



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV GEODÉZIE**

INSTITUTE OF GEODESY

## TVORBA ÚČELOVÉ MAPY ČÁSTI SPORTOVNÍHO AREÁLU VE ŽĎÁRU NAD SÁZAVOU

MAPPING SURVEY OF A PURPOSE-BUILT MAP OF PART OF THE SPORTS FIELD IN ŽĎÁR NAD SÁZAVOU

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

František Křivánek

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. Michal Kuruc, Ph.D.

BRNO 2025

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav geodézie  
Student: **František Křivánek**  
Vedoucí práce: **Ing. Michal Kuruc, Ph.D.**  
Akademický rok: 2024/25  
Studijní program: B0532A260001 Geodézie a kartografie

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## **Tvorba účelové mapy části sportovního areálu ve Žďáru nad Sázavou**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

V lokalitě sportovního hřiště ve Žďáru nad Sázavou vybudujte a zaměřte síť měřických stanovisek. Uskutečňte měření potřebná pro vyhotovení účelové mapy dané lokality, využijte přednostně technologii GNSS a metodu tachymetrie. Provedte podrobné zaměření rychlobruslařského oválu tak, aby bylo možné určit parametry této dráhy.

Zpracujte měření a vyhotovte účelovou mapu lokality v závazném souřadnicovém a výškovém systému. Dále vyhotovte přílohy obvyklé při vytváření účelové mapy: měřená data (ve formátu job a zap), výpočetní protokoly (ve formátu txt, doc nebo pdf), seznamy souřadnic (ve formátu txt) a výslednou účelovou mapu (ve formátech dgn, pdf i v tištěné formě).

### **Cíle a výstupy bakalářské práce:**

- vybudování sítě pomocných měřických bodů
- zaměření dané lokality
- zpracování měření
- vyhotovení účelové mapy

### **Seznam doporučené literatury a podklady:**

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

Norma ČSN 01 3410 - Mapy velkých měřítek - Základní a účelové mapy.

Norma ČSN 01 3411 - Mapy velkých měřítek - Kreslení a značky.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 30. 11. 2024

L. S.

---

doc. Ing. Jiří Bureš, Ph.D.  
vedoucí ústavu

---

Ing. Michal Kuruc, Ph.D.  
vedoucí práce

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.  
děkan

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá tvorbou účelové mapy části sportovního areálu ve Žďáru nad Sázavou, jehož součástí je rychlobruslařská dráha. Měření bylo provedeno metodou RTK GNSS pro body měřické sítě a prostorovou polární metodou pro podrobné body. Zpracování probíhalo v softwaru Groma a programu MicroStation, výsledky byly ověřeny kontrolním měřením. Výstupem je účelová mapa v měřítku 1:250 a plán rychlobruslařské dráhy.

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with the creation of a purpose-built map of a part of the sports complex in Žďár nad Sázavou, which includes a speed skating track. The measurements were made using the RTK GNSS method for the points of the measurement network and the spatial polar method for the detailed points. The processing was carried out in Groma software and MicroStation, the results were verified by control measurements. The output is a purpose-built map at a scale of 1:250 and a plan of the speed skating track.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Účelová mapa, rychlobruslařská dráha, volná síť, polární metoda, GNSS, mapování

## **KEYWORDS**

Purpose map, speedway, free grid, spatial polar method, GNSS, mapping

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

KŘIVÁNEK, František. *Tvorba účelové mapy části sportovního areálu ve Žďáru nad Sázavou*. Online, bakalářská práce. Michal KURUC (vedoucí práce). Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2025. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/165638>. [cit. 2025-05-30].

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Tvorba účelové mapy části sportovního areálu ve Žďáru nad Sázavou* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 30. 5. 2025

podpis autora

---

# PODĚKOVÁNÍ

Tímto způsobem bych rád poděkoval všem, co se jakýmkoliv způsobem zapojili do tvorby této bakalářské práce. Zvláštní poděkování patří zejména mému vedoucímu, panu Ing. Michalovi Kurucovi, Ph.D., za jeho cenné připomínky, čas, ochotu a úsilí. Dále bych rád poděkoval kolegovi Mateji Kalamenovi, který mně se zaměřením celé práce pomohl a byl velice nápomocný a ochotný.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>1 LOKALITA</b> .....	<b>10</b>
1.1 MĚSTO ŽĎÁR NAD SÁZAVOU.....	10
1.2 RYCHLOBRUSLAŘSKÁ DRÁHA .....	11
<b>2 PŘÍPRAVNÁ FÁZE</b> .....	<b>12</b>
2.1 REKOGNOSKACE TERÉNU .....	12
2.2 BODOVÉ POLE .....	12
2.3 REKOGNOSKACE BODOVÉHO POLE.....	13
2.4 BUDOVÁNÍ BODU POMOCNÉ MĚŘIČSKÉ SÍTĚ.....	13
2.5 POUŽITÉ POMŮCKY .....	14
2.6 APARATURA GNSS-RTK TRIMBLE R6 .....	15
2.7 TOTÁLNÍ STANICE TRIMBLE M3-DR 2“.....	16
<b>3 MĚŘIČSKÉ PRÁCE</b> .....	<b>17</b>
3.1 POUŽITÉ MĚŘIČSKÉ METODY .....	17
3.1.1 TECHNOLOGIE GNSS .....	17
3.1.2 PROSTOROVÁ POLÁRNÍ METODA .....	18
3.2 POMOCNÁ MĚŘIČSKÁ SÍŤ .....	19
3.3 PODROBNÉ MĚŘENÍ.....	19
3.4 KONTROLNÍ MĚŘENÍ .....	20
<b>4 VÝPOČETNÍ FÁZE</b> .....	<b>21</b>
4.1 ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT .....	21
4.2 VYROVNÁNÍ BODŮ POMOCNÉ MĚŘIČSKÉ SÍTĚ .....	22
4.3 VÝPOČET PODROBNÝCH BODŮ .....	25
4.4 VÝPOČET BODŮ PRO PLÁN RYCHLOBRUSLAŘSKÉ DRÁHY .....	25
<b>5 TESTOVÁNÍ PŘESNOSTI</b> .....	<b>26</b>
5.1 TESTOVÁNÍ POLOHOVÉ PŘESNOSTI.....	26
5.2 TESTOVÁNÍ VÝŠKOVÉ PŘESNOSTI.....	27
<b>6 GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ</b> .....	<b>29</b>
6.1 TVORBA ÚČELOVÉ MAPY .....	29
6.2 TVORBA PLÁNU RYCHLOBRUSLAŘSKÉ DRÁHY.....	30
<b>7 ZÁVĚR</b> .....	<b>32</b>
<b>8 POUŽITÉ ZDROJE</b> .....	<b>33</b>

<b>9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ.....</b>	<b>34</b>
<b>10 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ.....</b>	<b>35</b>
10.1 SEZNAM OBRÁZKŮ.....	35
10.2 SEZNAM TABULEK .....	35
<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>36</b>
<b>PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VYSOKOŠKOLSKÉ KVALIFIKAČNÍ PRÁCE .....</b>	<b>38</b>

# ÚVOD

Tento projekt vznikl ve spolupráci rychlobruslařského oddílu Novis TEAM, který potřeboval znát přesnou délku rychlobruslařské dráhy. Přesné určení délky dráhy je zásadní pro efektivní plánování tréninku, protože umožňuje plně přizpůsobit tréninkové dávky výkonosti jednotlivých sportovců. Kromě zjištění délky dráhy bylo důležité vytvořit čáry, které jsou nezbytné pro pořádání závodů v souladu s platnými pravidly rychlobruslení. Měření sportovních drah je jednou disciplín v oblasti geodézie. Tento projekt se zaměřuje nejen na optimalizaci tréninkových podmínek pro sportovce, ale také k vytvoření zázemí pro oficiální závody.

Úkolem této Bakalářské práce je zaměření části sportoviště a jeho blízkého okolí ve Žďáru nad Sázavou v blízkosti zimního stadiónu. Výstupem práce je účelová mapa vytvořená dle ČSN 01 3410 a ČSN 01 3411. Byl vyhotoven i plán rychlobruslařské dráhy pro bruslaře, který může sloužit k vytyčení jednotlivých drah, a to rozjezdové vnitřní dráhy a dvou závodních drah, startovních čar jednotlivých distancí a cílové čáry, vše dle pravidel world skate.

První část práce popisuje předmětnou lokalitu a její rekognoskaci, použité technologie a metody měření, vybudování bodů pomocné měřičské sítě až po podrobné měření. Další část je věnována exportu dat, výpočtu a zpracování měření, testování přesnosti s pomocí kontrolního měření, vyhotovení účelové mapy dané lokality v měřítku 1:250 a sestrojení plánu sportoviště v měřítku 1:600.

# 1 LOKALITA

## 1.1 Město Žďár nad Sázavou

Žďár nad Sázavou je okresní město ležící na pomezí Čech a Moravy v oblasti Českomoravské vrchoviny. Historie města je spjata s cisterciáckým klášteřem založeným roku 1252, který sehrál klíčovou roli v jeho rozvoji. V roce 1607 získal Žďár status města a nová privilegia udělená kardinálem Františkem z Ditrichštejna. [1]

Ve druhé polovině 19. století se ve městě začal rozvíjet kulturní a společenský život, vznikly první průmyslové podniky a železniční spojení. Na počátku 20. století došlo k rozvoji obuvnického průmyslu a výstavbě veřejných budov jako byl např. Národní dům. [1]

Ve 20. století město prošlo průmyslovým rozvojem především s výstavbou Žďárských strojůren a sléváren. Po roce 1945 došlo k prudkému růstu počtu obyvatel a modernizace města, včetně přestavby historického jádra. [1]



Obrázek 1: Mapa města Žďár nad Sázavou [Zdroj: mapy.cz]

## 1.2 Rychlobruslařská dráha

V těsné blízkosti rychlobruslařské dráhy se nachází zimní stadión také známý jako stadión na Bouchalkách. Majitelem dráhy je město Žďár nad Sázavou, nicméně provozovatelem je příspěvková organizace SPORTIS. Tato organizace je poskytovatel kvalitního zázemí a podmínek pro sportovní a rekreační využití všech generací ve Žďáře nad Sázavou. [2]

Kromě sportu hostí ovál také různé kulturní akce, vystoupení a cirkusy. Každoročně se zde v květnu pořádá druhá největší pout' v České republice. V zimě se zde za příznivého počasí připravuje ledová plocha (viz obrázek 2) pro rychlobruslení i veřejné bruslení. Celá zaměřovaná lokalita má rozměr 1,8 ha. [3]



**Obrázek 2:** Rychlobruslařská dráha v zimních měsících [Zdroj: rychlobruslenizdar.cz]

## 2 PŘÍPRAVNÁ FÁZE

Tato část práce popisuje postup při přípravné fázi pro tvorbu účelové mapy. Přípravná fáze zahrnuje zejména rekognoskaci, přiblížení použitých přístrojů a vybavení, vybudování pomocné měřičské sítě a použité měřičské metody.

### 2.1 Rekognoskace terénu

Než se budeme věnovat detailům, je vhodné objasnit, co rozumíme pod pojmem rekognoskace. Rekognoskace vychází z latinského slova *recognoscere*, což znamená prohlédnout si řadu. V terminologickém slovníku VÚGTK je definovaná jako „*zjišťování stavu skutečností na místě, kde se mají konat geodetické práce v terénu*“. Při geodetických pracích a jejich plánování je nezbytné se s danou lokalitou seznámit, zjistit charakteristiku území, rozlišení druhů a hustoty zástavby v intravilánu, v extravilánu druh a způsob využití prostoru, způsoby využití pozemků, viditelnost na okolního terénu, sklonitost terénu a řadu další informací, které nám ovlivní volbu měřičské metody a polohu nových bodů. [4]



Obrázek 3: Část zaměřovaného území

### 2.2 Bodové pole

V České republice jsou pro účely geodetických prací zřízena a spravována tzv. bodová pole, která zajišťují jednotný referenční rámec pro měření. „*Soubory vytvářejí bodová pole, která se dělí podle účelu na polohové, výškové a tíhové bodové pole. Bod daného bodového pole může být současně i bodem jiného bodového pole.*“ [5]

Polohové bodové pole se dělí na základní polohové bodové pole (které je tvořeno body referenční sítě nultého řádu, body Astronomicko-geodetické sítě, body České trigonometrické sítě a body geodynamické sítě), zhušťovací body a podrobné polohové bodové pole. [5]

Výškové bodové pole obsahuje základní výškové bodové pole (které tvoří základní nivelační body a body České státní nivelační sítě I. až III. řádu) a podrobné výškové bodové pole (které tvoří nivelační síť IV. řádu, plošná nivelační síť a stabilizované body technické nivelace). [5]

Základní tíhové bodové pole zahrnuje absolutní tíhové body, body České gravimetrické sítě nultého řádu I. a II. řádu a body hlavní gravimetrické základny. [5]

Jednotlivé body jsou označeny číslem, popřípadě i názvem a příslušností k evidenční jednotce. Body jsou trvale stabilizovány stanovenými značkami dle vyhlášky 31/1995. U bodu jsou v případě potřeby zřízeny ochranná zařízení jako je například betonová skruž, ochranné tyče a výstražná tabule. Ochranná pásma jednotlivých bodů jsou označena tabulemi s nápisem „OCHRANNÉ PÁSMO GEODETICKÉHO BODU“. [5]

### **2.3 Rekognoskace bodového pole**

Revizi bodového pole chápeme jako nalezení, kontrolu a porovnání geodetických údajů jednotlivých bodů se skutečností. Jednotlivé geodetické údaje je možné si stáhnout na portále ČÚZK. Pomocí geoportálu ČÚZK byly zjištěny geodetické údaje a identifikovány body PPBP, které se nachází v blízkosti lokality a bylo by možné je při měření využít. Body 1698 a 1697 jsou rohy budov, nicméně při důkladné rekognoskaci bylo zjištěno, že obě budovy byli v nedávné době zatepleny, proto nebylo možné tyto body použít pro další měření. Bod 2301 měla být ocelová trubka s hlavou z plastu, ale ani po jeho vytyčení v terénu se bod nepodařilo najít. Měřičská síť byla tedy vybudována pomocí technologie GNSS.

### **2.4 Budování bodu pomocné měřičské sítě**

Body pomocné měřičské sítě byly budovány společně s bakalářskou prací Matěje Kalama, takže i když byly body číslovány od 4001, některé body nebyly při měření mé bakalářské práce využity, z toho důvodu v přehledném náčrtu PMS (pomocná měřičská síť) nejsou některá čísla bodů použita. Body byly voleny tak, aby bylo možné zaměřit celé lokality, z co nejmenšího počtu stanovisek. Byl kladen důraz na to, aby mezi jednotlivými body byla dobrá viditelnost a délky orientací splňovaly požadavky na měření. Všechny body byly dočasně stabilizovány měřičskými hřeby a dřevěnými kolíky, které byly následně zvýrazněny geodetickým sprejem viz obrázek 4.



Obrázek 4: Stabilizace bodů PMS

## 2.5 Použité pomůcky

Při měření byly využity následující pomůcky:

- Přijímač GNSS-RTK Trimble R6 + výtyčka (vč. 5417463209)
- Totální stanice Trimble M3-DR2“ (vč. D036441)
- Stativy
- Hranoly s trojnožkou
- Výtyčka s hranolem (konstanta hranolu -30 mm)
- Svinovací metr (2 m)
- Pásmo na vidlici (30 m x 12,5 mm)
- Kladivo
- Dřevěné kolíky
- Měřické hřeby
- Geodetický sprej

### Majetek výpůjčky

č.	Inv.č.	Výr.č.	Název	Popis	Cena	Poznámka	Místo
1			stativ zeiss velký		2500,-	-	B20
2			dvoumetr	kov		-	B205
3			kladivo Lobster	2000g černožluté	232,-	-	B205
4			pásmo na vidlici 30mx12,5mm	oranž.rukojeť	409,-	-	B205
5	k		Trojpodstavcová souprava-kufr Trimble	(šedá) třinožka, optický centrovač, hranol s krytkou	9790,-	-	B205
6	320578	D036441	Totální stanice Trimble M3-DR2“ (M3-01-2000)	(černá) 2xbaterie, nabíječka, stativ těžký, fleška, hranol, pláštěnka, USB kabel	141372,-	-	B205
7	318964	5417463209	ADMAS Přijímač GNSS-RTK Trimble R6 + výtyčka	(7 hnědá) GPS, antena, 2xbaterie, kontroler, nabíječka 2x, držák 2x, tužka		-	B205

Obrázek 5: Dokumentace výpůjčky z Ústavu geodzie [Zdroj: intranet.study.fce.vutbr.cz]

## 2.6 Aparatura GNSS-RTK Trimble R6

GNSS aparaturu tvoří přijímač, výtyčka a kontroler. Byla využita pro určování bodů pomocné měřické sítě při hlavním i kontrolním měření. Dále byla použita k vytyčení bodů Bodového pole.

Přijímač Trimble R6 obsahuje technologii R-Track, která kompenzuje výpadky nebo zhoršenou kvalitu RTK korekcí. Přijímač Trimble R6 využívá technologii se šesti čipy a 220 kanály Trimble Maxwell. [6]

Technické parametry GNSS aparatury Trimble R6 – RTK měření	
Polohová přesnost	8 mm + 1 ppm RMS (Root Mean Square)
Výšková přesnost	15 mm + 1 ppm RMS (Root Mean Square)

**Tabulka 1:** Technické parametry GNSS aparatury Trimble R6 [6]

## 2.7 Totální stanice Trimble M3-DR 2“

Totální stanice Trimble M3-DR 2“ byla využita k určení všech podrobných bodů a všech kontrolních bodů. Přístrojem byly měřeny šikmé délky, které byly následně při výpočtech převedeny na vodorovné. Spolu s délkami byly měřeny i vodorovné a zenitové úhly, které byly následně využity pro výpočet souřadnic.

Totální stanice obsahuje dálkoměr pro bezhranové měření, nekonečné jemné ustanovky, barevný a dotykový displej a alfanumerickou klávesnici. Ve stanici Trimble M3 je zabudovaná polní verze software Trimble Access, která je navržena tak, aby podporovala rutinní práce, jako je vytyčování, topografické měření, kontrolní měření atd. Souprava je v robustním a značně kompaktním pouzdře, což usnadňuje export v automobilu či dopravu na pracoviště. [7]

Technické parametry Totální stanice Trimble M3-DR2“	
Čas provozu	až 26 hodin
Pracovní teplota	-20 °C až 50 °C
Zaostření dalekohledu	30 ×
Přesnost úhlů	1“,2“/ 0,5 mgon
Dosah dálkoměru na hranol	1,5 m – 3000 m
Dosah dálkoměru na bezhranol	1,5 m – 500 m
Přesnost dálkoměru na hranol	$\pm(2 + 2 \text{ ppm} \times D)$ mm
Přesnost dálkoměru na bezhranol	$\pm(3 + 2 \text{ ppm} \times D)$ mm

Tabulka 2: Technické parametry Totální stanice Trimble M3-DRS“ [7]



Obrázek 6: Totální stanice Trimble M3-DR 2“

## 3 MĚŘIČSKÉ PRÁCE

Měření probíhalo po dobu přibližně jednoho týdne na konci července roku 2024, měřičské práce probíhaly ve spolupráci s kolegou Kalamenem, který v rámci své bakalářské práce zpravoval vedlejší lokalitu. Nejprve byla stabilizována a zaměřena pomocná měřičská síť, která byla navržena po předchozí rekognoskaci. Následně proběhlo zaměření polohopisu a výškopisu vyhovujícími metodami. V poslední fázi měřičských prací proběhlo kontrolní zaměření vybraných bodů tak, aby odpovídalo ČSN 01 3410.

### 3.1 Použité měřičské metody

V této části práce jsou popsány způsoby použité pro tvorbu výsledné účelové mapy. V mém případě byly použity metody GNSS-RTK a prostorová polární metoda.

#### 3.1.1 Technologie GNSS

GNSS (Global Navigation Satellite System – Globální družicový polohový systém) je služba, která nám napomáhá určit polohu a orientaci na zemském povrchu za pomoci družicových signálů. V geodézii se hojně využívá pro tvorbu vlastní měřičské sítě a pro podrobné měření. V zastavěných oblastech je signál rušen vlivem okolního prostředí (tzv. multipath). Tento vliv můžeme zmírnit tím, že přijímač bude mít nerušený výhled na oblohu. [8]

GNSS je technologie, která vznikla v roce 1973, principiálně se od jejího vzniku nezměnila, pouze se technicky vylepšuje. Původně byla technologie GNSS využívána americkou armádou např. pro navádění zbraní, lodí, letadel a vojáků na cíl. V dnešní době je využívána velikou škálou oborů. [8]

Jedná se o dálkoměrný systém, kdy družice vysílají navigační zprávu obsahující své označení, parametry drah družice (efemeridy) a čas vyslání. Přijímač, jehož poloha má být určena, musí zachytit signály alespoň ze čtyř různých družic. Na základě rozdílu mezi časem vyslání signálu z družic a jeho přijetím přijímačem lze vypočítat vzdálenost mezi nimi, což ve spojení se známou polohou družic vytváří kulovou plochu. Průsečík těchto kulových ploch určuje polohu přijímače – tedy jeho souřadnice X, Y, Z. Teoreticky by stačily tři družice, avšak vzhledem k nedostatečné přesnosti hodin v přijímači je nutné zavést čtvrtou neznámou – opravu času přijímače. Z geodetického hlediska se tento úkon označuje jako prostorové protínání z délek. Přesnost výsledku se s počtem zachycených družicových signálů zvyšuje. [8]

### 3.1.1.1 Metoda RTK

Jedná se o relativní metodu měření. V základní konfiguraci se měřicí aparatura skládá z přijímače po dobu měření umístěného na bodě o známých souřadnicích tzv. „base,“ a z přijímače, který se v čase měření nachází na určovaném, potažmo vytyčovaném bodě tzv. „rover“. Měření se počítá v reálném čase, proto musí být mezi base a rover permanentní datové spojení jako je trvalé připojení na internet prostřednictvím GSM. V případě potřeby může být base nahrazen sítí virtuálních stanic, poté měření probíhá jen s jedním přijímačem s trvalým připojením na internet z důvodů poskytování korekcí. Toto je v dnešní době nejpoužívanější GNSS metoda v geodézii. [8]



**Obrázek 7:** Aparatura GNSS-RTK Trimble R6 při měření metodou RTK [autor: Matej Kalamen]

### 3.1.2 Prostorová polární metoda

Prostorová polární metoda je v moderní geodézii základem všech geodetických měření od nástupu elektrických dálkoměrů. Pro její použití je zapotřebí, aby v mapovaném území byla vybudována pomocná měřičská síť, která nám umožní podrobné měření. [9]

Základním principem polární metody je měření šikmých délek od stanoviska, vodorovných úhlů (slouží pro určení směrníku) a zenitových úhlů na zaměřované body. Výpočet souřadnic X, Y probíhá za pomoci směrníku, který však nelze přímo měřit, proto se měří vodorovný úhel od známého bodu (orientace). [9]

Ze souřadnic daných bodů (stanovisko, orientace) a měřeného vodorovného úhlu jsme schopni za pomoci základních goniometrických funkcí vypočítat potřebný směrnik a pomocí tohoto směrniku dopočítáme i souřadnice určovaného bodu. [9]

Ke správnému určení výšky měřeného bodu je potřeba znát výšku přístroje a výšku cíle, protože přístroj i cíl stojí nad bodem. Následně se změří šikmá délka a zenitový úhel ze kterých se za pomoci základních trigonometrických vztahů vypočte převýšení, které se přičte k výšce stanoviska. Takto získáme výšku měřeného bodu. [9]

### **3.2 Pomocná měřičská síť**

Pomocná měřičská síť byla zřízena před zahájením podrobného měření. Její zaměření bylo provedeno pomocí technologie GNSS metodou RTK, kde byla využita síť referenčních stanic CZEPOS, která obsahuje 28 permanentních stanic rovnoměrně rozmístěných po celém území České republiky. Při měření technologií GNSS byly dodrženy všechny technické požadavky dané vyhláškou č. 31/1995 Sb., příloha 9. [10] [5]

### **3.3 Podrobné měření**

Podrobné body byly měřeny převážně pomocí prostorové polární metody. Přístroj se patřičně zcentruje a zhorizontuje na potřebný bod PMS, následně se do totální stanice nastaví aktuální teplota a tlak, takzvané fyzikální redukce. Před započtením samotného měření byla určena výška přístroje a výška cíle (v našem případě výška hranolu na výtyčce). Jednotlivé orientace z každého stanoviska byly měřeny na hranol a zároveň byla orientace provedena na minimálně dva body PMS. V průběhu celého měření je nezbytné průběžně kontrolovat nastavení konstanty hranolu a výšku cíle. Pro ověření správnosti a homogenity celého měření byl z každého stanoviska zaměřen alespoň jeden identický bod. V průběhu celého měření byly použito kódování jednotlivých bodů, tudíž nebyly vyhotovovány náčrty.

Hustota podrobných bodů byla volena tak, aby od sebe nebyly vzdáleny více jak 2 cm – 3 cm v měřítku mapy. Jelikož jsem mapu vyhotovoval v měřítku 1:250, tak vzdálenost jednotlivých bodů byla 5 m – 7,5 m ve skutečnosti. Všechny budovy, vstupy a rozvaděče inženýrských sítí (PRIS) byly ještě odměřeny pásmem a dvoumetrem, aby byly známy jejich skutečné rozměry. Hlavním cílem podrobného měření bylo zmapování rychlobruslařského oválu, avšak součástí podrobného měření byly pozice okolních budov, vstupy do objektů, rozhraní cest a chodníků, ploty, stromy, rozhraní kultur, prvky terénní kostry, povrchové znaky inženýrských sítí, sloupy, rozvodné skříně, dopravní značky aj.

### 3.4 Kontrolní měření

Po ukončení podrobného měření proběhlo kontrolní měření, které se provádí za účelem testování přesnosti, což slouží k určení polohové a výškové přesnosti výsledné mapy. Dosažená přesnost souřadnic měřených v podrobném měření se ověří nezávislým kontrolním zaměřením a výpočtem souřadnic výběru podrobných bodů a jejich porovnání s výslednými souřadnicemi musí odpovídat 2. třídě přesnosti. Takovéto body musí být v terénu jednoznačně identifikovatelné, musí tvořit reprezentační výběr, být rozmístěny po celé lokalitě, ale neměly by se nacházet v bezprostřední blízkosti bodů PMS. Jinou možností kontrolního měření je zaměření délek přímých spojnic mezi vybranými podrobnými body a porovnání této hodnoty s délkou vypočtenou ze souřadnic. Rozsah reprezentačního výběru musí být alespoň 100 bodů nebo nejméně 100 dvojic bodů v případě kontrolního zaměření délek dle ČSN 01 3410. [11]

Pro kontrolní měření se volí stejné metody jako při podrobném měření. Technologií GNSS metodou RTK byla nezávisle přeuračena pomocná měřičská síť dvakrát nezávisle minimálně s hodinovým odstupem. Byly využity stabilizace z předchozího měření. Předem bylo vybráno a následně zaměřeno 166 jednoznačně identifikovatelných bodů v terénu, při měření bylo těmto bodům přiřazeno stejné číslo jako při podrobném měření. V mém případě byla většina část kontrolních bodů volena na rychlobruslařské dráze, jelikož ve zbytku lokality nebylo snadné najít jednoznačně identifikovatelné body. [11]

## 4 VÝPOČETNÍ FÁZE

Po ukončení všech měřičských prací byla naměřená data vyexportována z kontrolerů a přesunuta do počítače. Byl vyexportován měřičský zázpisník ve formátu \*.asc, dále byl stažen protokol určení bodů technologií GNSS ve formátu \*.doc a protokol GNSS měření \*.txt. Všechny zakázky byli vyexportovány ve formátu \*.job. Všechny zázpisníky jsou součástí přílohy. Výpočetní práce probíhaly ve výpočetním softwaru Groma 13.1.

### 4.1 Zpracování naměřených dat

Před výpočtem je zapotřebí nastavit optimální zpracování naměřených hodnot v softwaru Groma. Počet desetinných míst u souřadnic a výšek byl nastaven na tři.

Měřitkový koeficient, který slouží pro korekci měřených délek o kartografické zobrazení a korekci z nadmořské výšky, byl určen na základě souřadnic bodu PMS 4004 a nastaven na 0.999813375452 (-18,7 mm/100 m) na kartě „Výpočet zkreslení z Křovákova zobrazení“ (viz Obrázek 8).

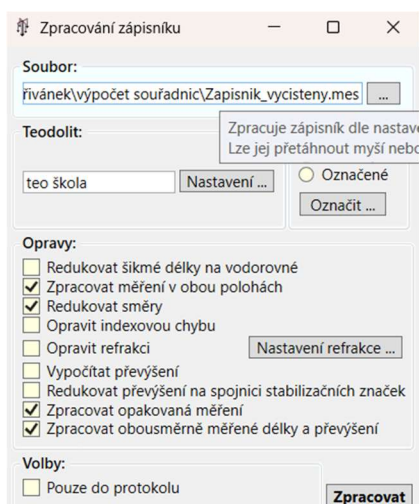
Pravoúhlé souřadnice:		Polární souřadnice:	
Y:	641 520.795	Ro:	1285378.408 m
X:	1 113 844.119	Epsilon:	29.93987924 °
Z:	565.434	Kartografické souřadnice:	
		Šířka:	78.61369762 °
		Délka:	30.55324465 °
Volby:			
<input checked="" type="checkbox"/>	Oprava z kartografického zkreslení:	0.999901975160	
<input checked="" type="checkbox"/>	Oprava z nadmořské výšky:	0.999911391606	
Výsledný měřitkový koeficient:		0.999813375452	
Název koeficientu:			
		Nastavit	Vypočet

Obrázek 8: Výpočet měřitkového koeficientu

V průběhu výpočetních prací se hodnota měřitkového koeficientu mírně lišila, protože nebyla vždy vypočtena ze stejného bodu, ale z různých bodů v rámci dané lokality. Tyto rozdíly jsou však zanedbatelné, neboť výsledné zkreslení na vzdálenost 100 m zůstalo konstantní - 18,7 mm, a nemělo tak vliv na přesnost určených souřadnic a výšek.

Dále bylo zapotřebí nastavit druh měřených délek na šikmé. Toto nastavení způsobí, že se měřené délky při importu automaticky převedou na vodorovné za pomoci měřeného zenitového úhlu a zároveň se opraví o korekce z kartografického zobrazení a nadmořské výšky pomocí měřítkového koeficientu.

Pro import zápisníku bylo zapotřebí nastavit, aby se zpracovaly pouze oboustranně měřené délky a převýšení, měření ve dvou polohách, redukované směry a zpracování opakovaného měření (viz Obrázek 9). Ostatní možnosti nebyly, nebo nemohly být pro zpracování zápisníku použity.



Obrázek 9: Zpracování zápisníku

## 4.2 Vyrovnání bodů pomocné měřičské sítě

Vyrovnání bodů PMS lze provést dvěma způsoby, a to vypočítat jako volnou síť nebo vázanou síť. V případě vázané sítě jsou zachovány souřadnice bodů, které jsou tzv. dané, jejich souřadnice se nemění a vypočítají se pouze souřadnice bodů nových. Druhý případ je vyrovnání bodů volné sítě, který byl použit v mém měření. Výhodou této metody je, že volná síť není geometricky ani rozměrově vázaná na žádný existující souřadnicový rámec, a proto se často používá pro práce, pro které nevyhovují již existující geodetické sítě, a které je potřeba zpřesnit. Všechny souřadnice bodů ve vyrovnání musíme tedy považovat za přibližné a vyrovnáním dochází k nalezení jejich nejpravděpodobnější hodnoty. Je zapotřebí správné nastavení vah měřených veličin, aby nedošlo k deformaci výsledné sítě. Vyrovnání sítě bylo provedeno společně s bakalářskou prací Mateje Kalamena. Výpočet probíhal v softwaru Groma 13.1 a to jak pro hlavní PMS, tak i pro kontrolní PMS. [14] [15]

Jelikož volná síť obsahuje pouze přibližné souřadnice bodů, neznáme její orientaci v prostoru, a tím pádem je matice normálových rovnic singulární. Pro získání jednoznačného řešení je zapotřebí výpočet rozšířit o podmínky, které nám pomohou určit polohu a orientaci sítě v prostoru (bude popsáno dále). Při měření volné sítě dochází k nadbytečným měřením, je tzv. přeurčená, používá se pro její výpočet metoda nejmenších čtverců. Princip metody spočívá v nalezení nejpravděpodobnějšího řešení, které vyhází z normálního rozdělení oprav. Z tohoto předpokladu vychází i matematický vztah (5.1). [14] [15]

$$\sum_{i=1}^n p_i v_i^2 = \min \quad (5.1)$$

V tomto vztahu představují  $v_i$  opravy jednotlivých měřených veličin a  $p_i$  jejich váhy. Tyto váhy jsou určeny na základě přesností použitých přístrojů uváděných výrobcem a následně se určí přesnosti měřených veličin pomocí zákona přenášení středních chyb. [14] [15]

Při vyrovnání volné sítě nemáme žádný pevný parametr, a proto je nutné model doplnit o podmínky zajišťující jednoznačné řešení. Tyto podmínky vycházejí z podobnostní transformace při připojování bodů do souřadnicového systému. Není však nutné zahrnout všechny body — počet a výběr podmínek závisí na konkrétní úloze, přičemž je důležité mít jasné důvody, proč některé body jako připojovací nepoužijeme. [14] [15]

Výsledná normálová rovnice (5.2):

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A^T P_u A & G^T \\ G & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} h \\ K \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} A^T P_u l \\ 0 \end{pmatrix} \quad (5.2)$$

Vektor řešení:

$$\begin{pmatrix} h \\ K \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A^T P_u A & G^T \\ G & 0 \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} A^T P_u l \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M & M_1^T \\ M_1 & M_2 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} A^T P_u l \\ 0 \end{pmatrix} \quad (5.3)$$

Kde:

- Matice A je matice plánu zprostředkujících parametrů
- P je matice vah
- G je matice plánů podmínkových parametrů
- $l$  je vektor absolutních členů
- $h$  vektor přírůstků neznámých
- $K$  je vektor Lagrangeových korelát

Jednou ze základních charakteristik přesnosti celého vyrovnání je aposteriorní střední chyba, jenž je definovaná jako

$$m_0 = \sqrt{\frac{v^T P_u v}{n-k+p}}, \quad (5.3)$$

kde  $n$  označuje počet odpovídajících měřených veličin,  $k$  je počet nezbytných (nutných) veličin

a  $p$  představuje počet podmínek, které definují konfiguraci sítě. Na základě této střední chyby lze dále stanovit střední chyby jednotlivých složek, jako jsou chyby původních měření, vyrovnaných hodnot nebo odvozených veličin. Ke stanovení středních chyb neznámých veličin slouží vztahy uvedené ve vzorcích (5.4) a (5.5). [14] [15]

$$m_{x_i} = m_0 \cdot \sqrt{Q_{xx_{ii}}} \quad (5.4)$$

$$Q_{xx} = N^{-1} \quad (5.5)$$

Vyrovnaní sítě bylo provedeno v programu Groma 13.1. Síť byla vyrovnaná jako volná, nelze však předpokládat, že přesnost všech bodů bude stejná. Tu může ovlivnit zejména přesnost přibližných souřadnic získaných pomocí GNSS technologie a také počet měření z daného bodu i počet měření na daný bod.

Z tohoto důvodu byly při hlavním měření body 4004, 4006 a 4012 nastaveny jako tzv. „Helmert“, který zajistí, že budou použity jako připojovací, ostatní body zůstaly jako volné. Při kontrolním měření byly jako „Helmert“ zvoleny body 4004 a 4014.

### 4.3 Výpočet podrobných bodů

Výpočet podrobných bodů proběhl v geodetickém softwaru Groma 13.1. V prvním kroku bylo zapotřebí zkontrolovat základní nastavení programu, jako je počet desetinných míst, tolerance, předčíslení bodů a formáty vstupních a výstupních souborů. Následně byly do programu načteny body PMS, které se vyrovnaly a na základě jejich souřadnic byl určen měřítkový koeficient. Po importu zápisníků došlo k jejich okamžitému zpracování.

K výpočtu souřadnic a výšek byla využita funkce polární metoda dávkou. V průběhu výpočetních prací byla věnována zvýšená pozornost opravám měřených směrů a délek, převýšení na orientačních bodech a odchylky na identických bodech. Vícenásobné určení souřadnic identických bodů (identické body, tj. body měřené z více různých stanovisek), bylo určeno jako průměr. Průběh výpočtu je znázorněn v protokolu, který je jako jedna z příloh k práci.

Výsledkem výpočtu byly souřadnice podrobných bodů v souřadnicovém systému S-JTSK a jejich výšky v systému Bpv. Po spočtení všech měření byly exportovány seznamy souřadnic podrobných bodů a bodů PMS do formátu \*.txt, vytvořené seznamy souřadnic se nachází v přílohách.

Stejný postup výpočetních prací byl zvolen i pro výpočet kontrolních bodů.

### 4.4 Výpočet bodů pro plán rychlobruslařské dráhy

Pro zachování rozměrů rychlobruslařské dráhy bylo nutné vytvoření místního polohového souřadnicového systému, aby zůstaly zachovány naměřené délky a směry. Počátek souřadnicového systému byl zvolen v bodě 4004. Výškový systém plánu byl ponechán na Bpv. Celý rychlobruslařský ovál by změřen pouze z jednoho stanoviska, a to z bodu 4004, což celou výpočetní práci poměrně usnadnilo. Z podrobného měření pro účelovou mapu byla převzata pouze ta měření, která byla nezbytná k vyhotovení plánu rychlobruslařské dráhy.

Pro výpočet byly převzaty vyrovnané souřadnice a výšky bodů PMS z hlavního měření. Výpočet podrobných bodů proběhl obdobně jako u účelové mapy, akorát s tím rozdílem, že měřítkový koeficient byl nastaven na 1.000000, tudíž při importu nedošlo k redukci měřených délek. Ostatní kroky výpočtu zůstaly zachovány.

## 5 TESTOVÁNÍ PŘESNOSTI

Přesnost výsledné účelové mapy a plánu se odvíjí od přesnosti souřadnic a výšek podrobných bodů a bodů PMS. Přesnost samotné mapy se vyjádří pomocí kritérií přesnosti a charakteristiky přesnosti. Dosažená přesnost se testuje na základě porovnání souřadnic a výšek hlavního a kontrolního měření s danými kritérii přesnosti. Požadavky na přesnost mapy jsou dány ve třídě přesnosti 1 až 5. Polohopis a výškopis mohou mít rozdílnou třídu přesnosti. Hladina významnosti pro testování výsledků účelových map je  $\alpha = 5\%$ . Testovány jsou vždy dvojice souřadnic a výšek jednoznačně identifikovatelných bodů z hlavního a kontrolního měření. [11]

Třída přesnosti	$u_{XY}$ [m]	$u_H$ [m]	$u_V$ [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

Tabulka 3: Kritéria přesnosti [11]

Kde  $u_{XY}$  je kritérium přesnosti pro polohové souřadnice,  $u_H$  je kritérium pro výška a  $u_V$  je kritérium pro výšky odečtené z vrstevnic. Zadaná třída přesnosti byla zadáním stanovena na 2. třídu přesnosti podle ČSN 01 3410. Všechny body splňovaly 2. třídu přesnosti, dokonce většina dokonce i 1. třídu přesnosti. celý výpočet je přiložen v přílohách. [11]

### 5.1 Testování polohové přesnosti

Pro testování polohových souřadnic je zapotřebí nejprve určit rozdíly souřadnic X a Y jednotlivých podrobných bodů podle vzorců (6.1) a (6.2)

$$\Delta X = X_m - X_k, \quad (6.1)$$

$$\Delta Y = Y_m - Y_k, \quad (6.2)$$

kde  $X_m$  a  $Y_m$  jsou výsledky polohové souřadnice bodů a  $X_k$  a  $Y_k$  jsou souřadnice toho samého bodu určeného kontrolním měřením. Dále bylo zapotřebí určit výběrovou směrodatnou odchylku pomocí směrodatných odchylek  $S_x$  a  $S_y$  danými vzorci (6.3) a (6.4)

$$S_X = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{j=1}^N \Delta X_j^2}, \quad (6.3)$$

$$S_Y = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{j=1}^N \Delta Y_j^2}, \quad (6.4)$$

kde  $k$  je koeficient, který může mít hodnoty 1 nebo 2, v závislosti na přesnosti kontrolního měření polohopisu. Pokud má kontrolní měření stejnou přesnost  $k$  bude mít hodnotu 2, pakliže bude přesnost kontrolního měření významně větší než hlavního měření, bude  $k$  mít hodnotu 1.

Dále vypočteme výběrovou směrodatnou souřadnicovou odchylku  $S_{XY}$  a polohové odchylky  $\Delta p_i$  dle vztahu (6.5) a (6.6).

$$S_{XY} = \sqrt{\frac{s_X^2 + s_Y^2}{2}} \quad (6.5)$$

$$\Delta p_i = \sqrt{\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2} \quad (6.6)$$

Jestliže jsou splněny následující podmínky můžeme říct, že výsledná polohová přesnost vyhovuje dané třídě přesnosti.

$$S_{XY} \leq \omega_{2N} v_{XY} \quad (6.7)$$

$$|\Delta p_i| \leq 1,7 u_{XY} \quad (6.8)$$

Kde koeficient  $\omega_{2N}$  je při hladině významnosti  $\alpha = 5\%$  roven 1,1 pro výběrový rozsah  $N$  od 100 do 300 bodů a  $u_{XY}$  je příslušné kritérium přesnosti.

## 5.2 Testování výškové přesnosti

Při testování výšek  $H$  je zapotřebí nejprve vypočítat výškový rozdíl  $\Delta H$ , kde bude  $H_m$  výška podrobného bodu z hlavního měření a  $H_k$  je kontrolně zaměřená výška stejného podrobného bodu.

$$\Delta H_i = H_m - H_k \quad (6.9)$$

Výběrová směrodatná výšková odchylka  $S_H$  se vypočte pomocí následujícího vztahu

$$S_H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \Delta H_j^2}{kN}}, \quad (6.10)$$

kde  $N$  je počet bodů v souboru, který je testován. Koeficient má hodnotu  $k = 2$ , protože testování přesnosti výšek bylo změřeno se stejnou přesností jako bylo zaměřeno hlavní měření.

Jestliže jsou splněny následující podmínky můžeme prohlásit, že výsledná výšková přesnost vyhovuje dané třídě přesnosti.

$$|\Delta H| \leq 2u_h\sqrt{k} \quad (6.11)$$

$$S_H \leq \omega_N \cdot u_H \quad (6.12)$$

*(platí pouze pro zpevněný terén)*

Kde  $u_H$  je příslušné kritérium přesnosti z tabulky 3,  $\omega_N$  pro  $N$  od 80 do 500 bodů na hladině významnosti  $\alpha = 5 \%$  je roven 1,1. Testovaný soubor splňoval výškově 2. třídu přesnosti.

## 6 GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ

Grafické zpracování a jednotlivé výstupy byly zpracovány v programu MicroStation Connect edition v pracovním toku ÚM se základacím výkresem Multiscale. Některé části výstupů byly zpracovány v nadstavbě MGEO. Ačkoliv základací výkresy nejsou pro práci v programu MicroStation Connect edition nezbytné, jejich využití výrazně usnadňuje proces zpracování výkresu. Uživatel díky nim nemusí výkres ručně přenastavovat, například co se týče délkových jednotek (metry) nebo úhlových jednotek (grady), jelikož jsou tyto parametry již přednastaveny podle potřeby. Při prvním otevření výkresu byla tato nastavení ověřena a potvrzena jako správná. Do výkresu byla následně připojena knihovna buněk (příloha 02.1\_MultiScale.cel) a knihovna druhů čar (příloha 02.2\_MultiScale.rsc), pomocí nichž byla vytvořena polohopisná i výškopisná část účelové mapy. Výkres byl vyhotoven v měřítku 1:250.

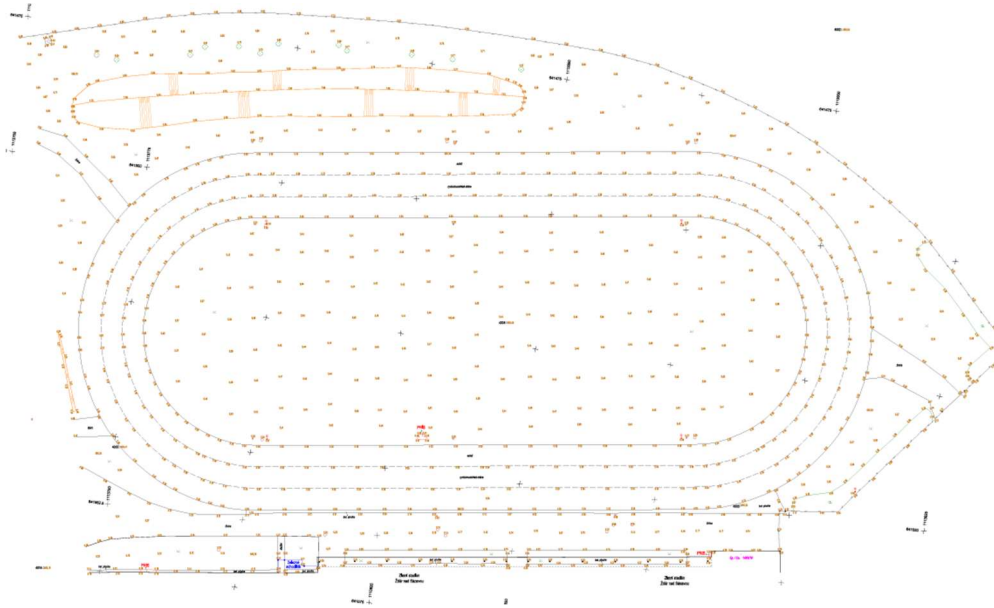
### 6.1 Tvorba účelové mapy

Účelová mapa byla vyhotovena v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv. Měřítko účelové mapy bylo zadáno na 1:250. Výkres byl založen v programu MicroStation Connect edition ve formátu \*.dgn. Za pomoci nadstavby Groma byly do výkresu naimportovány souřadnice a výšky podrobných bodů a bodů PMS, jejich čísla a kódy.

Po správném importu souřadnic bodů, bylo potřebné nejdříve nakreslit všechny liniové prvky, jako jsou ploty, cesty, chodníky, rozhraní druhů povrchů, terénní hrany, ale zejména zvýšená pozornost byla věnována samotné rychlobruslařské dráze. Následně byly do kresby umístěny všechny potřebné mapové značky, například stromů, lamp, kanálů, vpustí, sloupů, značek druhů pozemků apod. Po vytvoření liniových prvků a mapových značek se do kresby umístily popisové prvky, to jsou zejména popisy druhů povrchů, popisy budov, popisy objektů apod.

Výškopis je v mapě vyjádřen výškopisnými kótami a technickými šrafy. V mapě se nevykytují vrstevnice, jelikož lokalita se nachází téměř na rovině, tudíž neměly dostatečnou vypovídací hodnotu kvůli malé členitosti terénu. Výškové kóty byly zaokrouhleny na centimetry na zpevněném povrchu a na decimetry na povrchu nezpevněném. Pro zachování přehlednosti byly téměř všech výškové kóty při importu zredukovány o stovky a desítky, například výška 565,34 m se v mapě zobrazí jako 5,34 m.

Pomocí nadstavby MGEO byly vytvořeny průsečíky sítě pravoúhlých souřadnic, rohy mapových listů a okrajová náčrt se zobrazením mapových listů. Výsledná mapa je uložena jak ve formátu \*.dgn, tak ve formátu \*.pdf. V papírové formě má mapa rozměry 960 x 560 mm.

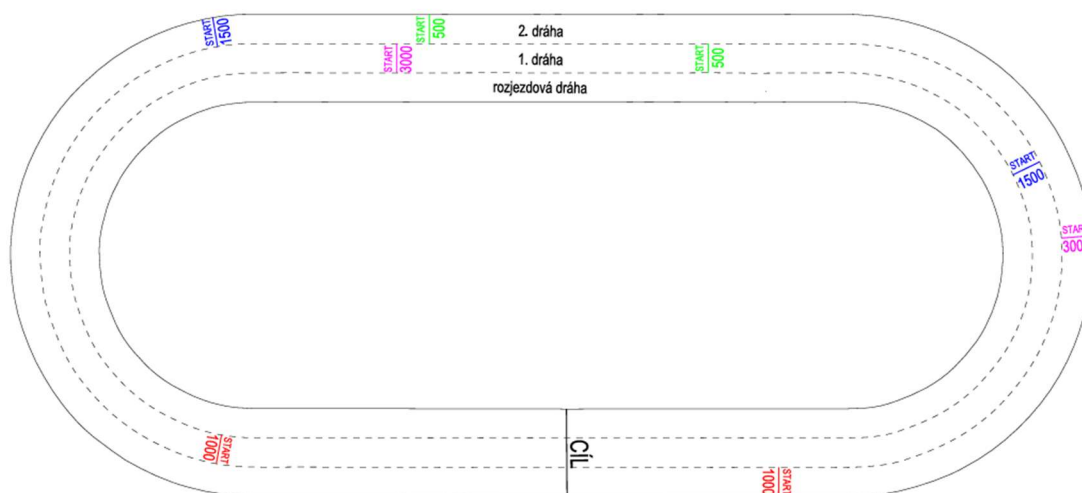


Obrázek 10: Ukázka výsledné účelová mapa

## 6.2 Tvorba plánu rychlobruslařské dráhy

Samotný plán má sloužit pro optimalizaci tréninku pro sportovce, tudíž plán je vytvořen podle pravidel rychlobruslení, není to však podklad, který by měl sloužit k závodním účelům. První vnitřní dráha je rozjezdová, její poloměr v zatáčce je nejmenší, tudíž neslouží k samotným tréninkovým úsekům, ale k zahřátí a rozbruslení. V ostatních drahách, to je 2. a 3. dráha, byly navrženy pozice startovních čar pro tratě 500 m, 1000 m, 1500 m a 3000 m, které mají společnou cílovou čáru.

Zpracování začalo stejně jak při tvorbě účelové mapy. Byl vytvořen nový výkres, kde byla použita pracovní sada Multiscale. Do výkresu byly naimportovány podrobné body, které byly spojeny liniovými prvky. Následně byli vypočteny a nakresli čáry startů jednotlivých distancí v obou drahách dle platných rychlobruslařských pravidel. Následně byli doplněny výškové kóty, aby pomohly znázornit nerovnosti povrchu dráhy. Dále došlo k popisu jednotlivých čar, tak aby bylo jasné, jak se daná distance jezdí (respektive kolik kol je zapotřebí ujet k dosažení potřebné distance). Byl vytvořen i tiskový arch.



**Obrázek 11:** Ukázka plánu rychlobruslařské dráhy

## 7 ZÁVĚR

Úkolem této Bakalářské práce bylo zaměření části sportoviště, zejména rychlobruslařské dráhy a jejího blízkého okolí ve Žďáru nad Sázavou. Jako hlavní výstup byla vytvořena účelová mapa dle ČSN 01 3410 a ČSN 01 3411. Dále byl vytvořen plán rychlobruslařské dráhy, který obsahuje jednotlivé starty a cíl vhodných distancí, které slouží k optimalizaci tréninku jednotlivých sportovců.

Nejprve byla provedena rekognoskace celého území, včetně bodů bodového pole. Vybudována byla pomocná měřická síť pomocí technologie GNSS metodou RTK. Takto byly zjištěny souřadnice a výšky bodů pomocné měřické sítě, které se následně vyrovnaly. Podrobné body byly určeny za pomoci prostorové polární metody (celá práce čítala přibližně 1100 podrobných bodů), jejich souřadnice byly následně testovány podle ČSN 01 3410, kde se zjistilo, že účelová mapa splňuje 2. třídu přesnosti.

Výpočetní část pro oba hlavní výstupy, účelovou mapu a plán, probíhaly v geodetickém programu Groma. Lišily se mezi sebou jen v tom, že při výpočtu účelové mapy docházelo ke zkreslení délek, u výpočtu plánu zůstaly měřené délky zachovány.

Grafické zpracování probíhalo v MicroStation Connect edition s pracovní sadou Multi-scale. Vznikla zde grafická účelová mapa v měřítku 1:250, která je hlavním výstupem celé práce. Tato mapa vznikala společně s účelovou mapou pana Mateje Kalamena. Je vytvořena v souřadnicovém systému S-JTSK a ve výškovém systému Bpv. Dalším výstupem je plán rychlobruslařské dráhy, zachycující skutečnou délku jednotlivých drah.

Výstupy této práce budou předány zástupcům oddílu Novis TEAM, pro který bylo mapování primárně realizováno. Zároveň byly podklady poskytnuty i pracovníkům městského úřadu ve Žďáru nad Sázavou, kteří nás během terénních prací požádali o zpřístupnění výsledků, jelikož v dané lokalitě je plánována rekonstrukce a výstupy mohou sloužit jako vhodný geodetický podklad pro projektové a stavební účely. Vzhledem k rozsahu celého zájmového území bylo rozhodnuto rozdělit mapování mezi dvě samostatné bakalářské práce. Jedna část území byla zpracována mnou, druhá kolegou Kalamenem. Obě mapy na sebe plynule navazují, což umožňuje jejich využití jako celistvého a uceleného výstupu.

## 8 POUŽITÉ ZDROJE

- [1] Město a jeho historie [online] zdarns.cz [2025-03-02] Dostupné z: <https://www.zdarns.cz/mesto-zdar/mesto-a-jeho-historie>
- [2] Plán rozvoje sportu ZSN [online] zdarns.cz [2025-03-02] Dostupné z: <https://www.zdarns.cz/media/files/strategie-rozvoje/dokumenty/plan-rozvoje-sportu-zns.pdf>
- [3] Rychlobruslařský ovál [online] sportiszdar.cz [2025-03-02] Dostupné z: <https://www.sportiszdar.cz/rychlobruslarsky-oval>
- [4] VÚGKT. *Terminologický slovník zeměměřičství a katastru nemovitostí* [online] slovníkuzak.eu [2025-03-12] Dostupné z: <https://www.slovníkuzak.eu/termin.php?&tid=4534&l=rekognoskace-terenu>
- [5] Vyhláška 31/1995 Sb. která se provádí zákonem 200/1994 Sb. o zeměměřičství a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ze den 01.07. 2023
- [6] TRIMBLE R6 GNSS SYTÉM [Online] geoobchod.cz [2025-03-25] Dostupné z: [https://www.geoobchod.cz/resources/products\\_documents/1382085131\\_trimble\\_r6\\_gnss\\_cz.pdf](https://www.geoobchod.cz/resources/products_documents/1382085131_trimble_r6_gnss_cz.pdf)
- [7] TOTÁLNÍ STANICE TRIMBLE M3 [Online] geotronics.cz [2025-03-25] Dostupné z: [https://geotronics.cz/wp-content/uploads/2016/05/022543-155J-CZE\\_TrimbleM3\\_DS\\_A4\\_0414\\_LR-00000002.pdf](https://geotronics.cz/wp-content/uploads/2016/05/022543-155J-CZE_TrimbleM3_DS_A4_0414_LR-00000002.pdf)
- [8] ŠTOREK, Martin: Globální navigační satelitní systémy (GNSS) [Online] k154.fsv.cvut.cz [2025-03-29] Dostupné z: [https://k154.fsv.cvut.cz/wp-content/uploads/2022/01/GNSS\\_obs.pdf](https://k154.fsv.cvut.cz/wp-content/uploads/2022/01/GNSS_obs.pdf)
- [9] Měření při účelovém mapování a dokumentaci skutečného provedení stavby [Online] k154.fsv.cvut.cz [2025-04-06] Dostupné z: [https://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/GEY2/pred\\_5\\_Metrologie\\_Ucelove\\_mapovani.pdf](https://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/GEY2/pred_5_Metrologie_Ucelove_mapovani.pdf)
- [10] Specifikace permanentních stanic CZEPOS [Online] czeapos.cuzk.gov.cz [2025-04-06] Dostupné z: [https://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/GEY2/pred\\_5\\_Metrologie\\_Ucelove\\_mapovani.pdf](https://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/GEY2/pred_5_Metrologie_Ucelove_mapovani.pdf)
- [11] ČSN 01 3410. Mapy velkých měřítek: Základní a účelové mapy. Praha: Vydavatelství norm, 2014.
- [14] JANDOUREK, Jan a Jan RATIBORSKÝ, 1995. Geodézie VI: způsoby vyrovnání účelových geodetických sítí v E2 a v E3. Praha: České vysoké učení technické.
- [15] Teorie chyb a vyrovnávací počet 1 [Online] k154.fsv.cvut.cz [2025-04-16] Dostupné z: [https://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/TCH1/tch\\_pred\\_A.pdf](https://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/TCH1/tch_pred_A.pdf)

## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

PMS	Pomocná měřičská síť
Bpv	Balt po vyrovnání
S-JTSK	Jednotná trigonometrická síť katastrální
GNSS	Global navigation satellite system
RTK	Real Time Kinematic
ppm	Parts per milion
ČSN	Česká státní norma
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
PPBP	Podrobné polohové bodové pole
PRIS	Podružný rozvaděč inženýrské sítě
GSM	Groupe Spécial Mobile

## 10 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

### 10.1 Seznam obrázků

<b>Obrázek 1:</b> Mapa města Žďár nad Sázavou [Zdroj: mapy.cz].....	10
<b>Obrázek 2:</b> Rychlobruslařská dráha v zimních měsících [Zdroj: rychlobruslenizdar.cz].....	11
<b>Obrázek 3:</b> Část zaměřovaného území.....	12
<b>Obrázek 4:</b> Stabilizace bodů PMS .....	14
<b>Obrázek 5:</b> Dokumentace výpůjčky z Ústavu geodzie [Zdroj: intranet.study.fce.vutbr.cz] ....	14
<b>Obrázek 6:</b> Totální stanice Trimble M3-DR 2“ .....	16
<b>Obrázek 7:</b> Aparatura GNSS-RTK Trimble R6 při měření metodou RTK [autor: Matej Kalamen] .....	18
<b>Obrázek 8:</b> Vypočet měřítkového koeficientu .....	21
<b>Obrázek 9:</b> Zpracování zápisníku .....	22
<b>Obrázek 10:</b> Ukázka výsledné účelové mapa .....	30
<b>Obrázek 11:</b> Ukázka plánu rychlobruslařské dráhy.....	31

### 10.2 Seznam tabulek

<b>Tabulka 1:</b> Technické parametry GNSS aparatury Trimble R6 [6].....	15
<b>Tabulka 2:</b> Technické parametry Totální stanice Trimble M3-DRS“ [7].....	16
<b>Tabulka 3:</b> Kritéria přesnosti [11].....	26

# PŘÍLOHY

## Krivanek\_BP\_prilohy

### 01\_Technicka\_zprava

01.1\_TZ.pdf

### 02\_Datove\_soubory

02.1\_MultiScale.cel

02.2\_MultiScale.rsc

### 03\_Zapisniky

03.1\_GNSS\_PMS.job

03.2\_GNSS\_PMS\_kontrolni.job

03.3\_tot\_stan\_kontrol.job

03.4\_tot\_stan.job

03.5\_vyrovnani\_PMS.asc

03.6\_vyrovnani\_PMS\_kontrola.asc

03.7\_podrobne\_mereni.asc

03.8\_podrobne\_mereni\_kontrolni.asc

03.9\_plan\_rchloubrslarske\_drahy.asc

### 04\_Nacrty

04.1.1\_PMS\_Hlavni.dgn

04.1.2\_PMS\_Hlavni.pdf

04.2.1\_PMS\_Kontrolni.dgn

04.2.2\_PMS\_Kontrolni.pdf

04.3.1\_kontrolni\_body.dgn

04.3.2\_kontrolni\_body.pdf

### 05\_Protokoly

05.1\_GNSS\_PMS.docx

05.2\_GNSS\_PMS\_kontrolni.docx

05.3\_PMS\_vyrovnani.pro

05.4\_PMS\_vyrovnani\_kontrolni.pro

05.5\_podrobne\_mereni.pro

05.6\_podrobne\_mereni\_kontrolni.pro

05.7\_plan.pro

06\_Seznam\_souradnic

06.1\_NB\_YXH.txt

06.2\_NB\_YXH\_kontrolni.txt

06.3\_PMS\_YXH.txt

06.4\_PMS\_YXH\_kontrolni.txt

06.5\_plan\_YXH.txt

06.6\_kody.txt

07\_Testovani\_presnosti

07.1\_testovani\_presnosti\_YX.xlsx

07.2\_testovani\_presnosti\_H.xlsx

08\_Ucelova\_mapa

08.1\_mapa.dgn

08.2\_mapa.pdf

09\_Plan\_drahy

09.1\_plan.dgn

09.2\_plan.pdf

# **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VYSOKOŠKOLSKÉ KVALIFIKAČNÍ PRÁCE**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 30. 5. 2025

podpis autora