

Sem vložte zadání Vaší práce.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA GEOMATIKY



Bakalářská práce

Zpracování mapových podkladů

Jan Nápravník

Vedoucí práce: Ing.Karel Benda, CSc.

24. května 2020

Poděkování

Děkuji Ing. Karlu Bendovi, CSc za odborné rady a čas, který mi při tvorbě práce věnoval.

Děkuji Mgr. Petře Chovňákové za důkladnou kontrolu práce.

Děkuji svojí rodině za podporu.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona, ve znění pozdějších předpisů. V souladu s ust. § 46 odst. 6 tohoto zákona tímto uděluji nevýhradní oprávnění (licenci) k užití této mojí práce, a to včetně všech počítačových programů, jež jsou její součástí či přílohou a veškeré jejich dokumentace (dále souhrnně jen „Dílo“), a to všem osobám, které si přejí Dílo užít. Tyto osoby jsou oprávněny Dílo užít jakýmkoli způsobem, který nesnižuje hodnotu Díla, avšak pouze k nevýdělečným účelům. Toto oprávnění je časově, teritoriálně i množstevně neomezené.

V Praze dne 24. května 2020

.....

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební

© 2020 Jan Nápravník. Všechna práva vyhrazena.

Tato práce vznikla jako školní dílo na Českém vysokém učení technickém v Praze, Fakultě stavební. Práce je chráněna právními předpisy a mezinárodními úmluvami o právu autorském a právech souvisejících s právem autorským. K jejímu užití, s výjimkou bezúplatných zákonných licencí, je nezbytný souhlas autora.

Odkaz na tuto práci

Nápravník, Jan.: *Zpracování mapových podkladů*. Bakalářská práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, 2020.

Abstrakt

Obsahem bakalářské práce je vypracování studie, která situuje novou turistickou cestu přes rokly v CHKO Český ráj v oblasti Hrubé Skály. Práce bude dále sloužit jako podklad pro projekt výstavby mostů, kterým se bude zabývat Fakulta umění a architektury v Liberci. Nejprve jsem zaměřil body polygonu s použitím polární metody, následně jsem situoval novou turistickou cestu, která zjednoduší přístup turistů do CHKO Český ráj.

Klíčová slova vytyčení, GNSS, totální stanice, CHKO Český ráj, Hrubá Skála, trojpodstavcová metoda, výtyčka, stativ, turistická cesta, KOKEŠ, Groma

Abstract

The content of the bachelor's thesis is the elaboration of a study that situates a new tourist path through a gorge in the Protected Landscape Area Český ráj near to Hrubá Skála. The thesis will also serve as a basis for a project to build bridges. This project will be made by the Faculty of Arts and Architecture in Liberec. First, we focused points of the polygon using the polar method, then we situated a new tourist path that will simplify the access of tourists to the Protected Landscape Area Český ráj.

Keywords outline, GNSS, total station, the Protected Landscape Area Český ráj, Hrubá Skála, three-pedestal method, stick, tripod, tourist path, KOKEŠ, Groma

Obsah

Úvod	1
1 Lokalita Hrubá Skála	3
1.1 Geografické informace	3
1.2 CHKO - Český ráj	4
1.3 Klub českých turistů a turistické cesty	7
2 Zeměměřictví	11
2.1 Zeměměřické činnosti	11
2.2 Historie zeměměřičství	11
3 Použité přístroje	13
3.1 Totální stanice	13
3.2 GNSS	14
4 Metody měření	17
4.1 Polygonový pořad	17
4.2 Trigonometrie	19
4.3 Použité metody	20
5 Zpracování dat a postup výpočtu	23
5.1 Zaměření v terénu	23
5.2 Použité softwary	24
5.3 Porovnání výsledků s ČÚZK	26
Závěr	29
Literatura	31
A Seznam pojmů a zkratek	33

Seznam obrázků

1.1	Hrubá Skála v ČR, oblast měření	3
1.2	Oblast měření, detail	4
1.3	CHKO Český ráj přehledná mapa	5
1.4	Územní působnost Správ toků Lesů ČR, s.p.	6
1.5	Značení pěších turistických cest	8
1.6	Značení lyžařských turistických cest	9
1.7	Značení cyklistických cest	9
1.8	Fotografie z měření, rokle	10
1.9	Fotografie z měření, pohled přes rokli	10
3.1	Vzhled totální stanice Leica TS 02	14
3.2	Vzhled přístroje Leica CS15	14
3.3	Popis přístroje Leica CS15	15
3.4	Přenos GNSS přístroje Leica CS15	15
4.1	Oboustranně připojený a orientovaný polygon	18
4.2	Oboustranně připojený a jednostranně orientovaný polygon	18
4.3	Oboustranně připojený neorientovaný polygon	19
4.4	Polygonový pořad uzavřený orientovaný	19
4.5	Jednostranně připojený a orientovaný polygon	19
4.6	Ilustrace trigonometrického určení výšek	20
5.1	Zobrazení surových dat v zápisníku	24
5.2	Vypočtené souřadnice bodů	25
5.3	Situace Hrubá Skála	26

Seznam tabulek

5.1	Porovnání souřadnic koncového a orientačního bodu	26
-----	---	----

Úvod

Ve své práci se zabývám zaměřením bodů pomocí trojpodstavcové soupravy, polygonu a využití polární metody s následným návrhem pro vytvoření nové turistické cesty. Jedná se o zaměření bodů v oblasti Hrubé Skály, která spadá pod CHKO Český ráj. V oblasti je velký pohyb turistů, kteří musí část cesty jít po vozovce pro dopravní automobily. V zájmu bezpečnosti je potřeba nová turistická trasa, která povede přírodou, a tím se stává i atraktivnější pro výletníky.

Projekt mi doporučil vedoucí práce, zaujal mě, protože má práce poslouží k vytvoření konkrétní, realné a smysluplné věci. Se zaměřováním bodu mám jen velmi malé praktické zkušenosti, setkal jsem se s ním pouze ve vyučovacích hodinách a tímto způsobem jsem se s metodou mohl blíže seznámit.

Cílem zaměření bylo vytvoření podkladů pro architekty, kterým jsem předal výškové a polohové zaměření bodů, které jim poslouží jako východisko pro vytvoření konstrukce mostů. Vytvořená mapa zahrnovala jak návrh a převýšení mostů, tak i osu turistické cesty propojující a stávající cesty.

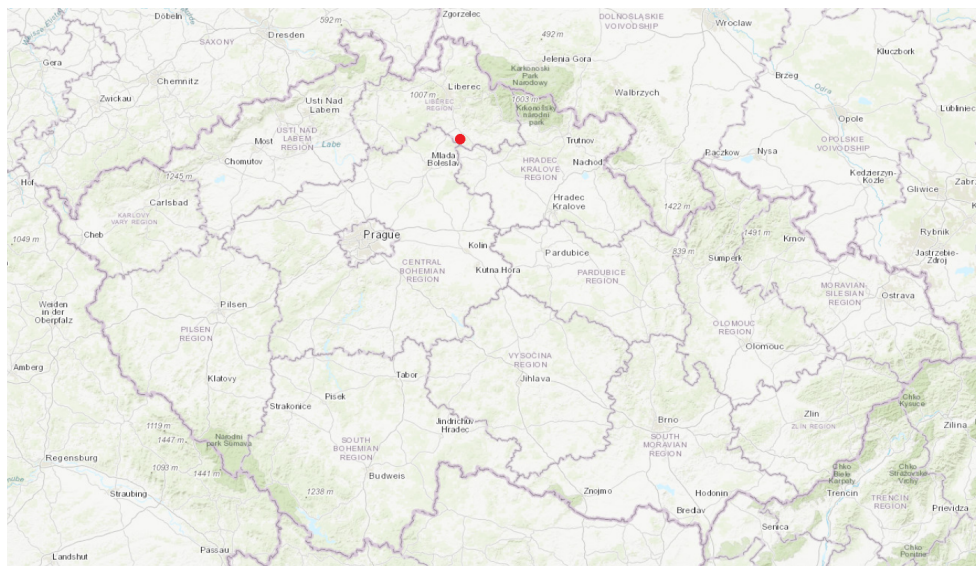
V první kapitole se budu zabývat lokalitou Hrubá Skála, kde mají být mosty vytvořeny, pojmy CHKO, turistické cesty a Lesy ČR. Ve druhé kapitole se budu zabývat historií zeměměřictví. Třetí kapitola, bude popisovat použité přístroje. V následující kapitole přiblížím použité metody. V páté kapitole se zaměřím zpracování dat, na přesnot měření, porovnam body vypočtené s triangulačními body ČUZK.

Lokalita Hrubá Skála

V bakalářské práci se snažím zlepšit přístupnost do CHKO Český ráj pomocí turistické stezky, která má vést také přes rokle. V další části textu Vám přiblížím toto místo.

1.1 Geografické informace

Hrubá Skála se nachází v okrese Semily v Libereckém kraji.

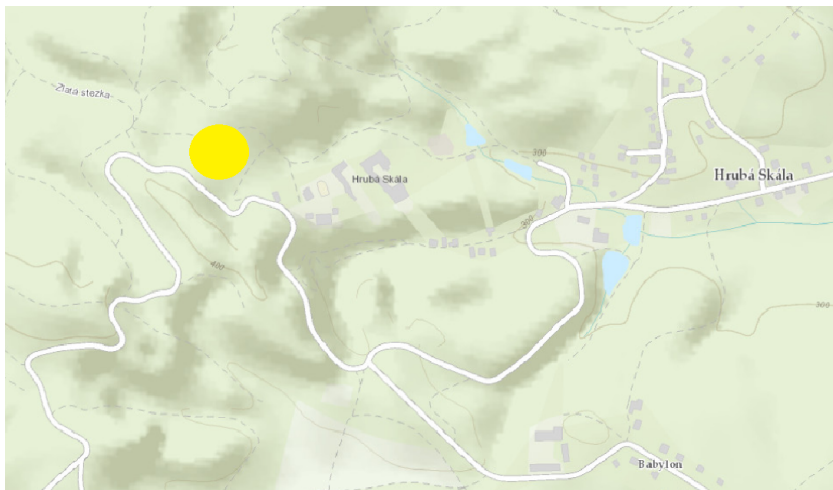


Obrázek 1.1: Hrubá Skála v ČR, oblast měření

Hrubá Skála se nachází v CHKO Český ráj v oblasti Hruboskalska. Hruboskalsko patří mezi nejznámější skalní města ČR. Skalní město je vyhledáváno mnoha turisty a zdejší turistické stezky jsou velmi frekventované.

1. LOKALITA HRUBÁ SKÁLA

Zaměření turistické stezky se nachází hned vedle zámku Hrubá Skála.



Obrázek 1.2: Oblast měření, detail

Zámek je nyní využíván jako hotel s restaurací, a proto láká turisty z celého širokého okolí. Hrubá Skála patří do Zlaté stezky Českého ráje, která v letních měsících musí odolávat velkým návalům turistů.

1.2 CHKO - Český ráj

Tato kapitola stručně představuje CHKO Český ráj. Český ráj leží padesát kilometrů severovýchodně od Prahy. Geograficky je ohraničen spojnici Mladá Boleslav, Mnichovo Hradiště, Hodkovice nad Mohelkou, vrch Kopanina, Železný Brod, Semily, Nová Paka, Jičín, Kópídlno, Sobotka a Dolní Bousov. Na východě tento malebný region přechází v Podkrkonoší a na severu je ohraničen pásem Jizerských hor a Krkonoš. V tomto romantickém kraji ležícím na středním toku Jizery se snoubí rozmanitost přírodních krás s bohatými historickými památkami - hrady, zámky, lidová architektura. A právě proto již v 19. století hosté lázní Sedmihorky začali tuto část země nazývat Český ráj. [1]

Chráněná krajinná oblast (CHKO) je označení pro velkoplošné chráněné území nižšího stupně ochrany, než jaký platí pro národní parky. CHKO Český ráj je nejstarším chráněnou oblastí v Česku. Zaujímá území o rozloze cca 181,5 km². Českému ráji byl v roce 2005 přidělen status Globální geopark UNESCO. CHKO se rozkládá na území tří krajů - Liberecký, Středočeský a Královéhradecký. Tím pádem spadá i do čtyř okresů - Semily, Jablonec nad Nisou, Mladá Boleslav a okres Jičín.

Chráněná krajinná oblast Český ráj se nachází v severnější části České republiky a láká svými krásami mnoho turistů i z jiných regionů. Tento region se skládá ze tří částí. Největší z nich se nachází mezi Mnichovým Hradištěm,

Sobotkou a Turnovem, kam spadají oblasti Můžské, Hruboskalsko, Příhrazské skály a okolí Trosek. Druhá část leží mezi Turnovem, Malou Skálou a Kozákovem. Nejmenší třetí část se nachází mezi Jičínem a Mladějovem, zde se nachází Prachovské skály.



Obrázek 1.3: CHKO Český ráj přehledná mapa

1.2.1 Hruboskalsko

Hruboskalsko je přírodní rezervace a patří k největším skalním městům v Chráněné krajinné oblasti Český ráj. Hruboskalskem vede Zlatá stezka Českého ráje, která vede po hřebenech. Na stezce se dá najít řada vyhlídkových míst například: Vyhlídka Na Kapelu, Vyhlídka U Lvíčka nebo je vše možné vidět z Hlatavícké rozhledny.[2]

Skalní město se nachází severozápadně od Zlaté stezky. Díky tomu, že pískovec není odolný materiál a díky řadě přírodních vlivů, skály často mění svůj

tvár a vytváří různé skalní útvary, které s velkou oblibou navštěvují horolezci.

V oblasti Hruboskalska je možné navštívit jeden z nejstarších hradů České republiky - hrad Valdštejn. Za zmínku určitě stojí také výhled z rozhledny vyhlídkové věže na zámku Hrubá Skála.

1.2.2 Lesy ČR

Oblast, ve které měření probíhalo patří zároveň pod státní společnost Lesy ČR (LČR). Ministerstvo zemědělství podnik založilo v roce 1992, jeho hlavním úkolem je obhospodařovat lesy ve vlastnictví České republiky. Prioritou je vytváření stabilních, kvalitních, druhově, prostorově a věkově smíšených lesů. LČR spravují také vodní toky a bystřiny. Konkrétně mají na starost 38 000km vodních toků a bystřin a přes 820 malých vodních nádrží. [3]



Obrázek 1.4: Územní působnost Správ toků Lesů ČR, s.p.

LČR se zásadním způsobem zasazují o ochranu přírody. Mají k tomu dostatečný prostor, protože jsou největším správcem chráněných území v ČR. Zhruba 30% území, na němž hospodaří LČR, jsou CHKO, na dalších 20% výměry se nacházejí přírodní parky a 4% se nacházejí v maloplošných zvláště chráněných územích (národní přírodní rezervace, národní přírodní památka, přírodní rezervace, přírodní památka). Při realizaci projektu bude nutné spolupracovat s LČR.

1.2.3 Stavby na území CHKO

Podmínky stavebních prací v CHKO a na území, která obhospodařuje LČR jsou zaneseny v zákonu číslo 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Podle vedoucí Správy CHKO Český ráj RNDr. Lenky Šoltysové je obecným pravidlem vyplývajícím z paragrafu 12 výše zmíněného zákona ochrana krajinného rázu. Stavba nesmí snížit nebo změnit krajinný ráz, nesmí znehodnotit přírodní, kulturní a historické charakteristiky krajiny včetně jejich estetické hodnoty. Toto platí obecně pro celé území České republiky, nikoli pouze na území CHKO, jak je někdy interpretováno[4]. Další kritéria, například vzhled a umístění stavby, najdeme v Plánu péče o CHKO Český ráj.

1.3 Klub českých turistů a turistické cesty

1.3.1 Činnost organizace

Klub českých turistů (KČT) je spolkem aktivních turistů, příznivců a přátel turistiky. Členy KČT spojuje vytváření všestranného turistického programu a vytváření materiálních, organizačních a metodických podmínek pro bezpečný a volný pohyb v přírodě. Klub českých turistů provádí značení a údržbu sítě turistických značených tras. KČT vytváří podmínky pro aktivní činnost seniorů, rodinných kolektivů, dětí a mládeže a zdravotně postižených. KČT pomáhá novým členům, zejména dětem a mládeži, v rozvoji turistických dovedností a rozvíjení tradic KČT.[5]

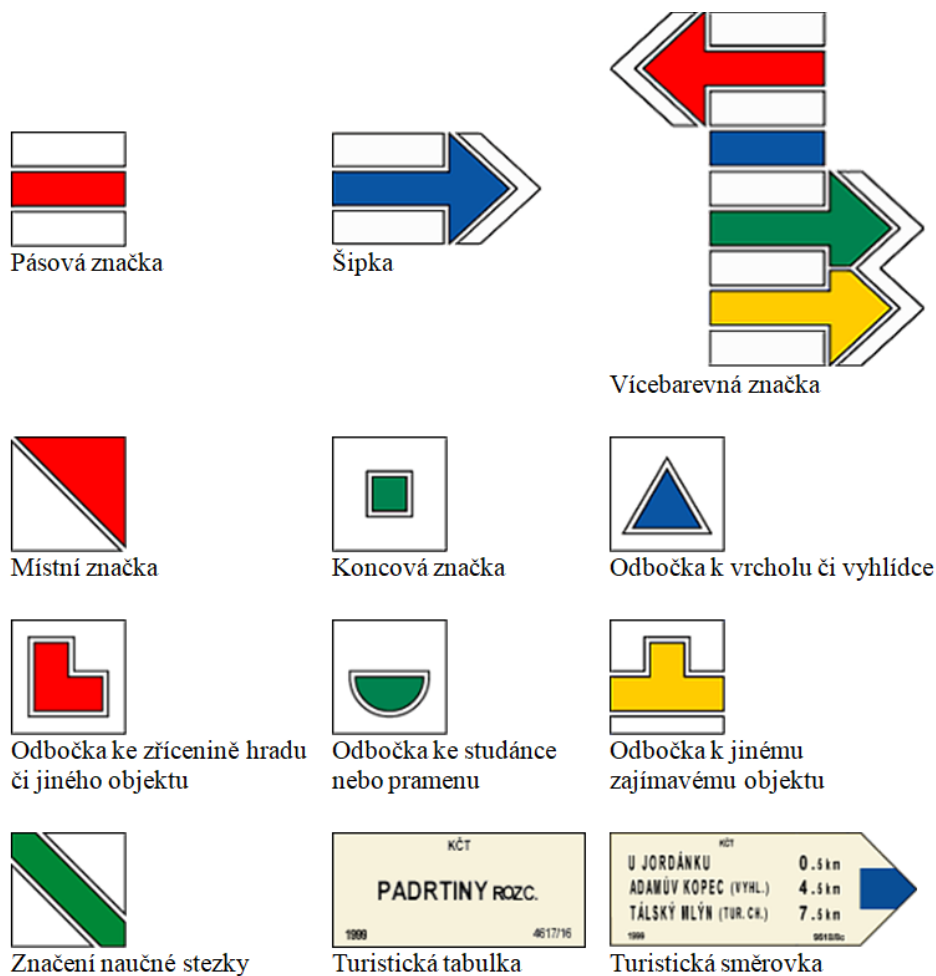
1.3.2 Historie KČT

KČT byl založen v roce 1888, do čela byl jmenován Jan Náprstek. O vznik KČT se zasloužily dvě organizace SOKOL a Národní jednota severočeská. Činnost nastartovala výprava na Světovou výstavu v Paříži, díky níž klub rozšířil členskou základnu a získal kapitál, který mohl investovat do úpravy cest, či stavby rozhleden. Další finance klubu přinesla Jubilejní výstava v roce 1891 na pražském Výstavišti, kde prezentovali dioramatický obraz od malířů bratří Liebscherů. Následovala stavba Petřínské rozhledny s lanovou dráhou, která stojí nad Prahou dodnes. Kromě pěší turistiky se začal rozvíjet i lyžařský sport. Veliký turistický boom zaznamenáváme po obou světových válkách, kdy mají lidé potřebu trávit více času v přírodě, a kdy se rozvíjí železniční a automobilová doprava a vzdálenosti se zkracují. V roce 2018 sdružoval KČT celkem 31 933 členů v 409 odborech po celé České republice. Kromě pěší turistiky se časem vyvinula další odvětví, která KČT podporuje: cykloturistika, běžecká turistika, vodní turistika, lyžařská turistika, vysokohorská turistika, turistika naboso, turistika na koni, mototuristika a karavanink, elektronická turistika (Nový trend, který se postupně rozvíjí. Jedná se o klasickou turistiku, při které jsou využívány moderní technologie například e-mapy, navigace

1. LOKALITA HRUBÁ SKÁLA

pomocí GPS, nebo aplikace, které vám pomocí fotografií a videí zprostředkují autentičtější zážitek především během poznávacích činností.).

Turistické cesty mají důmyslné značení. Existují 3 druhy značení – pěší značení, lyžařské značení, cykloznačení. Pěší značení využívá tři pruhů, krajní jsou bílé, aby byl lépe vidět prostřední pruh, který může být červený, žlutý, modrý, nebo zelený. Pruhy tvoří čtverec 10x10cm.



Obrázek 1.5: Značení pěších turistických cest

Značení lyžařských turistických cest je velmi podobné, pouze bílou barvu nahrazuje žlutooranžová 1.6.

Cykloznačení můžeme rozdělit na silniční a terénní. Všechny jsou na žlutém podkladu a využívají různé piktogramy 1.7.

1.3. Klub českých turistů a turistické cesty



Obrázek 1.6: Značení lyžařských turistických cest



Obrázek 1.7: Značení cyklistických cest

1. LOKALITA HRUBÁ SKÁLA



Obrázek 1.8: Fotografie z měření, rokle



Obrázek 1.9: Fotografie z měření, pohled přes rokli

Zeměměřictví

Zeměměřictví neboli geodézie je podle ČÚZK obor zabývající se měřením zemského tělesa a fyzických objektů a jevů se zemským tělesem prostorově souvisejících, shromažďováním geografických informací a jejich zobrazováním v geodatabázích a v kartografických dílech a distribucí geografických informací ve standardizovaných formách uživatelům. Zákon ČNR č. 256/2013 Sb., o katastru nemovitostí České republiky (katastrální zákon) zeměměřictví definuje jako souhrn geodetických, fotogrammetrických a kartografických činností včetně technických činností v katastru nemovitostí. Zeměměřictvím se zabývá tzv. zeměměřický zákon č.200/1994 SB.vč.novel.

2.1 Zeměměřické činnosti

Zeměměřické činnosti jsou také definovány výše zmíněným zákonem paragraf (č.§ 3), a to následovně - jsou to činnosti při budování, obnově a údržbě bodových polí, podrobné měření hranic územněsprávních celků a nemovitostí a dalších předmětů obsahu kartografických děl, vyhotovování geometrických plánů a vytyčování hranic pozemků, vyměřování státních hranic, tvorba, obnova a vydávání kartografických děl, standardizace geografického názvosloví, určení prostorových vztahů metodami inženýrské geodézie a dálkového průzkumu Země, vedení dat v informačních systémech zeměměřictví včetně dokumentace a archivace výsledků zeměměřických činností. Zeměměřickou činnost smí vykonávat pouze odborně vyškolený pracovník, tím je myšlena fyzická osoba, která dokončila středoškolské nebo vysokoškolské vzdělání se zaměřením na zeměměřictví.

2.2 Historie zeměměřictví

Mohutné stavby, dlouhé hradby, paláce, geometrické uspořádání vesnic nám prozrazuje, že obor zeměměřictví má své kořeny daleko ve starověku. Staro-

2. ZEMĚMĚŘICTVÍ

věké geodetické techniky pomáhaly odhalit tvar země ještě před naším letopočtem. Zeměměřictví má svou důležitou úlohu při snaze zmenšit a zakreslit povrch země. Věda zvaná kartografie je stručně řečeno nauka o tvorbě a zpracování dat. Následuje několik definic z různých období.

Kartografie je umění, věda a technologie vytváření map, včetně jejich studia jako vědeckých dokumentů a uměleckých prací. V této souvislosti mohou být za mapy považovány všechny typy map, dále plány, náčrty, trojrozměrné modely a globusy, zobrazující Zemi nebo nebeskou sféru v jakémkoli měřítku.[6]

Kartografie je vědní obor zabývající se znázorněním zemského povrchu a nebeských těles a objektů, jevů na nich a jejich vztahů ve formě kartografického díla a dále soubor činností při zpracování a využívání map. [7]

Kartografie je unikátní a instinktivní více-rozměrový prostředek pro tvorbu a manipulaci vizuálních (nebo virtuálních) reprezentací geoprostoru (map), které umožňují výzkum, analýzu, pochopení a komunikaci informací o tomto prostoru.[8]

Ve středověku je geodézie a kartografie významná především kvůli objevitelským cestám. Vzniká potřeba zaznamenávat plavby i suchozemské expedice.

V 19. a 20. století jdou všechny technické obory strmě vzhůru, stejně tak i geodézie. K určování polohy se již používají souřadnice a díky stále dokonalejší představě o tvaru země dochází ke spolehlivějšímu určování nadmořských výšek. Revolučním pro vědu bylo zapojení počítačů a dalších systémů a satelitní snímkování.

Dnes je nejznámějším systémem pro určení polohy a navigaci GNSS, kromě běžného využití je používám také v geodetickém měření pro nejpřesnější určení polohy.

Garantem pro státní mapová díla je Český úřad zeměměřičský a katastrální. Vedle katastrálních map spravuje Státní mapu 1 : 5 000, Základní mapy České republiky v měřítcích 1 : 10 000, 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000 a 1 : 200 000 a Mapu České republiky v měřítku 1 : 500 000. K tomu se přiřazují ještě tematická mapová díla, vytvořená pro celé území státu na podkladě uvedených státních mapových děl.

Použité přístroje

Spolu s GNSS přijmačem a totální stanicí jsme použili další příslušenství, mezi které patří stativy, hranoly, výtyčka, dvoumetr a kolíky.

3.1 Totální stanice

Totální stanice je geodetický přístroj pro měření a registraci vodorovných a výškových úhlů, vzdáleností; zvládne i spočítat souřadnice. Hodnoty z totálních stanic se dají přenést do počítače ke zpracování.

Stanice dokáže vytyčit podrobné body v terénu ze známého bodu, když jsou předem známé body vloženy do stanice. Totální stanice vzniká spojením teodolitu, elektronického dálkoměru a počítače. Výrobci stanic jsou například Leica Geosystems, Trimble, Sokkia, Nikon.

Úhlová přesnost u totálních stanic je od 1 do 5 úhlových vteřin. Délkový dosah dálkoměru jsou až 3 kilometry. Současné totální stanice jsou spojovány do GNSS přijímače pro určení polohy. [9]

3.1.1 Leica TS02

Součástí této totální stanice jsou modernizované, prvky jako jsou laserová olovnice nebo nekonečné ustanovky. Tento přístroj je ideální pro katastrální a inženýrské aplikace. Dále se s ním dají měřit budovy, hloubkové stavby nebo, také slouží k vytyčování a měření souřadnic. Obsluha přístroje není nijak náročná. U nejnovějších přístrojů je dána přesnost:

Přesnost měření na hranol je až $2\text{mm}+2\text{ppm}$.
Úhlová přesnost může být až $2''$.

U použitého přístroje je přesnost měření na hranol $3\text{mm}+2\text{ppm}$ a úhlová přesnost je $5''$. [10]



Obrázek 3.1: Vzhled totální stanice Leica TS 02

3.2 GNSS

Global Navigation Satellite System (GNSS) neboli globální družicový polohový systém, využívá družice, které určují polohu po celém světě. V České republice se využívá síť CZEPOS. CZEPOS spravuje a provozuje Zeměměřický úřad a zároveň je součástí geodetických základů České republiky.[11]

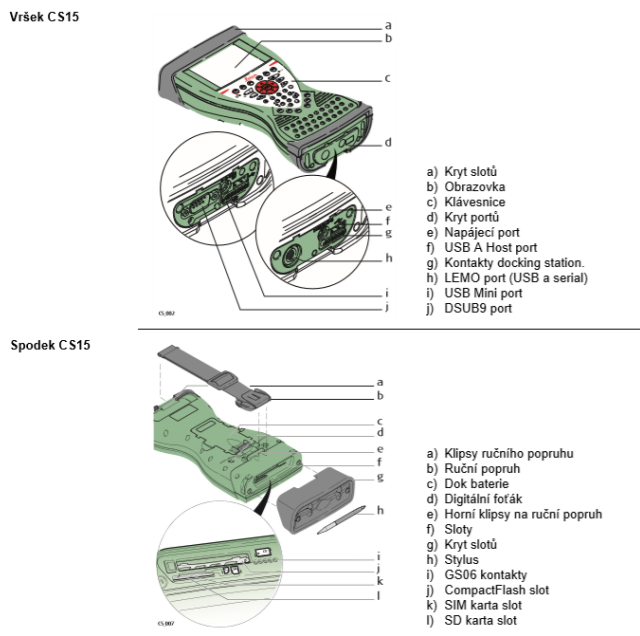
3.2.1 Leica CS15

Vzhled, popis a přesnost přístroje:



Obrázek 3.2: Vzhled přístroje Leica CS15

Touto GNSS stanicí byl změřen pouze počáteční bod polygonu. Více bodů nešlo zaměřit kvůli slabé přesnosti, která byla způsobena špatnou odezvou družic.



Obrázek 3.3: Popis přístroje Leica CS15

Diferenciální fáze post-processingu	Statická a rychlá statická			
	Statická		Kinematická	
	Horizontální	Vertikální	Horizontální	Vertikální
	5 mm + 0.5 ppm	10 mm + 0.5 ppm	10 mm + 1 ppm	20 mm + 1 ppm
Diferenciální fáze v reálném čase	Statická s dlouhými observacemi			
	Statická		Kinematická	
	Horizontální	Vertikální	Horizontální	Vertikální
	3 mm + 0.5 ppm (GS08plus)	6 mm + 0.5 ppm (GS08plus)	10 mm + 1 ppm	20 mm + 1 ppm
	3 mm + 0.1 ppm (GS12)	3.5 mm + 0.4 ppm (GS12)		
	Statická		Kinematická	
	Polohová	Výšková	Polohová	Výšková
	5 mm + 0.5 ppm	10 mm + 0.5 ppm	10 mm + 1 ppm	20 mm + 1 ppm

Obrázek 3.4: Přenost GNSS přístroje Leica CS15

Metody měření

4.1 Polygonový pořad

Jednou z metod určení souřadnic bodů jsou polygonové pořady. Používají se právě tehdy, když známe počáteční a koncový bod pořadu. Z těchto bodů se určují souřadnice mezilehlých bodů pomocí vodorovných úhlů a délek. S ohledem na požadovanou přesnost se často používá trojpodstavcové soupravy ke snížení chyb z centrace přístroje.

4.1.1 Typy polygonových pořadů

Polygonové pořady dělíme dle známého připojení a orientace. Obvykle začínají polygonové pořady na známém bodě a pokračují na konečný bod, který je také znám. Proto jsou polygonové pořady orientované na nějaký další bod, u kterého známe souřadnice. Lze také vytvořit speciální polygonový pořad, který začíná a končí na počátečním bodu. Existují tyto druhy polygonů [12]:

4.1.1.1 Oboustranně orientovaný a připojený polygon

U tohoto polygonového pořadu jsou známy souřadnice bodu P počáteční bod a bodu K koncového. U orientací A,B známé také souřadnice. Měří se šikmé délky, vodorovné úhly mezi body polygonového pořadu a směry na orientace. Výsledkem je určení bodů uvnitř polygonu 1,2,3 obrázek: 4.1.

4.1.1.2 Oboustranně připojený a jednostranně orientovaný polygon

Tento polygon se od předchozího moc neliší, rozdílem je známost jen jedné orientace jinak vše zůstává stejné viz. obrázek 4.2.

4.1.1.3 Oboustranně připojený bez orientací (vetknutý)

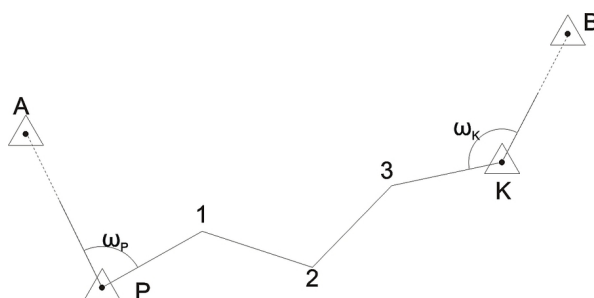
Polygon už podle názvu nemá orientace, proto se mu také někdy říká vetknutý 4.3.

4.1.1.4 Uzavřený polygonový pořad

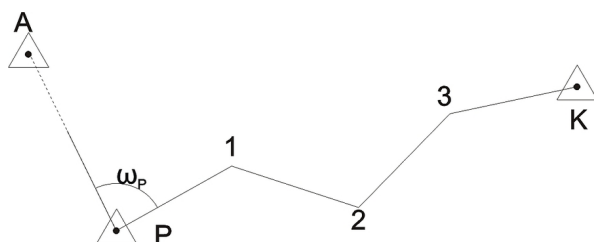
Tento typ polygonu je speciální v tom, že začíná v jednom bodě a končí ve stejném. Takže stačí znát jen souřadnice počátečního bodu, který je zároveň i koncovým bodem. Polygon může být i orientovaný viz: 4.4.

4.1.1.5 Jednostranně připojený a orientovaný (volný)

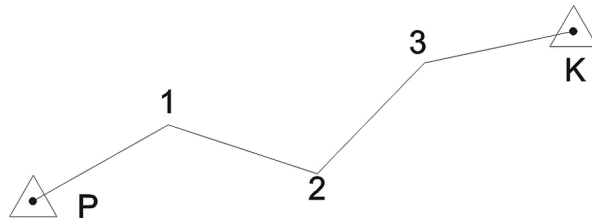
Už z názvu vyplývá, že polygon je připojený pouze na počáteční bod s minimálně jednou orientací viz: 4.5. U tohoto polygonu nelze použít vyrovnání.



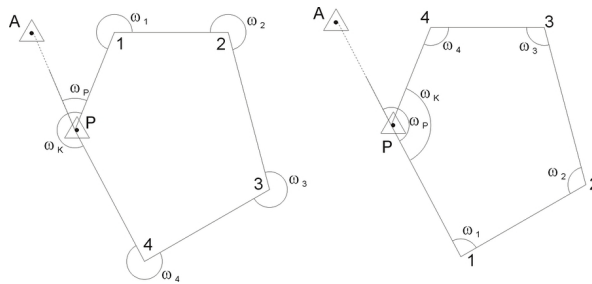
Obrázek 4.1: Oboustranně připojený a orientovaný polygon



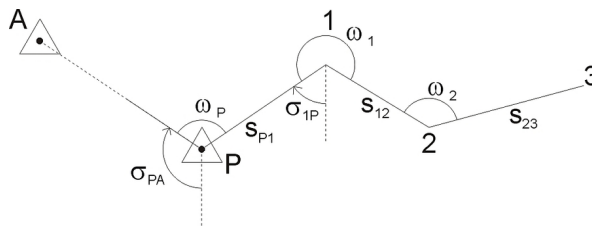
Obrázek 4.2: Oboustranně připojený a jednostranně orientovaný polygon



Obrázek 4.3: Oboustranně připojený neorientovaný polygon



Obrázek 4.4: Polygonový pořad uzavřený orientovaný



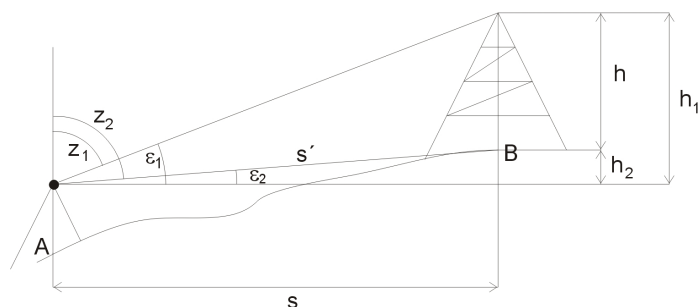
Obrázek 4.5: Jednostranně připojený a orientovaný polygon

4.2 Trigonometrie

Trigonometrie slouží k určování nadmořských výšek a převýšení. Nadmořské výšky se určí výpočtem pořadu trigonometrické nivelace. Jednostranně zaměřený trigonometrický výškový rozdíl se vypočte podle vzorce :

$$h = ds * \cos(z) + hi - hr$$

kde: ds je šikmá délka, z zenitový úhel, hi je výška přístroje, hr výška cíle.



Obrázek 4.6: Ilustrace trigonometrického určení výšek

4.3 Použité metody

Zaměřen byl oboustranně připojený a jednostranně orientovaný polygon, kde byl znám první bod pomocí GNSS a orientace z toho bodu. Navíc, byl znám i koncový bod, který je součástí polohové trigonometrické sítě. Souřadnice jsem spočítal v programu Groma, tudíž zde předvedu, co se vše počítalo, čemuž odpovídá obrázek 4.2.

4.3.1 Výpočet souřadnic

Mám tedy dán počáteční bod, orientaci na tento bod a koncový bod. Naměřené jsou vnitřní úhly a šikmé délky. Nejprve se spočítá připojovací směrnik, a pak ostatní směrníky[12].

$$\sigma_{P1} = \sigma_{PA} + \omega_P$$

Další směrnik pak podle vzorce:

$$\sigma_{ij+1} = \sigma_{j-1i} - 2R + \omega_j$$

$$\sigma_{ij+1} = \sigma_{P1} - i * 2R + \sum_{j=0}^i \omega_j$$

Poté se spočítají souřadnicové rozdíly, kde se používají vodorovné délky:

$$\Delta Y_{ij+1} = d_{ij+1} * \sin \sigma_{ij+1}$$

$$\Delta X_{ij+1} = d_{ij+1} * \cos \sigma_{ij+1}$$

Pro poslední bod polygonu pak platí:

$$X_K = X_P + \sum_{j=0}^n \Delta X_{ij+1}$$

$$Y_K = Y_P + \sum_{j=0}^n \Delta Y_{ij+1}$$

Vlivem měřických chyb nám však vyjdou určité souřadnicové odchylky O_Y a O_X z nichž pak spočítáme polohovou odchylku O_P

$$O_Y = \sum_{i=0}^n \Delta Y_{ij+1}$$

$$O_X = \sum_{i=0}^n \Delta X_{ij+1}$$

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

Z toho vzorce pak vyplývá, že platí:

$$X_K - X_P - \sum_{i=0}^n \Delta X_{ij+1} = 0$$

$$Y_K - Y_P - \sum_{i=0}^n \Delta Y_{ij+1} = 0$$

Výsledné souřadnice pak spočítám:

$$X_i = X_P + \sum_{j=1}^i \Delta X_{j-1i}$$

$$Y_i = Y_P + \sum_{j=1}^i \Delta Y_{j-1i}$$

Uvážíme-li bod P jako počátek vyjde jednodušší vzorec:

$$Y_i = Y_P + \sum_{j=1}^i d_{j-1j} * \sin \sigma_{j-1j}$$

$$X_i = X_P + \sum_{j=1}^i d_{j-1j} * \cos \sigma_{j-1j}$$

Kontrolu provedeme porovnáním souřadnic koncového bodu K. Hodnoty by se měly lišit maximálně v zaokrouhlení.

4.3.2 Oprava délek

4.3.2.1 Oprava délek z kartografického zkreslení

Po změření délek na Zemském povrchu je převádíme do souřadnicové soustavy. Při této činnosti dochází ke zkreslení v důsledku kartografické projekce. Velikost tohoto zkreslení je závislé na vzdálenosti. V mém případě se jedná o velmi malé hodnoty, jelikož mám krátké záměry.

4.3.2.2 Oprava délek v nadmořské výšce

Kdykoliv použijeme mapový podklad, pokaždé se jedná o zmenšený obraz Země v rovině horizontu vztažené k nulové hladině moře. Délky měřené nad nebo pod nulovou hladinou budou mít jiné hodnoty než v nulové rovině. Proto zavádíme opravu z nadmořské výšky[13]:

Oprava na nulovou hladinu:

$$O_H = -\frac{H * d}{d}$$

Přepočítání měřené délky na nulovou hodnotu:

$$d_0 = d * -\frac{R}{R + H}$$

Kde:

H... průměrná nadmořská výška

d... měřená vzdálenost

R... střední poloměr Země

Zpracování dat a postup výpočtu

5.1 Zaměření v terénu

Než může dojít ke zpracování, dat tak bylo nutno zaměřit v terénu body, ze kterých se skládá má práce. Nejdříve jsme prošli terén společně se zadavatelem projektu, který nám vysvětlil jeho záměr. Během obchůzky jsme kolíky vytvořili osu stezky. Dozvěděli jsme se, že turistická stezka má vést roklemi, přes které budou zbudovány mosty.

Pro ulehčení jsme chtěli zaměřit alespoň počáteční a koncový bod stezky pomocí GNSS přijímače pro přesnější identifikaci bodů. Bohužel kvůli velkému lesnímu porostu byla špatná přesnost a odezva družic. Tímto způsobem tedy šel změřit jen počáteční bod polygonu s dostatečnou přesností. Pro první zaměření bodů GNSS přijímačem jsme postavili totální stanici na již změřený bod číslo 4001 a z něho udělali orientaci na kopuli zámecké věže Hrubá Skála bod č.082043 a poté na druhý bod polygonu 4002. Abychom zpřesnili práci, využili jsme trojpodstavcovou soupravu, což znamená, že se střídal hranol s přístrojem po třech stativěch.

Z každého bodu polygonu jsme zaměřili několik podrobných bodů a následný bod polygonu. Podrobné body představovaly buď výškové terénní úpravy, okraje roklí, hranice silnic nebo určení stromů. Všechny podrobné body byly zaměřeny na výtyčku s odrazným hranolem. Bod polohového bodového pole 0820421, který byl identickým bodem na žulovém podloží nebyl vidět kvůli hustému porostu z posledního bodu 4007, jsme byli nuceni vytvořit další stanovisko 4008, ze něhož jsme zaměřili pouze identický bod 0820421. Na každém stanovisku byla změřena i výška stroje. Celou dobu byla přesně určena i výška hranolu na výtyčce. Celé měření se zaznamenávalo do totální stanice a veškeré body jsem zakreslil v polním náčrtu situace.

5.2 Použité softwary

Pro zpracování naměřených dat z totální stanice jsem využil program Groma, který mi zaručil rychlé a spolehlivé výsledky. Dále jsem použil program Kokeš, do kterého jsem nahrál souřadnice vypočtené z Gromy a následně jsem vypracoval mapu zaměření.

5.2.1 Groma

Groma je geodetický systém, který je určen ke zpracování geodetických dat a surových údajů z totálních stanic. Systém umí zredukovat délky, zpracovat zápisník v obou polohách a vytvořit tak seznamy souřadnic; zaznamenává vše do výpočetních protokolů. Všechny body lze shlédnout na kontrolní kresbě[14].

5.2.1.1 Práce v Gromě

Před načtením dat z měření do Gromy jsem musel nastavit záznamník, který slouží pro různé typy totálních stanic a formát vykreslování. V záznamníku jsem například odškrtnul kolonku redukování délek, díky tomu jsem měl mezi surovými daty i šikmou délku, která by se jinak převedla automaticky na vodorovnou. Po těchto úpravách šlo tedy nahrát surové hodnoty z měření v terénu, které obsahovalo měření v obou polohách, vodorovný směr, zenitový úhel a šikmou délku.

Předč.	Číslo	Hz	Z	Délka	dH	Signál	Popis
27	259.6763	99.6778	17.317			1.500	T
28	262.9334	101.1368	12.181			1.500	T
29	256.6348	100.3120	11.170			1.500	T
30	276.6300	102.4020	7.454			1.500	T
31	265.7313	102.1160	6.355			1.500	T
32	245.2369	100.5431	5.418			1.500	T
33	217.4955	95.4330	2.229			1.500	T
34	290.0066	102.1732	2.898			1.500	T
35	312.9128	103.9822	5.608			1.500	T
4004	251.0081	98.7746	16.677			1.500	T
4005	0.0001	100.9213	16.678			1.500	T
36	187.0718	111.8100	19.487			0.000	
37	191.9535	111.8071	19.406			0.000	
38	190.3878	111.1379	20.347			0.000	
4003						1.500	
4002	399.9993	103.6709	52.666			1.500	
4005	144.6614	100.0084	59.264			1.500	
4006	344.6625	299.9872	59.264			1.500	
4007	199.9989	296.3308	52.666			1.500	
40	386.8932	110.6304	33.785			0.000	SK
41	391.2274	110.6279	33.134			0.000	SK
42	396.1965	110.6280	32.273			0.000	SK
43	396.1908	115.9348	30.378			0.000	SK
44	391.6304	115.9359	30.086			0.000	SK
45	386.2723	114.6812	31.143			0.000	SK
46	388.6965	114.2608	30.176			0.000	ST
47	389.3434	110.7882	32.434			0.000	ST
48	53.9895	107.1605	6.916			0.000	T
49	54.7599	105.9252	5.023			0.000	T
50	50.6301	107.6571	9.316			0.000	T
51	67.7348	105.8599	10.798			0.000	T
52	75.3967	106.1279	9.129			0.000	T
53	86.2363	105.9525	7.723			0.000	T
54	90.6610	106.9108	11.073			0.000	T
55	83.2665	105.4316	12.186			0.000	T
56	80.0805	104.5404	11.631			0.000	T

Obrázek 5.1: Zobrazení surových dat v záznamníku

Když jsem měl v Gromě otevřený záznamník s daty, tak jsem nechal ho zpracovat záznamník programem, který mi upravil měření v obou polohách a zavedl redukce. Podle výše uvedených vzorců (viz. obr. 4.2/ str. 20) jsem vypočetl

také souřadnicové odchylky O_x a O_y . Následně jsem dopočetl polohovou odchylku O_p . Dále jsem si vytvořil nový seznam souřadnic, do kterého jsem vložil identické body z webu ČUZK, které mi posloužily k dopočtení chybějících bodů polygonu. Součástí těchto identických bodů byly i výšky, proto jsem mohl dopočíst převýšení, ale nejprve jsem se zabýval opravami z nadmořské výšky a kartografického zkreslení. Jelikož se jedná o krátké záměry, opravy jsou zanedbatelné. U jednotlivých bodů polygonu jsem tedy již znal souřadnice bodů XYZ. Poté jsem díky funkci polární metoda dávkou vypočetl souřadnice podrobných bodů. Výstupem z Gromy byly souřadnice ve formátu "stx", které jsem dále použil v programu KOKEŠ.

Předč. číslo	Y	X	Z	Typ	Kv.	Popis
1	681 771 601	999 755 688	368 881			
2	681 770 040	999 754 588	368 836			
3	681 773 309	999 756 466	369 860			
4	681 775 594	999 752 185	370 374			
5	681 778 770	999 753 244	369 999			
6	681 775 871	999 751 533	370 541			
7	681 780 044	999 751 306	370 620			
8	681 779 602	999 749 615	371 046			
9	681 769 617	999 753 242	369 302	ST		
10	681 772 679	999 753 180	369 728	ST		
11	681 774 300	999 751 322	370 576	ST		
12	681 777 941	999 753 226	370 255	ST		
13	681 742 532	999 791 542	368 317	CE		
14	681 745 981	999 789 981	368 383	CE		
15	681 749 649	999 789 983	368 370	CE		
16	681 757 857	999 783 719	368 279	ST		
17	681 759 164	999 778 795	368 285	ST		
18	681 758 642	999 775 025	368 771	ST		
19	681 758 750	999 769 752	367 841	ST		
20	681 765 248	999 773 620	368 348	ST		
21	681 758 139	999 779 203	368 198	T		
22	681 758 738	999 777 776	368 644	T		
23	681 761 812	999 775 057	368 609	T		
24	681 763 708	999 772 959	368 194	T		
25	681 761 822	999 771 193	368 021	T		
26	681 759 996	999 773 540	368 702	T		
27	681 757 755	999 772 406	368 485	T		
28	681 755 987	999 777 273	368 133	T		
29	681 756 815	999 778 517	368 296	T		
30	681 753 452	999 781 785	368 070	T		
31	681 754 596	999 782 949	368 141	T		
32	681 758 104	999 784 398	368 308	T		
33	681 755 403	999 787 887	368 512	T		
34	681 752 983	999 786 414	368 254	T		
35	681 750 862	999 785 082	368 110	T		
36	681 770 339	999 757 736	368 724			
37	681 769 037	999 757 041	368 739			
38	681 772 508	999 758 242	366 777			
40	681 758 591	999 788 719	369 054	SK		
41	681 760 696	999 789 733	369 163	SK		
42	681 763 190	999 770 835	369 307	SK		
43	681 764 591	999 768 694	367 145	SK		
44	681 763 178	999 787 242	367 217	SK		
45	681 760 484	999 786 347	367 456	SK		
46	681 761 989	999 786 498	366 368	ST		
47	681 769 428	999 768 594	367 599	ST		

Obrázek 5.2: Vypočtené souřadnice bodů

5.2.2 KOKEŠ

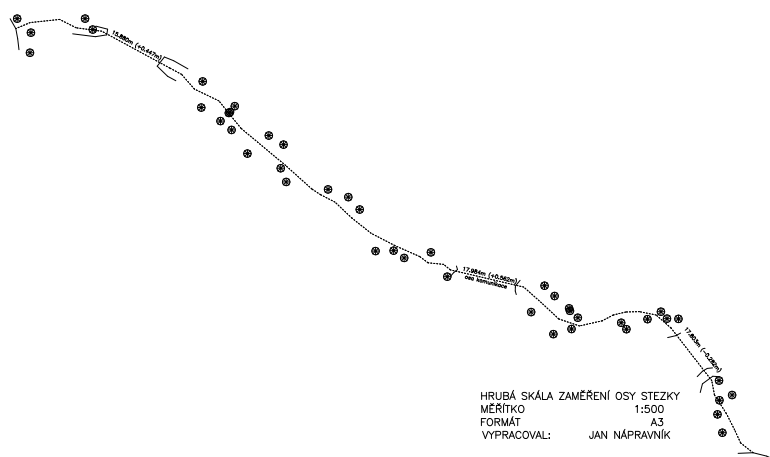
KOKEŠ je systém vyrobený od firmy GEPRO. Obsahuje výkonný editor rozsáhlých geografických dat uložených ve výkresech, rastrových podkladech nebo geodetických bodech uložených v seznamech souřadnic. Také umí zpracovávat měření z terénu, výpočty geodetických a konstrukčních metod. Je vhodný pro běžné geodetické práce a pro tvorbu map. [15]

5.2.2.1 Práce v Kokeši

Po vytvoření výkresu jsem si do Kokeše nahrál vypočtený seznam souřadnic. Nyní jsem měl souřadnice nahrané a zobrazené v programu. Zde jsem jen

5. ZPRACOVÁNÍ DAT A POSTUP VÝPOČTU

podle jejich popisu, který jsem měl již ze zaměření, mohl začít zobrazovat linie. Linie jsem vytvářel právě podle tohoto popisu. Začal jsem zobrazovat linii, která spojuje osu nové turistické komunikace. Další linii jsem si vytvořil pro okraje silnic a hrany roklí. Když jsem měl tento podklad, ze souřadnic jsem si dopočetl délku a výškové převýšení mezi body, co vytvářely hrany rokle. Následně jsem funkcí 'Složené prvky' vytvořil stromy, a dal je na určené body podle popisu z totální stanice.



Obrázek 5.3: Situace Hrubá Skála

Takto vypracovanou situaci jsem poslal zadavateli s vypočtenými body a vysvětlení popisů 5.3.

5.3 Porovnání výsledků s ČÚZK

Jedná se o trigonometrické body z portálu ČÚZK a vypočtenými souřadnicemi z programu Groma. Všechny vypočtené body naleznete v příloze Vypočtené souřadnice XYZ.

Tabulka 5.1: Porovnání souřadnic koncového a orientačního bodu

Číslo bodu	Y ČÚZK	Z ČÚZK	X ČÚZK	Y	X	Z
0820421	681899.800	999782.240	405.600	681899.807	999782.238	405.596
0820430	681515.360	999762.240	398.060	681515.361	999762.239	398.054

5.3. Porovnání výsledků s ČÚZK

Souřadnicové odchylky:

$$O_x = 0.008 \text{ m}$$

$$O_y = -0.0074 \text{ m}$$

$$O_p = 0.011 \text{ m}$$

Z tabulky 5.1 vyplývá, že mírné rozdíly v souřadnicích jsou nejspíše chybou ze zaokrouhlení.

Závěr

Při měření bylo náročné zkoordinovat metody, kterými požadované území zaměříme. GNSS přijímač měl velice malou odezvu díky hustému dubovému lesu, proto se nám bohužel podařilo zaměřit jen počáteční bod.

Při výpočetní části nebyly nijaké velké problémy, pouze jsem si musel dát pozor při nastavení programu (Groma). Výsledkem z Gromy byly vypočtené polohové souřadnice i s výškou. Polohová souřadnicová odchylka byla 11mm.

Do programu Kokeš byly následně nahrány vypočtené souřadnice a vytvořen situační výkres, který byl poslán na Fakultu architektury. Nákres situace je v měřítku 1:500.

Výsledkem mé práce je podklad pro Fakultu architektury z Liberce, která na mém zaměření začne zkreslovat podklady pro konstrukci mostů. Následná výstavba mostů bude též v jejich režii. Po dokončení výstavby si slibuji větší bezpečí pro turisty a hlubší prožitek při vstupu do CHKO Český ráj.

Literatura

- [1] Ernest: Český ráj region. [online], [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.cesky-raj.info/cs/o-regionu/informace-o-regionu.html/>
- [2] Dvořák, A.: Oblast Hruboskalsko. [online], [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.cesky-raj.info/dr-cs/710-hruboskalsko.html>
- [3] Voocel: Lesy Český ráj. [online], [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://lesy-cr.cz/>
- [4] Svin: Rozhovor s RNDr. Lenkou Šoltysovou. [online], [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.svin.cz/>
- [5] KČT: K čemu slouží Klub českých turistů. [online], [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://kct.cz/>
- [6] asociace (ICA)", . K.: "Mnohojazyčný výkladový slovník technických termínů v kartografii". [online], [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <http://vimevite.cz/index.php?page=1&ida=343/>
- [7] kartografie", . N.: "ČSN 73 0406 Názvosloví kartografie". [online], [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <http://vimevite.cz/index.php?page=1&ida=343/>
- [8] Wood, .: Wood. [online], [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <http://vimevite.cz/index.php?page=1&ida=343/>
- [9] Wikipedia: Totální stanice. [online], [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Totální_stanice
- [10] GEFOS: Leica FlexLine plus. [online], [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.gefos-leica.cz/ftp/Totalni_stanice/Navody/FlexLine/FlexLine_Plus_cesky.pdf/

LITERATURA

- [11] ČUZK: Síť permanentních stanic GNSS České Republiky. [online], [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <http://czepos.cuzk.cz/>
- [12] "Katedra geomatiky, Z. u. v. P., Fakulty aplikovaných věd: "Polygonové pořady". [online], [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch07s04.html/>
- [13] doc.Ing Jaromír Procházka, C.: "Sylabus 4.přednášky Inženýrské geodézie". [online], [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.groma.cz/cz/>
- [14] Groma: Použití programu Gromy. [online], [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.groma.cz/cz/>
- [15] GEPRO: Použití programu KOKEŠ. [online], [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <http://www.gepro.cz/produkty/kokes/>

Seznam pojmů a zkratk

CHKO Chráněná krajinná oblast
Chráněná krajinná oblast

LČR Lesy České republi.s.a
Lesy České republiky

GNSS Global Navigation Satellite System
Globální družicový polohový systém

GPS Global Positioning System
Globální polohový systém

ČUZK Český úřad zeměměřický a katastrální
Český úřad zeměměřický a katastrální

KČT Klub českých turistů
Klub českých turistů

CZEPOS Síť permanentních stanic GNSS České Republiky
Síť permanentních stanic GNSS České Republiky

Přílohy

1. Nezpracovaná data z měření.mes
2. Měření z GNSS stanice.txt
3. Ilustrační polygon.pdf
4. Výsledné souřadnice bodů.txt
5. Protokol o zpracování zázpisníku.pre
6. Protokol o výpočtu výšek.txt
7. Protokol o výpočtu bodů polární metodou.txt
8. Výkres situace měření.pdf
9. Body situace v programu Kokeš.stx
10. Výkres situace v programu Kokeš.vyk