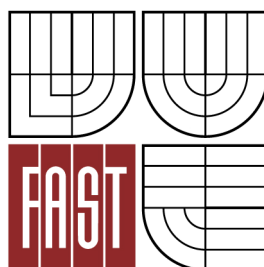


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEODÉZIE

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEODESY

ZAMĚŘENÍ LOKALITY "ČERTOVA ROKLE" BRNO, LESNÁ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Michal Pešek

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. ZDENĚK FIŠER

BRNO 2013

Abstrakt

Předmětem této bakalářské práce je tachymetrické zaměření a vyhotovení účelové mapy pro zadanou část Čertovy rokle v městské čtvrti Brno - Lesná. V úvodní části práce jsou informace o lokalitě, následuje popis terénních prací a zpracování naměřených dat. Postup terénních prací a zpracování je popsán v teoretické části. Hlavním výstupem této práce je účelová mapa dané lokality v měřítku 1:500.

Klíčová slova

Čertova rokle, Brno - Lesná, účelová mapa, tachymetrie

Abstract

The subject of this Bachelor's thesis is a tacheometric survey of part of Čertova rokle in district Brno - Lesná and creating a thematic map. The introductory part includes information about locality. The following part contains description of surveying, its processing and creating the thematic map in scale 1:500.

Keywords

Čertova rokle, Brno - Lesná, thematic map, tacheometry

Bibliografická citace VŠKP

PEŠEK, Michal. *Zaměření lokality "Čertova rokle " Brno , Lesná.* Brno, 2012. 35 s., 20 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Zdeněk Fišer.

Prohlášení:

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

V Brně dne 20.5.2013

.....
podpis autora
Michal Pešek

Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Zdeňku Fišerovi za odborné vedení a pomoc v průběhu tvorby této bakalářské práce. Děkuji také Ing. Radimu Kratochvílovi, Ph.D za odbornou konzultaci. Děkuji.

Obsah

1	ÚVOD	9
2	ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ	10
2.1	Lokalizace	10
2.2	Čertova rokle	10
3	PŘÍPRAVNÉ PRÁCE	11
3.1	Podklady	11
3.2	Rekognoskace terénu	11
3.3	Rekognoskace bodového pole	12
3.4	Tvorba pomocné měřické sítě	13
4	TERÉNNÍ PRÁCE	15
4.1	Vybavení	15
4.2	Stabilizace a signalizace bodů	16
4.3	Polohové a výškové připojení pomocné měřické sítě	16
4.4	Zaměření pomocné měřické sítě	17
4.4.1	Polohové zaměření	17
4.4.2	Výškové zaměření	17
4.5	Zhuštění pomocné měřické sítě	18
4.6	Zaměření podrobných bodů	19
5	ZPRACOVÁNÍ DAT	21
5.1	Použitý software	21
5.2	Postup zpracování	22
5.2.1	Pomocná měřická síť	22
5.2.2	Zhuštění pomocné měřické sítě	23
5.2.3	Podrobné body	23
6	TESTOVÁNÍ PŘESNOSTI	25
6.1	Testování polohy	25
6.2	Testování výšky	26
7	GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ	28
7.1	Použitý software	28
7.2	Tvorba mapy	29
8	ZÁVĚR	30
9	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	31

10	ZDROJE OBRÁZKŮ.....	32
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	33
12	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	34
13	SEZNAM PŘÍLOH.....	35

1 ÚVOD

Předmětem bakalářské práce je zaměření části lesoparku Čertova rokle ve městě Brně pro tvorbu účelové mapy. Konkrétně jde o severní část parku v centru městské čtvrti Brno - Lesná. Lesopark v Čertově rokli byl vybudován v 60. letech 20. století a dodnes je hojně využíván místními obyvateli.

Tato práce je vyhotovena pro Úřad městské části Brno – sever. Jeho požadavkem je účelová mapa parku. Téma práce bylo vybráno autorem práce, lokalita potom Ing. Zdeňkem Fišerem.

Hlavním výstupem bakalářské práce je účelová mapa v měřítku 1:500. Zvolenou metodu pro zaměření polohopisu i výškopisu se stala tachymetrie. Pomocná měřická síť byla vytvořena pomocí dvou závislých polygonových pořadů připojených na základní polohové pole a podrobné polohové bodové pole.

2 ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

2.1 Lokalizace

Městská čtvrť Brno – Lesná je jednou z pěti čtvrtí městské části Brno – sever. Čtvrť tvoří katastrální území o rozloze 258,2 ha. Většina obyvatel Lesné žije v panelových domech pocházejících z 60. let 20. století. Díky umístění na severním okraji města Brna a lesoparku Čertova rokle je na Lesné dostatek zeleně, proto je Lesná přirovnávána k finské Tapiole u Helsinek. Z toho důvodu bylo v roce 2009 požádáno o získání statutu městská památková zóna. Statut nezískala, i tak je ovšem označována za nejatraktivnější část Brna pro bydlení.



Obr. 2.1 Poloha Lesné v rámci města Brna (upraveno)

2.2 Čertova rokle

Lesopark Čertova rokle se nachází v centru městské části Brno – Lesná. Vznikl současně s výstavbou okolních panelových domů z bývalého vojenského cvičiště. Lesopark o rozloze přibližně 12 ha je na severu ohraničen ulicí Haškova a na jihu konečnou stanicí tramvajové linky. V průběhu celého roku je park hojně využíván občany. Nachází se zde několik dětských hřišť, víceúčelové sportoviště, relaxační louka, přírodní amfiteátr a další. Ke komunikaci slouží síť dlážděných nebo asfaltových chodníků. Park je také domovem několika druhů menších živočichů, o jejichž výskytu pojednává i místní naučná stezka

3 PŘÍPRAVNÉ PRÁCE

3.1 Podklady

Pro teoretickou přípravu bylo využito všech podkladů (písemných i elektronických) nashromážděných v průběhu studia. Především šlo o výukové texty, české státní normy a návody.

Pro vyhledání informací o polohovém a výškovém bodovém poli pro návrh prvotního rozložení pomocné měřičské sítě, byl využit internetový portál *WWW.CUZZK.CZ* (portál Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního). Na tomto portálu byl nejvíce využit Geoprohlížeč ČÚZK. Zde na podkladech několika mapových děl (SMO5, katastrální mapy, ortofoto mapy, ZABAGED,...) bylo prověřeno rozložení bodového pole a teoretická viditelnost mezi jednotlivými body.

Dalším krokem bylo ověření získaných dat v terénu.

3.2 Rekognoskace terénu

Vzhledem k poloze lokality ve velmi hustě obydlené části Brna, je dostupnost na lokalitu bezproblémová. K přístupu na lokalitu bylo využito asfaltových cest a chodníků, které obklopují celou lokalitu. Cesta na severním a chodníky na východním okraji lokality byly zároveň využity jako hranice území.

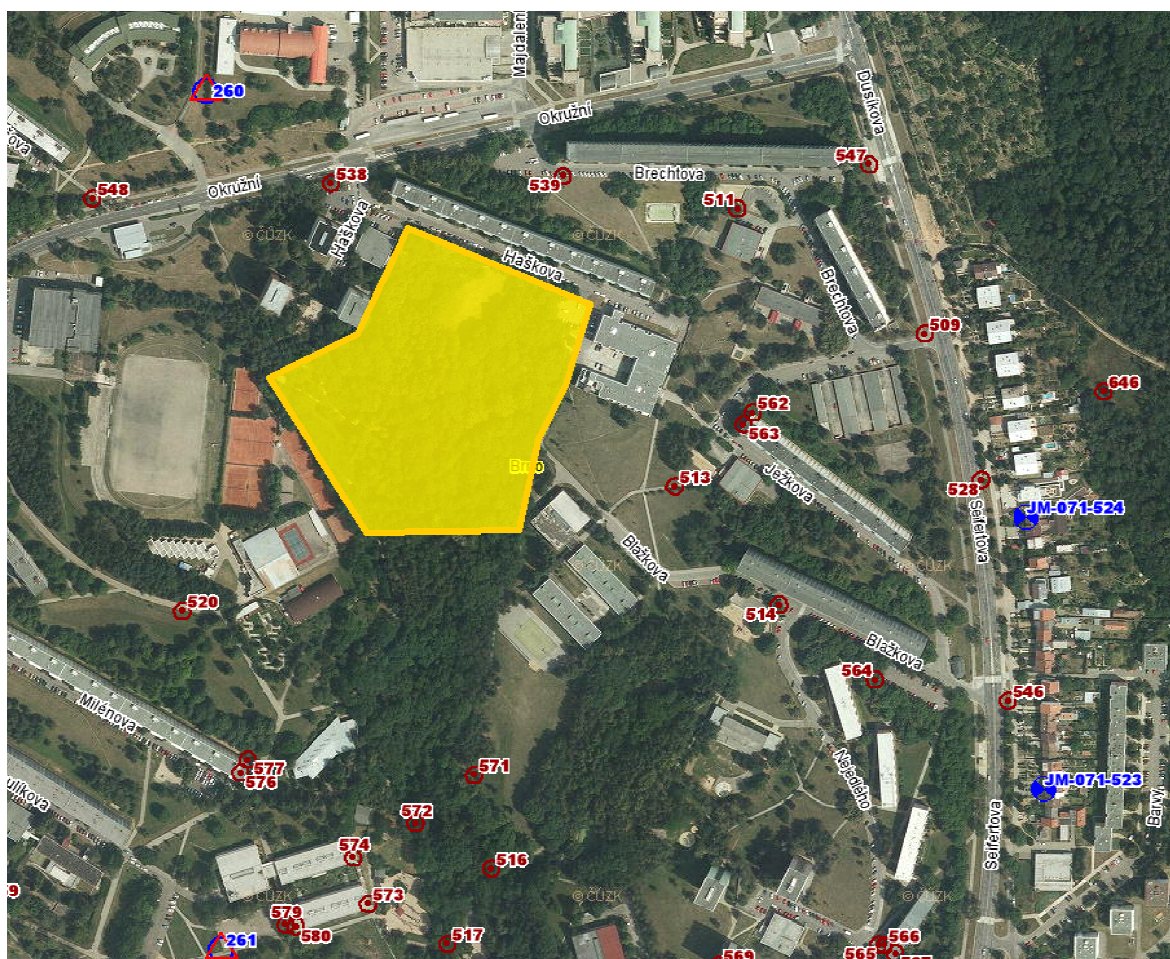
Zaměřenou severní část lokality tvoří pozvolný svah (svažující se, k jihu) ve kterém se nacházejí tři rokle spojující se v jednu na jižní hranici měřené části. Což znamená, že na lokalitě se vyskytují velké výškové rozdíly na krátkých úsecích.

Velmi důležitým parametrem zjišťovaným při rekognoskaci terénu bylo zjištění průhlednosti porostů. Porost v lesoparku je velice hustý a v měsících, kdy jsou stromy a keře olistěné, by měření nebylo možné. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto o přesunutí měření na první jarní měsíc, při kterém nebude na lokalitě stálá sněhová pokrývka.

Při kontrole průhlednosti porostu v zimních měsících byla zjištěna stále nedostatečná průhlednost. Po tomto zjištění bylo nutné přepracovat navrhované rozložení pomocné měřičské sítě.

3.3 Rekognoskace bodového pole

Na Geoprohlížeči ČÚZK byly vybrány body v blízkosti lokality, které bylo možné využít při tvorbě pomocné měřičské sítě v souřadnicovém systému S-JTSK (Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální) a jejímu následnému připojení na výškový systém Bpv (Balt po vyrovnání). S vytištěnou částí ortofoto mapy se zákresem polohového i výškového bodového pole a vytištěnými místopisy byla provedena následná kontrola v terénu.



Obr. 3.1 Snímek rozložení bodů bodových polí v blízkosti lokality (upraveno)

Kontrola zahrnovala porovnání místopisu se situací v místě, zaměření kontrolních oměrných a kontrolu technického stavu stabilizace bodu. Podle těchto údajů se rozhodovalo, zda je stabilizace bodu v pořádku a zda je bod možné použít pro tvorbu pomocné měřické sítě. Výsledek rekognoskace je uveden v *Tabulce 3.1*.

Polohové bodové pole

číslo bodu	Y	X	stabilizace	stav
000944212600	596686,48	1156591,59	žulový kámen	v pořádku - využit
016000000509	596129,24	1156779,87	žulový kámen	v pořádku - využit
016000000528	596085,59	1156893,11	plastmark	v pořádku - využit
016000000547	596173,04	1156648,49	plastmark	v pořádku - využit
016000000548	596773,80	1156675,10	plastmark	v pořádku - využit
016000000511	596274,93	1156682,87	žulový kámen	v pořádku
016000000514	596242,66	1156989,93	žulový kámen	v pořádku
016000000516	596465,31	1159194,23	žulový kámen	v pořádku
016000000517	596499,34	1157252,57	žulový kámen	v pořádku
016000000571	596478,58	1157121,70	plastmark	v pořádku
016000000538	596589,12	1156663,07	plastmark	nenalezen
016000000539	596409,85	1156657,42	plastmark	nenalezen
016000000562	596263,11	1156840,72	roh domu	dům zateplen
016000000563	596270,07	1156849,98	roh domu	dům zateplen
016000000572	596523,72	1157158,95	měřičský hřeb	nenalezen
016000000573	596560,64	1157221,55	roh domu	dům zateplen
016000000574	596572,04	1157185,54	roh domu	dům zateplen

Výškové bodové pole

číslo bodu	výška	stabilizace	stav
JM-071-523	308,504	čepová značka	v pořádku - využit
JM-071-524	300,639	čepová značka	v pořádku - využit

Tab. 3.1 Výsledek rekognoskace bodového pole

V případě, že byl bod shledán vyhovujícím pro měření, byla posouzena viditelnost na další vyhovující body.

3.4 Tvorba pomocné měřické sítě

Pro provedení podrobného měření je nutné doplnění podrobného polohového bodového pole vytvořením pomocné měřické sítě. Z počátku byly uvažovány dva způsoby

zaměření. První způsob uvažoval zaměření pomocí GNSS s využitím metody RTK. Výhoda této metody spočívá ve zpracování přijímaných dat v reálném čase, což ve výsledku přináší zjednodušení a znatelné urychlení budování měřické sítě.

Druhým způsobem bylo zaměření pomocných bodů pomocí polygonových pořadů s polohovým připojením na body PPBP a orientací na body PPBP a ZPBP (podrobné polohové bodové pole, základní polohové bodové pole). Výškové připojení by bylo zajištěno pomocí technické nivelace. Oba způsoby navíc počítaly s dodatečnou tvorbou pomocných bodů metodou rajonu s výškou bodu určenou trigonometricky.

Po provedení rekognoskací terénu a bodového pole na lokalitě byl vybrán druhý způsob zaměření. Upřednostňovaný způsob GNSS s využitím metody RTK nebylo možné použít, jelikož na převážné většině uvažovaných pomocných bodů nebyla přímá viditelnost na oblohu. Měřicí aparatura by proto nemohla provést měření.

Následně po výběru způsobu zaměření byl vytvořen návrh rozložení pomocné měřické sítě. Při tvorbě návrhu bylo dbáno na efektivní rozložení bodů, viditelnost na sousední body a vzdálenost mezi sousedními body tak, aby bylo možné je zaměřit polygonovým pořadem. V průběhu měření byly do návrhu dodávány pomocné měřické body určené metodou rajonu.

Konečné rozložení měřické sítě včetně znázornění způsobu zaměření, je uvedeno v *Příloze č. 6 Přehledný náčrt pomocné měřické sítě*.

4 TERÉNNÍ PRÁCE

4.1 Vybavení

Veškeré vybavení pro zaměření pomocné měřické sítě a následné zaměření podrobných bodů bylo zapůjčeno Ústavem geodézie a kartografie Fakulty stavební VUT v Brně.

Seznam pomůcek:

- Totální stanice Topcon GPT 3003N

Technické parametry:

zvětšení dalekohledu:	30x
minimální zaostření:	1,3 m
střední chyba úhlu:	3"
střední chyba délky:	3 mm + 2 ppm (hranol) 10mm (bezhranol do 25 m) 5 mm + 2 ppm (bezhranol nad 25 m)
dosah hranolového módu:	3000 m
dosah bezhranol. módu:	250 m



Obr. 4.1 Topcon GPT 3003N

- Nivelační přístroj SOKKIA C41

Technické parametry:

zvětšení dalekohledu:	20x
minimální zaostření:	0,9 m
rozsah kompenzátoru:	$\pm 12'$
km chyba dvojce měření:	$\pm 2,5$ mm



Obr. 4.2 SOKKIA C41

- stativy Zeiss nivelační a Leica duralový

- odrazný hranol Topcon (komplet hranol, držák, tyč červenobílá)
- nivelační lať teleskopická laminátová 4m
- dálkoměr laserový LE-50 komplet disto
- další: nivelační podložka, pásmo geodetické ARCH 30 m, reflexní vesty, značkovací sprej SOPPEC, svinovací metr, nastřelovací hřeby, dřevěné kolíky, kladivo

4.2 Stabilizace a signalizace bodů

Po celém lesoparku Čertova rokle se v průběhu dne pohybuje velké množství obyvatel všech věkových kategorií. Při provádění stabilizace a signalizace bodů pomocných měřických stanovisek bylo proto nutné toto zohlednit a zajistit aby nedošlo k neúmyslnému popřípadě i úmyslnému poškození.

Jelikož v lesoparkem prochází síť asfaltových nebo zámkovou dlažbou vydlážděných chodníků, už při návrhu rozložení měřické sítě byla snaha tyto body rozmístit tak aby mohly být stabilizovány do těchto chodníků. Většina bodů byla tedy stabilizována nastřelovacími hřeby. Signalizace byla provedena značkovacím sprejem.

V případech, kdy nebylo možné použít stabilizaci nastřelovacím hřebem, byly použity dřevěné kolíky se středem označeným hřebíčkem. Tyto byly zatlučeny tak, aby vyčnívaly přibližně 1 cm nad terén. Signalizovány byly nasprejovanými šipkami na nejbližších stromech nebo pařezech. Z obavy před vandaly byly po skončení měření na těchto bodech kolíky zamaskovány spadáním listů. I přes tato opatření se do ukončení terénních prací dvě tyto stabilizace ztratily.

4.3 Polohové a výškové připojení pomocné měřické sítě

Pro zjištění souřadnic v souřadnicovém systému S-JTSK a výšek bodů ve výškovém systému Bpv (Balt po vyrovnání) bylo nutné pomocnou měřickou síť připojit. Polohové připojení bylo zajištěno pomocí bodů PPBP 509, 528, 547, 548 a ZHB 260.

Výškové připojení do systému Bpv bylo pro body polygonových pořadů provedeno pomocí metody technické nivelace (geometrická nivelace ze středu). Byl vytvořen uzavřený nivelační pořad z bodu základního výškového bodového pole JM-071-523. Tento bod byl ověřen vetknutým pořadem k bodu JM-071-524. Pro body určené metodou rajonu byla výška určena trigonometricky s využitím výšek určených technickou nivelací.

Souřadnice a výšky těchto bodů byly zjištěny z místopisů na internetovém portálu ČÚZK.

4.4 Zaměření pomocné měřické sítě

4.4.1 Polohové zaměření

Polohové zaměření pomocných bodů, vytvořených podle návrhu rozložení pomocné měřické sítě, bylo provedeno pomocí dvou oboustranně připojených a oboustranně orientovaných polygonových pořadů.

„Polygonový pořad je definován jako průmět prostorové lomené čáry do roviny. Jeho vrcholy jsou polygonové 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 dvakrát - tam a zpět. Orientace pořadů se děje směrovým připojením z koncových bodů pořadů na body ZBPP, zhušťovací body a body PBPP.“ (Nevosád - Vitásek, 2005, str. 59)

Oba polygonové pořady byly připojeny a orientovány na stejné body. Na západním konci byly připojeny na bod PPBP 548 a orientovány na ZHB 260. Na východním konci byly připojeny na bod PPBP 509 a orientovány na body PPBP 528 a 548.

4.4.2 Výškové zaměření

Určení výšek bodů měřické sítě bylo provedeno pouze u těch bodů, které se nacházely přímo v zaměřované lokalitě. Body ležící mimo lokalitu sloužily pouze pro určení polohy, a proto by bylo jejich zaměření zbytečné.

Určení výšek bylo provedeno metodou technické nivelace (geometrické nivelace ze středu.

„Geometrickou nivelací se určuje výškový rozdíl dvou bodů z rozdílu čtení na svisle postavených latích pomocí vodorovné záměry realizované nivelačním přístrojem.“
(Nevosád - Vitásek, 2004, str. 11)

Výšky byly určeny ve výškovém systému Bpv. Byl vytvořen uzavřený nivelační pořad z bodu základního výškového bodového pole JM-071-523 z nivelačního pořadu PNS-JM 071 Brno. Jeho výška byla před měřením pomocných bodů ověřena vetknutým nivelačním pořadem na bod JM-071-524. Údaje o umístění a výškách byly zjištěny z místopisů na Geoportálu ČÚZK.

Zaměřená data byla v průběhu měření zanášena do nivelačního zápisníku. Ihned po ukončení měření nivelačního pořadu proběhl na lokalitě výpočet zápisníku a stanovení dosaženého výškového rozdílu. Odečtením tohoto rozdílu od rozdílu vypočteného z výškových údajů, zjištěných z místopisů (v případě uzavřeného pořadu je tento rozdíl roven nule), byla stanovena odchylka uzávěru pořadu. Tato odchylka byla porovnána s mezní odchylkou stanovenou jako $d_0 = 40 \cdot \sqrt{R}$ kde R je délka pořadu v kilometrech. Odchylka dosažená při měření je menší než mezní odchylka viz. *Příloha č. 3.3*.

4.5 Zhuštění pomocné měřické sítě

Pro podrobné zaměření nepřístupných míst lokality bylo nutné měřickou síť zhustit pomocí bodů učených metodou rajonu.

„Pod pojmem rajón se rozumí orientovaná a délkově zaměřená spojnice daného a určovaného bodu.“ (Nevosád - Vitásek, 2005, str. 57)

Zhuštění probíhalo podle potřeby v průběhu podrobného mapování. Body byly vytvořeny a zaměřeny tak, aby byly v souladu s *Návodem pro obnovu katastrálního operátu a převod*.

„Délka rajónu může být nejvýše 1000 m a přitom nejvýše o 1/3 větší než délka měřické přímky (její delší části, je-li výchozí bod rajónu mezilehlý), na kterou je rajón připojen (orientován), nebo nesmí být větší, než je délka k nejvzdálenějšímu orientačnímu bodu. Největší přípustná délka volného polygonového pořadu (nejvýše tří na sebe navazujících rajónů) je 250 m. Délka měřické přímky a polygonového pořadu tvořeného pomocnými body nesmí být větší než 2000 m. Při zaměřování bodů měřické sítě se využívají zpravidla elektronické dálkoměry s optickými odraznými systémy.“

(Návod pro obnovu katastrálního operátu a převod ve znění dodatku č. 1 a 2, 2009)

Určení výšky bodů určených rajonem probíhalo pomocí trigonometrické metody. Výškové zaměření těchto bodů proběhlo současně s měřením jejich polohy.

4.6 Zaměření podrobných bodů

Pro podrobné mapování byla zvolena metoda tachymetrie s využitím totální stanice.

„Tachymetrie je metoda měření, kterou určujeme polohu i výšku bodu současně. Poloha a výška jednotlivých bodů se získávají měřením polárních souřadnic tj. vodorovného úhlu, svislého úhlu a délky ze stanoviska k jednotlivým bodům. Převýšení mezi určeným bodem a stanoviskem se počítají z měřené délky a zenitového úhlu. Osnovy měřených vodorovných směrů se orientují pomocí směrníků vypočtených ze souřadnic stanoviska a daných bodů v okolí, jejichž souřadnice jsou také známy. Měří se totálními stanicemi. Dnes se již prakticky nesetkáme s použitím optických dálkoměrů. Okruh území, které lze zaměřit z jednoho stanoviska, je omezen dosahem dálkoměrů, tvarem terénu, porostem a zpravidla nepřesahuje několik set metrů“

(Vondrák, 2004, str. 19)

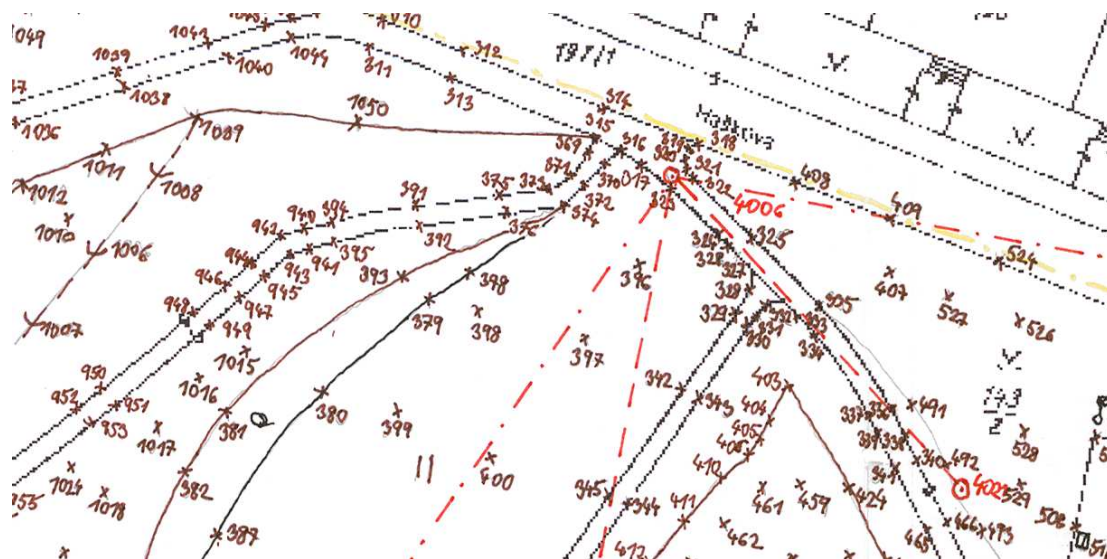
Totální stanice zajišťuje rychlé měření a uložení dat do interní paměti, čímž se eliminuje možnost chyb při zapisování hodnot do zápisníku. Další výhodou je možnost kódování, což znamená přiřazení alfanumerického údaje (kódu) každému zaměřenému bodu. Kódování umožňuje zefektivnit následnou tvorbu mapy.

Body pro podrobné zaměření byly vybrány tak, aby výsledná mapa splnila parametry zadané vedoucím práce. Pro vyhotovení účelové mapy v měřítku 1:500, byly zaměřovány tyto prvky:

- rozhraní cest, chodníků,...
- ploty
- prvky terénní kostry (hřbetnice, údolnice, ...)
- hranice kultur
- další prvky (vpusti, veřejné osvětlení,...)

V místech, kde se zaměřované prvky nenacházely, byla vytvořena čtvercová síť zajišťující požadovanou hustotu bodů na mapě. V případě této práce je rozstup mezi body 2 – 3 centimetry na mapě, tj. 10 – 15 metrů ve skutečnosti.

V průběhu podrobného zaměření byl veden měřický náčrt podle skript *Fišer, Vondrák, Mapování I.* Dále byla také využita možnost kódování. Náčrt a kódování bodů byly použity při následné tvorbě účelové mapy.

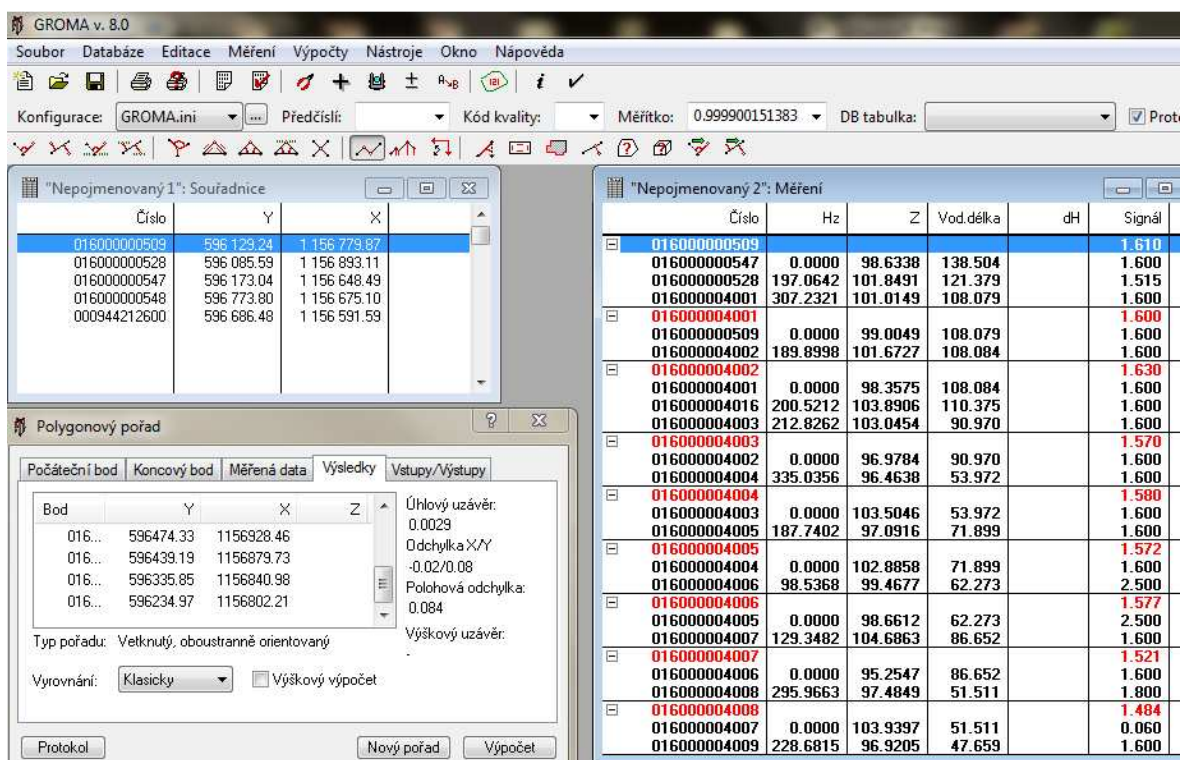


Obr. 4.3 Ukázka měřického náčrtu

5 ZPRACOVÁNÍ DAT

5.1 Použitý software

Pro zpracování naměřených dat z polohového zaměření pomocné měřické sítě, polohového i výškového zaměření zhuštění měřické sítě a podrobných bodů, byl použit software Groma verze 8.0.5



Obr. 5.1 Pracovní prostředí softwaru Groma 8.0.5

„Program GROMA je určen ke geodetickým výpočtům. Lze v něm řešit všechny základní geodetické úlohy. Navíc obsahuje jednoduchou grafiku a možnost digitalizace rastrových dat. Umí zpracovávat data ve formátech všech běžných záznamníků, dávkově i jednotlivými výpočty.

Veškeré výpočetní úlohy probíhají v dialogových oknech, v nichž jsou přehledně uspořádány všechny vstupní i výstupní údaje. Výpočetních oken můžete mít najednou otevřeno libovolné množství. Souřadnice i měřená data můžete do výpočetních oken přetahovat myší, případně můžete zadat číslo bodu a nechat program doplnit souřadnice ze

seznamu. Počet orientací na stanovisku, identických bodů pro transformaci, atd. není omezen.“

(Groma. *Groma: Geodetický software [online]. [cit. 2013-04-14]. Dostupné z: <http://groma.cz/cz/groma>*)

5.2 Postup zpracování

Tato kapitola pojednává o výpočtu souřadnic všech bodů zaměřených na lokalitě. Pro výpočet měřítkového koeficientu pro opravu z nadmořské výšky a převodu do kartografického zobrazení byl použit bod ZHB 260. Výsledná hodnota měřítkového koeficientu je 0.9998509679 (-14.9 mm/100m).

5.2.1 Pomocná měřická síť

V kapitole 4.4.1 je uvedeno, že pomocná měřická síť je zaměřena pomocí oboustranně připojených a oboustranně orientovaných polygonových pořadů. První polygonový pořad obsahuje 10 bodů (4001 – 4010), druhý obsahuje 9 bodů (4010 – 4016, 4002 a 4001). Polygonové pořady mají společné 3 body (4001, 4002 a 4010), jejich souřadnice byly stanoveny průměrem ze dvou výpočtů viz. *Tabulka 5.3*.

Polohová a úhlová přesnost byla porovnávána podle kritérií z návodu pro obnovu katastrálního operátu.

Připojovací body	Mezní délka strany [m]	Mezní délka pořadu d [m]	Mezní odchylka v uzávěru pořadu	
			úhlová [cc]	polohová [m]
ZPBP, ZhB	200-1500	5000	$25.(n)^{1/2}$	$0,0025.(\Sigma d)^{1/2}$
ZPBP, ZhB	50-400	3000	$50.(n)^{1/2}$	$0,004.(\Sigma d)^{1/2}$
PPBP, ZPBP, ZhB	50-400	1500	$100.(n)^{1/2}$	$0,006.(\Sigma d)^{1/2}$

Tab. 5.1 Geometrické parametry a kritéria přesnosti polygonových pořadů (Návod pro obnovu katastrálního operátu a obnovu ve znění dodatku č.1 a 2)

legenda

n je počet bodů pořadu včetně bodů připojovacích

Σd je součet délek stran pořadu

Parametry a porovnání dosažené přesnosti obou pořadů jsou uvedeny v *Tabulce 5.2*

č. pořadu	délka pořadu (m)	počet stran	max. poměr délek sousedních stran	úhlová odchylka (cc)	mezní úhl. odch. (cc)	polohová odchylka (m)	mezní poloh. odch. (m)
1	890,903	11	1 : 2,47	41	346	0,090	0,179
2	855,159	10	1 : 1,84	29	332	0,084	0,175

Tab. 5.2 Přesnost polygonových pořadů

č. bodu	polygon 1		polygon 2	
	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)
4001	596234,97	1156802,21	596234,97	1156802,21
4002	596335,85	1156840,98	596335,85	1156840,98
4010	569682,32	1156683,87	596682,32	1156683,87
	rozdíl souřadnic		průměr	
4001	0,00	0,00	596234,97	1156802,21
4002	0,00	0,00	596335,85	1156840,98
4010	0,00	0,00	596682,32	1156683,87

Tab. 5.3 Průměr z dvojího měření

Výšky bodů byly převzaty ze zápisníku technické nivelace. Výšky určené v milimetrech byly pro potřeby podrobného mapování zaokrouhleny na centimetry.

5.2.2 Zhuštění pomocné měřické sítě

Jedná se o třináct bodů (4017 – 4029). Použití totální stanice při zaměření těchto bodů zajistilo určení polohy i výšky bodu současně. Na stanovisku, ze kterého byl bod zaměřen, byl tedy určen horizontální úhel, zenitový úhel, šikmá délka a výška přístroje i cíle. Z těchto dat byly vypočítány souřadnice polohy a výšky s přesností na centimetry, což je požadovaná přesnost pro podrobné mapování ve třídě přesnosti 3.

5.2.3 Podrobné body

Mapováním bylo zaměřeno 1051 podrobných bodů. Jejich polohové a výškové souřadnice byly vypočteny v softwaru Groma funkcí *polární metoda dávkou*. Tato funkce umožňuje výpočet většího množství bodů zaměřených pomocí tachymetrie. Pokud se při

výpočtu objevil bod již dříve vypočtený (kontrolní zaměření z jiného stanoviště), software určil odchylky následně využité při *testování přesnosti viz. kapitola 6*.

6 TESTOVÁNÍ PŘESNOSTI

„Dosažená přesnost se ověřuje testováním výsledků na výběru podrobných bodů z území, ve kterém se realizuje tvorba nebo údržba mapy v jedné třídě přesnosti. Testuje se statistická hypotéza, že výběr přísluší stanovené třídě přesnosti. Podrobné body se pro ověření přesnosti vyberou tak, že:

1. jsou jednoznačně identifikovatelné (ČSN 73 0401),
2. tvoří reprezentativní výběr (ČSN 01 0215),
3. jsou rovnoměrně rozmístěny po celém území,
4. nezahrnují body, umístěné v bezprostřední blízkosti bodů bodového pole, které byly použity při tvorbě, nebo údržbě mapy.“

(Kalvoda, 2011, str. 6)

Jednoznačně identifikovatelný bod je bod, u něhož je možné jeho kontrolní zaměření. To je možné zajistit stabilizací (dřevěný kolík na nezpevněném povrchu) nebo pouze signalizací bodu (označení barvou na zpevněném povrchu).

Reprezentativní výběr je stanoven jako deset procent z celkového počtu bodů. V rámci této bakalářské práce bylo kontrolně zaměřeno 106 podrobných bodů.

6.1 Testování polohy

Pro každý kontrolně zaměřený podrobný bod byly vypočteny souřadnicové rozdíly prvního a kontrolního určení Δy_i a Δx_i . Z těchto rozdílů byly vypočteny výběrové střední chyby s_x a s_y .

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

Pokud má kontrolní měření stejnou přesnost jako původní zaměření, koeficient $k = 2$.

Výpočet výběrové střední chyby $s_{x,y}$.

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

Přesnost souřadnic se pokládá za vyhovující když:

1. Polohové odchylky Δp vypočtené ze vztahu:

$$\Delta p = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \text{ vyhovují kritériu } |\Delta p| \leq 1,7 \cdot u_{x,y}$$

2. Je přijata statistická hypotéza, že výběr přísluší stanované třídě přesnosti, tj. výběrová střední souřadnicová chyba $s_{x,y}$ vyhovuje kritériu:

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

Pro třídu přesnosti 3 je $u_{x,y} = 0,14$ m a $\omega_{2N} = 1,10$ (pro 31 – 300 bodů)
(ČSN 01 3410, 1990)

Výsledky testování přesnosti polohy jsou uvedeny v příloze č. 8.1.

6.2 Testování výšky

Pro ověření přesnosti výšek bylo použito nezávislé kontrolní zaměření se stejnou přesností. Byly vypočteny výškové rozdíly mezi prvním a kontrolním zaměřením ΔH_i .

Výpočet výběrové střední výškové chyby s_H :

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

Pokud má kontrolní měření stejnou přesnost jako původní zaměření, koeficient $k = 2$.

Přesnost určení výšek se pokládá za vyhovující když:

1. výškové odchylky ΔH vyhovují kritériu:

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

2. Je přijata statistická hypotéza, že výběr přísluší stanované třídě přesnosti, tj. výběrová střední souřadnicová chyba s_H vyhovuje kritériu:

a. pro zpevněný povrch: $s_H \leq \omega_N \cdot u_H$

b. pro nezpevněný povrch: $s_H \leq 3 \cdot \omega_N \cdot u_H$

Pro třídu přesnosti 3 je $u_{x,y} = 0,14$ m a $\omega_N = 1,15$ (pro 35 – 60 bodů) a 1,10 (pro 31 – 300 bodů)
(ČSN 01 3410, 1990)

Výsledky testování přesnosti výšek jsou uvedeny v *Příloze č. 8.2.*

7 GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ

Vypracování účelové mapy v měřítku 1:500 je hlavním výsledkem této bakalářské práce. Veškerá činnost popsaná v předcházejících kapitolách byla nutná pro vytvoření této mapy.

7.1 Použitý software

Microstation 95

Microstation je velmi oblíbeným softwarem v oblasti geodetické praxe. Pro vyhotovení účelové mapy byla použita verze 95. Výhodou této starší verze před novějšími (např. V8) je její univerzálnost.

„Systém Microstation je grafický editor střední třídy určený pro pořízení a editaci kresby v různých oborech technické praxe. Je koncipován jako hierarchie modulů, přičemž jádrem je modul se základními funkcemi pro rovinnou prostorovou grafiku. Microstation je produktem americké firmy Bentley Inc.“

(BARTONĚK, BERKOVÁ, 2004, str. 9)

Samotný program Microstation 95 by pro tvorbu mapy nestačil. Byl proto rozšířen o nadstavbu MGEO.

MGEO 4.8.5

MGEO je geodetická nadstavba pro program Microstation od firmy GISoft v.o.s. Umožňuje hromadné nahrávání bodů z textových nebo databázových souborů. Dále umožňuje identifikaci a vykreslení mapových rámců. Pro každý druh importované entity (značka bodu, číslo bodu,...), je možné nastavit vlastní parametry podle přání objednatele.

Atlas DMT

Pro tvorbu vrstevnic byl využit ATLAS DMT. Tento software zpracovává výškopisná data pro tvorbu digitálního modelu terénu. Výstupem může být několik

možností vyjádření. Pro bakalářskou práci bylo využito vrstevnic, další možnosti jsou hypsometrie, pohledové mapy,...

(Atlas: Výstupy z DMT Atlas. [online]. [cit. 2013-05-23].

Dostupné z: <http://www.atlasltd.cz/prof.php?p=1>)

7.2 Tvorba mapy

Byl vytvořen nový výkresový soubor v programu Microstation na základním výkresu S – JTSK. Následovalo nahrání bodů pomocí nadstavby MGEO. Body byly před samotným importem rozříděny podle kódů do samostatných textových souborů. Nahrávání skupin bodů po jednotlivých kódech, značně zjednodušilo a urychlilo kresbu mapy. Kresba byla prováděna podle instrukcí v ČSN 013411 a Pokynu pro tvorbu účelové mapy. Knihovny buněk, uživatelských čar a fontů byly nastaveny podle výše zmíněného Pokynu.

Výškopisné vyjádření pomocí vrstevnic bylo vygenerováno v programu Atlas DMT. Po převedení vrstevnic do prostředí programu Microstation bylo zapotřebí vrstevnice na některých místech generalizovat.

Další způsoby vyjádření výškopisu užívané v plánu jsou výškové kóty (zaokrouhleny podle druhu povrchu) a technické šrafy.

Finální verze výškového a situačního plánu je v Příloze č. 1.

Tabulka Atributů použitých v mapě je v Příloze č. 9.

8 ZÁVĚR

Předmětem této bakalářské práce bylo zaměření části lesoparku Čertova rokle pro následnou tvorbu účelové mapy. Na lokalitě upřesněné vedoucím bakalářské práce, bylo provedeno zaměření metodou tachymetrie.

Plnění cíle bakalářské práce bylo započato vyhledáním podkladů o bodových polích a možných způsobech budování pomocné měřické sítě. Po seznámení s těmito podklady byla provedena rekognoskace nejprve v letním období a následně v zimě. Z informací získaných při rekognoskaci byla zvolena metoda zaměření pomocné sítě dvěma polygonovými pořady. Výška těchto bodů byla určena pomocí technické nivelace. Vzhledem k členitosti terénu a hustotě porostu na lokalitě, byla pomocná měřická síť zhuštěna body určenými metodou rajonu. Výška byla určena trigonometricky. Pro podrobné měření byla použita metoda tachymetrie. Ověření zda byla dodržena požadovaná třída přesnosti 3, bylo provedeno pomocí kontrolního zaměření bodů z jiného stanoviště metodou tachymetrie.

Hlavním výstupem bakalářské práce je vyhotovení výškového a situačního plánu v měřítku 1:500. Pro práci s body byl použit souřadnicový systém S-JTSK a výškový systém Bpv.

Vypracování této práce mi přineslo spoustu nových zkušeností s mapováním, včetně nových poznatků získaných studiem této problematiky.

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- SPĚŠNÝ, Jan. V rokli uprostřed sídliště strašili čerti děti. Moravské noviny Rovnost. Brno: Moravské novinové nakladatelství, a.s, 2013, č. 4. DOI: deník rovnost.
- ČSN 013410. Mapy velkých měřítek: Základní a účelové mapy. Praha: Vydavatelství norem, 1990.
- ČSN 013411. Mapy velkých měřítek: Kreslení a značky. Praha: Vydavatelství norem, 1990.
- Návod pro obnovu katastrálního operátu a převod ve znění dodatku č. 1 a 2. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální. 2009. ISBN 978-80-86918-59-4.
- FIŠER, Z. - VONDRÁK, J.: Mapování I., Brno: VUT 2005
- KALVODA, P.: Pokyn pro tvorbu účelové mapy, Brno: VUT 2011
- VONDRÁK, J. Geodézie II. Modul 01. Geodetická cvičení II. Brno VUT. 2004. studijní opora
- NEVOSÁD, Z., VITÁSEK, J. Geodézie II. Modul 03. Průvodce předmětem Geodézie II. Brno VUT. 2004. studijní opora
- NEVOSÁD, Z. – VITÁSEK, J. Geodézie III. Průvodce 01. Průvodce předmětem geodézie III. Brno VUT. 2005. studijní opora
- BARTONĚK, D., BERKOVÁ, A. Microstation. Modul 1. Prostředí a základy kresby. Brno VUT. 2004. studijní opora
- Groma. Groma: Geodetický software [online]. [cit. 2013-04-14]. Dostupné z: <http://groma.cz/cz/groma>
- Lesná (Brno). In: Wikipedia [online]. [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Lesn%C3%A1_\(Brno\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Lesn%C3%A1_(Brno))
- TOTÁLNÍ STANICE TOPCON: Řada GPT-3000(L)N. [online]. [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: http://www.geometra-opava.com/obchod/html/totalky_gpt3000.htm#tech_param

10 ZDROJE OBRÁZKŮ

- SEZNAM.CZ. Mapový portál [online]. [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: www.mapy.cz
- ČÚZK. Geoprohlížeč [online]. [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/default.aspx?ck=1&&SID=&wmcid=702&srs=EPSG:102067&bbox=-770164.02454,-1182808.48863,-769495.94104,-1182408.43863&lng=CZ>
- http://vatgia.com/pictures_fullsize/rlc1308888450.jpg
- http://mayvanphongphuthinh.com/images/product/fullsize/c41ii_300gt4.jpg

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
SMO5	Státní mapa odvozená 1:5000
ZABAGED	Základní báze geografických dat
S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
Bpv	Balt po vyrovnání
GNSS	Globální navigační satelitní systém
RTK	Real time kinematic
PPBP	Podrobné polohové bodové pole
ZBPB	Základní polohové bodové pole
ZHB	Zhušťovací bod
ČSN	Česká statní norma
ZVBP	Základní výškové bodové pole

12 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obr. 2.1	Poloha Lesné v rámci města Brna
Obr. 3.1	Snímek rozložení bodů bodových polí v blízkosti lokality
Obr. 4.1	Topcon GPT 3003N
Obr. 4.2	SOKKIA C41
Obr. 4.3	Ukázka měřického náčrtu
Obr. 5.1	Pracovní prostředí softwaru Groma 8.0.5
Tab. 3.1	Výsledek rekognoskace bodového pole
Tab. 5.1	Geometrické parametry a kritéria přesnosti polygonových pořadů
Tab. 5.2	Přesnost polygonových pořadů
Tab. 5.3	Průměr z dvojího měření

13 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1 Situační a výšková mapa (6 x A4) A + D
- Příloha č. 2 Adjustovaný měřický náčrt (4 x A4) D
- Příloha č. 3 Zápisníky měření
- 3.1 Zápisník měření pomocné měřické sítě D
 - 3.2 Zápisník podrobného měření D
 - 3.3 Zápisník technické nivelace D
- Příloha č. 4 Výpočetní protokoly
- 4.1 Protokol pomocné měřické sítě D
 - 4.2 Protokol o výpočtu podrobných bodů D
- Příloha č. 5 Seznamy souřadnic
- 5.1 Seznam souřadnic pomocné měřické sítě A + D
 - 5.2 Seznam souřadnic podrobných bodů D
- Příloha č. 6 Přehledný náčrt pomocné měřické sítě (2 x A4) A + D
- Příloha č. 7 Geodetické údaje
- 7.1 Geodetické údaje použitých bodů ZPBP, PPBP a ZVBP D
 - 7.2 Geodetické údaje bodů pomocné měřické sítě A + D
- Příloha č. 8 Ověření přesnosti
- 8.1 Ověření přesnosti polohy bodů A + D
 - 8.2 Ověření přesnosti výšek bodů A + D
- Příloha č. 9 Tabulka atributů pro kresbu A + D

A analogová forma

D digitální forma