sum_1^4 S_{i,i+1} \cdot \sin \sigma_{i,i+1}$$

Obrázek 6.4: Výpočet přibližných souřadnicových rozdílů. [24]

Vypočtou se souřadnicové uzávěry  $O_X$  a  $O_Y$  ze souřadnicových rozdílů daných bodů  $\Delta X_{AB}$ ,  $\Delta Y_{AB}$  a ze souřadnicových rozdílů vypočtených z rovnic  $\Delta X'_{AB}$ ,  $\Delta Y'_{AB}$ .

$$O_X = \Delta X_{AB} - \Delta X'_{AB}$$

$$O_Y = \Delta Y_{AB} - \Delta Y'_{AB}$$

Vypočte se polohový uzávěr  $O_P$ :

$$O_P = \sqrt{O_X^2 + O_Y^2}$$

Přičemž  $|O_P| \leq \Delta p$ .

Kde  $\Delta p$  je mezní hodnota odchylky polohového uzávěru a její velikost závisí na požadované přesnosti.

Dále se vypočtou opravy  $v_{xi,i+1}$ ,  $v_{yi,i+1}$  a vyrovnané souřadnicové rozdíly  $\Delta X_{i,i+1}$ ,  $\Delta Y_{i,i+1}$ .

Souřadnicové rozdíly budou mít po opravách tvar:

$$\Delta X_{i,i+1} = \Delta X'_{i,i+1} + v_{xi,i+1}$$

$$\Delta Y_{i,i+1} = \Delta Y'_{i,i+1} + v_{yi,i+1}$$

Následuje výpočet vyrovnaných souřadnic určených bodů:

$$X_1 = X_A + \Delta X_{A1}; Y_1 = Y_A + \Delta Y_{A1}$$

$$X_2 = X_1 + \Delta X_{12}; Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{12}$$

$$X_3 = X_2 + \Delta X_{23}; Y_3 = Y_2 + \Delta Y_{23}$$

$$X_B = X_3 + \Delta X_{3B}; Y_B = Y_3 + \Delta Y_{3B}$$

### 6.3.3 Kritéria přesnosti při měření polygonového pořadu

Tabulka 6.1: Kritéria přesnosti polygonového pořadu.

Mezní délka strany [m]	Mezní délka pořadu [m]	Mezní odchylka uzávěru	
		úhlová [g]	polohová [m]
50 - 400	1500	0,0265	0,16

Mezní poměr délek sousedních stran v polygonovém pořadu je 1:3.

[24] [26]

## 6.4 Polární metoda

Při měření polární metodou se určuje poloha bodu pomocí polárních souřadnic a to měřením vodorovného úhlu mezi orientačním směrem a určovaným bodem a délkou mezi stanoviskem a určovaným bodem.

V praxi využíváme dva druhy polární metody, a to polární metodu s pevným stanoviskem a polární metodu se stanoviskem volným.

### 6.4.1 Polární metoda s pevným stanoviskem

U pevného stanoviska jsou souřadnice stanoviska již známy. Ze stanoviska se orientuje nejméně na dva body polohových polí nebo pomocné body, přičemž se nejméně na jeden z nich měří i délka. Vzdálenost stanoviska od určovaného podrobného bodu nesmí přesáhnout o jednu polovinu délku mezi stanoviskem a nejvzdálenějším orientačním bodem. Polární kolmice, která se používá tehdy, nejde-li na podrobný bod vidět, nesmí být delší než polovina délky od stanoviska k patě kolmice a nesmí přesáhnout délku 30 m.

### 6.4.2 Polární metoda s volným stanoviskem

Na rozdíl od pevného stanoviska souřadnice volného stanoviska známy nejsou a musí se vypočítat. Minimální počet orientací jsou dvě, přičemž je potřeba na ně změřit i nejméně dvě délky. Úhel mezi směry na dva dané body musí být v intervalu 30 – 170 gon. Vzdálenost stanoviska od určovaného podrobného bodu a délka polární kolmice je stejná jako u polární metody s pevným stanoviskem.

[25]

## 6.5 Technologie GNSS

GNSS neboli globální navigační satelitní systémy jsou charakterizované jako družicové navigační systémy, využívající měření času a pseudo-vzdálenosti, pracující na principu prostorového protínání z délek. Měřenou veličinou je doba šíření signálu z družicové antény k přijímači. Měřený čas je přepočítán díky znalosti rychlosti šíření signálu na vzdálenost. Mezi GNSS systémy patří americký GPS NAVSTAR, ruský systém GLONASS a evropský Galileo.

### 6.5.1 Metoda RTK

Pomocné body použité při měření, jež byly určeny technologií GNSS jsou zaměřeny metodou RTK (Real Time Kinematics) neboli kinematickou metodou v reálném čase. Tato metoda umožňuje určit polohu přímo při měření v terénu. Z tohoto důvodu vyžaduje dva přijímače, z nichž jeden je referenční (sít' permanentních referenčních stanic CZEPOS) a druhý se pohybuje (rover). Vše funguje na principu přenosu rádiových vln a datových služeb pro přenos korekcí mezi přijímačem a referenční stanicí. [27]



## **6.6 Doplnující měřické metody**

### **6.6.1 Ortogonální metoda**

Ortogonální metoda nebo také metoda pravoúhlých souřadnic se používá jako doplňující metoda k metodě polární, tj. k určení podrobných bodů, které nebylo možné nebo účelné určit polárně. Podrobné body se zaměřují pravoúhlými souřadnicemi (kolmicemi) k měřické přímce (staničení), připojené na body měřické sítě.

### **6.6.2 Metoda konstrukčních oměrných**

Tato metoda se využívá při určení rohů pravoúhlých výstupků do velikosti pěti metrů, přičemž maximální počet určovaných bodů je osm.

[28]

## **7 Podrobné a kontrolní měření**

### **7.1 Podrobné měření**

Podrobné body byly postupně zaměřovány totální stanicí z vybudované pomocné měřické sítě o celkovém počtu 1387 podrobných bodů, z nichž 1361 bylo vypočteno pomocí polární metody, 4 byly dopočteny ortogonální metodou a zbývajících 22 bodů pomocí metody konstrukčních oměrných. Při podrobném mapování byla využita i možnost volného polárního stanoviska s předepsanými kritérii. Podrobné body bylo nutné volit v závislosti na měřítku vyhotovované mapy, ale také v závislosti na průběhu terénního reliéfu. Pro měřítko 1:500 odpovídají rozestupy v mapě 2-3 cm v oblastech monotónního spádu, což v terénu představuje rozmezí 10-15 m. Veškeré měření bylo v průběhu zaznamenáváno do měřických náčrtů, jejichž předmětem byly polohopisné prvky jako obvody staveb, zábradlí a ploty, betonové zídky a opěrné zdi, osvětlení, vpusti, kanály, dopravní značky, popisné tabule, rozvodny inženýrských sítí, rozhraní kultur a cest. Mezi měřené výškopisné prvky patří hrany a paty svahů.

### **7.2 Kontrolní měření**

Kontrolní měření se používá pro ověření správnosti příslušné 3. třídy přesnosti a posuzuje se na nezávislém měření reprezentativního výběru podrobných bodů dle normy ČSN 01 3410. Kontrolní zaměření proběhlo dne 16. 3. 2018 a vzhledem k malému počtu jednoznačně identifikovatelných bodů, vhodně rozmístěných po lokalitě byla zvolena varianta zaměření 5 kontrolních profilů, v součtu obsahujících 101 podrobných bodů. Kontrolní profily byly rozvrženy tak, aby procházely kolmo k hlavní asfaltové komunikaci, proto se označují jako příčné kontrolní profily. Volba rozmístění podrobných bodů by měla v monotónních oblastech rovněž odpovídat rozestupu 2-3 cm v měřítku 1:500 výsledné mapy, ale také na rozhraní různých druhů povrchů a v místech změny sklonu terénu. Budování nezávislé měřické sítě pro kontrolní měření bylo řešeno technologií GNSS s dvakrát určenými pomocnými body 658154000014035–658154000014039.

## 8 Zpracování dat

Do této kapitoly byly zahrnuty veškeré kancelářské práce, které bylo nutné vykonat po dokončení měření. Jedná se o stažení naměřených dat z totální stanice a následný výpočet pomocné měřické sítě a podrobných bodů z ní měřených. Následoval výpočet sítě a podrobných bodů kontrolních profilů a posouzení přesnosti výšek kontrolních profilů s výškami určenými z mapy dle normy ČSN 01 3410. Konečnou formou byl grafický výstup všech vypočtených dat, což je vyhotovení účelové mapy v měřítku 1:500 a kontrolních profilů se všemi potřebnými náležitostmi a odchylkami mezi výškami získanými kontrolním zaměřením a výškami interpolovanými z mapy.

### 8.1 Výpočet pomocné měřické sítě a podrobných bodů

Všechny podrobné body byly z totální stanice staženy prostřednictvím programu GEOMAN ve formě zápisníků měření (uvedeno v příloze 3.3.3), které byly následně importovány do prostředí výpočetního programu GROMA v.12.0. Při importu bylo nutné nastavit tolerance měření a matematické korekce, mezi něž patří redukce do nulové nadmořské výšky a redukce do zobrazení S-JTSK, což bylo řešeno programovou funkcí *Křovák*, počítající měřítkový koeficient z průměrných souřadnic a výšek pomocných měřických bodů. Použitý výsledný koeficient je 0.9998285526 (-17.1 mm/100m).

Tolerance

Mezní odchylky pro práci v katastru nemovitostí

Testovat mezní odchylky dle předpisů pro práci v katastru nemovitostí Předpisy ...

Uživatelské tolerance:

Název:

standardní měření

měření

standardní měření

Uložit Smazat

Zapsat do protokolu

Jednotlivé výpočty:

Minimální úhel protnutí u průsečíku a protínání: 30.0000

Orientace osnov:

Max. oprava orientace: 0.0800

Maximální oprava or. délky:  $0.002 \cdot \text{SQRT}(s) + 0.04$

Maximální oprava or. převýšení:  $0.00 \cdot \text{SQRT}(s) + 0.06$

Polygonové pořady:

Rozdíl v dvakrát měřené délce:  $0.001 \cdot \text{SQRT}(s) + 0.050$

Úhlový uzávěr [cc]:  $100.00 \cdot \text{SQRT}(n+0.00)$

Polohová odchylka:  $0.012 \cdot \text{SQRT}(s) + 0.10$

Transformace souřadnic:

Maximální střední chyba transformačního klíče: 0.14

Mezní změna měřítka: 1 ±

Nápověda OK Stomo

Obrázek 8.1: Nastavení tolerance měření.

Po nastavení příslušných tolerancí byl načten zápisník měření, který je nutný ještě před výpočtem upravit funkcí *Zpracování zápisníku*, která zpracuje měřené orientace ve dvou polohách, převede měřené šikmé délky na vodorovné a zredukuje měřené směry. Nyní již bylo možné spočítat měřickou síť, tvořenou oboustranně orientovaným a oboustranně připojeným polygonovým pořadem a sítě na něj navazujících rajónů. Pro výpočet polygonového pořadu byla zvolena funkce výpočtu *Polygonový pořad* s výběrem délky pořadu do 1500 m.

Dále byly funkcí *Polární metoda* spočítány zbylé pomocné měřické body, tvořící měřickou síť. V této fázi již bylo možné spočítat podrobné body, k čemuž byla použita *Polární metoda dávkou*. Podrobné body byly uloženy do seznamu souřadnic v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv. Protokoly k výše zmíněným výpočtům jsou obsaženy v příloze 3.3.4.

Některé body byly v terénu zaměřeny dvakrát, a to pokaždé z jiného stanoviště. Tyto body slouží ke kontrole a posouzení přesnosti mapového podkladu a jsou v zápisníku uváděny pod stejným číslem bodu.

The screenshot displays the GROMA v. 12.0 software interface. The main window shows a table of coordinates for a 'Polární metoda dávkou' measurement. The table has columns for 'Předč.', 'Číslo', 'Y', 'X', 'Z', 'Typ', 'Kv.', and 'Popi'. The data is organized into two main sections: one for 'Předč.' values ranging from 595 to 605, and another for 'Číslo' values ranging from 1 to 23. A dialog box titled 'Polární metoda dávkou' is open, showing input fields for 'Stanoviště:' (5951540001), 'Y:' (585935.99), 'Číslo:' (4010), and 'X:' (1146184.92). The dialog also includes checkboxes for 'Použít pouze označené hodnoty', 'Editovat orientace', and 'Počítat volná stanoviště v dávce'. The 'Orientace' section shows a table with columns for 'Bod', 'V Orie...', 'V Délky', 'V Přev.', and 'Před', with values for points 2020, 4005, and 829. The 'Výpočet' button is visible at the bottom of the dialog.

Obrázek 8.2: Výpočet polární metody dávkou.

## 8.2 Testování přesnosti

Posledním krokem při zpracování dat bylo nutné spočítat měřickou síť a podrobné body kontrolních profilů obdobným způsobem, jako při zpracování měření mapy účelové. Kontrolní profily jsou vedeny samostatně v příloze 3.3.6 a jsou potřeba k nezávislému ověření správnosti, zda stávající mapa odpovídá 3. třídě přesnosti tvorby účelových map dle ČSN 01 3410. Poněvadž se jedná o kontrolní profily, dosaženou přesnost je nutné posuzovat mezi výškami interpolovanými z mapy a výškami určenými kontrolním zaměřením. Jedná se tedy o testování přesnosti výšek.

### 8.2.1 Testování přesnosti výšek dle normy ČSN 01 3410

Charakteristikou přesnosti určení výšek  $H$  podrobných bodů výškopisu je základní střední výšková chyba  $m_H$ . Výšky podrobných bodů stanovené třídy přesnosti, musí být určeny tak, aby základní střední výšková chyba  $m_H$  nepřekročila kritérium  $u_H$  a u bodů na nezpevněném povrchu nepřekročila mez  $3u_H$ . Vrstevnice musí být sestrojeny tak, aby z nich bylo možné určit výšky bodů terénního reliéfu takovým způsobem, aby charakteristika  $m_H$  nepřekročila kritérium  $u_V$ .

Tabulka 8.1: Kritéria přesnosti.

třída přesnosti	$u_H$ [m]	$u_V$ [m]
3	0,12	0,5

Nejdříve je nutné spočítat rozdíly mezi výškami.

$$\Delta H = H_m - H_k$$

- $H_m$  – odpovídá výškám interpolovaným mapy.
- $H_k$  – odpovídá výškám téhož bodu z kontrolního zaměření.

Dosažení stanovené přesnosti se testuje pomocí výběrové střední výškové chyby  $s_H$ , vypočtené dle vztahu:

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

- $k$  – je koeficient přesnosti, jehož hodnota odpovídá 2, protože se předpokládá, že je kontrolní určení stejné přesnosti, jako metoda určení výšek.
- $N$  – odpovídá počtu měřených a testovaných bodů.

Přesnost určení výšek je splněna, když hodnoty rozdílů výšek  $\Delta H$  podléhají kritériu:

$$|\Delta H| \leq 2 \cdot u_H \cdot \sqrt{k}$$

- $u_H$  je mezní hodnota základní střední výškové chyby  $m_H$ , uvedená v tabulce 7.

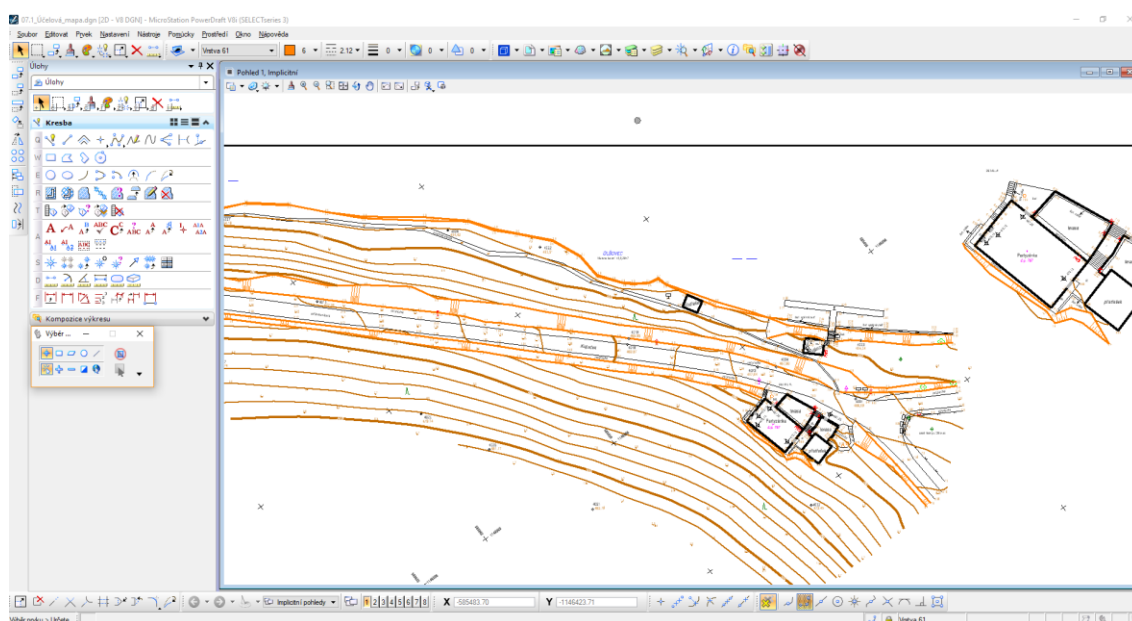
Dále se testuje, zda výběrová střední výšková chyba  $s_H$  odpovídá zvolené 3. třídě přesnosti:

- na zpevněném povrchu  $s_H \leq \omega_N \cdot u_H$
- na nezpevněném povrchu  $s_H \leq 3\omega_N \cdot u_H$
- pro výšky  $H_m$  určené z vrstevnic  $s_H \leq \omega_N \cdot u_v$

Koeficient  $\omega_N = 1,1$  pro 101 testovaných bodů.

## 9 Tvorba mapy

Ke grafickému zpracování byl využit program *Microstation PowerDraft v8i*, kde byl nejprve založen nový výkres ve formátu \*.dgn. V prostředí programu byly dle tabulky atributů uvedené v příloze 3.3.8 předem nadefinovány potřebné vrstvy, do kterých se nakreslené a nahrané prvky mapy ukládaly. Pro vstup souřadnic podrobných bodů a bodů pomocné měřické sítě byla využita funkce aplikace *MDL – Groma*. Z nahraných bodů byla za pomoci měřických náčrtů a tabulky atributů vytvořena kresba mapy s popisem, závěrem doplněná mapovými značkami z knihovny buněk, vytvořená na základě příslušné normy ČSN 01 3411 *Mapy velkých měřítek – Kreslení a značky*. Výškové kóty podrobných bodů jsou na nezpevněném povrchu uváděny na jedno desetinné místo a na zpevněném na dvě desetinná místa.



Obrázek 9.1: Prostředí programu Microstation.

V příslušné nadstavbě programu *MGE0* byla kresba doplněna technickými šrafováními, přehledným schématem kladu mapových listů vzhledem k výkresu mapy a průsečíky sítě pravoúhlých souřadnic s rohy mapových listů. Pomocí *Kontroly a opravy čárové kresby* byly z výkresu odstraněny vektorové chyby, obsahující duplicitu, nedotahy, přetahy a křížení prvků. *Kontrola a změna symbologie* kontroluje správnost atributů kresby.

Pro sestrojení vrstevnic byl využit program *Atlas DMT*, generující model terénu z nahraných výšek podrobných bodů. Aby byl model vygenerován, bylo potřeba předem nadefinovat povinné, lomové a ostrovní hrany, sloužící ke správnému průběhu vrstevnic. Vypočtené vrstevnice byly exportovány ve formátu \*.dxf a následně vyhlazeny v programu *Microstation*.

K samotnému závěru byla kresba doplněna o legendu, směrovou růžici a popisovou tabulku.

## Závěr

Při tvorbě závěrečné práce bylo využito studijních podkladů, vědomostí a zkušeností, nasbíraných během dosavadního studia.

Prvním krokem bylo zadání práce, rozsahu a lokality tvorby s příslušnými kritérii výsledného formátu účelové mapy.

Ke konci srpna roku 2016 proběhla rekognoskace terénu, jež vedla k vybudování pomocné měřické sítě formou oboustranně připojeného a oboustranně orientovaného polygonového pořadu a sítě pomocných rajónů na něj navazujících. Tento pořad byl připojen na body bodového pole, zhuštěného pomocnými měřickými body, určené technologií GNSS. K těmto bodům byly vytvořeny místopisné geodetické údaje, obsažené v přílohách.

Zaměření podrobných bodů bylo zrealizováno totální stanicí metodou tachymetrie, probíhající po částech během následujícího roku, a zaznamenáváno do měřických náčrtů. Nepřístupné body byly zkonstruovány doplňujícími metodami, a to metodou ortogonální a metodou konstrukčních oměrných. Celkem bylo naměřeno 1387 podrobných bodů. V návaznosti na dokončení podrobného mapování se pokračovalo v nezávislém kontrolním měření. Pro tyto účely byla vytvořena nová pomocná měřická síť, ze které bylo zaměřeno 5 kontrolních profilů, v součtu obsahujících 101 podrobných bodů.

Naměřená data byla zpracována ve výpočetním programu *Groma v.12.0*, jehož výstupem byly souřadnice podrobných bodů a bodů pomocné měřické sítě v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv.

Ke grafickému zpracování vypočtených dat byl použit *Microstation PowerDraft v8i* spolu s nadstavbou *MGEO*, v němž byla kresba dokončena. Součástí bakalářské práce jsou i další grafické přílohy, jako je přehledný náčrt bodového pole a bodů pomocné měřické sítě, geodetické údaje o pomocných měřických bodech a kresba kontrolních profilů.

Finálním výstupem této závěrečné práce je tedy účelová mapa v měřítku 1:500, vytvořená ve 3. třídě přesnosti tvorby map dle normy ČSN 01 3410 *Mapy velkých měřítek – Základní a účelové mapy*, přičemž kresba mapy byla vyhotovena v souladu s normou ČSN 01 3411 *Mapy velkých měřítek – Kreslení a značky*.

Tato práce bude předána obci Jedovnice.



## Seznam použité literatury:

- [1] Wikipedia [online]. [cit. 2018-03-22]. Dostupné z:  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jedovnice\\_CoA.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jedovnice_CoA.svg)
- [2] Jedovnice.cz [online]. [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: [www.Jedovnice.cz/cs/pro-turisty/vitejte-v-jedovnicich](http://www.Jedovnice.cz/cs/pro-turisty/vitejte-v-jedovnicich)
- [3] Wikipedia [online]. [cit. 2018-03-22]. Dostupné z:  
[https://cs.m.wikipedia.org/wiki/Rudické\\_propadání](https://cs.m.wikipedia.org/wiki/Rudické_propadání)
- [4] Mapy google [online]. 2018 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z:  
<https://www.google.cz/maps>
- [5] Jedovnice.cz [online]. [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: [www.Jedovnice.cz/cs/pro-turisty/Jedovnicke-rybniky](http://www.Jedovnice.cz/cs/pro-turisty/Jedovnicke-rybniky)
- [6] Flyfoto.cz [online]. [cit. 2018-03-22]. Dostupné z:  
<http://www.flyfoto.cz/2014/04/jedovnice.html>
- [7] PLÁNKA, Ladislav. Kartografie I. Přednáška kartografie\_2\_DILA.pdf. VUT v Brně
- [8] KALVODA, Petr. Mapování I. Přednáška 01\_GE10\_Mapovani.pdf. VUT v Brně
- [9] PLÁNKA, Ladislav. GE18 Kartografie a základy GIS: M02-Kartografická interpretace. Brno, 2006. VUT Brno
- [10] Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí. [online]. Zdiby. Dostupné z: <http://www.vugtk.cz/slovník>
- [11] ČSN 01 3410: Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy. Praha: Vydavatelství norem, 1990
- [12] VITÁSEK, CSC., Doc. Ing. Josef a Doc. Ing. Josef PAŽOUREK, CSC. *Vybrané kapitoly z geodézie*. CERM Brno, 1993. ISBN 80-900590-7-4.
- [13] Souřadnicové systémy: S-JTSK. *Geoportal.cuzk.cz* [online]. [cit. 2018-04-02]. Dostupné z:  
[http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(naewnaltzsmuadq43f0x1gay\)\)/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=sit.trans&text=souradsystemy](http://geoportal.cuzk.cz/(S(naewnaltzsmuadq43f0x1gay))/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=sit.trans&text=souradsystemy)
- [14] PLÁNKA, Ladislav. Kartografie I. Přednáška kartografie\_9\_MATIKA.pdf. VUT v Brně
- [15] VONDRÁK, Jiří. Geodézie II. Přednáška 01\_GE03\_Výšky.pptx. VUT v Brně
- [16] Vyhláška, kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením. In: Praha: ČÚZK, 1995, 31/1995 Sb.

- [17] KALVODA, Petr. Mapování I. Přednáška 02\_GE10\_Mapovani.pdf. VUT v Brně
- [18] PLÁNKA, Ladislav. Kartografie I. Přednáška kartografie\_4\_VYSKOPIS.pdf. VUT v Brně
- [19] TOPCON GPT-3003N [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: [http://it-transit.com/wp-content/uploads/2015/11/topcon\\_gpt-3002n.jpg](http://it-transit.com/wp-content/uploads/2015/11/topcon_gpt-3002n.jpg)
- [20] *Leica GS09* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z <http://www.geotech.sk/Produkty/GPS-GNSS/Leica-GS09.html>
- [21] KALVODA, Petr. Mapování I. Přednáška 03\_GE10\_Mericky\_nacrt.pdf. VUT v Brně
- [22] VONDRÁK, Jiří. *Geodézie II: Geodetická cvičení II*. Brno, 2004
- [23] Princip tachymetrie: *Tzbinfo* [online]. Praha, 6.11.2017 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/regenerace-domu/16517-metody-tvorby-geodetickych-podkladov-na-rekonstrukciu-objektov>
- [24] NEVOSÁD, Zdeněk, VITÁSEK, Josef. *Geodézie III: Průvodce předmětem geodézie III* Brno, 2005
- [25] KALVODA, Petr. Mapování I. Přednáška 04\_GE10\_Podrobne\_mereni.pdf. VUT v Brně
- [26] ČADA CSC., Doc. Ing. Václav Čada CSc. Polygonové pořady: Souřadnicové výpočty v rovině. Přednáškové texty z geodézie [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/index.html>
- [27] ČÁBELKA, Miroslav. *Úvod do GPS* [online]., 1-74 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/18769279-Uvod-do-gps-miroslav-cabelka.html>
- [28] HROMÁDKA, CSc., Prof. Ing František, *Mapování*. Vysoké učení technické v Brně, 1985. ISBN 55-603-85

## Seznam použitých zkratk

Bpv	Balt po vyrovnání
ČSN	Česká státní norma
GNSS	Globální navigační satelitní systémy
PPBP	Podrobné polohové bodové pole
ZPBP	Základní polohové bodové pole
ZhB	Zhušřovací body
ppm	part per milion
RTK	Real time kinematic
S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické síř katastrální

## Seznam obrázků

<i>Obrázek 1.1: Znak modrého jelena v červeném poli jako symbol Jedovnic. [1]</i> .....	11
<i>Obrázek 1.2: Ortofoto snímek měřené lokality. [4]</i> .....	11
<i>Obrázek 1.3: Letecký pohled na rybník Olšovec a část obce Jedovnice. [6]</i> .....	12
<i>Obrázek 2.1: Gnómičké znázorňování terénu do roviny (ze středu). [8]</i> .....	13
<i>Obrázek 3.1: Schematické znázornění Křovákova zobrazení. [14]</i> .....	17
<i>Obrázek 3.2: Grafická ukázka různých metod interpretace výškopisu z účelové mapy.</i> .....	20
<i>Obrázek 4.1: Přehledka některých bodů bodového pole [zdroj:geoportal.cuzk.cz]</i> .....	21
<i>Obrázek 4.2: Ukázka dočasné stabilizace nastřelovacím hřebem.</i> .....	22
<i>Obrázek 4.3: Totální stanice Topcon GPT 3003 N. [19]</i> .....	23
<i>Obrázek 4.4: GNSS aparatura Leica GS09. [20]</i> .....	24
<i>Obrázek 5.1: Ukázka tvorby měřického náčrtu.</i> .....	26
<i>Obrázek 6.1: Princip Tachymetrie. [23]</i> .....	27
<i>Obrázek 6.2: Rajón. [24]</i> .....	28
<i>Obrázek 6.3: Polygonový pořad oboustranně připojený a oboustranně orientovaný [24].</i> .....	29
<i>Obrázek 6.4: Výpočet přibližných souřadnicových rozdílů. [24]</i> .....	30
<i>Obrázek 8.1: Nastavení tolerance měření.</i> .....	35
<i>Obrázek 8.2: Výpočet polární metody dávkou.</i> .....	36
<i>Obrázek 9.1: Prostředí programu Microstation.</i> .....	39

## Seznam tabulek

<i>Tabulka 3.1: Číslování bodů bodového pole. ....</i>	<i>18</i>
<i>Tabulka 4.1: Porovnání stavu bodového pole se skutečností. ....</i>	<i>21</i>
<i>Tabulka 4.2: Technické parametry přístroje. ....</i>	<i>23</i>
<i>Tabulka 4.3: Technické parametry přístroje Leica GS09. ....</i>	<i>23</i>
<i>Tabulka 6.1: Kritéria přesnosti polygonového pořadu. ....</i>	<i>31</i>
<i>Tabulka 8.1: Kritéria přesnosti. ....</i>	<i>37</i>

## Seznam příloh

1. Přehledný náčrt bodového pole a pomocné měřické sítě
2. Účelová mapa
3. CD
  - 3.1. Přehledný náčrt bodového pole a pomocné měřické sítě.pdf
  - 3.2. Účelová mapa.pdf
  - 3.3. Elektronická data
    - 3.3.1. Měřické náčrty
      - 3.3.1.1. Měřické náčrty.pdf
    - 3.3.2. Geodetické údaje
      - 3.3.2.1. GÚ\_4002\_4003\_4004.pdf
      - 3.3.2.2. GÚ\_4005\_4024.pdf
    - 3.3.3. Zápisníky
      - 3.3.3.1. Polygon.zap
      - 3.3.3.2. Polární metoda.zap
      - 3.3.3.3. Polární metoda dávkou.zap
    - 3.3.4. Protokoly
      - 3.3.4.1. Zpracování zápisníku polygonový pořad.pro
      - 3.3.4.2. Zpracování zápisníku polární metoda.pro
      - 3.3.4.3. Zpracování zápisníku polární metoda dávkou.pro
      - 3.3.4.4. Protokol polygonový pořad.pro
      - 3.3.4.5. Protokol polární metoda.pro
      - 3.3.4.6. Protokol polární metoda dávkou.pro
      - 3.3.4.7. GNSS\_PPBP.txt
      - 3.3.4.8. Vyrovnání na přímku.pro
      - 3.3.4.9. Konstrukční oměrné.pro
      - 3.3.4.10. Ortogonální metoda.pro
    - 3.3.5. Seznamy souřadnic
      - 3.3.5.1. PMS.txt
      - 3.3.5.2. PB.txt
    - 3.3.6. Kontrolní profil
      - 3.3.6.1. Zápisník
        - 3.3.6.1.1. Příčný profil.zap
      - 3.3.6.2. Protokol
        - 3.3.6.2.1. GNSS kontrolní profil.txt
        - 3.3.6.2.2. Import zápisníku.txt
        - 3.3.6.2.3. Zpracování zápisníku.txt
        - 3.3.6.2.4. Polární metoda.pro
        - 3.3.6.2.5. Polární metoda dávkou.pro
      - 3.3.6.3. Seznamy souřadnic
        - 3.3.6.3.1. PMS.txt

- 3.3.6.3.2. PB.txt
- 3.3.6.4. Testování přesnosti
  - 3.3.6.4.1. Testování přesnosti výšek kontrolních profilů.pdf
- 3.3.6.5. Kontrolní profil
  - 3.3.6.5.1. 1. kontrolní profil.pdf
  - 3.3.6.5.2. 2. kontrolní profil.pdf
  - 3.3.6.5.3. 3. kontrolní profil.pdf
  - 3.3.6.5.4. 4. kontrolní profil.pdf
  - 3.3.6.5.5. 5. kontrolní profil.pdf
  - 3.3.6.5.6. kontrolní profily 1-5.dgn
- 3.3.7. Přehledné náčrty
  - 3.3.7.1. Přehledný náčrt bodového pole a pomocné měřické sítě.dgn
  - 3.3.7.2. Přehled kladu měřických náčrtů.dgn
  - 3.3.7.3. Přehled kladu měřických náčrtů.pdf
- 3.3.8. Účelová mapa
  - 3.3.8.1. Účelová mapa.dgn
  - 3.3.8.2. Body.dgn
  - 3.3.8.3. Atributy.pdf