



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEODÉZIE

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEODESY

MAPA OKOLÍ DRÁTENICKÉ JESKYNĚ V MORAVSKÉM KRASU

MAP OF THE DRATENICKÁ CAVE SURROUNDINGS IN MORAVIAN KARST

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

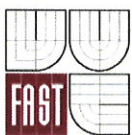
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. VOJTĚCH HANUŠ

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JOSEF WEIGEL, CSc.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program N3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3646T003 Geodézie a kartografie
Pracoviště Ústav geodézie

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Hanuš Vojtěch


Název Mapa okolí Drátenické jeskyně v Moravském krasu

Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Josef Weigel, CSc.

Datum zadání diplomové práce 30. 11. 2012

Datum odevzdání diplomové práce 24. 5. 2013

V Brně dne 30. 11. 2012


.....
doc. Ing. Josef Weigel, CSc.
Vedoucí ústavu




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

Podklady a literatura

Zachová, L.: Mapa okolí jeskyně Výpustek v Moravském krasu - jižní část, diplomová práce, VUT v Brně 2011

Kotyzová, K.: Mapa okolí jeskyně Výpustek v Moravském krasu - severní část, diplomová práce, VUT v Brně 2011

ČSN 01 3410, Mapy velkých měřítek, Základní a účelové mapy

ČSN 01 3411, Mapy velkých měřítek, Kreslení a značky

Situations Plan RastenHöhle 1:500 (Brünn 30.Jäner 1945)

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Seznamte se s výsledky mapování povrchu nad jeskyní Výpustek v Moravském krasu, realizovaných v rámci magisterských prací na Ústavu geodézie v roce 2011.

Rekognoskujte prostor v okolí jeskyně Drátenická a prostor mezi jeskyní Drátenickou a jeskyní Výpustek.

Zaměřte prostor mezi oběma jeskyněmi v podrobnostech měřítka 1:500 s detaily využitelnými speleology a vytvořte mapu v závazných souřadnicových systémech (S-JTSK, Bpv. Svoje měření navažte na měření povrchu u jeskyně Výpustek. Pokuste se o posouzení archivní mapy z oblasti Drátenické jeskyně, vyvořené počátkem roku 1945.

Struktura bakalářské/diplomové 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).



doc. Ing. Josef Weigel, CSc.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Cílem diplomové práce je vyhotovení mapy okolí Drátenické jeskyně v Moravském krasu v měřítku 1:500 s podrobnostmi využitelnými speleology a posouzení archivní mapy z roku 1945 z oblasti Drátenické jeskyně. V práci jsou rozpracovány teoretické základy potřebné ke splnění práce a popsány postupy měřických a zpracovatelských prací. Výsledkem práce je polohopisné, výškopisné zaměření, nová digitální mapa dané oblasti a závěrečné posouzení polohopisné i výškopisné složky archivní mapy z roku 1945.

Klíčová slova

Drátenická jeskyně, mapa, kras, tachymetrie, transformace

Abstract

The aims of my diploma thesis are the design of a map of Drátenická cave surroundings in the Moravian Karst in the 1:500 scale with details utilizable by speleologists and the examination of a map of 1945 depicting the region of Drátenická cave. The thesis includes an elaboration of the theoretical foundations relevant for the fulfillment of the aims and the descriptions of the geodetic and processing procedures. The outcome of the thesis is the planimetric and altimetric survey, a new digital map of the region and the final examination of planimetric and altimetric components of the map of 1945.

Keywords

Drátenická cave, map, karst, tachymetry, transformation

...

Bibliografická citace VŠKP

HANUŠ, Vojtěch. *Mapa okolí Drátenické jeskyně v Moravském krasu*. Brno, 2013. 69 s., 54 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce doc. Ing. Josef Weigel, CSc..

Prohlášení:

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

V Brně dne 22.5.2013

.....
podpis autora
Vojtěch Hanuš

Poděkování:

Rád bych poděkoval především panu doc. Ing. Josefu Weiglovi CSc. za odbornou pomoc a cenné rady při vedení diplomové práce. Dále bych rád poděkoval panu Zdeňku Farlíkovi a panu Robertu Dvořáčkovi za poskytnuté informace a vstřícnost, dále pak Renatě Chloupkové, Janě Mafkové, Pavle Andělové, Evě Vackové, Karolíně Hanulíkové, Martinu Svatoňovi, Jaromíru Hladkému, Jiřímu Hanušovi a Janu Hanušovi za významnou pomoc při měřických pracích. Na závěr bych rád poděkoval své rodině za velikou morální podporu a trpělivost.



OBSAH

1	ÚVOD	8
2	POPIS LOKALITY	10
2.1	MORAVSKÝ KRAS.....	11
2.2	KŘTINSKÉ ÚDOLÍ A JEHO SPECIFIKA	12
2.3	DRÁTENICKÁ JESKYNĚ	13
2.4	JESKYNĚ VÝPUSTEK.....	15
2.5	MĚSTYS KŘTINY	17
3	KRAS A KRASOVĚNÍ	18
3.1	POVRCHOVÉ KRASOVÉ JEVY.....	18
3.1.1	KRASOVÁ PLANINA.....	19
3.1.2	ŠKRAPY	19
3.1.3	ZÁVRTY	19
3.1.4	KRASOVÁ ÚDOLÍ.....	20
3.1.5	KRASOVÉ HŘBETY	21
3.1.6	KRASOVÉ VYVĚRAČKY (PRAMENY).....	21
3.1.7	PROPASTI.....	21
3.2	HYDROGRAFIE KRASOVÝCH OBLASTÍ	22
4	POUŽITÉ GEODETICKÉ REFERENČNÍ SYSTÉMY	23
4.1	SYSTÉM JEDNOTNÉ TRIGONOMETRICKÉ SÍTĚ KATASTRÁLNÍ.....	23
4.2	VÝŠKOVÝ SYSTÉM BALTSKÝ – PO VYROVNÁNÍ.....	23
5	MAPOVÁNÍ POLOHOPISU A VÝŠKOPISU	24
5.1	URČENÍ POLOHY BODU	24
5.1.1	TERESTRICKÉ METODY	24
5.1.2	METODY VYUŽÍVAJÍCÍ GNSS	26
5.2	PODROBNÉ MĚŘENÍ POLOHOPISU.....	28
5.3	PODROBNÉ MĚŘENÍ VÝŠKOPISU	30
5.4	ZOBRAZENÍ VÝŠKOPISU V MAPĚ	31
6	PRÁCE V TERÉNU	32



6.1	MĚŘICKÉ METODY A VOLBA TOTÁLNÍ STANICE	32
6.2	REKOGNOSKACE ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	32
6.3	MĚŘICKÉ PRÁCE V LOKALITĚ	34
6.3.1	VYBUDOVÁNÍ BODOVÉHO POLE	34
6.3.2	ZAMĚŘENÍ PODROBNÝCH BODŮ.....	38
6.3.3	OSTATNÍ MĚŘICKÉ PRÁCE	39
6.3.4	ZAMĚŘENÍ BODŮ TECHNOLOGIÍ GNSS.....	40
7	TVORBA MAPY.....	42
7.1	VÝPOČET PODROBNÝCH BODŮ	42
7.2	POLOHOPISNÁ SLOŽKA	42
7.3	VÝŠKOPISNÁ SLOŽKA.....	42
7.4	OSTATNÍ PRVKY MAPY	43
8	POSOUZENÍ MAPOVÉHO PODKLADU SITUATIONS PLAN RASTELHÖHLE Z ROKU 1945.....	44
8.1	TRANSFORMACE – TEORETICKÝ ZÁKLAD	44
8.2	MAPOVÝ PODKLAD SITUATIONS PLAN RASTELHÖHLE	47
8.2.1	INTERPRETACE MAPY	48
8.2.2	TRANSFORMACE MAPY DO S-JTSK.....	49
8.3	POSOUZENÍ POLOHOPISU	49
8.4	POSOUZENÍ VÝŠKOPISU	52
8.4.1	URČENÍ PRŮMĚRNÉHO VÝŠKOVÉHO ROZDÍLU	53
8.4.2	VYHOTOVENÍ KONTROLNÍCH PROFILŮ	55
8.4.3	POSOUZENÍ PŘESNOSTI VÝŠKOPISNÉ SLOŽKY.....	57
9	ZÁVĚR	60
	POUŽITÉ ZDROJE.....	62
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ:	65
	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	66



1 ÚVOD

Předmětem této diplomové práce je splnění dvou hlavních úkolů. Prvním z nich je uskutečnění tachymetrického mapování povrchu v oblasti mezi jeskyněmi Výpustek a Drátenická jeskyně v Moravském krasu a následné vytvoření výškopisné a polohopisné mapy v měřítku 1:500 a závazných souřadnicových systémech S-JTSK a Bpv s detaily využitelnými speleology.

Při měření i tvorbě mapy bylo nutno navázat na předchozí diplomové práce Lucie Zachové [38] a Kláry Kotyzové [11] tak, aby vznikla bežešvá mapa obsahující jak nový mapový podklad, tak mapové výstupy uvedených diplomových prací. Součástí této diplomové práce bylo tedy též podrobné seznámení se s uvedenými pracemi, rekognoskace mapovaného terénu a revize bodového pole vytvořeného v rámci těchto prací (část bodového pole byla převzata a využita v mé práci). Při tvorbě nové mapy bylo třeba dbát i na sjednocení veškerých užitých atributů a značek s předcházejícími mapami. Doporučeným podkladem pro tvorbu nového mapového díla byly také normy ČSN 01 3410 [5] a ČSN 01 3411 [6].

Druhým cílem této diplomové práce je posouzení archivního mapového podkladu *Situations Plan RastenHöhle 1:500* z 30. ledna roku 1945 (v textu dále zmiňována jako *mapa z roku 1945* či *archivní mapa*) zobrazující polohopisnou, výškopisnou a popisnou složku blízkého okolí Drátenické jeskyně včetně naznačení obvodu podzemních prostor [26]. Posouzení uvedené mapy proběhlo na základě jejího srovnání s novým tachymetrickým zaměřením, které bylo prvním hlavním úkolem této diplomové práce. Pokusil jsem se posoudit jak přesnost polohopisné a výškopisné složky posuzovaného mapového podkladu, tak jeho současnou aktuálnost.

Na základě uvedených cílů jsem se snažil strukturovat i samotný text práce. Její první část je věnována teoretickým základům, které bylo vhodné nastudovat k úspěšnému splnění zadání. Vedle představení lokality, ve které bylo mapováno, jsem kladl zvláštní důraz na krasová území obecně – jejich vznik, vývoj, specifika apod. Nastudování těchto teoretických základů považuji za nezbytné pro pochopení mnohdy neobvyklého terénu a jeho tvarů. Do této první části jsem považoval za vhodné zařadit také zásadní principy a postupy, využívané při mapování polohopisu a výškopisu a tvorbě mapy.

Ve druhé části diplomové práce se věnuji již konkrétní realizaci úkolů – uvádím podrobný popis prací v terénu, které zahrnují nezbytnou rekognoskaci terénu, vybudování podrobného bodového pole, vlastní tachymetrické zaměření podrobných bodů, navázání na stávající bodové pole a do požadovaných souřadnicových systémů (S-JTSK, Bpv).

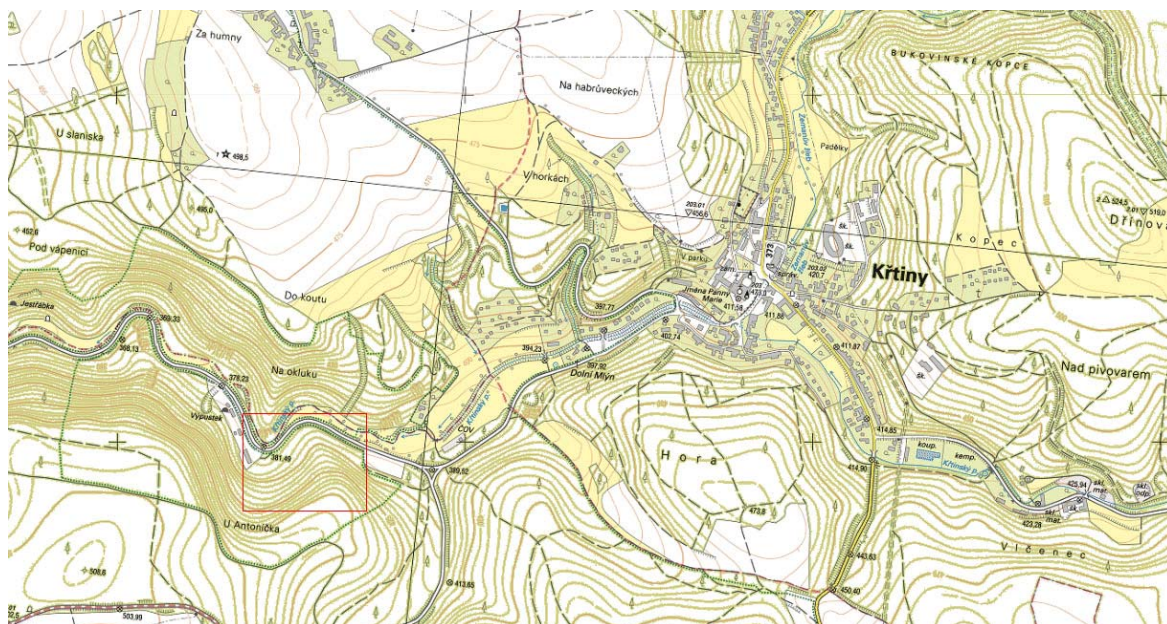


Do této části náleží také popis práce při grafickém zhotovení digitální mapy v podrobnostech měřítka 1:500 na základě provedeného měření.

Třetím, závěrečným a do jisté míry samostatným celkem práce je posouzení výše uvedené mapy z roku 1945 a popis všech prací, který tomuto posouzení předcházeli – interpretace mapy, práce v terénu (vyhledání, vytyčení a zaměření identických bodů), transformace do zadaných souřadnicových systémů, určení výškového rozdílu mezi místním výškovým systémem mapy z roku 1945 a systémem Bpv atd. Posouzení archivní mapy jsem z praktických důvodů rozdělil na posouzení polohopisné a výškopisné složky. V rámci tohoto úkolu jsem vyhotovil též několik kontrolních profilů v měřítku 1:500/200 pro lepší vizuální porovnání obou podkladů.

2 POPIS LOKALITY

Zájmové území, tedy lokalita mezi jeskyní Výpustek a Drátenickou jeskyní, se nachází v katastrálním území Březina u Křtin [614092] v těsné blízkosti katastrálního území Křtiny [676730]. Centrum obce Křtiny je od Drátenické jeskyně vzdáleno vzdušnou čarou cca 1,3 km východním směrem. Území, které bylo zaměřeno, náleží do střední části Moravského krasu, která se táhne od západu od města Adamova k východu do městyse Křtiny. Tato část krasu, z velké míry hustě zalesněná, je z paleontologického hlediska část velmi zajímavá, neboť právě z této oblasti pochází první písemné zmínky o jeskyních v Moravském krasu. Vedle rozsáhlé jeskyně Výpustek můžeme ve střední části Moravského krasu nalézt také jeskyni Vokounku, Žitného, Rudolfovu, Jestřábkou, Drátenickou a další.



Obr. 2-1 Mapka umístění lokality. Zájmové území je vyznačeno červeným obdélníkem.



2.1 MORAVSKÝ KRAS

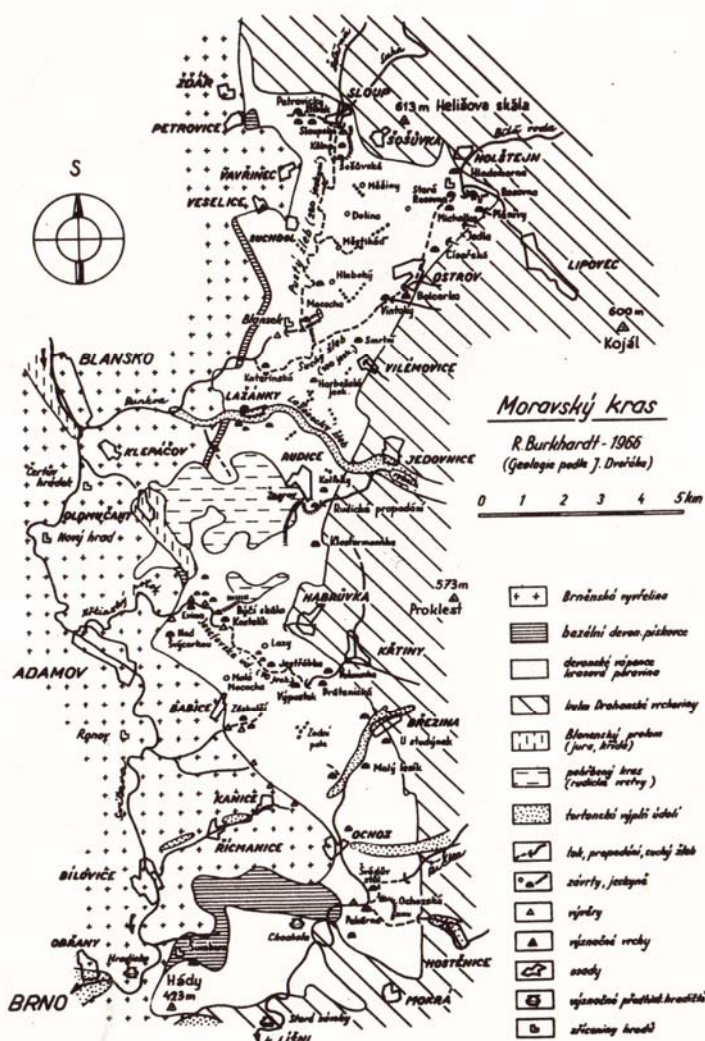
Moravský kras je protáhlé území vymezené devonským vápencem o celkové délce zhruba 25 kilometrů z Brna-Líšně až ke Sloupu na pomezí Dražanské vrchoviny, přičemž z orografického hlediska k této vrchovině náleží. Jedná se o tři až šest kilometrů (v severním cípu Moravského krasu) široký pruh, ze západu sousedící s masívem tzv. brněnské vyvěřeliny žulového charakteru, od východu pak tzv. kulmským kamenouhelným útvarem. Na své severní hranici v blízkosti obce Šošůvka terén Moravského krasu dosahuje výšek až 540 m. n. m., ve své jižní části pak 420 m. n. m (výškový bod Hády). Nejnižších výšek dosahuje terén na dně Řícmanicko-ochozské sníženiny, a to cca 320 m. n. m.

Geomorfologický vývoj Moravského krasu začal přibližně před 380 miliony lety, kdy se koncem devonského období při ústupu devonského moře vynořily vápence nad mořskou hladinu a srážky v nich začaly vytvářet krasové útvary [27]. Následoval složitý vývoj této krasové oblasti, ve kterém se odrazily veškeré vlivy, jako několikeré zaplavení celé oblasti mořem či extrémní změny klimatu.

Současné rysy toto území nabylo v nejmladších třetihorách a zejména v průběhu čtvrtohor, kdy došlo k prohloubení údolí. Na povrchu vznikly škarpy, závrtky, ponory či závrtky, tak jak je známe dnes, a v podzemí pak došlo ke vzniku druhotných krasových jevů (tj. krápníky, sintry, uložení sedimentů).

Moravský kras je na základě odvodnění třemi hlavními toky rozdělen na severní část (povodí Punkvy), střední část (povodí Křtinského potoka) a jižní část (povodí Říčky).

Pravěké osídlení Moravského krasu se datuje zhruba do doby před 120 000 lety, tj. na počátek poslední meziledové doby. Vůbec nejstarší osídlení je zaznamenáno v jeskyni Kůlna v severní části Moravského krasu, a to člověkem neandrtálským. Skutečný rozvoj osídlení oblasti spadá však až do nejmladší fáze paleolitu, tzv. období lovců sobů zhruba před 12 000 lety (mezi nejvýznamnější sídla z této doby patří jeskyně Pekárna či Býčí skála). Pohřebiště a další cenné nálezy v Býčí skále náleží pak do starší doby železné, tzv. halštatu (600 let př. n. l.) [1].



Obr. 2-2 Mapa geologického podloží Moravského krasu Rudolfa Burkhardta z roku 1966. [14]

2.2 KŘTINSKÉ ÚDOLÍ A JEHO SPECIFIKA

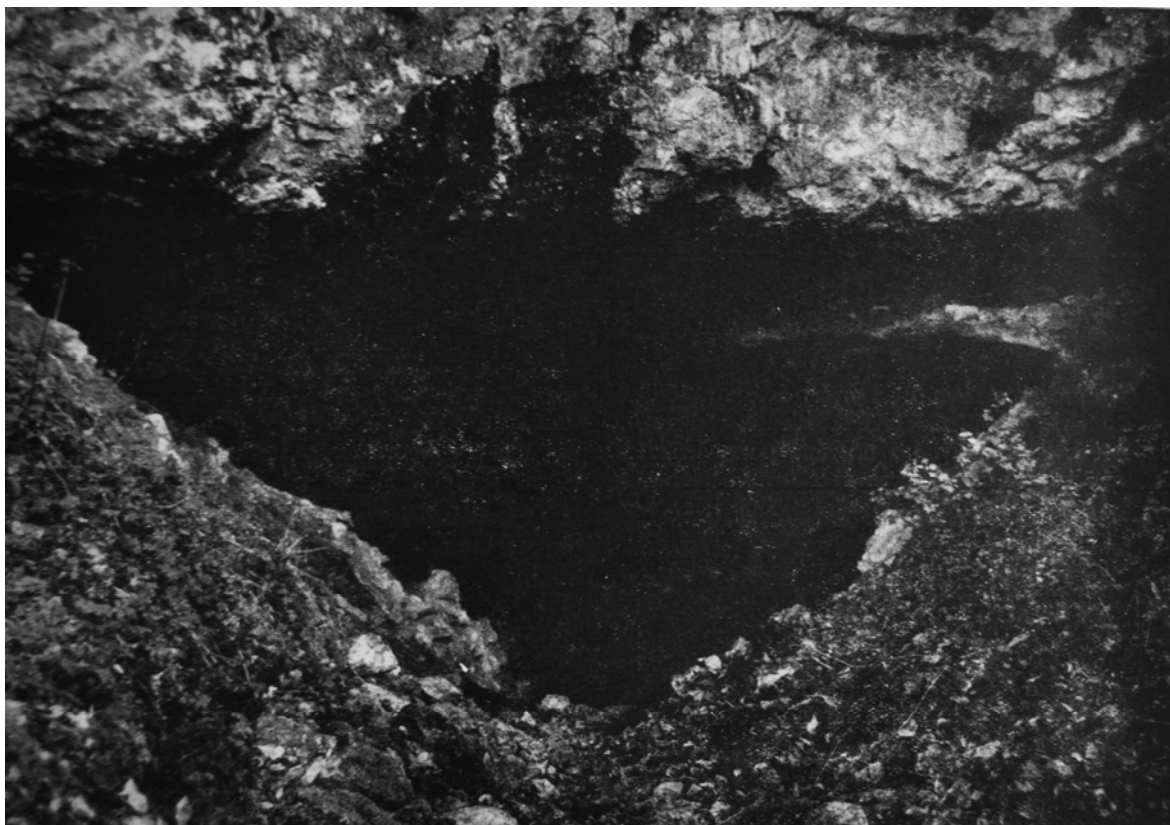
Křtinské údolí (jeho spodní část či v některých případech i celé údolí je nazýváno někdy též údolí Josefovské) jako páteř střední části Moravského krasu se značně liší jak od rozsáhlejší severní části krasu, tak od typické krasové krajiny. Krasový ráz je částečně skryt díky hustému zalesnění strání, přesto zde můžeme nalézt odkryté skalní stěny jako v případě Byčí nebo Krkavčí skály. V údolí se též nenacházejí větší propasti, propadání vody se děje nenápadně a střídavě zejména prostřednictvím inundačních ponorů. Ponory za povodní nestačí pojmout všechnu vodu a tak bývá údolí často celé zaplavováno. [1]

Křtinský potok, který pramení nedaleko obce Bukovinka (vrch Proklest), vstupuje zhruba 1 km jihozápadně od Křtin do oblasti devonských vápenců a propadá se v blízkosti jeskyně Výpustek. Brzy však vyvěrá opět na povrch a protéká dál devonským vápencem, přičemž se opět ztrácí

u jeskyně Býčí skála, po vyvěrání pokračuje Josefovským údolím k Adamovu, kde se vlévá do Svitavy. Celková délka toku je 15,3 km, plocha jeho povodí je cca 70 km². Pravostranným přítokem Křtinského potoka je potok Jedovnický, který pramení na Dražanské vrchovině pod vrcholem Kojál, po 12 kilometrech se ztrácí v Rudickém propadání, vyvěrá zpět na povrch u Býčí skály a po pár metrech se vlévá do Křtinského potoka. Délka Jedovnického potoka je 18 km. [1]

2.3 DRÁTENICKÁ JESKYNĚ

Drátenická jeskyně¹, v jejímž okolí probíhalo mapování, sousedí s o něco proslulejší jeskyní Výpustek, která je od roku 2007 zpřístupněna veřejnosti. Ačkoliv Drátenická jeskyně zůstává široké veřejnosti utajena, její význam a velikost nejsou nikterak zanedbatelné. Jeskyně se nachází na pravém břehu Křtinského potoka v nadmořské výšce 395 metrů.



Obr. 2-3 Vchod do Drátenické jeskyně v Křtinském údolí. [1] Přírodní vstup do části jeskyně zvaná Stará Drátenická.

První písemná zmínka o Drátenické jeskyni pochází z roku 1663 (Mart. Alex. Vigsius: Vallis Babtismi, alias Kyriteinensis, etc. Olomucii), jak však uvádí Rudolf Burkhart [4], jedná se o zmínku poněkud nejasnou – není zcela jisté, že se jedná právě o tuto jeskyni či o jeskyni Malá Drátenická.



Další, jasněji specifikovaná zmínka o Drátenické jeskyni pochází tedy až od Dr. Martina Kříže z roku 1883², kde je uvedena pod číslem 2 v seznamu jeskyň Křtinského údolí. Křížův popis jeskyně zněl takto: „*Od předešlé 100 kroků v jižním svahu, je 57 m dlouhá, 1-3 m vysoká, 3-8 m široká, na konci komín. Náplava drobová byla úplně planá, v horní vrstvě vápencové bylo málo zbytků z jeskynního medvěda pocházejících.*“ Roku 1903 se zmiňují o jeskyni profesori Makowsky a Rzehak, kteří ji nazývají Medvědí jeskyní a považují ji za součást jeskyně Výpustek. Roku 1910 zmapoval prozkoumané části jeskyně A. Graf. V letech 1921–1944 doznala jeskyně výrazných změn (zejména prohloubení) způsobených lidskou činností díky těžbě fosfátových hlín.³

Dalších, poměrně významných změn se jeskyně dočkala v letech 1944–1945, když německé vojsko upravovalo Drátenickou jeskyni společně s jeskyní Výpustek na továrnu sloužící k válečným účelům (součástky do leteckých motorů). Došlo k vybetonování vchodů, zřízení dopravní komunikace, vybudování umělých staveb uvnitř jeskyně, rozšíření profilu apod. Jak je patrné na jednom z mapových podkladů k této diplomové práci, situačním plánu okolí Drátenické jeskyně z roku 1945 [26], k hlavním vchodům Drátenické jeskyně byl od Výpustku, který byl hlavním vojenským centrem, přiveden dnes již neexistujícím venkovním vedením elektrický proud a nedaleko jeskyně zbudován elektrický transformátor.

Otvor do Nové Drátenické jeskyně s bohatou, krápníkovou výzdobou, byl poprvé odkryt dělníky při pracích právě v letech 1944–1945, samotná jeskyně pak byla prozkoumána a v letech 1947–1948 členy Speleologického klubu. Byly objeveny nové podzemní prostory, zejména 43 metrů hluboká propast a spodní patro jeskyně. V roce 1948 bylo pod sintrem nalezeno ohniště, kostěné harpuny, primitivní lampa z lebky kozorožce a další. Spodní patra této jeskyně jsou ve spojení s Čertovou dírou a s bývalým hlavním ponorem Křtinského potoka pod dnešní silnicí, která byla zbudována roku 1902.

Dnes slouží vstupní uměle vybudované místnosti Drátenické jeskyně Mendelově zemědělské a lesnické univerzitě v Brně k uskladnění zejména keřovitých rostlin a stromků.

¹ V následujícím textu mé práce je Drátenickou jeskyní myšlena jak část nazývaná Nová Drátenická, tak dříve objevená část nazývaná Stará Drátenická, pokud nebude uvedeno jinak.

² Kříž, M.; Koudelka, F. *Průvodce do moravských jeskyň, Díl II.* 1902

³ Ing. Bedřich Frodl dává ve své publikaci z roku 1923 O jeskynních fosfátech moravských za příklad naleziště mohutných fosfátových vrstev ze všech jeskyň Moravského krasu právě jeskyni Drátenickou, či dříve Dráteníkovu: „Mimo to přinášely vody ustavičně nový materiál, takže se během dlouhých diluviálních epoch nahromadily vrstvy místy až 20 m mocné, sahající často až ke stropu jeskyň (např. jeskyně Dráteníkova).“ Na dalším místě uvádí také konkrétní množství zásob fosfátových hlín: „Z Výpustku vyvezlo se dosud asi 3000 vagonů materiálu, z toho se vyrobilo 1000 vagonů prodejného zboží. Vrstvy neodkopených fosfátů možno odhadnouti na dalších 500 vagonů. Při průměrném obsahu 8% kyseliny fosforečné, vytěžilo se jí pro účely zemědělské pouze z Výpustku okrouhle 1 200 000 kg. Zásoby v nově obnoveném traktu jeskyně Dráteníkovy činí asi 150 vagonů, což odpovídá 120 000 kg P₂O₅.“



Obr. 2-4 Lokalizace Drátenická jeskyně - ortofoto.

2.4 JESKYNĚ VÝPUSTEK

Ve stručnosti uvádím i základní informace o jeskyni Výpustek sousedící s Drátenickou jeskyní, podrobně se danému tématu věnovaly ve svých diplomových pracích Klára Kotyzová [11] a Lucie Zachová [38], vyčerpávajícím způsobem o Výpustku pojednává Rudolf Musil v bohatě ilustrované publikaci Výpustek – Bájná jeskyně u Křtin z roku 2010 [15].

Jeskyně Výpustek (dříve Dračí díra či Křtinská jeskyně) se nachází nedaleko městyse Křtiny v nadmořské výšce cca 374 m, skládá se ze tří pater jeskynních chodeb, přičemž spodním patrem protéká Křtinský potok. Nazývá se tzv. medvědí jeskyní – bylo zde nalezeno největší zastoupení kosterních pozůstatků jeskynních medvědů v celé České republice.

První písemné zmínky o jedné z nejproslulejších jeskyní Moravského krasu nalézáme ve spisech starých mastičkářů⁴, kteří zde hledali kosterní pozůstatky zvířat (domnělé rohy jednorozců – *unicorn fossile*), z nichž pak vyráběli své léky. Hledání těchto pozůstatků znamenalo pro Výpustek první větší zásahy do té doby neporušených sedimentů.

První topografický popis jeskyně podal v roce 1663 mnich Martin Alexander Vigsis ve svém spise Vallis Babtismi alias Kyrteinensis sev diversorii etc. V následujících letech se Výpustek objevuje v pracích moravských fyziků a kartografů včetně Jana Kr. Mullera⁵ či J. F. Hertoda.

⁴ Anselmus Boetius de Boodt (Gemmarum et lapidum Historia, 1609), Oswald Crollius, 1609, Tomáš Jan Pešina z Čechorodu (Mars Moravicus Praha 1677).

⁵ Mapa chorographica Pars Moraviae Physico-curiosae



Změn způsobených lidskou rukou doznala jeskyně na začátku 19. století, kdy tehdejší majitel lesů okolo Výpustku – kníže Alois z rodu Liechtensteinů nechal prohloubit ve Výpustku cesty, zvýšit vchody a zbudovat kamenné schodiště. Jeskyně se též díky Liechtensteinům dočkala podrobnějšího zmapování, které provedl v roce 1807 knížecí inženýr František Lola.

Do stejného období patří též výzkumné a badatelské cesty do Výpustku osvíceného hraběte Hugo Františka z rodu Salmů, který podal zprávy o velikém rozsahu celé jeskyně a nechal z bezpečnostních důvodů zazdít zvláště nebezpečnou část jeskyně, dnes nazvanou Salmův Výpustek.

V roce 1871 Výpustek zmapoval Dr. Jindřich Wankel, ve starší literatuře zvaný otcem moravské archeologie, který též víceméně neúspěšně věnoval své úsilí tomu, aby objevil zneprístupněné „prostory Salmovy“. Významnými se však staly Wankelovy vykopávky.

Dalšímu rozsáhlému výzkumu jeskyně (a pojmenování jejích částí) stejně jako hypsometrickému měření se věnoval v druhé polovině 19. století Dr. Martin Kříž, a to samostatně nebo již dříve v rámci prací Vídeňské akademie věd. Na základě těchto výzkumů vzniklo v roce 1902 dílo Průvodčí do jeskyň moravských, které Dr. Kříž vytvořil s kolegou Floriánem Koudelkou. Dalším významným badatelem zaměřeným zejména na Křtinské údolí byl H. Bock, působící zde v letech 1902-1905. Nejenže publikoval nový plán Výpustku v měřítku 1:1000, ale také sestoupil do propasti, nacházející se v té části jeskyně, kterou nechal Hugo Salm zazdít.

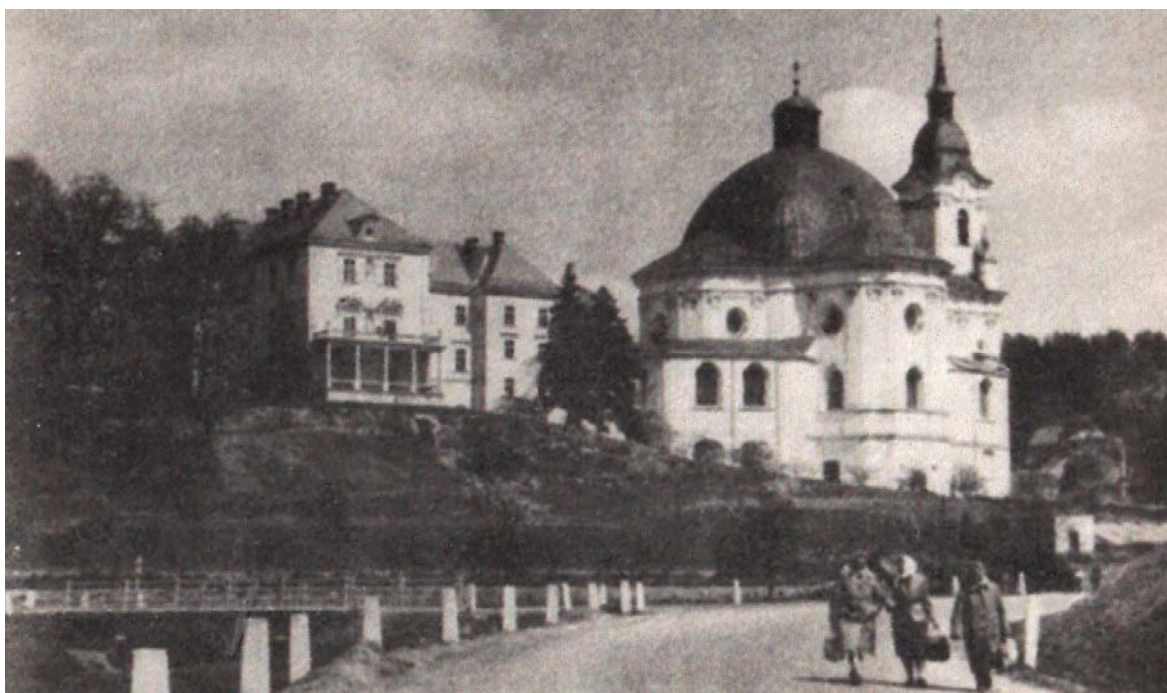
Stejně jako Drátenická jeskyně se Výpustek nevyhnul těžbě fosfátových hlín, která byla zahájena roku 1920 a mimo jiné přinesla cenné nálezy kompletních koster medvěda jeskynního. Ráz jeskyně do značné míry změnila také vyhlášená mobilizace v roce 1938. Tehdejší československá vojenská správa zahájila úpravu jeskyně na podzemní skladiště válečného materiálu. Skalní stěny byly upravovány trhavinami, proraženy nové vchody a zazděny některé stávající. V letech 1944–1945 byla tato přeměna definitivně završena přeměnou jeskyně na podzemní zbrojní dílnu, ve které se vyráběly součástky do leteckých motorů. Došlo k vybetonování podlah, proražení šachet na povrch, vyzdění stěn, zasypání některých propastí apod. Při ústupu pak Němci zařízení továrny vyhodili do povětří, čímž došlo ke zřícení částí stropu.

Po druhé světové válce byla jeskyně znovu otevřena pro speleologický průzkum, množství objevené práce vykonala zejména v letech 1947–1951 tzv. habrovská skupina, která se dostala až do prostor Salmova Výpustku. Kolem roku 1960 jeskyni převzala československá armáda, přičemž další průzkumné práce tak byly znemožněny. V jeskyni byl vybudován přísně tajný objekt plnící funkci krytu a záložního velitelského pracoviště. Jeskyně byla pro speleologickou činnost znovu otevřena

až v roce 1990, přičemž armáda celý objekt spravovala až do roku 2001. V roce 2006 převzala Výpustek Správa jeskyní České republiky a v současné době je velká část jeskynních prostor včetně podzemního krytu zpřístupněná veřejnosti⁶.

2.5 MĚSTYS KŘTINY

Městys Křtiny (status nesou Křtiny od 1. prosince roku 2006) se nachází ve střední části Moravského Krasu, zhruba 20 kilometrů severoseverovýchodně od Brna. Leží ve výšce 417 m. n. m., má kolem 800 obyvatel a jeho rozloha je 1,12 ha.



Obr. 2-5 Pohled na Santiniho poutní kostel Jména Panny Marie ve Křtinách. [14]

První písemná zmínka o obci pochází z 24. září roku 1237, tehdejší název Kirtina (údolí křtu) je zmiňován v imunitní listině papeže Řehoře IX⁷. Roku 1241 se Křtiny nevyhnuly drancování Uhrů a roku 1645 pak útokům Švédů. Roku 1611 vyhořelo společně s kostelem celé město. Jednoznačnou dominantou Křtin je barokní chrám architekta Jana Blažeje Santiniho z roku 1750 se sochou Panny Marie Křtinské ze 13. – 14. století, díky němuž se malá obec stala významným evropským poutním místem. Na území obce se dále nachází arboretum s jedinečnými cizokrajnými dřevinami, které využívá pro výzkumné účely Lesnické a dřevařská fakulta Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně. V rámci této fakulty zde má na Bukovském kopci nad obcí své sídlo také Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti.

⁶ Nepřístupny veřejnosti zůstávají tzv. Salmův Výpustek, Babická chodba a další obtížně přístupné části.

⁷ Imunitní listina – ve středověku chránila církevní instituce před zásahy světské moci a zaručovala daňovou svobodu, v textu zmiňovaná listina byla určena zábrdovickému klášteru premonstrátů.



3 KRAS A KRASOVĚNÍ [2], [13], [24]

Kras (slovo slovinského původu znamenající kámen či skálu, odvozen z regionálního názvu vápencového území východně od Terstu) je souborem tvarů reliéfu, které jsou výsledkem interakcí mezi rozpustnými nebo zčásti rozpustnými horninami a krasovými procesy. [24] Rozpustné horniny jsou označovány jako horniny krasové – nejrozšířenější z nich je vápenec (uhličitan vápenatý), ale dalšími krasovými horninami mohou být také dolomity, kamenná sůl, sádrovec či ledovcový led.

Jako krasovění se nazývá souhrn všech fyzikálních a chemických procesů podílejících se na vzniku krasu. Nejvýznamnějším z těchto procesů je koroze (rozpuštění hornin, kterou způsobuje voda srážková či podzemní), dále eroze (výmolná činnost vody), subsidence (pomalé vklesávání půd) a řízení (náhlý pokles krasové krajiny). Dalšími procesy mohou být rozpady tvarů, subroze (podzemní rozpuštění hornin) či sufoze (mechanický odnos hornin). Mezi základní podmínky krasovění patří povaha horniny, geologicko-tektonická stavba území a místní klima.

A. povaha horniny

Nezbytnou podmínkou krasovění je přítomnost krasových (rozpustných) hornin, které musí být ovšem dostatečně pevné, aby nedocházelo k rychlé destrukci krasových tvarů. U těchto hornin musí být dobře vyvinut systém porózy.

B. geologicko – tektonická stavba

Uspořádání a členitost terénu ovlivňuje rozsah a způsob cirkulace krasových vod.

C. klimatologické podmínky

Nejintenzivnější souhrn procesů krasovění probíhá na území bohatém na dešťové srážky s jasně definovanou hranicí mezi vlhkými a suchými obdobími.

3.1 POVRCHOVÉ KRASOVÉ JEVY

Protože mnou vykonané mapování se sestává výhradně z měření povrchu a na povrchu, při popisu krasových jevů a tvarů se omezím pouze na povrchové útvary – tzv. exokras. Podzemní krasové tvary, které jsou mnohdy složité a jejich mapování většinou vyžaduje specifickou odbornost, nejsou předmětem této práce. Z krasových povrchových jevů budou podrobněji uvedeny krasové planiny, škrapy, závrtvy, krasová údolí, krasové hřbety, vyvěračky a propasti.



3.1.1 KRASOVÁ PLANINA

Vyskytuje se v tzv. planinovém krasu (např. Moravský i Slovenský kras). Původně se jedná o celistvý povrch, který byl následně rozdělen hlubokými údolími vodních toků.

3.1.2 ŠKRAPY

Jedná se o komplexy drobných podélných či kruhových tvarů vznikající nepravidelnou korozní činností (někdy též označovaná jako chemická eroze) srážkové či půdní vody. Vznikají většinou na povrchu holé, rostlinným krytem nepokryté skály do maximálního sklonu 70°. Stékající voda tvoří systém žlábků a dutin, ve kterých se mohou uchytit sedimenty, pozitivně působící na vznik rostlin. Škrapy mohou vznikat vlivem prosakující vody i pod těmito sedimenty (subkutánní škrapy). Jelikož koroze probíhá ve směru působení tíže, jsou poruchy (žlábků, dutiny) nejširší na povrchu a směrem do hloubky se zužují – vytváří tzv. klíny. Výška škrapových tvarů tak často udává velikost snížení původního povrchu (zejména škrapy stolové či hrotovité). Vývojem mohou škrapy přecházet přes krasové kapsy až do geologických varhan. Škrapy nemusí být nutně jen povrchovými jevy – v Moravském krasu je můžeme nalézt například v jeskyni Býčí skála. Dělení škrapů dle jejich morfologického vývoje je velice obsáhlé, mezi ty základní patří škrapy obecné, žlábkové, hrotovité či ploché.

3.1.3 ZÁVRTY

Nejtypičtější krasové tvary typu malých kotlin jsou výsledkem hloubkového rozpouštění horniny směrem do podzemí. Jedná se většinou dolíky mísovitého, nálevkovitého či studňovitého tvaru o průměru nejčastěji několika desítek metrů, ale mohou dosahovat až 1500 m nebo se naopak mohou vyskytnout závrtů malé o průměru několika metrů. Jejich hloubka může nabývat od jednotek metrů až do 400 m. Největší závrtů přechází do poljí, které mohou mít až mnohakilometrové rozměry. Závrtů bývají počátečními místy krasového vodního oběhu. Rozlišujeme závrtů s otevřeným dnem (komíny, ponory, trhliny, propasti) či dnem ucpaným (zvětraliny, sedimenty, led). U mladých závrtů může být naspodu dosud krasová hornina. Závrtů se při vlastním rozšiřování mohou slučovat a vytvářet protáhlé deprese. Dle četnosti závrtů na 1 km² se často udává stupeň tzv. zkrasování určité oblasti (například v okolí propasti Macocha v Moravském krasu lze nalézt téměř 100 závrtů na 1 km²).

Rozdělení závrtů se v literatuře od sebe poměrně liší, ve své práci uvádím klasifikaci dle genetických principů, která se v literatuře objevuje nejčastěji.



A. závrtý disoluční

Vznikají tektonickým působením. Mohou být mísovitého i nálevkovitého tvaru. Vzájemným splynutím těchto závrtů vznikají úvaly.

B. závrtý náplavové (aluviální)

Vznikají na površích se sedimentárními vrstvami. Krasové rozpouštění probíhá pod těmito sedimenty, které následně klesají do vytvořených puklin, což se na povrchu jeví jako deprese. Jsou to tedy závrtý vyhloubené v usazeninách, nikoliv do vápence. Náplavové závrtý mohou fungovat jako ponory, jimiž se krasové vody odvodňují do podzemí. Při ucpání nánosy mohou vznikat v závrttech krasová jezírka. V Moravském krasu můžeme tyto závrtý nalézt před Starou Rasovnou.

C. závrtý sufózní

Vznikají v oblastech, kde se na povrchu nacházejí nekrasové horniny, krasové horniny jsou až v podloží. Nekrasové horniny postupně sedají v závislosti na rozpouštění podloží a dochází, stejně jako u náplavových závrtů, ke vzniku povrchových depresí.

D. závrtý řícené

Jsou charakterizovány příkrými, často převislými skalními svahy, vznikají propadnutím (zřícením) stropu jeskyně. Nejčastější výskyt je v málo odolných částech krasových masivů. Největších rozměrů dosahují tyto závrtý v tropických krasech. Nejvýznamnějším takovým závrtem v Moravském krasu je propast Macocha.

3.1.4 KRASOVÁ ÚDOLÍ

Vznikají jako důsledek korozní činnosti společně s erozí tekoucích vod. Tato údolí můžeme dále dělit na:

A. slepá údolí

Údolí, které náhle končí příkrou stěnou tak vysokou, že ani povodňová voda není stavu tuto stěnu překonat. Na úpatí této stěny se vytváří ponory či propadání, kudy voda pokračuje do podzemí. Pro příkrou stěnu, která údolí ukončuje, jsou charakteristické vstupy do jeskyní v různých výškových úrovních, což ukazuje na postupné prohlubování údolí. Před stěnou je též možno nalézt množství naplavenin, které tvoří tzv. terasy, a ve kterých se často tvoří náplavové závrtý. Typickým příkladem slepého údolí v Moravském krasu je údolí Jedovnického potoka s Rudickým propadáním s velmi vysokou přehradní stěnou.



B. poloslepá údolí

Na rozdíl od slepých údolí je zde příkrá náplavová stěna jen tak vysoká, že ji sezónní povodňové vody mohou překonat a vytváří se tak další, výše položené údolí, které se vyznačuje suchostí, zapříčiněnou propadáním či prosakováním vod do podzemí v náplavové stěně. Postupem času se i výše položené údolí prohlubuje a poloslepá údolí tak přechází ve slepá. Příkladem poloslepého údolí Moravského krasu je údolí potoka Bílé vody, zvané Holštýnské, s ponorem Rasovna.

C. suchá údolí

Na rozdíl od poloslepých údolí je bezvodé v celé své délce a vyschlost má jiné příčiny – jedná se o zbytek starší vývojové etapy říční sítě v krasu. Suchými údolím Moravského krasu jsou Suchý či Pustý žleb.

D. krasové kaňony

Hluboká a úzká údolí se strmými, často převislými stěnami, vznikající nejčastěji zahlubováním říčního toku (zásadním jevem je zde tedy především svislá eroze tekoucí vody) či propadnutím a řícením jeskynních stropů – zde se mohou zachovat (při nedokonalém řícení) tzv. skalní mosty.

3.1.5 KRASOVÉ HŘBETY

Jedná se o zbytky rovných krasových povrchů, které byly postupem času korozní, erozní či denudační činností od sebe odděleny. V této souvislosti je dobré zmínit také tzv. humy – izolované kónické až věžovité tvary.

3.1.6 KRASOVÉ VYVĚRAČKY (PRAMENY)

Dutiny rozmanitého tvaru, kde podzemní krasové vody pod hydrostatickým tlakem opět vyvěrají na povrch. V průběhu vývoje krasovění se poloha dutin snižuje, a tak můžeme nad současnými vyvěračkami zaznamenat staré suché vyvěračky, kterých může být i několik nad sebou.

3.1.7 PROPASTI

Otevřené vertikální dutiny nálevkovitého či svislého (šachtovitého) tvaru spojené s jeskyněmi. Pokud jsou korozní účinky větší v podzemí nežli na povrchu, dochází ke zvětšování podzemních dutin a řícení stropních kleneb jeskyní a vznikají tak řícené propasti. Nejznámější takovouto propastí Moravského krasu je Macocha.

3.2 HYDROGRAFIE KRASOVÝCH OBLASTÍ

Vodní toky v krasu můžeme rozdělit na mimokrasové (alochtonní, tedy vznikající v nekrasovém území a krasovým územím dále protékající cele či částečně – příklad Křtinského potoka) a krasové (autochtonní), které vznikají přímo v krasu vyvěráním podzemní vody (např. Punkva v Moravském krasu). Tekoucí vody jsou pak v krasu pohlcovány menšími dutinami menší krasové vzdornosti či většími dutinami – ponory (propadání, ponikve), přičemž vyvěrají opět v krasové oblasti. Díky tomuto režimu vytvářejí v krasové oblasti zvláštní typy údolí (viz výše).



Obr. 3-1 Josef Kuský: Blokdiagram Moravského krasu. [13] Drátenická jeskyně není na blokdiagramu vyznačena, blízka jeskyně Výpustek je označena písmenem V a šipkou ve spodní polovině obrázku.



4 POUŽITÉ GEODETICKÉ REFERENČNÍ SYSTÉMY

Nová mapa povrchu krasového území v okolí Drátenické jeskyně byla vyhotovena ve dvou závazných⁸ geodetických referenčních systémech – Systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) a Výškovém systému baltském – po vyrovnání (Bpv).

4.1 SYSTÉM JEDNOTNÉ TRIGONOMETRICKÉ SÍTĚ KATASTRÁLNÍ

S – JTSK je definován Besselovým elipsoidem z roku 1841 a parametry $a = 6377379,15508$ m, $b = 6356078,96290$ m, kde a je délka hlavní poloosy a b je délka vedlejší poloosy, Křovákovým konformním kuželovým zobrazením v obecné poloze a souborem souřadnic z vyrovnání trigonometrických sítí.

Systém navrhl Ing. Josef Křovák v roce 1922, jeho zobrazení užitá v tomto systému se označuje jako dvojité – tzn. že konformní zobrazení bodů je provedeno nejdříve na Besselův elipsoid a posléze na Gaussovu kouli, zmenšenou o $0,0001 \cdot R$. Tím je dosaženo zisku dvou nezkreslených rovnoběžek a tedy menšího délkové zkreslení na území naší republiky (-10 až $+14$ cm/1 km). Obecná poloha kužele byla zvolena s ohledem na protáhlý tvar území tehdejší Československé republiky.

Počátek pravoúhlé rovinné soustavy tvoří obraz vrcholu kužele. Osa X je tvořena obrazem základního poledníku ($\lambda = 42^{\circ}30'$ východně od Ferra) a její kladný směr je orientován k jihu. Osa Y je kolmá k ose X a orientována k západu. Pro souřadnice libovolného bodu na území tehdejší Československé republiky platí jednoduchý vztah $Y < X$. [22]

4.2 VÝŠKOVÝ SYSTÉM BALTSKÝ – PO VYROVNÁNÍ

Výškový systém Bpv je definován výchozím výškovým bodem, kterým je nula stupnice mořského vodočtu v Kronštadu a souborem normálních výšek z mezinárodního vyrovnání nivelačních sítí. Převod nadmořských výšek celé ČSJS (Československé jednotné nivelační sítě) do výškového systému baltského – po vyrovnání byl proveden v roce 1957 v rámci odstoupení naší tehdejší republiky od Jadranského výškového systému. Celý proces byl ale uskutečňován ještě dřívějšími přechody na předběžné baltské systémy B 68 a B 46 v padesátých letech. Na rozdíl od těchto předběžných baltských systémů není odečet od výšek jadranských konstantní z důvodu odlišné definice výšek – normální (Moloděnského) výšky užitá v Bpv jsou vztaženy ke kvazigeoidu, výška bodu A je definována jako délka tížnice mezi kvazigeoidem a tímto bodem. Výšky jsou oproti jadranskému výškovému systému nižší v rozmezí $0,36 - 0,44$ m.



5 MAPOVÁNÍ POLOHOPISU A VÝŠKOPISU

Jako polohopis označujeme soubor bodových, liniových a plošných mapových znaků, které v mapě vyjadřují průmět bodových, liniových a plošných objektů a jevů do roviny mapy prostřednictvím kartografických zobrazení. [20]

Výškopisem se rozumí obraz terénního reliéfu na mapě. Toto zobrazení může být vyjádřeno vrstevnicemi, výškovými body s kótami, výškopisnými značkami a dalšími prostorově působícími způsoby znázornění terénu, např. stínováním. [37]

5.1 URČENÍ POLOHY BODU

Geodetické metody, kterými jsou určovány polohové souřadnice bodů nejen bodového pole, je zvykem dělit (do značné míry na základě vývoje těchto metod) na metody terestrické (též geodetické či klasické), využívající dřívějších poznatků klasické geodézie, a metody využívající GNSS.

5.1.1 TERESTRICKÉ METODY

A. rajón

Pod pojmem rajón se rozumí orientovaná a délkově zaměřená spojnice daného a určovaného bodu. [37]

Metodu rajónu pro budování podrobného polohového pole je možno použít do vzdálenosti 1500 m, při dlouhých záměrech však vždy s uvážením homogenity sítě. V případě určení polohy nového bodu je třeba vždy provést orientaci nejméně na dva body o známých souřadnicích. Délka rajónu přitom nesmí být delší než nejbližší orientace. [16]

B. polygonový pořad

Polygonový pořad je definován jako průmět prostorové lomené čáry do roviny kartografického zobrazení. [37] Vrcholy polygonového pořadu nazýváme polygonovými body, spojnice těchto bodů pak polygonovými stranami. Pro určení polohy polygonových bodů je třeba na těchto bodech měřit úhly a délky stran (obvykle obousměrně tam a zpět). Orientaci polygonového pořadu provádíme směrovým připojením koncových bodů na body ZBPP, ZhB či PBPP. Soubor polygonových pořadů nazýváme polygonovou sítí.

Mezi základní typy polygonových pořadů patří:

⁸ V souladu s § 17 odst. 2 Zákona č. 200/1994 Sb. o zeměměřičství.



- Polygonový pořad oboustranně připojený a oboustranně orientovaný
- Polygonový pořad oboustranně připojený a jednostranně orientovaný
- Polygonový pořad vetknutý (resp. oboustranně připojený bez orientací na koncových bodech)
- Polygonový pořad jednostranně připojený a jednostranně orientovaný⁹
- Polygonový pořad uzavřený s orientací na počátečním bodě
- Polygonový pořad uzavřený neorientovaný (v místním souřadnicovém systému)

Při určování polohy bodu polygonovými pořady platí, že poměr mezi sousedními stranami by neměl být větší než 1:3, v případě určení polohy bodu jednostranně připojeným a jednostranně orientovaným pořadem by neměl být polygonový pořad delší než 250 m a obsahovat více než 3 strany.

C. protínání vpřed

Při protínání vpřed určujeme polohu bodu z měření na daných bodech, přičemž měřenými veličinami mohou být směry (příp. z nich počítané úhly), délky či kombinace obojího.

D. protínání zpět

V případě této metody určujeme polohu bodu z měření přímo na tomto (určovaném) bodě, přičemž měření musí být realizováno nejméně na tři body o známých souřadnicích při splnění podmínek vhodné konfigurace¹⁰. Metoda je též označována jako volné polární stanovisko, např. v [16].

E. měřická přímka

Ze souboru metod výpočtů polohy bodu na měřické přímce patří mezi nejvýznamnější **metoda pravoúhlých souřadnic** (resp. metoda ortogonální), v menší míře pak průsečík dvou přímek.

⁹ Užíváno také názvosloví volný polygonový pořad či vícenásobný rajón jako označení téhož, např. v [18] či [7].

¹⁰ Nutná eliminace tzv. kritické kružnice či kritické přímky, viz např. [18].



5.1.2 METODY VYUŽÍVAJÍCÍ GNSS [29], [30], [31]

Pro určení polohy bodu můžeme využít také globálních navigačních satelitních systémů (GNSS), přičemž pro geodetická měření nejčastěji využíváme relativní určení polohy bodu, pro které je třeba dvou GNSS aparatur.

Metody GNSS můžeme dělit například podle času, ve kterém je možno získat souřadnice určovaných bodů:

A. metody měření s následným zpracováním (*postprocessing*)

Při užití těchto metod je třeba podrobit naměřená data následnému zpracování. Patří sem statická metoda, rychlá statická metoda, metoda *stop and go* a kinematická metoda.

- **statická metoda**

GNSS aparatura na určovaném bodě (*rover*) přijímá data ze satelitů, při následném zpracování jsou využívána také korekční data z permanentních stanic (druhá GNSS aparatura). S ohledem na dlouhé vektory je zapotřebí delší observace.

- **rychlá statická metoda**

Metoda je realizována dvěma GNSS přijímači, přičemž jeden je využit jako tzv. referenční na bodě o známých souřadnicích, druhý, tzv. mobilní je využit pro kratší měření na určovaných bodech. Kratší doba observace než u statické metody je možná z důvodů kratšího vektoru (vzdálenosti mezi GNSS aparaturami).

- **metoda *stop and go***

Jedna z GNSS aparatur je opět jako referenční na známém bodě, druhá nejprve vykoná krátké statické měření v řádu minut na známém bodě (inicializace přístroje), poté je možno měřit určované body v řádu vteřin. Při přerušení signálu je třeba vykonat novou inicializaci.

- **kinematická metoda**

Metoda podobná jako *stop and go*, přičemž je inicializace přístroje možná i za pohybu (využití přesných kódových měření).

B. metody měření v reálném čase

Při využití těchto metod získáváme souřadnice bodů v reálném čase (tedy v čase měření) - GNSS aparatury přijímají jak data ze satelitů, tak korekce z permanentních stanic a výpočet ambiguit je



tak řešen na rover stanici v reálném čase. U těchto metod se nabízí další rozdělení dle toho, zda přístroje využívají kódová či fázová měření.

- **metoda DGPS (DGNSS)**

O této metodě hovoříme při použití korekcí u kódového měření. Korekce pro kódová měření poskytují všechny tři níže uvedené permanentní sítě.

- **metoda RTK**

Pokud využíváme korekce u fázového měření, hovoříme o metodě RTK. Přesnost RTK metody bývá uváděna nejčastěji 10mm + 1ppm v horizontálním směru a 20mm + 1 ppm ve směru vertikálním. Je ovlivňována několika parametry (DOP), z nichž nejvýznamnější je PDOP a RDOP. Parametr PDOP zohledňuje rozložení družic vzhledem k přijímači, hodnota RDOP pak vyjadřuje změnu konfigurace družic vůči poloze vektoru přijímač – referenční stanice.

Při měření metodou RTK můžeme využít také tzv. síťového řešení – takovou metodou nazýváme RTK-VRS. Zatímco u RTK je korekce pro měření v reálném čase poskytována konkrétní permanentní stanicí či další aparaturou na bodě o známých souřadnicích, u RTK-VRS je využito výstupů generovaných ze síťového řešení ve vzdálenosti zhruba 5 km od přijímače, tedy tzv. virtuálních referenčních stanic.

5.1.2.1 SYSTÉM POZEMNÍCH REFERENČNÍCH STANIC

Pozemní referenční stanice se skládá z antény a přijímače GNSS, umístěné na bodě o známých geocentrických souřadnicích pro potřeby sběru dat pro určení diferenčních korekcí. [37]

Systémy pozemních referenčních stanic označujeme obecně jako GBAS, pro konkrétní území jsou zřizovány tzv. regionální GBAS – např. EUREF na území Evropské unie, WAGE v USA či CZEPOS na území České republiky. Česká síť permanentních stanic GNSS pro určování polohy (CZEPOS) obsahuje celkem 27 stanic rovnoměrně rozmístěných na území ČR a dále stanice zahraničních sítí využitelné pro síťová řešení GPS+GLONASS. Celkem tak bylo ke dni 10. 5. 2012 v systému zahrnuto 49 permanentních stanic.

Dalšími dvěma celoplošnými sítěmi permanentních stanic provozovaných na našem území, která poskytují svá data registrovaným uživatelům, jsou TopNET, kterou spravuje firma Geodis Brno, spol. s.r.o. a Trimble VRS Now Czech spravovaná firmou Trimble.

V České republice je v provozu celkem 24 referenčních stanic Trimble, přičemž do sítě dodává data i 8 z celkových 170 stanic sítě Trimble VRS Now Deutschland.



5.2 **PODROBNÉ MĚŘENÍ POLOHOPISU**

Obsáhlou a poměrně vyčerpávající definici podrobného měření polohopisu uvádí Jan Ratibořský [25]:

„Pod pojmem podrobné polohopisné měření se rozumí zaměření podrobných bodů, tedy podrobných polohových bodů, jejichž spojnice tvoří obvod předmětů a objektů měření. Soubor zaměřených a zobrazených podrobných polohových bodů, jejich spojnic a mapových značek, který věrně určuje a zobrazuje v určitém měřítku rovinné geometrické vztahy mezi jednotlivými body. Pak tedy měření polohopisu je zaměření bodů, které se zobrazí v mapě.“

Mezi základní metody podrobného měření polohopisu patří:

A. metody číselné

- metoda polární (včetně poměrně nových metod laserového skenování či metod využívajících technologie GNSS)¹¹
- metoda pravouhlých souřadnic
- protínání vpřed
- konstrukční oměrné

B. metody grafické

- fotogrammetrické metody

Vzhledem ke konkrétnímu užití metod v této práci se dále zmíním pouze o metodách číselných. Základní a nejvyužívanější metodou pro podrobné mapování polohopisu je (s ohledem na vývoj a možnosti měřických technologií) metoda polární (a od ní odvozená metoda polární prostorová) umožňující měřit současně polohu, ale i výšku bodu (tzv. tachymetrické měření). Při realizaci této metody je poloha bodu dána polárními souřadnicemi (úhlem a délkou mezi stanoviskem a určovaným bodem).

Metoda pravouhlých souřadnic (ortogonální metoda) je metoda, při které jsou body zaměřovány k polygonovým stranám a měřickým přímkám dvěma délkami: staničením, tj. délkou ve směru od počátečního ke koncovému bodu měřické přímky po patu kolmice, tj. délkou od podrobného bodu k patě kolmice z podrobného bodu na měřickou přímku. [37] Nejčastější je využití ortogonální metody jako metody doplňkové k metodě polární, například tam, kde není zajištěna viditelnost



mezi polárním stanoviskem a určovaným bodem, či u jasně definovaných objektů v terénu (budovy, podezdívky, vchody, ploty...). Měřická přímka může být definována spojnicí mezi danými body, pak hovoříme o měřické přímce pevné. V případě, že je tato přímka napojena na dané body pomocí kolmic, hovoříme o měřické přímce volné.

V případě měření objektů, u nichž můžeme předpokládat, že jsou tvořeny vzájemně pravoúhlými stranami (např. budovy), s výhodou využijeme metodu konstrukčních oměrných.

S ohledem na splnění normativní přesnosti měření podrobných bodů [5] pro mapy velkých měřítek je vhodné dodržovat obecné zásady pro podrobné měření polohopisu, uvedené např. v [16], [7] nebo [25].

A. zásady při měření polární metodou

Na stanovisku orientujeme vždy osnovu směrů nejméně na dva dané body polohového pole, mezi nejméně jedním z nich měříme i vzdálenost. Nelze-li zaměřit více než jeden orientační směr, orientace se ověří na kontrolně zaměřeném podrobném bodu určeném z jiného stanoviska.

Vzdálenost určovaného bodu od stanoviska smí přesáhnout délku spojnice stanoviska s nejvzdálenějším orientačním bodem nejvýše o jednu polovinu.

V případě, kdy není zajištěna viditelnost mezi daným a určovaným bodem, lze užít metody tzv. polární kolmice. Taková kolmice nesmí být delší než polovina délky od stanoviska k patě kolmice a její největší přípustná délka je 30 m.

B. zásady při měření metodou pravoúhlých souřadnic

Při měření ortogonální metodou nesmí být kolmice delší než $3/4$ délky příslušné měřické přímky. Měřickou přímku lze prodloužit maximálně o $1/3$ její délky. Největší přípustná délka kolmice je 30 m.

C. zásady při měření metodou konstrukčních oměrných

Metodu konstrukčních oměrných použijeme při měření délek ne větších než 5 m. V [25] uvádí Jan Ratiborský možnost měřit touto metodou také čtvrté rohy budov (tedy i při nesplnění první podmínky maximální vzdálenosti) a jako maximální počet určovaných bodů metodou konstrukčních oměrných uvádí počet osm při dvou daných bodech.

D. zásady při měření křivkových prvků polohopisu

¹¹ tzv. prostorová polární metoda



Křivkové prvky nejprve identifikujeme jako křivkový oblouk, kružnici či obecnou křivku. Při měření křivkového oblouku měříme vždy počáteční a koncový bod a bod ve středu oblouku, při měření kružnice měříme buď tři body na kružnici, nebo střed kružnice a její poloměr. Obecnou křivku je třeba generalizovat a realizovat jednotlivými úsečkami, přičemž maximální odchylka průběhu křivky od zaměřené úsečky by neměla být větší než 0,1 m.

5.3 PODROBNÉ MĚŘENÍ VÝŠKOPISU

Při měření výškopisu vždy nutně dochází k idealizaci (generalizaci) reálného zemského povrchu – skutečný povrch (terén) nahrazujeme tzv. topografickými plochami. Míra idealizace je závislá na členitosti terénu a měřítku mapy. Hustotu bodů je tak třeba volit s ohledem na tyto faktory, při volbě nepřiměřené hustoty bodů (a to jak nižší, tak vyšší) je reálné nebezpečí následné chybné interpretace terénu (narušení hladkého průběhu terénu, nedostatečné vystižení terénních singularit apod.).

Podrobné mapování výškopisu může být realizováno čtyřmi základními metodami, mezi něž patří metoda geodetická, metoda fotogrammetrická, metoda s využitím technologie GNSS a metoda fyzikální. S ohledem na skutečnou realizaci těchto metod při tvorbě mé diplomové práce se budu věnovat výhradně rozboru metody geodetické. Dle [7] mezi základní geodetické metody patří:

A. tachymetrie s využitím totálních stanic

Obecně se tachymetrie využívá tam, kde je měřen polohopis a výškopis současně. Při tachymetrii s využitím totálních stanic je poloha bodů určována ze stanovisek polární metodou a výška bodů je určena trigonometricky ze znalosti délky mezi stanovištěm a určovaným bodem, zenitového úhlu, výšky cíle a stanoviska.

B. plošná nivelace

Tato metoda nachází využití v případě existence kvalitního polohopisného podkladu – všechny zaměřované body musí být v terénu jednoznačně identifikovatelné a musejí mít určenou polohu. Metoda je efektivní pokud se jedná o měření v rovinném či mírně svažitém terénu.

C. měření profilů

Metoda má své opodstatnění u zaměřování výškopisu liniových staveb, všude tam, kde je třeba podrobně vystihnout výškové poměry (komunikace, vodní toky apod.). Příčné profily měříme ve směru kolmém na profil podélný (osu liniové stavby).



D. nitková tachymetrie

Dnes již prakticky nahrazena tachymetrií elektronickou (resp. tachymetrií s využitím totálních stanic).

5.4 ZOBRAZENÍ VÝŠKOPISU V MAPĚ

Zobrazení výškopisu může být realizováno za pomoci nejrůznějších tzv. hypsometrických prostředků (šrafy, vrstevnice, hypsometrické stupně aj.), pro mapy velkých měřítek se však nejvíce využívají kóty, vrstevnice či technické šrafy.

A. výškové kóty

Kóty (tedy číselné vyjádření výšek terénu) dávají přesné a přehledné informace o výšce terénu v určovaných bodech. Přesnost kót není závislá na měřítku mapy, avšak kóty nepodávají žádnou informaci o plasticitě a průběhu terénu.

B. vrstevnice

Jedná se o obecné čáry spojující na topografické ploše body o stejné nadmořské výšce. Jsou to obrazy průniků topografické plochy se soustavou hladinových ploch (zjednodušeně vodorovných ploch) vedených v určitých výškových intervalech. [20]

Kresba vrstevnic je realizována na základě interpolace mezi hodnotami výšek terénu, které tvoří ideálně hustou síť (odpovídající měřítku mapy a členitosti terénu). Rozdíl mezi výškami dvou sousedních vrstevnic se nazývá interval vrstevnic a jeho správná volba rozhoduje zásadním způsobem o celkové kvalitě interpretace terénu. Pro mapy vyhotovené v měřítku 1:5000 a vyšším je jako nejvhodnější interval stanoven na hodnotu 1 m.

C. technické šrafy


Slouží k vyjádření úzkých a protáhlých přírodních či umělých terénních tvarů vymezených hranou na mapách velkých a středních měřítek. Jsou kresleny tak, že se pravidelně střídají delší a krátké čárky (tyto jsou nasazovány u nejvýše položené hrany). [20]

6 PRÁCE V TERÉNU

6.1 MĚŘICKÉ METODY A VOLBA TOTÁLNÍ STANICE

Před zahájením měřických prací bylo třeba zvolit metodu měření a přístroj, které budou odpovídat požadavkům na přesnost měření a budou též co nejvíce vyhovovat s ohledem na členitost, různorodost a další specifika zájmového území.

Pro měření byla zvolena totální stanice Topcon GPT 3003N, jako nejvhodnější metoda pro daný úkol byla zvolena metoda polární (resp. metoda elektronické tachymetrie). Parametry přístroje jsou uvedeny v tabulce 6-1.

Délková přesnost	$m_s = \pm(2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$	
Úhlová přesnost	$m_w = 1 \text{ mgon}/3''$	
Dosah dálkoměru	3000 m	
Dosah při bezhranolovém modu	1,5 – 250 m	
Zorné pole dalekohledu	1°30'	
Minimální zaostření dalekohledu	1,3 m	
Interní paměť	24 000 bodů	

Tab. 6-1 Tabulka některých parametrů totální stanice Topcon GPT 3003N.

6.2 REKOGNOSKACE ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

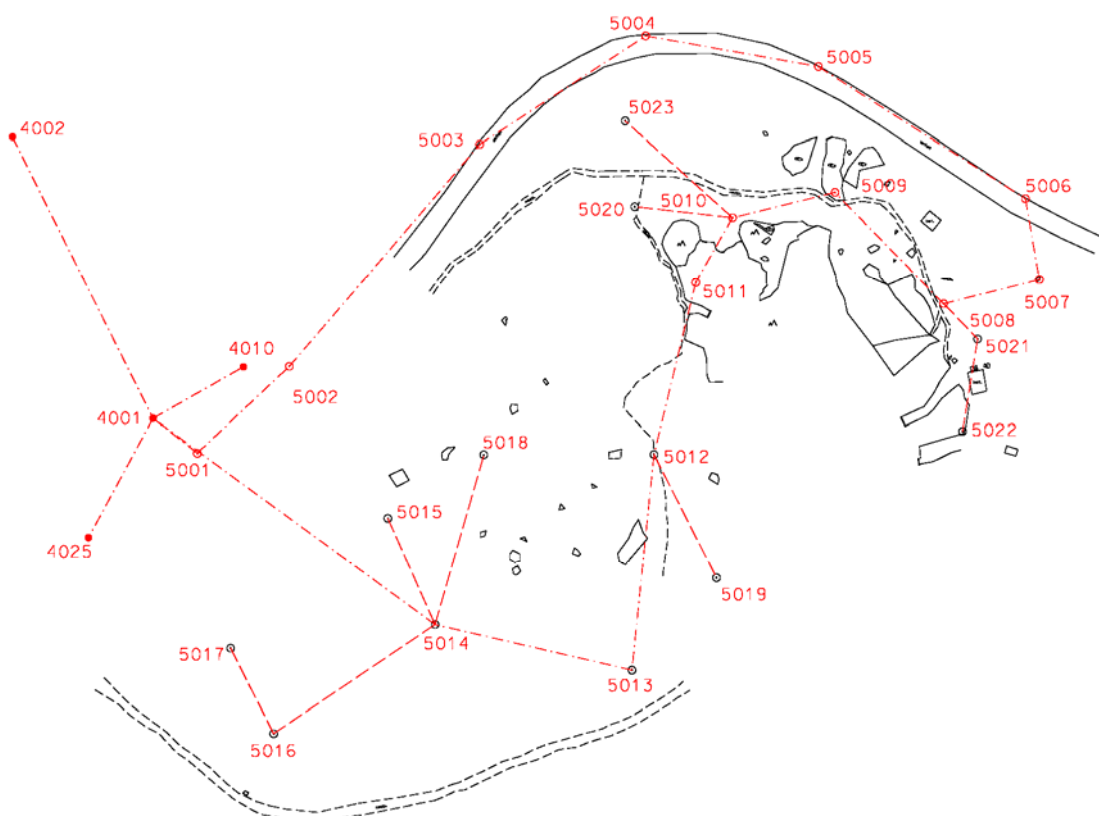
Před samotným zahájením měřických prací proběhla podrobná rekognoskace zájmové lokality, a to ve dnech 12. 10. a 25. 10. 2011. Kromě šetření celého terénu a jeho členitosti šlo zejména o navrzení co možno nejtrvalejší stabilizace měřické sítě. Zde bylo s úspěchem využito části již stabilizovaného polygonového pořadu pana Zdeňka Farlíka. Z tohoto polygonového pořadu byly využity některé vhodné trvale stabilizované body (hřeby ve skále či kamenný patník). Nová měřická síť vytvořená pro účely této diplomové práce má tak některé body identické s tímto pořadem. Pan Zdeněk Farlík se dne 25. 10. 2011 rekognoskace lokality taktéž aktivně zúčastnil, aby pomohl s vyhledáním a jednoznačnější identifikací bodů. Rozdílné značení identických bodů je uvedeno v tabulce 6-2.

Ve stejné době proběhla také rekognoskace nivelačních bodů využitelných pro výškové připojení měření. Jako nejvhodnější byl vybrán bod K_{j4} – 41.1, který se nachází nejbližší zájmové lokality (resp. nového bodu měřické sítě 5002).

Označení bodů p. Zdeňka Farlíka	Označení bodů pro účely diplomové práce	Typ stabilizace
IIIA	5007	hřeb ve skále
III	5008	hřeb ve skále
IV	5009	hřeb ve skále
V	5010	kamenný patník
VI	5011	hřeb ve skále

Tab. 6-2 Tabulka identických bodů podrobného polohového pole.

Pro úspěšné navázání na předchozí mapové podklady bylo třeba provést nejen rekognoskaci měřeného území, ale také blízkého okolí jeskyně Výpustek, tedy lokality zaměřené v letech 2010/2011. Cílem bylo vyhledání vhodných bodů bodového pole k jejich následnému ověření a připojení na novou měřickou síť. Vyhledány byly jak body stabilizované Lucíí Zachovou a Klárou Kotyzovou v rámci tvorby diplomových prací [11] a [38], tak body vybudované firmou GEODIS BRNO, spol. s. r. o. v roce 2009. Pro napojení nově vybudovaného bodového pole pak byly využity body 4001, 4002, 4010 a 4025.



Obr. 6-1 Přehledný náčrt bodového pole.



6.3 MĚŘICKÉ PRÁCE V LOKALITĚ

Po úvodní fázi rekognoskace a stabilizaci nových bodů mohla následovat samotná měřická část úlohy. Ta probíhala zejména v zimních měsících na přelomu roku 2011 a 2012 a to zejména z důvodu výrazně vyšší viditelnosti v převážně zalesněné lokalitě v tomto období.

Měření se uskutečnilo během patnácti dní. První měření proběhlo ve dnech 26. 10. 2011 a 2. 11. 2011, kdy byla zaměřena základní kostra měřické sítě (resp. bodového pole). V dalších dnech již probíhalo zaměřování podrobných bodů (poloha i výška), nezbytné pro vyhotovení mapy. Dle potřeby také souběžně probíhalo doplňování bodového pole (body 5015-5023). Podrobné měření se uskutečnilo konkrétně ve dnech 17. 11. 2011, 19. 11. 2011, 20. 11. 2011, 3. 12. 2011, 10. 12. 2011, 21. 12. 2011, 24. 12. 2011, 26. 12. 2012, 17. 1. 2012, 28. 2. 2012, 5. 3. 2012, 17. 3. 2012, a 20. 5. 2012. Celkem bylo zaměřeno 3035 podrobných bodů, které posloužily jak k vyjádření výškopisu, tak polohopisu, některé z nich byly použity jako body identické pro transformaci mapy z roku 1945.

6.3.1 VYBUDOVÁNÍ BODOVÉHO POLE

Po rekognoskaci stávajícího bodového pole (Farlík, Kotyzová, Zachová, GEODIS) bylo rozhodnuto o nutnosti doplnění tohoto pole dalšími body, které by překlenuly zejména území mezi Drátenickou jeskyní (body Zdeňka Farlíka) a území u jeskyně Výпустek (Body Bc. Kláry Kotyzové, Bc. Lucie Zachové a společnosti GEODIS, spol. s r. o.). Jednalo se celkem o 23 bodů (5001 – 5023), které byly stabilizovány jak trvale hřeby v asfaltové komunikaci (body 5001-5006), tak dočasně dřevěnými kolíky (body 5007-5023). Ve dnech 26. 10. 2011 a 2. 11. 2011 byly zaměřeny body hlavního polygonového pořadu (5001 – 5014), z nichž některé byly později (dne 23. 5. 2012) zpřesněny za pomoci využití GNSS technologie (5001, 5002, 5003, 5005, 5006). Tato měřická síť byla dále v průběhu podrobného měření doplněna o další body metodou jednoduchého či dvojitého rajonu (5015-5023).

6.3.1.1 URČENÍ POLOHY NOVÝCH BODŮ MĚŘICKÉ SÍTĚ

S využitím daných bodů bodového pole (4001, 4002, 4010 a 4025) byl nejprve zaměřen a vypočten uzavřený polygonový pořad orientovaný na bodě 4001 (s orientacemi na body 4002, 4010 a 4025) o celkové délce 764,43 metru. Tento pořad obsahoval postupně nové body 5001 až 5014. Souřadnice bodů pořadu jsou uvedeny v tabulce 6-3. Pro poměrně velkou délku pořadu a absencí daných bodů zejména ve východní části celého pořadu, na které by bylo možno orientovat, jsem se rozhodl zpřesnit polohu bodů pořadu za pomoci technologie GNSS. Protože zájmová oblast se nachází v poměrně hlubokém údolí a výrazně zalesněném terénu, nebylo možno vybranou



metodou RTK zaměřit a určit zdaleka všechny body polygonového pořadu. Podařilo se ovšem určit souřadnice bodů 5001, 5002, 5003, 5005 a 5006, jejichž poloha na hlavní komunikaci zaručovala příznivější podmínky pro měření než v případě ostatních bodů. Souřadnice těchto bodů určených metodou RTK jsou uvedeny v tabulce 6-4. Kontrola sítě VRS Trimble Now byla provedena na daném bodě 4001. Všechny tyto body byly metodou RTK zaměřeny dvakrát s minimálním časovým odstupem jedné hodiny.

číslo bodu	Y [m]	X [m]
5001	588589.57	1151060.74
5002	588562.09	1151034.86
5003	588505.25	1150968.34
5004	588455.62	1150936.08
5005	588404.04	1150945.15
5006	588342.16	1150984.47
5007	588338.01	1151008.76
5008	588366.62	1151016.00
5009	588399.05	1150982.65
5010	588429.67	1150990.20
5011	588440.67	1151009.60
5012	588453.15	1151061.16
5013	588459.74	1151125.79
5014	588518.56	1151112.20

Tab. 6-3 Tabulka souřadnic bodů podrobného polohového pole určených uzavřeným polygonovým pořadem.

Polohové souřadnice těchto bodů určené metodou RTK byly posléze zprůměrovány s hodnotami jim identických bodů zaměřených v předchozí etapě klasicky.¹² Takto zpřesněné souřadnice bodů 5005 a 5006 poté vstoupily do výpočtu vetknutého, oboustranně orientovaného pořadu obsahujícího postupně body 5007-5014 (a dané body 5005, 5006, 4001 a 4002). Délka toho pořadu čítala 437,45 metrů. Souřadnice bodů vetknutého pořadu jsou uvedeny v tabulce 6-5. Takto nově získané souřadnice bodů 5007-5014 byly zprůměrovány se souřadnicemi identických bodů již dříve spočtených v rámci původního uzavřeného polygonového pořadu a tyto hodnoty byly považovány za výsledné. Výsledkem tak jsou zpřesněné souřadnice bodů 5001-5014.

¹² Klasickými geodetickými metodami jsou zde myšleny terestrické metody nevyužívající moderní GNSS technologie – v tomto případě jde o zaměření bodů metodou polygonového pořadu.



číslo bodu	Y [m]	X [m]	v_y [m]	v_x [m]
5001	588589.60	1151060.79	0,03	0,05
5002	588562.15	1151034.89	0,06	0,03
5003	588505,26	1150968,47	0,01	0,14
5005	588404,04	1150945,33	0,00	0,18
5006	588342,20	1150984,62	0,04	0,15

Tab. 6-4 Tabulka souřadnic bodů podrobného polohového pole určených technologií GNSS (metodou RTK). V_y a v_x značí odchylky v souřadnicích bodů zaměřených metodou RTK a klasicky (v rámci uzavřeného polygonového pořadu).

číslo bodu	Y [m]	X [m]	v_y [m]	v_x [m]
5007	588338.03	1151008.84	0,02	0,08
5008	588366.63	1151016.08	0,01	0,08
5009	588399.06	1150982.72	0,01	0,07
5010	588429.68	1150990.27	0,01	0,07
5011	588440.68	1151009.66	0,01	0,06
5012	588453.16	1151061.21	0,01	0,05
5013	588459.74	1151125.81	0,00	0,02
5014	588518.57	1151112.22	0,01	0,02

Tab. 6-5 Tabulka přepočítaných souřadnic bodů podrobného polohového pole po zahrnutí vlivu měření technologií GNSS. V_y a v_x značí odchylky v souřadnicích bodů určených se zahrnutím vlivu GNSS měření a souřadnic původního uzavřeného polygonového pořadu.

V průběhu měření podrobných bodů se ukázala potřeba bodové pole dále zahustit, což bylo již zajišťováno vždy operativně prostřednictvím metody jednoduchých či dvojitých rajonů (resp. volných polygonových pořadů). Nově zbudován a určen tak byl bod 5015, a to dvakrát nezávisle, poprvé z bodu 5014 s orientací na bod 5013, podruhé z bodu 5014 s orientací na bod 4001. Výsledná hodnota souřadnic bodu 5015 byla hodnotou průměrnou z těchto dvou měření. Body 5016 a 5017 byly určeny dvojitým rajonem taktéž z bodu 5014, s orientací na body 4001 a 5015. Bod 5018 byl určen rajonem z bodu 5015, opět dvakrát, poprvé s orientací na bod 5014, podruhé s orientacemi na body 5014 a 4001. Bod 5019 byl určen rajonem z bodu 5012 a orientacemi na body 5011 a 5013. Podobně byl bod 5020 určen rajonem z bodu 5010 s orientací na body 5009 a 5011. Body 5021 a 5022 byly určeny dvojitým rajonem z bodu 5008 s orientací na body 5007 a 5009. A konečně bod 5023 vznikl rajonem z bodu 5010 s orientací na bod 5009. Konečné souřadnice všech bodů měřické sítě jsou uvedeny v tabulce 6-6.



číslo bodu	Y [m]	X [m]
5001	588589.59	1151060.77
5002	588562.12	1151034.88
5003	588505.26	1150968.41
5004	588455.62	1150936.08
5005	588404.04	1150945.24
5006	588342.18	1150984.55
5007	588338.02	1151008.80
5008	588366.63	1151016.04
5009	588399.06	1150982.69
5010	588429.68	1150990.24
5011	588440.68	1151009.63
5012	588453.16	1151061.19
5013	588459.74	1151125.80
5014	588518.57	1151112.21
5015	588532.70	1151080.29
5016	588566.81	1151144.68
5017	588579.68	1151119.26
5018	588504.01	1151061.24
5019	588434.48	1151098.16
5020	588458.93	1150986.96
5021	588356.48	1151026.66
5022	588360.96	1151054.29
5023	588461.78	1150961.43

Tab. 6-6 Tabulka výsledných souřadnic bodů podrobného polohového pole.

6.3.1.2 URČENÍ VÝŠEK NOVÝCH BODŮ MĚŘICKÉ SÍTĚ

K výškovému určení bodů měřické sítě byl využit jak nivelační bod Kj4 – 41.1 (389,520m) z nivelačního pořadu Kj4 nacházející se v těsné blízkosti zájmové oblasti, tak bod 4001, jehož výška byla v rámci práce [38] přeúčena technickou nivelací. Nejprve byla trigonometricky určena výška bodu 5002 z nivelačního bodu Kj4 – 41.1 a v rámci uzavřeného výškového pořadu byly spočteny a vyrovnány výšky bodů 5001 a 5003-5014. Výšky zbylých bodů měřické sítě 5015-5023 byly určeny trigonometricky společně s výpočty jednotlivých rajonů. Protokol o výpočtu výšek a vyrovnání je uveden v příloze č. 5.

číslo bodu	H [m]
5001	384.27
5002	382.23
5003	383.13
5004	385.04
5005	385.82
5006	386.81
5007	389.68
5008	396.27
5009	396.54
5010	393.90
5011	403.78
5012	405.47
5013	424.40
5014	399.52
5015	390.58
5016	406.33
5017	397.52
5018	391.64
5019	424.48
5020	391.45
5021	402.26
5022	404.78
5023	388.35

Tab. 6-7 Tabulka výšek bodů měřické sítě.

6.3.2 ZAMĚŘENÍ PODROBNÝCH BODŮ

Pro většinu měřických prací v lokalitě byl využíván přístroj Topcon GPT 3003N, jeden stativ, hranol s výtyčkou, pásmo délky 30 m dvoumetr. Na začátku měření byla vždy zhorizontována a zcentrována totální stanice umístěná na stativu na vhodném bodě bodového pole (resp.

stanovisku). Byla změřena výška přístroje a zaměřeny orientace na body bodového pole, a to ve dvou polohách dalekohledu kvůli eliminaci úklonné a kolimační chyby přístroje.

Body orientací signalizoval vždy pomocník za pomoci pečlivě horizontované výtčky s hranolem. Po zaměření všech viditelných orientací již následovalo měření podrobných bodů polární metodou, přičemž orientační polohu a čísla bodů zaznamenával pomocník do měřického náčrtu. Pomocníkovi vždy byly na začátku měření sděleny instrukce, jak postupovat při volbě četnosti podrobných bodů s ohledem na svažitost terénu a jeho průběh. V případě složitějších terénních tvarů vždy konzultoval figurant polohu bodů (a jeho signalizace) s měřičem tak, aby byl co nejlépe vystižen průběh zejména u tvarů, které narušují hladký průběh povrchu terénu, jako jsou hrany svahů, paty terénu či prohlubně, závrtvy a jiné.



Obr. 6-2 Měření v lokalitě dne 24. 12. 2012.

6.3.3 OSTATNÍ MĚŘICKÉ PRÁCE

Mezi ostatní měřické práce patřilo měření pásmem, a to jednak při měření délek stran objektů (metoda kontrolní oměrné), kdy lomové body na těchto objektech sloužily k transformaci mapy z roku 1945 do systému JTSK, a za druhé při vytyčování těchto objektů, které nebyly na první pohled v terénu znatelné. Vytyčováno bylo dle výsledků kartometrického měření. Kontrolní míry byly měřeny pásmem též na uměle opěrných stěnách vchodů do Drátenické jeskyně. Čtení délek na pásmu bylo prováděno vždy dvakrát.

6.3.4 ZAMĚŘENÍ BODŮ TECHNOLOGIÍ GNSS

6.3.4.1 POUŽITÝ PŘÍSTROJ

Pro měření využívající technologii GNSS byl použit dvoufrekvenční přístroj Trimble R4 GNSS při využití softwaru Trimble Digital Fieldbook, založeném na operačním systému Windows CE. Parametry přístroje jsou uvedeny v tabulce 6-7.

Signál	GPS		
Počet kanálů	72		
Kapacita paměti	11 MB vnitřní paměť v přijímači		
Rozměry (šířka x výška)	19 cm x 10,9 cm, včetně konektorů		
Hmotnost	1,34 kg s vnitřní baterií, vnitřním modemem,		
Spotřeba přijímače	3,2 W		
Výdrž baterie příjem na 450MHz	5.8 hodin		
– vysílání/přijem na 450MHz	3.7 hodin		
Procesor	Trimble Maxwell 6		
Provozní teplota	-45°C až + 65°C		
přesnost	Statická metoda	Horizontální složka	±3 mm + 0,1 ppm
		Vertikální složka	±3,5 mm + 0,4 ppm
	RTK	Horizontální složka	±10 mm + 1 ppm
		Vertikální složka	±20 mm + 1 ppm
	DGPS	Horizontální složka	±0,25 m + 1 ppm
		Vertikální složka	±0,50 m + 1 ppm

Tab. 6-8 Tabulka parametrů přístroje Trimble R4 GPS prezentovaných výrobcem. [33]



Obr. 6-3 Trimble R4 GPS.

6.3.4.2 MĚŘICKÉ PRÁCE

Použití technologie GNSS bylo v dané lokalitě díky umístění v hlubokém zalesněném území poměrně složité, proto nebylo možné zaměřit všechny body polygonového pořadu. Přesto jí bylo s výhodou využito pro určení některých bodů, které se nachází mimo lesní porost na silnici, která vymezuje západní hranici měřeného území. Za pomoci metody RTK byly vždy dvakrát s dostatečným časovým intervalem¹³ zaměřeny body 5001, 5002, 5003, 5005 a 5006 a kontrolně také podrobný bod polohového pole 4001, v roce 2009 zbudovaný firmou GEODIS, spol. s. r. o. Souřadnice z měření těchto bodů jsou uvedeny v tabulkách 6-8 a 6-9.

Číslo bodu	Klasicky		RTK				
	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	
5001	588589,57	1151060,75	I.	588589,57	1151060,82	588589,60	1151060,79
			II.	588589,63	1151060,76		
5002	588562,08	1151034,87	I.	588562,18	1151034,93	588562,15	1151034,89
			II.	588562,12	1151034,85		
5003	588505,23	1150968,36	I.	588505,26	1150968,48	588505,26	1150968,47
			II.	588505,25	1150968,46		
5005	588404,02	1150945,18	I.	588404,03	1150945,37	588404,04	1150945,33
			II.	588404,05	1150945,29		
5006	588342,15	1150984,51	I.	588342,16	1150984,64	588342,20	1150984,62
			II.	588342,24	1150984,60		

Tab. 6-9 Tabulka všech nových souřadnic bodů podrobného polohového pole určovaných jak klasicky, tak dvojitým měřením metodou RTK.

Číslo bodu	Dané souřadnice		Kontrolně měřené (RTK)				
	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	
4001	588602,86	1151050,39	I.	588602,94	1151050,41	588602,91	1151050,42
			II.	588602,88	1151050,43		

Tab. 6-10 Ověření sítě Trimble na bodě 4001 s danými souřadnicemi.

¹³ Pro dosažení vyšší přesnosti při použití metody RTK se doporučuje jak delší doba observace, tak dvojitá měření s dostatečným časovým odstupem (minimálně 1 hodina) – např. [16].

7 TVORBA MAPY

7.1 VÝPOČET PODROBNÝCH BODŮ

Veškeré podrobné body byly spočteny v programu Groma verze 7.0 s využitím hromadného příkazu polární metoda dávkou. Takto bylo spočteno celkem 3035 bodů, jeden bod (č. 146) nebyl programem spočítán kvůli nedostatku měřených vstupních hodnot (šikmá délka). Dále byl bod č. 213 vyhodnocen pro zpracování jako nevyužitelný z důvodu chybného zaměření, a tudíž byl smazán, body č. 2260-2279, 2860 a 2972 vůbec nebyly zaměřeny, a tak byly body 3036-3059 přečíslovány na tato chybějící čísla z čistě formálních a systémových důvodů, aby nebylo narušeno souvislé číslování bodů.

7.2 POLOHOPISNÁ SLOŽKA

Polohopis mapy byl tvořen na základě polních náčrtů, které byly tvořeny přímo v terénu při měření, v programu Microstation PowerDraft 8i, tak aby veškeré atributy čar i buňky odpovídaly atributům a buňkám v mapových dílech [11] a [38], aby nově vznikající dílo tvořilo s těmito původními mapovými díly jeden výkres souvisle pokrývající celé zájmové území.

7.3 VÝŠKOPISNÁ SLOŽKA

Výškopisná složka mapy byla vytvořena v prostředí programů ATLAS DMT a Microstation PowerDraft 8i, přičemž ke komunikaci mezi oběma programy bylo využito výměnného formátu dxf. Výškopis byl vyjádřen vrstevnicemi se základním intervalem 1 m, dle zadání a tak, aby bylo vhodně navázáno na mapy [11], [38] vytvořené v sousedním území v okolí jeskyně Výpustek. Vrstevnice byly automaticky interpolovány (vygenerovány) ze zaměřených bodů v programu ATLAS DMT pomocí funkce *Výpočet vrstevnic*. Konečná interpolace vrstevnic neprobíhala mezi všemi body, čímž byla co nejvíce eliminována možnost nevhodné interpretace terénu. Vyřazeny tak byly zejména příliš blízké body a dále některé body, které při výpočtu narušovaly hladkost terénu tam, kde bylo možno terén při daném stupni generalizace považovat za plynulý. Usiloval jsem také o to, aby konečná hustota bodů odpovídala svažitosti terénu či existenci případných hran (narušení hladkého terénu) v daném místě. Došlo také k automatickému generování (dopočítání) některých nových bodů pomocí funkce *Vložit nový bod*, v místech, kde se to ukázalo vzhledem k lepšímu vyjádření terénu jako vhodné.

Následně byl vytvořený výkres vrstevnic exportován do výměnného CAD formátu dxf, a to ve třech samostatných vrstvách pro základní vrstevnice, hlavní vrstevnice a kóty hlavních vrstevnic.



Poté byl proveden import tohoto výkresu do programu Microstation PowerDraft 8i a výkres byl uložen do nativního formátu dgn. V tomto výkresu bylo pak provedeno ještě několik změn – zejména bylo pomocí funkcí kresby zajištěno navázání vrstevnic na mapu [38].

7.4 OSTATNÍ PRVKY MAPY

Mapa byl dále doplněna o mapový rám a souřadnice mapového rámu, síť křížků odpovídající ZMVM 1:500 (vzájemná vzdálenost křížků v síti je 50 m), legendu čar a značek, severku a další mimorámové údaje (uvedení měřítka a odkaz na normu ČSN 01 3410). Celý výkres byl upraven tak, aby atributy prvků odpovídaly atributům uveřejněným v pracích [11] a [38].

8 POSOUZENÍ MAPOVÉHO PODKLADU SITUATIONS PLAN RASTELHÖHLE Z ROKU 1945

8.1 TRANSFORMACE – TEORETICKÝ ZÁKLAD

V geodézii a kartografii je pod pojmem transformace myšlen obecný pojem pro výpočet, jehož cílem je převod souřadnic bodů z jednoho souřadnicového systému do druhého. [37]

V případě transformace mapových podkladů se nejčastěji jedná o převod polohových souřadnic bodů z jednoho systému označovaného x,y do druhého systému X,Y . Transformační rovnice (též transformační klíč) je pak možno psát ve tvaru:

$$X = f(x,y;a_0,a_1,a_2,\dots), \quad (1)$$

$$Y = f(x,y;b_0,b_1,b_2,\dots), \quad (2)$$

kde X,Y jsou výsledné souřadnice v novém souřadnicovém systému, x,y pak souřadnice v původním systému a $a_0,a_1,a_2,b_0,b_1,b_2,\dots$ jsou vypočtené transformační parametry. Těmito parametry mohou být hodnoty posunů počátků souřadnicových systémů, stočení souřadnicových os či změna měřítko.

Dle počtu a typu parametrů transformačního klíče rozlišujeme tyto základní transformační metody:

A. shodnostní transformace

Jedná se o lineární transformaci souřadnic, transformačními parametry jsou posun a rotace původního souřadnicového systému do nového při měřítkovém koeficientu rovno 1.

Transformace je charakterizována rovnicemi:

$$X = X_0 + x \cos \omega - y \sin \omega, \quad (3)$$

$$Y = Y_0 + x \sin \omega + y \cos \omega, \quad (4)$$

kde X_0, Y_0 jsou souřadnice počátku O_{xy} systému x,y v systému X,Y a ω úhel pootočení souřadnicových os x,y vzhledem k systému X,Y .

B. podobnostní transformace



Opět se jedná o lineární transformaci souřadnic, transformačními parametry jsou posun a rotace původního souřadnicového systému do nového, přičemž měřítkový koeficient je různý od 1, shodný pro všechny osy souřadnicového systému.

Měřítko μ zjistíme ze vztahu

$$\mu = S s^{-1}, \quad (5)$$

kde S je délka v novém systému X, Y a s odpovídající délka v systému x, y .

Obecný tvar transformačního klíče je pak:

$$X = X_0 + \mu x \cos \omega - \mu y \sin \omega, \quad (6)$$

$$Y = Y_0 + \mu x \sin \omega + \mu y \cos \omega, \quad (7)$$

při totožném značení parametrů jako při výše uvedené shodnostní transformaci.

C. konformní transformace

Konformní transformace rozšiřuje podobnostní transformaci o nelineární členy při zachování typu parametrů transformačního klíče (měřítkový koeficient je stejný pro obě souřadnicové osy), přičemž zůstává zachován pouze tvar diferenciálních obrazců. Transformační klíč je možno vyjádřit například ve tvaru:

$$X = a + c x + d y + e(X^2 - Y^2) - 2f(XY) + gX(X^2 - 3Y^2) + hY(Y^2 - 3X^2) + \dots, \quad (8)$$

$$Y = b + cdx + dcy + f(X^2 - Y^2) - 2e(XY) + hX(X^2 - 3Y^2) + gY(Y^2 - 3X^2) + \dots, \quad (9)$$

kde $a, b, c, d, e, f, g, \dots$ jsou parametry transformačního klíče. Pokud se při výpočtu transformačního klíče omezíme pouze na kvadratické členy s šesti parametry (a, b, c, d, e, f), hovoříme o *konformní kvadratické transformaci*, obdobně při užití členů prvního až třetího řádu při zanedbání členů řádů vyšších, hovoříme o *konformní kubické transformaci*.

D. afinní transformace

Afinní transformace je definována pomocí parametrů posunů a rotací původního souřadnicového systému do nového a měřítkových koeficientů odlišných pro každou souřadnicovou osu, přičemž alespoň jeden měřítkový koeficient není roven 1.

Transformace je dána obecnými rovnicemi:

$$X = X_0 + \mu_x x \cos \omega_x - \mu_y y \sin \omega_y, \quad (10)$$



$$Y = Y_0 + \mu_x x \sin \omega_x + \mu_y y \cos \omega_y, \quad (11)$$

kde μ_x a μ_y jsou rozdílná měřítka a ω_x , ω_y jsou úhlová stočení os x, y vzhledem k osám X, Y .

Mezi další základní transformační metody patří například projektivní (kolineární) transformace, transformace polynomické či obecný průměr posunů identických bodů.

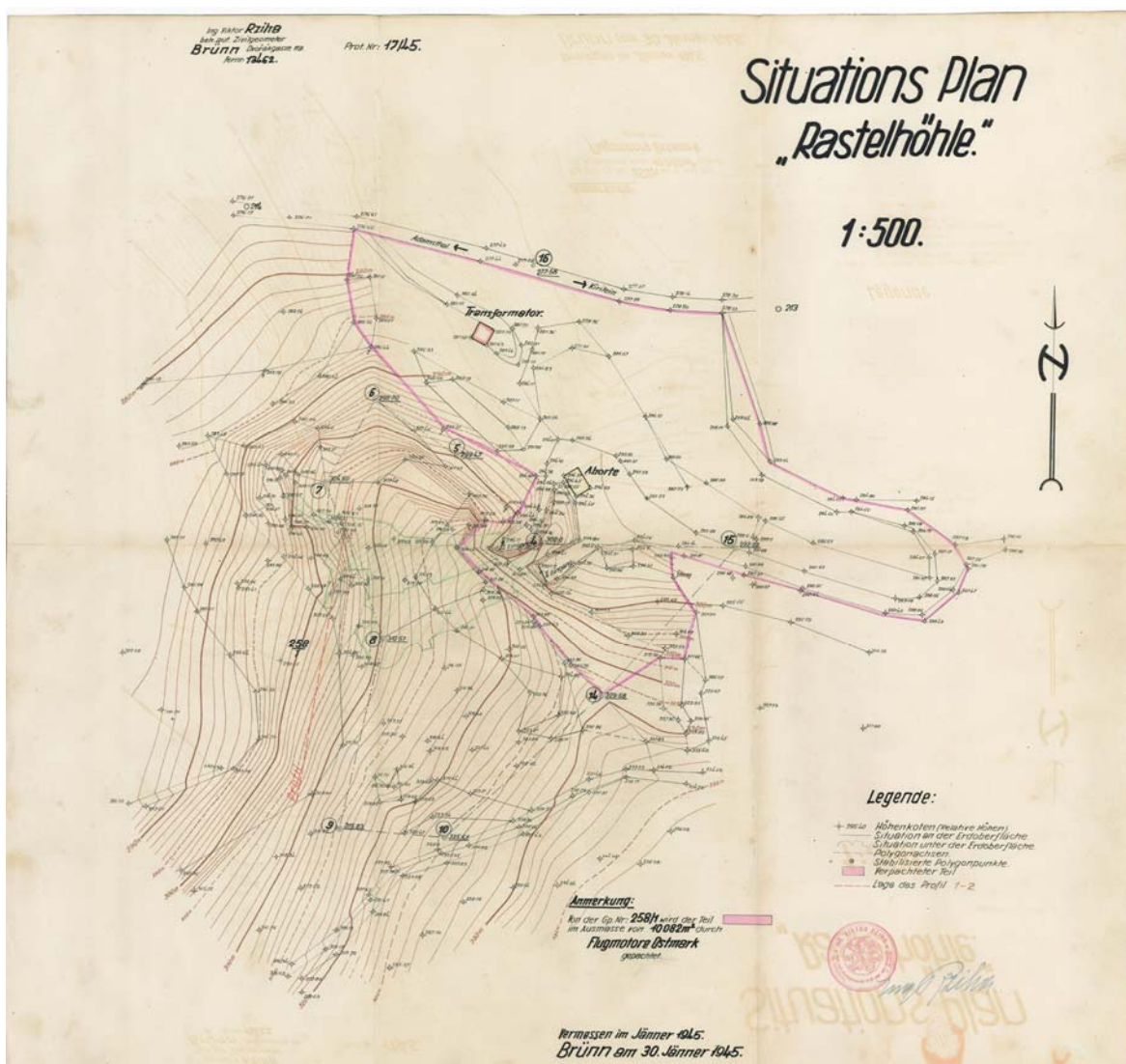
Pro konkrétní výpočty transformačních klíčů potřebujeme znát vždy nutný či nadbytečný počet souřadnic bodů, jejichž souřadnice jsou známy v obou souřadnicových systémech. Takové body nazýváme *identickými*. Počet souřadnic identických bodů nutných pro výpočet klíče je odpovídající počtu neznámých transformačních parametrů. [17], [18]

Při volbě identických bodů je třeba dodržet následující zásady [18]:

- Identické body mají být dostatečně spolehlivé a kvalitní. Důležitá je zde tedy jejich jednoznačná identifikace.
- Všechny transformované body mají ležet uvnitř mnohoúhelníku, jehož obvod je dán identickými body.
- Každému bodu v jedné souřadnicové soustavě odpovídá pouze jeden jediný bod druhé soustavy (bijektivní zobrazení).
- Při transformaci každého bodu se má uplatňovat převážně vliv nejbližších identických bodů.

8.2 MAPOVÝ PODKLAD SITUATIONS PLAN RASTELHÖHLE¹⁴

Jedním z podkladů, nutným k úspěšnému splnění zadání diplomové práce, byl situační plán okolí Drátenické jeskyně z 30. ledna roku 1945, který zpracoval civilní geodet Ing. Viktor Rziha, oprávněný zeměměřičský inženýr. Plán je zpracován v měřítku 1:500, obsahuje výškopis, polohopis a popis v německém jazyce, dále schematické zákresy polygonového pořadu, profilu a stabilizovaných bodů. Výškopis je vyjádřen pomocí vrstevnic s intervalem 1m a relativních výškových kót terénu. Plán je vytvořen v místním souřadnicovém i výškovém systému. Zobrazeno je na mapě celkem asi 1 ha území v měřítku 1:500. V rozích a na okrajích mapy je dále umístěna legenda, měřítko, severka, název, razítko oprávněného inženýra, číslo zakázky a datum a místo zhotovení. Mapový podklad v digitální podobě poskytl pro účely diplomové práce doc. Josef Weigel ze svého soukromého archivu.



¹⁴ Dráteníkova (z něm.)



Obr. 8-1 Situations Plan RastelHöhle. Vyhotovený v měřítku 1:500 v místním výškovém systému v roce 1945, autor Ing. Viktor Rziha.

8.2.1 INTERPRETACE MAPY

Co se týče výškopisné složky, mapa obsahuje jak velké množství kót (cca 200) realizovaných v místním výškovém systému (základní kóta 300 metrů zobrazena v blízkosti vchodu č. 1 do Drátenické jeskyně), tak základní vrstevnice s intervalem 1 metr (zobrazeny tenkou jednoduchou čarou), tenkou přerušovanou čarou vyznačenými vrstevnicemi s intervalem 5 metrů a silnou jednoduchou čarou zvýrazněnými vrstevnicemi s intervalem 10 metrů. Všechny tyto vrstevnice jsou vedeny v hnědé barvě.

Polohopis mapy obsahuje několik vybudovaných objektů, které se v lokalitě v době zaměření vyskytovaly - toalety, transformátor, silniční komunikace (silná černá čára). Zobrazeny jsou též vchody č. 1 a 2 do Drátenické jeskyně (silná černá čára) a zeleným šrafováním jsou vyvedeny též v té době známé podzemní prostory Drátenické jeskyně.

Popis mapy odpovídá poměrně malému množství objektů v lokalitě. Nachází se zde popis toalet (Aborte) naproti vchodům č. 1 a 2. do Drátenické jeskyně (I. Eingang, II. Eingang), transformátoru (Transformator), naznačený směr tehdejší asfaltové komunikace – Adamov (Adamsthal) a Křtiny (Kiritein) a zobrazení polygonového pořadu s čísly bodů. Oranžovou barvou je vyznačen přes lokalitu vedený profil určený body 1 a 2. Mezi prvky popisu náleží také výšky podrobných bodů a bodů polygonového pořadu.

Jistým nedostatkem mapy je to, že neobsahuje žádný mapový rám ani křížky hektometrické sítě, ze kterých by bylo možno vypočítat srážku mapy a s jejichž pomocí by bylo možno kvalitněji transformovat mapový podklad do jiného souřadnicového systému (v našem případě do S-JTSK).

8.2.1.1 URČENÍ IDENTICKÝCH BODŮ

Vyhledání identických bodů, tedy bodů jednoznačně identifikovatelných v terénu, které by polohově odpovídaly obrazům bodů zobrazeným v mapě, vhodným k transformaci mapy do systému JTSK, nebylo zcela jednoduchou záležitostí. Přesto se podařilo nalézt v terénu několik objektů s jednoznačně definovanými body – vchod č. 2 do Drátenické jeskyně (2 identické body), betonový podstavec dnes již neexistujícího transformátoru (2 body), betonové základy bývalých toalet (3 body) a znatelný průběh staré lesní cesty na jižním okraji zaměřované lokality (2 body). Asfaltovou silnici na severním okraji lokality jako výrazný krajinný prvek nebylo možno využít, protože průběh komunikace doznal v průběhu asi 65 let poměrně velkých změn (rozšíření silnice,

změna průběhu trasy), jak je vidět na obrázku č. 8-2. Celkem bylo využitelných 9 identických bodů rozložených tak, aby v rámci možností postihly co největší část mapované lokality.

8.2.2 TRANSFORMACE MAPY DO S-JTSK

Transformace mapy z roku 1945 z místního systému do systému JTSK byla provedena za pomoci funkce transformace rastru v programu VKM. S uvažováním možné srážky mapy byla zvolena čtyřparametrová transformace podobnostní na devět identických bodů. Souřadnice bodů v obou systémech a odchylky na jednotlivých bodech jsou uvedeny v tabulce 8-1. Střední polohová chyba provedené transformace má hodnotu $m_0 = 0,66$ m, při následujícím tvaru transformačního klíče:

$$Y = 588470.452 + -0.03039766 x + 0.00933827 y, \quad (12)$$

$$X = 1150865.022 + 0.00933827 x + 0.03039766 y. \quad (13)$$

číslo bodu	y [m]	x [m]	Y [m]	X [m]	v_y [m]	v_x [m]
2038	4058.71	5023.73	588354.84	1151035.84	0.80	-0.53
2028	4129.40	4896.48	588359.41	1151036.76	0.76	-0.49
2031	4311.19	5007.57	588358.13	1151043.35	0.36	-0.52
2968	2774.12	4161.27	588370.82	1150988.16	-0.96	0.05
2969	2843.46	4289.19	588367.39	1150990.99	-0.77	0.52
2113	5030.91	4842.28	588369.83	1151063.32	0.41	-0.15
2112	4900.30	4989.05	588364.26	1151060.56	0.30	0.01
2975	6788.14	5123.03	588378.53	1151118.02	-0.42	1,19
2987	7566.44	3380.61	588438.84	1151126.67	-0.49	-0.08

Tab. 8-1 Tabulka transformovaných souřadnic v obou systémech (místní a S-JTSK) včetně uvedených souřadnicových odchylek v_y , v_x na jednotlivých identických bodech.

8.3 POSOUZENÍ POLOHOPISU

Při posouzení polohopisné složky mapového podkladu z roku 1945 bylo třeba vyřešit několik problémů. V první řadě bylo třeba vzít v úvahu, že celé mapované území se nachází v zalesněném terénu a vykazuje tak nepříliš velký počet polohopisných prvků a tedy i mapový podklad je touto skutečností ovlivněn. Z tohoto důvodu nebylo možno vykonat obvyklé testování přesnosti polohopisné složky mapy, které by si pro relevantní výsledek vyžadovalo značně větší počet jednoznačně identifikovatelných podrobných bodů. Dále mapový podklad postrádá zobrazení křížků hektometrické sítě, jejichž pomocí by bylo možno spočítat mapovou srážku a které by mohly též napomoci vhodnější transformaci mapy do S-JTSK, tedy systému, ve kterém byl vytvořen nový mapový podklad. V poslední řadě doznala převážná část polohopisných prvků mapy

od roku 1945 změn (silniční komunikace, vchody do Drátenické jeskyně) či byly zcela zrušeny (sloupy elektrického vedení), a tak byl do jisté míry omezen výběr vhodných identických bodů.

Využitelnost polohopisu jsem s ohledem na výše zmíněné skutečnosti posuzoval ze dvou hledisek: jednak dle parametrů přesnosti užití transformace a jednak dle míry invariability geometrického a polohového určení polohopisných prvků od roku 1945 do současnosti. Pro převod mapového rastrového podkladu jsem zvolil podobnostní transformaci v programu VKM na 8 identických bodů, které byly co možno nejlépe rozloženy po celém mapovaném území. To se podařilo jen částečně, protože zejména v severozápadní části mapovaného území bylo na mapovém podkladu vyznačeno pouze již zrušené elektrické vedení, v současné době v terénu neexistující. Parametry transformace jsou uvedeny v části 8.2.2 *Transformace mapy do S-JTSK*.

Posouzení polohopisu si vyžaduje ale také kvalitativní vyhodnocení, tedy určení, které z polohopisných prvků odpovídají v rámci užití transformace skutečnosti, které doznaly podstatných změn, či které již s ohledem na jejich zrušení není odůvodněné evidovat. V rámci této úvahy jsem se pokusil o výčet všech zobrazených polohopisných prvků a jejich vyhodnocení.

1. Silniční komunikace (Křtiny – Adamov)

Dle nového mapování je šířka silniční komunikace cca 6 metrů, dle kartometrického měření na mapovém podkladu z roku 1945 je komunikace široká pouze 4 metry, v některých místech je znatelný její posun až o 2 metry severním směrem a i její průběh je v některých místech odlišný. Rozdíly v šíři a průběhu silniční komunikace v letech 1945 a 2012 lze pozorovat na obrázku č. 8-2. Nové mapování je značeno červenou tlustou čarou, výřez mapy z roku 1945 je veden ve stupních šedi.



Obr. 8-2 Silniční komunikace v okolí Drátenické jeskyně v letech 1945 a 2012.

2. Transformátor

V rámci vyhledání identických bodů byly odkryty zbytky betonového podstavce bývalého transformátoru. Dva ze čtyř rohů betonového podstavce bývalého transformátoru byly zvoleny



jako identické body, zbývající dva rohy nebylo již možno jednoznačně identifikovat z důvodu rozpadu betonového podstavce. Jejich zaměření tak proběhlo pouze dle vytyčení pásmem na základě obrazu mapy, a tak je nebylo možno považovat za identické. Odchytky na jednotlivých bodech č. 2968 a 2969 jsou uvedeny v tabulce č. 8-1. Délka strany podstavce transformátoru mezi těmito identickými body je dle odměření z původní mapy 4,50 m, dle nového zaměření je identická délka 4,45 m. Protokol o výpočtu kontrolní oměrné je součástí přílohy č. 17 této práce.

3. Toalety

Betonový podstavec bývalých toalet umístěný naproti vchodu č. 1 do Drátenické jeskyně byl shledán v poměrně zachovalém stavu, tři jeho rohy byly využity jako identické body. Odchytky na jednotlivých bodech č. 2028, 2031 a 2038 jsou uvedeny v tabulce č. 8-1. V tabulce č. 8-2 jsou uvedeny rozdíly mezi délkami stran podstavce odměřenými z původní mapy a délkami měřenými v rámci nového mapování. Všechny čtyři strany betonového podstavce byly ověřeny kontrolními oměrnými mírami, protokol o výpočtu je součástí přílohy č.17 této práce.

První bod	Druhý bod	Délka z původní mapy [m]	Délka z nového mapování [m]	Rozdíl [m]
2028	2038	4,65	4,66	-0,01
2038	2039	6,62	6,47	0,15
2031	2039	4,70	4,53	0,17
2028	2031	6,70	6,71	-0,01

Tab. 8-2 Srovnání délek stran betonového podstavce toalet.

4. Vchod do Drátenické jeskyně č. 1

Podle nového zaměření vchodu č. 1 do Drátenické jeskyně, došlo v úpravě vchodu od roku 1945 k poměrně významným změnám (vstup do jeskyně byl posunut směrem z jeskyně ven). Zde tak nebyly nalezeny žádné využitelné identické body.

5. Vchod do Drátenické jeskyně č. 2

Z nového zaměření vyplývá, že polohové a geometrické určení tohoto vchodu zůstalo nezměněno, dva lomové body vchodu byly využity jako identické body, odchytky na jednotlivých lomových bodech č. 2112 a 2113 jsou uvedeny v tabulce č. 8-1.

6. Elektrické vedení

Na mapovém podkladu z roku 1945 lze vysledovat trasu elektrického vedení vedoucí ze severozápadní části mapovaného území (ve skutečnosti bylo přivedeno patrně až od jeskyně



Výpustek) až ke vchodům č. 1 a 2. V současnosti jsem v terénu nenalezl žádné známky po tomto zrušeném vedení, které zajišťovalo přivedení elektrického proudu do Drátenické jeskyně.

7. Nezpevněná cesta v jižní části mapovaného území nad jeskyní

Zbylé dva identické body byly identifikovány na průběhu nezpevněné lesní cestě vedoucí ze západu na východ od jeskyně Výpustek až do oblasti nad Drátenickou jeskyní. Průběh celé nezpevněné cesty byl nově zmapován a lze konstatovat, že její průběh zůstal od roku 1945 prakticky totožný. Odchyly na obou použitých identických bodech č. 2975 a 2987 jsou uvedeny v tabulce č. 8-1.

8. Obvod podzemních jeskynných prostor

Mapování těchto prostor nebylo předmětem této práce, zakresleny jsou pouze v posuzovaném mapovém podkladu. Tento polohopisný prvek je tedy vyjmut z celkového posouzení.

9. Nové polohopisné prvky

V rámci nového mapování byly zaměřeny některé nové polohopisné prvky, které mapa z roku 1945 neobsahuje. Jedná se zejména o zděnou stavbu o výměře 7 m² zhruba 18 metrů jihovýchodně od bývalých toalet, dále pak byly zaměřovány větší skupiny balvanů a skalky na různých místech mapovaného území, které mapový podklad z roku 1945 nezaznamenává. Poměrně významnými prvky polohopisu, které nejsou v posuzovaném mapovém podkladu zaznamenány, jsou další čtyři vchody do Drátenické jeskyně.

V rámci posouzení polohopisu lze konstatovat, že posuzovaný mapový podklad se podařilo transformovat do S-JTSK se střední chybou $m_0 = 0,66$ m a v původním zaměření nebyly odhaleny žádné hrubé chyby či omyly. Pro případné využití polohopisné složky mapy v současnosti je třeba upozornit na nutnost aktualizace některých významných polohopisných prvků, jejichž polohové a geometrické určení již neodpovídá skutečnosti. Jedná se zejména o silniční komunikaci Křtiny – Adamov a vchod č. 1 do Drátenické jeskyně.

8.4 POSOUZENÍ VÝŠKOPISU

Výškopis byl posuzován v závislosti na předchozí transformaci analogové mapy z roku 1945 na identické body měřené v terénu, tedy je třeba brát v úvahu, že přesnost této transformace má pak jistý vliv také na určování vzájemných odchylek výškopisné složky obou srovnávaných mapových podkladů. Lepší posouzení kvality zobrazení výškopisné složky poměrně negativně ovlivnil také fakt, že v terénu nebyla nalezena stabilizace základní výškové kóty (300 m v místním systému) ani

další stabilizace zobrazeného polygonového pořadu, a tedy neznalost pravé hodnoty výškového rozdílu mezi oběma výškovými systémy (místní systém a Bpv).

8.4.1 URČENÍ PRŮMĚRNÉHO VÝŠKOVÉHO ROZDÍLU

K určení vzájemných výškových odchylek bylo nejdříve třeba sjednotit výšky z obou mapových podkladů do jednoho výškového systému, tedy prakticky určit výškový rozdíl mezi výškami z obou map. S ohledem na existenci poměrně velkého množství výškových kót v původním analogovém podkladu byl určen požadovaný výškový rozdíl průměrným rozdílem výšek těchto kót a výšek určených interpolací vrstevnic nového mapového podkladu. K určení průměrného výškového rozdílu bylo využito celkem 80-ti výškových kót zobrazených v původní analogové mapě a odpovídající počet výšek určených interpolací. Výškový rozdíl byl spočítán jednoduchým aritmetickým průměrem a jeho hodnota byla stanovena na $\Delta H_p = 108,52$ m. Všechny jednotlivé výškové rozdíly byly podrobeny statistickému Grubbsovu testu odlehlých hodnot na hladině významnosti $\alpha = 0,05$, přičemž všechny testované hodnoty (80 bodů) byly označeny tímto testem jako vyhovující, tzn. neodlehlé. Společně s tímto testem byla vypočtena také střední chyba průměru $m_h = 0,34$ m dle vztahu:

$$m_h = 1/2 \sqrt{(1/n \sum (\Delta H_p - \Delta h_i)^2)}, \quad (14)$$

kde ΔH_p je průměrný výškový rozdíl a Δh_i je výškový rozdíl jednotlivých bodů.

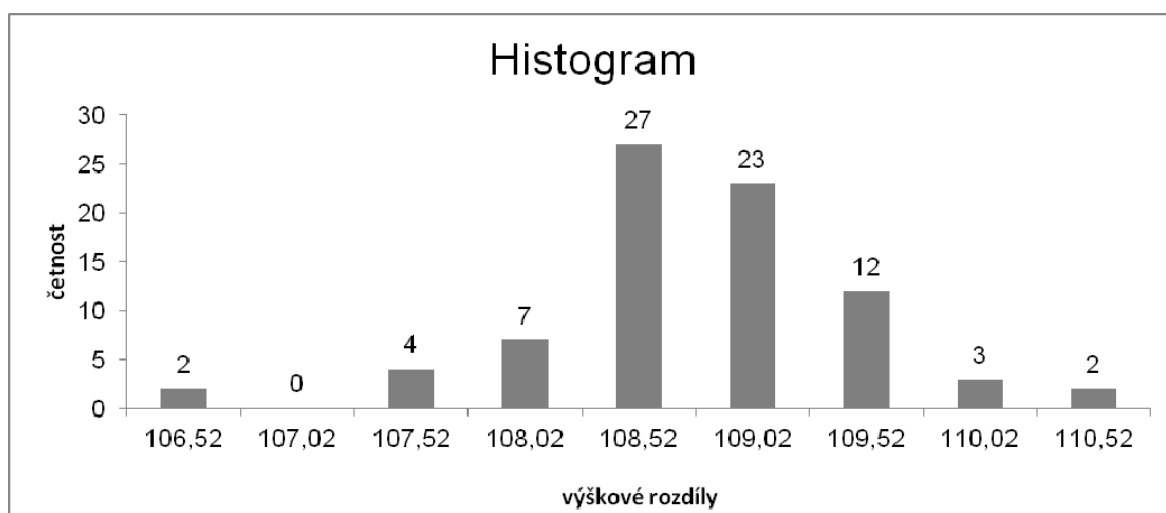
Do intervalu daného touto střední chybou náleží 39 hodnot (48,75 %), do intervalu daného dvojnásobkem této střední chyby pak 25 hodnot (31,25 %), zbylých 16 hodnot (20 %) je více než dvojnásobně vyšší než střední chyba.

1	2	3	4	5	6	7	8
h_i [m](místní)	H_i [m](Bpv)	Δh_i [m]	T_i	h_i [m](místní)	H_i [m](Bpv)	Δh_i [m]	T_i
282,68	391,86	109,18	0,976	297,46	405,78	108,32	0,297
286,20	395,36	109,16	0,946	300,66	409,33	108,67	0,221
292,64	401,30	108,66	0,206	300,00	406,50	106,50	2,990
294,28	403,90	109,62	1,627	298,41	405,75	107,34	1,747
289,01	397,85	108,84	0,473	287,11	394,73	107,62	1,333
286,99	395,91	108,92	0,591	288,13	397,27	109,14	0,917
285,31	393,71	108,40	0,178	291,28	398,50	107,22	1,924
287,69	396,08	108,39	0,193	294,01	401,67	107,66	1,273
293,41	401,33	107,92	0,889	287,24	396,55	109,31	1,168
292,86	401,10	108,24	0,415	293,32	401,50	108,18	0,504
293,86	402,50	108,64	0,177	293,37	401,52	108,15	0,548
294,46	403,52	109,06	0,798	293,32	401,83	108,51	0,016
298,01	405,75	107,74	1,155	280,94	389,03	108,09	0,637



304,86	413,25	108,39	0,193	281,10	389,64	108,54	0,029
306,98	415,13	108,15	0,548	281,59	390,91	109,32	1,183
308,27	416,64	108,37	0,223	281,63	390,82	109,19	0,991
290,74	399,91	109,17	0,961	282,44	390,86	108,42	0,149
302,62	410,60	107,98	0,800	294,80	403,38	108,58	0,088
298,59	407,00	108,41	0,164	285,01	393,64	108,63	0,162
300,99	408,23	107,24	1,895	282,31	390,85	108,54	0,029
301,64	412,00	110,36	2,722	281,72	390,02	108,30	0,326
283,59	391,86	108,27	0,371	281,36	389,95	108,59	0,103
280,12	388,59	108,47	0,075	279,76	388,08	108,32	0,297
282,24	390,65	108,41	0,164	277,91	386,47	108,56	0,058
282,78	391,64	108,86	0,502	280,57	388,55	107,98	0,800
283,46	393,07	109,61	1,612	284,11	392,37	108,26	0,385
284,33	393,75	109,42	1,331	292,62	400,90	108,28	0,356
287,13	397,23	110,10	2,337	286,32	395,25	108,93	0,606
280,20	389,50	109,30	1,154	288,01	396,58	108,57	0,073
281,00	389,24	108,24	0,415	293,38	402,15	108,77	0,369
286,34	394,88	108,54	0,029	294,20	403,63	109,43	1,346
289,41	398,00	108,59	0,103	304,15	410,62	106,47	3,034
286,44	395,85	109,41	1,316	308,94	417,00	108,06	0,681
285,54	393,90	108,36	0,238	310,25	419,15	108,90	0,562
294,00	403,68	109,68	1,716	313,52	422,16	108,64	0,177
286,33	394,80	108,47	0,075	311,95	420,50	108,55	0,044
290,60	398,00	107,40	1,658	315,83	424,50	108,67	0,221
287,19	395,43	108,24	0,415	309,91	418,83	108,92	0,591
299,47	408,00	108,53	0,014	316,34	424,64	108,30	0,326
295,51	404,00	108,49	0,045	311,80	419,78	107,98	0,800

Tab. 8-3 Test odlehých hodnot.



Obr. 8-3 Histogram výškových rozdílů.

V tabulce ve sloupci č. 1 (resp. č. 5) jsou zaznamenány výškové kóty uvedené na mapovém podkladu Situations Plan RastelHöhle v místním výškovém systému, ve sloupci č. 2 (č. 6) jsou pak zaznamenány výšky odměřené z mapy (interpolací) v systému Bpv. Ve třetím (sedmém) sloupci jsou uvedeny vypočtené výškové rozdíly mezi oběma systémy pro každý bod zvlášť. V posledním, čtvrtém (osmém) sloupci jsou uvedeny vypočtené parametry testovacího kritéria T, opět pro každý bod zvlášť. Testovací kritérium T je nepřímo úměrné míře rozptýlení s_n , a to dle vztahu:

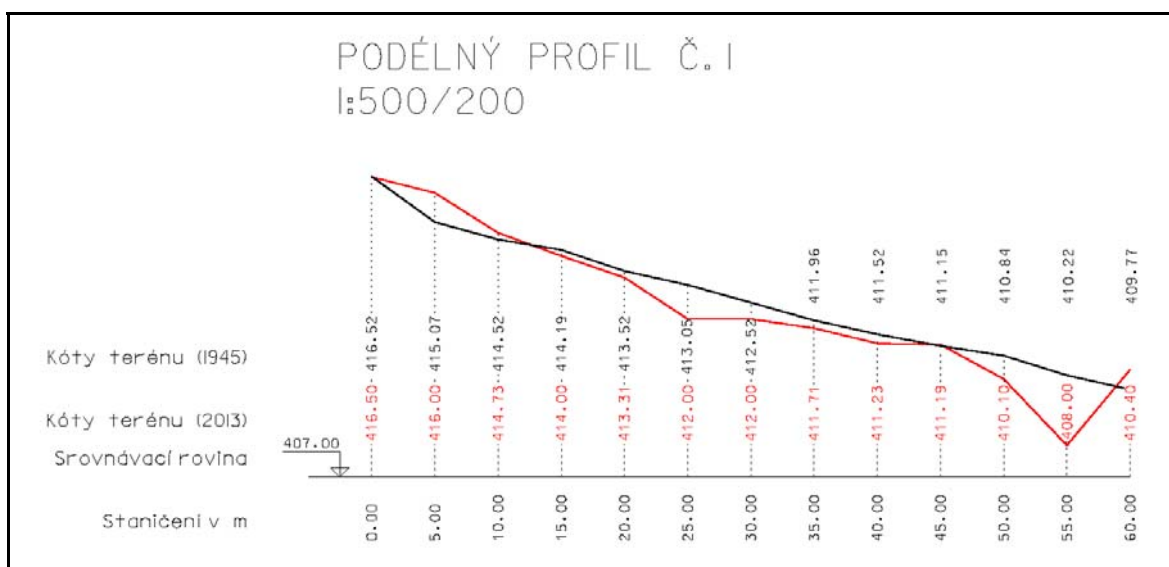
$$T_i = |\Delta H_p - \Delta h_i| / s_n, \quad (15)$$

$$\text{přičemž } s_n = \sqrt{1/n \sum (\Delta H_p - \Delta h_i)^2}, \quad (16)$$

a kde ΔH_p je průměrná hodnota výškových rozdílů, Δh_i výškový rozdíl jednotlivých bodů a n počet testovaných hodnot.

Z tabulky je možno vysledovat, že žádná z hodnot dle požadavku $T \leq T_k$ nepřesahuje hodnotu $T_k = 3,141$, která odpovídá kritické hodnotě na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ a počtu testovaných hodnot $n = 80$.

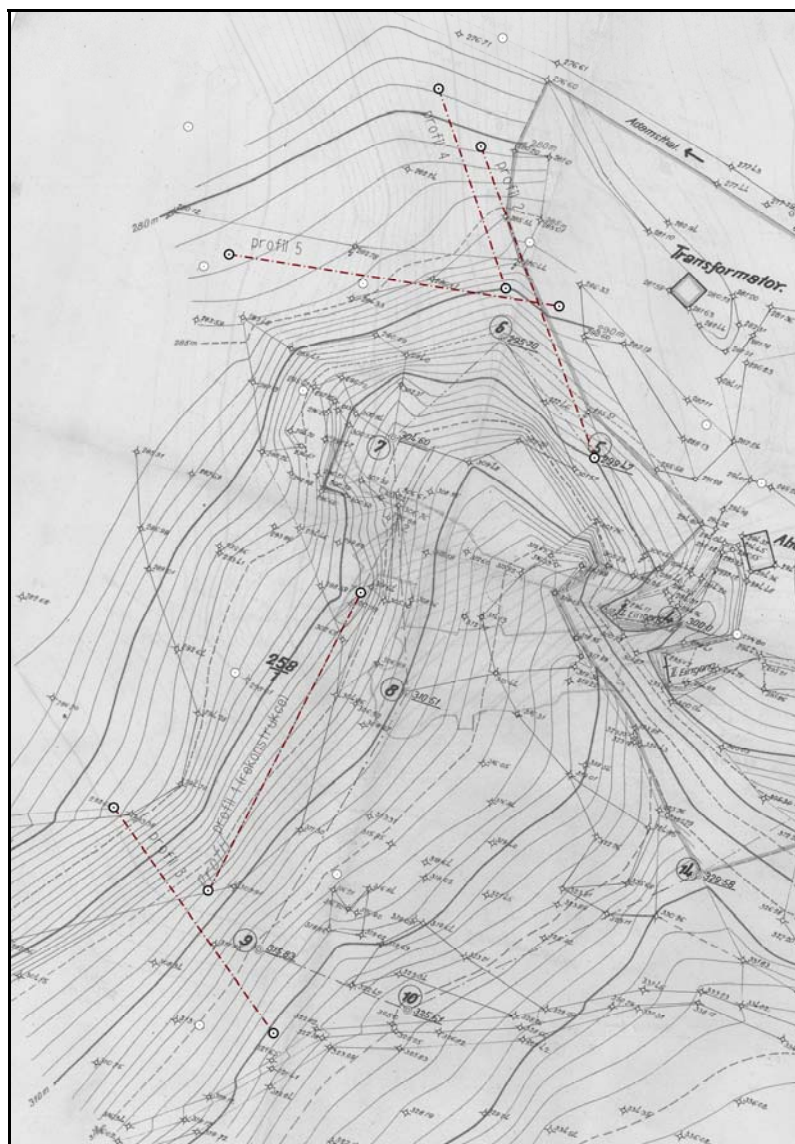
8.4.2 VYHOTOVENÍ KONTROLNÍCH PROFILŮ



Obr. 8-4 Ukázka kontrolního profilu 1:500/200. Jedná se o částečně rekonstruovaný profil č. 1. Na konci staničení je možné si povšimnout poměrně velký rozdíl (až 2,22 m) mezi výškami. V terénu se v daném místě nachází cca 2 m hluboká prohlubeň.

Pro lepší vizuální představu o porovnání výškopisu bylo vytvořeno pět kontrolních profilů o délkách 40 m (1 profil), 50 m (2 profily) a 60 m (2 profily) s konstantním staničením po 5-ti metrech. Všechny profily byly vytvořeny v jednotném převýšeném měřítku 1:1000/250

a zaznamenávají jak průběh terénu daný interpolací vrstevnic mapového podkladu z roku 1945, tak průběh terénu daný interpolací vrstevnic z nově vytvořeného mapového podkladu. Výšky vynesené v kontrolních profilech jsou již sjednocené ve výškovém systému Bpv, tedy systému, ve kterém byly určeny výšky nového mapového podkladu. Sjednocení výškového systému bylo dosaženo přičtením vypočteného průměrného výškového rozdílu k vyinterpolovaným výškám v místním výškovém systému mapového podkladu z roku 1945. Podélné profily byly navrženy tak, aby co nejlépe postihly celou oblast tvořenou překrytím obou mapových podkladů, a to výhradně v místech, ve kterých se na obou mapových podkladech nachází vyjádření výškopisu pomocí vrstevnic. Profil č. 1 je pak částečnou rekonstrukcí podélného profilu, který je v mapovém podkladu z roku 1945 zakreslen jako profil vymezený body 1 a 2. V případě zbylých čtyř profilů jde o zcela nové profily, tak jak jsou vyznačeny na obrázku č. 8-3.



Obr. 8-5. Schéma kontrolních profilů. Na výřezu mapového podkladu Situations Plan RastelHöhle je zobrazen schematický průběh vyhotovených kontrolních profilů – částečná rekonstrukce profilu č. 1 a nové profily č. 2, 3, 4 a 5.

8.4.3 POSOUZENÍ PŘESNOSTI VÝŠKOPISNÉ SLOŽKY

Výšky odměřené z obou map (interpolované) při určování průměrného výškového rozdílu a také odměřené za účelem vyhotovení uvedených profilů byly následně využity ke konečnému zhodnocení využitelnosti výškopisu mapového podkladu z roku 1945. Dohromady se jednalo o 137 bodů (80 bodů z určení výškového rozdílu a 57 bodů užitých pro vyhotovení profilů), jež tvořily dostatečně reprezentativní vzorek pro testování přesnosti¹⁵. Mým cílem bylo pokusit se zařadit přesnost vyhotovení výškopisu mapy do konkrétní třídy přesnosti, tak jak je uvádí ČSN 01 3410 v tabulce č. 8-3 KRITÉRIA PŘESNOSTI. Při provádění testu přesnosti na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ jsem postupoval v souladu s článkem č. 42 této normy, tedy následujícím způsobem:

Nejprve byly spočítány rozdíly všech výšek určených interpolací z vrstevnic v obou mapových podkladech, dle vzorce

$$\Delta H = H_m - H_k, \quad (17)$$

kde H_m jsou výšky určené interpolací transformovaných vrstevnic mapy z roku 1945 a H_k jsou výšky určené interpolací vrstevnic nového mapového podkladu, reprezentující kontrolní měření.

Přesnost určení výšek se považuje v dané třídě přesnosti za vyhovující, pokud jsou splněny obě následující dvě podmínky:

I. Hodnoty rozdílů výšek ΔH vyhovují kritériu

$$|\Delta H| \leq 2 \cdot u_H \cdot \sqrt{k}, \quad (18)$$

kde koeficient k je roven 2, pokud má kontrolní měření stejnou přesnost jako metoda určení výšek nebo je roven 1, pokud má kontrolní měření přesnost podstatně vyšší. Pro tento výpočet byl zvolen koeficient k roven 2, neboť v obou případech určování výšek šlo o určování interpolace vrstevnic z mapového podkladu totožného měřítka 1:500. Hodnota u_H je daná z tabulky kritérií přesnosti, v tomto případě zatím neznámá hodnota, kterou je třeba určit.

Transformací vztahu (1) na obdobu

¹⁵ Dle článku č. 36 normy ČSN 01 3410 tvoří reprezentativní výběr pro testování přesnosti souřadnic a výšek nejméně 100 bodů.



$$u_H \geq |\Delta H_{\max}| / 2 \cdot \sqrt{k}, \quad (19)$$

kde $|\Delta H_{\max}|$ je absolutní hodnota největšího rozdílu výšek ve výběrovém souboru, zjistíme požadovanou hodnotu u_v . Jestliže v našem konkrétním případě je $|\Delta H_{\max}| = 2,22$ m, pak $u_H \geq 0,78$ m, což neodpovídá žádné třídě přesnosti uvedené v tabulce 8-3 dané normy. Požadované kritérium alespoň pro třídu přesnosti 5 ($u_H = 0,35$ m) nespĺňuje celkem 18 ze 137 testovaných bodů.

II. Je přijata statistická hypotéza, že výběr přísluší stanovené třídě přesnosti, tj, výběrová střední výšková chyba s_H , vypočtená ze vztahu

$$s_H = \sqrt{((1/(k \cdot N)) \cdot \Sigma \Delta H^2)}, \quad (20)$$

vyhovuje kritériu

$$s_H \leq \omega_N \cdot u_v, \quad (21)$$

kde N je rozsah výběrového souboru, koeficient k je stejný jako v případě (18) a koeficient ω_N má při volbě hladiny významnosti $\alpha = 0,05$ hodnotu $\omega_N = 1,1$ pro výběr rozsahu 80 až 500 bodů a hodnotu $\omega_N = 1,0$ pro výběr větší než 500 bodů.

V našem případě je $s_H = 0,47$ m, pro 137 bodů zvolíme $\omega_N = 1,1$, neznámou v nerovnici je tedy tabulková hodnota u_v , které zjistíme z transformace vztahu (21)

$$u_v \geq s_H / \omega_N, \quad (22)$$

z něhož plyne, že $u_v \geq 0,43$, což odpovídá třídě přesnosti 3, kde $u_v = 0,50$ m.

Třída přesnosti	u_{xy}	u_H	u_v
	(m)	(m)	(m)
1	0,04	0,03	0,30
2	0,08	0,07	0,40
3	0,14	0,12	0,50
4	0,26	0,18	0,80
5	0,50	0,35	1,50

Tab. 8-4 Kritéria přesnosti dle ČSN 01 3410. [5]

Z hlediska výše uvedeného testování výškopis mapového podkladu z roku 1945 nenáleží do žádné třídy přesnosti (nesplnění podmínky I.), pro pochopení problému je třeba uvažovat také existenci některých terénních tvarů, které byly při interpolaci vrstevnic mapového podkladu z roku 1945 zanedbány, což mohlo být způsobeno nejen příliš nízkou hustotou sítě výškových bodů, ale také poměrně rychlým vývojem a deformací terénu, což je pro krasová území typické. Příklad výrazné



nesrovnalosti průběhu terénu mezi oběma mapovými podklady je možno pozorovat na rekonstruovaném podélném profilu č. 1. Ve staničení 55,00 m je rozdíl obou výšek 2,22 m (jedná se o největší zjištěný výškový rozdíl celkem), přičemž v současném terénu je možno zaznamenat poměrně výraznou prohlubeň, která výrazně narušuje hladký průběh terénu. Linie zobrazující průběh terénu z roku 1945 však zaznamenává jen velmi malá narušení plynulosti terénu (staničení 50,00 a 55,00 m). To může být způsobeno jak zanedbáním této prohlubně při tvorbě mapy, ale také utvářením této prohlubně až v průběhu let 1945–2012. Tuto druhou hypotézu podporuje také fakt, že místo propadu se nachází v těsné blízkosti vchodu do Drátenické jeskyně, jak je patrné ze samotné mapy z roku 1945, a vznik prohlubně je zde tedy poměrně pravděpodobný.

Podobný případ je zaznamenán v případě profilu č. 3, kde je na konci staničení (50,00 m) možno vysledovat až dvoumetrový výškový rozdíl. Zde byla při novém mapování identifikována poměrně výrazná terénní hrana, která není vrstevnicemi na mapě z roku 1945 vyjádřena.

Značnou nevýhodou při posuzování výškopisu byl naprosto nedostatečný počet výškově určených bodů jednoznačně určených v terénu, tak aby z těchto zaměřených bodů bylo možno složit určující výběrový soubor vhodný pro testování přesnosti. Svůj negativní dopad na celém vyhodnocení měla také neznalost pravé hodnoty výškového rozdílu mezi oběma výškovými systémy – možno tak bylo určit jen odhad této hodnoty na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ a odchylka od pravé hodnoty pak mohla ovlivnit interpolované hodnoty vstupující do testu přesnosti.

9 ZÁVĚR

V rámci této diplomové práce jsem vyhotovil digitální mapu povrchu krasového území v okolí Drátenické jeskyně v Moravském krasu na základě mnou vykonaného podrobného tachymetrického měření. Tato mapa obsahuje výškopis, polohopis i popis, vše v podrobnostech měřítka 1:500 a společně s mapou okolí jeskyně Výпустek vyhotovenou v rámci dřívějších diplomových prací [11] a [38] tvoří jeden celek.

Na začátku všech prací jsem se seznámil s uvedenými diplomovými pracemi, historií lokality a nastudoval teoretické základy potřebné k úspěšnému mapování a následnému zpracování mapy.

Další, stěžejní etapou, se staly terénní práce probíhající na podzim a v zimě roku 2011 s mírným přesahem do roku 2012. Nejprve proběhla rekognoskace lokality a stávajícího bodového pole, dále bylo provedeno doplnění měřické sítě (body 5001-5023), které byly určeny jak klasickými geodetickými metodami (polygonové pořady, rajony), tak částečně s využitím technologie GNSS. Při následujícím podrobném tachymetrickém měření (polární metodou) byly určeny souřadnice polohy a výšky více než 3000 bodů. Jako přístrojové vybavení pro uskutečnění měření jsem zvolil totální stanici Topcon GPT 3003N. Některé míry byly ověřeny kontrolním měřením pásmem. Nedílnou součástí terénních prací se stalo vyhledání a zaměření identických bodů pro účely transformace mapového podkladu Situations Plan RasteHöhle do systému S-JTSK.

Na základě provedených terénních prací jsem vyhotovil mapu povrchu krasového území Drátenické jeskyně v Moravském krasu v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv a další přílohy dle uvedeného seznamu příloh, a to takovým způsobem, aby bylo co nejvíce navázáno na předchozí práce (tzn. atributy, technické předpisy dle [5]). Nově vyhotovená mapa má primárně digitální formu, v rámci této práce jsem však vyhotovil také její tiskový výstup v měřítku 1:500.

Dále jsem se pokusil o posouzení mapy Situations Plan RasteHöhle z roku 1945 v měřítku 1:500. Území blízkého okolí Drátenické jeskyně zobrazené na této mapě se významným způsobem překrývá s územím, na kterém proběhlo mnou vykonané nové mapování, proto bylo možno posoudit mapu na základě porovnání obou mapových podkladů. Posuzována byla zvláště polohopisná i výškopisná složka původní mapy. Vzhledem k poměrně malé četnosti polohopisných prvků v lokalitě nebylo možno vykonat na polohopisných prvcích nějaký významnější statistický test přesnosti a odlehlých hodnot. Při posouzení jsem se tedy omezil na zohlednění výsledků transformace do systému S-JTSK a do jisté míry subjektivní zhodnocení aktuálnosti geometrického



a polohového určení polohových prvků mapy. Zajímavější se ukázalo posouzení výškopisné složky, která byla na testovaném mapovém podkladu vyjádřena pomocí vrstevnic a relativních výškových kót. Nejprve jsem určil průměrný výškový rozdíl mezi místním systémem mapy z roku 1945 a systémem Bpv nové mapy. Na základě tohoto určení jsem pak provedl testování přesnosti dle [5] na statisticky poměrně významném vzorku 137 výšek bodů. Ukázalo se, že původní mapa nesplňuje kritéria přesnosti výškopisné složky žádné třídy přesnosti dle [5], a to konkrétně 18 z 137 testovaných hodnot. Výsledek přisuzuji jednak poměrně nízké hustotě sítě zaměřených bodů a zanedbání některých tvarů terénu, které narušují jeho hladký průběh, tedy velké míře generalizaci terénu a také možnému geomorfologickému vývoji krasového území v letech 1945–2012.



POUŽITÉ ZDROJE

- [1] ABSOLON, Karel. *Moravský kras. 1. vyd.* Praha: Academia, 1970, 345 s., 30 obr. na příl., mp.
- [2] BOSÁK, Pavel. *Jeskyňářství v teorii a praxi. 1.vyd.* Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1988, 215 s.
- [3] BURKHARDT, Rudolf. *Bibliografie střední části Moravského krasu.* Adamov u Brna: Historicko-vlastivědný kroužek závodního klubu ROH Adamovské strojírny, 1958, 41 s.
- [4] BURKHARDT, Rudolf. *Údolí Křtinského potoka v Moravském krasu a jeho jeskyně.* Brno, 1951-1955.
- [5] ČSN 01 3410. *MAPY VELKÝCH MĚŘÍTEK: Základní a účelové mapy.* Praha 10: Vydavatelství Norem, 1990, 20 s.
- [6] ČSN 01 3411. *MAPY VELKÝCH MĚŘÍTEK: Kreslení a značky.* Praha 10: Vydavatelství Norem, 1990, 108 s.
- [7] FIŠER, Zdeněk; VONDRÁK, Jiří. *Mapování.* Brno : Akademické nakladatelství CERM, s. r. o., 2003. 146 s. ISBN 80-7204-472-9.
- [8] FRODL, Bedřich. *O jeskynních fosfátech moravských: s mapkou Mor. Krasu, plánem fosfát. jeskyně Výpustek a vyobr. provoz. zařízení.* Brno: Čes. hospod. společnost, 1923, 23, 1 s.
- [9] HAVEL, Hugo. *Přehled průzkumných prací a jejich výsledků v historii Moravského krasu.* Praha: Česká speleologická společnost, 1989, 132 s.
- [10] KARÁSEK, Jaromír. *Základy obecné geomorfologie. 1. vyd.* Brno: Masarykova univerzita, 2001, 216 s. ISBN 80-210-2567-0.
- [11] KOTYZOVÁ, Klára. *Mapa okolí jeskyně Výpustek v Moravském krasu – severní část.* Brno, 2011, 60 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie.
- [12] KŘÍŽ, Martin; KOUDELKA, Florián. *Jeskyně Moravského krasu.* Brno: Knihkupectví A. Píša, 1940.
- [13] KUNSKÝ, Josef. *Kras a jeskyně.* Praha: Přírodovědecké nakladatelství, 1950, 163 s.
- [14] MEJZLÍK, Zdeněk. *Tajemným krasem.* Adamov: Závodní klub ROH Adamovských strojírny, 1970.



- [15] MUSIL, Rudolf. *Výpustek – Bájná jeskyně u Křtin, její 400letá historie a význam*. Průhonice: Správa jeskyní České republiky, 2010. 115 s.
- [16] *Návod pro obnovu katastrálního operátu a převod ve znění dodatku č. 1 a 2*. Praha: ČÚZK, 2009. 55 s. ISBN 978-80-86918-59-4.
- [17] NEVOSÁD, Zdeněk a Josef VITÁSEK. *Geodézie III. Vyd. 1*. Brno: VUTIUM, 2000, 140 s. ISBN 80-214-1774-9.
- [18] NEVOSÁD, Zdeněk; VITÁSEK, Josef; BUREŠ, Josef. *Geodézie IV*. Brno: Nakladatelství CERM, 2002. 155 s. ISBN 80-214-2301-3.
- [19] OTYEPKA, Michal; BANÁŠ, Pavel; OTYEPKOVÁ, Eva. *Základy zpracování dat*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2007. 90 s.
- [20] PLÁNKA, Ladislav. *KARTOGRAFIE A ZÁKLADY GIS: Kartografická interpretace*. Brno: VUT, 2006. 111 s.
- [21] PLÁNKA, Ladislav. *KARTOGRAFIE A ZÁKLADY GIS: Státní mapové dílo*. Brno: VUT, 2006. 63 s.
- [22] PLÁNKA, Ladislav. *KARTOGRAFIE A ZÁKLADY GIS: Úvod do kartografie*. Brno: VUT, 2006. 117 s.
- [23] PRIX, Rudolf. *Z našeho krasu*. Adamov: Závodní klub ROH Adamovských strojírů, 1962, 24 s.
- [24] PŘIBYL, Jan. *Základy karsologie a speleologie. 1. vyd.* Praha: Academia, 1992, 354 s., 40 s. obr. příl. ISBN 80-200-0084-4.
- [25] RATIBORSKÝ, Jan. *Geodézie 20*. Praha: ČVUT, 2005. 133 s.
- [26] RZIHA, Viktor. *Situations Plan RastenHöhle 1:500*. Brünn, 1945.
- [27] ŠTENCL, Otakar a kol. *Moravský kras: skripta*. Blansko: Okresní národní výbor, 1984, 216 s.
- [28] ŠVÁBENSKÝ, Otakar; VITULA, Alexej; BUREŠ, Jiří. *Inženýrská geodézie I – návody ke cvičením*. Brno: VUT, 2006.
- [29] ŠVÁBENSKÝ, Otakar; WEIGEL, Josef; MACHOTKA, Radovan. *SEMINÁŘ GPS: Metodika GPS vyhodnocení a měření*. Brno: VUT, 2007, 140 s.
- [30] TABARA, Pavel. *Dvoufrekvenční GPS a GNSS na současném trhu v Česku – 2. díl. Zeměměřič*. 2009, roč. 16, č. 7-8, s. 12- 14.
- [31] TICHÁ, Zdeňka. *Dvoufrekvenční GPS a GNSS na současném trhu v Česku. Zeměměřič*. 2009,



roč. 16, č. 5-6, s. 6- 13.

[32] *Trimble: GPS, Laser, Optics, and Positioning Hardware, Software and Services.* [on-line] Dostupné na [www: <http://www.trimble.com/vrsnow.shtml>](http://www.trimble.com/vrsnow.shtml).

[33] *Trimble: Trimble R4 GPS Systém, Technický popis.* [on-line] Dostupné na [www: <http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-534007/022543-490B-CZ_TrimbleR4_DS_1111_LR.pdf >](http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-534007/022543-490B-CZ_TrimbleR4_DS_1111_LR.pdf).

[34] VITÁSEK, František. *Fysický zeměpis. 4. přeprac. a rozš. vyd.* Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, 1958, 603 s.

[35] VITÁSEK, Josef; NEVOSÁD, Zdeněk. *Geodezie I: měření směrů a úhlů.* Brno: CERM, 1999, 87 s. ISBN 80-214-1152-x.

[36] VONDRÁK, Jiří. *Testování kvality polohopisu map velkého měřítka.* Brno: VUTIUM, 2009, 30 s. ISBN 978-80-214-3909-2.

[37] VÚGTK: *Terminologický slovník zeměměřičství a katastru nemovitostí.* [on-line] Dostupné na [www: <http://www.vugtk.cz/slovník>](http://www.vugtk.cz/slovník).

[38] ZACHOVÁ, Lucie. *Mapa okolí jeskyně Výpustek v Moravském krasu – jižní část.* Brno, 2011, 60 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie.



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ:

Bpv – Balt po vyrovnání

CAD – Computer-aided design.

ČSJNS – Československá jednotná nivelační síť.

ČVUT – České vysoké učení technické.

DGPS – Differential Global Positioning Signal.

DOP – Dilution of Precision.

DXF – Drawing Exchange Format.

DGN – Design.

DMT – Digitální model terénu.

GNSS – Global Navigation Satellite System

GPS – Global Positioning Signal

JTSK – Jednotná trigonometrická síť katastrální.

PBPP – Podrobný bod polohového pole.

PDOP – Positional Dilution of Precision.

PPK – Post-processing method.

RDOP – Relative Dilution of Precision.

RTK – Real Time Kinematic.

RTK-VRS – Real Time Kinematic – Virtual Reference Station.

RTK-PRS – Real Time Kinematic – Pseudo Reference Station.

RTK-FKP – Real Time Kinematic – Flächen Korrektur Parameter.

S-JTSK – Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální.

VUT – Vysoké učení technické.

VÚGTK – Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický.

ZBPP – Základní bod polohového pole.

ZhB – Zhušťovací bod.

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obr. 2-1 Mapka umístění lokality.....	10
Obr. 2-2 Mapa geologického podloží Moravského krasu Rudolfa Burkhardta z roku 1966.....	12
Obr. 2-3 Vchod do Drátenické jeskyně v Křtinském údolí.....	13
Obr. 2-4 Lokalizace Drátenická jeskyně - ortofoto.....	15
Obr. 2-5 Pohled na Santiniho poutní kostel Jména Panny Marie ve Křtinách.....	17
Obr. 3-1 Josef Kunský: Blokdigram Moravského krasu.....	22
Obr. 6-1 Přehledný náčrt bodového pole.....	33
Obr. 6-2 Měření v lokalitě dne 24. 12. 2012.....	39
Obr. 6-3 Trimble R4 GPS.....	40
Obr. 8-1 Situations Plan RastelHöhle.....	47
Obr. 8-2 Silniční komunikace v okolí Drátenické jeskyně v letech 1945 a 2012.....	50
Obr. 8-3 Histogram výškových rozdílů.....	54
Obr. 8-4 Ukázka kontrolního profilu 1:500/200.....	55
Obr. 8-5. Schéma kontrolních profilů.....	57
Tab. 6-1 Tabulka některých parametrů totální stanice Topcon GPT 3003N.....	32
Tab. 6-2 Tabulka identických bodů podrobného polohového pole.....	33
Tab. 6-3 Tabulka souřadnic bodů podrobného polohového pole určených uzavřeným polygonovým pořadem.....	35
Tab. 6-4 Tabulka souřadnic bodů podrobného polohového pole určených technologií GNSS (metodou RTK).....	36
Tab. 6-5 Tabulka přepočítaných souřadnic bodů podrobného polohového pole po zahrnutí vlivu měření technologií GNSS.....	36
Tab. 6-6 Tabulka výsledných souřadnic bodů podrobného polohového pole.....	37
Tab. 6-7 Tabulka výšek bodů měřické sítě.....	38
Tab. 6-8 Tabulka parametrů přístroje Trimble R4 GPS prezentovaných výrobcem.....	40



Tab. 6-9 Tabulka všech nových souřadnic bodů podrobného polohového pole určených jak klasicky, tak dvojím měřením metodou RTK.....	41
Tab. 6-10 Ověření sítě Trimble na bodě 4001 s danými souřadnicemi.	41
Tab. 8-1 Tabulka transformovaných souřadnic v obou systémech (místní a S-JTSK) včetně uvedených souřadnicových odchylek v_y , v_x na jednotlivých identických bodech.....	49
Tab. 8-2 Srovnání délek stran betonového podstavce toalet.	51
Tab. 8-3 Test odlehlých hodnot.	54
Tab. 8-4 Kritéria přesnosti dle ČSN 01 3410.	58



SEZNAM PŘÍLOH

1. Fotodokumentace (vázané)
2. Technická zpráva (vázané)
3. Seznam souřadnic bodového pole (vázané)
4. Seznam souřadnic podrobných bodů (vázané)
5. Ukázka zápisníku měření (vázané)
6. Ukázka výpočetního protokolu (vázané)
7. Protokol z měření technologií GNSS (vázané)
8. Výkres Mapa okolí Drátenické jeskyně v Moravském krasu (vložené)
9. Přehledný náčrt bodového pole (vázané)
10. Geodetické údaje bodů bodového pole (vázané)
11. Tabulka atributů (vázané)
12. Situations Plan Rastenhöhle 1945 (vložené)
13. Ukázka transformace mapy z roku 1945 (vložené)
14. Protokol o transformaci (vázané)
15. Kontrolní profily (vázané)
16. Porovnání výšek mapových podkladů z roku 1945 a 2012 (vázané)
17. Ověření přesnosti – kontrolní oměrné (vázané)



ELEKTRONICKÉ PŘÍLOHY

1. Fotodokumentace
2. Technická zpráva
3. Seznam souřadnic bodového pole
4. Seznam souřadnic podrobných bodů
5. Zápisník měření
6. Výpočetní protokoly
7. Protokol z měření technologií GNSS
8. Výkres Mapa okolí Drátenické jeskyně v Moravském krasu
9. Přehledný náčrt bodového pole
10. Geodetické údaje bodů bodového pole
11. Tabulka atributů
12. Situations Plan Rastenhöhle 1945
13. Ukázka transformace mapy z roku 1945
14. Protokol o transformaci
15. Kontrolní profily
16. Porovnání výšek mapových podkladů z roku 1945 a 2012
17. Ověření přesnosti – kontrolní oměrné