



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

POLOHOPISNÉ A VÝŠKOPISNÉ ZAMĚŘENÍ LOKALITY U VILÉMOVIC

MAPPING SURVEY OF THE LOCALITY NEAR VILÉMOVICE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Daniel Praus

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL KURUC, Ph.D.

BRNO 2019

ABSTRAKT

Práce pojednává o zaměření a vyhotovení účelové mapy lokality u Vilémovic ve zvoleném měřítku 1:1000. Celá lokalita spadá do CHKO Moravský kras. V mapě je dbáno na vykreslení krasových jevů v oblasti. Jedním z výstupů je seznam souřadnic krasových jevů pro CHKO. Při mapování byla dodržena 3. třída přesnosti dle ČSN 0134 10.

KLÍČOVÁ SLOVA

účelová mapa, závrť, mapování, Tachymetrie

ABSTRACT

The work is about measurement and creation of the purpose map of the location near Vilémovice in the selected scale of 1: 1000. The whole locality belongs to the Moravian Karst PLA. The map is focused on rendering karst phenomena in the area. One of the outputs is a list of karst phenomena coordinates for the PLA. The mapping was followed by the 3rd accuracy class according to ČSN 0134 10.

KEYWORDS

purpose map, sinkhole, mapping, tacheometry

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Daniel Praus *Polohopisné a výškopisné zaměření lokality u Vilémovic*. Brno, 2019. 36 s., 6 ks. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Michal Kuruc, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Polohopisné a výškopisné zaměření lokality u Vilémovic* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 23. 05. 2019

Daniel Praus
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Polohopisné a výškopisné zaměření lokality u Vilémovic* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 23. 05. 2019

Daniel Praus
autor práce



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Daniel Praus
Název	Polohopisné a výškopisné zaměření lokality u Vilémovic
Vedoucí práce	Ing. Michal Kuruc, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

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

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
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

Vyhláška č. 31/1995 Sb., kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřičství a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, v aktuálním znění

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

ČSN 01 3411 - Mapy velkých měřítek – Kreslení a značky

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

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

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

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ 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

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé práce Ing. Michalu Kurucovi, Ph.D. za podporu a rady při tvorbě bakalářské práce. Také bych rád poděkoval Danielu Gottvaldovi za pomoc při měření lokality.

Obsah

1 Úvod	9
2 Lokalita	10
2.1 Moravský kras	11
2.2 Závrtý	11
3 Použité měřické vybavení	12
4 Rekognoskace terénu	15
4.1 Budování sítě pomocných bodů	15
4.2 Vstup na pozemek	16
5 Hlavní použité měřické metody	17
5.1 Prostorová polární metoda	17
5.2 RTK	18
6 Měření	20
6.1 Náčrt	22
7. Výpočetní práce	23
8. Grafické zpracování	24
8.1 Výškopisné zpracování	25
8.2 Použité vrstevnice	27
9 Testování dosažených výsledků	27
10 Závěr	31

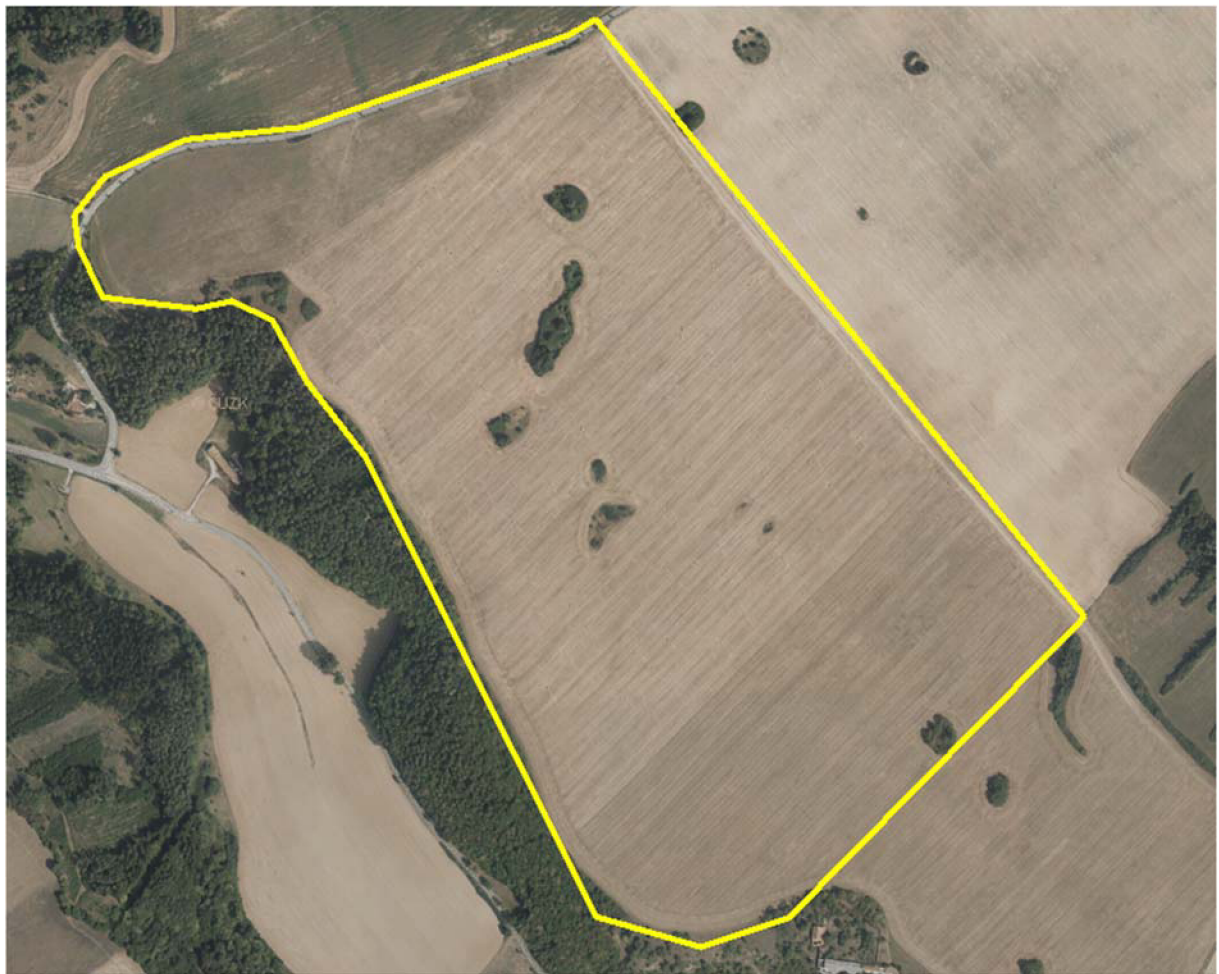
11 Seznam použitých zdrojů	32
12 Seznam použitých zkratk	33
13 Seznam použitých obrázků a tabulek	34
14 Seznam příloh	35

1. Úvod

Předmětem bakalářské práce je tachymetrické zaměření dané lokality v měřítku 1:1000 a vytvoření detailů závrťů v měřítku 1:500. Přesnost výsledných souřadnic je ve třetí třídě přesnosti dle ČSN013410. Tato práce je zpracovávána v rámci spolupráce Správy CHKO Moravský kras a Ústavu geodézie. Hlavním rysem zájmového území je jeho rozloha, která činí: 764400 m^2 . Polohopis mapy je v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému baltském po vyrovnání.

2. Lokalita

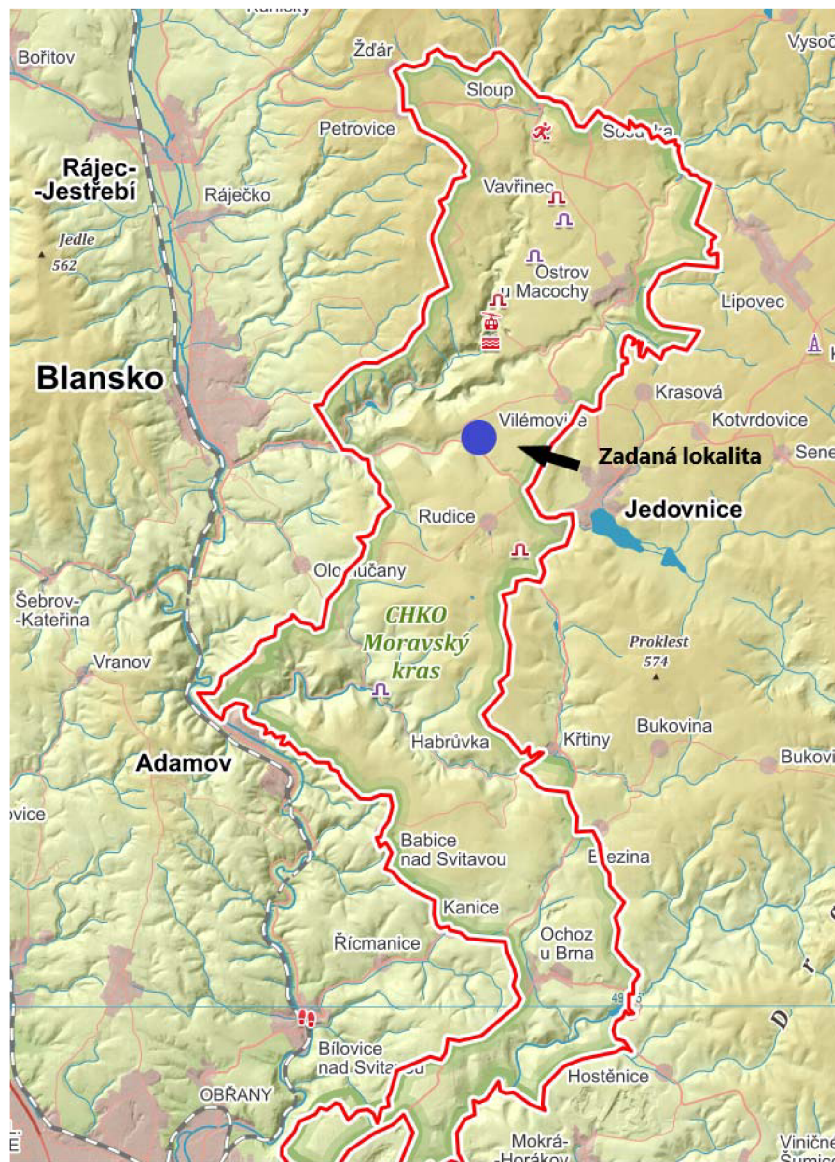
Lokalita se nachází na okraji katastrálního území Lažánky u Blanska mezi vesnicemi Vilémovice a Lažánky. Celá lokalita spadá do CHKO Moravský kras (viz obrázek 2). Zájmové území je z větší části tvořeno ornou půdou a loukou (viz obrázek 1). Po celé oblasti se nacházejí závrtky.



Obrázek 1 Ortofotomapa lokality [zdroj podkladu: cuzak.cz]

2.1 Moravský kras

Moravský kras patří mezi nejvýznamnější krasové oblasti ve střední Evropě, byl založen roku 1956 a slouží k ochraně přírodních jevů a živočichů vyskytujících se na jeho území. Na území se nachází přes 1000 jeskyní a jeskyních systémů, z toho 5 je zpřístupněno veřejnosti: Balcarka, Kateřinská, Punkevní, Sloupsko-šošůvské a Výpustek. Právě vstup do jedné z těchto jeskyní považuji za nejzajímavější možnost návštěvy v CHKO Moravský kras. Většina zbývajících území je pokryta lesy a vápencovými útvary. [1] [2]



Obrázek 2 Mapa CHKO Moravský kras [3]

2.2 Závrtý

Místa, kde dochází k prohlubování krasového reliéfu se nazývají závrtý. Vznikají při rozpouštění hornin směrem dolů jedná se o jeden z nejtypičtějších krasových jevů. Na dně závrtu se může nacházet ústí do podzemní řeky, propast nebo vstup do podzemních prostorů. Postupem času může docházet ke splývání jednotlivých závrtů, které pak tvoří protáhlé deprese o nestejně hloubce dna. [4]



Obrázek 3 Dvojice závrtů

3. Použité měřické vybavení

Veškeré vybavení bylo vypůjčeno z Fakulty stavební VUT v Brně. Pro práci v terénu jsem si zvolil přístrojové vybavení značky Trimble, které převyšuje potřebnou přesnost pro měření ve 3. třídě přesnosti, kdy mezní souřadnicová chyba nesmí přesáhnout hodnotu 0,14 m.

Rozbor přesnosti před měřením:

$$m_{x,y} = \frac{\mu_{xy}}{t} = \frac{0,014}{2,5} = 0,0056 \text{ m}$$

$$m_{x,y} = \sin\alpha \cdot \cos\alpha \cdot m_s^2 - s^2 \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha \cdot m_\alpha^2$$

$$m_{x,y} = \frac{1}{2} \cdot (m_s^2 + s^2 \cdot m_\alpha^2)$$

S uvážením zásady stejného vlivu:

$$\Rightarrow m_s^2 = \frac{2 \cdot m_{x,y}^2}{2} = m_{x,y}^2 \rightarrow m_s = m_{x,y} = 0,0056 \text{ m}$$

$$\Rightarrow m_\alpha^2 = \frac{2 \cdot m_{x,y}^2}{2 \cdot s^2} = \frac{m_{x,y}^2}{s^2} \rightarrow m_\alpha = \frac{m_{x,y}}{s} \cdot \rho = 0,0127'' \text{ (pro délku 300 m)}$$

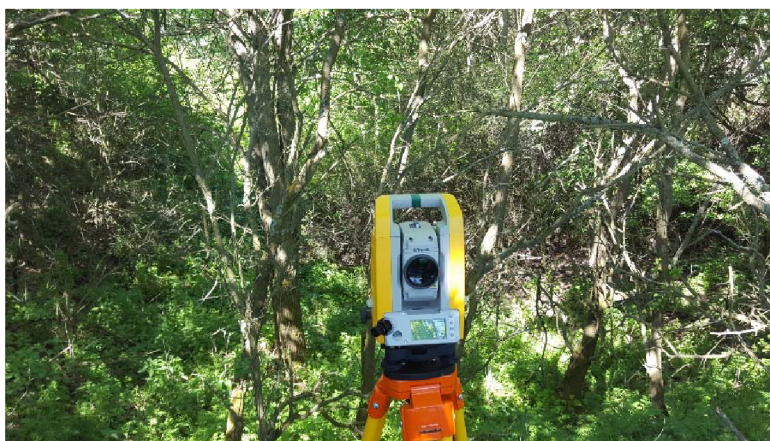
Z těchto středních chyb lze konstatovat, že vybrané vybavení převyšuje o řád potřebnou přesnost.

Totální stanice Trimble M3

Jedná se o malou kompaktní mechanickou totální stanicí. Softwarové vybavení totální stanice obstarává Trimble Access, který je uživatelsky nenáročný na obsluhu přístroje. Stroj jsem využíval při celém zaměření lokality.

Tabulka 1 Přesnost aparatury Trimble M3 udávaná výrobcem

Bez hranolové měření délky	$\pm (3+2 \text{ ppm} \cdot D) \text{ mm}$
Hranolové měření délky	$\pm (3+2 \text{ ppm} \cdot D) \text{ mm}$
Měření úhlu	$6''$



Obrázek 5 Trimble M3

Trimble GNSS R4

Jedná se o kompletní GNSS přijímač s dvoufrekvenční anténou. Podporuje měření na frekvencích L1 a L2. Přijímač splňuje požadavky pro výkon zeměměřických činností a je schopen rovnou poskytovat transformované souřadnice do závazných souřadnicových systémů v ČR (S-JTSK, Bpv) přímo v kontroloru bez potřeby dalšího výpočtu na počítači.

Přístroj jsem využil hlavně k určení souřadnic dočasných stanovišek a zaměření podrobných bodů terénu nacházejících se na poli. Při samotném měření jsem použil metodu měření v reálném čase (RTK) s využitím korekcí ze sítě referenčních stanic (Trimble VRS Now Czech).

Tabulka 2: Přesnost aparatury Trimble R4 udávaná výrobcem

Kinematická metoda – polohová přesnost	$\pm (10+1 \text{ ppm} \cdot D) \text{ mm}$
Kinematická metoda – přesnost ve výšce	$\pm (20+1 \text{ ppm} \cdot D) \text{ mm}$
Přibližný čas inicializace	Pod 25s



Obrázek 6 Ukázka měření GNSS aparaturou Trimble R4 na lokalitě

4. Rekognoskace terénu

Před příjezdem na lokalitu jsem na webových stránkách ČÚZK pomocí služby Geoportál ověřil možnosti použitelných bodů k polohovému připojení do S-JTSK. Body na lokalitě jsem vyhledal a kontrolně zaměřil pomocí RTK.

Bod 934200220 jsem zvažoval jako orientaci, ale před bodem vyrostl strom, který znemožňoval zacílení z mé lokality. Soupis bodů jsem shrnul do tabulky níže. Také jsem provedl obhlídku terénu a rozvahu o ideálním rozvržení bodů pomocné měřické sítě.[7]

Tabulka 2 Dostupné body

Číslo bodu	Ověřen	Využití pro práci
934200219	Ano	Jako stanovisko + orientace
934200230	Ano	orientace
934200205	Ano	orientace
934200220	Ano	Nevyužito kvůli viditelnosti
934200202	Ne	Nevyužito při výpočtu

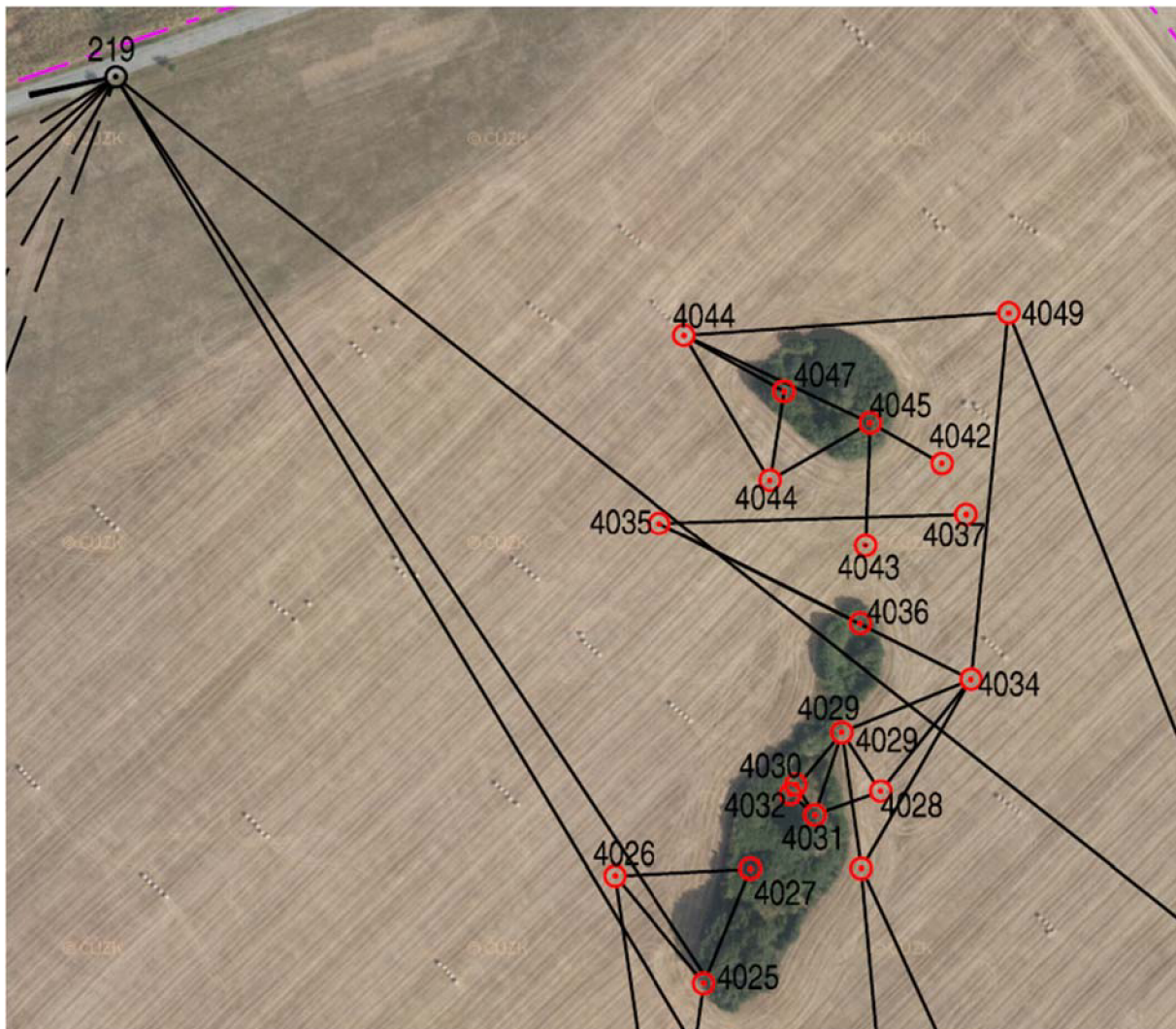
4.1 Budování sítě pomocných bodů

První stanoviska jsem plánoval tak, aby poskytovala možnost připojení na právě ověřené body z tabulky číslo 3.

Při budování takto rozvržené sítě se objevil první problém, na lokalitu přijel zaměstnanec zemědělské firmy, která obhospodařuje místní pole s tím abych opustil lokalitu. Po zdoluhavé domluvě mi nakonec bylo umožněno se na lokalitě pohybovat s výhradou, že auto budu parkovat na vzdáleném pozemku.

V průběhu měření se objevil druhý problém spojený se zaměstnancem firmy mezi jednotlivými měřeními, tentokrát ničil dočasně stabilizované body pomocí kolíků, které byly záměrně umístěny na okraji závrtů a na dalších místech, kde nevadily případné zemědělské technice.

Proto při následných měřeních bylo nutné vždy zaměřit další stanoviska a orientace pomocí GNSS, aby bylo umožněno připojení do S-JTSK. Většina Bodů byla stabilizována dočasně, a to pomocí dřevěných měřických kolíků, jen na přilehlé asfaltové silnici byl použit měřický hřeb a barva.



Obrázek 7 Ukázka měřické sítě

4.2 Vstup na pozemek

Zákon o zeměměřictví č. 200/1994 Sb. §7 umožňuje osobám oprávněným provádět zeměměřickou činnost vstup na pozemky po předchozím oznámení.

V případě zaměření bakalářské práce nebo jiného zaměřování pro účely výuky vždy záleží na konkrétní domluvě s majitelem, tak aby nevznikl problém, který jsem uvedl u budování sítě. Všeobecně je zvyklostí že lidé se pohybují po neoplocených pozemcích bez předchozího povolení. [7]

5. Hlavní použité měřické metody

5.1 Tachymetrie

Pro určení většiny podrobných bodů byla použita metoda tachymetrie, kdy se pomocí totální stanice měří vodorovný úhel, zenitový úhel a šikmá délka pomocí elektro optického dálkoměru. Z takto naměřených údajů se tachymetricky spočítá převýšení mezi body. Při použití pevného stanoviska je třeba zaměřit výšku stroje a vykonat přesnou centraci nad bodem. Orientace musí být nejméně dvě úhlové a z toho alespoň jedna délková.

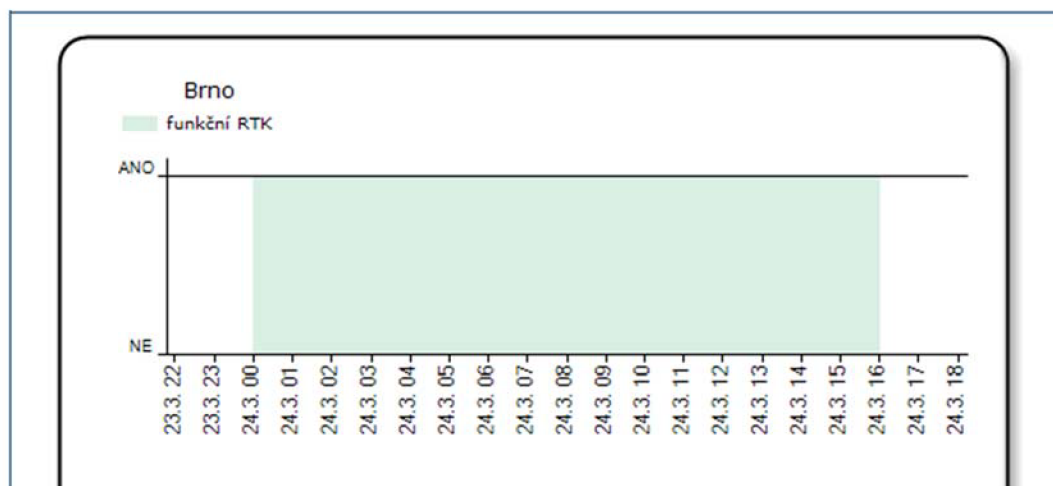
Druhou možností je volné stanovisko, kdy stroj není zcentrován nad známým bodem a souřadnice stanoviska se vypočítají ze souřadnic orientačních bodů a měřených úhlů a délek. Zde je nutné zaměřit minimálně dvě orientace a obě musí být jak úhlové i délkové.

V obou případech je potřeba řádně volit stanoviska, aby neležela v jedné přímce, při volném stanovisku musí být úhel protnutí mezi 30 a 170 grády. Určovaný bod nesmí přesáhnout o jednu polovinu vzdálenost na nejvzdálenější délkovou orientaci. [9]

5.2 RTK

GNSS-RTK měření je metoda při které získáváme souřadnice bodů v reálném čase přímo v terénu. Pomocí sítě permanentních stanic CZEPOS, kdy přijímač na aparatuře získává z NTRIP server korekce z těchto stanic a zároveň přijímá družicová měření z dostupných satelitů. Při použití služby CZEPOS: VRS3 – MAX – GG je vypočítána virtuální referenční stanice poblíž měřeného bodu, z které jsou pak použity korekce pro družicové měření. Aby byly splněny požadavky přílohy č. 9 vyhlášky 31/1995sb. je potřeba dodržet odstup minimálně jedné hodiny při opakovaném měření daného bodu, čas je využíván k změně postavení družic na obloze.

Pro ověření funkčnosti služeb v reálném čase byl použit web zeměměřického úřadu. [8]



Obrázek 8 Ověření referenčních stanic

Zároveň pro ověření správnosti služby v době měření byl použit web <http://oko.pecny.cz> který se zabývá monitoringem permanentních stanic GNSS.

1. Statuty stanic a souřadnice pro konkrétní den

Stav pro den 24.11.2018 (sobota)

Vybrat datum:

Vybrat síť:

Statuty stanic a ověřené souřadnice pro den 24.11.2018 (sobota)

Výsledky pro síťová řešení (z finálního řešení).

Síť	Výsledek
CZEPOS	CZEPOS : Síťové řešení ověřeno
TRIMBLE	Trimble VRS NOW : Síťové řešení ověřeno
TopNet	TopNet : Síťové řešení ověřeno
GEOORBIT	GEOORBIT : Síťové řešení ověřeno

Výsledky pro jednotlivé stanice z finálního řešení.

Stanice	Popis	B	L	H (ell.)	Status	Dráhy (*sp3), komentář
CBUD	Česká Budějovice	48 58 3.47154	14 28 30.97608	456.223	Ověřeno	finální, vypočet OK
CDOM	Domažlice	49 26 45.25334	12 55 26.77675	519.603	Ověřeno	finální, vypočet OK
CFRM	Frydek-Místek	49 41 5.25414	18 21 11.45814	373.590	Ověřeno	finální, vypočet OK
CHOD	Hodonín	48 50 58.63247	17 07 44.64130	228.387	Ověřeno	finální, vypočet OK
CJES	Jeseník	50 13 58.16794	17 12 29.99628	495.223	Ověřeno	finální, vypočet OK
CJHR	Jindřichův Hradec	49 08 52.83156	15 00 31.70530	543.521	Ověřeno	finální, vypočet OK
CJH	Jihlava	49 23 36.79409	15 35 11.02462	576.839	Ověřeno	finální, vypočet OK
CKRO	Kroměříž	49 17 50.93102	17 24 0.51417	258.576	Ověřeno	finální, vypočet OK
OKVA	Karlovy Vary	50 13 57.33553	12 50 30.75148	446.082	Ověřeno	finální, vypočet OK
CLUB	Libeň	50 46 18.12754	15 03 35.60854	448.350	Ověřeno	finální, vypočet OK
CLIT	Litoměřice	50 32 24.98638	14 08 24.90019	243.275	Ověřeno	finální, vypočet OK
CMBO	Mladá Boleslav	50 24 46.36455	14 54 21.47138	303.463	Ověřeno	finální, vypočet OK
CPAR	Pardubice	50 02 22.37198	15 46 59.68533	283.270	Ověřeno	finální, vypočet OK
CPRA	Prachovice	49 00 51.48166	13 59 45.37721	545.390	Ověřeno	finální, vypočet OK
CPRG	Praha	50 07 30.82619	14 27 21.80473	356.025	Ověřeno	finální, vypočet OK
CPRI	Příbram	49 41 16.07281	13 59 53.72812	583.676	Ověřeno	finální, vypočet OK
CRAK	Rakovník	50 06 8.60195	13 43 45.25313	381.870	Ověřeno	finální, vypočet OK
CSUM	Šumperk	49 57 53.16941	16 58 51.44527	378.365	Ověřeno	finální, vypočet OK
CSVI	Svitavy	49 45 28.15413	16 28 16.70846	498.442	Ověřeno	finální, vypočet OK
CTAB	Tábor	49 24 35.26837	14 40 48.78739	496.233	Ověřeno	finální, vypočet OK
CTRU	Tuřínov	50 33 45.51694	15 54 30.41208	478.595	Ověřeno	finální, vypočet OK
CVSE	Vsetín	49 20 16.84132	17 59 27.64664	407.325	Ověřeno	finální, vypočet OK
CZBC	Břeclav	48 45 15.02783	16 53 23.74332	216.656	Ověřeno	finální, vypočet OK
CZBO	Bohdalovice	48 44 31.37084	14 17 11.04473	683.268	Ověřeno	finální, vypočet OK
CZBR	Břež	49 12 14.43880	16 36 42.19918	274.210	Ověřeno	finální, vypočet OK

Obrázek 9 - Monitoring permanentních stanic

6. Měření

Veškeré měření bylo provedeno tak, aby výsledné souřadnice odpovídali 3.třídě přesnosti dle ČSN 013410.

Tabulka 3 - 3 třída přesnosti [11]

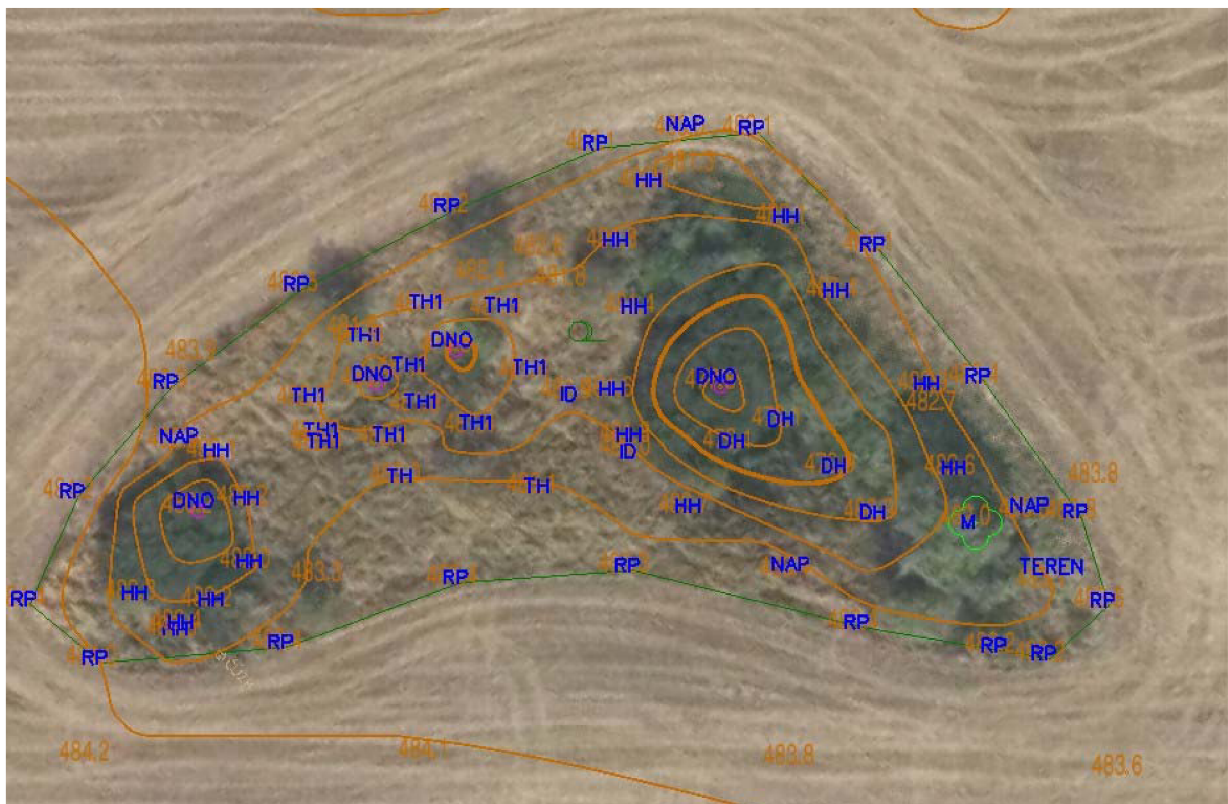
μ_{xy}	μ_H	μ_t
(m)	(m)	(m)
0,14	0,12	0,50

Většina lokality je tvořena polem a loukou s celkem nevýraznými výškovými změnami, z toho důvodu se podrobné body na poli volily v mřížce s takovou hustotou, aby odpovídala přibližně 2-3 cm v mapě. Po konzultaci s vedoucím práce došlo i k změně měřítka výsledné mapy právě díky rozloze a převaze pole nad ostatními druhy prostředí. Tato změna je patrná hustotou bodů měřených během prvního dne. Výsledné měřítko jsem zvolil 1:1000 a zobrazení klíčových krasových jevů v detailu 1:500 při tomhle nastavení byl výsledný počet podrobných bodů 2220.

Z důvodu časové úspory byla většina monotónního terénu zaměřena metodou RTK, kdy se měřilo na dvojici přijímačů najednou a chodilo se v řadách. Při takhle zavedené metodě nelze body zaměřit kontrolně kvůli tomu, že by se jednotlivé body musely stabilizovat v terénu, což přibližně u 1000 bodů není možné. Při dodržení třetí třídy přesnosti na nezpevněném terénu je mezní střední výšková chyba definována jako trojnásobek střední chyby, tedy 0,36 m a měření výšky za pomoci GNSS metodou RTK dosahuje přesnosti v rámci centimetrů. Při měření podrobných bodů metodou RTK jsem průběžně ověřoval již známé trvale stabilizované body a rozdíl v poloze a výšce nepřesahoval 3 cm. Pro kontrolu v návaznosti na průběh terénu a jeho zaměření jsem využil kontrolního profilu, který je přílohou mé práce.

Během měření jsem musel několikrát doplnit měřickou síť dočasně stabilizovaných bodů kvůli špatné viditelnosti v samotných závrttech. Při doplňování měřické sítě jsem kromě rozvržení jednotlivých bodů a stanovisek bral zřetel, aby byla dodržena jistá návaznost, která je patrná v přehledce bodového pole.

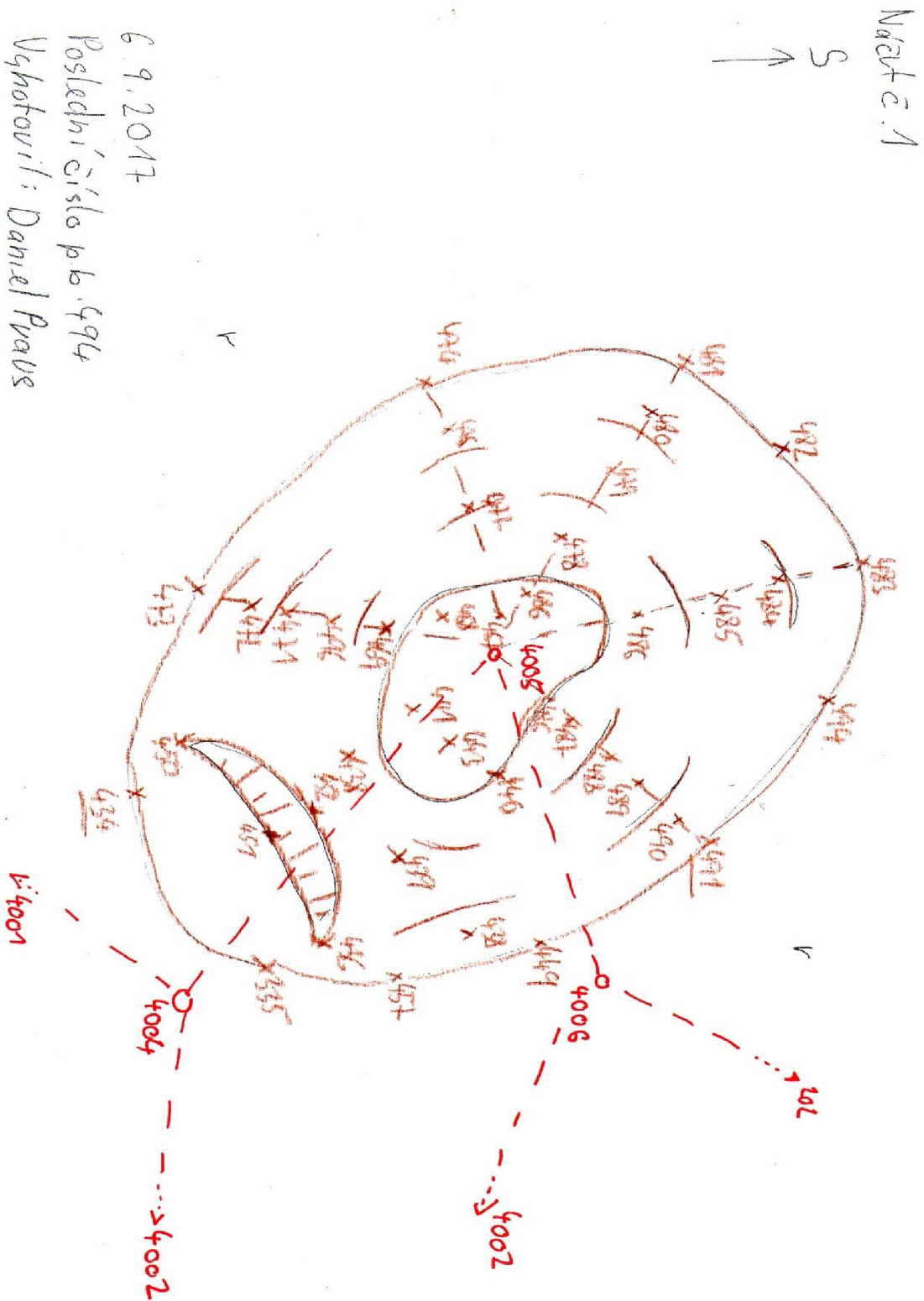
Ostatní podrobné body byly zaměřeny polární metodou s ohledem na třetí třídu přesnosti. V závrtch byla volena vyšší podrobnost mapování pro měřítko 1:500, aby byl dostatečně zachycen členitý reliéf terénu. V závrtch byla taktéž zaměřena dna a vstupy do podzemních prostorů. Z polohopisné části na lokalitě zbývalo zaměřit asfaltovou silnici, jednotlivé stromy s použitím odsazení vodorovného úhlu a pár lokalit s keřovým porostem. Během měření jsem vyhotovoval měřický náčrt a používal kódové měření. Na každém stanovisku byl kontrolně zaměřen minimálně jeden podrobný bod, který byl taktéž zaměřen z jiného stanoviska. Korekce do Křovákovy zobrazení jsem zavedl až při samotném výpočtu a v terénu jsem aplikoval pouze fyzikální redukce, které byly stanoveny podle aktuálních povětrnostních podmínek, které byly zadány do přístroje.



Obrázek 10 Příklad kódového měření

6.1 Náčrt

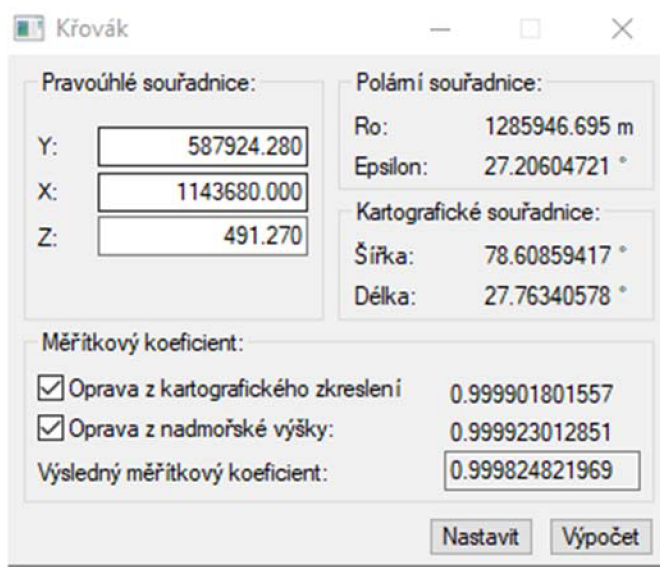
6.9.2017
Poslední číslo p.b. 494
Vyhotovil: Daniel Práus



Obrázek 11 Ukázka měřického náčrtu

7. Výpočetní práce

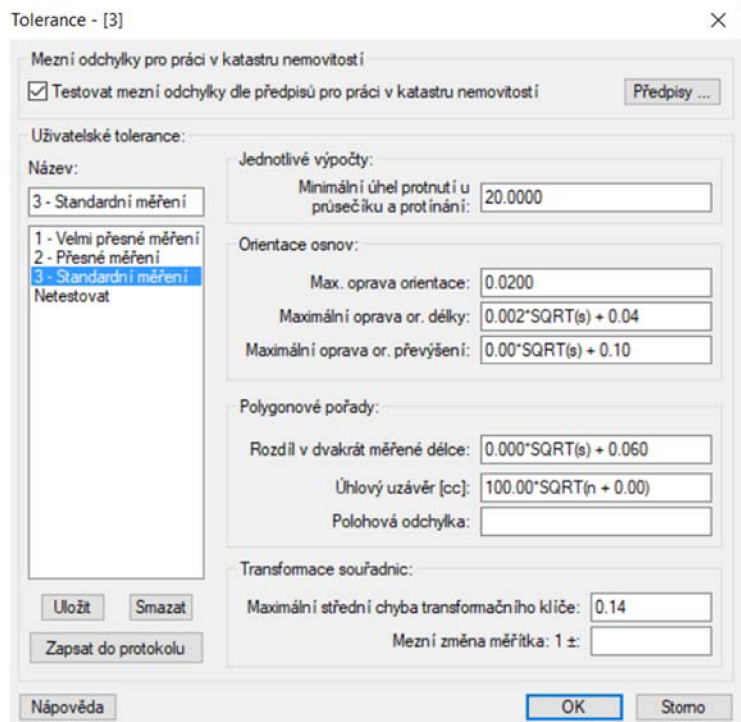
Po dokončení měřických prací jsem z totální stanice vyexportoval zápisníky kompatibilní se softwarem Groma v 12.2, kde jsem provedl výpočet souřadnic podrobných bodů. Z aparatury GPS jsem získal souřadnice a protokoly o měření. Prvním krokem při výpočtu bylo nastavení redukce do Křovákova zobrazení, a to přímo v programu Groma.



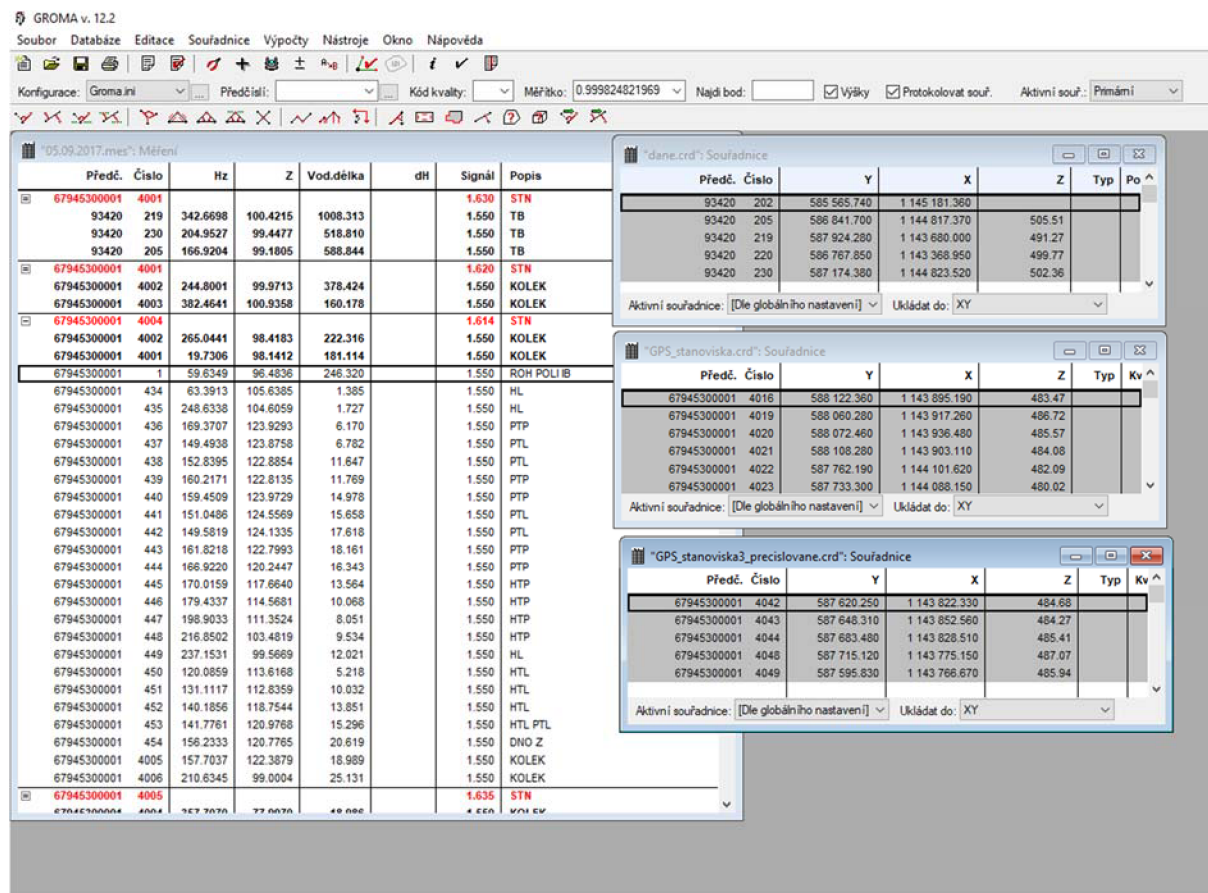
The screenshot shows a software window titled "Křovák" with several input fields and checkboxes. The "Pravoúhlé souřadnice:" section contains three text boxes with values: Y: 587924.280, X: 1143680.000, and Z: 491.270. The "Polární souřadnice:" section contains two text boxes: Ro: 1285946.695 m and Epsilon: 27.20604721 °. The "Kartografické souřadnice:" section contains two text boxes: Šířka: 78.60859417 ° and Délka: 27.76340578 °. The "Měřítkový koeficient:" section has two checked checkboxes: "Oprava z kartografického zkreslení" (0.999901801557) and "Oprava z nadmořské výšky" (0.999923012851). Below these is a text box for "Výsledný měřítkový koeficient:" with the value 0.999824821969. At the bottom right are two buttons: "Nastavit" and "Výpočet".

Obrázek 12 Nastavení zkreslení do S-JTSK

Následně jsem importoval zápisníky ve formátu Mapa2, kde došlo k redukci délek podle nastaveného měřítkového koeficientu. Po importu zápisníku jsem provedl jejich editaci, aby se mohlo přejít k samotnému výpočtu podrobných bodů naměřených v terénu. Mezi vstupními soubory byl seznam souřadnic z měření pomocných bodů GNSS a využití body polohového bodového pole z tabulky 3. Využil jsem funkce polární metoda dávkou. Na kontrolu výpočtu byly použity tolerance v obrázku číslo 11. Výpočet byl zaznamenán do protokolu, který je přílohou této práce.



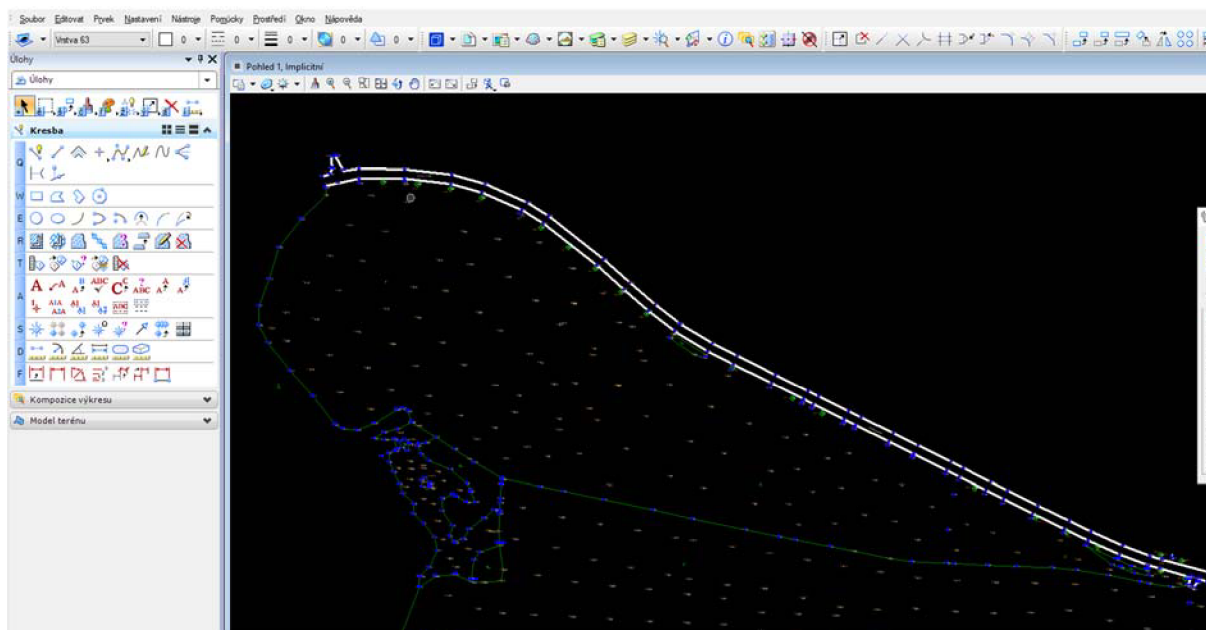
Obrázek 13 Tolerance



Obrázek 14 Práce v programu Groma

8. Grafické zpracování

Nejprve jsem importoval již vypočtené souřadnice do programu Microstation PowerDraft V8i v 8.11, kde proběhla největší část grafického zpracování. Po zobrazení bodů jsem začal tvorbou polohopisné části mapy, přičemž bylo postupováno v souladu s ČSN ČSN013411 a ČSN013410 pro tvorbu účelové mapy. Kreslení proběhlo podle nadefinované tabulky s atributy. Pro ztotožnění jednotlivých bodů byly použity kódy zaznamenané při měření a měřické náčrtu. Kvůli velikosti daného území jsem zvolil tisk pouze části mapy a celkovou mapu odevzdávám pouze v digitální podobě.



Obrázek 15 Práce programu Microstation PowerDraft V8i

8.1 Výškopisné zpracování

Pro interpretaci výškopisu byly použity vrstevnice v intervalu jednoho metru s výškovými kótami, které poskytují jednoduché číselné vyjádření, ale bez použití vrstevnic nenesou kompletní informaci o průběhu terénu. V nezpevněném terénu, který na lokalitě převažuje, jsou výšky udávány na celé decimetry a to značkou 9.12, která zastupuje desetinou čárku v udané výšce. S vyšší přesností kót na celé centimetry jsem se potýkal jen u průběhu silnice, která ohraničuje zájmové území shora. Při editaci byl brán zřetel na přehlednost mapy, překryty textů jsem řešil přesunem nadbytečných kót do netisknutých vrstev mapy.

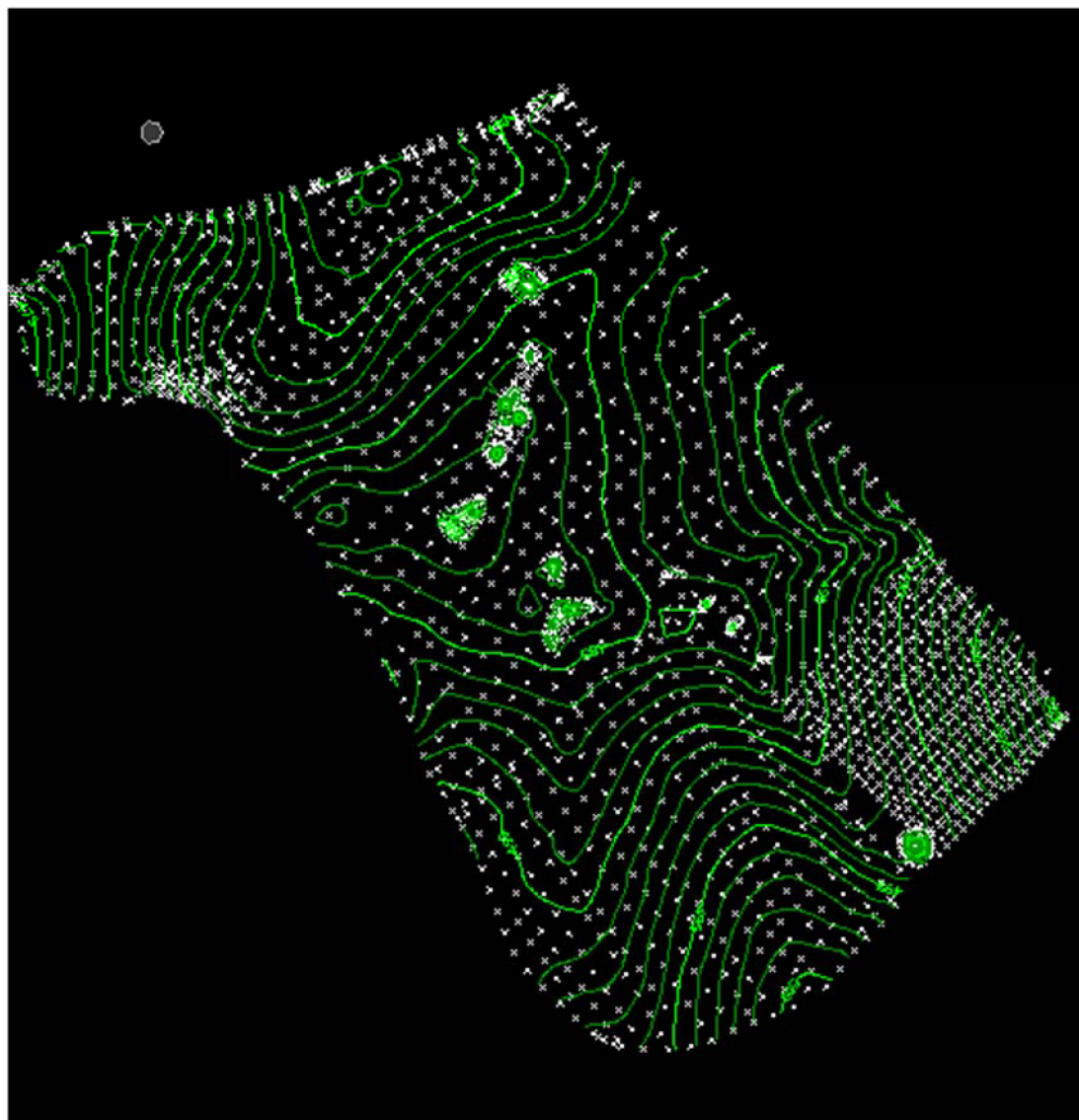
8.2 Použité vrstevnice

Základní vrstevnice

Základní vrstevnice kreslená hnědě plnou čarou o intervalu jednoho metru o výsledné tloušťce 0,18mm. Hlavní důraz byl kladen na plynulý průběh vrstevnic.

Zdůrazněné vrstevnice

Zdůrazněné vrstevnice jsem zobrazil plnou čarou o tloušťce 0,35mm a jejich interval je pětinasobkem základního intervalu, tedy pět metrů. Zdůrazněné vrstevnice na sobě nesou i číselný popis, který je vždy kreslen ve směru stoupání a vhodně rozmístěn po celé mapě.



Obrázek 16 Výstup z programu Atlas

9. Testování dosažených výsledků

Zvolil jsem kontrolní profil jako ideální řešení kontroly dosažených výsledků pro danou lokalitu, kde není dostatek jednoznačně identifikovatelných bodů. Profil byl volen, aby procházel celou lokalitou a přes důležité výškové zlomy kolmo na vrstevnice s hustotou bodů cca 15 m.

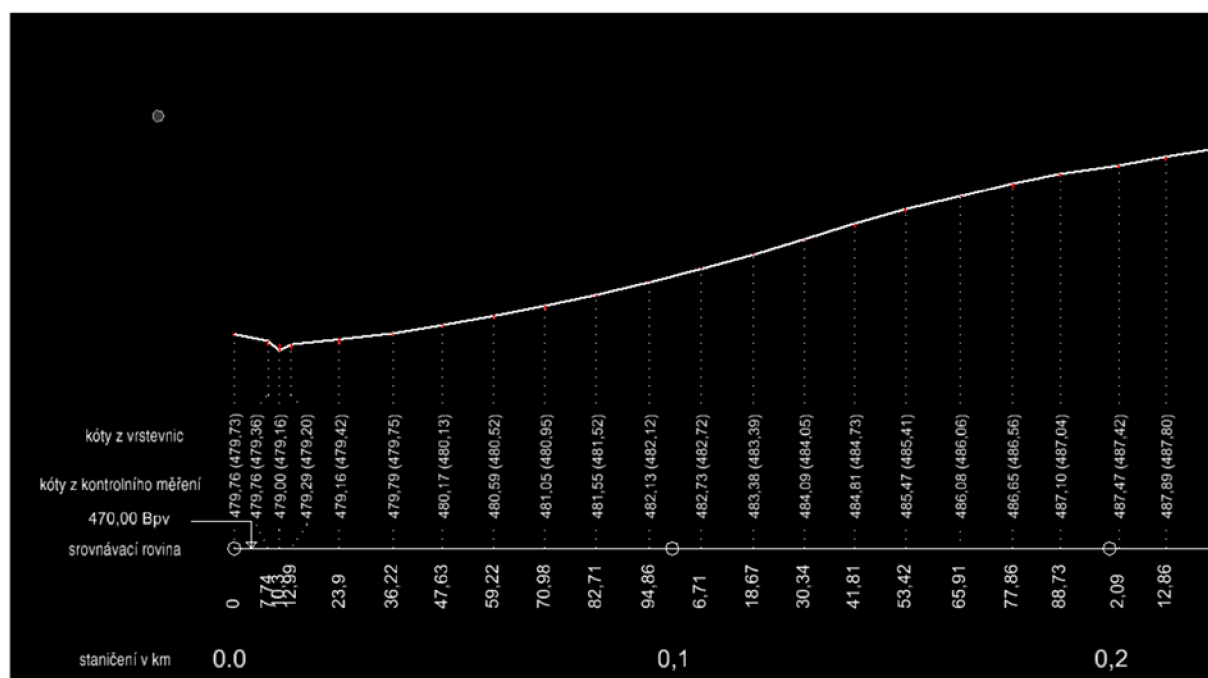
Předběžná trasa profilu se určila už před měřením na základě průběhu terénu a ortofotomapy, takto získaná trasa určila souřadnice pro linii, která byla zaměřena v terénu.



Obrázek 17 Trasa profilu

Pro nezávislé výsledky jsem pomocí GNSS zaměřil nové body podél profilu, které sloužily jako orientace pro stanoviška, ze kterých byly zaměřeny samotné body profilu. Trasa profilu byla vytyčena pomocí přístroje, aby zaměřené body byly v jedné linii. Body na poli byly voleny ve stejném rozestupu a v případě, že profil procházel přes viditelnou terénní hranu, byla taktéž zaměřena.

Z již hotové mapy byly vyinterpolovány výšky bodů zaměřených v profilu a jsou porovnány s výškami přímo měřenými. Takto získané hodnoty jsou znázorněny na přehledném výkresu, kde lze jasně posoudit rozdíl mezi měřením profilu a mapou.



Obrázek 18 Ukázka zobrazení kontrolního profilu

Dosaženou přesnost jsem testoval na základě střední výškové chyby ze vztahu uvedeném v ČSN 013410:

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

k ... je 2 pro body měřené se stejnou přesností

N ... je počet měření

ΔH ... je rozdíl výšek

Pak S_H musí vyhovovat kritériu pro výšky určené z vrstevnic

$$S_H \leq \omega_N \cdot \mu_l$$

ω_N ... je koeficient který na hladině významnosti $\alpha=5\%$ má pro 80 až 500 bodů hodnotu $\omega_N = 1,1$

μ_l ... je pro 3. třídu přesnosti 0,50 m

A rozdíly jednotlivých výšek musí splňovat

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

k ... je 2 pro body měřené se stejnou přesností

μ_l ... je pro 3. třídu přesnosti 0,50 m [6]

Výsledek testování:

Počet testovaných bodů:

$N = 108$

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

Splňuje: 108

Střední výšková chyba:

$S_H = 0,11 \text{ m}$

Test kritéria

$\omega_N \cdot \mu_l = 0,55 \text{ m}$

$S_H \leq \omega_N \cdot \mu_l$ splňuje

č.b	VÝŠKY VYPOČTENÉ Z VRSTEVNIC [m]	VÝŠKY VYPOČTENÉ Z KONTROLNÍHO PROFILU [m]	Dh [m]	\Delta H < \Delta H(mez)
Profil 1				
679453000010001	479,73	479,76	0,03	splňuje
679453000010002	479,36	479,45	0,09	splňuje
679453000010003	479,16	479,00	-0,16	splňuje
679453000010004	479,20	479,29	0,09	splňuje
679453000010005	479,42	479,52	0,10	splňuje
679453000010006	479,75	479,79	0,04	splňuje
679453000010007	480,13	480,17	0,04	splňuje
679453000010008	480,52	480,59	0,07	splňuje
679453000010009	480,95	481,05	0,10	splňuje
679453000010010	481,52	481,55	0,03	splňuje
679453000010011	482,12	482,13	0,01	splňuje
679453000010012	482,72	482,73	0,01	splňuje
679453000010013	483,39	483,38	-0,01	splňuje
679453000010014	484,05	484,09	0,04	splňuje
679453000010015	484,73	484,81	0,08	splňuje
679453000010016	485,41	485,47	0,06	splňuje
679453000010017	486,06	486,08	0,02	splňuje
679453000010018	486,56	486,65	0,09	splňuje
679453000010019	487,04	487,10	0,06	splňuje
679453000010020	487,42	487,48	0,06	splňuje
679453000010021	487,80	487,89	0,09	splňuje
679453000010022	488,18	488,34	0,16	splňuje
679453000010023	488,40	488,47	0,07	splňuje

Obrázek 19 Ukázka testování výšek v kontrolním profilu

10. Závěr

Výsledkem mé práce je účelová mapa v měřítku 1:1000, která pokrývá lokalitu o rozloze: 764400 m^2 . Při měření bylo použito: 53 stanovišek a bylo změřeno 2220 podrobných bodů. Pro účely CHKO byl vyhotoven seznam souřadnic krasových jevů, který bude předán k dalšímu zpracování.

Výsledné souřadnice odpovídají třetí třídě přesnosti dle ČSN 013410 – Mapy velkých měřítek a všechny výstupy jsou vyhotoveny v závazném souřadnicovém a výškovém systému S-JTSK a Bpv. Kresba je v souladu s ČSN 013411 – Mapy velkých měřítek – Kreslení a značky.

Testování přesnosti vyhotovené mapy bylo provedeno pomocí kontrolního profilu. Hodnota výškové výběrové chyby je 0,11 m. Výpočty byly provedeny v programu Groma 12.2 a kresba v programu Microstation PowerDraft V8i v 8.11.

11. Seznam použitých zdrojů

- [1] *Moravský kras* [online]. c2005-2019 [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <http://www.moravskykras.net/index.html>
- [2] *Správa jeskyní Moravského krasu* [online]. Blansko: Správa jeskyní MK, c2007 [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <http://www.cavemk.cz/sprava-jeskyni/>
- [4] *Správa CHKO Moravský kras: Geomorfologie a krasové jevy* [online]. Praha: Resort životního prostředí, c2019 [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <http://www.ochranaprirody.cz/>
- [5] *TOTÁLNÍ STANICE TRIMBLE M3* [online]. Praha: Geotronics Praha, c2016 [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: http://geotronics.cz/wp-content/uploads/2016/05/022543-155J-CZE_TrimbleM3_DS_A4_0414_LR-00000002.pdf
- [6] *TRIMBLE R4 GPS* [online]. Praha: Geotronics Praha, c2016 [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: http://geotronics.cz/wp-content/uploads/2016/05/DS_R4_CZ_GTR.pdf
- [7] Zákon č. 200/1994 Sb., Zákon o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením.
- [8] *CZEPOS* [online]. Praha: ČÚZK, c2010 [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <http://czeapos.cuzk.cz/>
- [9] ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT: *ČSN 01 3410 Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy*. 2014. Praha.
- [10] FIŠER, Zdeněk a Jiří VONDRÁK. *Mapování 1*. Brno, 2005.

12. Seznam použitých zkratek

CHKO	Chráněná krajinná oblast
Bpv	výškový systém baltský – po vyrovnání
S-JSTK	souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě, katastrální
ČSN	Česká státní norma
GNSS	Globální navigační satelitní systém
ppm	part per milion
RTK	Real-time kinematic

13. Seznam použitých obrázků a tabulek

- Obrázek 1 Ortofotomapa lokality
- Obrázek 2 Mapa CHKO Moravský kras
- Obrázek 3 Dvojice závrtů
- Obrázek 4 Ukázka měření Trimble M3 na lokalitě
- Obrázek 5 Ukázka měření GNSS aparaturou Trimble R4 na lokalitě
- Obrázek 6 Ukázka měřické sítě
- Obrázek 7 Ověření referenčních stanic
- Obrázek 8 Monitoring permanentních stanic
- Obrázek 9 Příklad kódového měření
- Obrázek 10 Ukázka měřického náčrtu
- Obrázek 11 Nastavení zkreslení do S-JTSK
- Obrázek 12 Tolerance
- Obrázek 13 Práce v programu Groma
- Obrázek 14 Práce programu Microstation PowerDraft V8i
- Obrázek 20 Trasa profilu
- Obrázek 21 Ukázka zobrazení kontrolního profilu
- Obrázek 22 Testování výšek v kontrolním profilu
-
- Tabulka 4 Trimble M3
- Tabulka 5 R4
- Tabulka 6 Dostupné body
- Tabulka 7 3 třída přesnosti

14. Seznam příloh

1. Ukázka mapy
2. Detaily závrťů
3. Kontrolní profil
4. Přehledka profilu
5. Přehledka bodového pole
6. CD
 - 6.01 Mapa
 - 6.02 Detaily závrťů
 - 6.03 Kontrolní profil
 - 6.04 Protokol GNSS
 - 6.05 Protokol GNSS kontrolní profil
 - 6.06 Protokol o výpočtu podrobných bodů
 - 6.07 Protokol o výpočtu kontrolního profilu
 - 6.08 Seznam souřadnic bodů pomocné měřické sítě
 - 6.09 Seznam souřadnic bodů pomocné měřické sítě kontrolního profilu
 - 6.10 Seznam souřadnic bodů pro CHKO
 - 6.11 Seznam souřadnic podrobných bodů
 - 6.12 Zápisník měření
 - 6.13 Testování výšek
 - 6.14 Tabulka atributů