

# JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

---

Zemědělská fakulta  
Katedra krajinného managementu

Studijní program: N4106 Zemědělská specializace  
Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí  
Katedra: Katedra krajinného managementu  
Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

Testování odrazných systémů pro měření vzdáleností

Vedoucí diplomové práce:  
Autor:

Ing. Bc. Martin Pavel  
Bc. Miroslav Šimek

---

2014

Zde bude zadání DP

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Datum.....

Podpis studenta.....

**Poděkování:**

Můj dík patří hlavně Ing. Bc. Martinu Pavlovi za vedení této diplomové práce, trpělivost, neocenitelné rady, zapůjčení přístrojového vybavení a další použité techniky.

Další dík patří panu Ing. Jaroslavu Zámešovi za poskytnutí totální stanice Topcon. Za pomoc při měřických pracích děkuji všem zúčastněným, jmenovitě Martinu Šimkovi, Bc. Janu Rezkovi, a Josefu Majerovi. Též děkuji slečně Anetě Majerové za morální podporu při zpracování této práce.

## **ABSTRAKT**

Tématem této práce je „Testování odrazných systémů pro měření vzdáleností.“ V rámci práce bylo vyrobeno odrazné zařízení z hliníkového plechu a odrazné fólie. Toto zařízení bylo testováno s dalším odrazným přípravkem fungujícím na stejném principu. Cílem práce bylo tato zařízení otestovat za různých klimatických podmínek. Byly vyhodnoceny směrodatné odchylky měřených hodnot a určeny součtové konstanty pro používané totální stanice a odrazná zařízení. V závěru práce bylo navrženo využití těchto zařízení při geodetických pracích v rámci pozemkových úprav.

### **Klíčová slova**

odrazná fólie, elektronické dálkoměry, součtová konstanta, retroreflexe

## **ABSTRACT**

The theme of this thesis is a "Testing of reflective systems for distance measuring." Within the work was created reflective device of aluminum sheet and reflective foil. This device was tested with another reflective device that operates on the same principle. The aim of this study was to test devices under different climatic conditions. Standard deviations of the measured values and the values of additive constants for each total station and reflective devices were evaluated. In conclusion, it was suggested the use of these devices in geodetic work under land adjustment.

### **Keywords**

reflective foil, electronic distance meters, additive constant, retroreflection

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>LITERÁRNÍ PŘEHLED .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Elektronické měření délek .....</b>	<b>9</b>
2.1.1	<i>Elektronické dálkoměry.....</i>	<i>9</i>
2.1.2	<i>Opravy délek .....</i>	<i>12</i>
2.1.3	<i>Součtová konstanta.....</i>	<i>14</i>
2.1.4	<i>Přesnost délek měřených elektronickými dálkoměry .....</i>	<i>14</i>
<b>2.2</b>	<b>Odrazná zařízení .....</b>	<b>16</b>
2.2.1	<i>Optické hranoly.....</i>	<i>16</i>
2.2.2	<i>Odrazná zařízení .....</i>	<i>16</i>
<b>2.3</b>	<b>Geodetické práce uplatňované v rámci pozemkových úprav .....</b>	<b>17</b>
<b>2.4</b>	<b>Retroreflexe.....</b>	<b>18</b>
2.4.1	<i>Typy reflexních fólií.....</i>	<i>18</i>
<b>3</b>	<b>CÍLE A METODIKA PRÁCE .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1</b>	<b>Měřické práce .....</b>	<b>22</b>
3.1.1	<i>Ověření svislosti uchycení používaných zařízení .....</i>	<i>23</i>
3.1.2	<i>Testování odrazných systémů za různých podmínek .....</i>	<i>24</i>
3.1.3	<i>Testování možnosti cílení z výšky.....</i>	<i>26</i>
<b>3.2</b>	<b>Výpočetní práce .....</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>ODRAZNÉ SYSTÉMY A POUŽITÉ PŘÍSTROJE.....</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>35</b>
<b>5.1</b>	<b>Podmínky při měření .....</b>	<b>36</b>
5.1.1	<i>První termín měření .....</i>	<i>36</i>
5.1.2	<i>Druhý termín měření.....</i>	<i>37</i>
<b>5.2</b>	<b>Odrazný systém 2 .....</b>	<b>38</b>

5.2.1	<i>Testování svislosti uchycení</i> .....	38
5.2.2	<i>Testování všesměrného cílení</i> .....	39
5.2.3	<i>Testování odrazných systémů za různých podmínek</i> .....	40
5.2.4	<i>Testování výškového měření</i> .....	44
<b>5.3</b>	<b>Odrasný systém 3</b> .....	<b>45</b>
5.3.1	<i>Testování svislosti uchycení</i> .....	45
5.3.2	<i>Testování všesměrného cílení</i> .....	45
5.3.3	<i>Testování odrazných systémů za různých podmínek</i> .....	46
5.3.4	<i>Testování výškového měření</i> .....	49
<b>5.4</b>	<b>Součtové konstanty</b> .....	<b>50</b>
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>52</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM ZDROJŮ</b> .....	<b>53</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK</b> .....	<b>58</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>58</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM SCHÉMÁT</b> .....	<b>58</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM GRAFŮ</b> .....	<b>55</b>
<b>12</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>57</b>
<b>13</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>58</b>

# 1 ÚVOD

Elektronické dálkoměry v dnešní době patří mezi nejrozšířenější přístroje sloužící k rychlému a přesnému měření délek. Integrované do totálních stanic mají nezastupitelnou roli při výkonu nejrůznějších zeměměřických činností. Koncový bod měřené délky je signalizován pomocí odrazných systémů, které mají retroreflexivní schopnost. Umožňují tedy laserovému paprsku elektronického dálkoměru odrazit se od odrazného systému v původní dráze, ovšem opačným směrem zpět k dálkoměru. V praxi se dnes užívají odrazné hranoly a odrazné fólie. Maximální měřená délka se v případě odrazných fólií u většiny v dnešní době používaných totálních stanic pohybuje dle technické dokumentace výrobců mezi 150 až 200 metry. Existují i přístroje, které pracují s pasivním odrazem měřických vln od nepohltivého cíle, takže na koncový bod není zapotřebí umisťovat odrazné systémy. Tento způsob měření bez odrazného systému má však menší přesnost.

Odrazné systémy jsou finančně náročnou položkou v inventáři geodeta. V rámci terénních měření mohou být tyto systémy neopatrnou manipulací poškozeny. Cílem této práce bylo tedy vytvoření prototypu všesměrového odrazného zařízení z odrazné fólie a testování jeho použitelnosti za různých klimatických podmínek. Při výrobě prototypu bylo požadavkem dosáhnout co nejmenších nákladů na výrobu. Spolu s vyrobeným odrazným zařízením bylo testováno jiné odrazné zařízení podobného principu fungování, ovšem jiné konstrukce. Výsledkem práce je vyhodnocení použitelnosti těchto zařízení za různých klimatických podmínek a návrh jejich využití pro geodetické práce v rámci pozemkových úprav.



## 2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 2.1 Elektronické měření délek

#### 2.1.1 Elektronické dálkoměry

Elektronické dálkoměry jsou v dnešní době nejrozšířenější přístroje sloužící k měření délek. Princip činnosti elektronických dálkoměrů je založen na měření času, za který projde elektromagnetický signál určenou délkou  $s$  tam a nazpátek. Délka se vypočte pomocí jednoduchého vztahu (2.1).

$$s = \frac{v\tau}{2} + k_a \quad (2.1)$$

kde  $v$  je rychlost šíření vln podél jejich dráhy,  $\tau$  je tranzitní čas a  $k_a$  je adiční konstanta přístroje. [6]

K určení délek elektronickými dálkoměry se používá dvou pásem elektromagnetických vln, světelných a rádiových. Pro přesné geodetické práce jsou vhodné světelné vlny v rozsahu viditelného spektra a v oblasti infračerveného záření, přibližně v intervalu vlnových délek od 0,2  $\mu\text{m}$  do 10  $\mu\text{m}$  (30 THz až 1500 THz) a ultrakrátké vlny v oblasti vlnových délek od 3 mm do 1 m (300 MHz až 100 GHz). [6]

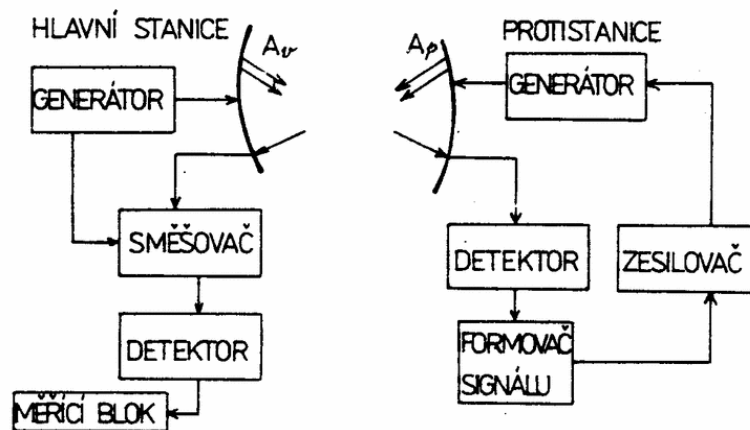
Elektronické dálkoměry dělíme na dvě základní skupiny podle druhu vlnění, které využívají: světelné (světelné vlnění) a rádiové dálkoměry (rádiové vlnění). Tyto dva druhy vlnění se od sebe liší dosahem a přesností.

Dle dosahu lze elektronické dálkoměry dále dělit na: [1]

- Malé (do 5 km)
- Střední (5-15 km)
- Velké (nad 15 km)

### 2.1.1.1 Rádiové dálkoměry

Dosah radiových dálkoměrů je až 100 km, poměrná chyba je ovšem větší než u dálkoměrů světelných. Radiové dálkoměry lze použít i za zhoršených atmosférických podmínek. Tyto dálkoměry se někdy také označují jako telluometry. Měřickou soupravu tvoří dva přístroje – hlavní (vysílací) stanice a protistanice (funguje jako odrazné zařízení). Princip jejich činnosti je následující: na jednom konci měřené délky se umístí vysílací stanice pracující s centimetrovými vlnami amplitudově či frekvenčně modulovanými. Signál vyslaný z vysílací antény  $A_v$  dopadne na přijímací anténu  $A_p$ . Přijatý signál se vede do detektoru (demodulátoru), kde se odstraní nosné vlnění. Demodulovaný signál se upraví ve formovači signálu a po zesílení se vrací do generátoru, kde se moduluje a vysílá anténou  $A_p$  zpět k hlavní stanici. Zde je přijat, ve směšovači se „sejde“ se signálem vysílaným z hlavní stanice. Oba signály jsou v detektoru demodulovány a v měřicím bloku fázově porovnány. Ze zjištěného fázového rozdílu (doměrku měřené délky) je poté automaticky určena měřená vzdálenost. [1]



Obr. 1: Schéma rádiového fázového dálkoměru [1]

V posledních dvou desetiletích se běžné geodetické práce orientovaly výhradně na světelné dálkoměry, s dosahem několika kilometrů, které mají vysokou přesnost a spolehlivost určení délek. Pozemní rádiové dálkoměry se již nepoužívají

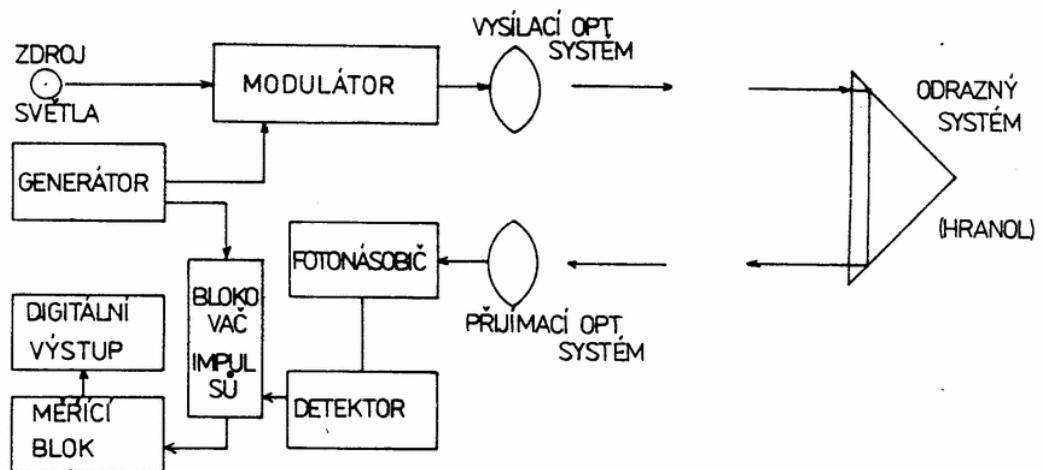
vzhledem k jejich poněkud nižší přesnosti a nutnosti obsluhy na obou koncových bodech. [6]

### 2.1.1.2 Světelné dálkoměry

Světelné (elektrooptické) dálkoměry jsou v geodézii rozhodující skupinou přístrojů k měření délek v rozsahu od několika metrů do několika desítek kilometrů. Vyznačují se vysokým stupněm přesnosti, rychlosti a automatizace měření. [6]

Současné světelné dálkoměry jsou již většinou vybaveny elektronickými výpočetními systémy, které automaticky či poloautomaticky redukuje šikmo měřené vzdálenosti na vodorovné, vypočítávají výškové rozdíly, případně provádějí i souřadnicové výpočty. K přístroji je možné také připojit registrační zařízení, které měřené údaje registruje a usnadňuje jejich další automatizované zpracování. [1]

V praxi se používají buď světelné dálkoměry s přímým měřením časového intervalu, pracující v impulsovém provozu, anebo dálkoměry s nepřímým určením časového intervalu pomocí měřených fázových rozdílů modulačních signálů. [6]



Obr. 2: Schéma světelného fázového dálkoměru [1]

Zdroje světla se z fyzikálního hlediska třídí podle způsobu, jakým je buzeno svítící těleso. Rozeznávají se tři hlavní skupiny světelných zdrojů: teplotní, výbojové a luminiscenční. U světelných dálkoměrů se používají jen některé druhy světelných zdrojů. Jsou to projekční žárovky (wolframové), patřící do skupiny teplotních zdrojů, výbojky rtuťové, argonzirkonové, xenonové atd., ze skupiny výbojkových a lasery a luminiscenční diody, které náležejí k luminiscenčním zdrojům. [6]

Koncový bod měřené délky je signalizován zacíleným odrazným hranolem (koutovým odražečem). Počet hranolů je závislý na vzdálenosti a atmosférických podmínkách. Pro maximální dosah se používají tzv. hnízda, tvořená větším počtem hranolů ve společném nosiči. Existují i přístroje, které pracují s pasivním odrazem měřických vln od nepohltivého cíle, takže na koncový bod není zapotřebí umisťovat odrazné systémy. [11]

### **2.1.2 Opravy délek**

Opravy délek určených elektrooptickými dálkoměry můžeme rozdělit na: [5]

- Opravy ze změny rychlosti šíření elektromagnetického signálu (fyzikální korekce)
- Opravy ze zakřivení dráhy elektromagnetického signálu (matematická korekce)
- Přístrojové opravy

#### **Fyzikální korekce**

Rychlost šíření elektromagnetických signálů je závislá na fyzikálních vlastnostech vzduchu, tj. na jeho teplotě, tlaku a vlhkosti a na vlnové délce nosných vln. [5]

Při měření dálkoměrem se kromě vlastního měření provádí měření meteorologických dat (teplota a tlak, při délkách větších než 5 km také vlhkost vzduchu). Při délkách větších než 1 km a převýšením větším než 200 m se měří teplota a tlak na obou koncích měřené délky tj. i u odrazných hranolů. Chyba v teplotě 1°C nebo 333 Pa (tj. 2,5 Torr) v tlaku způsobí v měření vzdálenosti přibližně chybu 1 mm na 1 km. [8]

Při měření v rámci této práce byly atmosférické údaje zadávány přímo do přístroje, totální stanice tedy uváděla již redukovanou vzdálenost.

### **Matematická korekce**

Tvar dráhy elektromagnetických vln je závislý na indexu lomu vrstev vzduchu, kterými signál prochází. Dráha se podobá oblouku kružnice o velkém poloměru, jehož křivost je obvykle stejného smyslu jako zakřivení Země. U světelných dálkoměrů jsou opravy ze zakřivení dráhy prakticky zanedbatelné, protože dosahují velikosti 1 mm pro délku až 39 km. [5]

Pro tuto práci není třeba započítávat, nejdelší měřená délka byla 157 m, vliv této korekce je tedy nepatrný.

### **Přístrojové opravy**

Při měření délek prochází vysílané a odražené signály v dálkoměrných přístrojích řadou složitých obvodů. V některých obvodech může docházet k systematickému zpoždění elektrických procesů a tím také k systematickým chybám v měřených délkách. Jiným zdrojem chyb bývá nedodržení předpokládaných parametrů činnosti některých bloků dálkoměru, např. stability modulačního kmitočtu apod. Také při měření časového intervalu, fázového rozdílu, nebo kmitočtu vznikají různé systematické chyby. Určení velikosti jednotlivých systematických chyb je obtížné. Proto se vylučují nepřímými způsoby a vhodnými měřickými postupy.

Přístrojové opravy je možné rozdělit do dvou hlavních skupin: [6]

- Opravy konstantní velikosti
- Opravy úměrné měřené délce

### 2.1.3 Součtová konstanta

Konstanta se skládá ze dvou částí. První část konstanty je geometrického původu a tvoří ji vzdálenost geometrického počátku měřené délky od vertikální osy přístroje, která je totožná s vertikální osou přichytného šroubu a geometrického konce měřené délky od vertikály totožné s olovní odrazného systému. Druhá část konstanty je součtem všech konstantních systematických chyb, způsobených různými druhy zpoždění signálů v elektrických obvodech přístroje a systematickou chybou měřeného časového intervalu nebo fázového rozdílu. Protože parametry elektrických obvodů se mohou časem měnit, je nutno adiční konstantu ověřovat v určitých časových intervalech.

Adiční konstanta se zavádí přímo do výpočtu délky v přístroji, takže na displeji dálkoměru a v jeho paměti se objeví výsledná délka. [6]

Konstantu je třeba rozdělit na část přístrojovou a hranolovou. Každý výrobce se snaží, aby tyto části byly stejné, ovšem s opačným znaménkem. Výsledkem je tedy konstanta nulová. Pokud ovšem bude měřeno např. přístrojem Leica na hranol Topcon, konstanta nulová nebude. [5]

### 2.1.4 Přesnost délek měřených elektronickými dálkoměry

Výrobci dálkoměrů udávají ve svých prospektech a návodech zjednodušenou rovnici střední chyby naměřených délek  $m_s$  obvykle ve tvaru:

$$m_s = \pm(a + b \text{ ppm}) \quad (2.2)$$

kde a,b jsou parametry přístroje, ppm značí milióntinu délky ( $10^{-6}$  . d).

Hodnota  $a$  vyjadřuje konstantní chybu dálkoměru způsobenou zejména chybou adiční konstanty. U světelných dálkoměrů se většinou pohybuje v rozmezí 0,1 mm až 10 mm. Velikost  $b$  bývá 1 mm až 5 mm a je ovlivněna měřenou délkou ( $d$  se dosadí v km). [6]

## 2.2 Odrazná zařízení

### 2.2.1 Optické hranoly

Hranoly jsou skleněná tělesa omezená dokonale vybroušenými, většinou rovinnými plochami. Materiálem je optické sklo bez velkých nároků na jakost tavby. Hranolů se používá k odklonu paprsků nebo k převracení obrazů optických soustav. [9]

Hranoly můžeme podle tvaru rozdělit na: [8]

- Hranoly trojboké k odklonu paprsku o pravý nebo přímý úhel
- Hranoly čtyřboké k posunu paprsku o konstantní hodnotu
- Hranoly pětiboké k odklonu paprsku o pravý úhel
- Hranoly rombické k odklonu optické osy ve dvou vzájemně kolmých směrech
- Odrazné hranoly světelných dálkoměrů

V geodetických přístrojích se nejčastěji používají hranoly trojboké, pětiboké a odrazné. [9]

### 2.2.2 Odrazná zařízení

Odrazná zařízení, která plní u světelných dálkoměrů funkci pasivní odrazné stanice, se dělí na zrcadla, čočkozrcadlové systémy, odrazné hranoly a fólie. V praxi se dnes užívají jen odrazné hranoly a fólie. Příkladem odrazného hranolu je pravidelný trojboký skleněný jehlan, jehož podstavec leží přibližně v kolmé rovině ke směru dopadajícího světla a jehož stěny tvoří zrcadlové plochy. Všechny tři stěny jehlanu jsou vzájemně kolmé. Dopadající světlo prochází podstavou hranolu, třikrát se odráží od jeho stěn a vrací se v rovnoběžném směru zpět k přijímacímu systému dálkoměru. Přesnost nasměrování hranolů může být velmi malá, kolem 20°. Při odrazu hranolem dochází přibližně ke ztrátě 30 % světla. Hranoly se mohou



spojovat v hranolové soustavy. Optická a mechanická osa hranolu se mohou lišit, což v kombinaci s použitým dálkoměrem dotváří součtovou konstantu. [6]

### 2.3 Geodetické práce uplatňované v rámci pozemkových úprav

Obecně se geodetickými činnostmi zabývá zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřičtví, ve znění pozdějších předpisů. Dle tohoto zákona jsou zeměměřičkými činnostmi označené činnosti následující:

- Činnosti při budování, obnově a údržbě bodových polí,
- Podrobné měření hranic územně-správních celků a nemovitostí a dalších předmětů obsahu kartografických děl,
- Vyhотовování geometrických plánů a vytyčování hranic pozemků,
- Vyměřování státních hranic,
- Tvorba, obnova a vydávání kartografických děl,
- Standardizace geografického názvosloví,
- Určení prostorových vztahů metodami inženýrské geodézie a dálkového průzkumu Země,
- Vedení dat v informačních systémech zeměměřičtví včetně dokumentace a archivace výsledků zeměměřičkých činností. [13]

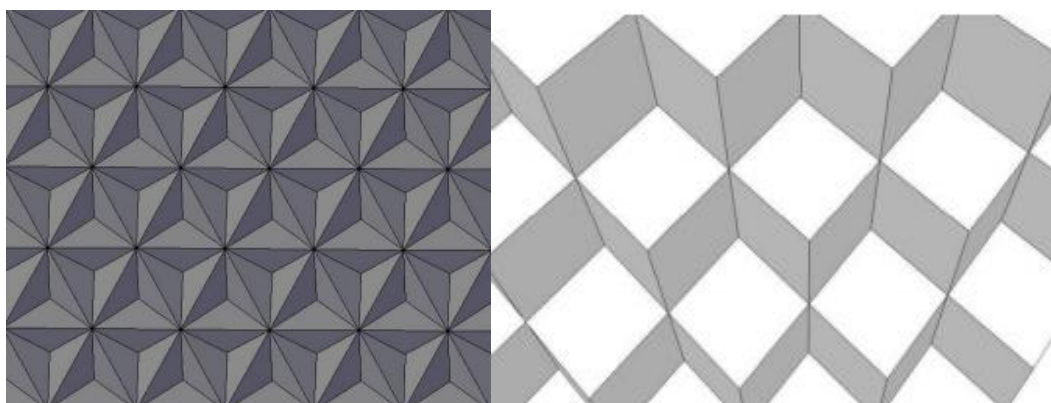
Jednotlivé činnosti, které se poté nejvíce uplatňují při provádění pozemkových úprav, jsou následující:

- doplnění bodového pole,
- podrobné zaměření polohopisu, popřípadě výškopisu,
- vyhotovení geometrických plánů,
- vytyčení, vyznačení a zaměření hranic pozemků v terénu,
- určení výměry a obvodu pozemkové úpravy,
- vyhotovení digitální katastrální mapy daného území. [7]

## 2.4 Retroreflexe

Retroreflexe je zvláštní optický jev týkající se odrazu světelných paprsků. Při retroreflexi se většina z dopadajících paprsků vrací zpět k původnímu zdroji. Retroreflexe lze dosáhnout pomocí koutového odražeče, či pomocí tzv. reflexních sfér. [3]

Koutový odražeč je založen na poměrně jednoduchém geometrickém principu. Je tvořen třemi zrcadlovými na sebe kolmo usazenými plochami, které takto dohromady vytváří roh krychle. Paprsek dopadající do takto uspořádaných ploch je odražen vždy v původním směru. Koutové odražeče lze uspořádat do plochy, čehož je užito při vzniku retroreflexních fólií. Mohou mít formu čtvercových či trojúhelníkových ploch. [19]



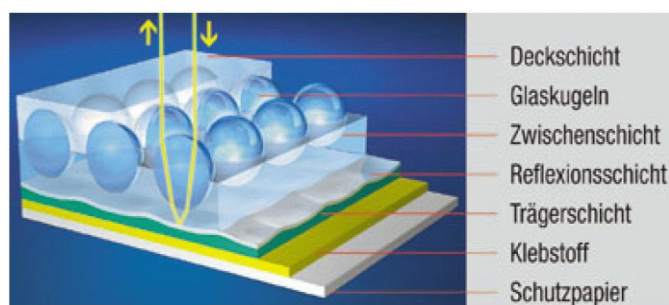
Obr. 3: Model povrchu odrazné fólie s použitím trojúhelníkových ploch (vlevo) a s použitím čtvercových ploch (vpravo) [19]

### 2.4.1 Typy reflexních fólií

Podle vnitřní konstrukce je dělíme do tří skupin – A, B a C. [18]

### ***Typ A – Fólie se zapuštěnými mikrokuličkami***

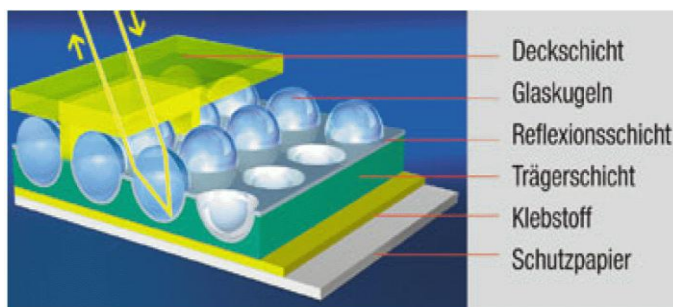
Tato technologie byla první generací fólií založených na retroreflexních mikrokuličkách, nicméně v současné době ustupuje do pozadí.



**Obr. 4: Retroreflexní fólie – Typ A [18]**

### ***Typ B – Fólie se zapouzdřenými mikrokuličkami***

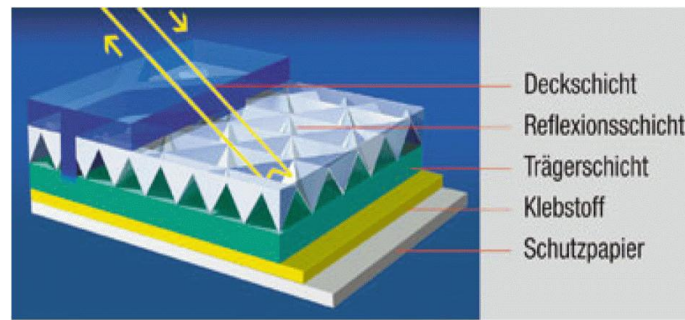
Dosahují až trojnásobné svítivosti a v širším úhlu, než fólie typu A. Dosahují odpovídajících hodnot retroreflexe již při úhlu 40°.



**Obr. 5: Retroreflexní fólie – Typ B [18]**

### ***Typ C – Fólie s mikrohranoly***

Mikrohranolové (též mikroprismatické) fólie dosahují výborných výsledků i na delší vzdálenosti a vyznačují se vysokým kontrastem i v zářícím a rušném prostředí. Technologie mikrohranolů je ve svítivosti třikrát účinnější ve srovnání s fóliemi typu B, a to i v kosých úhlech.



Obr. 6: Retroreflexní fólie – Typ C [18]

### 3 CÍLE A METODIKA PRÁCE

Cílem této práce je vytvoření prototypu všesměrového odrazného zařízení z odrazné fólie a testování jeho použitelnosti za určitých klimatických podmínek. Při výrobě prototypu je požadavkem dosáhnout co nejmenších nákladů na výrobu. Proto bude k výrobě OS2 použita odrazná fólie běžně používaná ke značení kamionů. Tento prototyp bude následně testován a porovnáván zároveň s jedním originálním odrazným hranolem zn. Leica a s jiným, též v domácí dílně vyrobeným odrazným zařízením, zapůjčeným od Ing. Bc. Martina Pavla, které je polepeno odraznou fólií prodávanou běžně ke geodetickým účelům.

Práci je nutné vykonávat v několika po sobě jdoucích dílčích činnostech, které vedou k vyhodnocení použitelnosti vyrobených odrazných zařízení v praxi.

- Výroba odrazného zařízení
- Ověření svislosti uchycení odrazného zařízení
- Testování měření délek za použití dvou totálních stanic různých výrobců a tří odrazných zařízení. Dvě zařízení byla vyrobená v domácí dílně a třetím zařízením byl odrazný hranol značky Leica.
- Testování možnosti cílení z výšky
- Výpočetní práce
- Vyhodnocení použitelnosti odrazných zařízení

Samotná výroba odrazného zařízení je detailně popsána v kapitole 4. Tento prototyp byl vybaven stejnou montáží k trojnožce jako již zmiňované zapůjčené odrazné zařízení. Testování svislosti probíhalo na sídlišti Máj v Českých Budějovicích. Nejdříve byla zkoušena svislost uchycení a poté přesnost výroby odrazných zařízení.

Testování měření délek probíhalo celkem ve dvou termínech, celkově pět dní, za různých klimatických podmínek. Při měření byla ověřována možnost všesměrného cílení. Každá délka byla měřena celkem desetkrát, celkově ve čtyřech úhlech natočení odrazným zařízením. Nutnost použití více úhlů byla vyvrácena právě testováním svislosti zařízení. Součástí testování za různých podmínek byla i simulace velkých vodních kapek na odrazných systémech. Možnost cílení z výšky byla ověřována z oken panelového domu. Po ukončení měřických prací byly naměřené hodnoty vyhodnoceny, zjištěny směrodatné odchylky a závislost měřené délky na rotaci odrazných zařízení. Na základě těchto údajů byla vyhodnocena použitelnost vyrobených zařízení pro geodetické činnosti v rámci pozemkových úprav.

### 3.1 Měřické práce

Veškeré měřické práce, vyjma testování výškového cílení, probíhaly na sídlišti Máj v Českých Budějovicích, katastrální území České Budějovice 2. Tato lokalita byla vybrána z důvodu přítomnosti sloupů s nucenou centrací, vybudovaných v době stavby sídliště, které jsou pro vykonávané práce velmi vhodné. K měření byly využity body PBPP č. 1010, 1008 a 1009 viz Obr. 7. Geodetické údaje těchto bodů jsou součástí přílohy 2.



Obr. 7: Lokalita, kde probíhaly měřické práce [14]



### 3.1.1 Ověření svislosti uchycení používaných zařízení

Ověřování svislosti uchycení používaných zařízení probíhalo celkově ve dvou fázích. První fází byla optická kontrola pomocí dvou stativů a totální stanice. Na sloup s nucenou centrací byla přišroubována trojnožka nejdříve s OS2, po provedení testu byl nasazen OS3. Do vzdálenosti přibližně tří metrů od sloupu s nucenou centrací byly umístěny dva stativy tak, aby pomyslná spojnice stativ – sloup – stativ dotvářela pravý úhel. Každý ze stativů byl osazen totální stanicí, která byla následně horizontována. Následně byla opticky porovnána osa otáčení odrazného zařízení s nitkovým křížem dalekohledu totální stanice. Pokud byla osa z pohledu každého stroje v zákrytu s nitkovým křížem, bylo možné prohlásit uchycení za svislé. Průběh ověřování zobrazuje Obr. 8.



Obr. 8: Postup ověřování svislosti montáže [Zdroj: Vlastní foto]

Druhá fáze tohoto testování byla zaměřena na možnost všesměrného cílení. Byly využity dva sloupy s nucenou centrací, jeden osazen nejdříve OS2, poté OS3, druhý sloup byl osazen TS Leica. Jednalo se konkrétně o body PBPP č. 1008 a 1009, které jsou navzájem viditelné. Totální stanice byla vždy zacílena do středu OS2, v případě OS3 byla zacílena na křížek. Odraznými zařízeními bylo celkem šestkrát pootočeno, vždy po 20°, existovalo tedy sedm různých směrů dopadu paprsku viz Schéma 1.

Otáčelo se samotným odrazným zařízením, zacíleno bylo po celou dobu testování na jedno místo.

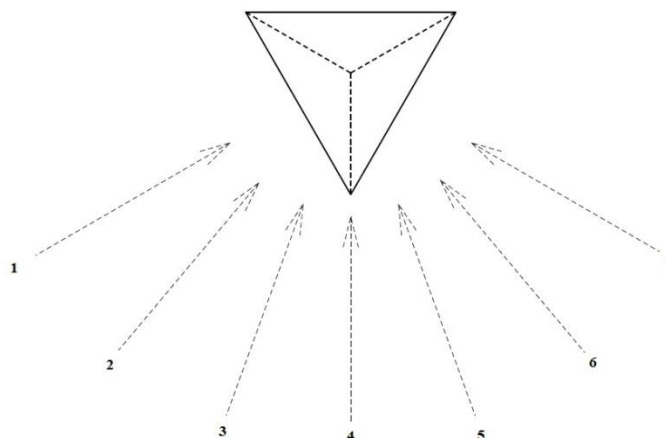


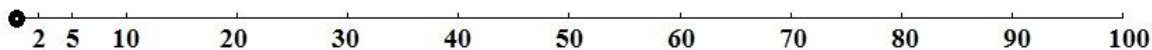
Schéma 1: Směry dopadu paprsku při testování všesměrného cílení (pohled shora) [Zdroj: Vlastní]

Každá délka byla změřena celkem desetkrát, tyto hodnoty poté vstupovaly do výpočtu. Pokud byly dodrženy odchylky jednotlivých měření a výsledky krajních pozic dosahovaly podobných hodnot, bylo možné odrazné zařízení prohlásit za svisle ukotvené a schopné všesměrného měření. Samotným vyhodnocením naměřených hodnot se blíže zabývá kapitola 5.

### 3.1.2 Testování odrazných systémů za různých podmínek

Po provedení kontroly svislosti a možnosti všesměrného cílení probíhalo samotné testování odrazných systémů. V průběhu měření byly zaznamenávány hodnoty venkovní teploty a tlaku, které byly průběžně zadávány do přístroje. Konstanta hranolu byla nastavena na 0 mm při každé kombinaci totální stanice - odrazný systém. Při této fázi byl využíván bod PBPP č. 1010, osazován střídavě všemi odraznými systémy. Pro potřebu měření byla vytvořena délková základna viz Obr. 9. Vzdálenost byla vždy hrubě nakrokována, na jednotlivých úsecích nebylo nutné dosáhnout přesné vzdálenosti dle Obr. 9.



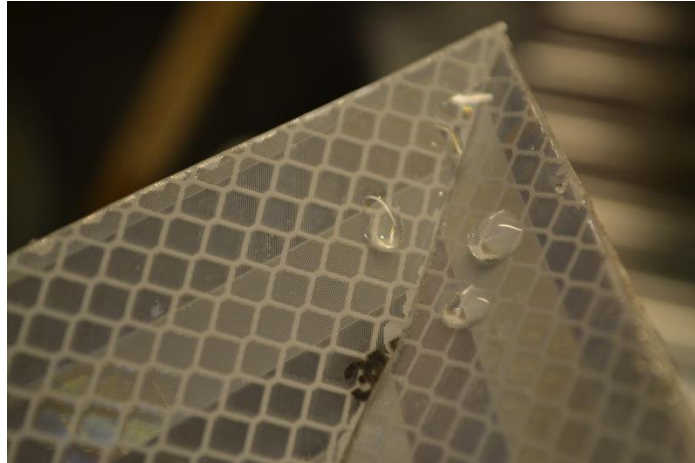


● = bod PBPP č. 1010

Obr. 9: Testovací základna (v metrech) [Zdroj: Vlastní]

1. Bod PBPP č. 1010 osazen OS1, zacíleno na střed hranolu a délka změřena celkem desetkrát.
2. Bod PBPP č. 1010 byl následně osazen OS2, zacíleno bylo do jeho středu. Délka byla měřena celkem ve čtyřech polohách natočení, pokaždé desetkrát. Polohy natočení byly 1, 2, 3 a 4, viz Schéma 1.
3. Další krok byl stejný jako krok 2, jen byl bod PBPP č. 1010 osazen OS3.
4. Testování poté zahrnovalo simulaci vodních kapek na odrazných systémech a tím pádem sledování vlivu výskytu právě velkých kapek na refrakci laserového paprsku totální stanice. Tato část probíhala obdobně jako kroky 1, 2 a 3, odrazné systémy byly v tomto případě vždy před měřením délky oroseny rozprašovačem s vodou, dokud se nevytvořily vodní kapky. Vodní kapky a jejich velikost na těle OS2 znázorňuje Obr. 10. Testování použití odrazných systémů při pokrytí kapkami vody bylo prováděno pouze v pozicích 1 a 4, viz Schéma 1.
5. Kroky 1 až 4 byly zopakovány na všech úsecích základny.
6. Všechny předchozí kroky byly poté zopakovány s TS Topcon.

Naměřené údaje mohly vstoupit do výpočtu, kde se zjišťoval vliv rostoucí vzdálenosti odrazného systému od totální stanice.



Obr. 10: Detail vodních kapek na těle OS2 [Zdroj: Vlastní foto]

### 3.1.3 Testování možnosti cílení z výšky

Cílem této fáze výzkumu bylo zjistit použitelnost vyrobených odrazných systémů při cílení z výšky. Tato část probíhala z otevřených oken panelového domu v Českých Budějovicích, ulice Nádražní, č.p. 75. Zhruba 10 metrů od budovy byl postaven stativ, na něm horizontována trojnožka a měření probíhalo následujícím způsobem:

1. Stativ osazen OS1, z budovy přibližně pod zenitovým úhlem 110 gon změřena délka na hranol, celkem desetkrát.
2. Stativ byl následně osazen OS2, zacíleno do jeho středu, délky změřeny stejným způsobem jako v předchozím kroku, ovšem OS2 bylo otáčeno do pozic 1, 2, 3 a 4 viz Schéma 1. Stejný postup proveden s OS3.
3. Všechny předcházející činnosti provedeny dle Schématu 2, tedy po každých přibližně 10 gon zenitového úhlu  $Z$ . Měření pokračovalo až do  $Z=160$  gon, což byla maximální možná měřitelná hodnota. Jednotlivé zenitové úhly byly pro přehlednost označeny A až F, viz Schéma 2.
4. V rámci testování za různých podmínek byl opět ověřován vliv výskytu kapek vody na odrazném zařízení na použitelnost těchto zařízení. Kroky 1,

2 a 3 opakovány podobným způsobem, ovšem pouze v pozicích natočení odrazného systému 1 a 4 viz Schéma 1.

5. Všechny předchozí kroky byly poté zopakovány s TS Topcon.

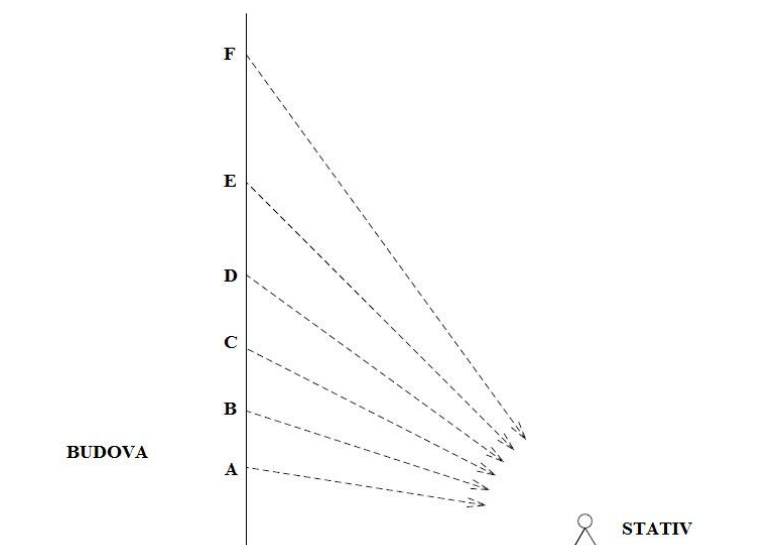


Schéma 2: Varianty zenitových úhlů při testování výškového měření [Zdroj: Vlastní]

V kapitole 3 byly popsány veškeré měřické činnosti v rámci testování odrazných systémů za různých podmínek. Aby byla dodržena podmínka testování za různých podmínek, byly všechny uvedené měřické práce provedeny celkově ve dvou termínech v únoru a dubnu 2014, kdy venkovní teplota dosahovala odlišných hodnot. Popisem podmínek při měření se zabývá kapitola 5.1.

### 3.2 Výpočetní práce

Jednotlivé délky byly měřeny totální stanicí vždy desetkrát, do výpočtu vstupoval aritmetický průměr těchto hodnot  $\bar{x}$  a byla zjišťována směrodatná odchylka  $\sigma$  dle vzorce (3.1).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.1)$$

kde  $\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$  je suma rozdílů jednotlivých délek od aritmetického průměru  $\bar{x}$  a  $n$  je počet měření.

Směrodatné odchylky poté byly převedeny na milimetry a porovnány s přesností dálkoměru totální stanice. Obě používané totální stanice mají přesnost v hranolovém módu měření  $\pm (2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$ . U měřených délek v rámci tohoto výzkumu, které dosahují maximálně 157 metrů, lze hodnotu 2 ppm závislou na měřené délce zanedbat. Jako maximální hodnota směrodatné odchylky byla tedy nastavena hodnota 2 mm.

Veškeré zjištěné směrodatné odchylky byly poté dosazeny do grafů v závislosti na měřené délce či úhlu natočení odrazným systémem dle následujících kombinací:

- Závislost směrodatné odchylky měření na úhlu natočení odrazným systémem pro každou měřenou vzdálenost
- Závislost směrodatné odchylky na měřené vzdálenosti pro každý úhel natočení odrazným systémem
- Závislost rozdílů měřené vzdálenosti mezi OS1 a vyrobeným odrazným zařízením na úhlu natočení odrazným systémem pro každou měřenou vzdálenost

Všechny tyto závislosti byly vytvořeny pro OS2 a OS3 za použití obou totálních stanic za přítomnosti různých podmínek pro měření. Tyto závislosti byly poté mezi sebou porovnávány a vyhodnocena použitelnost odrazných systémů za různých podmínek.

V případě cílení z výšky byla zkoumána závislost směrodatné odchylky na měřícím se zenitovém úhlu pro všechny možnosti natočení odrazným zařízením a závislost rozdílů měřené vzdálenosti mezi OS1 a vyrobeným odrazným

zařizováním na měnicím se zenitovým úhlu pro každou pozici natočení odrazným zařizováním.

Délky získané měřením mezi body s nucenou centrací byly vyneseny do grafu pro každé vyrobené odrazné zařizováním v závislosti na měnicím se natočení odrazným zařizováním. Tímto grafem byla proložena polynomická křivka a zjištěna rovnice této závislosti.

V poslední fázi byly porovnáváním rozdílů měřených délek za použití různého odrazného zařizováním zjištěny součtové konstanty pro použité odrazné systémy. Tyto hodnoty byly zjištěny pro obě používané totální stanice.

## 4 ODRAZNÉ SYSTÉMY A POUŽITÉ PŘÍSTROJE

Hlavním cílem této práce je testování navržených a vyrobených všesměrových odrazných systémů za různých podmínek a doporučení pro jejich použití v praxi. Tato zařízení byla vytvořena v domácí dílně, cílem bylo dosáhnout co nejnižších nákladů na výrobu. Součástí tohoto testování byly celkem tři odrazné systémy, dva vyrobené a jeden oficiální značkový odrazný hranol. Pro různorodost zařízení byly použity odrazné fólie různých výrobců.

- **Odrazný systém 1 – Odrazný hranol Leica GPR111 Basic**

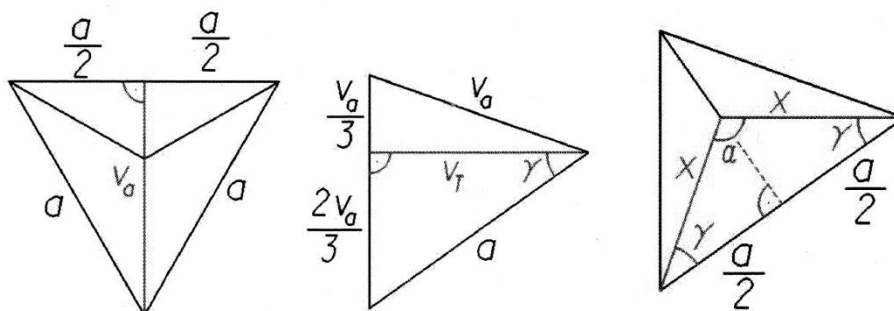


Obr. 11: Leica GPR111 Basic [15]

Tento odrazný hranol (dále OS1) je zataven v plastovém obalu společně s integrovaným cílovým terčem. Součtová konstanta OS1 pro TS Leica byla ověřena v práci [10] a její hodnota je 0 mm. Jde o tentýž hranol, který byl v práci [10] označen nálepkou s označením 1. Pro potřeby této práce sloužil jako hranol zkušební.

- **Odrazný systém 2**

Jedná se o všesměrné odrazné zařízení, vyrobené z odrazné fólie a hliníkového plechu. Hliníkový plech byl použitý z důvodu využití zařízení i za horších meteorologických podmínek. Jako odrazná fólie byla pro dosažení co nejnižších nákladů použita mikroprizmatická retroreflexivní fólie značky 3M, která se běžně používá k polepům kamionů. Vytvoření a použití tohoto zařízení bylo umožněno po svolení Ing. Bc. Martina Pavla, který jej má patentováno pod spisovou značkou 303480.



Obr. 12: Odvození velikostí stěny OS2 [2]

$$v_a = \sqrt{\sqrt{a^2} - \frac{a^2}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}a \quad (4.1)$$

$$v_T = \sqrt{a^2 - \left(\frac{2v_a}{3}\right)^2} = \sqrt{a^2 - \frac{4v_a^2}{9}} = \sqrt{a^2 - \frac{3a^2}{9}} = \frac{\sqrt{6}}{3}a \quad (4.2)$$

$$\gamma = \arccos \frac{v_T}{a} = \arccos \frac{\sqrt{6}}{3} \doteq 35,26^\circ \quad (4.3)$$

$$\varepsilon = 2R - 2\gamma \doteq 109,48^\circ \quad (4.4)$$

$$x = \frac{a}{2 \cos \gamma} = \frac{3a}{2\sqrt{6}} = \frac{\sqrt{6}}{4}a \quad (4.5)$$

- **Postup výroby odrazného zařízení 2**
- Dle Obr. 12 bylo z hliníkového plechu o tloušťce 1mm vyřezáno celkem 6 rovnoramenných trojúhelníků a délce strany  $a = 10$  cm.
- Jednotlivé trojúhelníky byly z obou stran polepeny mikroprizmatickou retroreflexivní fólií.
- Již polepené trojúhelníky byly do požadovaného tvaru slepeny dvousložkovým lepidlem, které zaručuje vysokou pevnost a dobrou mechanickou odolnost.
- Jeden hrot celého zařízení byl přilepen k nástavci (viz Obr. 13), který je kompatibilní s adaptérem již hotového odrazného systému 3.



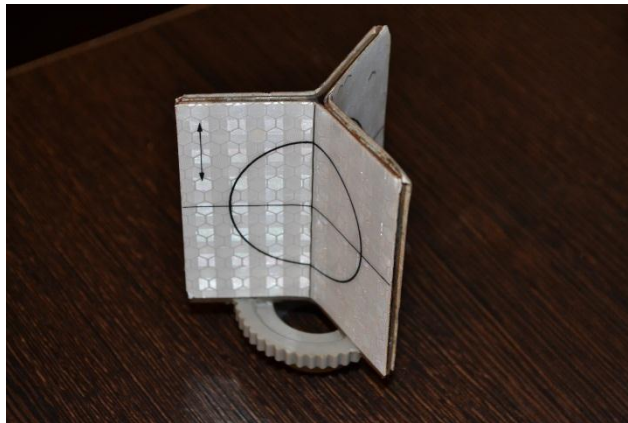
Obr. 13: Odrazný systém 2 [Zdroj: Vlastní foto]

Celkové náklady na výrobu OS2 se pohybovaly okolo 200 Kč.



- **Odrazný systém 3**

Odrazný systém 3 se skládá ze tří čtverců z hliníkového plechu. Každý tento plech je v půlce ohnut do úhlu  $120^\circ$  a polepen odrazným štítkem o rozměrech 600 x 600 mm s již vyznačeným záměrným křížem. Toto zařízení nebylo vytvořeno v rámci této práce, pro potřeby testování jej zapůjčil Ing. Bc. Martin Pavel.



Obr. 14: Odrazný systém 3 [Zdroj: Vlastní foto]

V rámci provádění testování těchto odrazných systémů byly použity celkem dvě totální stanice. Jedná se o stanice různých výrobců.



Obr. 15: Leica TCR407 Power [16]



Obr. 16: Topcon GPT-7501 [17]

- **Totální stanice Leica TCR407 POWER**

Totální stanice Leica TCR407 POWER (dále TS Leica) vyrobená v roce 2005 patří mezi majetek Zemědělské fakulty, je využívána v rámci výuky předmětu Geodézie a byla použita při geodetických činnostech v řadě závěrečných prací studentů Jihočeské univerzity. Je vybavena frekvenčním elektronickým dálkoměrem s možností bezhranolového měření. Maximální měřená vzdálenost za dobrých atmosférických podmínek je 3000 m na jednoduchý odrazný hranol a 250 m na odraznou fólii. Dle technických údajů udávaných výrobcem je přesnost dálkoměru  $\pm (2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$  ve standardním režimu, který byl vždy využíván v rámci testování odrazných systémů. [4]

- **Totální stanice Topcon GPT-7501**

Totální stanice Topcon GPT-7501 (dále TS Topcon) byla pro potřeby této práce zapůjčena Ing. Jaroslavem Zámečkem. Oproti TS Leica je TS Topcon stroj modernější, má dotykový displej usnadňující zadávání údajů a též je vybaven možností bezhranolového měření. Dle technické dokumentace má dálkoměr dosah za dobrých atmosférických podmínek s použitím jednoduchého odrazného hranolu 3000 m, maximální vzdálenost při použití odrazné fólie ani druh dálkoměru výrobce neuvádí. Při použití ve standardním režimu dosahuje TS Topcon přesnosti  $\pm (2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$ , tedy stejné jako TS Leica. [12]

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

V rámci měřických prací bylo naměřeno celkem 996 různých délek, každá tato délka byla zaznamenána desetkrát, do výpočtů tedy vstupovalo celkem 9960 hodnot. Vzhledem k rozsahu zpracovávaných dat byly veškeré výpočty a grafy zaznamenány v tabulce, která je součástí přílohy 1. Tabulka je vytvořena pro obě používané totální stanice v obou termínech měření. Pro názornost je dále uveden příklad výpočtu směrodatné odchylky a porovnání s přesností totální stanice viz Tab. 1.

Odraz. systém	Pozice	Měřená délka (m)	Průměr (m)	Rozdíl hodnoty a prů měru (m)	Mocnina rozdílu	Směrodatná odchylka (m)	Směrodatná odchylka (mm)	Přesnost stroje (mm)	Překročeno	Výsledná délka (m)
2	1	2,1883	2,1885	-0,0002	0,0000000400	0,0004	0,4	2	NE	2,1885
2	1	2,1883	2,1885	-0,0002	0,0000000400					
2	1	2,1883	2,1885	-0,0002	0,0000000400					
2	1	2,1883	2,1885	-0,0002	0,0000000400					
2	1	2,1883	2,1885	-0,0002	0,0000000400					
2	1	2,1883	2,1885	-0,0002	0,0000000400					
2	1	2,1893	2,1885	0,0008	0,0000006400					
2	1	2,1883	2,1885	-0,0002	0,0000000400					
2	1	2,1883	2,1885	-0,0002	0,0000000400					
2	1	2,1893	2,1885	0,0008	0,0000006400					

Tab. 1: Ukázka výpočtu směrodatné odchylky

Jak vyplývá z Tab. 1, směrodatná odchylka průměru nepřekročila přesnost totální stanice. Takto se stalo ve všech zjišťovaných případech, směrodatná odchylka průměru nikdy nepřekročila přesnost stroje. Takto zpracované údaje dále byly zpracovány a vytvořeny grafy, jak je popsáno v Kapitole 3.2.

## 5.1 Podmínky při měření

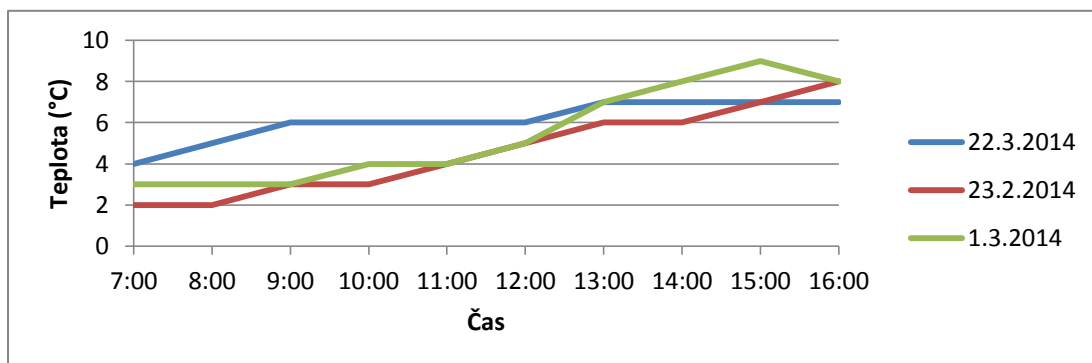
Měřické práce byly vykonávány celkem ve dvou termínech, dohromady pět dní. Důvodem právě pro dva termíny měření bylo otestovat vliv různých průměrných denních teplot na měřené hodnoty a směrodatné odchylky. V průběhu měření byly hodnoty venkovní teploty a tlaku průběžně po hodinách zjišťovány pomocí domácí meteorologické stanice. Tyto hodnoty byly průběžně zadávány do totálních stanic, které následně automaticky dopočítávaly opravy.

### 5.1.1 První termín měření

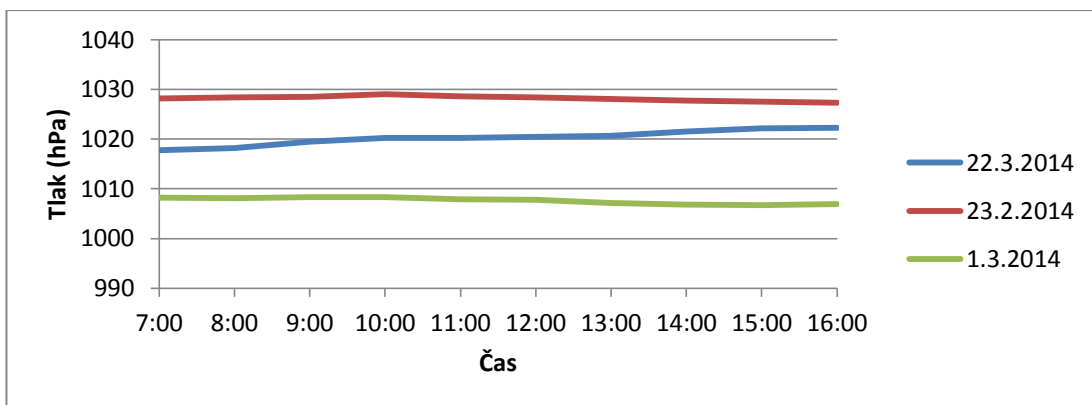
Veškeré činnosti prováděné v tomto termínu popisuje Tab. 2. Průběh teploty znázorňuje Graf 1, průběh tlaku Graf 2. Veškeré činnosti byly provedeny s oběma totálními stanicemi.

<b>Datum</b>	<b>Prováděné činnosti</b>	<b>Průměrná teplota(°C)</b>	<b>Klimatické podmínky</b>
22.2.2014	Testování svislosti uchycení, Testování všesměrného cílení	6	jasno
23.2.2014	Testování odrazných systémů za různých podmínek, Testování vlivu vodních kapek	4,5	jasno
1.3.2014	Testování výškového cílení, Testování vlivu vodních kapek	5,5	polojasno

**Tab. 2: Přehled prováděných činností a klimatických podmínek v prvním termínu měření**



Graf 1: Průběh venkovní teploty v prvním termínu měření



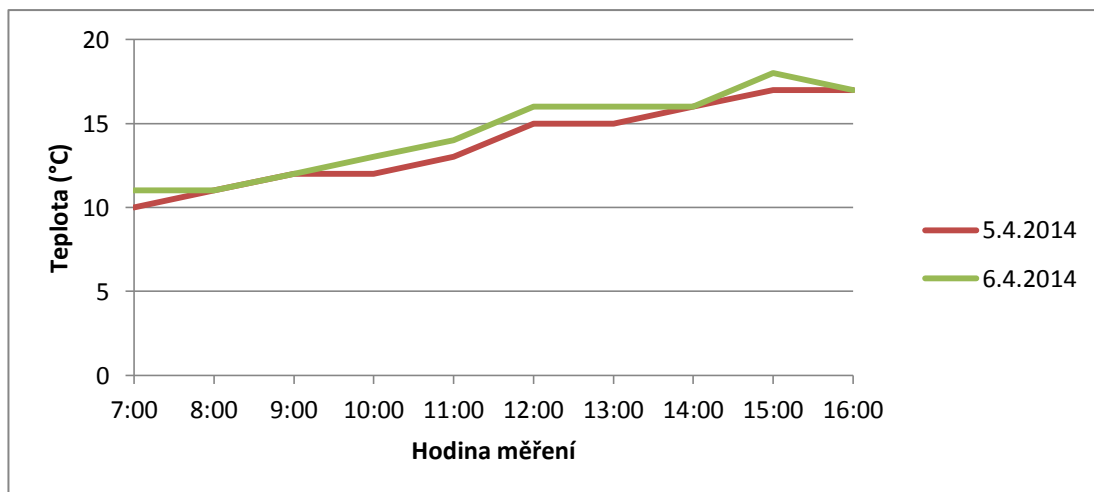
Graf 2: Průběh atmosférického tlaku v prvním termínu měření

### 5.1.2 Druhý termín měření

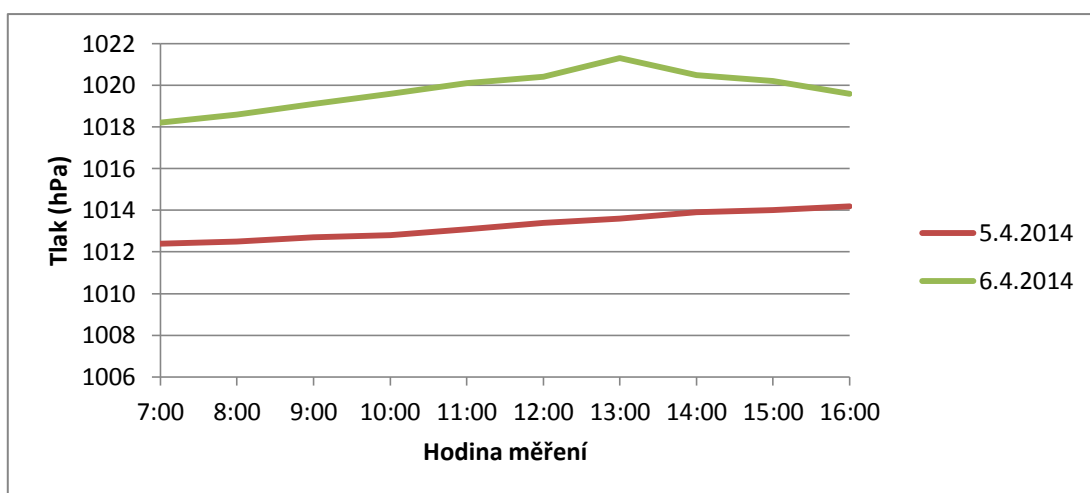
Veškeré činnosti prováděné v tomto termínu popisuje Tab. 3. Průběh teploty znázorňuje Graf 3, průběh tlaku Graf 4. Veškeré činnosti byly provedeny s oběma totálními stanicemi.

Datum	Prováděné činnosti	Průměrná teplota(°C)	Klimatické podmínky
5.4.2014	Testování svislosti uchycení, Testování všesměrného cílení	14	polojasno
6.4.2014	Testování odrazných systémů za různých podmínek, Testování výškového cílení, Testování vlivu vodních kapek	14,5	polojasno

Tab. 3: Přehled prováděných činností a klimatických podmínek v druhém termínu měření



Graf 3: Průběh venkovní teploty v druhém termínu měření



Graf 4: Průběh atmosférického tlaku v druhém termínu měření

## 5.2 Odrazný systém 2

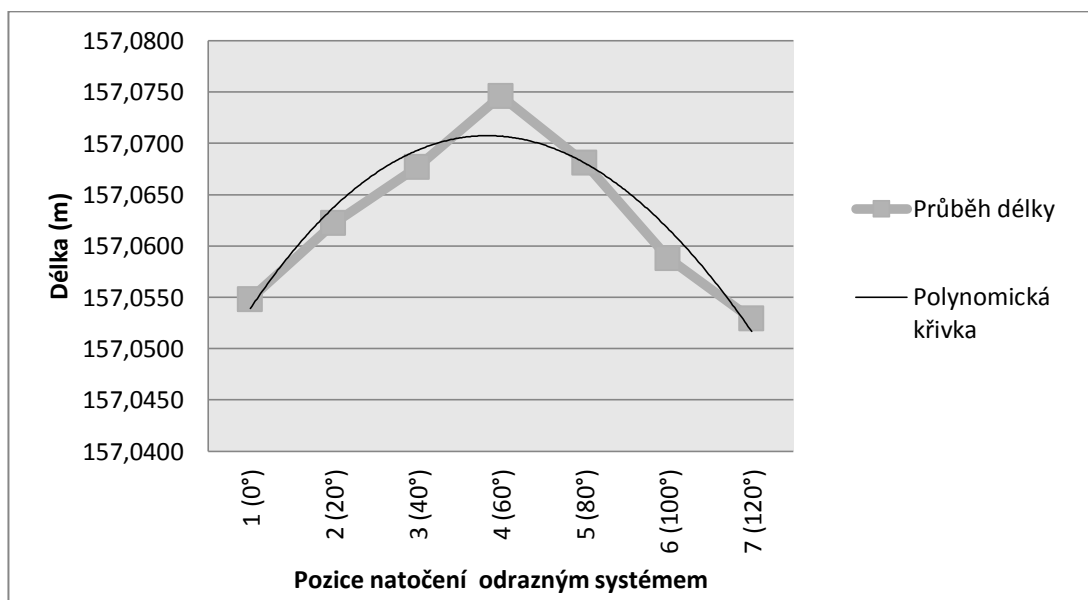
### 5.2.1 Testování svislosti uchycení

Při optické kontrole popisované v Kapitole 3.1.1 nebylo zjištěno vychýlení uchycení odrazného systému.

## 5.2.2 Testování všesměrného cílení

### 5.2.2.1 Totální stanice Leica

Průběh měřené vzdálenosti v závislosti na pozici natočení hranolem znázorňuje Graf 5. Změna měřené vzdálenosti v průběhu otáčení odrazným systémem je způsobena měněním polohy stěn odrazného systému vzhledem ke stroji. Obě délky měřené na krajní pozice vyšly vzhledem ke konstrukci a použité technologii při výrobě odrazného systému stejně, zařízení bylo možné prohlásit za svisle uchycené a schopné všesměrného cílení.



Graf 5: Průběh závislosti měřené délky na OS2 v závislosti na pozici natočení

#### Výsledná rovnice polynomičké křivky

$$y = 3E-05x^3 - 0,0024x^2 + 0,0168x + 157,04$$

### 5.2.2.2 Totální stanice Topcon

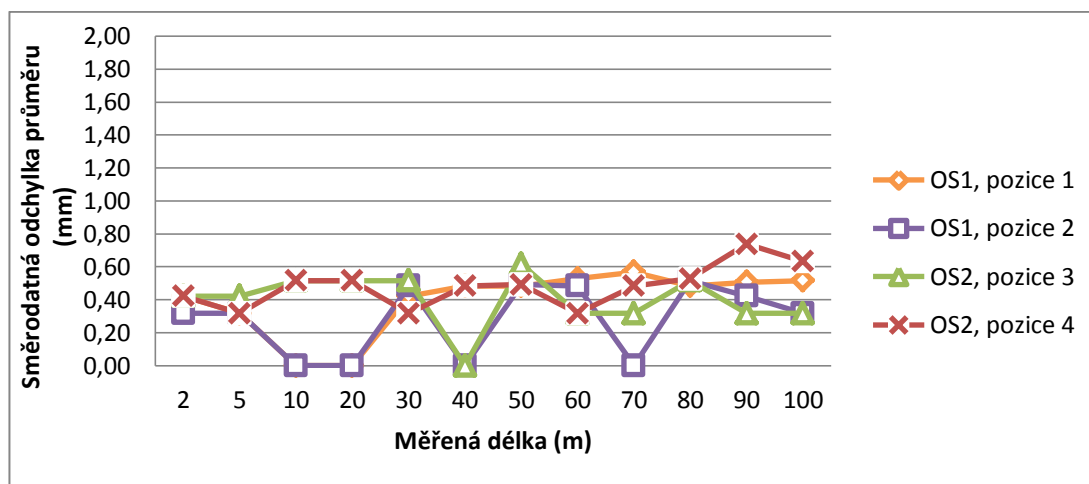
Totální stanice Topcon na vzdálenost 157 metrů zaznamenávala délku pouze s použitím OS1, při použití OS2 a OS3 nedošlo k záznamu délky ani v jedné pozici

odrazného systému a to v obou termínech měření, testování vlivu vodních kapek tuto skutečnost také nezměnilo. Tuto délku již pravděpodobně stroj v hranolovém módu měření za použití odrazné fólie není schopen zaznamenat.

### 5.2.3 Testování odrazných systémů za různých podmínek

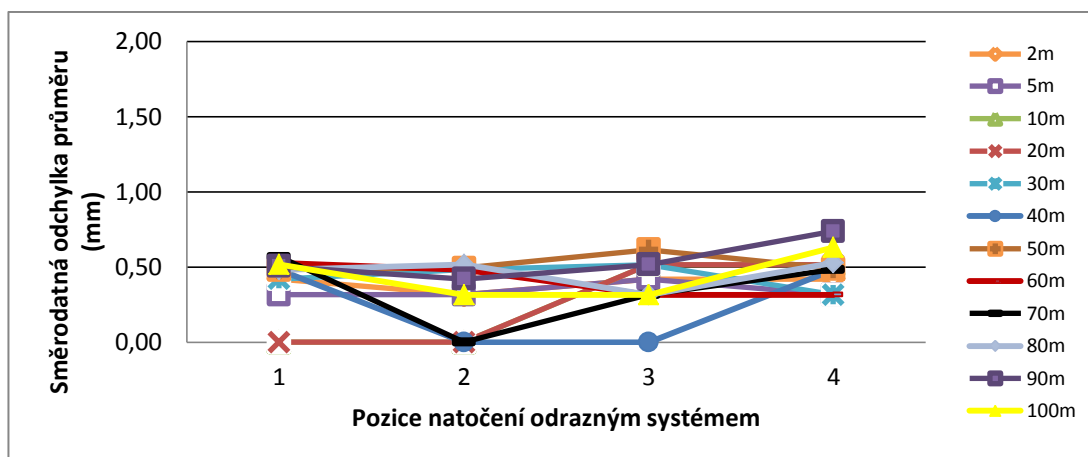
#### 5.2.3.1 Totální stanice Leica

Jak vyplývá z Grafu 6, distribuce směrodatných odchylek se nemění dle rostoucí vzdálenosti. Maximální hodnota je 0,74 mm. Z grafu 7 je patrné, že největších směrodatných odchylek dosahuje měření na pozici 4. Vzhledem k maximální možné hodnotě odchylky, která je 2 mm, ovšem OS2 dosahuje dobrých výsledků. Na tyto výsledky neměl vliv výskytu vodních kapek ani měření v rámci druhého termínu, s vyšší průměrnou denní teplotou. Distribuce směrodatných odchylek byla ve všech těchto případech podobná. OS2 je tedy vhodné používat za různých podmínek. Zároveň se potvrdila funkčnost použité odrazné fólie, která obecně slouží ke značení kamionů. Její retroreflexní schopnosti jsou znatelné a využitelné pro použití při výkonu geodetických prací.



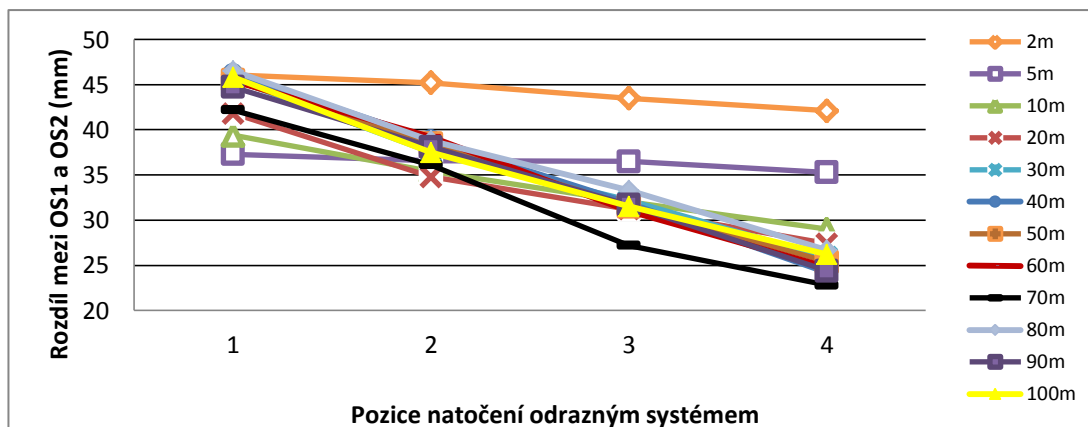
Graf 6: Směrodatné odchylky průměru v závislosti na měřené délce pro 4 pozice natočení OS2 – měřeno s TS Leica





**Graf 7: Směrodatné odchylky průměru v závislosti na pozici natočení OS2 pro všechny měřené délky – měřeno s TS Leica**

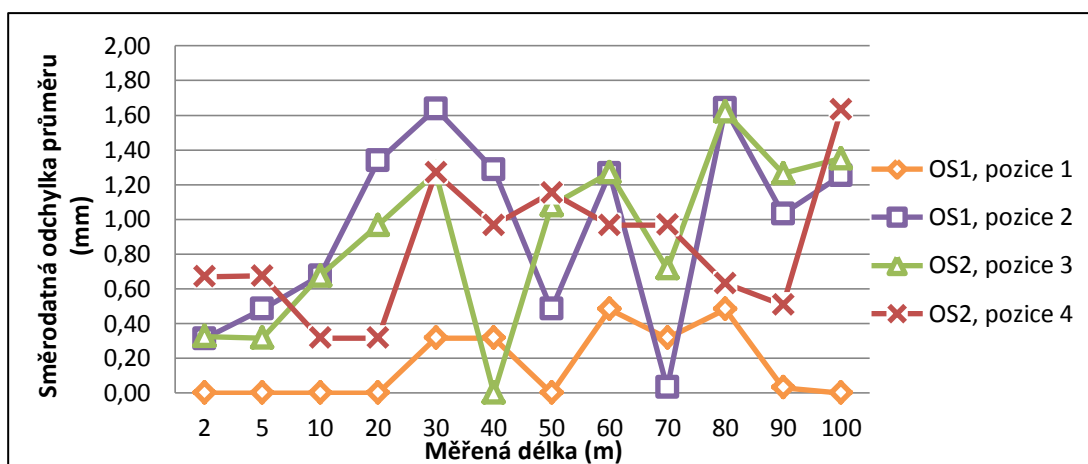
Graf 8 popisuje rozdíl mezi délkou měřenou za použití OS1 a OS2 v závislosti na měnící se pozici natočení odrazným systémem. Nejmenšího rozdílu mezi krajními pozicemi bylo dosaženo při délce 2 metry a 5 metrů, což může být způsobeno menším rozptylem lasového paprsku dálkoměru. Drobné změny ve vypočítaných rozdílech jsou způsobeny natočením odrazným zařízením, neboť nebylo možné při každém měření nasměrovat odrazný systém do absolutně totožné pozice. Jako v předchozím případě se neukázal vliv výskytu vodních kapek či změna průměrné denní teploty za rozhodující a data dosahovala velmi podobných hodnot, viz grafy uvedené v Příloze 1.



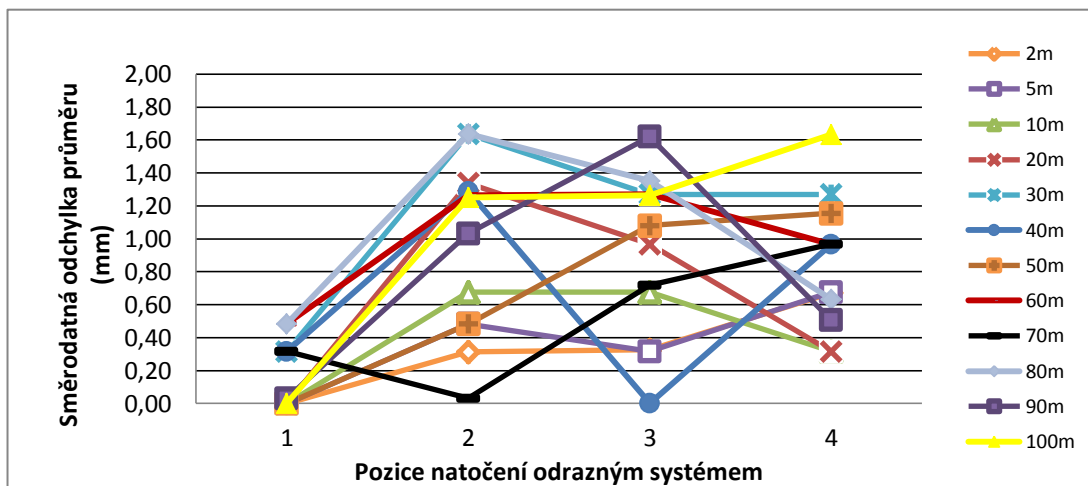
Graf 8: Rozdíl mezi délkou měřenou za použití OS1 a OS2 v závislosti na měnící se pozici natočení OS2 pro všechny měřené vzdálenosti – měřeno s TS Leica

### 5.2.3.2 Totální stanice Topcon

Oproti měření při testování všesměrného cílení již TS Topcon neměla se záznamem délek žádný problém, k záznamu délky došlo vždy, za všech pozic a spolehlivě. Oproti TS Leica snad jen doba měření byla delší. Jak vyplývá z grafu 9, distribuce směrodatných odchylek je v případě TS Topcon větší, než v případě TS Leica. Nejmenších odchylek bylo dosaženo v pozici 1. Vliv výskytu vodních kapek na těle OS2 a měření za jiné teploty nemělo vliv na rozptyl a hodnoty směrodatných odchylek. Z Grafu 10 je patrné, že nejmenších odchylek bylo dosaženo v pozici 1, dalším otáčením odrazným systémem se odchylky zvětšovaly.

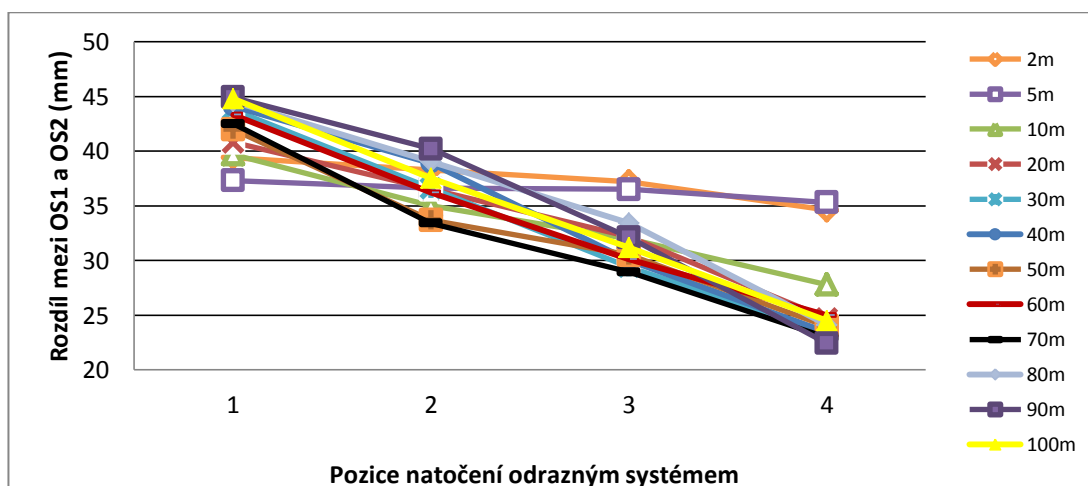


Graf 9: Směrodatné odchylky průměru v závislosti na měřené délce pro 4 pozice natočení OS2 – měřeno s TS Topcon



Graf 10: Směrodatné odchylky průměru v závislosti na pozici natočení OS2 pro všechny měřené délky – měřeno s TS Topcon

Graf 11 popisuje rozdíl mezi délkou měřenou za použití OS1 a OS2 v závislosti na měnící se pozici natočení odrazným systémem. Jako v případě TS Leica bylo dosaženo nejmenších rozdílů mezi krajními pozicemi při délce 2 metry a 5 metrů, což je opět zřejmě způsobeno rozptylem laserového paprsku elektronického dálkoměru. Jinak je Graf 11 téměř totožný s Grafem 8. Jako v předchozím případě se neukázal vliv výskytu vodních kapek či změna průměrné denní teploty za rozhodující a data dosahovala velmi podobných hodnot

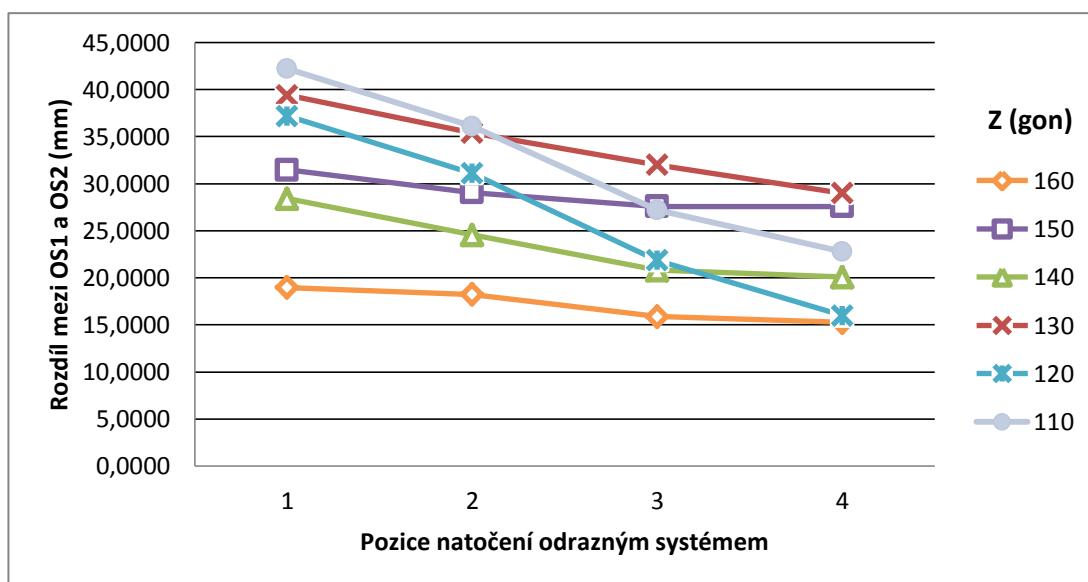


Graf 11: Rozdíl mezi délkou měřenou za použití OS1 a OS2 v závislosti na měnící se pozici natočení OS2 pro všechny měřené vzdálenosti – měřeno s TS Topcon

## 5.2.4 Testování výškového měření

### 5.2.4.1 Totální stanice Leica

Při provádění testu výškového cílení se OS2 ukázal jako velmi vhodný prostředek právě při provádění měření za vyšších zenitových úhlů  $Z$ , jak zobrazuje Graf 12. Zvyšující se hodnotou dochází ke snižování rozdílu naměřené délky mezi krajními pozicemi natočení odrazným systémem. Při zenitovém úhlu  $Z=160$  gon tedy rozdíl mezi pozicí 1 a 4 činí 3,6 mm, při zenitovém úhlu  $Z=110$  gon už je tato hodnota 20 mm. Zároveň se zvyšováním zenitového úhlu  $Z$  zmenšuje rozdíl mezi OS1 a OS2. Testování OS2 při výškovém cílení za výskytu vodních kapek na těle odrazného systému či za měření jiné teploty neprokázalo vliv jiných klimatických podmínek na funkčnost OS2.



Graf 12: Rozdíl mezi délkou měřenou za použití OS1 a OS2 v závislosti na měnící se pozici natočení OS2 pro měnící se zenitový úhel  $Z$  – měřeno s TS Leica

### 5.2.4.2 Totální stanice Topcon

Při použití TS Topcon byly dosaženy velmi podobné výsledky jako v případě použití TS Leica, ovšem záznamu byl dálkoměr schopný až od zenitového úhlu

Z=150 gon a méně, při zenitovém úhlu Z=160 gon zaznamenala TS Topcon délku pouze za použití OS1.

Ani zde ovšem nebyl následně potvrzen vliv jiných klimatických podmínek či výskytu vodních kapek na směrodatné odchylky měření.

### **5.3 Odrazný systém 3**

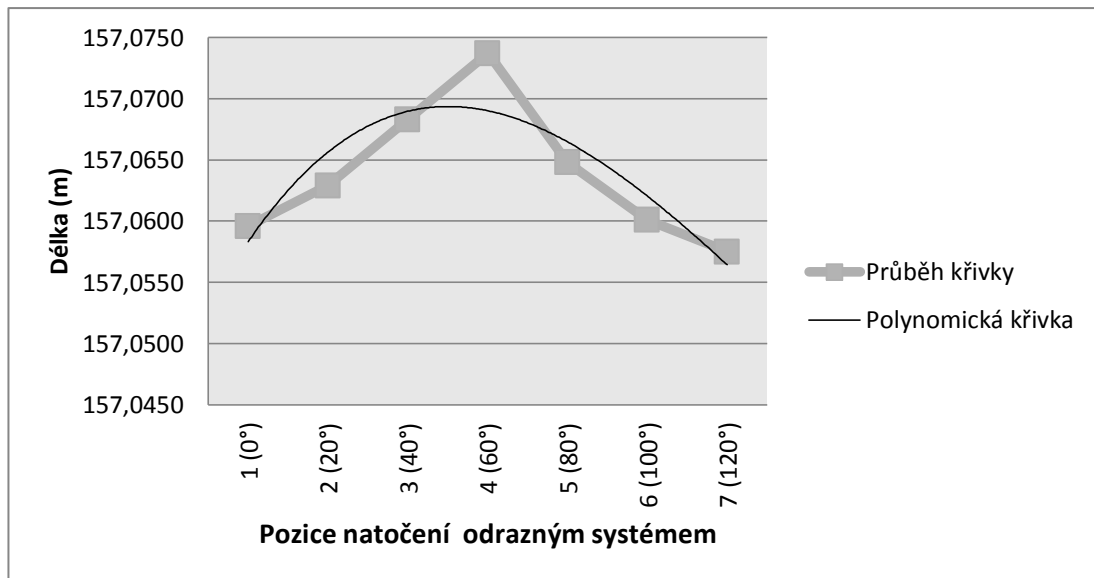
#### **5.3.1 Testování svislosti uchycení**

Při optické kontrole popisované v Kapitole 3.1.1 nebylo zjištěno vychýlení uchycení odrazného systému.

#### **5.3.2 Testování všesměrného cílení**

##### **5.3.2.1 Totální stanice Leica**

Graf 13 znázorňuje průběh měřené vzdálenosti v závislosti na pozici natočení hranolem. Změna měřené vzdálenosti v průběhu otáčení odrazným systémem je způsobena měněním polohy stěn odrazného systému vzhledem ke stroji. Obě délky měřené na krajní pozice vyšly vzhledem ke konstrukci a použité technologii při výrobě odrazného systému stejně, zařízení bylo možné prohlásit za svisle uchycené a schopné všesměrného cílení.



Graf 13: Průběh závislosti měřené délky na OS3 v závislosti na pozici natočení

#### Výsledná rovnice polynomické křivky

$$y = 0,0001x^3 - 0,0027x^2 + 0,0146x + 157,05$$

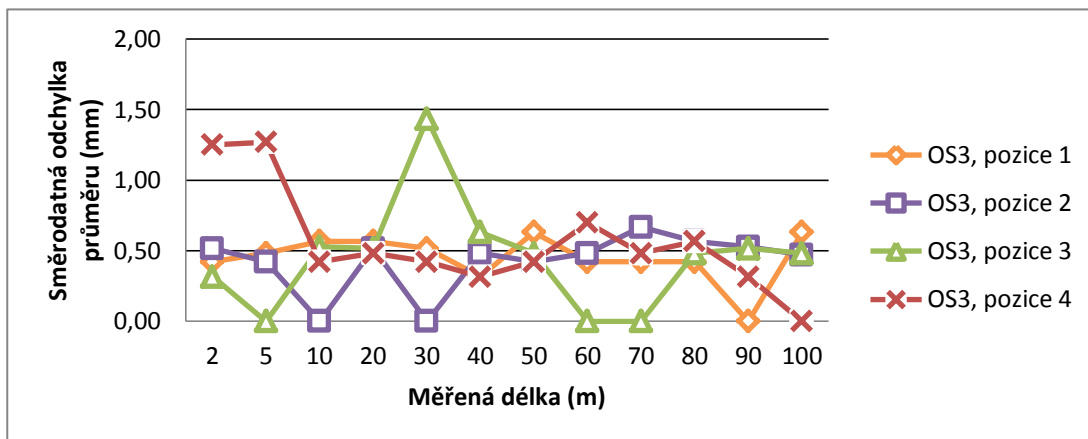
#### 5.3.2.2 Totální stanice Topcon

Ani za použití OS3 nedošlo k záznamu délky ve všech pozicích natočení odrazným systémem a to i za vlivu různých podmínek.

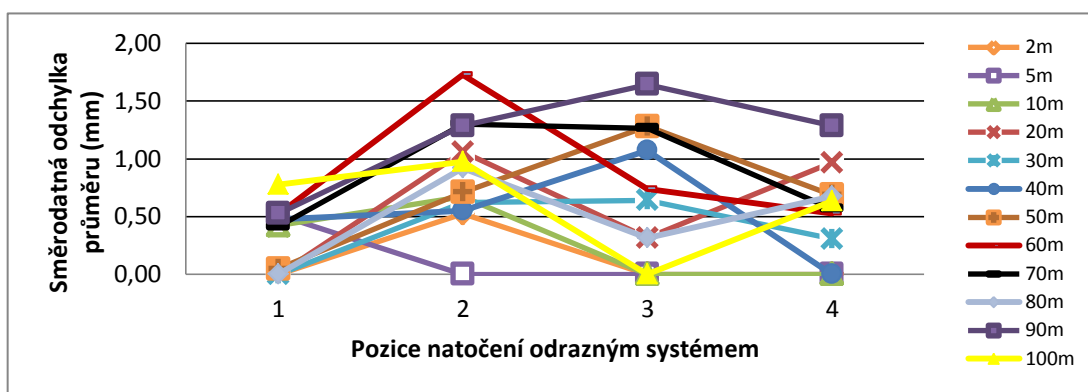
#### 5.3.3 Testování odrazných systémů za různých podmínek

##### 5.3.3.1 Totální stanice Leica

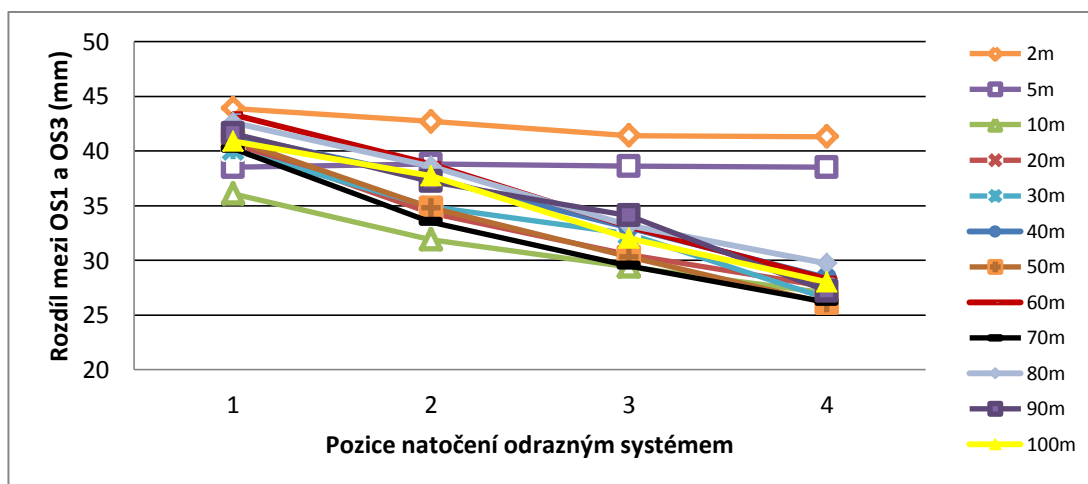
OS3 je polepen jinou odraznou fólií, než OS2. To se zřejmě projevilo při tomto měření. Směrodatné odchyly sice nikdy nepřekročily mezní hodnotu, je zde ovšem patrná jiná distribuce než v případě OS2. To lze vidět hlavně v Grafu 15, ze kterého vyplývá, že se směrodatné odchyly zvyšují vzhledem k měnící se pozici natočení odrazným systémem. Na tento jev nemá vliv ani výskyt vodních kapek na odrazném systému, ani měření za jiné průměrné denní teploty.



Graf 14: Směrodatné odchylky průměru v závislosti na měřené délce pro 4 pozice natočení OS3 – měřeno s TS Leica



Graf 15: Směrodatné odchylky průměru v závislosti na pozici natočení OS3 pro všechny měřené délky – měřeno s TS Leica

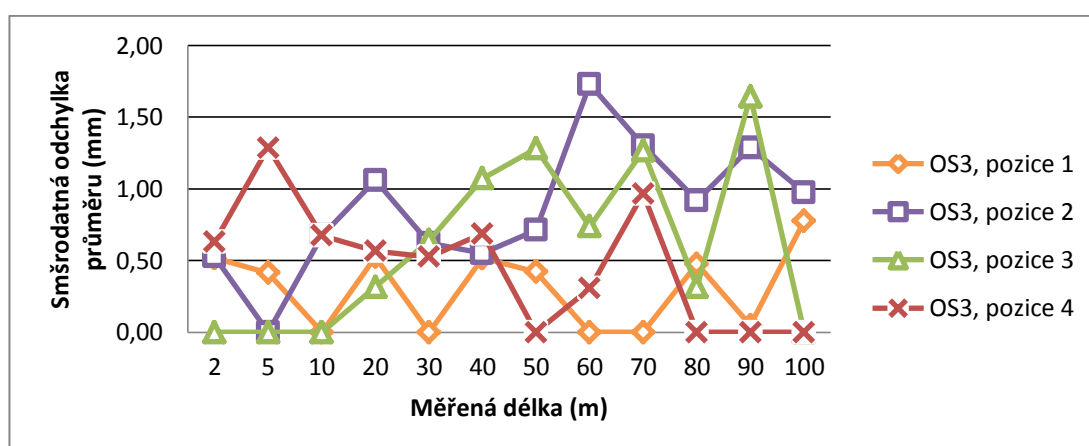


Graf 16: Rozdíl mezi délkou měřenou za použití OS1 a OS3 v závislosti na změně pozice natočení OS3 pro všechny měřené vzdálenosti – měřeno s TS Leica

Stejně jako v předchozích případech je nejmenší rozdíl mezi krajními pozicemi při délce 2 metry a 5 metrů viz Graf 16. Celkový rozsah rozdílu délky měřené užitím OS1 a OS3 je menší než rozsah rozdílů délky měřené s užitím OS1 a OS2, což je patrně zapříčiněno menšími stěnami OS3.

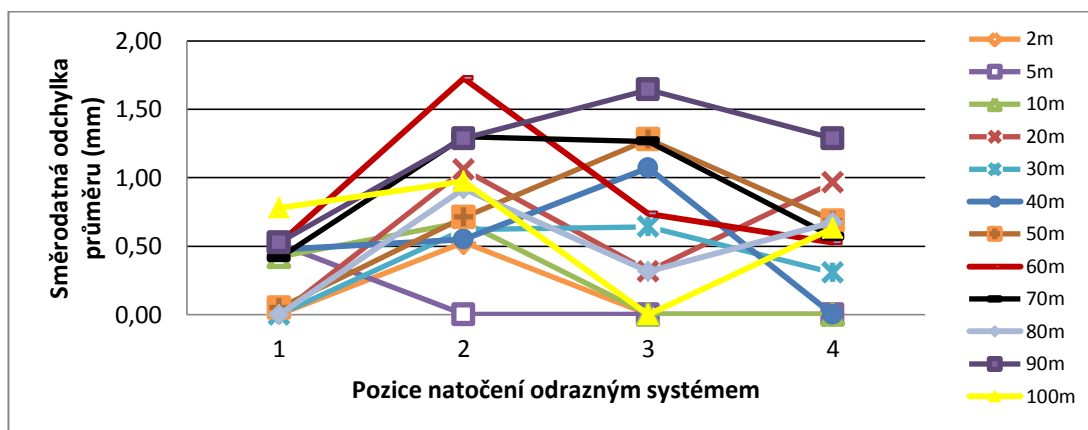
### 5.3.3.2 Totální stanice Topcon

Bylo dosaženo velmi podobných výsledků jako při použití OS2. Oproti TS Leica lze vidět větší rozptyl směrodatných odchylek (viz Graf 17). Nejmenšího rozptylu směrodatných odchylek bylo dosaženo v pozici odrazného systému 1, otáčením odrazným systémem se odchylky zvětšovaly (viz Graf 18). Stejně jako v případě TS Leica je patrný menší rozdíl celkového rozsahu rozdílů délky měřené užitím OS1 a OS3 oproti OS2 (viz Graf 19). Opět se nepotvrdil vliv vodních kapek na těle odrazného systému či jiné průměrné denní teploty na hodnoty délek a směrodatných odchylek.

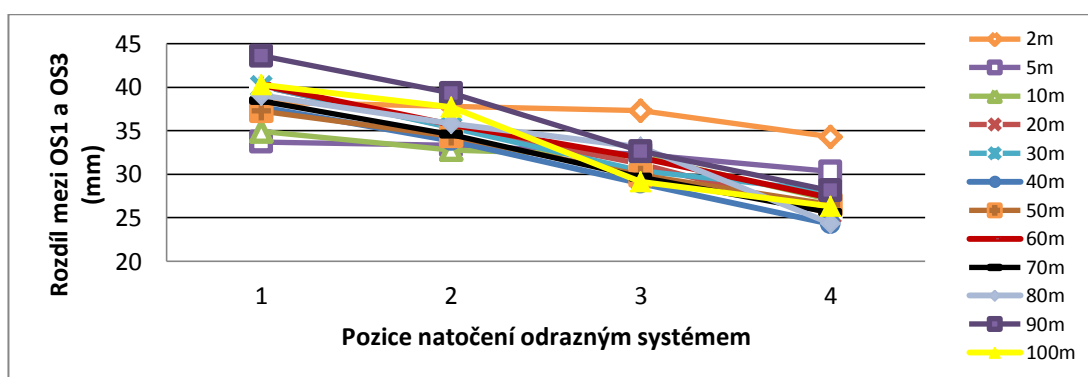


Graf 17: Směrodatné odchylky průměru v závislosti na měřené délce pro 4 pozice natočení OS3 – měřeno s TS Leica





Graf 18: Směrodatné odchylky průměru v závislosti na pozici natočení OS2 pro všechny měřené délky – měřeno s TS Topcon

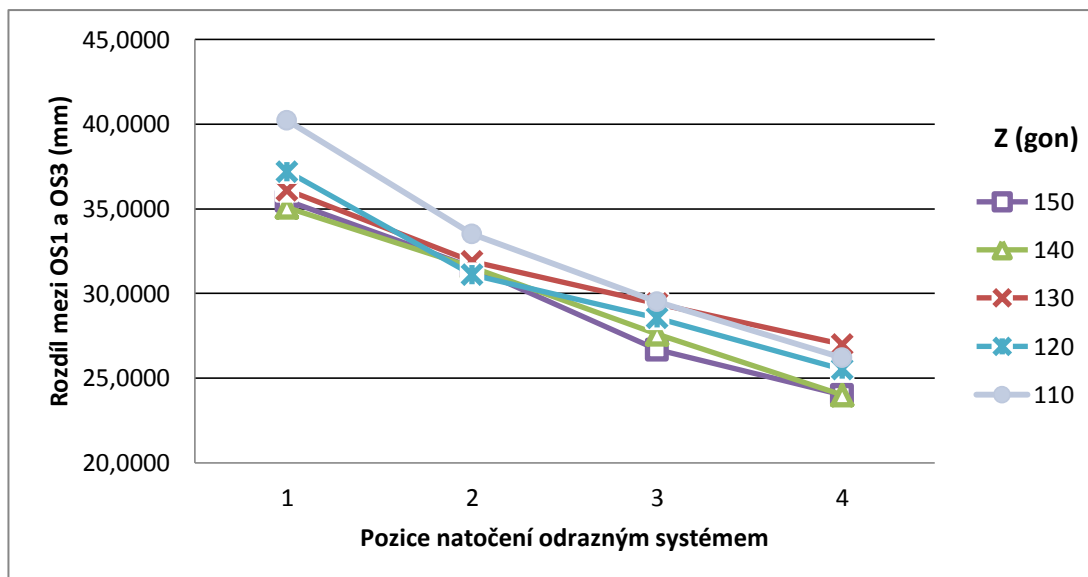


Graf 19: Rozdíl mezi délkou měřenou za použití OS1 a OS3 v závislosti na měnící se pozici natočení OS3 pro všechny měřené vzdálenosti – měřeno s TS Topcon

### 5.3.4 Testování výškového měření

#### 5.3.4.1 Totální stanice Leica

Díky své konstrukci není OS3 tak vhodný na výškové cílení jako OS2. Délky byly spolehlivě zaznamenávány od zenitového úhlu  $Z = 150$  gon. Z rozdílů délek mezi použitím OS1 a OS3 poté nebyly nalezeny závislosti měnících se právě těchto rozdílů na zenitovém úhlu  $Z$  viz Graf 20.



Graf 20: Rozdíl mezi délkou měřenou za použití OS1 a OS3 v závislosti na měnící se pozici natočení OS3 pro měnící se zenitový úhel Z – měřeno s TS Leica

### 5.3.4.2 Totální stanice Topcon

Při použití TS Topcon byly dosaženy velmi podobné výsledky jako v případě použití TS Leica. Ani zde nebyl následně potvrzen vliv jiných klimatických podmínek či výskytu vodních kapek na těle odrazného systému na směrodatné odchylky měření.

### 5.4 Součtové konstanty

Rozdíly délek naměřených TS Leica mezi vyrobeným a originálním odrazným zařízením za všech pozic natočení odrazným zařízením a za všech klimatických podmínek byly aritmeticky zprůměrovány, což vytvořilo hodnoty součtových konstant použitelných pro OS2 a OS3. Pro OS1 byly použity hodnoty 0, která je udávána výrobcem a byla ověřena v rámci předchozí bakalářské práce. Přehled těchto hodnot je uveden v Tab. 4 a detailní výpočet součástí Přílohy 1.

Pro TS Topcon byl nejdříve spočítán rozdíl měřené délky na bodech PBPP č. 1009 a č. 1008 mezi délkou měřenou právě TS Topcon a TS Leica. S TS Topcon byla změřena tato délka vždy větší o průměrně 33,2 mm. Součtová konstanta pro kombinaci TS Topcon a OS1 je tedy -33,2 mm. Dále byl použit postup uveden v předchozím odstavci. Z tohoto výpočtu vychází Tab. 4.

	<b>TS Leica</b>	<b>TS Topcon</b>
<b>OS1</b>	0 mm	-33,2 mm
<b>OS2</b>	35,5 mm	0,4 mm
<b>OS3</b>	35,2 mm	1,4 mm

**Tab. 4: Hodnoty součtových konstant pro kombinace odrazných zařízení a totálních stanic**

Pokud by v průběhu měřických prací byla nastavena vždy vypočtená hodnota součtové konstanty a vezme-li v potaz rozdíly délek měřené mezi OS1 a OS2, OS2 dosahuje přesnosti měřených hodnot  $\pm 15$  mm, což je na zařízení vyrobené v domácí dílně poměrně slušná hodnota. V případě OS3 je tato přesnost dokonce  $\pm 12$  mm. Větší přesnosti je dosaženo menšími rozměry tohoto zařízení oproti OS2.

V praxi, zaměřím-li se na geodetické práce spojené s pozemkovými úpravami, je velmi vhodné použití vyrobených odrazných zařízení za podmínek, kdy hrozí poškození nákladných originálních hranolů a nevyskytují se vysoké nároky na přesnost měření, vzhledem k přesnosti měření uváděné v přechozím odstavci. V rámci zpracování pozemkových úprav lze vyrobená zařízení využít například při podrobném zaměření polohopisu či výškopisu. Stále je ovšem třeba brát v potaz maximální měřitelnou délku za použití odrazné fólie.

## 6 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo vytvořit odrazné zařízení z odrazné fólie schopné všesměrného cílení s důrazem na nízké náklady na výrobu a následné testování tohoto zařízení za různých podmínek. Do testování bylo zahrnuto též jiné v domácí dílně vyrobené odrazné zařízení stejného principu funkčnosti, ovšem rozdílné konstrukce. Nejprve došlo k shromáždění teoretických znalostí ohledně elektronických dálkoměrů a retroreflexe. Tyto znalosti byly využity v dalším zpracování. Byl stanoven metodický postup zahrnující měřické a výpočetní práce. Celkem do výpočtů vstupovalo 9960 naměřených hodnot.

Testovaná odrazná zařízení se ukázala jako funkční za všech klimatických podmínek. Tyto podmínky neměly na funkčnost zařízení vliv. Směrodatné odchylky měření nebyly při testování nikdy překročeny. Použitá odrazná fólie běžně používaná k označování kamionů dosáhla totožných výsledků jako odrazná fólie prodávána pro geodetické účely, jejíž cena je ovšem čtyřikrát vyšší. Vzhledem k nízkým nákladům na výrobu odrazných zařízení, které konkrétně u zařízení vyrobeného pro účely této práce byly 200 Kč, je velmi vhodné jejich použití za podmínek, kdy hrozí poškození nákladných originálních hranolů a nevyskytují se vysoké nároky na přesnost měření. V rámci zpracování pozemkových úprav lze vyrobená zařízení využít například při podrobném zaměření polohopisu či výškopisu.

## 7 SEZNAM ZDROJŮ

- [1] ČADA, Václav. *Přednáškové texty z Geodézie*. Plzeň: ZČU Fakulta aplikovaných věd, 2005 [cit. 15.4.2014]. Online výukový materiál. Dostupné na WWW: < <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html> >.
- [2] ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE - FAKULTA STAVEBNÍ, Praha, CZ. *Odrasny přípravek pro elektronické měření délek [patent]*. Česká republika. Patentový spis, 303480. Uděleno 29.8.2012.
- [3] KRPATA, František. *Aplikovaná optika*. Česká technika-nakladatelství ČVUT, 2005.
- [4] LEICA GEOSYSTEMS AG. *Leica TPS400/TPS 410 Series. Uživatelská příručka k TC(R)403/405/407/410*. [cit. 14. 4. 2014]. Dostupné na WWW: [http://www.gefos-leica.cz/ftp/Totalni\\_stanice/Navody/TPS400/TPS400%20&%20410C-User\\_V2.0\\_Ceska.pdf](http://www.gefos-leica.cz/ftp/Totalni_stanice/Navody/TPS400/TPS400%20&%20410C-User_V2.0_Ceska.pdf)
- [5] MAZALOVÁ, Jana. *Měření délek a komparace měřidel a dálkoměrů*. Ostrava: VŠB-TU Fakulta Hornicko – geologická, 2002 [cit. 17.4.2014]. 30 s. Dostupné na WWW: < [http://hgf.unas.cz/mereni\\_delek.doc](http://hgf.unas.cz/mereni_delek.doc) >.
- [6] NEVOSÁD, Zdeněk, SOUKUP, František, VITÁSEK, Josef. *Geodézie II*. Brno: Nakladatelství VUTIUM, 1999. 107 s. ISBN 80-214-1475-8.
- [7] PODHRÁZSKÁ, J. a kol. *Projektování pozemkových úprav*. Brno. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. 215 s. ISBN 80-7375-011-2.
- [8] RATIBORSKÝ, Jan. *Geodézie 10*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2000. 234 s. ISBN 80-01-02198-X
- [9] STREIBL, Jiří. *Geodézie I - Přístroje a výpočty*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 1986. 152 s.
- [10] ŠIMEK, Miroslav. *Kalibrace odrazných hranolů*. Č. Budějovice, 2012. Bakalářská práce (Bc.). JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH. Zemědělská fakulta

- [11] ŠVEC, Mojmír, HÁNEK, Pavel. *Stavební geodézie 10*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2006. 175 s. ISBN 80-01-03403-08.
- [12] TOPCON CORPORATION. *Pulse total station instruction manual GPT-7500 Series*. [cit. 14. 4. 2014]. Dostupné na WWW: [http://www.topptopo.dk/uploads/media/manualer/Totalstation/IM\\_GPT-7500Eng.pdf](http://www.topptopo.dk/uploads/media/manualer/Totalstation/IM_GPT-7500Eng.pdf)
- [13] Zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění pozdějších předpisů.

### **Internetové zdroje**

- [14] <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=503&srs=EPSG:102067> [cit. 10. 4. 2014].
- [15] <http://www.surveyequipment.com/images/641618-gpr111.jpg> [cit. 17. 4. 2014].
- [16] [http://www.geographica.hr/site/public/images/content/leica\\_tcr\\_407.jpg](http://www.geographica.hr/site/public/images/content/leica_tcr_407.jpg) [cit. 8. 4. 2014].
- [17] <http://eshop.geodis.sk/admin/eshop/223/gpt-7500.jpg> [cit. 20. 3. 2014].
- [18] <http://www.sc-brno.cz/marasign-ts/:attachments/1/vyroba-dopravnichznacek.pdf> [cit. 20. 3. 2014].
- [19] [http://www.fce.vutbr.cz/veda/JUNIORSTAV2011/pdf/4.1/Kopkane\\_Danie1\\_CL.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/veda/JUNIORSTAV2011/pdf/4.1/Kopkane_Danie1_CL.pdf) [cit. 25. 3. 2014].

## 8 SEZNAM ZKRATEK

**OS1:** Odrazný systém 1

**OS2:** Odrazný systém 2

**OS3:** Odrazný systém 3

**TS:** Totální stanice

## 9 SEZNAM TABULEK

**Tab. 1:** Ukázka výpočtu směrodatné odchylky

**Tab. 2:** Přehled prováděných činností a klimatických podmínek v prvním termínu měření

**Tab. 3:** Přehled prováděných činností a klimatických podmínek v druhém termínu měření

**Tab. 4:** Hodnoty součtových konstant pro kombinace odrazných zařízení a totálních stanic

## 10 SEZNAM SCHÉMAT

**Schéma 1:** Směry dopadu paprsku při testování všesměrného cílení (pohled shora)

[Zdroj: Vlastní]

**Schéma 2:** Varianty zenitových úhlů při testování výškového měření [Zdroj: Vlastní]

## 11 SEZNAM GRAFŮ

**Graf 1:** Průběh venkovní teploty v prvním termínu měření

**Graf 2:** Průběh atmosférického tlaku v prvním termínu měření

**Graf 3:** Průběh venkovní teploty v druhém termínu měření

**Graf 4:** Průběh atmosférického tlaku v druhém termínu měření

**Graf 5:** Průběh závislosti měřené délky na OS2 v závislosti na pozici natočení

**Graf 6:** Směrodatné odchylky průměru v závislosti na měřené délce pro 4 pozice natočení OS2 – měřeno s TS Leica

**Graf 7:** Směrodatné odchylky průměru v závislosti na pozici natočení OS2 pro všechny měřené délky – měřeno s TS Leica

**Graf 8:** Rozdíl mezi délkou měřenou za použití OS1 a OS2 v závislosti na měnící se pozici natočení OS2 pro všechny měřené vzdálenosti – měřeno s TS Leica

**Graf 9:** Směrodatné odchylky průměru v závislosti na měřené délce pro 4 pozice natočení OS2 – měřeno s TS Topcon

**Graf 10:** Směrodatné odchylky průměru v závislosti na pozici natočení OS2 pro všechny měřené délky – měřeno s TS Topcon

**Graf 11:** Rozdíl mezi délkou měřenou za použití OS1 a OS2 v závislosti na měnící se pozici natočení OS2 pro všechny měřené vzdálenosti – měřeno s TS Topcon

**Graf 12:** Rozdíl mezi délkou měřenou za použití OS1 a OS2 v závislosti na měnící se pozici natočení OS2 pro měnící se zenitový úhel Z – měřeno s TS Leica

**Graf 13:** Průběh závislosti měřené délky na OS3 v závislosti na pozici natočení

**Graf 14:** Směrodatné odchylky průměru v závislosti na měřené délce pro 4 pozice natočení OS3 – měřeno s TS Leica

**Graf 15:** Směrodatné odchylky průměru v závislosti na pozici natočení OS3 pro všechny měřené délky – měřeno s TS Leica

**Graf 16:** Rozdíl mezi délkou měřenou za použití OS1 a OS3 v závislosti na měnící se pozici natočení OS3 pro všechny měřené vzdálenosti – měřeno s TS Leica

**Graf 17:** Směrodatné odchylky průměru v závislosti na měřené délce pro 4 pozice natočení OS3 – měřeno s TS Leica

**Graf 18:** Směrodatné odchylky průměru v závislosti na pozici natočení OS2 pro všechny měřené délky – měřeno s TS Topcon



**Graf 19:** Rozdíl mezi délkou měřenou za použití OS1 a OS3 v závislosti na měnící se pozici natočení OS3 pro všechny měřené vzdálenosti – měřeno s TS Topcon

**Graf 20:** Rozdíl mezi délkou měřenou za použití OS1 a OS3 v závislosti na měnící se pozici natočení OS3 pro měnící se zenitový úhel Z – měřeno s TS Leica

## 12 SEZNAM OBRÁZKŮ

**Obr. 1:** Schéma rádiového fázového dálkoměru [1]

**Obr. 2:** Schéma světelného fázového dálkoměru [1]

**Obr. 3:** Model povrchu odrazné fólie s použitím trojúhelníkových ploch (vlevo) a s použitím čtvercových ploch (vpravo) [19]

**Obr. 4:** Retroreflexní fólie – Typ A [18]

**Obr. 5:** Retroreflexní fólie – Typ B [18]

**Obr. 6:** Retroreflexní fólie – Typ C [18]

**Obr. 7:** Lokalita, kde probíhaly měřické práce [14]

**Obr. 8:** Postup ověřování svislosti montáže [Zdroj: Vlastní foto]

**Obr. 9:** Testovací základna (v metrech) [Zdroj: Vlastní]

**Obr. 10:** Detail vodních kapek na těle OS2 [Zdroj: Vlastní foto]

**Obr. 11:** Leica GPR111 Basic [15]

**Obr. 12:** Odvození velikosti stěny OS2 [2]

**Obr. 13:** Odrazný systém 2 [Zdroj: Vlastní foto]

**Obr. 14:** Odrazný systém 3 [Zdroj: Vlastní foto]

**Obr. 15:** Leica TCR407 Power [16]

**Obr. 16:** Topcon GPT-7501 [17]

## **13 SEZNAM PŘÍLOH**

**Příloha 1:** CD-ROM se všemi naměřenými hodnotami, výpočty a grafy

**Příloha 2:** Geodetické údaje bodů PBPP č. 1008, 1009 a 1010 ke dni 10. 4. 2014

## Příloha 2

Geodetické údaje bodů PBPP č. 1008, 1009 a 1010 ke dni 10. 4. 2014 [14]

### GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE

Kat. území **621943 České Budějovice 2**

Obec **544256 České Budějovice**

Okres **CZ0311 České Budějovice**

[\[hlášení závad\]](#) Verze bodu: 1

<b>Bod</b> <b>1008</b>	Bod zřídil (jméno, rok)	<b>Y</b>	<b>758294,69</b>	SM5 <b>ČESKÉ BUDĚJOVICE 3-2</b>
Kód kv.: 3	Platnost od: 01.01.1988	<b>X</b>	<b>1164867,02</b>	Místopisný náčrt
<b>Popis, způsob stabilizace a určení bodu</b> Bodem je ocelový sloupek o 220 mm s nucenou centrací, určen kombinovaným protínáním. Ing. Jan Pokorný		nadm. výška Bpv.	<b>394,89</b>	
<b>Poznámka</b> Bod č. 1085 vytyčovací sítě OS MÁJ, stavba 5. Bod zřídil Geod. Č. Budějovice		Detail		
ETRS89				

### GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE

Kat. území **621943 České Budějovice 2**

Obec **544256 České Budějovice**

Okres **CZ0311 České Budějovice**

[\[hlášení závad\]](#) Verze bodu: 1

<b>Bod</b> <b>1009</b>	Bod zřídil (jméno, rok)	<b>Y</b>	<b>758277,53</b>	SM5 <b>ČESKÉ BUDĚJOVICE 3-2</b>
Kód kv.: 3	Platnost od: 01.01.1988	<b>X</b>	<b>1165023,15</b>	Místopisný náčrt
<b>Popis, způsob stabilizace a určení bodu</b> Bodem je ocelový sloupek o 220 mm s nucenou centrací, určen kombinovaným protínáním. Ing. Jan Pokorný		nadm. výška Bpv.	<b>394,40</b>	
<b>Poznámka</b> Bod č. 86 vytyčovací sítě OS MÁJ, stavba 5. Bod zřídil Geod. Č. Budějovice		Detail		
ETRS89				

## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE

Kat. území **621943 České Budějovice 2**

Obec **544256 České Budějovice**

Okres **CZ0311 České Budějovice**

[\[hlášení závad\]](#) Verze bodu: 1

<b>Bod</b> <b>1010</b>	Bod zřídil (jméno, rok)	<b>Y</b>	<b>758392,60</b>	<b>SM5</b> <b>ČESKÉ BUDĚJOVICE 3-2</b>
<b>Kód kv.:</b> 3	<b>Platnost od:</b> 01.01.1988	<b>X</b>	<b>1165112,01</b>	
<b>Popis, způsob stabilizace a určení bodu</b> Bodem je ocelový sloupek o 220 mm s nucenou centrací, určen kombinovaným protínáním. Ing. Jan Pokorný		<b>nadm. výška Bpv.</b>	<b>394,62</b>	
<b>Poznámka</b> Bod č. 1088 vytyčovací síť OS MÁJ, stavba 5. Bod zřídil Geod. Č. Budějovice		<b>Detail</b>		
ETRS89				