



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra krajinného managementu

Bakalářská práce

Vybudování a zaměření výškového bodového pole pro výuku
geodetických předmětů

Autor práce: Martin Mareš

Vedoucí práce: Ing. Pavel Hánek, Ph.D.

České Budějovice
2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá vybudováním a zaměřením výškového bodového pole pro výuku geodetických předmětů. Práce se skládá z teoretické a praktické části. V teoretické části je popsána historie budování výškových základů v České republice. Také jsou zde popsány metody měření výšek a různé druhy nivelačních přístrojů. Praktická část se zabývá jak samotným vybudováním výškového bodového pole v městském parku Stromovka, tak jeho zaměřením s výslednými výškami. Přehled použitých nivelačních údajů a zápisníků z měření je součástí příloh této bakalářské práce.

Klíčová slova: Geodézie, nivelace, nivelační přístroj, bodové pole

Abstract

The bachelor's thesis is preoccupied with building and measuring of elevation point field to teach geodesic subjects. The work consists of a theoretical and practical part. The theoretical part describes the history of building elevation foundations in Czech Republic. There are also described methods of measuring heights, various types of levelling devices. The practical part is preoccupied with both the actual building of a height point field in the town park Stromovka and its process of measuring with the results. An overview of used levelling datas of points and levelling notebooks is included in the annexes to this Bachelor thesis.

Keywords: Geodesy, levelling, levelling device, point field

Poděkování

Zde bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Pavlu Hánkovi, Ph.D. za ochotu a pomoc při zpracování a také za vysvětlení ovládání nivelačního přístroje Nivel System EL-32. Dále bych chtěl poděkovat spolužákovi Zdeňku Váňovi za pomoc při měření a společnosti 3GON za zapůjčení přístroje Nivel System EL-32. V neposlední řadě poděkování patří mé rodině a blízkým za podporu při mém studiu.

Obsah

Úvod.....	7
1 Cíl práce	8
2 Literární rešerše.....	9
2.1 Historie budování výškových základů	9
2.2 Zobrazování výškopisu v mapách.....	9
2.3 Výškové systémy	10
2.4 Výškové bodové pole.....	11
2.4.1 Základní výškové bodové pole	11
2.4.2 Podrobné výškové bodové pole	11
2.5 Přesnost nadmořských výšek nivelačních bodů.....	12
2.6 Číslování nivelačních bodů a pořadů	12
2.7 Druhy nivelačních pořadů.....	13
2.8 Stabilizace bodů	13
2.9 Ochrana bodů	14
2.10 Nivelační údaje.....	14
2.11 Pomůcky pro nivelaci.....	15
2.11.1 Nivelační přístroje.....	15
Libelové nivelační přístroje.....	15
Kompenzátorové nivelační přístroje	16
Osové podmínky nivelačních přístrojů	16
2.11.2 Nivelační latě	17
2.11.3 Stativy	17
2.12 Metody měření výšek.....	18
2.12.1 Geometrická nivelace ze středu	19
2.12.2 Technická nivelace.....	20

2.13	Měřické chyby při nivelaci.....	20
2.13.1	Omyly a hrubé chyby	20
2.13.2	Systematické a náhodné chyby	21
3	Metodika	22
3.1	Popis lokality.....	22
3.2	Vybudování výškového bodového pole	22
3.3	Příprava podkladů pro měření	24
3.4	Pomůcky při měření	24
3.4.1	Nivelační přístroj Nivel System EL-32.....	24
3.4.2	Nivelační lať	26
3.4.3	Stativ Leica GST05L.....	26
3.4.4	Nivelační podložka.....	26
3.5	Postup měření	27
3.6	Výpočet výšek bodů vybudovaného bodového pole.....	28
4	Výsledky a diskuse.....	31
	Závěr	34
	Seznam použité literatury.....	35
	Seznam obrázků	40
	Seznam tabulek	41
	Seznam použitých zkratk.....	42
	Přílohy	43

Úvod

Bodová pole jsou nedílnou součástí většiny geodetických úloh. Při budování bodových polí využíváme geodetických metod a platných referenčních systémů, jak polohových, tak výškových. V této práci se zaměřuji na přiblížení problematiky budování výškového bodového pole a jeho zaměření pro výuku geodetických předmětů v městském parku Stromovka v Českých Budějovicích. Pro lepší orientaci jsem bakalářskou práci rozdělil do tří částí.

První část této bakalářské práce se zabývá legislativní vymezením platných referenčních výškových systémů na území České republiky a rozdělení výškového bodového pole včetně stabilizace těchto bodů. Dále je zde uvedeno několik metod, kterými se výškové bodové pole může zaměřit anebo také chyby, kterých se můžeme během měření dopustit.

Druhá část této práce obsahuje popis lokality, ve které bylo výškové bodové pole vybudováno a zaměřeno, včetně samotného postupu a zvolené metody zaměření vybudovaného výškového bodového pole.

Třetí část se zabývá výsledným zpracováním naměřených údajů včetně příloh, které jsem využil při zaměřování.

1 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je vybudovat a zaměřit výškové bodové pole pomocí nivelace, které bude sloužit pro výuku geodetických předmětů v městském parku Stromovka. Při budování bodového pole budou dodrženy požadavky stanovené v platných právních a technických předpisech.

Budované výškové bodové pole bude připojeno do výškového systému Balt po vyrovnání (Bpv), který je jedním z referenčních systémů České republiky (ČR). Pro připojení budované sítě budou použity 3 body výškového bodového pole ČR. Před vlastním měřením bude provedena zkouška nivelačního přístroje. Měření budou provedena tak, aby každý bod budovaného výškového bodového pole v městském parku Stromovka v Českých Budějovicích, měl určenou výšku minimálně dvakrát nezávisle. Výsledkem práce bude seznam výšek bodů vybudovaného bodového pole.

2 Literární rešerše

2.1 Historie budování výškových základů

Již od poloviny 19. století se zaznamenává rozvoj nivelačních měření. Výškové základy si od té doby prošly dlouhým vývojem a kvůli jejich nezbytnosti se řadily mezi nejvyužívanější zeměměřické činnosti. Výsledky nivelačních činností také tvoří nezbytný podklad pro různé vědecké výzkumy, mezi které patří například pohyb zemské kůry. Výsledky nivelačních činností využíváme nejen pro vojenské účely, ale také v běžném životě (Černoorský a Šíma, 2018).

Na území dnešního státu byly nadmořské výšky určeny na základě měření v tehdejší Rakousku-Uhersku mezi lety 1872 až 1896. Tehdy byla proto vybudována pozorovací stanice s přístrojem zvaným mareograf. Tato pozorovací stanice se nachází v přístavu v italském Terstu u Jaderského moře. Na mareografu byla poté určena tzv. střední klidná hladina moře, která sloužila jako nulová hladina, od které se později určovaly nadmořské výšky. Měření probíhalo metodou geometrické nivelace, která probíhala po úsecích s mírným spádem tzn. po železnicích a částečně i silniční komunikaci. Později, aby se usnadnilo určování nadmořských výšek, se proto zřídila řada tzv. základních nivelačních bodů. Tyto nivelační body sloužily též jako výchozí body, jelikož by každé měření muselo vycházet z přístavu v Terstu (Maršík, 1998a).

2.2 Zobrazování výškopisu v mapách

V mapách máme několik způsobů zobrazení výškopisu ať už se jedná o kopečkovou metodu, šrafování anebo stínování. K těmto metodám také můžeme zařadit již novější zobrazení, a to pomocí vrstevnic, kót anebo pomocí barevné hypsometrie.

Původní myšlenka zobrazování výšek v mapě byla zachytit změny ve výškách pomocí temnějších barev. Jelikož se dříve mapy kreslily ručně, využívaly se různé typy šraf. Šrafy byly buď rovné, křivé anebo křížené (Hybášek, 1993).

V dnešní době se nejvíce využívají šrafy technické, které nalezneme v mapách velkých měřítek (Veverka a Zimová, 2008).

Tyto technické šrafy jsou v podobě střídajících se dlouhých a krátkých čar, přičemž začínají na horní hranici svahu a jedna z nich je kreslena po celou jeho délku a druhá má poloviční hodnotu (Čapek a kol., 1992).

Mezi novější zobrazování výškopisu v mapách slouží například zobrazení pomocí vrstevnic. *Vrstevnice jsou svislé průměty průsečnic terénního reliéfu s vodorovnými*

rovinami, které mají pravidelný rozestup od nulové nadmořské výšky. Jednoduše řečeno, jsou to křivky ležící na terénu, spojující body o stejné nadmořské výšce.“ (Huml a kol., 2003).

Tyto vrstevnice můžeme rozdělit na základní, hlavní, doplňkové a horizontály. Základní vrstevnice jsou kresleny plnou slabou čarou. Hlavní poznáme tak, že jejich výška je k-násobek intervalu, který je ve většině případů volen číslem 5 a proto je tedy každá pátá vrstevnice zesílená. Doplňkové vrstevnice se nejčastěji používají, jak jejich název napovídá, jako doplnění rovinatého terénu a jsou zobrazeny čerchovanou čarou (Drápela, 1983).

Další metoda zobrazování výškopisu v mapách je metoda barevné hypsometrie. Ta se využívá zejména u zeměpisných map, protože v mapách středních a malých měřítek by byla hustota vrstevnic v horských oblastech moc vysoká, a naopak v rovinnatých oblastech by tato hustota nedosahovalo požadavků. Kvůli tomuto problému se využívá metoda barevné hypsometrie, jelikož dokážeme přehledným způsobem pomocí barev zobrazit naši výškopisnou situaci (Veverka a Zimová, 2008).

2.3 Výškové systémy

Závaznými geodetickými referenčními systémy v České republice jsou podle Nařízení vlády č. 159/2023 Sb.:

c) Výškové systémy, a to:

- 1. Evropský výškový referenční systém, zkratka názvu je EVRS,*
- 2. Výškový systém baltský – po vyrovnání, zkratka názvu je Bpv,*
- 3. Světový výškový referenční systém 1996, zkratka názvu je WGS84-EGM96,*
- 4. Světový výškový referenční systém 2008, zkratka názvu je WGS84-EGM2008“*

Dříve se mezi závazné referenční výškové systémy na území České republiky používal systém Jadranský. Tento systém byl později nahrazen systémem, který se používá dodnes, a to systémem s názvem Baltský po vyrovnání (Bpv) (www.visionplan.cz).

V tomto systému byl zvolen nulový výškový bod, který se nachází v ruském Krondštadu a je určen střední hladinou moře podle mareografu. Mezi lety 1877-1878 vznikl první základní nivelační bod (ZNB) na území České republiky v Lišově nedaleko Českých Budějovic viz Obrázek 2.1 (Hánek a kol., 2008).

Zavedení nového systému znamenalo převod všech výšek bodů. Mezi systémem Jadranským a Baltským po vyrovnání vznikl rozdíl v průměru 400 mm. V případě I.ZNB Lišov je výška ve výškovém systému Balt po vyrovnání o 0,3886 m menší, než tomu bylo původně (Hánek a kol., 2007).



Obrázek 2.1 - ZNB Lišov I (Vlastní)

2.4 Výškové bodové pole

Vyhláška č. 31/1995 Sb. rozděluje výškové bodové pole na:

- „a) základní výškové bodové pole, které tvoří
 - aa) základní nivelační body,*
 - ab) body České státní nivelační sítě I. až III. řádu (závazná zkratka „ČSNS“),**
- b) podrobné výškové bodové pole tvoří
 - ba) nivelační sítě IV. řádu,*
 - bb) plošné nivelační sítě,*
 - bc) stabilizované body technických nivelací.“**

2.4.1 Základní výškové bodové pole

Základní výškové bodové pole v Bpv tvoří základní nivelační body. Těchto bodů je na území České republiky 12 (nivelace.cuzk.cz). Jsou rozmístěny v místech, kde se nepředpokládají geologické posuny. Dále do základního výškového bodového pole patří body ČSNS I. až III. řádu. Tyto body jsou určeny velmi přesnou a přesnou nivelací (Hánek a kol.,2007).

2.4.2 Podrobné výškové bodové pole

Podrobné výškové bodové pole slouží především k zvýšení hustoty mezi nivelačními body. „Nivelační síť je vybudována tak, aby vzdálenost nivelačních bodů v nivelačních

pořadech v nezastavěném území byla menší než 1,0 km a v zastavěném území byla v průměru 0,3 km.“ (Vyhláška č. 31/1995 Sb.).

Nivelační sítě IV. řádu jsou určeny metodou přesné nivelace a jejich výšky jsou určeny s přesností na milimetry. Dále do podrobného výškového bodového pole patří body plošné nivelační sítě. Plošná nivelační síť (PNS) tvoří síť nivelačních pořadů. Jejich výšky jsou též určeny metodou přesné nivelace (PN). Poslední kategorií jsou stabilizované body technických nivelací, jejich výšky jsou určeny vždy minimálně pomocí technické nivelace (TN) (Blažek a Skořepa, 2004).

2.5 Přesnost nadmořských výšek nivelačních bodů

„Přesnost nadmořských výšek nivelačních bodů je určena podle základní střední kilometrové chyby nivelačního převýšení (oboustranné nivelace):

$$m = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{n_R} \cdot \sum \frac{\rho^2}{R}} \text{ \{mm\}}$$

Kde n_R je počet nivelačních oddílů v posuzovaném převýšení,

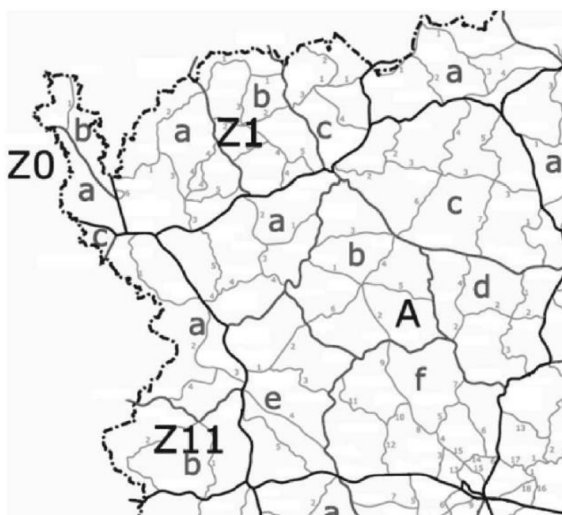
ρ je rozdíl naměřených převýšení ve směru tam a zpět v milimetrech:

$$\rho = \Delta H^T + \Delta H^Z$$

R je délka nivelačního oddílu v kilometrech.“

(Návod pro správu geodetických základů České republiky, 2015).

2.6 Číslování nivelačních bodů a pořadů



Obrázek 2.2 - Přehled rozdělení nivelační oblasti I. řádu na nivelační oblasti II. řádu a vedení nivelačních pořadů III. řádu (Vyhláška č. 31/1995 Sb.)

Nivelační body se číslovají podle tzv. nivelačních oblastí. Tyto oblasti jsou rozděleny na oblasti I. a II. řádu viz Obrázek 2.2. Nivelační oblasti I. řádu se označují písmeny velké

abecedy v rozsahu od písmene A až po písmeno P. Z obrázku lze vyčíst, že se zde nacházejí označení jako je Z1, Z0, Z11. Toto označení nesou hraniční neuzavřené oblasti I. řádu a jsou označovány od Z0 až po Z19. Nivelační pořady I. řádu jsou označovány pomocí spojení dvou sousedních nivelačních oblastí I. řádu. Nivelační oblasti II. řádu se označují písmeny malé abecedy uvnitř oblastí I. řádu (Pažourek a kol., 1992).

Nivelační pořady II. řádu poté nesou označení například Abc. Jako první se totiž určuje oblast I. řádu a poté kombinace značek sousedních oblastí II. řádu. Označení nivelačních pořadů III. řádu je průběžně pořadovými čísly v jedné oblasti II. řádu (např. Ab2). Nivelační pořady v ČSNS se doplňují názvy míst, která propojují (např. BC – Praha-Teplice) (Návod pro správu geodetických základů České republiky, 2015).

2.7 Druhy nivelačních pořadů

Abychom mohli začít tvořit nivelační pořad, musíme nejprve vytvořit tzv. nivelační sestavu. Ta je tvořena z kombinace dvou nivelačních latí a nivelačního přístroje. Soubor nivelačních sestav, který se nachází mezi dvěma nivelačními body nazýváme nivelační oddíl. Větší počet po sobě následujících nivelačních oddílů můžeme poté nazývat nivelační pořad (geomatika.kma.zcu.cz). Nivelační pořady se dělí na vložené, volné, uzavřené a tvořící plošnou nivelační síť (Blažek a Skořepa 2009).

Vložený (vetknutý) nivelační pořad působí mezi dvěma známými nivelačními body. Volný nivelační pořad začíná na známém bodě a končí na bodě určovaném. Uzavřený nivelační pořad začíná a končí na stejném bodě. A jako poslední je zde nivelační pořad tvořící plošnou nivelační síť, který zahrnuje alespoň dva známé nivelační body (geomatika.kma.zcu.cz).

2.8 Stabilizace bodů

Stabilizace výškových bodů se rozděluje na přirozenou nebo umělou. Při vybudování umělé stabilizace je vhodné využívat materiály, které odolávají vnějším vlivům, mezi které můžeme zařadit vlhkost, kyseliny atd. Jedná se o materiály jako je litina anebo slitina mědi a niklu (Hánek a kol., 2007).

„Bod výškového bodového pole (dále jen „nivelační bod“) je stabilizován jedním z následujících způsobů

a) skalní značkou, kterou je vyhlazená vodorovná ploška nebo vodorovná ploška s polokulovým vrchlíkem uprostřed,

b) hřebovou značkou, která se osazuje shora do vodorovné plochy skal, balvanů, vybraných staveb nebo do horní plochy nivelačního kamene,

f) čepovou značkou s označením „Státní nivelace“ pro nivelační body základního výškového bodového pole nebo bez označení pro nivelační body podrobného výškového pole, která se osazuje do stěn vybraných staveb, ze strany do líc nivelačního kamene nebo do svislých ploch skal“ (Vyhláška č. 31/1995 Sb.).

Poloha stabilizovaných bodů se volí taková, aby nad nimi byl volný prostor pro svislé postavení nivelační latě (Hánek a kol.,2007).

Dalším způsobem je přechodná stabilizace, kdy se jedná o tzv. nivelační podložku, která slouží pro přestavové body nivelačních pořadů.

2.9 Ochrana bodů

„K ochraně nivelačních bodů před zničením nebo poškozením se používají zařízení jako je červenobilá nebo černobilá ochranná tyč nebo tyče zpravidla umístěné 0,75 m od centra bodu, betonové skruže nebo sloupku“ (Vyhláška č. 31/1995 Sb.).

Na této tyči je umístěn štítek s textem: „STÁTNÍ NIVELACE. POŠKOZENÍ SE TRESTÁ“ viz Obrázek 2.3 (Hánek a kol.,2007).



Obrázek 2.3 - Štítek s textem (vlastní)

2.10 Niveláčnické údaje

Nivelační údaje slouží především jako podklad pro vyhledání bodů v terénu. Jedná se o údaje o nivelačních bodech, které obsahují označení bodu, místopis, nadmořskou výšku a jak byla určena, popis, druh stabilizace a zeměpisné souřadnice a také kým a kdy byl bod vyhotoven společně s nivelačními údaji (bodovapole.cuzk.cz).

2.11 Pomůcky pro nivelaci

Pro nivelaci existuje mnoho pomůcek, ať už se jedná o nivelační podložky, nivelační latě, stativy a v neposlední řadě také nivelační přístroje, bez kterých bychom se neobešli. Pokud zrovna nepoužíváme elektronické nivelační přístroje nesmíme opomenout také nivelační zápisníky, které slouží pro zaznamenání veškerých naměřených údajů.

Každý nivelační přístroj a každá nivelační lať se musí před použitím podrobit tzv. kalibraci. Vědní obor, který se zabývá kalibrací se nazývá Metrologie. Metrologii můžeme rozdělit na metrologii vědeckou, průmyslovou a také metrologii legální. Kalibrace pomůcek neboli měřidel, se zjišťuje na referenčním měřidle, které je známé pod pojmem Etalon. Kalibrací zjišťujeme jejich metrologické charakteristiky. To znamená závislost mezi naměřenými hodnotami kalibrovaných měřidel a známou hodnotou této měřené veličiny. Měřidla můžeme rozdělit na měřidla stanovená a nestanovená. Za stanovená měřidla se dle vyhlášky č. 345/2002 Sb. prohlašují měřická (ocelová) pásma. Mezi nestanovená měřidla můžeme poté zařadit všechna měřidla, která nespádají do skupiny měřidel stanovených. U nestanovených měřidel je stanovená lhůta pro recalibraci. Pokud se jedná o nivelační přístroj, lhůta recalibrace je stanovena na tři roky. U nivelační latě pro přesnou nivelaci je lhůta stejná jako pro nivelační přístroj. Recalibraci vždy provádí zkušený metrolog, který může tyto lhůty zkrátit např. pokud je měřidlo po opravě nebo se často využívá (Metrologický řád, 2009).

2.11.1 Nivelační přístroje

Nivelační přístroj je jedním z geodetických pomůcek, který používáme pro zaměření výšek nebo převýšení mezi nivelačními body. Nivelační přístroje můžeme rozdělit podle způsobu realizace vodorovné roviny na libelové nivelační přístroje a také kompenzátorové nivelační přístroje. Nivelační přístroj disponuje spodní částí, na které se vyskytuje trojnožka se stavěcími šrouby. Tato trojnožka se poté přichycuje pomocí upínacího šroubu k hlavě stativu. Hlavní částí nivelačních strojů je dalekohled, který je podobný jako u totálních stanic nebo teodolitů (Maršík, 1998b).

Libelové nivelační přístroje

Libelové nivelační přístroje patří mezi starší typy nivelačních přístrojů. Disponují jak krabicovou libelou, tak citlivější trubicovou nivelační libelou. Tyto libely slouží pro urovnání vodorovné hladiny přístroje tak, aby vertikální osa byla kolmo na záměrnou osu přístroje (Nevosád a Vitásek, 2004).

Kompenzátorové nivelační přístroje

Tento typ nivelačních přístrojů je vybaven tzv. kompenzátozem. Tento kompenzátor využívá zemské tíže, a proto odpadá urovnání nivelačního přístroje podle nivelační libely (Švec a kol. 1998).

Osové podmínky nivelačních přístrojů

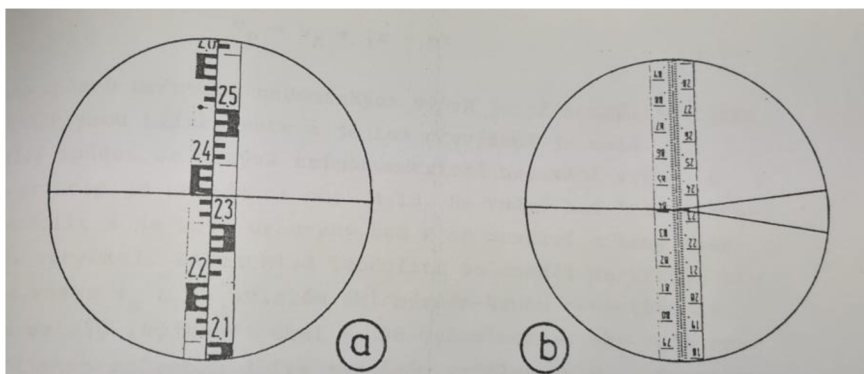
Před samotným použitím nivelačních přístrojů je nutné vyzkoušet, zda fungují správně. Proto děláme tzv. osové podmínky nivelačních přístrojů. Mezi osové podmínky řadíme: Osa krabicové libely (L) má být kolmá na vertikální osu alhidády (V) neboli také $L' \perp V$. Tato zkouška se provádí tak, že nejdříve postavíme nivelační přístroj na stativ a poté pomocí nivelační libely přesně zhorizontujeme tak, že ve dvou na sebe kolmých směrech pootočíme nivelační přístroj a dorovnáme nivelační libelu pomocí stavěcích šroubů. Poté se přístroj otočí kolem své vertikální osy o $2R$ (200 gradů) a pokud nedojde k vychýlení nivelační bubliny, pak považujeme tuto osovou podmínku za splněnou (Blažek a Skořepa, 2004).

Mezi další osovou podmínku patří $L' \parallel Z$ neboli osa krabicové libely má být rovnoběžná s osou záměrné přímkou nivelačního přístroje. Tuto osovou podmínku provádíme tak, že se postavíme s nivelačním přístrojem mezi dvě nivelační latě na nivelačních podložkách, které jsou v mírném svahu. Nejdříve nivelační přístroj zhorizontujeme a poté měříme čtení vzad, které nese označení (z) a poté čtení vpřed (p). Z tohoto měření získáme převýšení mezi těmito body ze vzorce: ($h = z - p$). Jako další krok přesuneme nivelační přístroj 3 m za jednu z nivelačních latí, proto protože 3 m je dostatečná vzdálenost na zacílení na nivelační lať. Poté přečteme čtení vzad (z') a vpřed (p') jako v předchozím kroku. Poté opět vypočteme převýšení mezi těmito body z následujícího vzorce: ($h' = z' - p'$). Poté porovnáme obě převýšení a zjistíme chybu, která je způsobena nesplněním osové podmínky nivelačního přístroje $L' \parallel Z$ (Vondrák, 2004).

Při poslední osové podmínce by mělo být vlákno ryskového kříže (H) kolmé na vertikální osu alhidády (V) neboli $H \perp V$. Tuto osovou podmínku provádíme na rovinatém terénu, kdy máme zhorizontovaný nivelační přístroj a postavenou nivelační lať na nivelační podložce. Poté zacílíme na jeden okraj nivelační latě a přečteme toto čtení. Poté zacílíme na druhý okraj a opět si toto čtení zapíšeme. Pokud se tyto čtení neliší je osová podmínka $H \perp V$ splněna. Pokud se čtení liší je nutné nechat pootočit ryskový kříž (old.gis.zcu.cz).

2.11.2 NiveláčnÍ latě

Nivelační lať je jednou z nejdůležitějších pomůcek pro měření. Existuje mnoho druhů nivelačních latí. Tyto latě můžeme rozdělit podle metody na latě používané pro přesnou nivelaci a technickou nivelaci. Pro technickou nivelaci se používají latě teleskopické s klasickým „E“ dělením a pro přesnou nivelaci existují 4 m dřevěné latě, které



Obrázek 2.4 - Čtení na lati (Maršík, 1998a)

mají držadla pro přesnější držení. Také můžeme nalézt latě, které se používají pro měření s elektronickými nivelačními přístroji. Tyto latě mají k dispozici čárový kód, který přístroj během chvilky zaznamená a odečte tak čtení na lati (Sládková, 2002).

Na nivelačních latích se čte pomocí ryskového kříže, který je umístěn v dalekohledu nivelačního přístroje. Na nivelační latě cílíme tak aby nivelační lať zůstala po celou dobu uprostřed okuláru objektivu. U přesné nivelace se snažíme dostat nitkový kříž mezi dílky na nivelační lati určené pro přesnou nivelaci viz Obrázek 2.4b.

Pokud měříme s nivelační latí za špatných povětrnostních podmínek, může se stát, že hodnoty na lati nebudou k přečtení, jelikož nedokážeme udržet nivelační lať stálou a bez toho, aniž by se nám pohybovala. Za těchto podmínek nelze toto čtení považovat za spolehlivé. K dalšímu problému dochází při měření ve velmi vysokých teplotách, protože dochází ke chvění vzduchu u povrchu terénu (Uren a Price, 2010).

2.11.3 Stativy

Stativy můžeme rozdělit podle materiálu na dřevěné nebo hliníkové. Tyto stativy mají popruhy pro přenášení, páčky nebo šrouby pro utáhnutí noh stativu, tak aby nevyjížděly a stativ mohly stát v určené poloze. Na hlavě stativu je upínací šroub, ten slouží pro rychlé upnutí s nivelačním přístrojem nebo s totální stanicí či teodolitem. Stativy vždy zašlapáváme pomocí opěrky i při betonovém povrchu. Při práci s přístroji se musíme vyvarovat jakéhokoli otřesu do stativu, jelikož poté vznikají chyby a celé měření poté můžeme i opakovat.

2.12 Metody měření výšek

Existuje mnoho metod měření nadmořských výšek bodů, mezi které patří geometrické, barometrické nebo trigonometrické měření výšek (Doušek, 1998).

Při trigonometrickém měření výšek využíváme různých geodetických přístrojů, ať už se jedná o teodolity nebo totální stanice. Výškový rozdíl dvou bodů zjistíme při zaměření zenitového úhlu zároveň se zaměřením šikmé nebo vodorovné délky (Chandra, 2005).

Při trigonometrickém měření výšek využíváme bod o známé nadmořské výšce. Tuto výšku poté využíváme ke spočítání nadmořské výšky určovaného bodu. Postup měření je takový, že postavíme například totální stanici nad bod o známé nadmořské výšce (H_A) a změříme si výšku přístroje (v_P) skládacím dvou metrem. Poté se postavíme s odrazným hranolem, kterému nastavíme výšku (v_C) dle potřeby, nad bod, u kterého chceme zjistit nadmořskou výšku. Na tento odrazný hranol zacílíme a změříme zenitový úhel a šikmou vzdálenost (s).

Převýšení (h) těchto bodů také zjistíme z řešení pravoúhlého nebo obecného trojúhelníka. *“Při použití totální stanice lze přímo měřit šikmou vzdálenost, respektive přímo číst převýšení“*. Nadmořskou výšku (H_B) bodu vypočítáme ze vztahu:

$$H_B = H_A + v_P + h - v_C$$

Pokud měříme šikmou vzdálenost mezi body, můžeme vodorovnou vzdálenost (d) poté vypočítat ze vztahu: $s \cdot \cos(z)$. Při měření na větší vzdálenosti bychom měli do vzorce zavádět opravy ze zakřivení Země a také vertikální složky refrakce. Oprava ze zakřivení Země se zavádí při vzdálenosti větší jak 300 m, pokud měříme s přesností na centimetry (Hánek a kol., 2007).

Nivelace je jedna z nejvíce využívaných metod pro získávání výšek z povrchových bodů (Schofield a Breach, 2007).

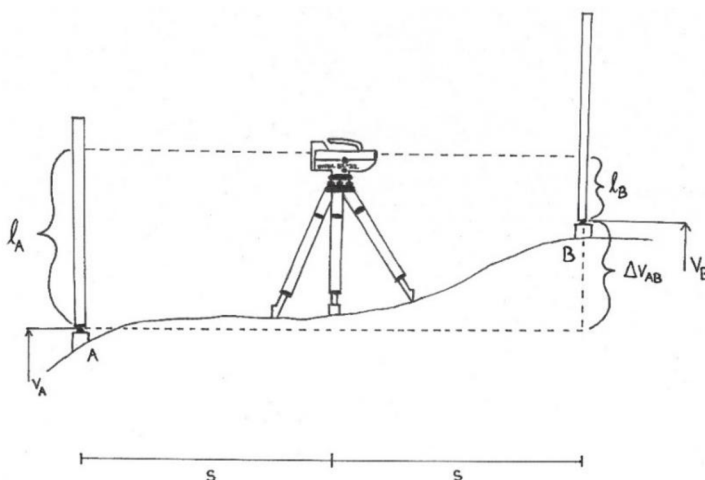
Výšky jednotlivých bodů můžeme měřit několika nivelačními metodami. Mezi tyto metody patří například geometrická nivelace ze středu, technická nivelace, přesná nivelace, velmi přesná nivelace, zvláště přesná nivelace nebo také hydrostatická nivelace. Tyto metody se používají při různých požadavcích na přesnost, jelikož tyto metody mají odlišné způsoby měření, ať už se jedná o použití různých nivelačních pomůcek a přístrojů, tak samotné metody měření.

Při měření metodou hydrostatické nivelace využíváme fyzikální zákon spojených nádob, které jsou naplněny kapalinou. Přístroj používaný pro měření pomocí hydrostatické nivelace se nazývá hadicová vodováha, která se nejvíce využívá například při měření vodorovných ploch v interiérech. Přesnost těchto hadicových vah se udává kolem 3 až 5 mm a dosah kolem 10 m (Hánek a kol., 2007).

Barometrická nivelace využívá změny atmosférického tlaku. Tento tlak se mění neustále v jakémkoli bodě v důsledku různých příčin. Měření převýšení pomocí této metody vyžaduje měření atmosférického tlaku nad body. Tím že se atmosférický tlak neustále mění, považujeme tuto metodu za méně přesnou a využíváme ji především při průzkumech a v kopcovitých oblastech. Při barometrické nivelaci používáme přístroje zvané barometry, které existují ve dvou provedeních. Jedním z typů je barometr rtuťový, který funguje na principu vyrovnání rtuťového sloupce proti atmosférickému tlaku. Přesnost tohoto barometru se udává na 0,1 mm. Druhým typem barometru je aneroidní barometr. Tento přístroj je však méně přesný než rtuťový barometr, avšak je lehký a přenosný (Bhavikatti, 2008).

2.12.1 Geometrická nivelace ze středu

Mezi jednu z nejčastějších metod měření výšek patří geometrická nivelace ze středu. Při této nivelaci stavíme přístroj doprostřed mezi určovanými body viz Obrázek 2.5.



Obrázek 2.5 - Geometrická nivelace ze středu (vlastní)

Novotný (1995) uvádí, že se jedná o metodu měření, při které zjišťujeme převýšení dvou bodů. „Výškový rozdíl ΔV_{AB} se pak určí ze vztahu

$$\Delta V_{AB} = l_A - l_B$$

kde: l_A je laťový úsek odečtený na bodě A (tzv. záměra vzd),

l_B pak laťový úsek odečtený na bodě B (tzv. záměra vpřed)“

„výpočet výšky V_B bodu B:“

$$V_B = V_A + l_A - l_B$$

kde: V_B je výška bodu B

V_A je výška bodu A

2.12.2 Technická nivelace

Je dle ČSN 73 0401 „*nivelace pro běžné technické účely; její přesnost se udává mezní odchylkou v uzávěru pořadu v mm*“. Máme dva typy technické nivelace, a to se základní přesností a zvýšenou přesností. Při měření metodou technické nivelace se pracuje s tzv. nivelační soupravou. Délka záměr se pohybuje u technické nivelace základní přesnosti až 120 m. Při zvýšené přesnosti je optimální vzdálenost okolo 50 m, přičemž se tato vzdálenost půlí krokováním. Výška záměr by také neměla být menší než 0,3 m a každý nivelační oddíl se měří dvakrát. Pokud máme k dispozici dvě nivelační latě, používáme vždy sudý počet sestav, abychom vyloučili indexovou chybu latě. Přesnost technické nivelace je určena mezní odchylkou, která je dána vzorcem:

$$\Delta_{\max} = 40 \cdot \sqrt{L} \text{ [mm]} \text{ u základní přesnosti a}$$

$$\Delta_{\max} = 20 \cdot \sqrt{L} \text{ [mm]} \text{ při zvýšené přesnosti}$$

Kde: L je délka pořadu v km. (gis.zcu.cz).

2.13 Měřické chyby při nivelaci

Měřické chyby se rozlišují podle původu a vlastností na omyly, hrubé chyby, systematické chyby a náhodné chyby (Švec a Hánek, 1999).

2.13.1 Omyly a hrubé chyby

Omyly se ve většině případů objevují při nesprávném zacházení měřiče. „*Jsou způsobeny jeho nepozorností, nebo nesprávným zacházením s přístrojem*.“ Pro objevení omylu, musíme měřit každou veličinu nejméně dvakrát nezávisle. Omyly se poté musí z řady měření vyloučit, aby nadále neovlivňovaly naše výpočty (Švec a Hánek, 1999).

Hrubé chyby se nejčastěji vyskytují již při samotném měření. Patří mezi ně opomenutí urovnání nivelační libely u libelových nivelačních přístrojů nebo krabicové libely u kompenzátorových nivelačních přístrojů, záměna výstupku na představovém bodě (nivelační podložce), přesun nivelační podložky, odečítání laťové stupnice podle dálkoměrné rysky nebo odečítání z obrácené latě (gis.zcu.cz).

2.13.2 Systematické a náhodné chyby

Systematické chyby vznikají zejména při stejných podmínkách měření jako je například stejný měřič, stejná teplota nebo stejný měřický přístroj. Tyto chyby působí opakovaně po celou dobu měření. Můžeme je rozdělit na konstantní, proměnlivé a systematické chyby zvláštního druhu. Konstantní systematická chyba se uplatňuje stejným znaménkem i stejnou velikostí, patří sem například měření délek pásmem o domnělé délce (inggeo.fsv.cvut.cz).

Systematické chyby se snažíme vyloučit již před započítáním našeho měření tzn. seřízení přístrojů a pomůcek. Mezi poslední chyby při nivelaci patří chyby náhodné. Tyto chyby Švec a Hánek (1999) popisují tímto způsobem: „*vyskytují se při každém měření a nelze je nijak eliminovat.*“

3 Metodika

3.1 Popis lokality

Městský park Stromovka je největší rekreační zónou v Českých Budějovicích. Park se nachází na západním břehu Vltavy a jeho výměra je 68 ha (www.budejce.cz).

Stromovka byla založena zhruba v 50. letech 20. století za pomoci českobudějovických občanů. Byly zde vysazeny rychle rostoucí dřeviny jako je například: topol kanadský, vrba křehká anebo bříza bělokorá. Ty byly později doplněny cílovými dřevinami jako je: dub, buk a javor. V parku se objevují i různé druhy zvířat (www.encyklopedie.c-budejovice.cz).

Park je protkaný řadou zpevněných cest a také mnoha sportovními zónami, mezi které můžeme zařadit basketbalové hřiště, skatepark a dětské hřiště. Dominantou městského parku Stromovka je rybník Bagr, který mimo jiné také slouží pro rekreační účely. V tomto městském parku bylo vybudováno a zaměřeno celkem šestnáct bodů výškového bodového pole, které bude sloužit pro budoucí výuku geodetických předmětů na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích. Tyto body se nacházely spíše na severní části parku Stromovka blíže k nivelačnímu bodu JC-033-179.



Obrázek 3.1 - Situace rozmístění bodů (vlastní)

3.2 Vybudování výškového bodového pole

Před samotným měřením bylo potřeba vybudovat si výškové bodové pole, které bylo následně zaměřeno pomocí geometrické nivelace ze středu. Vybudování probíhalo v městském parku Stromovka. V tomto parku a okolí nejdříve proběhla rekognoskace území, abych zjistil, na kterých místech výškové bodové pole pro budoucí výuku geodetických předmětů bude potřeba a jaké body z výškového bodového pole bude

potřeba využít k samotnému zaměření. Toto seznámení s terénem a okolím je důležité pro samotný přehled o dané lokalitě, nejen z důvodu abychom poté mohli zvolit co nejjednodušší varianty zaměření, ale také z toho důvodu že ze samotných map a dalších podkladů mohou vyjít na povrch různé překážky, které bychom z těchto map nebyli schopni vyčíst. Před budováním samotných bodů bylo potřeba zjistit situaci



Obrázek 3.2 - Měřický bod (vlastní)



Obrázek 3.3 - Stabilizace bodu č. 6015 (vlastní)

výškového bodového pole v okolí, abych věděl, z jakých bodů budu při měření vycházet a jaké body výškového bodového pole pro zaměření využiji. Toto zjišťování probíhalo tak, že jsem si na geoportálu ČÚZK zobrazil mapu dané lokality a v databázi bodových polí našel nivelační údaje k bodům v této lokalitě. Po zjištění, jaké body bych mohl pro samotné měření využít jsem vyrazil do terénu zjistit, v jakém stavu se dané body vyskytují a zda by tyto body bylo možné využít při měření. Nakonec jsem zvolil body podrobného výškového bodového pole (PVBP), které byly dané lokalitě nejbližší a jejich stav umožňoval výšková měření. Jednalo se o body č. JC-033.179; JC-033-177. Bod č. JC-033-179 byl umístěn na budově přírodovědecké fakulty Jihočeské univerzity asi 0,5 m nad zemí v zachovalém stavu. Bod č. JC-033-177 se nacházel na budově č.p. 255 také 0,5 m nad zemí. Tento bod byl také v zachovalém stavu, a proto jsem ho využil při mém měření. Samotné budování probíhalo tak, že bylo potřeba sehnat měřické body a nástředné hřeby, které se následně zatloukly pomocí kladiva do betonových chodníků. Body výškového bodového pole byly voleny tak, aby mezi sebou měly dostatečnou vzdálenost a umožňovaly i jiná než pouze výšková měření a také aby vybudované body nebyly nijak ohroženy. Nejvíce zde byly využívány nástředné hřeby. Tyto hřeby bylo kvůli zpevněnému povrchu snazší zatloukat pomocí kladiva než měřické body. Měřické body se spíše využily například u stabilizace bodu č. 6015, jelikož zde byla cesta tvořena spíše ze šterku než z asfaltu či betonu. V některých případech, například u stabilizace bodů pomocí nástředných hřebů, docházelo při

samotném měření k problému jejich nalezení. Tento problém jsem později vyřešil zvýrazněním těchto bodů pomocí spreje. Tento problém se u měřických bodů nevyskytoval, jelikož jejich hlava má šířku 2,6 cm, a proto je v terénu bylo lehké nalézt. Pro zaměření výšek vybudovaného výškového bodového pole jsem chtěl také využít jeden bod základního výškového bodového pole (ZVBP). Z tohoto důvodu jsem se rozhodl využít bod č. Mf7-8.1, jelikož se v terénu zdál ze všech ostatních bodů ZVBP nejbližší a nejlépe přístupný dané lokalitě. Tento bod se nacházel poblíž křižovatky na domě č.p. 77 a byl pro měření dobře přístupný. Všechny využití body z výškového bodového pole byly stabilizovány pomocí čepových značek, a proto se nivelační lať mohla přímo postavit na nivelační značku.

3.3 Příprava podkladů pro měření

Před samotným měřením vybudovaného výškového bodového pole se musely sehnat všechny podklady, které sloužily pro usnadnění měření. Jednalo se především o nivelační údaje bodů v okolí městského parku Stromovka, mapu zobrazených měřených bodů vytvořeného výškového bodového pole, zápisníky pro technickou a plošnou nivelaci.

3.4 Pomůcky při měření

Pro samotné měření bylo potřeba několika pomůcek jako je elektronický nivelační přístroj Nivel System EL-32 v.č. C51947 viz Obrázek 3.4, kódová nivelační lať, stativ Leica GST05L a nivelační podložka pro přestavové body pořadu.

3.4.1 Nivelační přístroj Nivel System EL-32

Veškeré parametry byly převzaty z manuálu k nivelačnímu přístroji Nivel System EL-32. Jedná se o elektronický nivelační přístroj, který disponuje až 32násobným zvětšením dalekohledu. Při tomto zvětšení je standardní odchylka na 1 km oboustranného nivelačního tahu při elektronickém čtení ± 1.0 mm/km. Elektronické čtení tohoto přístroje se pohybuje v rozmezí 1 až 3 sekundy. Citlivost libely je $8\frac{1}{2}$ mm. Pracovní doba se u nivelačního přístroje Nivel System EL-32 pohybuje okolo 20 a více hodin. Provozní teplota přístroje se pohybuje od -20 °C do $+50$ °C, v mém případě měření probíhalo v rozmezí ± 25 °C.

Při měření jsem využíval elektronického čtení na lať a zároveň elektronické měření délky, přičemž přesnost měření délek, při 32násobném zvětšení dalekohledu, se pohybuje v rozmezí ± 10 mm.

Tento přístroj také obsahuje magnetický kompenzátor, a proto se řadí mezi kompenzátorové nivelační přístroje. Tento kompenzátor má rozsah a přesnost $\pm 15''/0,3''/\text{min}$. Při měření se naměřené hodnoty ukládají do paměti nivelačního přístroje, která může obsahovat až 1000 záznamů, které jsou následně pomocí programu a mikro-USB převedeny do počítače. V manuálu k tomuto nivelačnímu přístroji se také uvádí, že rozsah měření lze provádět od 2 až do 100 m vzdálenosti. Délku 100 m jsem se snažil nepřekračovat, jelikož slunce poté v některých místech bránilo čtení na kódové nivelační lati. Při přechodu ze stínu na slunce nebo obráceně se doba měření jedné záměry protáhla. Z mé zkušenosti měření jedné záměry trvalo v průměru 15 sekund. Při tomto problému jsem některé záměry musel měřit i na vícekrát, jelikož



**Obrázek 3.4 - Nivelační přístroj
Nivel System EL-32 (vlastní)**

čtení vzdálenosti a záměr neodpovídalo skutečné hodnotě. Tato chyba se opakovala pouze dvakrát, a to během ověřování bodu č. 6017 v pořadí z bodu Mf7-8.1 na bod č. 6017 a zpět ve stejném místě. Kvůli této chybě jsem měření musel poté opakovat, jelikož byla překročena mezní odchylka měření. Jinak tento přístroj fungoval velice spolehlivě a neměl jsem s ním žádné větší potíže.

3.4.2 Nivelační lať

Jednalo se o kódovou nivelační lať viz Obrázek 3.5, která se používá převážně s elektronickým přístrojem Nivel System EL-32. Nivelační lať má přední stranu, která je kódová, a umožňuje tak rychlé zaznamenání nivelačním přístrojem. Na zadní straně této latě je klasické „E“ dělení, jak známe u klasických nivelačních latí používaných k technické nivelaci. Nivelační přístroj EL-32 včetně příslušenství zapůjčila pro potřeby vyhotovení bakalářské práce společnost 3GON. Při používání této latě jsem nezaznamenal žádné větší problémy a přístroj neměl, až na nějaké výjimky, viz předchozí kapitola, žádný problém se záznamem dat z této latě.



Obrázek 3.5 – Kódová nivelační lať
(vlastní)

3.4.3 Stativ Leica GST05L

Tento stativ jsem využíval, jelikož oproti poskytnutému stativu měl jednodušší ovládání a také byl z lehčího materiálu, kterým byl hliník. Díky tomuto materiálu byl stativ lehký a dal se lehce přenášet pomocí popruhů, které jsou zde přichyceny. Tento stativ jako většina má upínací šroub uprostřed hlavy stativu, tento šroub umožňuje rychlé sepnutí nivelačního přístroje se stativem.

3.4.4 Nivelační podložka

Tato podložka sloužila pro přestavové body nivelačních pořadů. Na této podložce se nacházely dva výstupky, které mají kulové zakončení a slouží tak pro postavení nivelační latě. Záměna těchto výstupků je nepřijatelná, jelikož dochází k hrubým chybám při měření, které jsou popsány v kapitole č. 2.13.1.

3.5 Postup měření

Měření probíhalo v období od 08.08.2023 do 11.08.2023 v městském parku Stromovka v Českých Budějovicích. Před samotným měřením bylo potřeba znovu si prohlédnout lokalitu. Jednalo se o body 6001 až 6017, které se nachází spíše v severní části městského parku Stromovka. Přehledovou mapu těchto bodů můžeme najít v příloze č. 1. Poté se určily body, pomocí kterých bylo bodové pole připojené do výškového systému Bpv. Jednalo se o body JC-033-177; JC-033-179 a Mf7-8.1, výšky těchto bodů byly převzaty z nivelačních údajů.

Nejdříve bylo zapotřebí udělat zkoušku nivelačního přístroje Nivel Systém EL-32. Provedení zkoušky spočívalo v postavení nivelačního přístroje doprostřed mezi dvě nivelační podložky, které se nacházely v mírném svahu a jejich vzdálenost byla 30 m. Poté se přístroj zhorizontoval a přečetlo se čtení vzad a čtení vpřed na nivelační lať. Spočetlo se převýšení mezi těmito body. Po tomto kroku jsem vzal nivelační přístroj a postavil se za nivelační podložku přibližně 3 metry daleko. Znovu se postavil nivelační přístroj pomocí horizontace a přečetlo se čtení na bližší lať a poté na vzdálenější a opět se spočetlo převýšení. Tímto se zjistila osová podmínka $L' \parallel Z$ nivelačního přístroje Nivel System El-32. Výsledek zkoušky je blíže popsán ve výsledcích viz Tabulka 4.1. Po provedení zkoušky nivelačního přístroje bylo započato samotné měření. Jako první bylo potřeba ověřit výšku bodu 6002 (výška určena v r. 2012), který jsem ověřoval pomocí dvojice bodů JC-033-179 a JC-033-177. Po ověření výšky bodu 6002 mohla započít první fáze zaměření bodového pole s využitím geometrické nivelace ze středu s bočními záměry. Nivelační pořad byl veden od bodu č. 6002 po zpevněné komunikaci, až k bodu č. 6009. V průběhu nivelačního pořadu se pomocí bočních záměr zaměřovaly body 6001; 6003; 6004; 6005; 6006; 6007; 6008 a 6009. Nivelační pořad byl měřen jako uzavřený tudíž se šlo stejnou trasou zpět a opět pomocí bočních záměr se určovaly body 6009 až 6001.

Výška pro nově zřízený bod č. 6017 se určila s využitím dvojice nivelačních bodů JC-033-179 a Mf7-8.1. Výška byla určena na základě 2krát určeného převýšení mezi body JC-033-179 a 6017 a Mf7-8.1 a 6017.

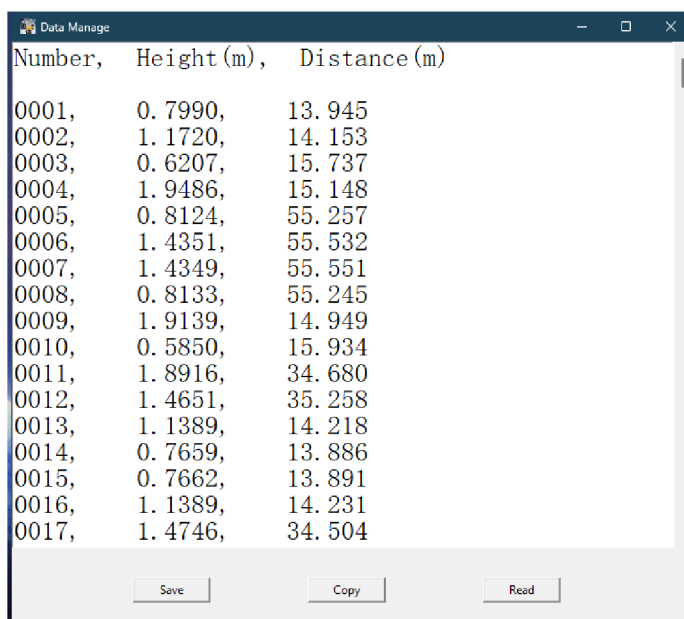
Po určení výšky bodu se mohlo přejít na doměření výšek zbývajících bodů vybudovaného výškového bodového pole. Pomocí uzavřeného nivelačního pořadu vycházejícího z bodu č. 6017 se pomocí bočních záměr zaměřovaly body 6016 a 6015. Za bodem 6015 se uzavřený nivelační pořad obrátil a pokračovalo se cestou zpět, kde se

opět pomocí bočních záměr zaměřovaly body 6015 a 6016. Nivelační pořad skončil záměrou vzad na bodě 6017.

Po dokončení měření jsem vždy v terénu kontroloval, zda jsem při měření nepřekročil mezní odchylku. V případě že by byla překročena mezní odchylka nivelačního pořadu muselo by se měření opakovat. Kontrola probíhala tak, že jsem si nejdříve spočetl součet vzdáleností a zjistil tak celkovou délku nivelačního pořadu. Tuto délku jsem poté převedl na kilometry. Poté jsem provedl součet hodnot záměr vzad a záměr vpřed. Tyto dvě hodnoty jsem od sebe odečetl a zjistil jsem měřené převýšení mezi těmito body. Skutečné převýšení jsem zjistil odečtením nadmořských výšek z nivelačních údajů. Provedl jsem odečet těchto dvou převýšení (má být mínus jest) a zjistil jsem tak odchylku měření. Tu jsem poté porovnával s mezní odchylkou, která se vypočetla ze vzorce $20 \cdot \sqrt{R}$, kde R je vyjádření délky pořadu v kilometrech. Po ověření, že mezní odchylka nebyla překročena jsem mohl pokračovat na další měření nivelačních pořadů.

3.6 Výpočet výšek bodů vybudovaného bodového pole

Hodnoty naměřených dat jsem získal z nivelačního přístroje Nivel System EL-32 pomocí program `level_data_manage.exe`, který je dostupný na stránkách cz.3gon.eu. Tento nivelační přístroj se pouze připojil k počítači a následně se otevřel zmiňovaný program. Zde se pouze použilo tlačítko „read“ a z nivelačního přístroje se zaměřená data zobrazila v podobě seznamu viz Obrázek 3.6.



Number,	Height (m),	Distance (m)
0001,	0. 7990,	13. 945
0002,	1. 1720,	14. 153
0003,	0. 6207,	15. 737
0004,	1. 9486,	15. 148
0005,	0. 8124,	55. 257
0006,	1. 4351,	55. 532
0007,	1. 4349,	55. 551
0008,	0. 8133,	55. 245
0009,	1. 9139,	14. 949
0010,	0. 5850,	15. 934
0011,	1. 8916,	34. 680
0012,	1. 4651,	35. 258
0013,	1. 1389,	14. 218
0014,	0. 7659,	13. 886
0015,	0. 7662,	13. 891
0016,	1. 1389,	14. 231
0017,	1. 4746,	34. 504

Obrázek 3.6 - Ukázka z programu (vlastní)

Tento seznam se poté přenesl do programu Excel, kde jsem si data upravil do podobné formy jako je nivelační zápisník pro technickou a plošnou nivelaci. V tomto programu jsem používal funkce jako jsou „průměr“, „suma“, „Smodch.výber.s“ (směrodatná odchylka) a „odmocnina“.

Výpočet výšek započal vypočtením nadmořských výšek bodů 6002 a 6017. Tyto výšky jsem vypočítal tak, že jsem od nadmořské výšky bodu č. JC-033-177, která byla převzata z nivelačních údajů, odečetl rozdíl měřeného převýšení ze směru tam z nivelačního pořadu JC-033-177 – 6002. Výsledná hodnota mi poté vyšla 386,9079 m. Druhá hodnota nadmořské výšky mi vyšla z rozdílu měřeného převýšení cesty zpět v téže nivelačním pořadu. Tato hodnota mi vyšla 386,9096 m. Poté jsem dostal další dvě různé hodnoty nadmořské výšky bodu 6002 z nivelačního pořadu JC-033-177-6002 obdobně jako v předchozím případě. Tyto hodnoty vyšly 386,9220 m a 386,9215 m. Jelikož při počítání výšek došlo k zjištění že výška bodu č. JC-033-179 vychází v průměru o 14 mm jinak, než je uvedeno v nivelačních údajích musel jsem pro vypočítání výšky bodu č. 6002 využít pouze měření z bodu č. JC-033-177. Výsledné hodnoty vypočtené z bodu č. JC-033-177 jsem poté zprůměroval pomocí funkce „průměr“ a vyšla tak nadmořská výška bodu, která činí: 386,9218 m.

K této nadmořské výšce jsem zjišťoval i přesnost, se kterou byla tato nadmořská výška změřena. Pro zjištění této přesnosti jsem využil funkce „Smodch.výber.s (směrodatná odchylka)“, kterou jsem vydělil počtem výsledných hodnot nadmořské výšky bodu č. 6002, umocnil číslem 0,5 a vynásobil číslem tisíc, abych zjistil tuto hodnotu v milimetrech.

Toto jsem provedl i pro zjištění nadmořské výšky bodu č. 6017, kde nadmořská výška vyšla 386,7692 m. Zde jsem také využil pouze výpočet z bodu č. Mf7-8.1. Přesnost zjištění nadmořské výšky je vyobrazena ve výsledcích viz Tabulka 4.4.

Po ověření a zjištění nadmořských výšek bodů 6002 a 6017 jsem mohl pokračovat v dalších výpočtech. Začal jsem výpočtem uzavřeného nivelačního pořadu 6002 - 6002, kde jsem počítal nadmořské výšky bodů č. 6001; 6003; 6004; 6005; 6006; 6007; 6008 a 6009. Nejdříve jsem k přestavovému bodu nivelačního pořadu přiřadil vypočtenou nadmořskou výšku. Mezní odchylku (ε) a délku pořadu (R) v kilometrech, jsem měl zjištěnou již z terénu, a proto jsem tyto hodnoty mohl využít i zde. Nejdříve bylo potřeba rozdělit odchylku měření (Δh) na záměry vzad, která se vypočítá následujícím způsobem: rozdíl nadmořských výšek přestavových bodů (ΔH), který vychází u uzavřeného nivelačního pořadu 0,000 m, jsem odečetl od sumy čtení vzad

a vpřed (δ). Tuto odchylku měření jsem poté přičetl ke všem záměrům vzad v nivelačním pořadu. Tímto mi nivelační pořad vyšel již s opravenými záměry. Díky tomuto jsem mohl počítat nadmořské výšky horizontů přístroje a výšky přestavových bodů pořadu. Nadmořská výška horizontu přístroje se spočítala přičtením záměry vzad na bod č. 6002 k nadmořské výšce bodu č. 6002. Výšky bodů vybudovaného výškového bodového pole jsem poté vypočítal odečtením boční záměry na bod od nadmořské výšky horizontu nivelačního přístroje. Tímto způsobem jsem poté vypočetl všechny nadmořské výšky horizontů přístroje a přestavových bodů u všech nivelačních pořadů. Takto jsem pokračoval pro všechny zaměřené nivelační pořady. U uzavřených nivelačních pořadů mi výsledná výška musela vyjít stejná jako byla převzatá z výpočtu. Výsledky nadmořských výšek nivelačních bodů vybudovaného výškového bodového pole jsou vyobrazeny viz Tabulka 4.4.

4 Výsledky a diskuse

V této kapitole bych chtěl shrnout výsledky z mého měření a výpočtu nadmořských výšek jednotlivých bodů vybudovaného výškového bodového pole v městském parku Stromovka v Českých Budějovicích.

Tabulka 4.1 - Zkouška nivelačního přístroje

	Čtení vzad [m]	Čtení vpřed [m]	Převýšení [m]	Rozdíl [m]	Oprava
1. pozice	1,8379	1,7627	0,0752	-0,0002	- 0,2 mm / 30 m
2. pozice	1,9179	1,8425	0,0754		

Před samotným měřením, jak již bylo zmíněno, byla provedena zkouška nivelačního přístroje Nivel Systém EL-32. Naměřené hodnoty z této zkoušky jsou vyobrazeny viz Tabulka 4.1. První pozice v tabulce znamená postavení stroje uprostřed mezi nivelačními podložkami, které se nacházely přibližně 30 m od sebe. Druhá pozice znamená postavení stroje přibližně 3 m za jednu z nivelačních podložek. Z této tabulky je patrné, že oprava činí -0,2 mm / 30 m. Tato chyba není považována za zásadní, a proto nemusíme přístroj rektifikovat.

Tabulka 4.2 - Mezní odchylky při ověřování výšek

Z bodu	Na bod	δ [m]	Δh [mm]	ε [mm]	$\Delta h < \varepsilon$
JC-033-179	6002	-2,7521	1,7	9,8	ANO
6002	JC-033-179	2,7504			
JC-033-177	6002	-1,3980	0,5	14,9	ANO
6002	JC-033-177	1,3985			
JC-033-179	6017	-2,9059	0,5	17,2	ANO
6017	JC-033-179	2,9064			
Mf7-8.1	6017	-2,1035	-3,3	19,9	ANO
6017	Mf7-8.1	2,1002			

Tabulka 4.2 zobrazuje výpočet mezních odchylek při ověřování výšek bodů č. 6002 a 6017. Je zde vidět, že všechny mezní odchylky (ε) byly dodrženy. Díky dodržení mezních odchylek jsem poté mohl pokračovat v dalším měření a zjišťování nadmořských výšek nivelačních bodů vybudovaného výškového bodového pole.¹

¹ δ – převýšení bodů, Δh - odchylka měření

Tabulka 4.3 - Mezní odchylky

Z bodu	Na bod	ΔH [m]	δ [m]	Δh [mm]	ε [mm]	$\Delta h < \varepsilon$
6002	6002	0,000	0,002	-0,2	16,5	ANO
6017	6017	0,000	0,002	-0,2	15,8	ANO
6017	6002	0,153	0,154	-1,7	16,8	ANO
6002	6017	-0,153	-0,151	-2,0	16,9	ANO

Tabulka 4.3 zobrazuje, že všechny mezní odchylky v nivelačních pořadech byly splněny. Mezní odchylka (ε) se v tomto případě počítala podle vzorce $20 \cdot \sqrt{R}$, kde (R) je délka nivelačního pořadu v kilometrech. Převýšení nadmořských výšek přestavových bodů nivelačních pořadů je zde označen jako ΔH . Použité písmeno δ v tomto případě znamená odchylku v měření mezi záměry vzad a vpřed. Hodnota Δh znamená rozdíl mezi převýšením nadmořských výšek bodů s odchylkou z měření.

Tabulka 4.4 - Výsledné nadmořské výšky v Bpv

č. bodu	Výsledné nadmořské výšky [m]	Směrodatná odchylka určení výšky bodu [mm]
6001	387,0125	0,4
6002	386,9218	3,8
6003	386,9233	0,6
6004	388,7617	0,3
6005	388,6004	1,1
6006	388,5870	0,3
6007	388,7595	0,4
6008	388,9042	0,4
6009	389,1011	0,4
6010	386,9794	1,2
6011	385,8614	2,6
6012	385,9859	2,6
6013	386,1813	2,3
6015	386,7322	0,2
6016	386,6288	0,4
6017	386,7692	4,5

Výsledné a opravené nadmořské výšky vybudovaného výškového bodového pole ze zaměřených nivelačních pořadů ve výškovém systému Bpv jsou k vidění v této kapi-

tole viz Tabulka 4.4. Výpočet těchto výšek je podrobněji popsán v kapitole č. 3.6. Můžeme zde vidět i přesnost, se kterou byly tyto výšky zaměřeny. Tato přesnost je vyjádřena výběrovou směrodatnou odchylkou, která byla vypočtena v programu Excel.

Celková vzdálenost změřených nivelačních pořadů byla v součtu 7,766 km, přičemž nejdelší vzdálenost byla u nivelačního pořadu při ověření výšky bodu č. 6017. Tato vzdálenost byla změřena na cestě od bodu č. 6017 k bodu č. Mf7-8.1. Tato vzdálenost činila 992 m.

Diskuse:

Na základě určení nadmořských výšek bodů č. 6002 a č. 6017 lze říct, že výška bodu č. JC-033-179 se během let změnila v průměru o 14 mm. V případě určení výšky bodu č. 6002 z bodu č. JC-033-179 se výsledná výška lišila oproti určení výšky z bodu č. JC-033-179 o 0,0130 m. V případě určení výšky bodu č. 6017 z bodu č. JC-033-179 se výsledná výška opět lišila oproti výšce určené z bodu č. Mf7-8.1 o 0,0150 m. Díky tomuto zjištění došlo k vypočítání výšek bodů č. 6002 a 6017 pouze z bodů č. JC-033-177 a Mf7-8.1. Výška bodu č. 6002 proto vyšla 386,9218 m a výška bodu č. 6017 je 386,7692 m. V běžné praxi by to znamenalo využití jiných okolních bodů výškového bodového pole, to ale nebylo cílem bakalářské práce, a proto k tomuto měření nedošlo.

Nejbližší body, které by se mohly místo bodu č. JC-033-179 využít by nesly označení JC-033-206 a JC-033-184. Tyto body jsou v průměru vzdáleny přibližně 570 m od bodu č. JC-033-179.

Pokud bych chtěl k těmto bodům, pro lepší vyhledání v terénu, vyhotovovat i geodetické údaje, ve kterých se mimo jiné kromě nadmořské výšky bodu vyskytují i souřadnice Y a X v souřadnicovém systému S-JTSK, bylo by rychlejší cestou zjištění hodnot Y, X a Z využít metody GPS nebo kombinace polární metody s trigonometrickým určením výšek. To ale nebylo cílem této bakalářské práce. Cílem bylo pouze zjistit nadmořské výšky těchto bodů, a proto jsem zde využil metody geometrické nivelace ze středu.

Závěr

Hlavním cílem bakalářské práce bylo vybudování a zaměření výškového bodového pole v městském parku Stromovka v Českých Budějovicích. Při budování bodového pole byly dodrženy požadavky stanovené v platných právních a technických předpisech, zejména platné referenční systémy.

Teoretická část se zabývá legislativní vymezením platných referenčních výškových systémů na území České republiky, metodami, kterými se měří výšky a stabilizací bodů výškového bodového pole. V praktické části jsou popsány jednotlivé kroky zaměření vybudovaného výškového bodového pole v městském parku Stromovka v Českých Budějovicích včetně výpočtu. Výsledné výšky včetně určení směrodatných odchylek měření jsou vyobrazeny v tabulkách. Dále je zde popsána samotná lokalita a využité pomůcky pro měření. Před samotným měřením proběhla rekognoskace a stabilizace šestnácti nově vzniklých bodů výškového bodového pole a také zkouška nivelačního přístroje. Ke stabilizaci těchto bodů byly využity jak měřické hřeby, tak měřické body. Pro zaměření výšek jednotlivých bodů jsem využil metodu geometrické nivelace ze středu s využitím bočních záměr vždy dvakrát z jiné nivelační sestavy. K zaměření jednotlivých výšek jsem využil elektronický nivelační přístroj Nivel System EL-32, který mi poskytla firma 3GON.

Na konci této bakalářské práce se nacházejí dokumenty, které slouží pro lepší přehled. Jedná se především o nivelační zápisníky, využité nivelační údaje k bodům výškového bodového pole, a také přehledná mapa s umístěním vybudovaných bodů výškového bodového pole v městském parku Stromovka.

Ve své práci jsem se setkal i s komplikacemi. Při měření například docházelo k nespolečnosti přístroje s digitální nivelační latí tím způsobem, že při měření s nivelačním přístrojem během přechodu ze světla do stínu a obráceně nivelační přístroj četl jinou délkou a čtení na lati, než by bylo obvyklé. Tento problém byl vyřešen vícečetným zaměřením jedné záměry. Doufám, že výsledky určení nadmořských výšek vybudovaných bodů budou přínosné pro výuku geodetických předmětů na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích.

Seznam použité literatury

1. Blažek, R. a Skořepa, Z. (2004). *Geodézie 3*. 2. přepr. vydání. Vydavatelství ČVUT, Praha, ISBN 80-01-03100-4.
 2. Blažek, R. a Skořepa, Z. (2009). *Geodézie 3 (výškopis)*. 3. vydání. Vydavatelství ČVUT, Praha. ISBN 978-80-01-04358-5.
 3. Čapek, R., Miškovský, M., Mucha, L. (1992). *Geografická kartografie*. 1. vydání. Státní pedagogické nakladatelství, Praha. ISBN 80-04-25153-6.
 4. Černohorský, J., Šíma, J. (2018). *Historický vývoj zeměměřických činností ve veřejném zájmu a státních orgánů v civilní sféře (1918-2018)*. 1. vydání. ČÚZK, Praha. ISBN 978-80-88197-10-2.
 5. Doušek, F. (1998). *Geodézie*. 1. vydání. Mandelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. ISBN 80-7157-300-0.
 6. Drápela, M. (1983). *Vybrané kapitoly z kartografie*. 1. vydání. Státní pedagogické nakladatelství, Praha.
 7. Hánek, P. st., Hánek, P., Maršíková, M. (2007). *Geodézie pro obor pozemkové úpravy a převody nemovitostí*. 1. vydání. Jihočeská univerzita ZF, České Budějovice. ISBN 978-80-7040-971-8.
 8. Hánek, P. st., Hánek, P., Maršíková, M. (2008). *Geodézie pro obor pozemkové úpravy a převody nemovitostí*. 2. vydání. Jihočeská univerzita ZF, České Budějovice. ISBN 978-80-7394-086-7.
 9. Hánek, P., Línková, L., Míka, K., Pospíšil, J., Suchá, J., Štroner, M. (2007). *Stavební geodézie*. 1. vydání. Nakladatelství ČVUT, Praha. ISBN 978-80-01-03707-2.
-

-
10. Huml, M., Buchar, P., Mikšovský, M., Veverka, B. (2003). *Mapování a kartografie*. 1. vydání. Vydavatelství ČVUT, Praha. ISBN 80-01-02383-4.
 11. Hybášek, J. (1993). *Topografická a tematická kartografie*. 1. vydání. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., Brno. ISBN 80-900590-6-6.
 12. Maršík, Z. (1998). *Dějiny zeměměřičtví*. 1. vydání. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., Brno. ISBN 80-214-0972-X.
 13. Maršík, Z. (1998). *Základy geodézie a kartografie (pro zemědělské inženýry)*. 2. upr. vydání. Jihočeská univerzita ZF, České Budějovice. ISBN 80-7040-304-7.
 14. Nevosád, Z., Vitásek, J. (2004). *Geodézie II, modul 03 (přůvodce předmětem geodézie II)*. 1. vydání. Vysoké učení technické v Brně, Brno.
 15. Novotný, M. (1995). *Geodézie a kartografie*. 1. vydání. Jihočeská univerzita ZF, České Budějovice. ISBN 80-7040-135-4.
 16. Pažourek, J., Reška, J., Busta, J. (1992). *Mapování*. 1. vydání. Nakladatelství VUT, Brno. ISBN 80-214-0454-X.
 17. Sládková, D. (2002). *Měření výšek (učební texty)*. 1. vydání. Vysoká škola báňská, Ostrava.
 18. Švec, M. a kol. (1998). *Stavební geodézie 10*. 1. vydání. Vydavatelství ČVUT, Praha. ISBN 80-01-01733-8.
 19. Švec, M., Hánek, P. (1999). *Stavební geodézie 10*. 2. vydání. Vydavatelství ČVUT, Praha. ISBN 80-01-02076-2.
 20. Veverka, B., Zimová, R. (2008). *Topografická a tematická kartografie*. 1. vydání. Vydavatelství ČVUT, Praha. ISBN 978-80-01-04157-4.
-

-
21. Vondrák, J. (2004). *Geodézie II, modul 01 (geodetická cvičení II)*. 1. vydání. Vysoké učení technické v Brně, Brno.

Cizojazyčné zdroje:

22. Bhavikatti, S.S. (2008). *Surveying and Levelling [Geodézie a nivelace]*. 1st edition. Published by I.K. International Publishing House Pvt. Ltd., New Delhi. ISBN 978-81-906942-0-9.
23. Chandra, A.M. (2005). *Surveying. [Geodézie]*. 1st edition. Published by New Age International, New Delhi. ISBN 978-81-224-2532-1.
24. Schofield, W. and Breach M. (2007). *Engineering Surveying [Inženýrská geodézie]*. 6th edition. Elsevier, Burlington. ISBN 978-0-7506-6949-8.
25. Uren, J. and Price, B. (2010). *Surveying for engineers [Geodézie pro inženýry]*. 5th edition. Published by Palgrave MacMillan, New York. ISBN 978-0-230-22157-4.

Legislativa:

26. ČSN 73 0401. (1990). *Názvosloví v geodézii a kartografii*.
27. ČUZK. (2009). *Metrologický řád*. Český úřad zeměměřický a katastrální, Praha.
28. Nařízení vlády č. 159/2023 Sb., o stanovení geodetických referenčních systémů závazných na celém území České republiky, databází geodetických a geografických údajů a státních mapových děl vytvářených pro celé území České republiky a zásadách jejich používání.
29. Vyhláška č. 31/1995 Sb., Českého úřadu zeměměřického a katastrálního, kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením.
-

-
30. Zeměměřický úřad. (2015). *Návod pro správu geodetických základů České republiky*. Český úřad zeměměřický a katastrální, Praha. ISBN 978-80-86918-86-0.

Internetové zdroje:

31. 3GON Positioning, (2022). Nivel System El-32. [online] [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://cz.3gon.eu/produkt/nivel-system-el-321>
32. České Budějovice, (2024). *Park Stromovka*. [online] [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://www.budejce.cz/aktivity/46-park-stromovka>
33. ČÚZK. *Geoprohlížeč*. [online] [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>
34. Encyklopedie Českých Budějovic, (2024). *Stromovka*. [online] [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://www.encyklopedie.c-budejovice.cz/clanek/stromovka>
35. Geomatika. *Geometrická nivelace*. [online] [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://gis.zcu.cz/studium/gen1/html-old/ch11.html#d4e8584>
36. Geomatika. *Metody nivelace*. [online] [2024-03-18]. Dostupné z: <http://geomatika.kma.zcu.cz/studium/gen1/html-old/ch11s05.html>
37. Geomatika. *Zdroje chyb při nivelaci*. [online] [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://gis.zcu.cz/studium/gen1/html-old/ch11s04.html#d4e8800>
38. Geomatika. *Zkouška a rektifikace nivelačních přístrojů*. [online] [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <http://old.gis.zcu.cz/studium/gen1/html-old/ch11s03.html>
39. IngGeo – portál inženýrské geodézie. *Základy teorie chyb měření*. [online] [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: https://inggeo.fsv.cvut.cz/wiki/doku.php?id=04_teorie_chyb:0401_zaklady_teorie_chyb_mereni
-

-
40. Nivel System. *Electronic level EL-32*. [online] [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://nivelsystem.com/en/product/el32/#plikpopup>
41. VISIONPLAN-3D s.r.o. *Slovník geodézie: Bpv*. [online] [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://www.visionplan.cz/slovník-bpv-geodezie/>
42. Zeměměřický úřad. *Nivelační údaje*. [online] [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: https://bodovapole.cuzk.cz/_nbOutput_n2.aspx?id=jT5ATqP5Or5eYsg5DH%2fmXIP66ePBI8X9dR%2b0stCBTFHrz2Lz0SopEA4GofmOBQU5ILOK Iv%2feNA%3d
43. Zeměměřický úřad. *Základní nivelační body*. [online] [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: https://nivelace.cuzk.cz/_znb.aspx
-

Seznam obrázků

Obrázek 2.1 - ZNB Lišov I (Vlastní)	11
Obrázek 2.2 - Přehled rozdělení nivelační oblasti I. řádu na nivelační oblasti II. řádu a vedení nivelačních pořadů III. řádu (Vyhláška č. 31/1995 Sb.).....	12
Obrázek 2.3 - Štítek s textem (vlastní).....	14
Obrázek 2.4 - Čtení na lati (Maršík, 1998a).....	17
Obrázek 2.5 - Geometrická nivelace ze středu (vlastní)	19
Obrázek 3.1 - Situace rozmístění bodů (vlastní).....	22
Obrázek 3.2 - Měřický bod (vlastní)	23
Obrázek 3.3 - Stabilizace bodu č. 6015 (vlastní)	23
Obrázek 3.4 - Nivelační přístroj Nivel System EL-32 (vlastní)	25
Obrázek 3.5 – Kódová nivelační lať (vlastní)	26
Obrázek 3.6 - Ukázka z programu (vlastní)	28

Seznam tabulek

Tabulka 4.1 - Zkouška nivelačního přístroje.....	31
Tabulka 4.2 - Mezní odchylky při ověřování výšek	31
Tabulka 4.3 - Mezní odchylky	32
Tabulka 4.4 - Výsledné nadmořské výšky v Bpv	32

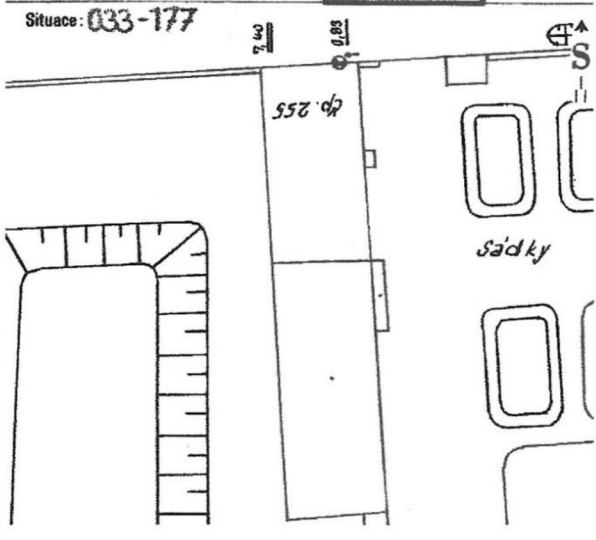
Seznam použitých zkratek

Bpv	– Balt po vyrovnání
ČR	– Česká republika
ZNB	– základní nivelační bod
ČSNS	– Česká státní nivelační síť
PN	– přesná nivelace
PNS	– plošná nivelační síť
TN	– technická nivelace
ČSN	– Česká státní norma
ČÚZK	– Český úřad zeměměřický a katastrální
PVBP	– Podrobné výškové bodové pole
ZVBP	– Základní výškové bodové pole
S-JTSK	– Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
GPS	– (Globální družicový polohový systém)
EVRS	– evropský výškový referenční systém
WGS84	– (Světový souřadnicový systém 1984)
EGM96	– (Světový výškový referenční systém 1996)
EGM2008	– (Světový výškový referenční systém 2008)
Smodch.výber.s	– Směrodatná odchylka

Příloha č. 2 – Nivelační údaje bodu č. JC-033-179

Nivelační pořad: PNS-JC 033 České Budějovice					
Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmořská výška Bpv	Výška z roku
		odtlku	od počátku		
	JC-033-179	0.000	0.000	389.660 m	1961
<p>Místopisný popis: dům čp. 815</p>		<p>Místopis:</p>			
<p>Stav a stáří objektu: dobře udržovaná, cihlová stavba na podezdívce asi z r. 1900 značka 0.5 m nad zemí</p> <p>Poznámky:</p>		<p>Úz. jednotka: 330100101 Okres: České Budějovice Obec: České Budějovice Kat. území: České Budějovice 1 Vlastník/parc. č.: /</p>			
ZM-50	32-22		SMO-5	Č. BUDĚJOVICE 2-3	
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval	Druh bodu	Souřadnice v S-JTSK	
ČV	0	Úř.aut.civilní geometr		Y	m
	Druh stab.	Nykodym Emil		X	m
	N	1948			
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	Gs	Gn	Ba
0 11		0 11	mgal	mgal	mgal
Datum: 2.3.2024					

Příloha č. 3 – Nivelační údaje bodu č. JC-033-177

Nivelační pořad: PNS-JC 033 České Budějovice					
Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmořská výška Bpv	Výška z roku
		oddílu	od počátku		
	JC-033-177	0.000	0.000	388.320 m	1961
<p>Místopisný popis: dům čp. 255, sádky</p>			<p>Místopis: Situace: 033-177</p> 		
<p>Stav a stáří objektu: budova asi z r. 1880, obnovená v r. 1948 značka 0.5 m nad zemí</p> <p>Poznámky:</p>			<p>Úz. jednotka: 330100101 Okres: České Budějovice Obec: České Budějovice Kat. území: České Budějovice 1 Vlastník/parc. č.: /</p>		
ZM-50	32-22		SMO-5	Č. BUDĚJOVICE 2-2	
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval	Druh bodu	Souřadnice v S-JTSK	
ČV	0	Úř.aut.civilní geometr		Y	m
	Druh stab.	Nykodym Emil		X	m
	N	1948			
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	Gs	Gn	Ba
° ' "		° ' "	mgal	mgal	mgal
Datum: 2.3.2024					

Příloha č. 4 – Nivelační údaje bodu č. Mf7-8.1

Nivelační pořad: Mf7 České Budějovice-Křemže						
Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmořská výška Bpv	Výška z roku	
		oddílu	od počátku			
Mf7-7	Mf7-8.1	0.490	2.270	388.871 m	1996	
<p>Místopisný popis: Litvínovice, dům čp.77</p>		<p>Místopis: Mf7-8.1</p>				
<p>Stav a stáří objektu: značka 0,3 m nad zemí zachovalá omítnutá částečně podsklepená kamenná stavba asi z roku 1900</p> <p>Poznámky:</p>		<p>Úz. jednotka: 330105501 Okres: České Budějovice Obec: Litvínovice Kat. území: Litvínovice Vlastník/parc. č.: /</p>				
ZM-50	32-22		SMO-5	ČESKÉ BUDĚJOVICE 2-3		
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval	Druh bodu	Souřadnice v S-JTSK		
Č V/a	3	Zůřad		Y	757431 m	dig.
	Druh stab.	Kreps		X	1167217 m	
	N	1995				
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	Gs	Gn	Ba	
14° 27' 20,4"		48° 57' 49,7"	980860 mgal	980973 mgal	-23 mgal	
Datum: 2.3.2024						

Příloha č. 5 – Niveláčnický zázpisník č.1

Zázpisník pro technickou a plošnou nivelaci

Číslo bodu	Čtení na lati			Nadmořská výška horizontu stroje	Nadmořská výška bodu		Poznámka
	přestavovacího	bočního			přestavovacího	určeného bočně	
JC-033-17B	0,7662				383,660		14m DATUM MĚŘENÍ: 01.08.2023
	1,4746	1,1383					14m BAPSAL: MARTIN HAREŠ
		1,9038					35m POČASÍ: JASNO 25°C
	0,7332						35m NIVELAČNÍ PŘÍSTROJ:
		2,0668					15m - Nivel System EC-32
	0,8315						16m - v.c. C51847
6002		1,5141					53m STATIV
							58m - 6STOSL
6002	1,5141						240m - v.c. S63630
		0,8323					POHODNĚ (LAT)
	2,0835						53m - ZDENĚK VÁVA
		0,7614					17m
	1,5130						15m
		1,4812					35m
	1,0355						35m
JC-033-17B		0,7228			383,660		14m
							14m
							241m
							$Z_{B1} = 3,8713m$
							$\Sigma D_1 = 6,6236m$
							$d_1 = Z_{B1} - \Sigma D_1$
							$d_1 = -2,7524m$
							$Z_{B2} = 6,6181m$
							$\Sigma D_2 = 3,8677m$
							$d_2 = Z_{B2} - \Sigma D_2$
							$d_2 = 2,7504m$
							$R = 0,481km$
							$E = 20 \cdot VR$
							$E = 13,87mm$
							$\Delta h = d_1 + d_2$
							$\Delta h = -0,0017m (-1,7mm)$
							$\Delta h \leq E \checkmark$

Příloha č. 6 – Nivelační zápisník č. 2

Zápisník pro technickou a plošnou nivelaci

Číslo bodu		Čtení na lati			Nadmožská výška horizontu stroje	Nadmožská výška bodu		Poznámka
přestavového	bočního	vzad +	vpřed -	bočně -		přestavového	určeného bočně	
JC-08	177	1,1053	1,3141		388,310		2m 7m 80m 89m 87m 82m 89m 37m 14m 16m 52m 58m	DATUM VEŘEJNÍ: 08.08.2023 ZAPSAL: MARTIN MAREŠ POČASÍ: JASNO, 25°C NIVELACNÍ PŘÍSTROJ: - NIVEL SYSTÉM EL-32 - V.Č. ČS 1947 STATIV - GSIQSL - VE 562630 POTOK (k.ÚA): ŽBENĚK VAJVA
	6007	1,3166	1,5402				52m 58m	553m
	6008	1,5583	0,9175				58m 52m 16m 15m 31m 29m 21m 27m 29m 20m 20m 20m	
JC-08	177	1,3168	1,2076		388,320		7m 8m	553m
		1,8853	1,2653					$D = 1,106 \text{ km}$ $E = 20 \cdot \sqrt{D}$ $E = 20 \cdot \sqrt{1,106} = 21 \text{ mm}$
								$d_1 = Z_{vzad} - Z_{upred}$ $d_1 = 1,1053 - 1,3141$ $d_1 = -0,2088 \text{ m}$
								$d_2 = 1,3166 - 1,5402$ $d_2 = -0,2236 \text{ m}$ $d_2 = -0,2236 \text{ m}$ $\Delta h = d_1 + d_2$ $\Delta h = -0,4324 \text{ m} = 0,43 \text{ m}$
								$\Delta h < E \checkmark$

Příloha č. 7 – Niveláčnický zázpisník č. 3

Zázpisník pro technickou a plošnou nivelaci

přesta- vového	číslo bodu bočního	Čtení na lati			Nadmořská výška horizontu stroje	Nadmořská výška bodu		Poznámka
		vzad +	vpřed -	bočně -		přestavového	určeného bočně	
	6002	1,5243					50m	DATUM MĚŘENÍ: 08.20
	6001			1,4345			8m	ZABŮJ: MARTIN MALES
	6003			1,5273			12m	POČASÍ: JAKO 25°C
			1,1269				56m	NIVELAČNÍ PŘÍSTROJ
		1,3384					17m	- Nivel System
			0,6238				14m	- v.č. C51347
	6004	1,4365					33m	STATIV
				1,3622			24m	- GST05L
			1,4841				33m	- v.č. 563630
		1,5900					58m	POMOCNÍK (LAT):
	6005			1,6273			45m	- ZDENĚK VAJDA
	6006			1,6473			20m	
	6007			1,4894			5m	
			1,2807				56m	
	6008	1,5877					11m	
	6003			1,6233			4m	
				1,4263			11m	
			1,3813				13m	
	6003	1,3818					13m	OTOKA
	6008			1,4333			17m	
				1,6277			5m	
			1,5851				11m	
		1,2360					56m	
	6007			1,4713			6m	
	6006			1,6473			19m	
	6005			1,6347			45m	
			1,5961				57m	
		1,5243					26m	
			1,4724				38m	
		0,7228					12m	
	6004			0,6477			18m	
			2,0906				19m	
		1,1277					52m	
	6003			1,5244			8m	
	6001			1,4335			87m	
	6002		1,5248				52m	
		14,1870	14,1848					$\Sigma z = 14,1870 \text{ m}$ $\Sigma p = 14,1848 \text{ m}$ $d = \Sigma z - \Sigma p$ $d = 0,0022 \text{ m (22 mm)}$ $R = 0,677 \text{ km}$ $\epsilon = 20 \cdot \sqrt{R}$ $\epsilon = 16,56 \text{ mm}$ $d < \epsilon \checkmark$

Příloha č. 8 – Nivelační zázpisník č. 4

Zázpisník pro technickou a plošnou nivelaci

Číslo bodu		Čtení na lati			Nadmořská výška horizontu stroje	Nadmořská výška bodu		Poznámka
přestavového	bočního	vzad +	vpřed -	bočně -		přestavového	určeného bočně	
6017		1,7627	1,8373				52 m	DATUM MĚŘENÍ: 11.06.23
		1,7757					46 m	ZAPISAL: MARTIN HAZEK
							65 m	POČASÍ: JASNO 26°C
6016			1,7358				25 m	NIVELACNÍ PŘÍSTROJ:
			1,7702				70 m	- Nivel System EL-32
		1,4824					39 m	- V.č. C51347
6015			1,4573				28 m	STATIV
			1,3420				39 m	- GSTOSC
		1,3423					39 m	- V.č. S03630
6013			1,4583				28 m	POMOCNÍK (LAT)
			1,4322				39 m	- ZDENĚK VANA
		1,1714					70 m	
6016			1,2174				25 m	
			1,1772				65 m	
		1,8845					46 m	
6017			1,8076				52 m	
								$Z_z = 8,8236 \text{ m}$
								$Z_p = 8,8276 \text{ m}$
								$d = Z_z - Z_p$
								$d = 0,0020 \text{ m (2,0 mm)}$
								$R = 0,622$
								$E = 20 \cdot \sqrt{R}$
								$E = 15,72 \text{ mm}$
								$\Delta h < E \checkmark$

Příloha č. 9 – Niveláčnický zázpisník č. 5

6017 → 6002

Zázpisník pro technickou a plošnou nivelaci

Číslo bodu		Čtení na lati			Nadmořská výška horizontu stroje	Nadmořská výška bodu		Poznámka
přestavového	bočního	vzad +	vpřed -	bočně -		přestavového	určeného bočně	
6017		1,5874				386,770	32 m	DATUM MĚŘENÍ: 11.08.2008
			-1,1027				32 m	ZAPSAL: MARTIN MADES
		1,4024					35 m	POČASÍ: JASNO 26°C
			1,4006				36 m	NIVELACNÍ DOBŮ 203
		1,3710					36 m	- Nivel Jaster EL-32
			1,6063				34 m	- v.c. C51947
		1,2425					36 m	STATIV
			1,5220				34 m	- GSTOŠL
		1,6732					32 m	- v.c. 563630
6010				1,4428			17 m	DOMOKRIL (LH)
			1,3930				30 m	ZDE NEK VANA
		1,6227					39 m	
			1,3051				37 m	
		1,2064					28 m	
			1,2822				29 m	
		1,0507					17 m	
			1,9797				17 m	
		1,1708					32 m	
6013				1,3288				24 m
6012				1,5250				9 m
6011				1,6495				10 m
			1,1351				32 m	
		1,6073					18 m	
			0,9273				17 m	
		1,0702					24 m	
			1,1432				24 m	
		1,5311					27 m	
6003				1,5312				30 m
6001				1,5028				65 m
6002			1,3942				31 m	
		16,5158	16,3915					
								$\sum z = 16,5458 \text{ m}$
								$\sum p = 16,3915 \text{ m}$
								$d_h = \sum z - \sum p$
								$d_h = 0,1543 \text{ m}$
								$R = 0,909 \text{ km}$
								$E = 20 \text{ V}$
								$E = 16,84 \text{ m.k}$

Příloha č. 10 - Niveláčnický záznam č. 6

Zápisník pro technickou a plošnou nivelaci

Číslo bodu	Čtení na lati			Nadmořská výška horizontu stroje	Nadmořská výška bodu		Poznámka
	přestavovací	bočního	bočního		přestavovací	určeného bočně	
477-81		1,2854			388,871		15 m DATUM MĚŘENÍ : 10.08.2013
			1,3450				15 m ZAPSAL : MAREŠ
		1,3101					77 m POUČASÍ : JASNO, 26 °C
			1,5816				38 m NIVELACNÍ ZVLÁŠTNOST
		1,0243					47 m - Nivel System EL-32
			1,7344				48 m - v.c. C51347
		1,4691					41 m STATIV
		1,4154					43 m - GSTOSL
			1,5405				55 m - v.c. 563630
		1,4113					55 m DOPOUČENÍ (LAT) : ŽELEZKA
			1,5461				38 m
		1,4511					33 m
			1,1610				35 m
		1,3522					56 m
			1,5431				58 m
		1,3266					25 m
			1,4637				25 m
		1,4076					65 m
			1,3520				05 m
		1,5053					47 m
			1,3621				52 m
607		1,1318					27 m
			1,6278				27 m 330 m
607		1,6123					32 m
			1,1134				33 m $\sum z_1 = 16,086 \text{ m}$
		1,3300					52 m $\sum p_1 = 18,1883 \text{ m}$
			1,4776				47 m $d_1 = \sum z_1 - \sum p_1$
		1,3467					65 m $f_1 = -2,1035 \text{ m}$
			1,3626				65 m
		1,4915					25 m $\sum z_2 = 18,2972 \text{ m}$
			1,3643				29 m $\sum p_2 = 16,1970 \text{ m}$
		1,5748					58 m $d_2 = \sum z_2 - \sum p_2$
			1,3636				56 m $f_2 = 2,1002 \text{ m}$
		1,1552					35 m
			1,4436				35 m $R = 1,9814 \text{ m}$
		1,5724					33 m $\epsilon = 20 \cdot \sqrt{R}$
			1,4389				38 m $\epsilon = 28,15 \text{ m}$
		1,5346					56 m
			1,4066				54 m $\Delta h = d_1 + d_2$
		1,8432					44 m $\Delta h = -0,0033 \text{ m} (9,33 \text{ m})$
			1,4676				40 m
		1,7991					42 m $\Delta h \leq \epsilon \checkmark$
			1,0422				42 m
		1,6251					38 m
			1,3653				37 m
		1,4046					15 m
477-81			1,3447		388,871		15 m 332 m

Příloha č. 11 - Nivelační zázpisník č. 7

Zázpisník pro technickou a plošnou nivelaci

Číslo bodu přestavovéhó	Čtení na lati			Nadmořská výška horizontu stroje	Nadmořská výška bodu		Poznámka
	bočného	vzad +	vpřed -		přestavovéhó	určenéhó bočně	
6073-173		0,7957			389,660		74m DATUM MĚŘENÍ: 01.08.2023
		1,5223	1,7665				14m ZAPSAL: MARTIN MAZĚB
			1,9517				35m POČASÍ: 25 C, JASNO
		0,7300					35m NIVELAČNÍ DDJMP03:
			2,0778				75m - Nivel Systém EL-32
		0,6977					76m - v.c. CS1947
			1,7401				14m STATIV
		0,9567					75m - GSTOSL
			1,1232				37m - v.c. 563630
		1,9522					38m POMOČNÍK(LAT): ZDEJEK VÁNA
		1,5452	1,0050				16m
			2,0539				16m
		1,6435					60m
			1,3745				16m
		1,2530					16m
			1,4313				39m
		1,6557					39m
			1,4007				26m
		1,6729					26m
			1,4823				28m
		1,5163					28m
			1,3104				33m
		1,2071					34m
			1,7079				33m
6077		17,1199	20,0157		386,754 ✓		32m 736m
6077		1,7069			386,754 ✓		32m $Z_2 = 17,1199m$
			1,2077				33m $Z_{p1} = 20,0258m$
		1,5046					34m $Z_1 = Z_2 - Z_{p1}$
			1,5107				35m $Z_1 = -2,9059m$
		1,5094					25m
			1,7071				33m $Z_{p1} = 20,2356m$
		1,3946					26m $Z_{p2} = 17,3292m$
			1,6304				26m $Z_1 = Z_{p1} - Z_{p2}$
		1,4352					36m $Z_1 = 2,9064m$
			1,2271				47m
		1,4416					77m $R = 1,476km$
			1,6937				16m $\epsilon = 20 \cdot \sqrt{R}$
		2,1156					60m $\epsilon = 24,30mm$
			1,6164				60m
		1,0382					17m $\Delta h = d_1 + d_2$
			1,9880				16m $\Delta h = 0,0005m (0,5mm)$
		1,1555					38m
			0,9650				37m $\Delta h < \epsilon \checkmark$
		1,7068					14m
			0,6637				75m
		2,0592					16m
			0,7314				75m
6073-173		1,9598			389,660		35m

Geodézie 3.39 - 1971

RSC G08 g1.00 - 2001

Vytiskla Royal Star Company, Rezine - Exopolis

1,5327
1,2285
0,8563
20,2356 \approx 17,3292

35m
75m
14m
740

Příloha č. 12 - Nivelační zápisník č. 8

6002 - 6017

Zápisník pro technickou a plošnou nivelaci

Číslo bodu	Čtení na lati			Nadmořská výška horizontu stroje	Nadmořská výška bodu		Poznámka
	přestavového	bočného			přestavového	určeného bočně	
	vzad +	vpřed -	bočně -				
6002	1,5570	-	-			31 m	DATUM MĚŘENÍ: 11.06.22
6001			1,4659			66 m	ZAPSAL: MARTIN MAŘEŠ
		1,4354				27 m	POČASÍ: JASNO, 26°C
	1,6225					25 m	NIVELAČNÍ PŘÍSTROJ:
6003			1,6823			22 m	- NIVEL SYSTÉM EL-51
		1,2107				22 m	- V.Č. CS 1947
	0,6377					25 m	STATIV
		1,9724				25 m	- GSTOŠL
	1,4515					27 m	- V.Č. 563630
6011			1,6525			14 m	BOJLOČN. LI (LAT)
6012			1,5280			5 m	- ZDENEK VANA
6013			1,3323			13 m	
		1,1640				27 m	
	2,0120					17 m	
		1,0304				17 m	
	1,3381					28 m	
		1,2639				28 m	
	1,3472					27 m	
		1,6615				23 m	
	1,4180					30 m	
6010			1,4679			17 m	
		1,6931				32 m	
	1,5386					34 m	
		1,5724				34 m	
	1,6670					36 m	
		1,4215				36 m	
	1,4299					36 m	
		1,4318				35 m	
	1,1482					33 m	
6017		1,6437				32 m	713
	17,2282	17,3788					
							$S_2 = 17,2282 \text{ m}$
							$S_P = 17,3788 \text{ m}$
							$d_1 = S_2 - S_P$
							$d_2 = -0,1506 \text{ m}$
							$R = 0,913 \text{ km}$
							$E = 20 \cdot \sqrt{R}$
							$E = 16,85 \text{ mm}$
							$\Delta h = d_1 + d_2$
							$\Delta h = 0,0037 \text{ m}$
							$\Delta h < E \checkmark$