

# ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

KATEDRA SPECIÁLNÍ GEODÉZIE

Studijní program: GEODÉZIE A KARTOGRAFIE

Studijní obor: GEODÉZIE, KARTOGRAFIE A GEOINFORMATIKA



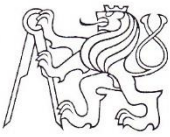
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

## VLIV NATOČENÍ ODRAZNÉHO ŠTÍTKU NA MĚŘENÍ DÉLEK TOTÁLNÍMI STANICEMI LEICA

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Braun, Ph.D.

Praha, 2017

Tereza Vyroubalová



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Vyroubalová Jméno: Tereza Osobní číslo: 434015

Zadávací katedra: K154 - Speciální geodézie

Studijní program: Geodézie a kartografie

Studijní obor: Geodézie, kartografie a geoinformatika

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vliv natočení odrazného štítku na měření délek totálními stanicemi Leica

Název bakalářské práce anglicky: The influence of rotation of reflective foil to measured lengths by total station Leica

Pokyny pro vypracování:

Pro vzdálenosti 30 m a 100 m otestujte měření délek na odrazné štítky pomocí totálních stanic Leica TS1201, TS1202, MS50, TS16 a TS12. Použijte odrazný štítek od firmy Leica a neznačkový odrazný štítek. Štítky natáchejte v horizontálním směru po 20 gonech a ve vertikálním směru po 20 gonech vůči záměrné přímce přístroje. Pro každou polohu štítku změřte délku s 25 opakováními. Výsledné délky a směrodatné odchylky vzájemně porovnejte.

Seznam doporučené literatury:

[1] Rueger, J.M.: Electronic Distance Measurement. 3. vyd. New York: Springer-Verlag, 1990. 266 s. ISBN 3-540-51523-2

[2] Hauf, M.: Elektronické měření délek I. Vydavatelství ČVUT, Praha, 1977.

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Jaroslav Braun, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 21.2.2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

21.2.2017

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma „Vliv natočení odrazného štítu na měření délek totálními stanicemi Leica” vypracovala samostatně, pouze s odbornou konzultací vedoucího práce Ing. Jaroslava Brauna, Ph.D. Veškerá použitá literatura a jiné použité materiály jsou uvedeny v seznamu literatury.

V Praze, dne 28.5. 2017

.....

Tereza Vyroubalová

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala vedoucímu své bakalářské práce Ing. Jaroslavu Braunovi, Ph.D. a Ing. Petrovi Jaškovi za odborné vedení mé práce, cenné připomínky a spolupráci při testování totálních stanic.

Dále bych chtěla poděkovat své rodině za podporu během celého studia, trpělivost a pomoc při zpracování bakalářské práce.

V neposlední řadě patří dík také geodetické firmě Nedoma & Řezník, s.r.o za zapůjčení totálních stanic a vybavení potřebného pro provedení testování.

## **ABSTRAKT**

Tématem bakalářské práce je testováním dálkoměrů totálních stanic Leica. Je zkoumán vliv natočení odrazného cíle na měřenou vzdálenost. V práci jsou popsány obecné vlastnosti fázových dálkoměrů, navržený experimentální postup a testování dvou odrazných štítků, jednoho značkového a druhého neznačkového, na vzdálenostech 30 m a 100 m. V rámci práce bylo otestováno 5 různých totálních stanic Leica. Z experimentálních měření byla určena velikost chyb, která nastává při nevhodně natočeném štítku a pro jednotlivé přístroje může dosahovat až 7 mm. Výsledkem práce jsou grafy, které popisují závislost měřené délky na natočení cíle a ukazují omezení, která by se při plánování přesných měření neměla zanedbávat.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Totální stanice Leica, fázový dálkoměr, odrazný štítek, délka, vzdálenost, natočení odrazného cíle, směrodatná odchylka

## **ABSTRACT**

The topic of bachelor thesis is the testing of the electronic distance meters of total stations Leica. It is tested the influence of rotation of reflective foil to measured distance. The general properties of phase electronic distance meters and the proposed experimental procedure are described. Two reflective foil, one branded and one non-branded, were tested at distances of 30 m and 100 m. Five different total stations Leica were tested. From the experimental measurements, the errors are determined that occurs when the target is inappropriately rotated and can reach up to 7 mm for individual total station. The results of the thesis are graphs that describe dependence of measured distance to rotated and show limitations that should not be neglected when planning accurate measurements.

## **KEY WORDS**

Total station Leica, phase distance meter, reflective foil, distance, rotation of reflective targeted, standard deviation

## Obsah

1. ÚVOD.....	8
2. VLASTNOSTI ELEKTRONICKÝCH DÁLKOMĚRŮ.....	9
2.1. Fyzikální vlastnosti dálkoměrů.....	9
2.2. Princip určení vzdálenosti .....	9
2.3. Přesnost dálkoměrů .....	11
2.4. Stopa dálkoměru.....	12
2.5. Chování paprsku po dopadu na odrazné cíle .....	12
2.6. Fyzikální jevy ovlivňující přesnost měřených vzdáleností.....	13
3. PŘÍSTROJE A POMŮCKY .....	15
3.1. Testované totální stanice .....	15
3.1.1. Totální stanice Leica TS16P R500.....	15
3.1.2. Totální stanice Leica Nova MS50 R2000.....	16
3.1.3. Totální stanice Leica TS12 R1000 .....	16
3.1.4. Totální stanice Leica TCR1201 R300 .....	17
3.1.5. Totální stanice Leica TCRP1202 R300.....	17
3.2. Pomůcky.....	17
3.2.1. Odrazné štítky.....	18
4. EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ .....	20
4.1. Příprava měření .....	20
4.2. POSTUP MĚŘENÍ.....	21
4.2.1. Měření totální stanicí Leica TCR1201 R300.....	23
4.2.2. Měření totální stanicí Leica TCRP1202 R300 .....	23
4.2.3. Měření totální stanicí Leica TS12 R1000.....	23
4.2.4. Měření totální stanicí Leica TS16P R500.....	24
4.2.5. Měření totální stanicí Leica Nova MS50 R2000 .....	24
5. ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT .....	25
5.1. Obecný postup zpracování .....	25
5.2. Výpočet a zavedení oprav u neznačkového štítku.....	26
5.3. Zpracování výsledků pro jednotlivé totální stanice.....	27
5.3.1. Totální stanice Leica TS16P R500.....	27
5.3.2. Totální stanice Leica Nova MS50 R2000.....	29
5.3.3. Totální stanice Leica TS12 R1000 .....	31
5.3.4. Totální stanice Leica TCRP1202 R300.....	33
5.3.5. Totální stanice Leica TCR1201 R300 .....	35
5.4. Zpracování výsledků pro všechny totální stanice.....	38
6. ZÁVĚR.....	44

SEZNAM ZDROJŮ .....	46
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	48
SEZNAM TABULEK.....	49
SEZNAM PŘÍLOH .....	50
PŘÍLOHY.....	51



# 1. ÚVOD

V současnosti jsou pro běžná geodetická měření a měření na stavbách nejčastěji využívány totální stanice. Totální stanice jako univerzální nástroj umožňuje měření vodorovných směrů, zenitových úhlů a zejména přímé měření vzdáleností elektronickým dálkoměrem. Softwarové vybavení totálních stanic pak umožňuje řešit široké spektrum úkolů, kdy ale měřič musí mít na paměti omezení přístroje. Taková omezení mohou být způsobena zejména tvarem sítě a nevhodným natočením cílů.

Tato bakalářská práce se věnuje tématu závislosti přesnosti měření délky na natočený cíl. V rámci práce je navržen experimentální postup a je prakticky otestováno 5 totálních stanic Leica při měření na různě natočené odrazné štítky.

Odrasné štítky byly zvoleny pro experiment, protože se jedná o nejpoužívanější cíl ve vytyčovací sítích na velkých stavbách nebo jsou využívány jako pozorované body při měření posunů. Štítky jsou vyráběny z reflexních fólií v různých velikostech, které ovlivňují délku, na kterou je možné měřit. Velikost čtvercového terče se pohybuje od 2 cm do 6 cm. Průměrná vzdálenost, na kterou lze cílit, je 200 až 300 metrů. Štítky jsou většinou samolepicí a na jejich povrchu je natištěn křížek nebo křížek se soustřednými kružnicemi, na jejichž střed se cílí.

V praxi často není možné měřit na štítek, který je přesně kolmo k záměrné ose dalekohledu totální stanice. Štítky jsou lepené na svislé plochy, kde je zaručena dobrá viditelnost, proto je většina štítků k totální stanici natočena horizontálně i vertikálně. Vlivem šířky stopy dálkoměrného paprsku, ale natočení štítku ovlivňuje přesnost měřené délky.

Pro experimentální testování bylo vybráno pět totálních stanic s různými dálkoměry, konkrétně Leica TS16P R500, Leica Nova MS50 R2000, Leica TS12 R1000, Leica TCR1201 R300 a Leica TCRP1202 R300. Experimentální měření bylo provedeno venku, aby na totální stanice působily stejné vlivy jako při měření v praxi. Totální stanice byly testovány na dva druhy štítků- Leica štítek a značkový štítek. Měření probíhalo na vzdálenostech 30 metrů a 100 metrů. Štítky byly vůči záměrné přímce natáčeny v horizontálním i vertikálním směru.

## 2. VLASTNOSTI ELEKTRONICKÝCH DÁLKOMĚŘŮ

V této kapitole bude stručně uvedena teorie a popis fungování elektronických dálkoměrů a vlastnosti, které mají vliv na navržený experiment. Informace byly čerpány zejména z [1], [2], [3].

### 2.1. Fyzikální vlastnosti dálkoměrů

Elektronické dálkoměry používají k měření délek elektromagnetické vlnění. Elektromagnetické vlnění vzniká vzájemnou přeměnou složky magnetické a elektrické, které plynule mění svojí velikost a směr. Tyto složky jsou na sebe vzájemně kolmé a zároveň jsou kolmé na směr šíření vlnění.

Jako zdroj vlnění se nejčastěji využívá oscilátoru, kde změnou jeho energie dochází ke vzniku elektromagnetického záření, které se nazývá světlo. Nejdůležitějšími vlastnostmi elektromagnetického vlnění je polarizace, odraz a ohyb vlnění a interference.

Polarizace světla usměrňuje vektory obou složek, které poté kmitají stále ve stejném směru. Světlo lze polarizovat lomem, odrazem, dvojlomem nebo polarizačními filtry. Elektromagnetické vlnění, které používáme při měření délek totálními stanicemi, musí být polarizované.

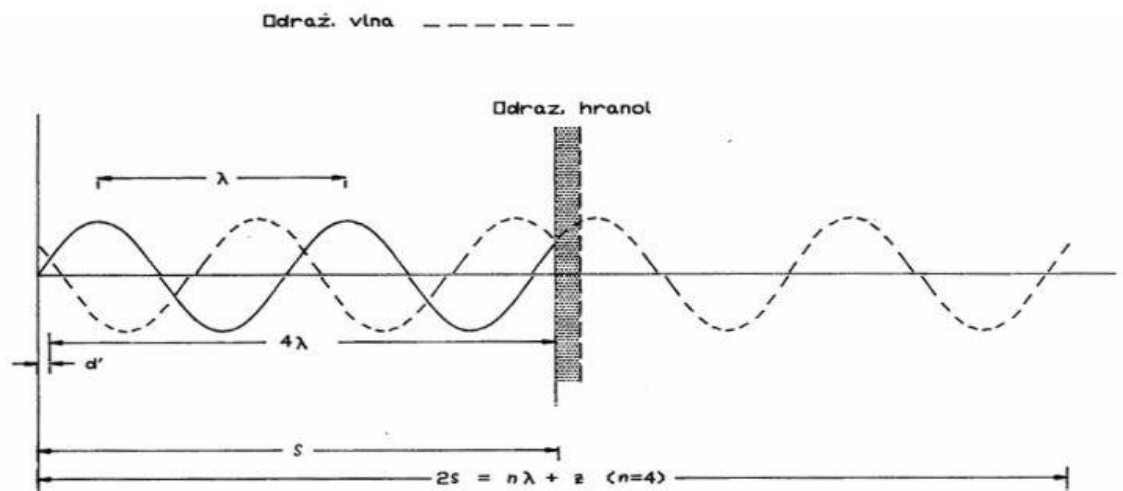
Interferencí světla vzniká nové vlnění, které je složeno ze dvou vln, které se šíří po jedné ose a obě jsou polarizované. Výsledné vlnění vznikne po sečtení okamžitých výchylek obou vln a bude se šířit ve stejné rovině a bude také polarizované.

Světlo, které dopadá na odraznou plochu, se odráží podle zákona odrazu, tedy úhel dopadu se rovná úhlu odrazu. Pokud působí v blízkosti odrazné plochy rušivé vlivy, nevrací se do přístroje jen odražený paprsek, ale i slabé rušivé paprsky. Interferencí se tyto paprsky spojí v jeden a nastává chyba v měřené délce. Při průchodu vlnění jiným prostředím dochází k lomu paprsku. S tímto jevem se setkáváme při měření v terénu, kdy paprsek prochází různě teplými vrstvami vzduchu a ohýbá se.

### 2.2. Princip určení vzdálenosti

Podle typu zpracování signálu se elektronické dálkoměry dělí na impulzové a fázové a dále na světelné a rádiové- podle délky nosné vlny.

Impulzové dálkoměry měří vzdálenost na základě známé rychlosti šíření elektromagnetických vln a tranzitního času. Tranzitní čas je doba, za kterou vyslaná vlna urazí vzdálenost k odraznému zařízení a zpět. Tento čas je velmi krátký, protože se elektromagnetické vlny šíří rychlostí světla. Tranzitní čas můžeme měřit pomocí časoměrné základny nebo pomocí časoměrných impulzů, což je ovšem velmi komplikované a méně přesné. Pro přesnější určování délek se využívají fázové dálkoměry, kde se pro vzdálenosti počítá s periodami vlnových délek a jejich doměrky (Obr. 1). Tyto dálkoměry byly použity i v testovaných přístrojích, proto budou popsány dále.



Obr. 1- Princip elektronického měření délek elektronickým dálkoměrem[1]

Fázové dálkoměry se dělí na dva druhy - fázové dálkoměry s konstantní modulační frekvencí a fázové dálkoměry s plynule měnitelnou modulační frekvencí. V praxi je více používán první typ dálkoměru, a proto bude popsán níže.

Fázový dálkoměr s konstantní modulační frekvencí je založený na nepřímém určení tranzitního času pomocí fázového rozdílu vyslaného a odraženého signálu. U starších typů dálkoměrů se fázový rozdíl určoval přímo pomocí fázoměrů. Nevýhodou této metody byla menší přesnost, proto byly fázoměry nahrazeny fázovacími články a fázový rozdíl byl měřen nepřímo. Fázové články mohou být elektronické nebo optické.

Měřená délka se určuje ze vztahu [1]

$$D = \frac{c * (2\pi * N + \Delta\varphi)}{4\pi * F * n}$$

kde

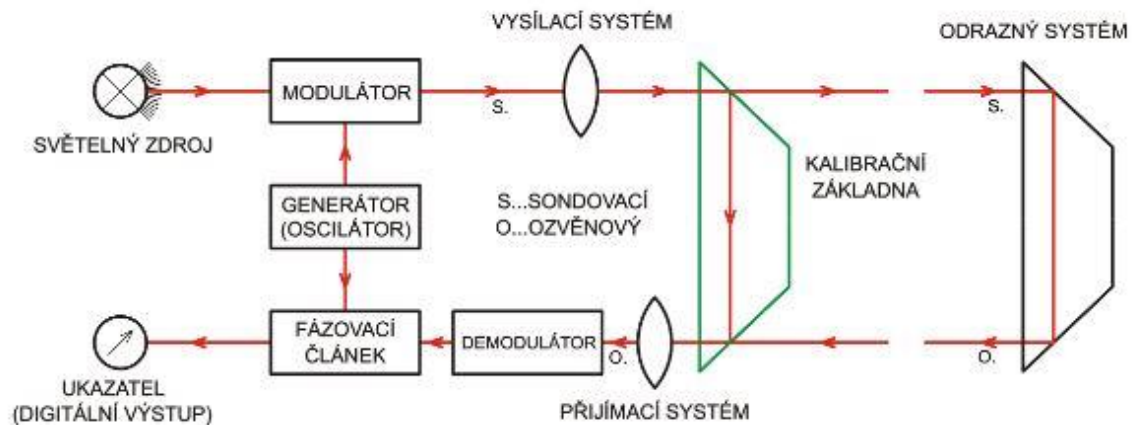
$c$  rychlost světla ve vakuu

$N$  počet vln

$\Delta\varphi$  dílčí fázový rozdíl

$F$  modulační frekvence

$n$  index lomu



Obr. 2-Blokové schéma fázového dálkoměru [6]

Na obrázku 2 je zobrazeno zjednodušené schéma fázového dálkoměru. Světelné vlny vycházejí ze světelného zdroje a pokračují do modulátoru, v němž dochází ke změně vlnové délky působením kmitů oscilátoru. Vlnění pokračuje optickým vysílacím systémem na kalibrační základnu, která je v dálkoměrech kvůli odstranění elektrické části součtové konstanty. Poté je vlnění vedeno na odrazný systém, kde se odrazí a vrací se zpět jako odražený paprsek. Čočka, která je umístěna za kalibrační základnu, soustřeďuje paprsky do demodulátoru. Zde je paprsek demodulován a přeměněn na elektrický signál. Tento signál je veden do fázovacího článku, kde je zjištěn fázový rozdíl mezi vyslaným a odraženým signálem. Z počtu vln a zjištěného doměrku je určen úplný fázový rozdíl v počátečním bodě a poté je vypočítána měřená délka. [1]

### 2.3. Přesnost dálkoměrů

Směrodatná odchylka určení délky  $D$  je výrobcí standardně uváděna jako:

$$\sigma_D = A + B \cdot D$$

Dle [2] je člen  $A$  uváděn v milimetrech a zahrnuje přesnost odečtu dálkoměru, maximální amplitudu (nebo průměrnou velikost) krátkoperiodické cyklické chyby u

fázových dálkoměrů, maximální (nebo průměrný) efekt nelineárních na délce závislých chyb, přesnost nastavené součtové konstanty a kompatibilitu odrazných hranolů. Člen B je násoben ppm (parts per milion) a délka D je uváděna v kilometrech. Člen B u dálkoměrů s krátkým dosahem zahrnuje rozsah frekvenčního driftu hlavního oscilátoru v pracovním teplotním rozsahu a maximální chybu, která může být způsobena omezením kroků výpočtu ppm.

## 2.4. Stopa dálkoměru

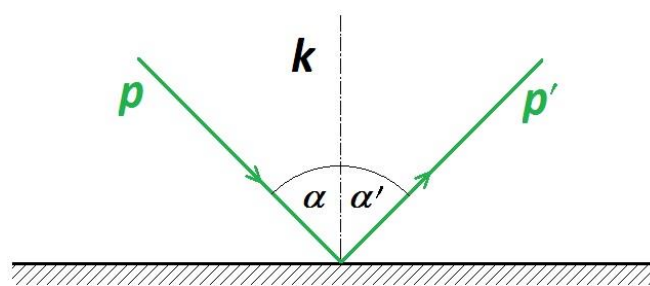
Signál vysílaný totální stanicí k odraznému zařízení je svazek paprsků, který má rozměr a tvar. Znalost rozměrů stopy dálkoměru je výhodná z důvodu lepší volby odrazného zařízení a například u odrazných fólií můžeme určit velikost fólie, která bude nejvhodnější, aby nedocházelo k odrazům i od okolí. Informace o tvaru a rozměru stopy nejsou výrobci většinou udávány, a proto byly navrženy postupy na její určení [4, 5]. Velikosti stopy se liší u jednotlivých druhů totálních stanic.

Dálkoměrný svazek by v ideálním případě měl být rovnoběžný se záměrnou přímkou dalekohledu. V praxi může nastat případ, že je svazek dálkoměru odkloněn od záměrné přímky o určitou hodnotu, a proto místo dopadu vyslaného signálu na odrazné zařízení není totožné s místem, na které je zacílen ryskový kříž. Tedy střed záměrné přímky není totožný se středem stopy dálkoměru. Pokud je odrazné zařízení natočeno vůči záměrné přímce dálkoměru, dochází k chybnému měření délky, která je delší nebo kratší oproti délce měřené na střed odrazného zařízení.

## 2.5. Chování paprsku po dopadu na odrazné cíle

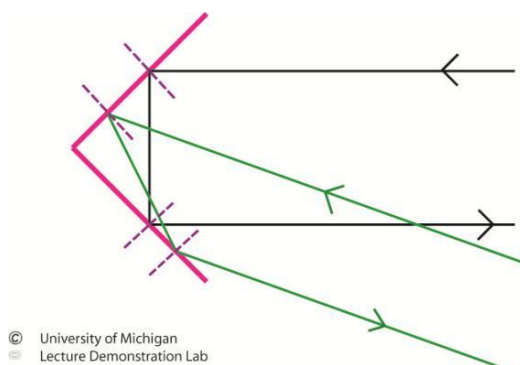
K odrazu vyslaného signálu dochází, pokud vlnění dopadne na rozhraní dvou prostředí, tedy dopadne na odrazné zařízení. Po odrazu se signál vrací do stejného prostředí a řídí se zákonem odrazu.

*Zákon odrazu vlnění- Úhel odrazu je roven úhlu dopadu, přičemž odražené vlnění zůstává v rovině dopadu. Odražený paprsek zůstává v rovině dopadu (v rovině dané dopadajícím paprskem a kolmicí dopadu) a svírá s kolmicí dopadu úhel odrazu, který je stejně velký jako úhel dopadu. [7]*



Obr. 3- Zákon odrazu [7]

Pokud v místě, kam dopadá vlnění, spustíme kolmici k odrazné ploše, můžeme říct, že úhel, který svírá dopadající paprsek s kolmicí, je stejný jako úhel mezi kolmicí a odraženým paprskem.



© University of Michigan  
Lecture Demonstration Lab

Obr. 4-Koutový odražeč [8]

Na obr. 4 je zobrazen princip koutového odražeče. Koutový odražeč slouží k odrazu paprsku tak, aby obrazený paprsek byl rovnoběžný s paprskem vysílaným. Podobným způsobem jsou konstruovány odrazná zařízení používaná v geodetické praxi. Jejich konstrukce je ale složitější, protože jsou složena z více odrazných ploch, které jsou vůči sobě natočeny. V těchto zařízeních se proto odráží paprsky, které dopadají z různých směrů a pod různými úhly. [9]

## 2.6. Fyzikální jevy ovlivňující přesnost měřených vzdáleností

V ideálním případě by se elektromagnetické vlny vyslané dálkoměrem šířily stejnou rychlostí ve všech směrech a přímočaře. V praxi tohoto případu nelze dosáhnout, protože paprsky, které se šíří atmosférou, ovlivňuje mnoho vedlejších faktorů, které však mají v některých situacích zásadní vliv na přesnost měřené vzdálenosti. Stav atmosféry

můžeme z fyzikálního hlediska charakterizovat teplotou vzduchu, tlakem vzduchu a vlhkostí. Souhrn těchto vlastností se nazývá index lomu vzduchu.

Index lomu závisí na parametrech atmosféry a také na vlnové délce vyslaného záření. Index lomu je do oprav měřené vzdálenosti zaváděn z důvodu, že určuje vliv na geometrické vlastnosti průběhu záření jako je například refrakce. Při refrakci dochází k odklonu či zakřivení paprsků od přímé spojnice přístroje a odrazného zařízení nebo odrazné plochy. V důsledku tohoto vlivu dojde k prodloužení měřené vzdálenosti. Při zavedení vlivu teploty a tlaku na měření, hovoříme o fyzikální redukci délek. [5]

### 3. PŘÍSTROJE A POMŮCKY

#### 3.1. Testované totální stanice

Všechny testované totální stanice jsou v majetku geodetické firmy Geodetická kancelář Nedoma & Řezník, s.r.o.. Přístroje jsou používány pro běžná měření na stavbách a při dalších geodetických pracích. Jejich opotřebení a stáří je různé. Všechny totální stanice měly v době testování platnou kalibraci z VUGTK. Pro testování bylo vybráno pět totálních stanic, konkrétně: Leica TS16P R500, Leica Nova MS50 R2000, Leica TS12 R1000, Leica TCR1201 R300, Leica TCRP1202 R300.

K testovaným totálním stanicím jsou uvedeny základní parametry od výrobce, které popisují přesnost přístroje. Úhlová přesnost je uváděna v souladu s normou [16], délková přesnost je uváděna v souladu s normou [17].

##### 3.1.1. Totální stanice Leica TS16P R500

Výrobní číslo-	3204138
Úhlová přesnost-	3''
<u>Dálkoměr</u>	
S hranolem-	1 mm + 1,5 ppm·D
Bez hranolu-	2 mm + 2 ppm·D
Dosah hranolového měření-	není výrobcem uvedeno
Dosah bezhranolového měření –	500 m nebo 1000 m

##### Speciální funkce

- Software Captivate- 3D zobrazení dat a naskenovaných objektů



Obr. 5-Leica TS16P R500 [10]



### 3.1.2. Totální stanice Leica Nova MS50 R2000

Výrobní číslo-	368677
Úhlová přesnost-	1“
<u>Dálkoměr</u>	
Na hranol-	1 mm + 1,5 ppm·D
Bez hranolu-	2 mm + 2 ppm·D
Dosah hranolového měření-	není výrobcem uvedeno
Dosah bezhranolové měření-	nad 2000 m



Obr.6-Leica Nova MS50 R2000 [11]

#### Speciální funkce

- Automatické zaostřování
- Automatické hledání hranolu
- Skenování- dosah až 1000 m

### 3.1.3. Totální stanice Leica TS12 R1000

Výrobní číslo-	271283
Úhlová přesnost-	3“
<u>Dálkoměr</u>	
Na hranol-	1 mm + 1,5 ppm·D
Bez hranolu-	2 mm + 2 ppm·D
Dosah hranolového měření-	není výrobcem uvedeno
Dosah bezhranolového měření-	do 1000m



Obr. 7-Leica TS12 R1000 [12]

#### Speciální funkce

- One-man systém
- Automatické hledání hranolu- PowerSearch
- Automatické docilování- ATR

### 3.1.4. Totální stanice Leica TCR1201 R300

Výrobní číslo-	211333
Úhlová přesnost-	1“
<u>Dálkoměr</u>	
Na hranol-	2 mm + 2 ppm·D
Bez hranolu-	není výrobcem uvedeno
Dosah hranolového měření-	10 000 m
Dosah bezhranolového měření-	500- 600 m



Obr. 8-Leica TCR1201 R300 [14]

### 3.1.5. Totální stanice Leica TCRP1202 R300

Výrobní číslo-	210265
Úhlová přesnost-	2“
<u>Dálkoměr</u>	
Na hranol-	1 mm + 1 ppm·D
Bez hranolu-	2 mm + 2 ppm·D
Dosah hranolového měření-	3500 m
Dosah bezhranolového měření-	není výrobcem uvedeno



Obr. 9-Leica TCRP1202 R300 [13]

## 3.2. Pomůcky

Během měřických prací byly použity kromě totálních stanic tyto pomůcky: stativ, trojnožka, trn, nákloný držák pro odrazné štítky, Leica štítek, neznačkový štítek, úhломěr, barometr a teploměr.

### **3.2.1. Odrazné štítky**

Odrazné štítky jsou vyráběny z odrazných fólií, které jsou složeny z mikrohranolů. Na štítcích jsou natištěny soustředné kruhy a kříž pro přesné zacílení na střed terče. Odrazný štítek je v dnešní době jeden z nejpoužívanějších cílů, hlavně pro své dobré odrazné vlastnosti. Velkou výhodou je zadní samolepící strana, která usnadňuje upevnění na svislé plochy (stěny domů nebo mostní pilíře). Odrazné štítky se umisťují na místa, která nemusí být v průběhu stavby dostupná, a proto je jejich použití výhodné. Při měření posunů a přetvoření se používá odrazných fólií pro signalizaci sledovaných bodů. Odrazné štítky jsou odolné vůči vodě i povětrnostním podmínkám, tudíž je to signalizace dlouhodobá.

Další výhodou použití tohoto odrazného zařízení je finanční dostupnost. Štítky jsou vyráběny několika firmami v různých cenových hladinách a různé kvality. Při testování byly použity dva typy štítků- štítek od výrobce Leica a štítek neznačkový. Leica štítek je určen především pro použití s totálními stanicemi Leica, ale cena je oproti jiným fóliím vyšší. Neznačkový štítek je cenově dostupnější a v praxi používanější. Rozdíl mezi štítky je ve velikosti mikrohranolů a v cílových značkách. Cílová značka s křížkem a dvěma soustřednými kružnicemi (Leica) je vhodná při delších záměrech, kdy je zajištěna lepší čitelnost a tím zvýšená přesnost cílení.

Štítky se vyrábějí v různých velikostech a jsou čtvercového tvaru. Čím větší rozměr, tím větší může být vzdálenost, kterou totální stanice změří. Velikost štítků je však omezena a delší vzdálenost, překračující 200 metrů, není vhodná. Při velkých vzdálenostech a špatných klimatických podmínkách je možné, že odražený signál nebude dostatečně silný a délka nebude změřena. Proto jsou štítky používány většinou v místech, kde je vzdálenost stanoviska a cíle kratší. [4]

#### **3.2.1.1. Odrazné štítky v nákloném držáku**

Pro testování byly vybrány štítky Leica o velikosti 6 x 6 centimetrů a neznačkový štítek o velikosti 4,2 x 5 cm. Rozměr neznačkového štítku byl upraven, aby mohl být umístěn do nákloného držáku.



Obr. 10-Leica štítek v náklonném držáku



Obr. 11-Neznačkový štítek v náklonném držáku

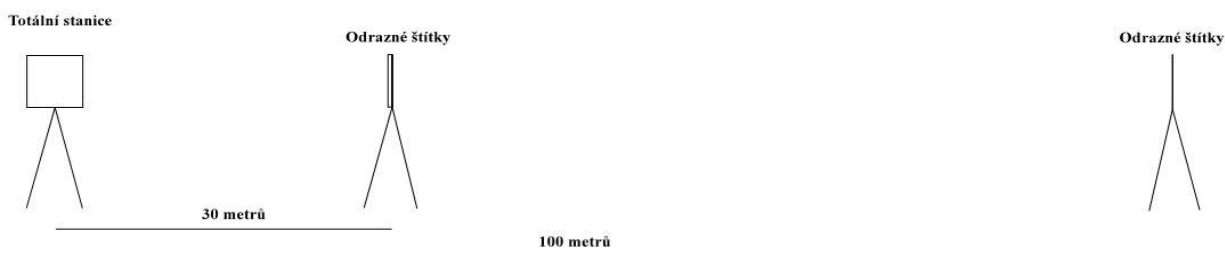
Náklonný držák je vyroben z plastu, ke kterému je pomocí otočných částí připevněna kovová destička. Na tuto destičku byly přilepeny štítky, každý z jedné strany. Lepení Leica štítku bylo prováděno tak, aby se vertikální osa štítků shodovala s vertikální osou otáčení držáku a horizontální osa štítku s horizontální osou natačení držáku. U neznačkového štítku jsou osy otáčení s osami štítku rovnoběžné, nejsou totožné.

Držák se štítky má standardní Leica uchycení na trn jako hranoly, proto mohl být použit běžný trn Leica s trojnožkou.

## 4. EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ

### 4.1. Příprava měření

Po konzultacích s vedoucím práce Ing. J. Braunem, Ph.D. a Ing. P. Jaškem bylo vybráno pět totálních stanic, u kterých bude testováno, jaký vliv má natočení odrazných fólií na měřené délky. Vzdálenosti pro test byly zvoleny 30 m a 100 m, tak aby odpovídaly běžným délkám na stavbách. Pro experiment bylo zvoleno venkovní prostředí s přibližně rovinným terénem. Testovací základna byla vždy zbudována před měřením, délky mezi stativy byly určovány přibližně.



Obr. 12-Schéma postavení totální stanice a odrazných štítků

Pro každou polohu dalekohledu a každou polohu štítku bylo naplánováno opakované měření délky bez přecilování. Počet opakování měření byl stanoven na základě úvahy o hodnotě směrodatné odchylky výběrové směrodatné odchylky měřeného parametru  $s_s$ , která je dána vztahem [18]

$$s_s = \frac{s}{\sqrt{2 \cdot (n - 1)}}$$

kde  $s$  směrodatná odchylka vyjadřující přesnost měření parametru  
 $n$  rozsah souboru

Základní podmínka byla zvolena tak, že směrodatná odchylka  $s_s$  smí nabývat maximálně 15% hodnoty směrodatné odchylky  $s$ . Na základě této podmínky byl rozsah náhodných výběrů stanoven

$$s \cdot \frac{1}{\sqrt{2 \cdot (n - 1)}} = 0,15 \cdot s \Rightarrow n = 24$$

Počet opakování 25 byl zvolen na doporučení vedoucího práce.

K testování byly vybrány dva typy odrazných štítků- odrazný štítek od firmy Leica a neznačkový odrazný štítek. Na oba štítky mělo být měřeno zvlášť a to v různých natočeních vůči záměrné přímce dalekohledu. Pro testování byla zvolena natočení v horizontálním i vertikálním směru a to do polohy 0, 20, 40 a 60 gonů (0 gonů odpovídá pravému úhlu mezi odraznou plochou a záměrnou přímkou). Nastavení hodnot natočení bylo prováděno pomocí přiloženého úhloměru, a proto jsou úhly brány jako přibližné. Přibližné délky základny a nastavení natočení plně postačuje pro potřeby testování.

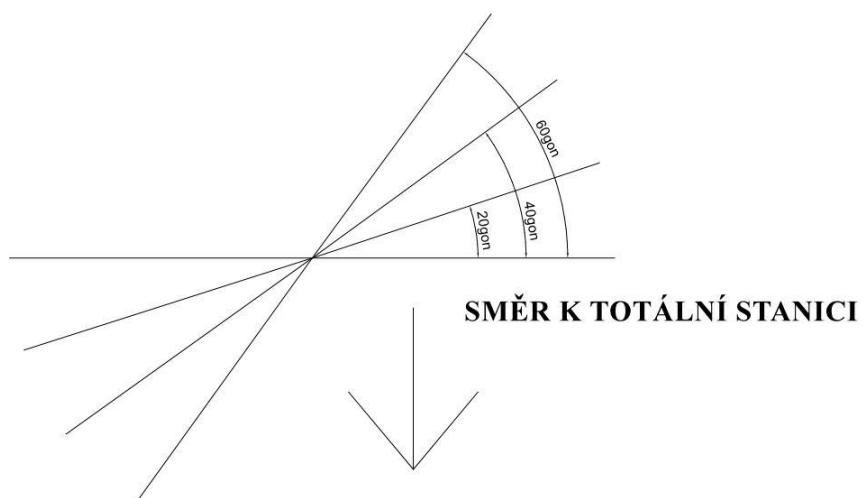
## **4.2. POSTUP MĚŘENÍ**

Měření pro každou totální stanici bylo prováděno zvlášť. Zde je uveden jen obecný postup prací během měření, měření pro jednotlivé totální stanice bude rozebráno dále.

Před začátkem měřických prací proběhl výběr a rekognoskace terénu, kde poté byl postaven stativ s totální stanicí a byla provedena temperace přístroje. Ve vzdálenosti přibližně třiceti metrů od totální stanice byl postaven stativ, na kterém byla trojnožka a trn s držákem fólií. Horizontace trojnožky byla provedena pomocí totální stanice, protože je přesnější a do natáčení štítků nevstupují chyby z nevdorovnosti. Poté byl dohorizontován přístroj a bylo provedeno nastavení softwaru pro měření a zadání parametrů atmosféry pro fyzikální korekce.

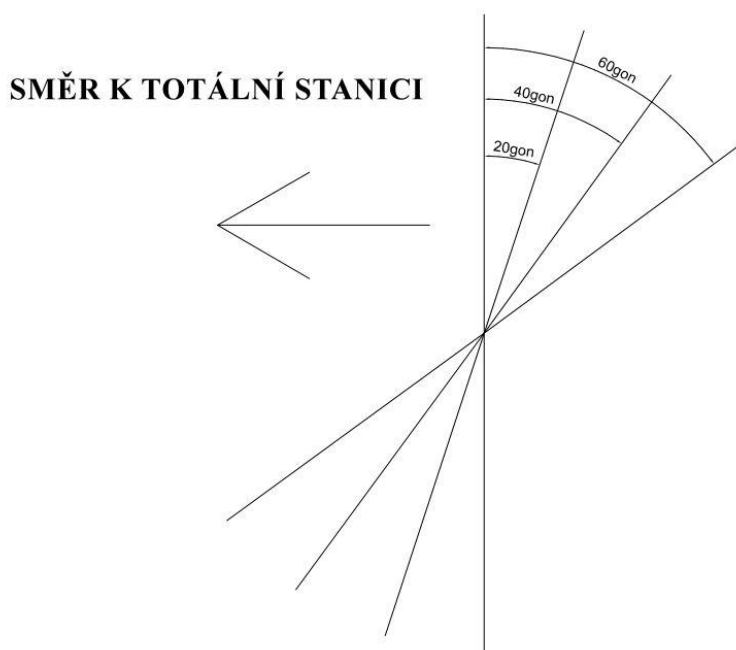
Nejprve bylo provedeno měření na štítek Leica, který byl natočen kolmo na záměrnou přímkou dalekohledu. Měření probíhalo ve 25 skupinách, nejprve bylo měřeno 25krát v první a poté 25krát v druhé poloze dalekohledu bez přecilování. Data byla registrována do paměti totální stanice. Toto měření bylo provedeno dvakrát, jednou pro nulové horizontální natočení a podruhé pro nulové vertikální natočení. Následovalo horizontální natočení štítku o 20 gonů doprava. Natáčení štítků bylo prováděno pomocí příložného úhloměru. Poté proběhlo nové zacílení totální stanice na střed štítku a opět bylo měřeno ve 25 skupinách. Tento postup byl opakován i pro natočení 40 gonů a 60 gonů (*Obr. 13*). Následovalo vertikální natáčení štítku. Nulové natočení již bylo změřeno, a proto byl štítek natočen o 20 gonů a poté o 40 a 60 gradů (*Obr. 14*). Po změření všech pozic fólie Leica, byl trn se štítky otočen a měření bylo stejným postupem opakováno na neznačkový odrazný štítek.

## HORIZONTÁLNÍ NATOČENÍ ODRAZNÉHO ŠTÍTKU



Obr. 13-Horizontální natočení odrazného štítku

## VERTIKÁLNÍ NATOČENÍ ODRAZNÉHO ŠTÍTKU



Obr.14-Vertikální natočení odrazného štítku

Poté byl stativ se štítky přenesen do vzdálenosti 100 metrů. Proběhlo opětovné urovnání trojnožky pomocí totální stanice a do trojnožky byl připevněn trn s otočným držákem na štítky. Přístroj byl znovu zhorizontován a proběhla kontrola a případná oprava

teploty a tlaku. Měření probíhalo stejně jako na vzdálenost třiceti metrů. Nejdříve bylo měřeno na štítek Leica v nulovém natočení. Následovalo horizontální a poté vertikální natočení. Nakonec bylo měřeno na neznačkový štítek ve všech natočeních.

U některých totálních stanic bylo měření na vzdálenost 100 metrů při vertikálním i horizontálním natočení 60 gonů obtížné. Signál, který se vrátil po odražení od štítků, byl příliš slabý, a proto nemohla být vzdálenost změřena. Tento problém bude rozebrán podrobněji u totálních stanic, u kterých nastal.

#### **4.2.1. Měření totální stanicí Leica TCR1201 R300**

Datum měření- 24.11.2016

Lokalita- trávník za budovou B FSv ČVUT, Praha 6- Dejvice

Katastrální území- Dejvice

Počasí- zataženo, slabý vítr, teplota 8°C

Průběh měření- Měření probíhalo po konzultaci s Ing J. Braunem, Ph.D. Délka základen byla určena přibližně dálkoměrem. Natočení štítku bylo prováděno pomocí stupňového úhlooměru. Změřeny byly všechny délky ve dvou polohách a ve všech natočeních bez problémů.

#### **4.2.2. Měření totální stanicí Leica TCRP1202 R300**

Datum měření- 3.12.2016

Lokalita- louka, osada Naděje, obec Cvikov, Liberecký kraj

Katastrální území- Naděje

Počasí- polojasno, slabý vítr, teplota 0 °C

Průběh měření- Měření proběhlo bez komplikací.

#### **4.2.3. Měření totální stanicí Leica TS12 R1000**

Datum měření- 4.12.2016

Lokalita- louka, osada Naděje, obec Cvikov, Liberecký kraj



Katastrální území- Naděje

Počasí- zataženo, slabý vítr, mlha, teplota -4 °C

Průběh měření- Měření probíhalo za špatného počasí, které mohlo mít vliv na průběh práce. Během měření docházelo k neočekávanému vypínání totální stanice, po výměně baterie nebylo vypínání tak časté. Při vzdálenosti 100 metrů a natočení 60 gradů nebyl navracený signál natolik silný, aby totální stanice změřila délku. Měření bylo opakováno přibližně 100krát, než došlo ke změření 25 skupin jako u ostatních přístrojů.

#### **4.2.4. Měření totální stanicí Leica TS16P R500**

Datum měření- 26.2.2017

Lokalita- ulice Tenisová, Praha- Hostivař

Katastrální území- Hostivař

Počasí- zataženo, slabý vítr, občasné deště, teplota 8 °C

Průběh měření- Měření probíhalo za asistence Ing. P. Jaška a nenastaly žádné komplikace. Některé délky byly měřeny vícekrát z důvodu pohybu chodců po chodníku.

#### **4.2.5. Měření totální stanicí Leica Nova MS50 R2000**

Datum měření- 26.2.2017

Lokalita- ulice Tenisová, Praha- Hostivař

Katastrální území- Hostivař

Počasí- zataženo, slabý vítr, občasné deště, teplota 8 °C

Průběh měření- Měření probíhalo obdobně jako u totální stanice TS16 R500.

## 5. ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT

### 5.1. Obecný postup zpracování

Zpracování naměřených délek a výsledných grafů bylo provedeno v tabulkovém programu Excel. Data byla z totálních stanic exportována ve formátu asc a pomocí textového editoru upravena. Pro zpracování byl vytvořen vzorový sešit, do které poté byly dosazeny naměřené délky. Při měření bylo dodržováno stejné pořadí natáčení štítků, a proto byl celý postup vyhodnocení co nejvíce zautomatizován. Délky byly do Excelu vloženy ve sloupci a popsány stejným způsobem jako v totálních stanicích. Měřené délky, které si odpovídaly pořadím v první a druhé poloze dalekohledu byly zprůměrovány. Z takto vypočtených délek byla vypočtena z 25 skupin průměrná vzdálenost totální stanice a štítku. Excely pro jednotlivé totální stanice jsou součástí elektronických příloh.

K výsledným průměrným vzdálenostem byly vypočteny výběrové směrodatné odchylky jednoho měření. Hodnota směrodatných odchylek je nejčastěji používána ve statistice a vypovídá o tom, jak se odchylojí měřené hodnoty od průměru ve zkoumaném souboru. Oprava pro každý průměr poloh (skupinu) byla vypočtena jako rozdíl průměru z 25 skupin a průměru jedné skupiny.

Pro každé natočení štítku byla určena výběrová směrodatná odchylka dle vzorce:

$$s = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n - 1}}$$

kde  $v$  oprava od průměru,

$n$  počet měřených hodnot- v tomto případě  $n = 25$ .

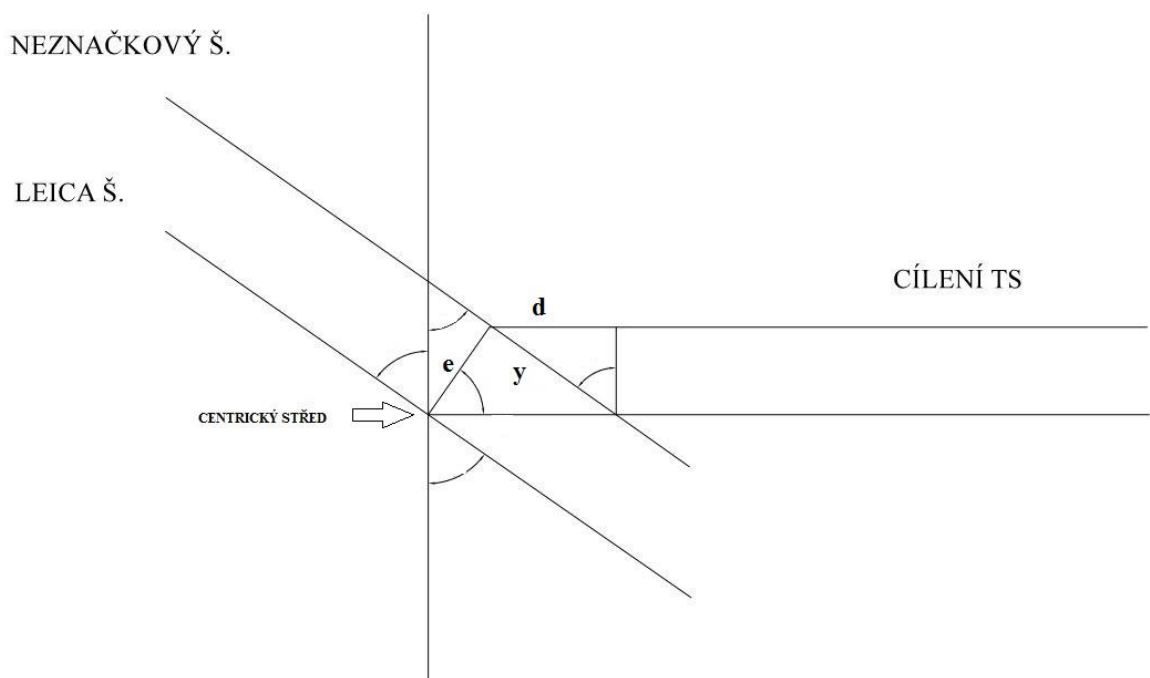
Z hodnot v tabulkách byly vygenerovány dva typy grafů pro každou totální stanici. V prvním typu grafu jsou znázorněny průměry vzdáleností pro vzdálenost 30 metrů a pro natočení 0, 20, 40 a 60 gonů. Je zde porovnáváno vertikální a horizontální natočení pro oba štítky, tedy v grafu jsou vykresleny čtyři křivky. Vzdálenosti v nulovém natočení pro Leica štítek a neznačkový štítek se liší průměrně o 2 milimetry z důvodu nezanedbatelné tloušťky destičky, na které byly štítky nalepeny. Stejný typ grafu byl vytvořen i pro délku 100 metrů.

Dále byly vytvořeny grafy, které zobrazují odchylku měřené vzdálenosti v jedné poloze od průměru. Odchylky reprezentují náhodné chyby. Rozdíly mezi polohami pak

představují systematickou chybu dálkoměru. Grafy pro každou totální stanici a polohu štítku jsou součástí příloh.

## 5.2. Výpočet a zavedení oprav u neznačkového štítku

Jak již bylo zmíněno v kapitole popisující odrazné štítky (3.2.1.1.), osy neznačkového štítku nejsou totožné s osami otáčení držáku štítků. Důvodem je destička, která je určena jen pro jeden štítek, který splňuje podmínku totožnosti os. Tloušťka destičky způsobuje chybu v měřené délce, při nulovém natočení je měřená délka kratší.



Obr. 15-Excentricita neznačkového štítku

Z obrázku 15 je patrné, že délka měřená na excentrický střed štítku, je delší než délka měřená na centrický střed, a proto je nutno zavést opravu délky  $d$ . Tloušťka destičky byla změřena s přesností na desetinu milimetru a v obrázku je označena proměnnou  $e$ . Z podobnosti trojúhelníků jsou určeny úhly se stejnou velikostí, jako úhel natáčení odrazného štítku. Ze vztahu byla vypočtena hodnota  $y$  a následně hodnota opravy  $d$ .

$$y = \tan(\alpha) * e$$

kde  $\alpha$  je úhel natáčení,

$$d = \sin(\alpha) * y$$

Hodnoty oprav jsou závislé jen na úhlu natočení, a proto jsou při měření různých vzdáleností konstantní. V tabulce 1 jsou uvedené vypočítané hodnoty oprav, které jsou pro vertikální i horizontální natočení štitku stejné.

Tab. 1- Opravy excentricity

Úhel natočení	20 [gon]	40 [gon]	60 [gon]
y	0,65 mm	1,45 mm	2,75 mm
d	0,20 mm	0,85 mm	2,23 mm

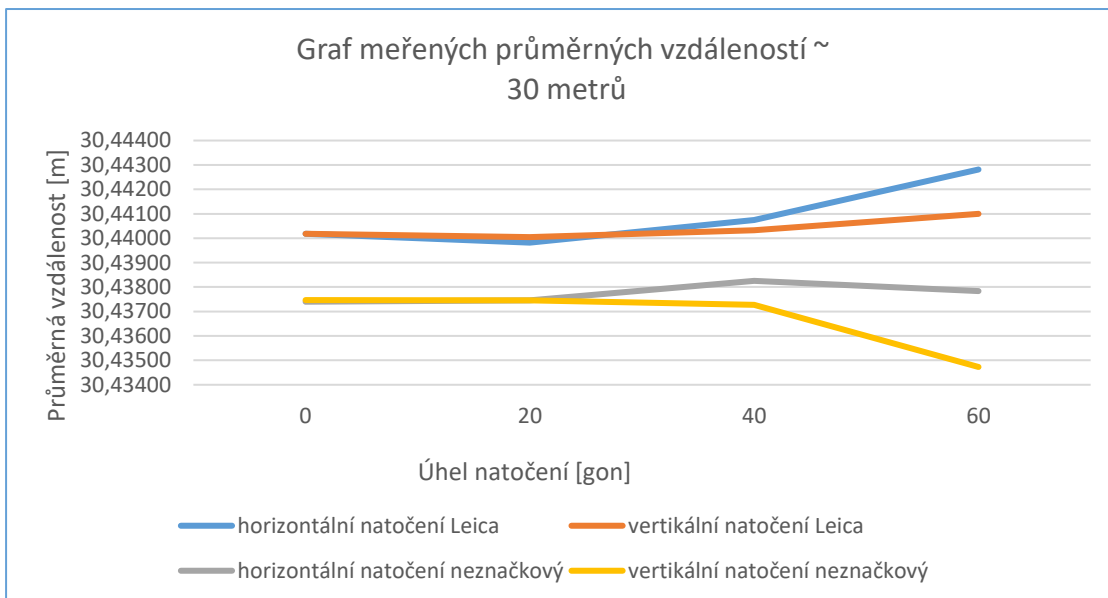
### 5.3. Zpracování výsledků pro jednotlivé totální stanice

V dalších podkapitolách budou uvedeny výsledky pro jednotlivé totální stanice. Leica štítek a neznačkový štítek jsou hodnoceny zvlášť. U každé křivky je uveden rozdíl mezi nulovým natočením a natočením 60 gonů z důvodů, že délka měřená v nulovém natočení je brána jako výchozí a délka v natočení 60 gonů jako délka zatížená největší chybou. U každé totální stanice je uvedena tabulka s průměrnými hodnotami délek v každém natočení a směrodatnými odchylkami jednoho měření. Dále jsou připojeny grafy pro délku 30 metrů a délku 100 metrů, ve kterých jsou vykresleny křivky průměrů.

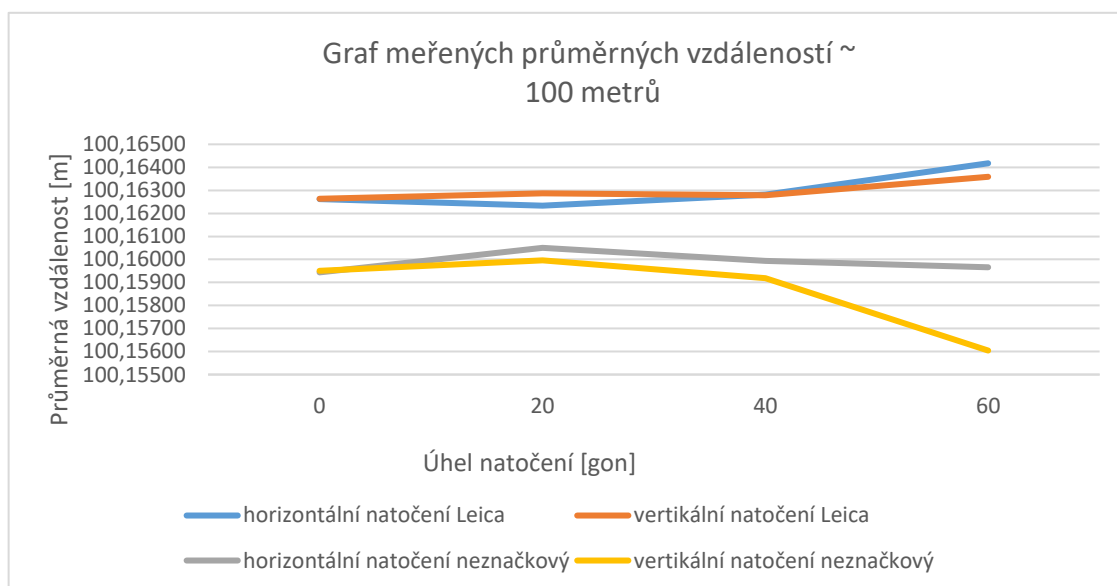
#### 5.3.1. Totální stanice Leica TS16P R500

Tab. 2- Průměrné délky TS Leica TS16P R500

natočení [gon]	Leica štítek				neznačkový štítek			
	h. natočení [m]	sm. odch. [mm]	natočení [gon]	h. natočení [m]	sm. odch. [mm]	natočení [gon]	h. natočení [m]	sm. odch. [mm]
0	30,44018	0,08	0	30,44018	0,08	0	30,44018	0,08
20	30,43982	0,11	20	30,43982	0,11	20	30,43982	0,11
40	30,44075	0,09	40	30,44075	0,09	40	30,44075	0,09
60	30,44281	0,08	60	30,44281	0,08	60	30,44281	0,08
<b>100 m</b>								
0	100,16262	0,11	0	100,16262	0,11	0	100,16262	0,11
20	100,16234	0,12	20	100,16234	0,12	20	100,16234	0,12
40	100,16281	0,10	40	100,16281	0,10	40	100,16281	0,10
60	100,16418	0,11	60	100,16418	0,11	60	100,16418	0,11



Obr. 16-Graf průměrných vzdáleností- 30 m TS Leica TS16P R500



Obr. 17-Graf průměrných vzdáleností- 100 m TS Leica TS16P R500

### 5.3.1.1. Leica štítek

Křivky znázorňující horizontální natočení u délky 30 metrů a 100 metrů (Obr. 16 a 17) mají mezi nulovým natočením a natočením 20 gonů klesající tendenci a poté stoupající až do natočení 60 gonů. Ve vertikálním natočení u délky 30 metrů je průběh podobný jako u horizontálního natočení a u délky 100 metrů se stoupající a klesající tendence střídá. Rozdíly délek mezi nulovým natočením a natočením 60 gonů jsou 2,6 mm v horizontálním natočení, 0,8 mm ve vertikálním natočení u délky 30 metrů, 1,6 mm v horizontálním natočení a 1 mm ve vertikálním natočení u délky 100 metrů.

Směrodatné odchylky horizontálního natočení jsou největší u natočení 20 gonů u obou délek. Nejmenší směrodatná odchylka je u délky 30 metrů v natočení 0 a 60 gonů a u délky 100 metrů v natočení 40 gonů.

### 5.3.1.2. Neznačkový štítek

V grafu (Obr. 16) jsou křivky znázorňující průběh horizontálního a vertikálního natočení mezi nulovým natočením a natočením 20 gonů totožné. Další průběh křivky horizontálního natočení má stoupající a poté klesající tendenci. Křivka vertikálního natočení má klesající tendenci a největší rozdíl délek je mezi nulovým natočením a natočením 60 gonů, konkrétně 2,7 mm. Rozdíl mezi délkami v horizontálním natočení je 0,43 mm. U délky 100 metrů je průběh křivek podobný. Obě mají mezi nulovým natočením a natočením 20 gonů stoupající tendenci a poté klesající. Rozdíly v délkách jsou největší mezi natočením 20 a 60 gonů. Konkrétně pro horizontální natočení je hodnota rozdílu 0,84 mm a pro vertikální natočení 3,9 mm. Rozdíl mezi délkou v nulovém natočení a natočení 60 gonů v horizontálním natočení je 0,2 mm a ve vertikálním 3,5 mm.

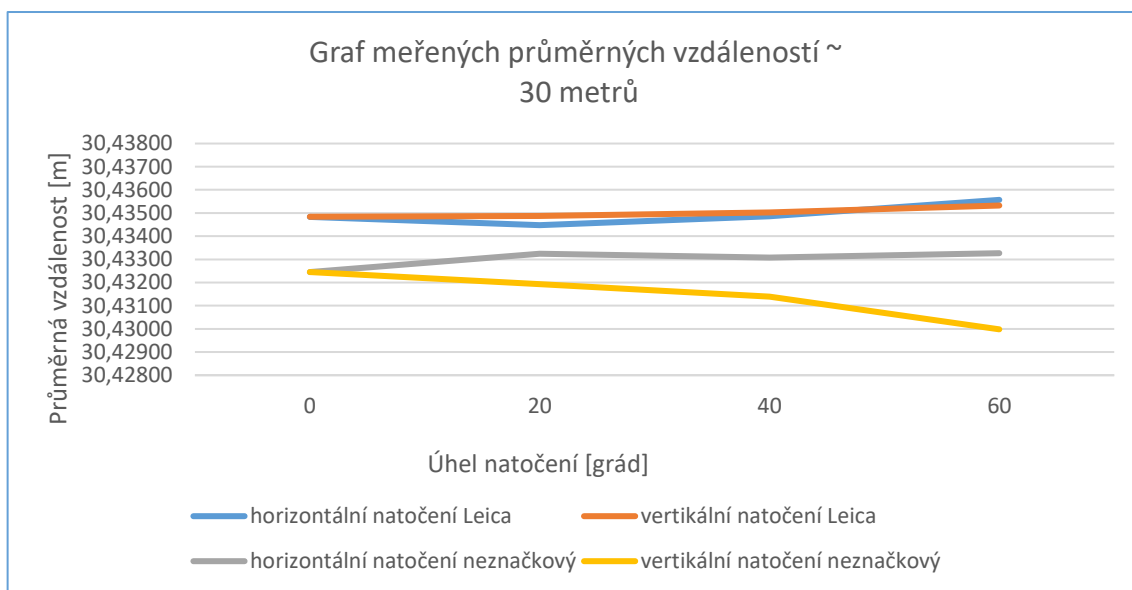
### 5.3.1.3. Porovnání

Rozdíly mezi délkami u horizontálního natočení jsou menší při měření na neznačkový štítek a naopak u vertikálního natočení jsou rozdíly délek menší při měření na Leica štítek. Celkově dosahuje lepších výsledků štítek Leica. Do natočení 40 gon jsou rozdíly délek zanedbatelné a menší než přesnost dálkoměru, kterou udává výrobce.

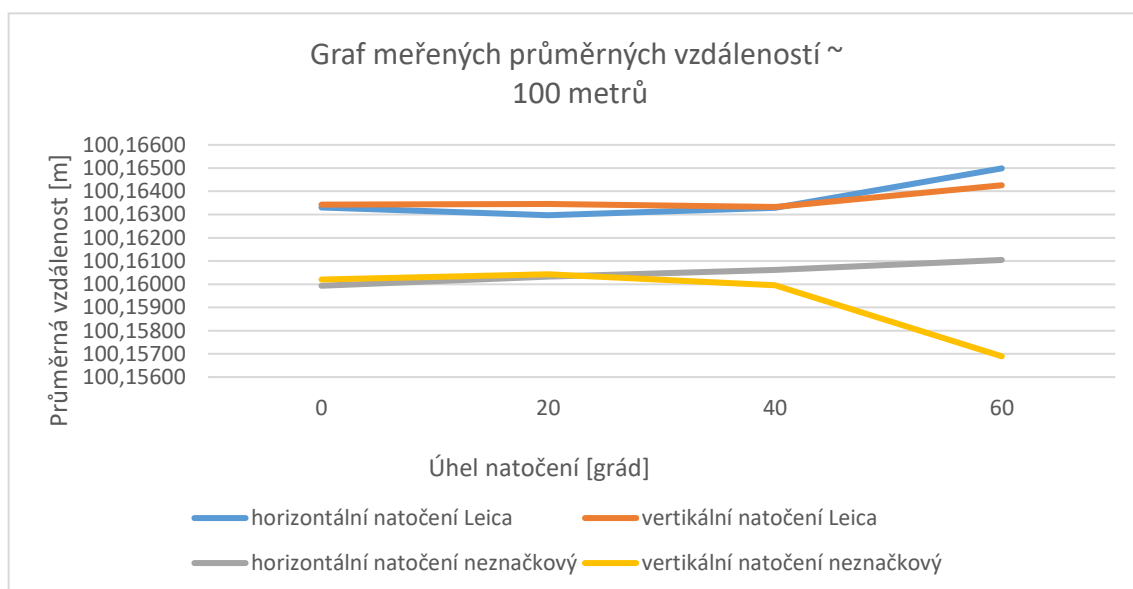
## 5.3.2. Totální stanice Leica Nova MS50 R2000

Tab. 3-Průměrné délky TS Leica Nova MS50 R2000

natočení [gon]	Leica štítek				neznačkový štítek			
	h. natočení [m]	sm. odch. [mm]	natočení [gon]	h. natočení [m]	sm. odch. [mm]	natočení [gon]	h. natočení [m]	sm. odch. [mm]
0	30,43484	0,01	0	30,43484	0,01	0	30,43484	0,01
20	30,43448	0,02	20	30,43448	0,02	20	30,43448	0,02
40	30,43487	0,03	40	30,43487	0,03	40	30,43487	0,03
60	30,43557	0,03	60	30,43557	0,03	60	30,43557	0,03
100 m								
0	100,16331	0,04	0	100,16331	0,04	0	100,16331	0,04
20	100,16297	0,02	20	100,16297	0,02	20	100,16297	0,02
40	100,16329	0,03	40	100,16329	0,03	40	100,16329	0,03
60	100,16499	0,28	60	100,16499	0,28	60	100,16499	0,28



Obr. 18-Graf průměrných vzdáleností- 30 m TS Leica Nova MS50 R2000



Obr. 19-Graf průměrných vzdáleností- 100 m TS Leica Nova MS50 R2000

### 5.3.2.1. Leica štítek

U obou délek je z grafů (Obr. 18 a 19) vidět klesající tendence křivek horizontálního natočení do hodnoty natočení 20 gonů. Poté křivky v grafech stoupají až do maximálního natočení. Ve vertikálním natočení klesá křivka jen u délky 100 metrů mezi natočením 20 a 40 gonů. Rozdíl mezi nulovým natočením a natočením 60 gonů u horizontálního natočení je 0,7 mm u délky 30 metrů a 1,7 mm u délky 100 metrů. Ve vertikálním natočení jsou hodnoty rozdílu 0,48 mm a 0,84 mm.

Směrodatné odchylky horizontálního natočení jsou téměř konstantní. Výrazně vyčnívá jen směrodatná odchylka u délky 100 metrů v natočení 60 gonů. U vertikálního

natočení jsou směrodatné odchylky vyšší. Nejvyšší hodnota směrodatné odchylky je 0,13 mm, která je však o více jak polovinu menší než nejvyšší směrodatná odchylka u horizontálního natočení.

### 5.3.2.2. *Neznačkový štítek*

U křivky horizontálního natočení v grafu (*Obr. 18*) je vidět střídající se tendence stoupání a klesání. Naopak u vertikálního natočení je tendence křivky jen klesající. Rozdíl mezi nulovým natočením a natočením 60 gonů je v horizontálním natočení 0,8 mm a ve vertikálním natočení 2,5 mm. V grafu (*Obr. 19*) je průběh stoupání křivky horizontálního natočení téměř konstantní a tvoří přímku. Ve vertikálním natočení je tendence křivky do natočení 20 gonů stoupající a poté klesající až do hodnoty natočení 60 gonů. Rozdíl mezi nulovým natočením a natočením 60 gonů je v horizontálním natočení 1,1 mm a ve vertikálním natočení 3,3 mm.

Směrodatné odchylky jsou v obou natočení a u obou délek v rozmezí od 0 do 0,09 mm.

### 5.3.2.3. *Porovnání*

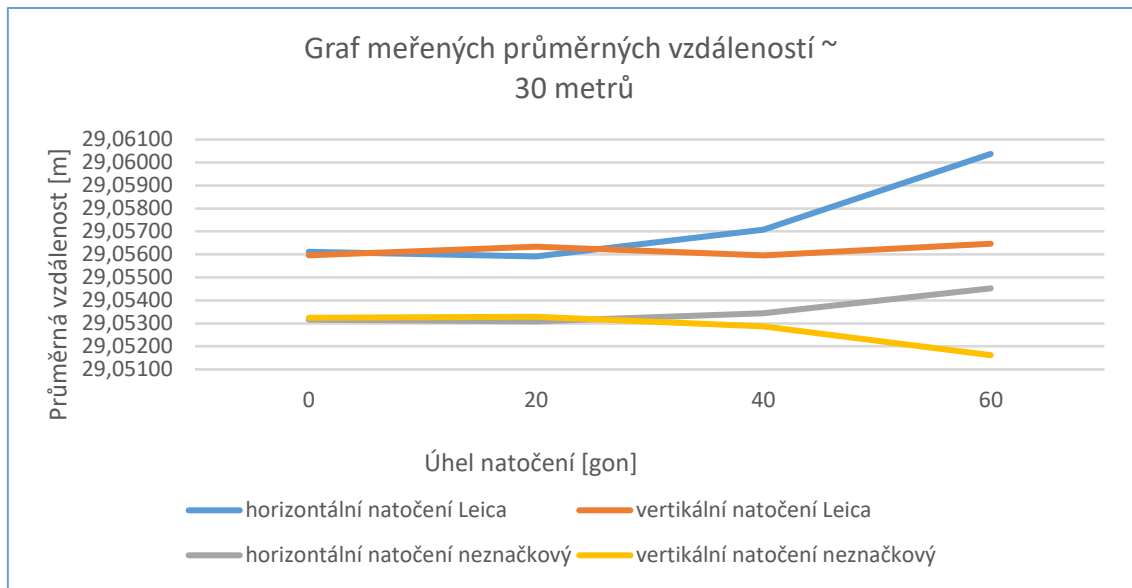
Z porovnání jednotlivých rozdílů je zřejmé, že pro horizontální natočení jsou menší rozdíly mezi nulovým natočením a natočením 60 gonů u neznačkového štítku a pro vertikální natočení má lepší výsledky štítek Leica. Celkově má však lepší výsledky Leica štítek, u kterého mají křivky v obou natočeních a u dvou délek podobný průběh a neodchylují se tolik jako křivky u neznačkového štítku. Do natočení 40 gon jsou rozdíly délek zanedbatelné a menší než přesnost dálkoměru, kterou udává výrobce.

### 5.3.3. **Totální stanice Leica TS12 R1000**

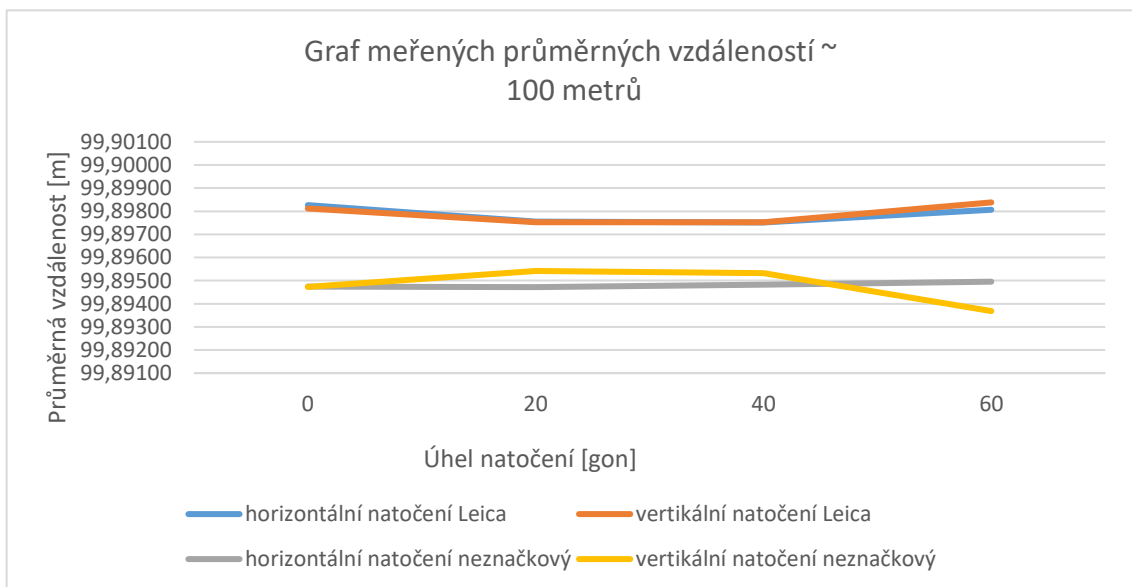
Tab. 4- Průměrné délky TS Leica TS12 R1000

natočení [gon]	Leica štítek				neznačkový štítek			
	h. natočení [m]	sm. odch. [mm]	v. natočení [m]	sm. odch. [mm]	h. natočení [m]	sm. odch. [mm]	v. natočení [m]	sm. odch. [mm]
0	29,05612	0,15	29,05596	0,12	29,05316	0,13	29,05325	0,13
20	29,05591	0,14	29,05634	0,15	29,05309	0,18	29,05329	0,13
40	29,05707	0,19	29,05596	0,10	29,05344	0,13	29,05287	0,17
60	29,06037	0,20	29,05647	0,23	29,05452	0,17	29,05162	0,13
<b>100 m</b>								
0	99,89826	0,10	99,89812	0,09	99,89475	0,13	99,89473	0,13
20	99,89755	0,09	99,89752	0,14	99,89472	0,15	99,89542	0,14
40	99,89751	0,11	99,89752	0,10	99,89482	0,24	99,89533	0,31
60	99,89807	0,20	99,89838	0,54	99,89495	0,46	99,89368	0,45





Obr. 21-Graf průměrných vzdáleností- 30 m TS Leica TS12 R1000



Obr. 20-Graf průměrných vzdáleností- 100 m TS Leica TS12 R1000

### 5.3.3.1. Leica štítek

V grafu (Obr. 20) je patrná odlišnost křivek horizontálního a vertikálního natočení. U horizontálního natočení je do natočení 20 gonů klesající tendence křivky a poté stoupající. Rozdíl mezi nulovým natočením a natočením 60 gonů je výrazně větší než u natočení vertikálního. U křivky vertikálního natočení se tendence stoupaní a klesání plynule mění a rozdíly mezi délkami v různých natočení jsou minimální. Rozdíl délek v nulovém natočení a natočení 60 gonů je v horizontálním natočení 4,25 mm a ve vertikálním 0,5 mm. Průběh obou křivek u délky 100 metrů je téměř stejný. Délky měřené v horizontálním i vertikálním natočení 20 gonů a 40 gonů jsou stejné a u horizontálního

natočení se liší až v setinách milimetru. Rozdíl délek nulového natočení a natočení 60 gonů je v horizontálním natočení 0,2 mm a ve vertikálním 0,26 mm.

Směrodatné odchylky jsou v obou délkách i natočení největší u natočení 60 gonů.

### 5.3.3.2. *Neznačkový štítek*

Z grafu (*Obr. 20*) je patrné, že křivka horizontálního natočení má do natočení 20 gonů klesající tendenci a poté stoupající do hodnoty natočení 60 gonů. U křivky vertikálního natočení jsou tendence naopak, tedy nejdříve stoupající a poté klesající. Rozdíl délek nulového natočení a natočení 60 gonů je v horizontálním natočení 1,4 mm a ve vertikálním 1,6 mm. U délky 100 metrů mají obě křivky stejné tendence jako u délky 30 metrů. Křivky se v tomto grafu rozbíhají už u natočení 20 gonů, ale rozdíl mezi délkami v natočení 60 gonů není tak velký jako u délky 30 metrů. Rozdíl délek nulového natočení a natočení 60 gonů je v horizontálním natočení 0,2 mm a ve vertikálním 1 mm. Ve vertikálním natočení je největší rozdíl mezi natočením 20 a 60 gonů, konkrétně 1,75 mm. Do natočení 40 gonů jsou rozdíly délek zanedbatelné a menší než přesnost dálkoměru, kterou udává výrobce.

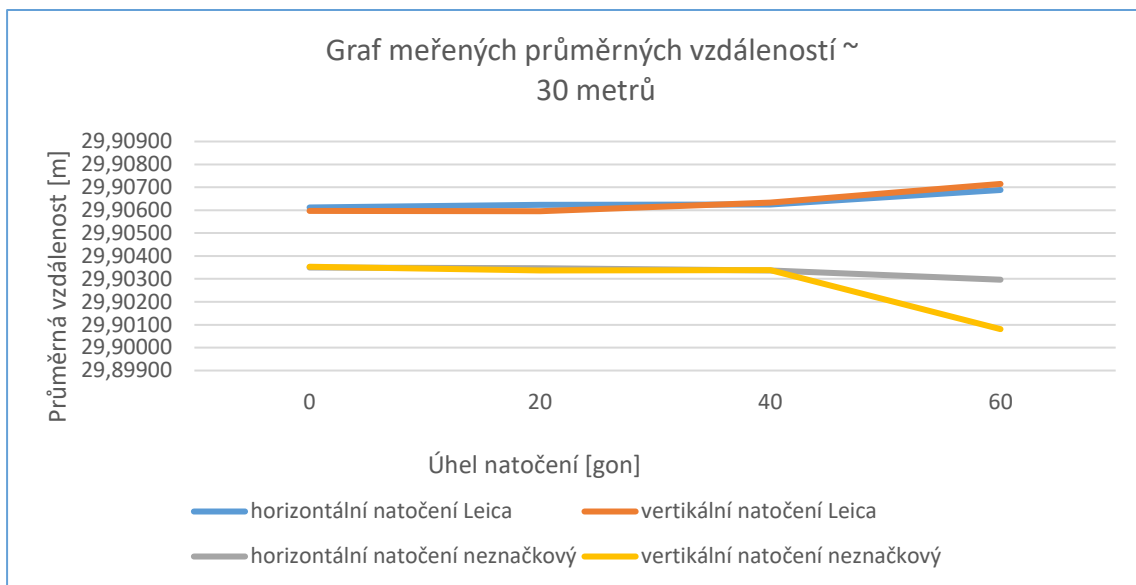
### 5.3.3.3. *Porovnání*

Z porovnáním jednotlivých rozdílů je zřejmé, že lepší výsledky má u vertikálního natočení Leica štítek a u horizontálního štítek neznačkový. Celkově má ale lepší výsledky u délky 30 metrů štítek neznačkový, protože u štítku Leica je rozdíl mezi délkami v natočení 60 gonů téměř 4 mm. U délky 100 metrů je celkově lepší štítek Leica, u něhož je průběh křivek téměř stejný.

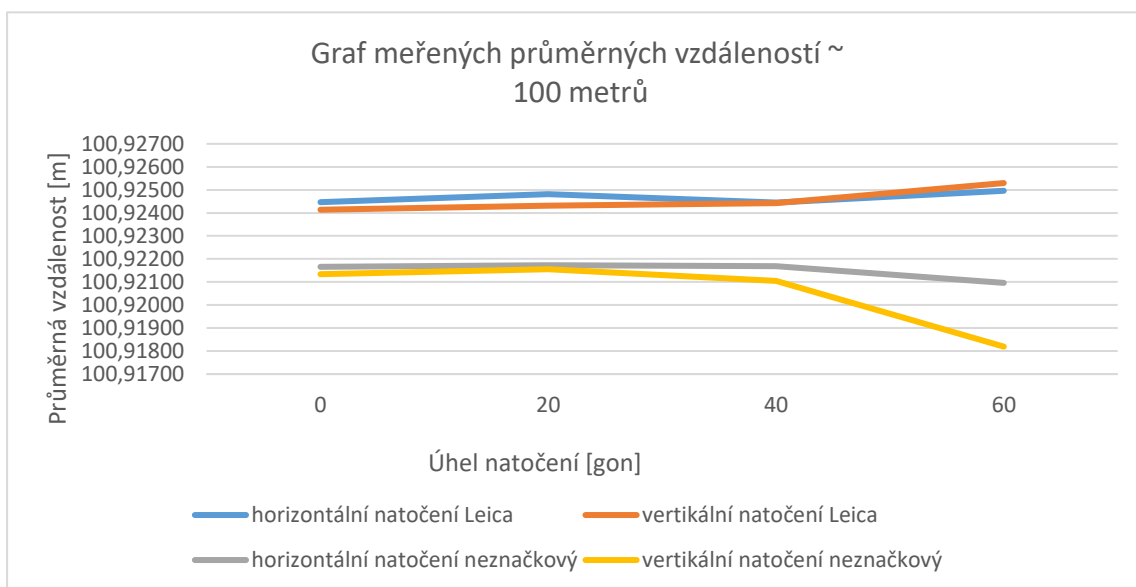
### 5.3.4. **Totální stanice Leica TCRP1202 R300**

*Tab. 5- Průměrné délky TS Leica TCRP1202 R300*

natočení [gon]	Leica štítek				neznačkový štítek			
	h. natočení [m]	sm. odch. [mm]	v. natočení [m]	sm. odch. [mm]	h. natočení [m]	sm. odch. [mm]	v. natočení [m]	sm. odch. [mm]
0	29,90612	0,08	29,90597	0,14	29,90350	0,09	29,90353	0,12
20	29,90623	0,14	29,90596	0,12	29,90347	0,12	29,90336	0,09
40	29,90625	0,14	29,90633	0,11	29,90338	0,13	29,90338	0,15
60	29,90688	0,13	29,90715	0,47	29,90297	0,19	29,90081	0,15
<b>100 m</b>								
0	100,92447	0,21	100,92414	0,13	100,92166	0,13	100,92134	0,13
20	100,92482	0,14	100,92431	0,38	100,92173	0,13	100,92155	0,17
40	100,92445	0,15	100,92443	0,11	100,92169	0,30	100,92105	0,24
60	100,92496	0,17	100,92530	0,51	100,92096	0,32	100,91819	0,37



Obr. 22-Graf průměrných vzdáleností- 30 m TS Leica TCRP1202 R300



Obr. 23-Graf průměrných vzdáleností- 100 m TS Leica TCRP1202 R300

#### 5.3.4.1. Leica štítek

Z grafu (Obr. 22) je patrné, že průběh obou křivek je téměř totožný. Tendence křivek je stoupající, jen u vertikálního natočení mezi nulovým natočením a natočením 20 gonů je klesající. Hodnoty rozdílů mezi natočením 0 a 60 gon jsou u horizontálního natočení 0,76 mm a u vertikálního natočení 0,8 mm. V grafu (Obr. 23) má křivka vertikálního natočení stoupající tendenci a u horizontálního natočení se tendence stoupání a klesání mění. Největší rozdíly v délkách jsou mezi nulovým natočením a natočením 60 gonů. Konkrétně u horizontálního natočení 0,5 mm a u vertikálního 1,2 mm.

Největší směrodatná odchylka u vertikálního natočení je v hodnotě natočení 60 gonů. V horizontálním natočení u délky 30 metrů je největší směrodatná odchylka v natočení 20 a 40 gonů a u délky 100 metrů v nulovém natočení.

#### 5.3.4.2. Neznačkový štítek

Z grafu (Obr. 22) je zřejmé, že křivky horizontální a vertikálního natočení jsou téměř totožné. Jejich průběh se liší až v natočení 60 gonů, obě mají klesající tendenci. Hodnoty rozdílů jsou u horizontálního natočení 0,5 mm a u vertikálního natočení 2,7 mm. V grafu 8 (Obr. 23) je vidět konstantní průběh křivky horizontálního natočení, který se mění mezi natočením 40 a 60 gonů. Křivka vertikálního natočením má mezi nulovým natočením a natočením 20 gonů stoupající tendenci a poté klesající až do natočení 60 gonů. Hodnoty rozdílů jsou u horizontálního natočení 0,7 mm a u vertikálního natočení 3,2 mm.

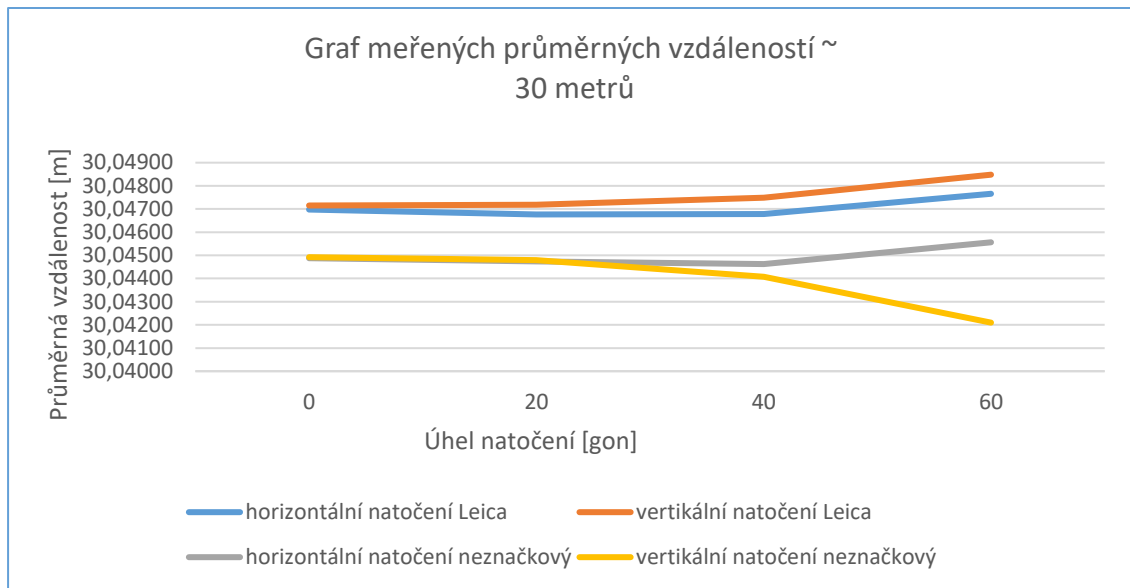
#### 5.3.4.3. Porovnání

V horizontálním natočení mají oba štítky stejné výsledné rozdíly. Ve vertikálním natočení je z výsledných rozdílů zřejmé, že lepších výsledků dosahuje štítek Leica, který má u této totální stanice celkově lepší výsledky. Do natočení 40 gon jsou rozdíly délek zanedbatelné a menší než přesnost dálkoměr, kterou udává výrobce.

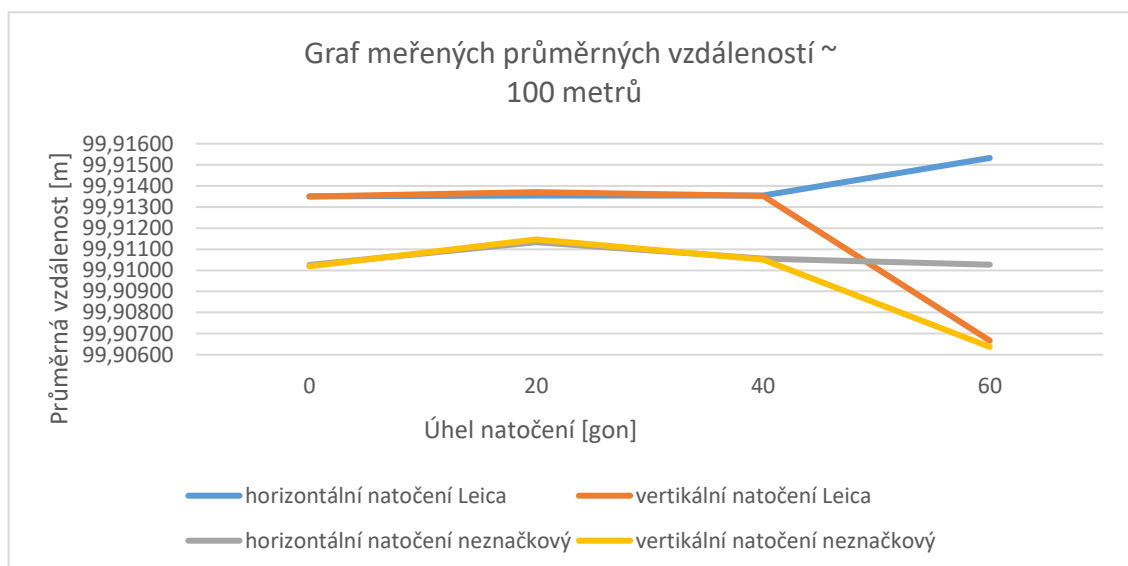
#### 5.3.5. Totální stanice Leica TCR1201 R300

Tab. 6-Průměrné délky TS Leica TCR1201 R300

natočení [gon]	Leica štítek				neznačkový štítek			
	h. natočení [m]	sm. odch. [mm]	natočení [gon]	h. natočení [m]	sm. odch. [mm]	natočení [gon]	h. natočení [m]	sm. odch. [mm]
0	30,04698	0,06	0	30,04698	0,06	0	30,04698	0,06
20	30,04677	0,07	20	30,04677	0,07	20	30,04677	0,07
40	30,04679	0,08	40	30,04679	0,08	40	30,04679	0,08
60	30,04766	0,07	60	30,04766	0,07	60	30,04766	0,07
<b>100 m</b>								
0	99,91350	0,08	0	99,91350	0,08	0	99,91350	0,08
20	99,91355	0,08	20	99,91355	0,08	20	99,91355	0,08
40	99,91354	0,10	40	99,91354	0,10	40	99,91354	0,10
60	99,91532	0,12	60	99,91532	0,12	60	99,91532	0,12



Obr. 24-Graf průměrných vzdáleností- 30 m TS Leica TCR1201 R300

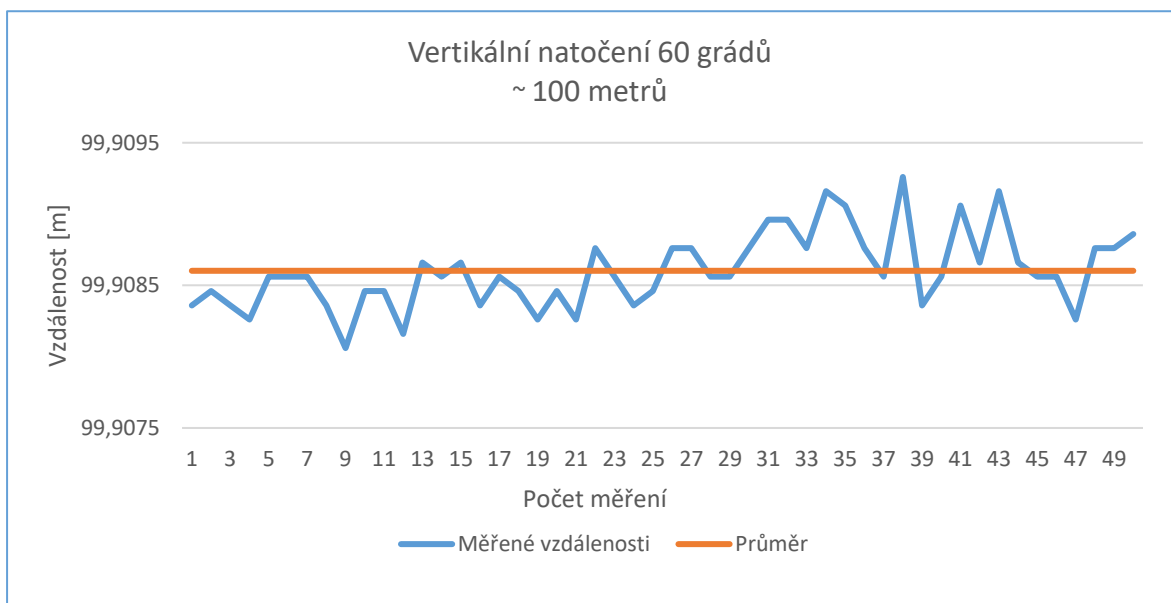


Obr. 25-Graf průměrných vzdáleností- 100 m TS Leica TCR1201 R300

### 5.3.5.1. Leica štítek

Z grafu (Obr. 24) je patrné stoupající tendence křivky u vertikálního natočení. V horizontálním natočení má křivka klesající tendenci a stoupá až mezi natočením 40 a 60 gonů. Rozdíl délek je u vertikálního natočení největší mezi nulovým natočením a natočením 60 gonů a to 1,3 mm. Rozdíl mezi nulovým natočením a natočením 60 gonů v horizontálním natočení je 0,7 mm. V grafu (Obr. 25) je vidět, že měřené délky v horizontálním natočení mají stejnou hodnotu až na délku v natočení 60 gonů. Rozdíl mezi délkami je 1,8 mm. Ve vertikálním natočení jsou z průměru délek v natočení 40 gonů vyloučeny hrubé chyby, které ovlivňovaly výsledný průměr délek. Křivka má

podobný průběh jako křivka u horizontálního natočení do natočení 40 gonů. Rozdíl mezi nulovým natočením a natočením 60 gonů je 6,8 mm. Tento rozdíl není způsoben chybou v cílení, jak je patrné z grafu (Obr. 26), kde jsou zobrazeny měřené délky v první a druhé poloze. Chyba v cílení by se projevila v grafu znatelným rozdílem mezi délkami měření v první a druhé poloze. Z grafu je také patrné, že měření není zatíženo hrubými chybami. Aby bylo zjištěno, zda je rozdíl způsoben chybou totální stanice nebo vnějšími vlivy, bylo provedeno kontrolní měření, kde byla změřena délka ve dvou polohách dalekohledu v nulovém natočení a natočení 60 gonů odrazného štítku.



Obr. 26-Graf měřených délek- v. natočení 60 gonů

Tab. 7- Kontrolní měření Leica TCR1201 R300

natočení	průměr 1. poloha [m]	průměr 2. poloha [m]	Průměr [m]	Rozdíl [mm]
0 gonů	103,22847	103,22838	103,22842	0,37
60 gonů	103,22897	103,22862	103,22879	

Kontrolní měření bylo provedeno 10.4.2017 v ulici Tenisová, katastrální území Hostivař. Bylo měřeno 25 délek ve dvou polohách pro každé natočení. Poté byly délky zprůměrovány a vypočten rozdíl vzdáleností změřených v natočení 0 gonů a natočení 60 gonů. Výsledný rozdíl je 0,37 mm. Bylo tedy prokázáno, že délky, které byly měřeny během prvního měření, jsou zatíženy neznámými chybami, které nepříznivě ovlivnily výsledné hodnoty. Chybné délky nebyly nahrazeny nově měřenými z důvodů odlišnosti délek z prvního a kontrolního měření.

### 5.3.5.2. Neznačkový štítek

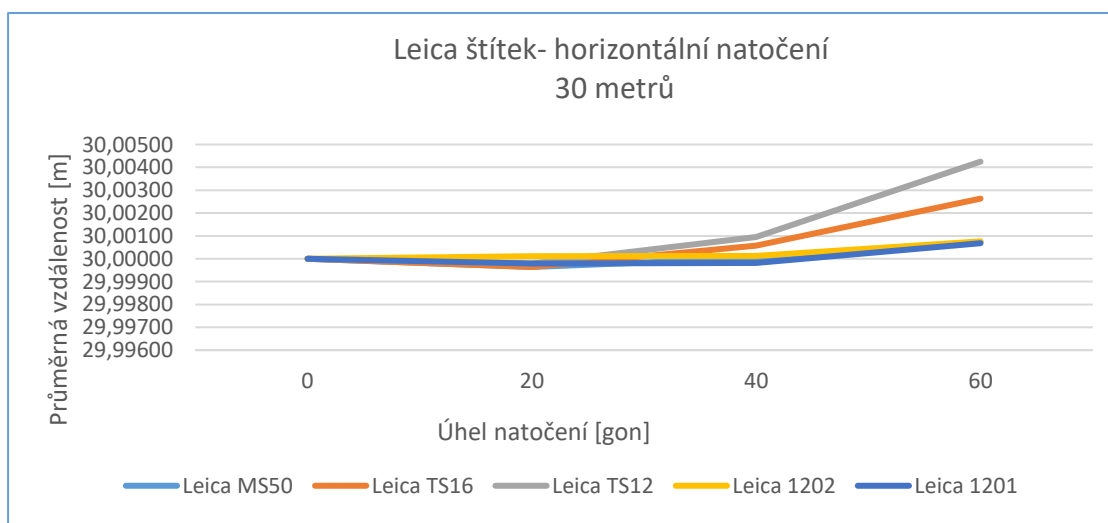
Z grafu (Obr. 24) pro délku 30 metrů je zřejmá klesající tendence křivky vertikálního natočení. Křivka horizontálního natočení má klesající tendenci do natočení 40 gonů a poté mění tendenci na stoupající. Hodnoty rozdílů jsou u horizontálního natočení 0,7mm a u vertikálního natočení 2,8 mm. U délky 100 metrů mají obě křivky do natočení 20 gonů stoupající tendenci a poté klesající. Z hodnoty průměru ve vertikálním natočení 20 gonů byly vyloučeny hrubé chyby a průměr spočítán z nových hodnot. Hodnoty rozdílů jsou u horizontálního natočení 0,02 mm a u vertikálního natočení 3,8 mm.

### 5.3.5.3. Porovnání

U neznačkového štítku jsou rozdíly délek menší v horizontálním natočení. U štítku Leica jsou výsledné rozdíly menší také v horizontálním natočení, pokud do porovnání nevstupuje rozdíl délek, který byl označen za chybný. Při zavedení rozdílu z kontrolního měření by měl štítek lepší výsledky ve vertikálním natočení. Celkově dosahuje lepších výsledků Leica štítek u délky 30 metrů a neznačkový štítek u délky 100 metrů, což je způsobeno chybným měřením na Leica štítek. Do natočení 40 gon jsou rozdíly délek zanedbatelné a menší než přesnost dálkoměru, kterou udává výrobce.

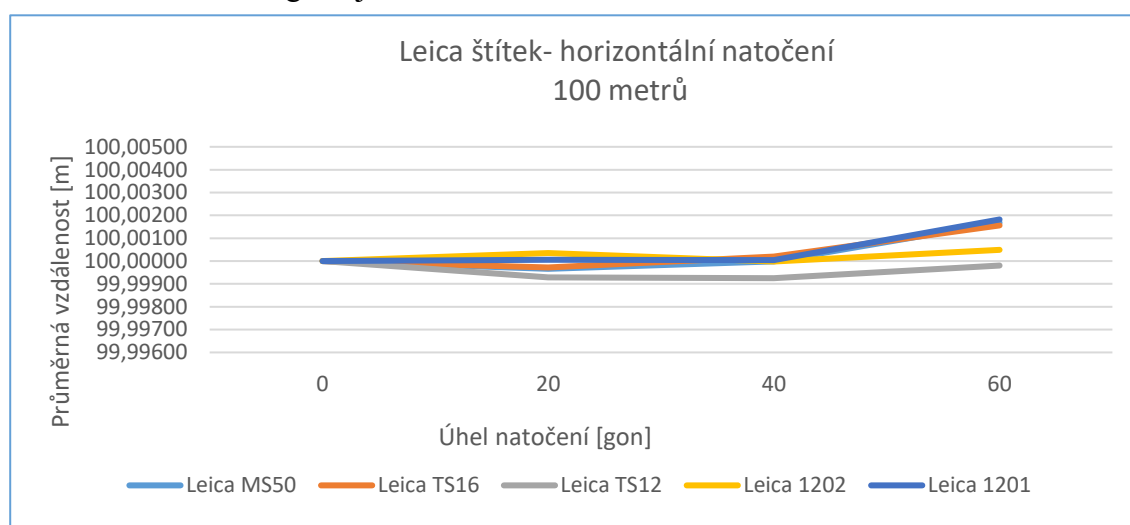
## 5.4. Zpracování výsledků pro všechny totální stanice

V této kapitole jsou porovnány testované totální stanice dohromady. Měřené délky u jednotlivých přístrojů byly zredukovány na vzdálenosti 30 a 100 metrů, aby byl zajištěn stejný počátek.



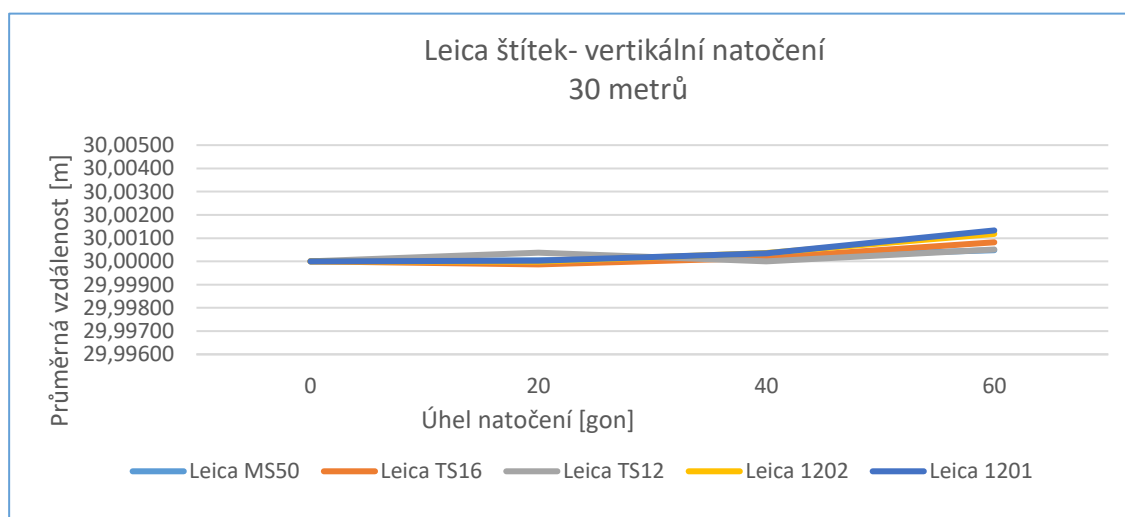
Obr. 27-Leica štítek v horizontálním natočení- 30 metrů

Na obr. 27 je zobrazen graf křivek redukovaných délek měřených na Leica štítek ve vzdálenosti 30 metrů pro jednotlivé stroje. Křivky přístrojů Leica Nova MS50 R2000, Leica TCRP1202 R300 a Leica TCR1201 R300 mají podobný průběh a odchylky od délky v nulovém natočení jsou do 1 mm. Z grafu je patrné, že se od délky 30 metrů nejvíce odchyluje v natočení 60 gonů křivka totální stanice Leica TS12 R1000. Křivka přístroje Leica TS16P R500 má podobný průběh jako křivka totální stanice TS12. Stoupající tendence křivky však není tak velká, tudíž rozdíl mezi délkou 30 metrů a délkou v natočení 60 gonů je menší.



Obr. 28-Leica štítek v horizontálním natočení- 100 metrů

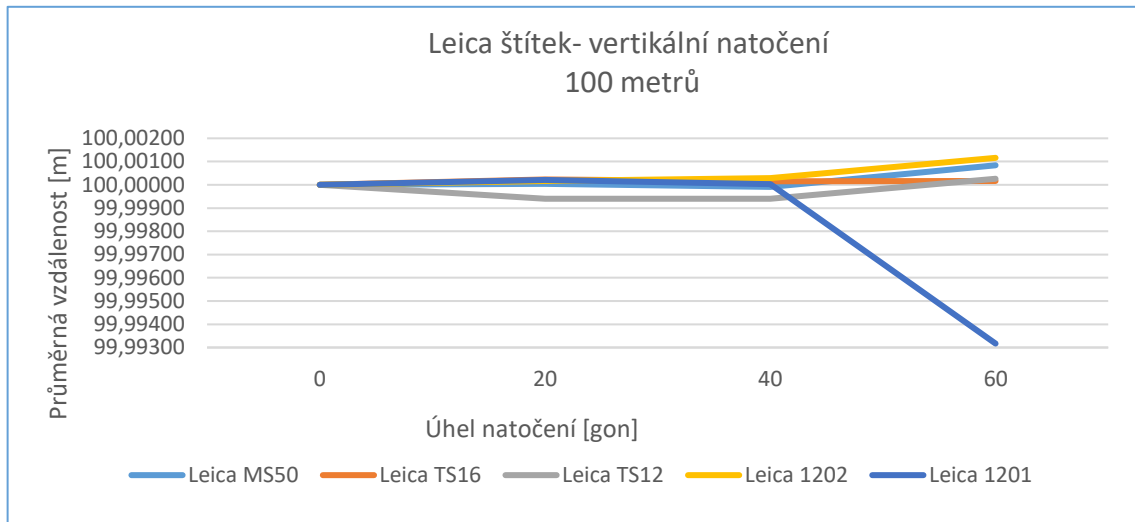
Na obr. 28 je zobrazen graf průměrných délek v jednotlivých natočeních pro testované totální stanice. Průběh křivky totální stanice TS12 R1000 se od ostatních liší, největší odchylky od délky 100 metrů jsou v natočení 20 a 40 gonů. U této totální stanice je nejmenší rozdíl mezi délkou v nulovém natočení a natočení 60 gonů. Největší rozdíly od základní délky jsou u totálních stanic Leica TCR1201 R300, Leica Nova MS50 R2000 a Leica TS16P R500.



Obr. 29-Leica štítek ve vertikálním natočení- 30 metrů

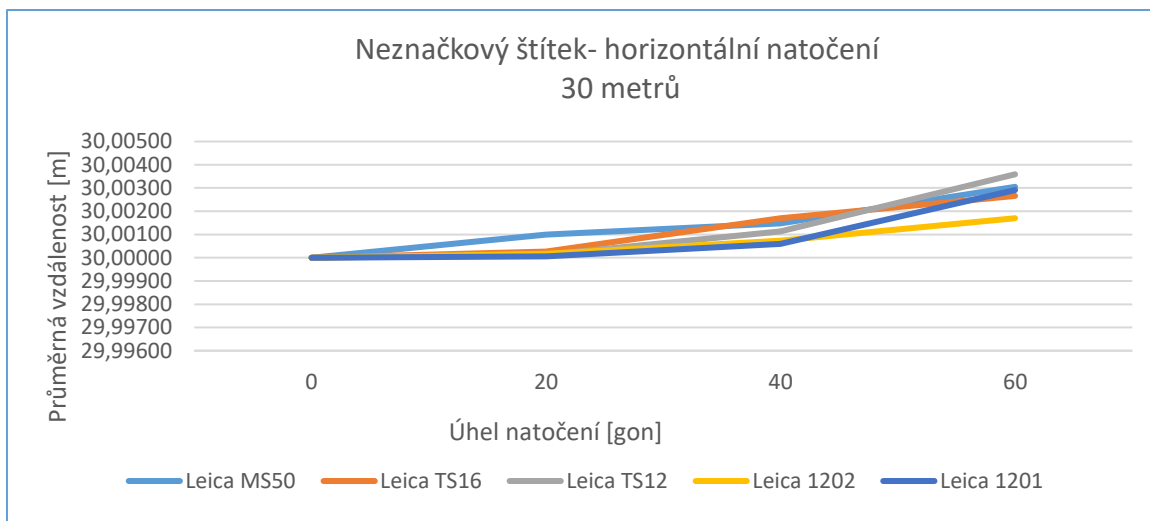


Na obr. 29 je zobrazen graf popisující průběh křivek délek měřených na štítek Leica ve vertikálním natočení ve vzdálenosti 30 metrů pro jednotlivé totální stanice. Křivka přístroje Leica TS12 R1000 se od ostatních odlišuje svým průběhem. Křivky ostatních totálních stanic mají stoupající tendenci a od základní délky 30 metrů se v natočení 60 gonů nejvíce odchyľuje křivka totální stanice Leica TCR1201 R300 a poté Leica TCRP1202 R300. Nejmenší rozdíl mezi základní délkou a délkou v natočení 60 gonů je u totálních stanic Leica Nova MS50 R2000 a TS12 R1000.



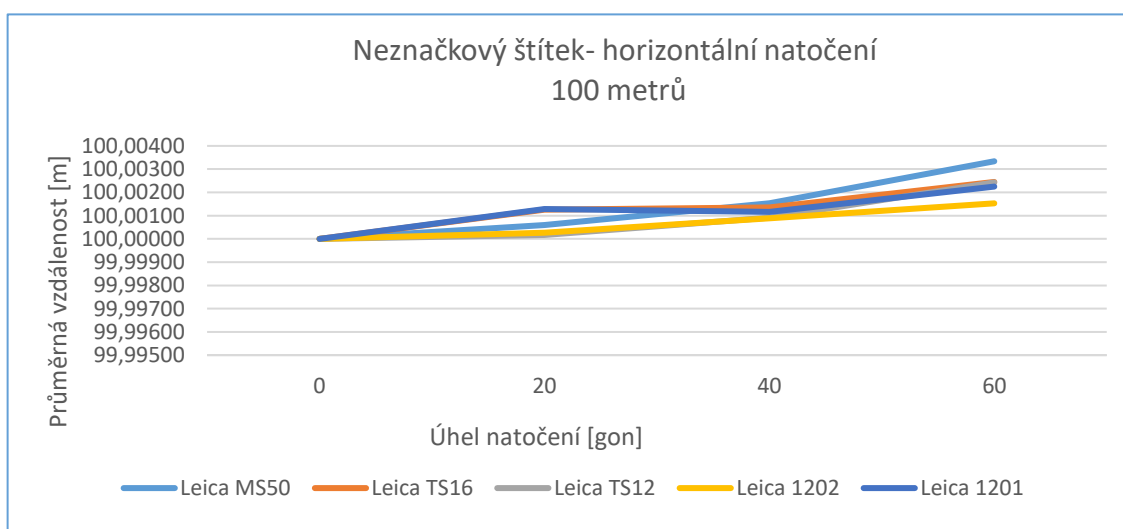
Obr. 30-Leica štítek ve vertikálním natočení- 100 metrů

Na obr. 30 je vidět velká odchylka křivky průměrné délky v natočení 60 gonů u totální stanice Leica TCR1201 R300. Tato chyba byla rozebrána v kapitole 5.3.5.1. zpracování výsledků konkrétně pro tuto totální stanici. Nejvíce se od průběhu ostatních křivek odchyľuje křivka přístroje Leica TS12 R1000, která se také nejvíce odchyľuje od délky 100 metrů v natočení 20 a 40 gonů. Nejmenší rozdíl mezi základní délkou a délkou v natočení 60 gonů je u přístroje Leica TS16P R500 a největší u totální stanice Leica TCR1201 R300.



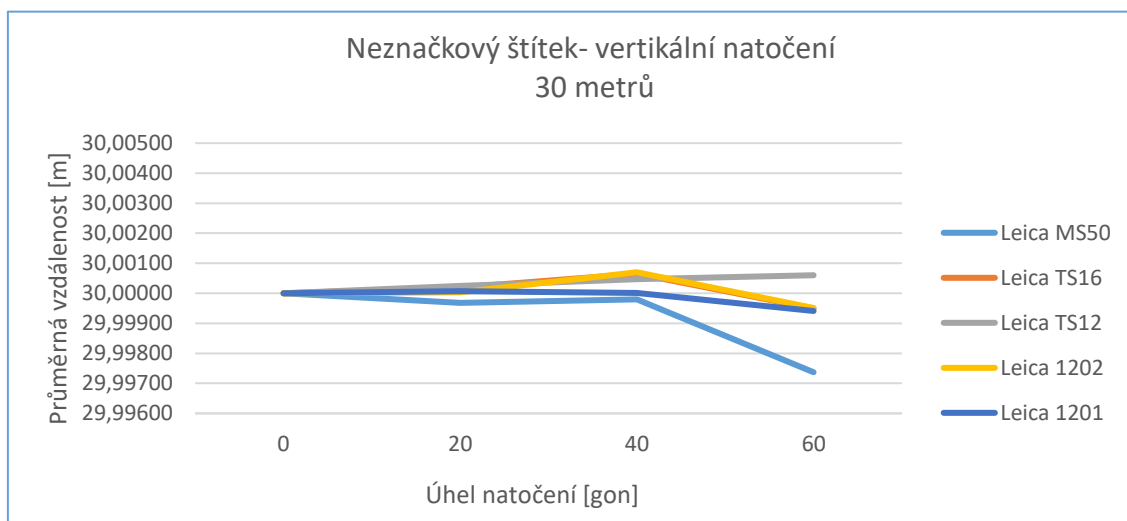
Obr. 31-Neznačkový štítek v horizontálním natočení- 30 metrů

Na obr. 31 je graf zobrazující průběh křivek délek měřených na neznačkový štítek ve vzdálenosti 30 metrů. Křivky všech testovaných totálních stanic mají stoupající tendenci. V natočení 20 gonů se od ostatních křivek odchyluje křivka totální stanice Leica Nova MS50 R2000. V natočení 40 gonů je rozptyl křivek znatelně větší než u předchozího natočení. Největší rozdíl mezi délkou 30 metrů a délkou měřenou v natočení 60 gonů je u totální stanice Leica TS12 R1000. Naopak nejmenší rozdíl je u přístroje Leica TCRP1202 R300.



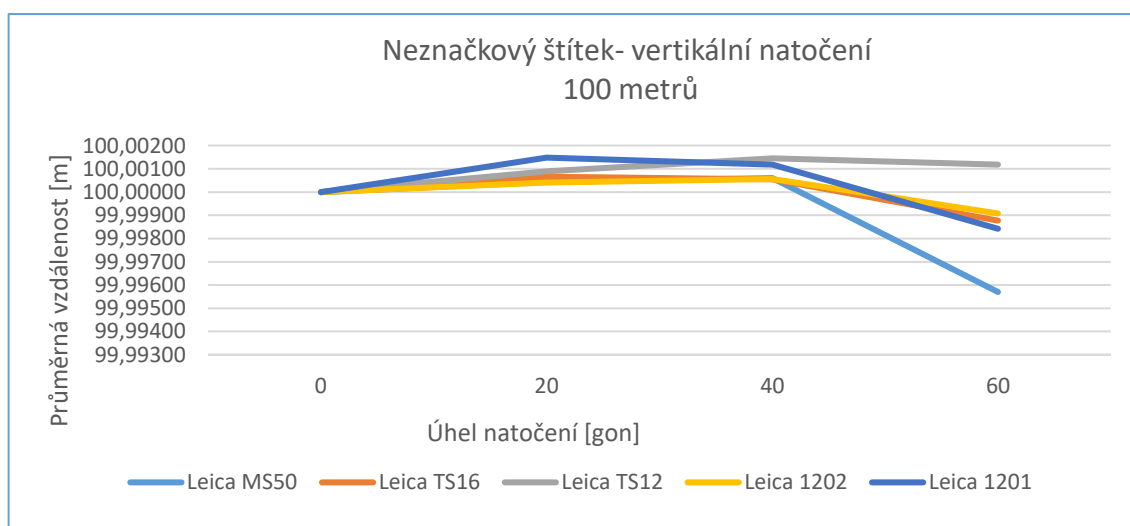
Obr. 32-Neznačkový štítek v horizontálním natočení- 100 metrů

V grafu na obr. 32 převládá stoupající tendence křivek průměrných délek u testovaných totálních stanic. Křivky přístrojů Leica TS16P R500 a Leica TCR1201 R300 mají téměř totožný průběh. V natočení 60 gonů se od délky v nulovém natočení nejvíce odchyluje křivka totální stanice Leica Nova MS50 R2000 a nejméně křivka totální stanice Leica TCRP1202 R300.



Obr. 33-Neznačkový štítek ve vertikálním natočení- 30 metrů

Na obr. 33 je zobrazen graf popisující průběh křivek průměrných vzdáleností měřených na neznačkový štítek, který byl natáčen vertikálně, ve vzdálenosti 30 metrů. V grafu je vidět téměř totožný průběh křivek totálních stanic Leica TS16P R500 a Leica TCRP1202 R300. Křivka přístroje Leica TCR1201 R300 dosahuje v natočení 60 gonů podobného výsledku jako předchozí dvě totální stanice. Největší rozdíl mezi délkou 30 metrů a průměrnou délkou v natočení 60 gonů je u totální stanice Leica Nova MS50 R2000.



Obr. 34-Neznačkový štítek ve vertikálním natočení- 100 metrů

V grafu na obr. 34 je zobrazen průběh křivek průměrných délek měřených na neznačkový štítek ve vzdálenosti 100 metrů. Z grafu je patrné, že křivky totálních stanic Leica Nova MS50 R2000, Leica TCRP1202 R300 a Leica TS16P R500 mají do natočení 40 gonů podobný průběh. V natočení 60 gonů se křivka přístroje Leica Nova MS50 R2000 odchyluje a rozdíl mezi délkou 100 metrů a průměrnou délkou v tomto natočení

je největší. Nejmenší rozdíl délek je u totální stanice Leica TCRP1202 R300, křivka této totální stanice se po celé své délce nejvíce blíží k základní délce 100 metrů.

## 6. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zjistit závislost měřených délek na natočení odrazných fólií při použití totálních stanic Leica. Znalost rozdílů mezi délkami měřenými na odrazný štítek, který je umístěn kolmo k záměrné přímce dalekohledu, a štítek, který je natočen o určitou hodnotu, může zpřesnit výsledky měření a ovlivnit volbu metody měření. V rámci této práce bylo otestováno pět totálních stanic od firmy Leica na dva odrazné štítky a to značkový a neznačkový.

Na základě výsledků z testovacích měření nebyly zjištěny u totálních stanic větší odchylky mezi jednotlivými délkami a odchylky mezi nulovým natočením a natočením 60 gonů nepřekročily očekávané hodnoty. U totální stanice Leica TCR1201 R300 byl rozdíl mezi nulovým natočením a natočením 60 gonů, který překročil očekávaný mezní rozdíl, znovu testován a nový výsledek vyhovoval předpokladu. Nicméně při natočení cíle o více než 40 gon jsou rozdíly v délkách větší a pro velmi přesné práce by tento fakt měl být brán v úvahu. Mezi jednotlivými testovanými přístroji není žádný výrazný rozdíl ve správnosti měření délky.

U odrazného štítku Leica, který byl horizontálně natočený, se u většiny totálních stanic délka měřená na natočení 20 gonů zkracuje oproti délce měřené na nulové natočení štítku a při větším natočením se prodlužuje. Výjimkou je totální stanice Leica TS12, u které se při měření na vzdálenost 100 metrů, délka neprodlužovala. Při vertikálním natočení Leica štítku je průběh křivek testovaných totálních stanic obdobný. V tomto natočení nedochází k takovým rozdílům mezi délkou měřenou v nulovém natočení a délkami v různých natočení. Celkově tedy jsou délky měřené na odrazné štítky ve vertikálním natočení zatíženy menšími chybami než délky měřené na štítek v horizontálním natočení.

U neznačkového odrazného štítku, který byl natočen horizontálně, se délky při postupném natáčení štítku prodlužují. Při vertikálním natáčení štítku se měřená délka prodlužuje až do natočení 40 gonů a v natočení 60 gonů je kratší než délka základní. Výjimka nastává u totální stanice Leica TS12 při měření na obě testované vzdálenosti. Zde se délka prodlužuje s postupným natáčením odrazného štítku.

Pokud nebude u totální stanice Leica TCR1201 uvažována délka měřená na natočení štítku 60 gonů a budeme považovat za správnou hodnotu vzdálenost, která byla změřena při kontrolním testu, dosahuje štítek Leica ve vertikálním natočení nejlepších

výsledků. Neznačkový štítek vykazuje lepší výsledky u horizontálního natočení štítku. Rozdílné výsledky obou štítků jsou nejspíše způsobeny různou strukturou štítků.

## SEZNAM ZDROJŮ

- [1] Hauf, Mi.: Elektronické měření délek I. Vydavatelství ČVUT, Praha, 1977
- [2] J. M. Rüeger. Electronic Distance Measurement. 3. vyd. New York: Springer-Verlag, 1990. 266 s. ISBN 3-540-51523-2
- [3] Mikš, A.: Fyzika I. Vydavatelství ČVUT, 2. vydání, Praha, 2013
- [4] Procházka, J., Suchá, J.: Problematika měření délek na odrazné fólie. Geodetický a kartografický obzor, roč. 47, č. 1, Praha: Vesmír, 2001. ISSN 0016-7096.
- [5] Kaanová, B.: Experimentální určení tvaru a rozměru efektivní stopy elektronického dálkoměru. Praha: ČVUT v Praze, 2012. Diplomová práce. ČVUT, Fakulta stavební, Katedra speciální geodézie. Vedoucí práce Doc. Ing. Martin Štroner, Ph.D.
- [6] Klecanda, V.: Posouzení parametrů přístrojů Leica TC1700. Praha: ČVUT v Praze, 2008. Bakalářská práce. ČVUT, Fakulta stavební, Katedra speciální geodézie. Vedoucí práce Doc. Ing. František Krpata, CSc.
- [7] Elektronická učebnice. Dostupné online z: <https://eluc.kr-lomoucky.cz/verejne/lekce/1666>. 14.2.2017.
- [8] University of Michigan. Dostupné online z: <https://sharepoint.umich.edu>. 15.3.2017.
- [9] Encyklopedie fyziky. Dostupné online z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/184-odraz-vlneni>. 12.2. 2017
- [10] Leica Geosystems: Leica TS16P. Dostupné online z: [http://www.leica-geosystems.us/en/Leica-Viva-TS16\\_106677.htm](http://www.leica-geosystems.us/en/Leica-Viva-TS16_106677.htm). 26.4.2017.
- [11] Leica Geosystems: Leica Nova MS50. Dostupné online z: [http://www.leica-geosystems.us/en/Leica-Nova-MS50\\_103592.htm](http://www.leica-geosystems.us/en/Leica-Nova-MS50_103592.htm). 26.4.2017.
- [12] Leica Geosystems: Leica TS12. Dostupné online z: [http://www.leica-geosystems.us/en/Leica-TS12P\\_91249.htm](http://www.leica-geosystems.us/en/Leica-TS12P_91249.htm). 26.4.2017.
- [13] Leica TCRP1202. Dostupné online z: <http://www.topotienda.com/LEICA-TCRP1203-R300>. 26.4.2017.

[14] Leica TCR1201. Dostupné online z: <http://www.rusgeocom.ru/taheometr-leica-tcr-1201-1000>

[15] Elektromagnetické vlnění. Dostupné online z: [http://www.gymkren.cz/text\\_old/Fyzika/f24.pdf](http://www.gymkren.cz/text_old/Fyzika/f24.pdf). 3.2.2017.

[16] ČSN ISO 17123-3: Optika a optické přístroje - Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů - Část 3: Teodolity. Český normalizační institut, Praha, 2005.

[17] ČSN ISO 17123-4: Optika a optické přístroje - Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů - Část 4: Elektrooptické dálkoměry. Český normalizační institut, Praha, 2005.

[18] Hampacher, M. - Štroner, M.: Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii, České vysoké učení technické v Praze, 1. vyd, Praha, 2011. ISBN 978-80-01-04900-6.



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1- Princip elektronického měření délek elektronickým dálkoměrem[1].....	10
Obr. 2-Blokové schéma fázového dálkoměru [6].....	11
Obr. 3- Zákon odrazu [7].....	13
Obr. 4-Koutový odražeč [8] .....	13
Obr. 5-Leica TS16P R500 [10] .....	15
Obr.6-Leica Nova MS50 R2000 [11].....	16
Obr. 7-Leica TS12 R1000 [12].....	16
Obr. 8-Leica TCR1201 R300 [14].....	17
Obr. 9-Leica TCRP1202 R300 [13] .....	17
Obr. 10-Leica štítek v nákloném držáku .....	19
Obr. 11-Neznačkový štítek v nákloném držáku .....	19
Obr. 12-Schéma postavení totální stanice a odrazných štítků .....	20
Obr. 13-Horizontální natočení odrazného štítku .....	22
Obr.14-Vertikální natočení odrazného štítku .....	22
Obr. 15-Excentricita neznačkového štítku .....	26
Obr. 16-Graf průměrných vzdáleností- 30 m TS Leica TS16P R500 .....	28
Obr. 17-Graf průměrných vzdáleností- 100 m TS Leica TS16P R500 .....	28
Obr. 18-Graf průměrných vzdáleností- 30 m TS Leica Nova MS50 R2000.....	30
Obr. 19-Graf průměrných vzdáleností- 100 m TS Leica Nova MS50 R2000.....	30
Obr. 20-Graf průměrných vzdáleností- 30 m TS Leica TS12 R1000.....	32
Obr. 21-Graf průměrných vzdáleností- 100 m TS Leica TS12 R1000.....	32
Obr. 22-Graf průměrných vzdáleností- 30 m TS Leica TCRP1202 R300 .....	34
Obr. 23-Graf průměrných vzdáleností- 100 m TS Leica TCRP1202 R300 .....	34
Obr. 24-Graf průměrných vzdáleností- 30 m TS Leica TCR1201 R300 .....	36
Obr. 25-Graf průměrných vzdáleností- 100 m TS Leica TCR1201 R300 .....	36
Obr. 26-Graf měřených délek- v. natočení 60 gonů.....	37
Obr. 27-Leica štítek v horizontálním natočení- 30 metrů .....	38
Obr. 28-Leica štítek v horizontálním natočení- 100 metrů .....	39
Obr. 29-Leica štítek ve vertikálním natočení- 30 metrů.....	39
Obr. 30-Leica štítek ve vertikálním natočení- 100 metrů.....	40
Obr. 31-Neznačkový štítek v horizontálním natočení- 30 metrů .....	41
Obr. 32-Neznačkový štítek v horizontálním natočení- 100 metrů .....	41
Obr. 33-Neznačkový štítek ve vertikálním natočení- 30 metrů.....	42
Obr. 34-Neznačkový štítek ve vertikálním natočení- 100 metrů.....	42

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1- Opravy excentricity .....	27
Tab. 2- Průměrné délky TS Leica TS16P R500 .....	27
Tab. 3-Průměrné délky TS Leica Nova MS50 R2000.....	29
Tab. 4- Průměrné délky TS Leica TS12 R1000.....	31
Tab. 5- Průměrné délky TS Leica TCRP1202 R300 .....	33
Tab. 6-Průměrné délky TS Leica TCR1201 R300 .....	35
Tab. 7- Kontrolní měření Leica TCR1201 R300 .....	37

## SEZNAM PŘÍLOH

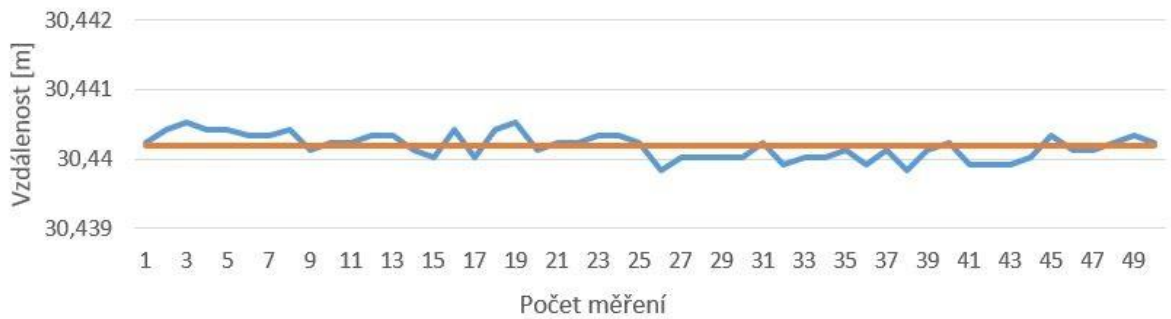
Příloha 1: MĚŘENÉ VZDÁLENOSTI LEICA TS16P R500 .....	51
Příloha 2: MĚŘENÉ VZDÁLENOSTI LEICA NOVA MS50 R2000 .....	59
Příloha 3: MĚŘENÉ VZDÁLENOSTI LEICA TS12 R1000 .....	65
Příloha 4: MĚŘENÉ VZDÁLENOSTI LEICA TCRP1202 R300 .....	75
Příloha 5: MĚŘENÉ VZDÁLENOSTI LEICA TCR1201 R300 .....	83
Příloha 6: Excel LEICA TS16P R500 .....	CD
Příloha 7: Excel LEICA NOVA MS50 R2000 .....	CD
Příloha 8: Excel LEICA TS12 R1000 .....	CD
Příloha 9: Excel LEICA TCRP1202 R300 .....	CD
Příloha 10: Excel LEICA TCR1201 R300 .....	CD

# PŘÍLOHY

## Příloha 1: MĚŘENÉ VZDÁLENOSTI LEICA TS16P R500

Horizontální natočení 0 gradů

~ 30 metrů- Leica



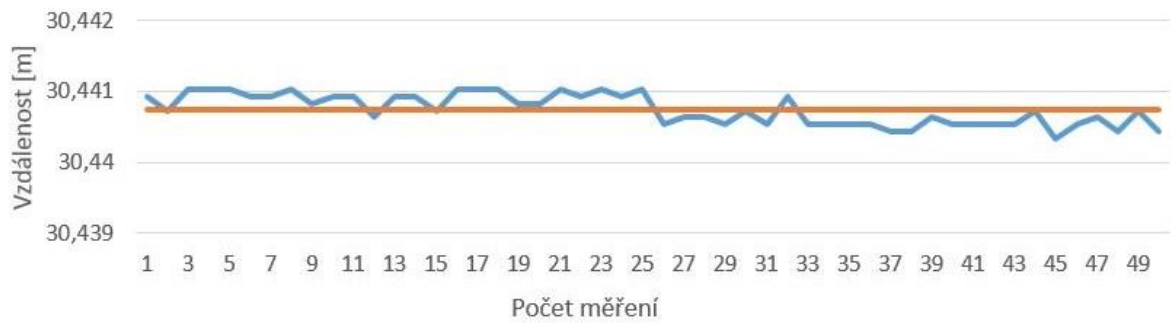
Horizontální natočení 20 gradů

~ 30 metrů- Leica



Horizontální natočení 40 gradů

~ 30 metrů- Leica



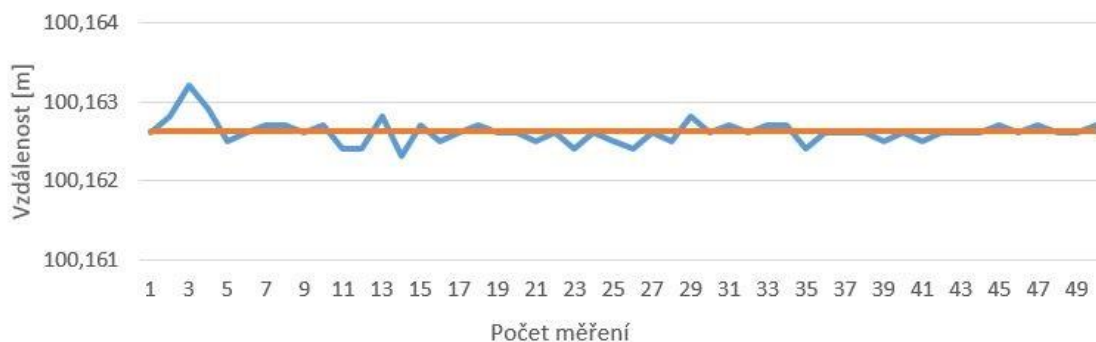
Horizontální natočení 60 gradů

~ 30 metrů- Leica

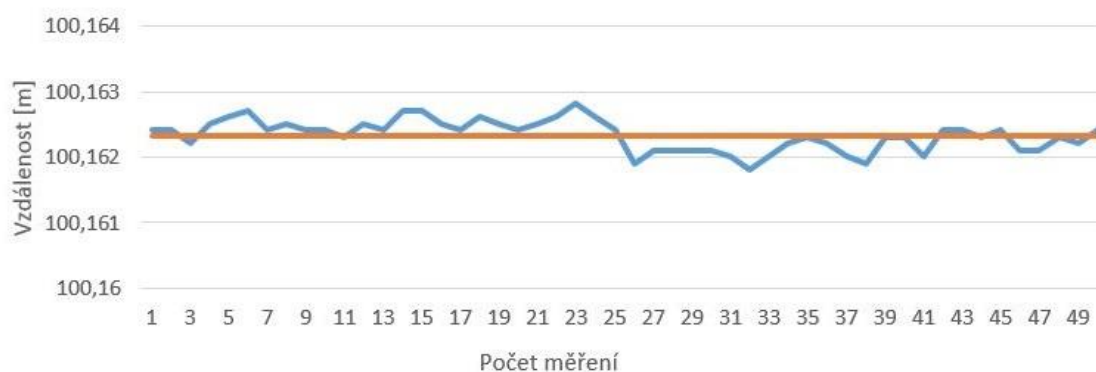


— Měřené vzdálenosti — Průměr

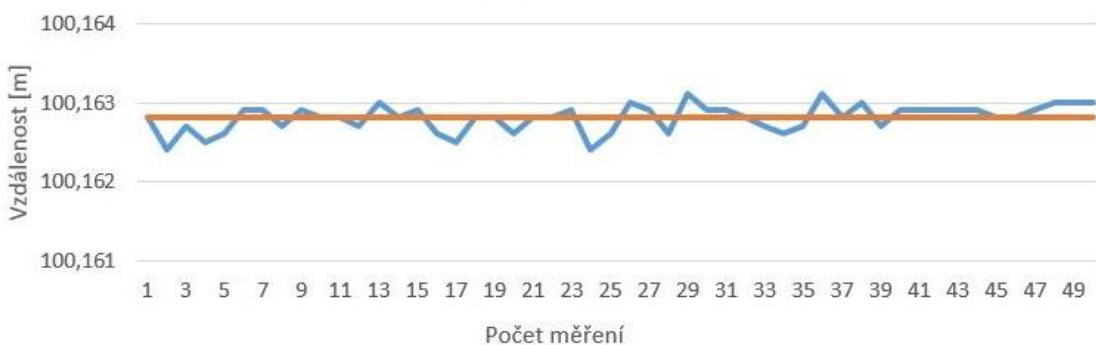
Horizontální natočení 0 gradů  
~ 100 metrů- Leica



Horizontální natočení 20 gradů  
~ 100 metrů- Leica



Horizontální natočení 40 gradů  
~ 100 metrů- Leica

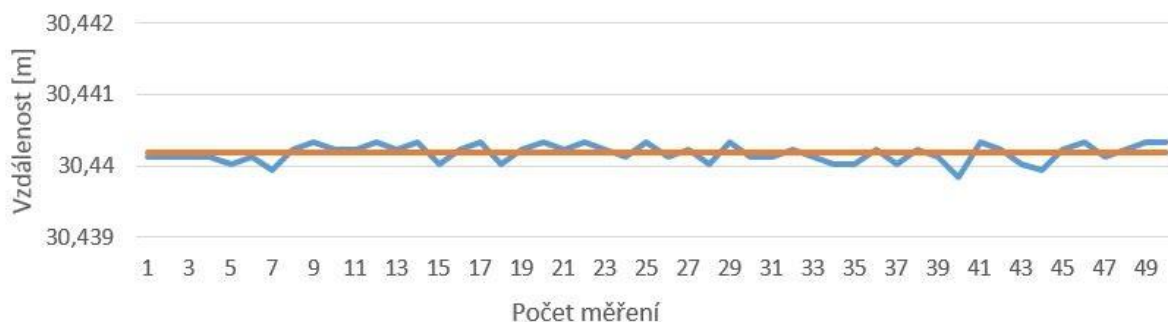


Horizontální natočení 60 gradů  
~ 100 metrů- Leica



— Měřené vzdálenosti — Průměr

Vertikální natočení 0 gradů  
~ 30 metrů- Leica



Vertikální natočení 20 gradů  
~ 30 metrů- Leica



Vertikální natočení 40 gradů  
~ 30 metrů- Leica

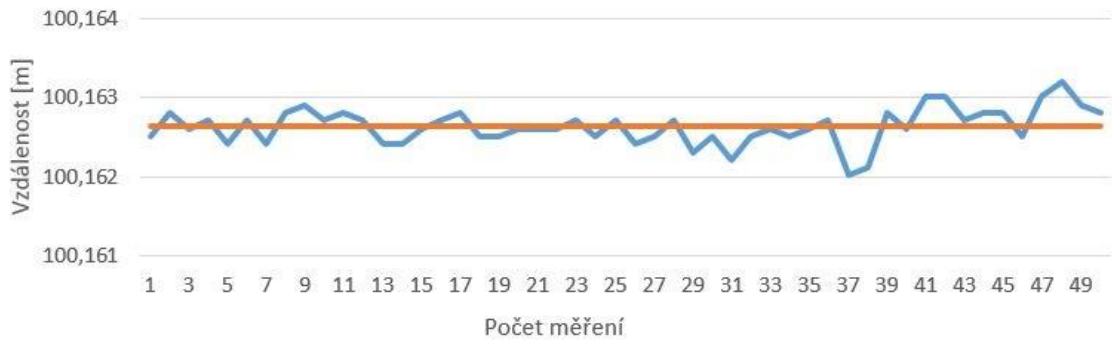


Vertikální natočení 60 gradů  
~ 30 metrů- Leica

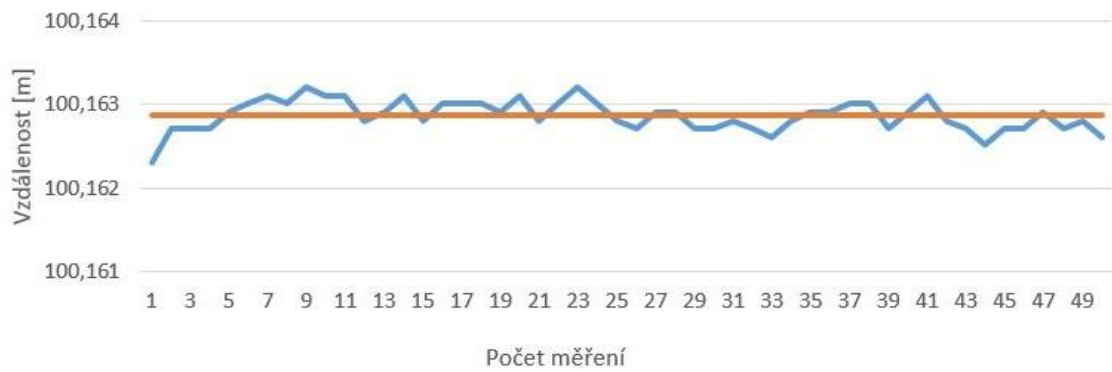


— Meřené vzdálenosti — Průměr

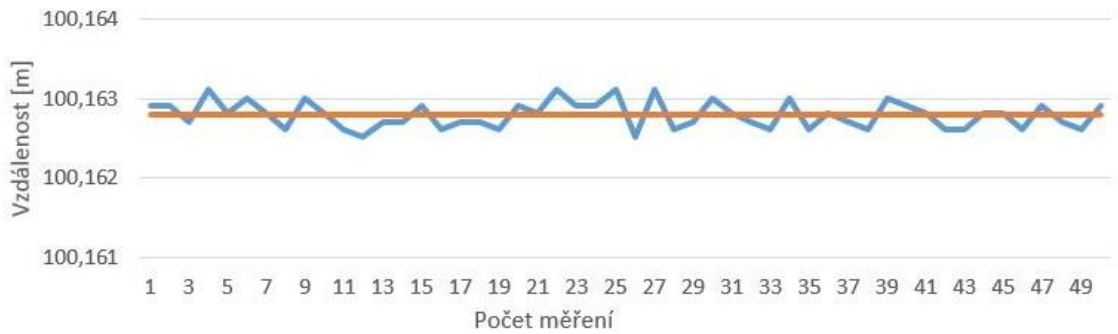
Vertikální natočení 0 gradů  
~ 100 metrů- Leica



Vertikální natočení 20 gradů  
~ 100 metrů- Leica



Vertikální natočení 40 gradů  
~ 100 metrů- Leica

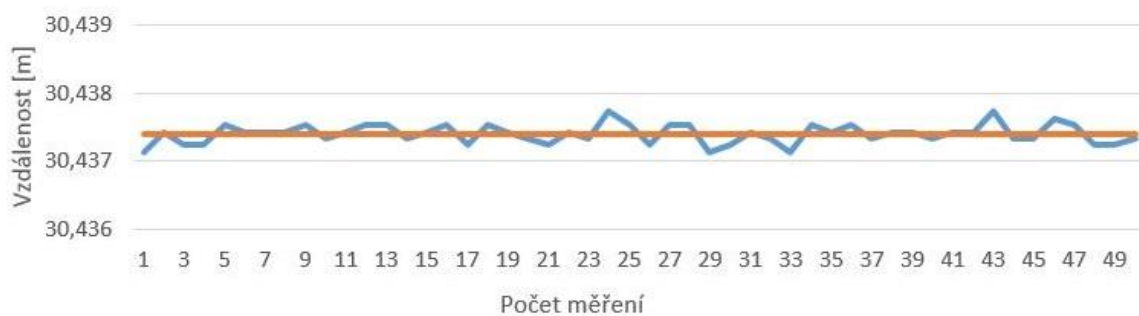


Vertikální natočení 60 gradů  
~ 100 metrů- Leica

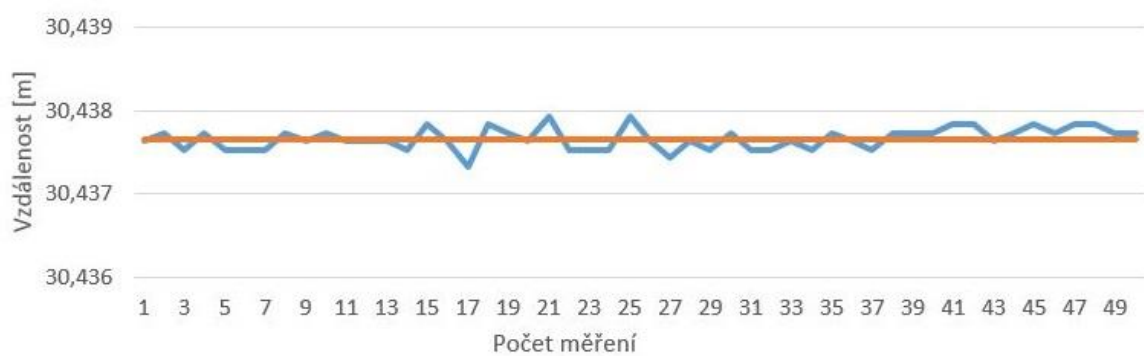


— Měřené vzdálenosti — Průměr

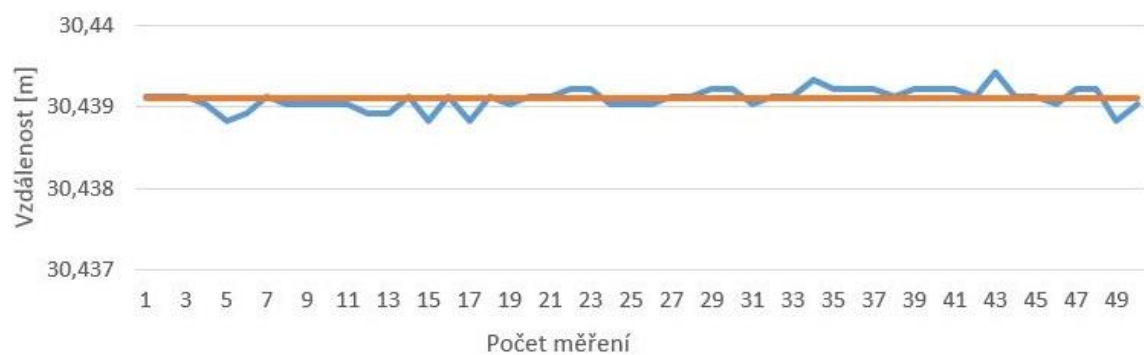
Horizontální natočení 0 gradů  
~ 30 metrů



Horizontální natočení 20 gradů  
~ 30 metrů



Horizontální natočení 40 gradů  
~ 30 metrů

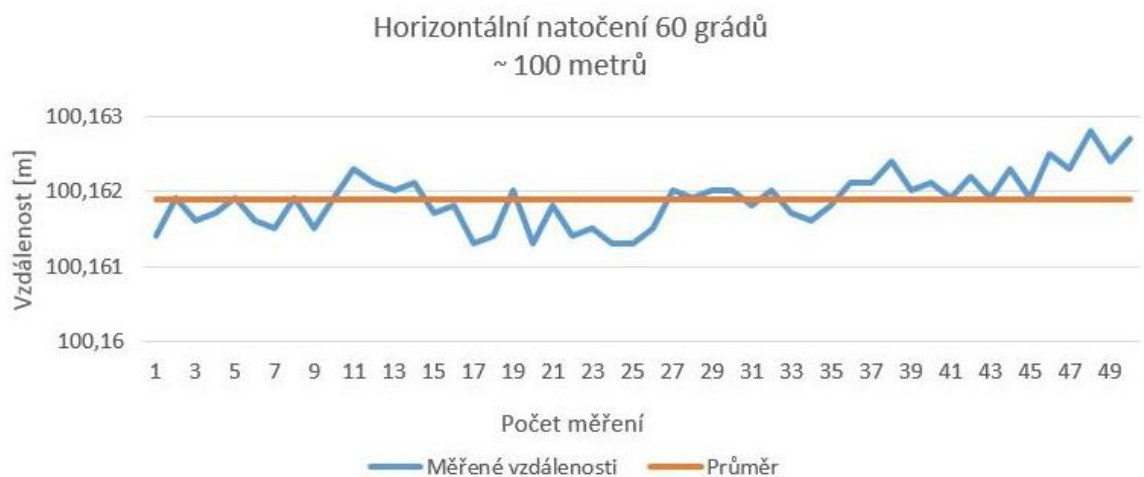
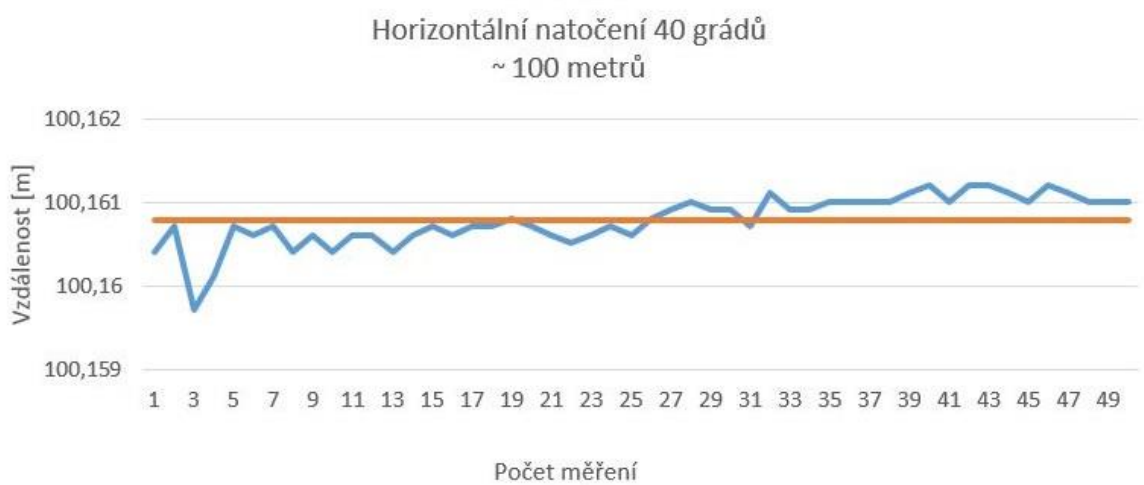
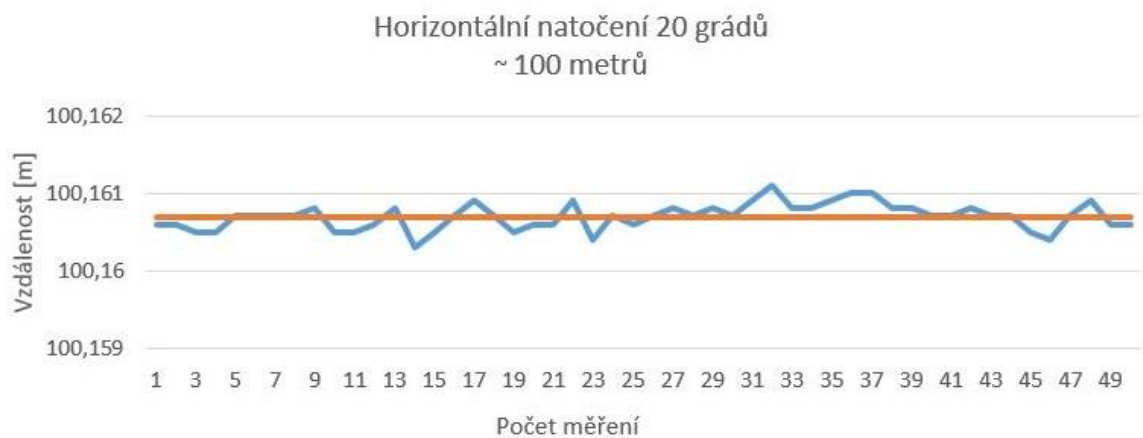
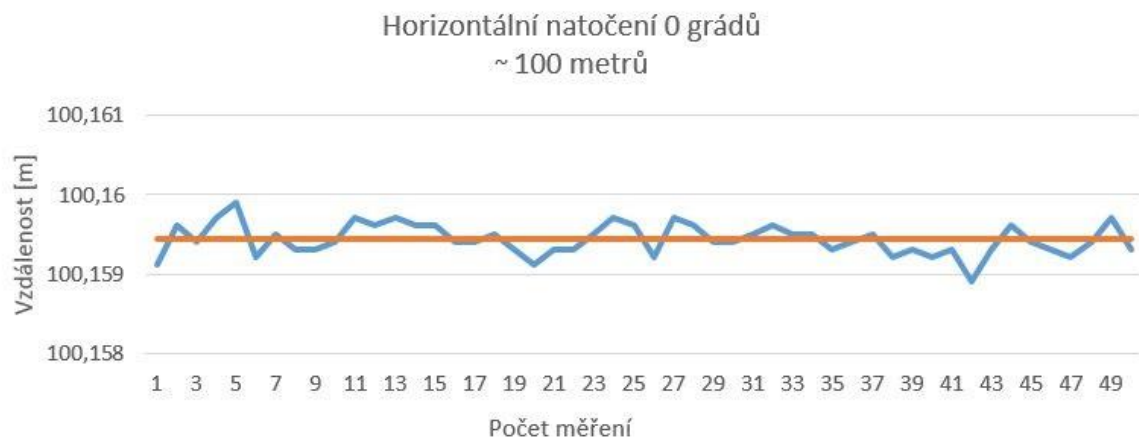


Horizontální natočení 60 gradů  
~ 30 metrů



— Měřené vzdálenosti — Průměr

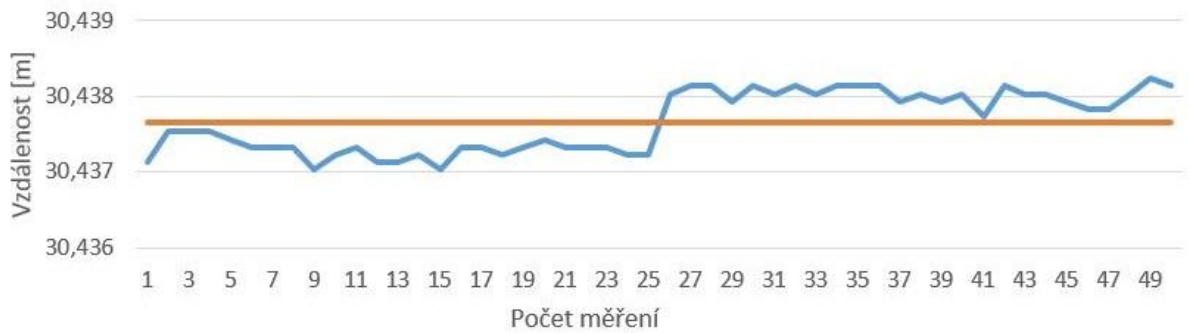




Vertikální natočení 0 gradů  
~ 30 metrů



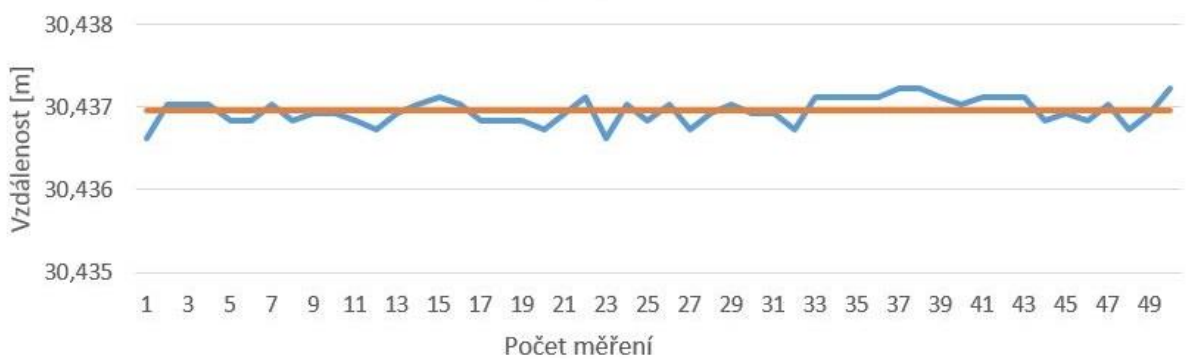
Počet měření  
Vertikální natočení 20 gradů  
~ 30 metrů



Vertikální natočení 40 gradů  
~ 30 metrů

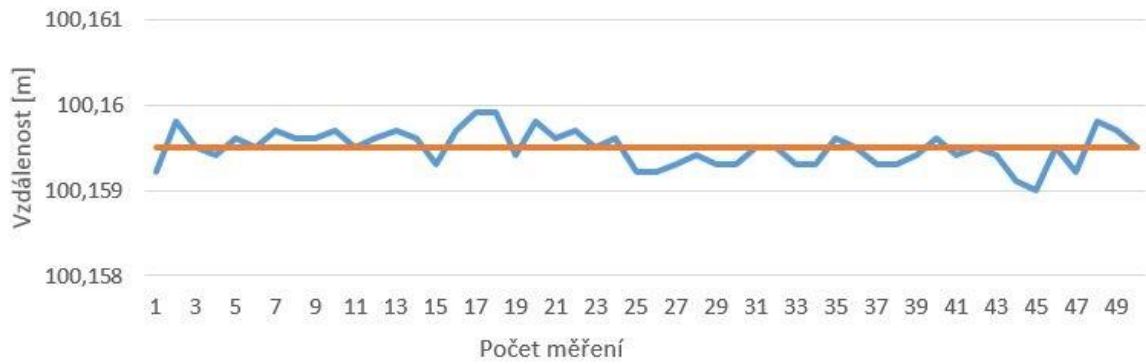


Vertikální natočení 60 gradů  
~ 30 metrů

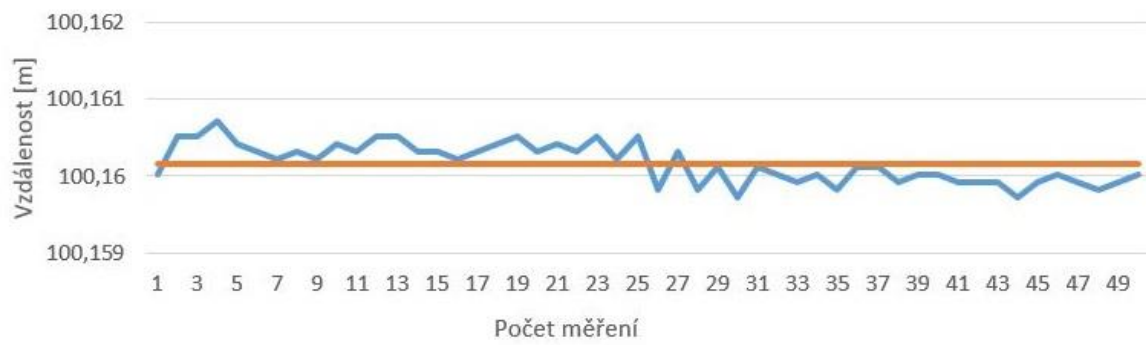


— Měřené vzdálenosti — Průměr

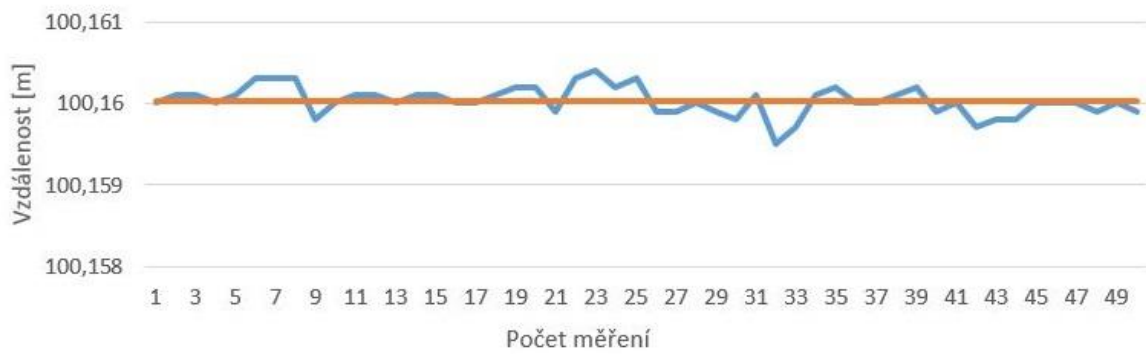
Vertikální natočení 0 gradů  
~ 100 metrů



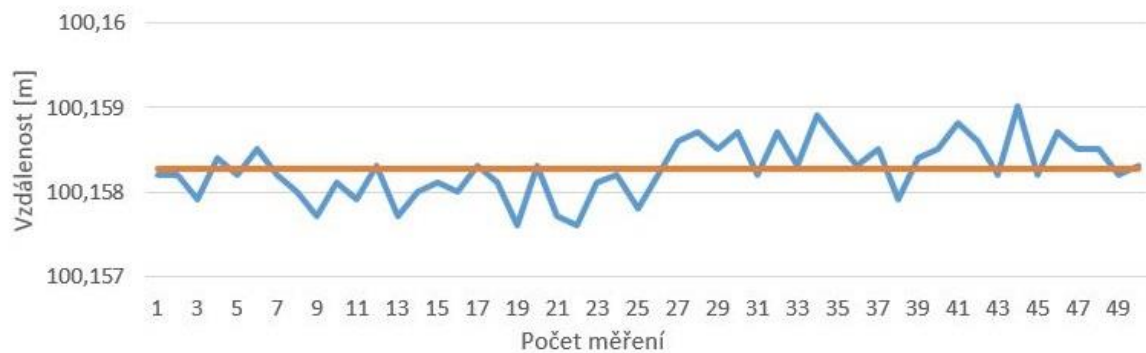
Vertikální natočení 20 gradů  
~ 100 metrů



Vertikální natočení 40 gradů  
~ 100 metrů

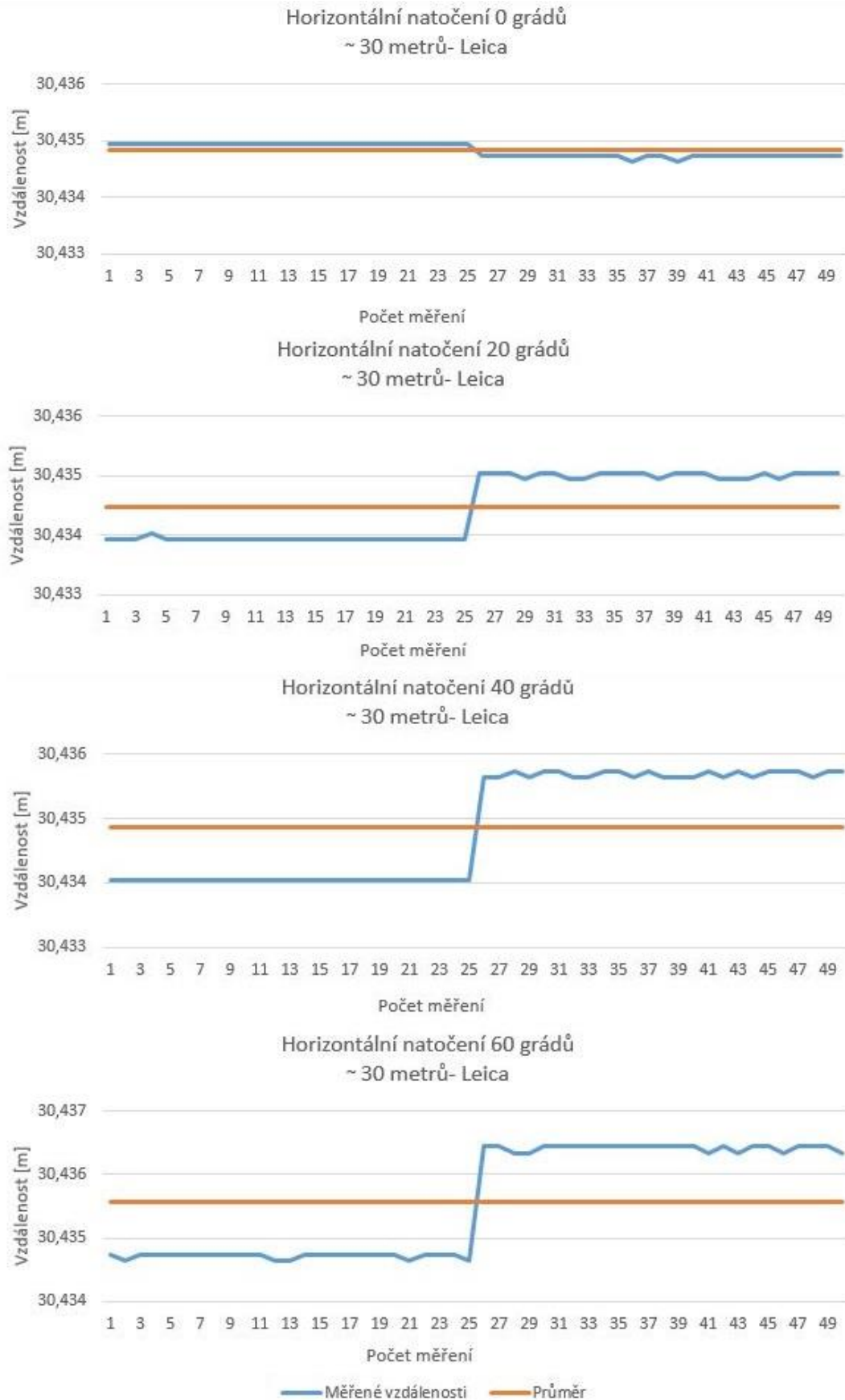


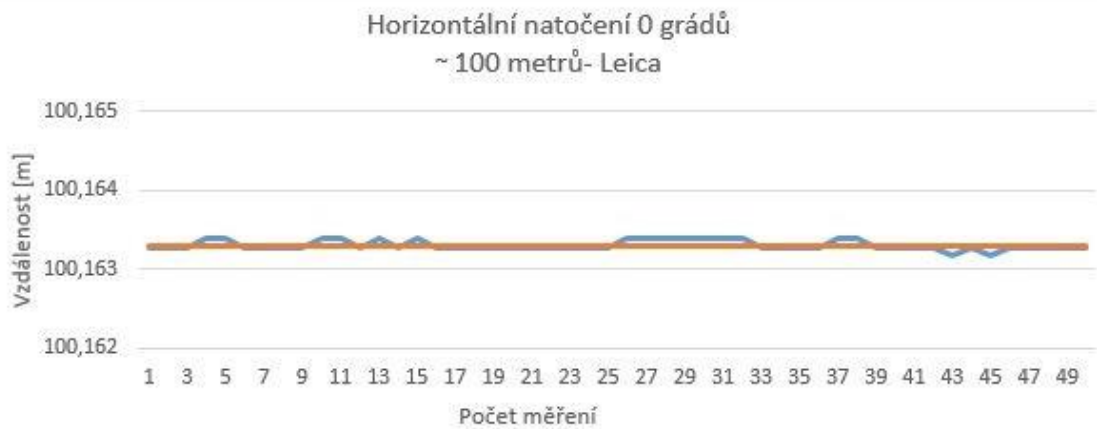
Vertikální natočení 60 gradů  
~ 100 metrů



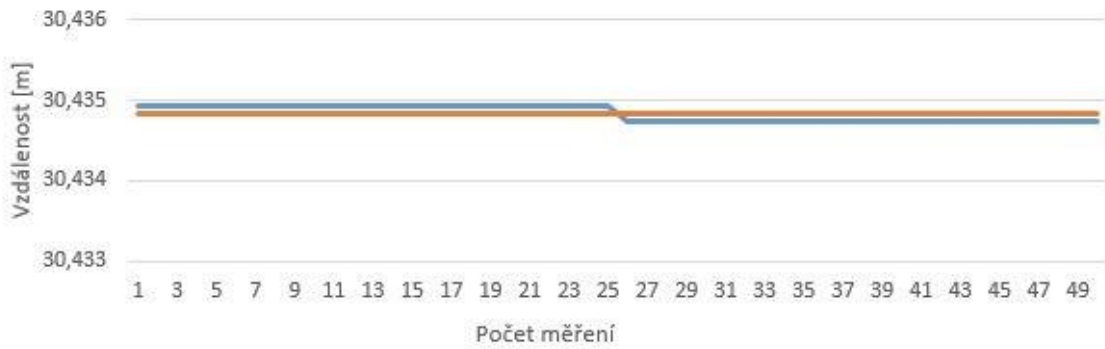
— Měřené vzdálenosti — Průměr

## Příloha 2: MĚŘENÉ VZDÁLENOSTI LEICA NOVA MS50 R2000





Vertikální natočení 0 gradů  
~ 30 metrů- Leica



Vertikální natočení 20 gradů  
~ 30 metrů- Leica



Vertikální natočení 40 gradů  
~ 30 metrů- Leica



Vertikální natočení 60 gradů  
~ 30 metrů- Leica



— Meřené vzdálenosti — Průměr

Vertikální natočení 0 gradů  
~ 100 metrů- Leica



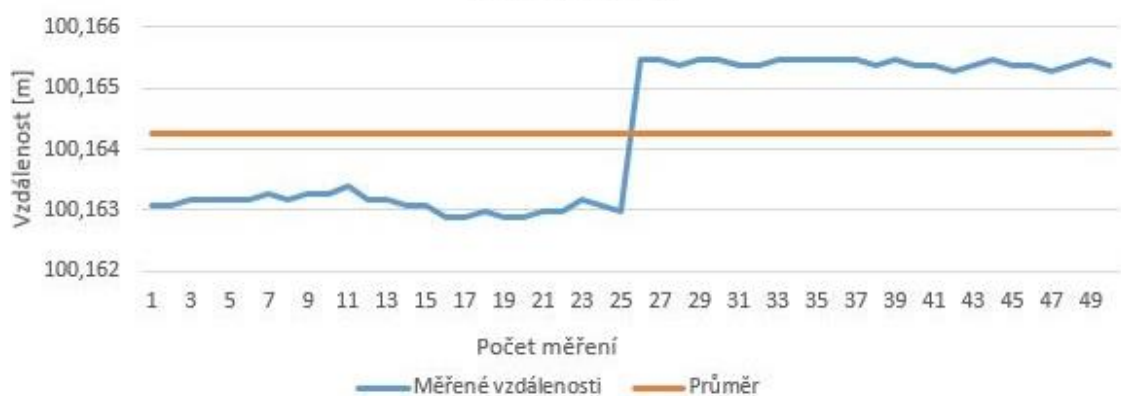
Vertikální natočení 20 gradů  
~ 100 metrů- Leica



Vertikální natočení 40 gradů  
~ 100 metrů- Leica

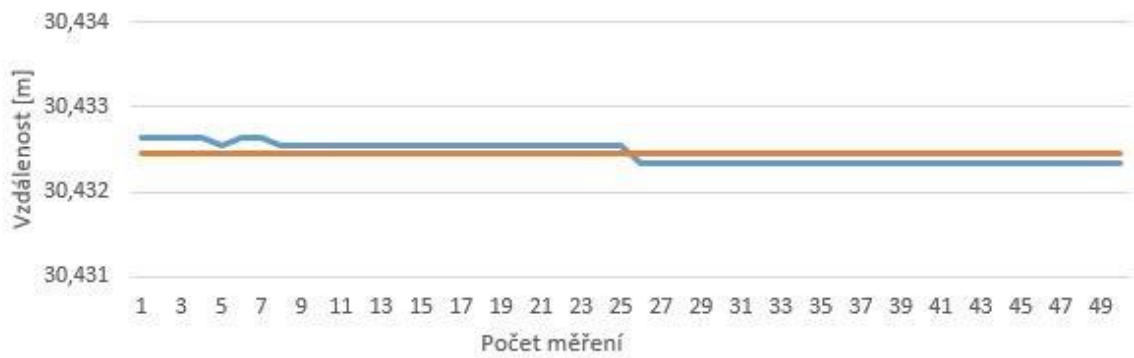


Vertikální natočení 60 gradů  
~ 100 metrů- Leica



— Měřené vzdálenosti — Průměr

Horizontální natočení 0 gradů  
~ 30 metrů



Horizontální natočení 20 gradů  
~ 30 metrů



Horizontální natočení 40 gradů  
~ 30 metrů

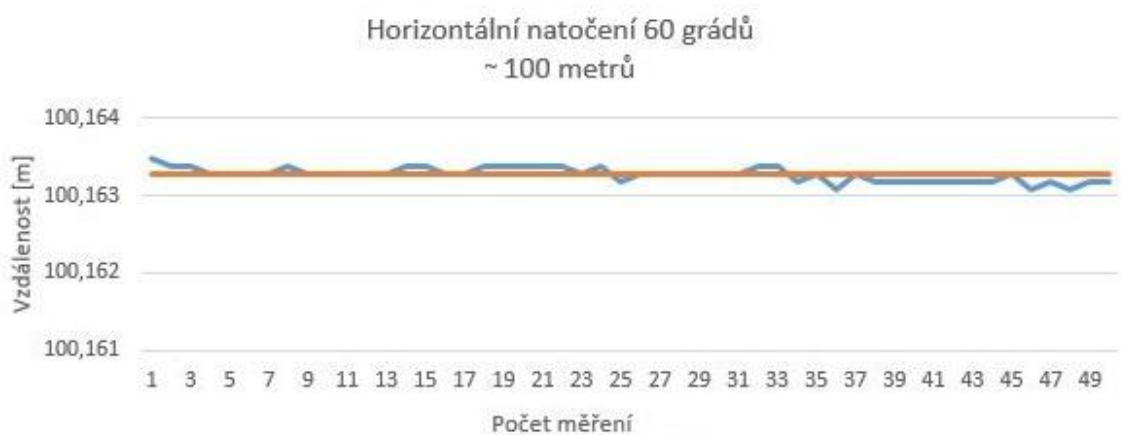
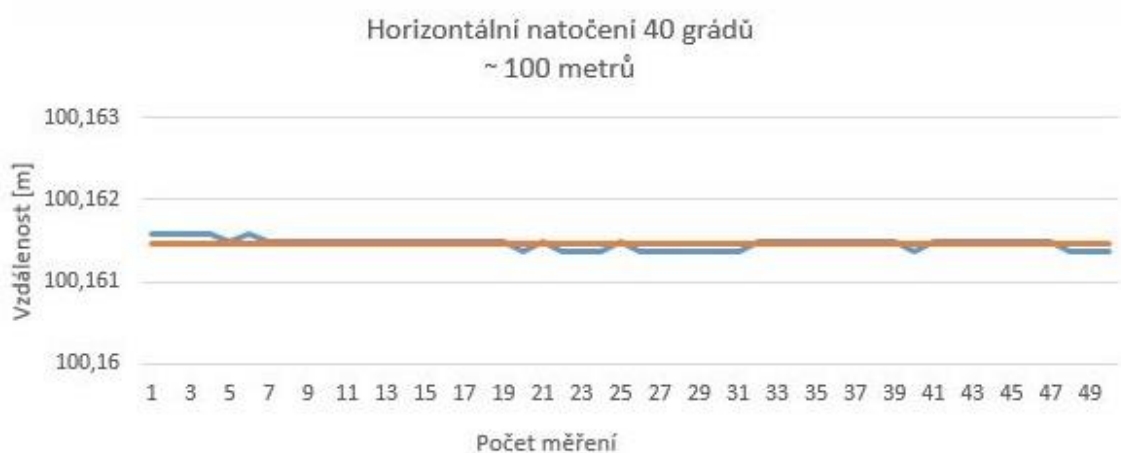
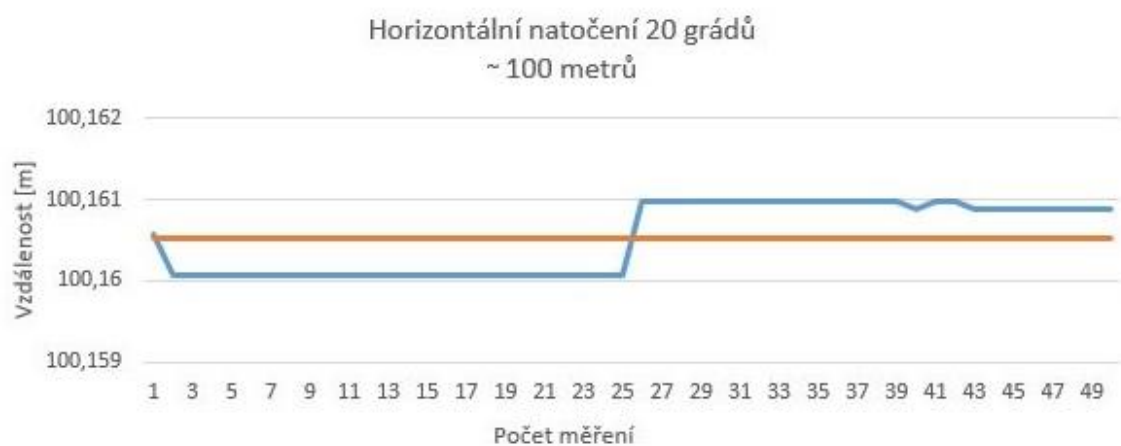
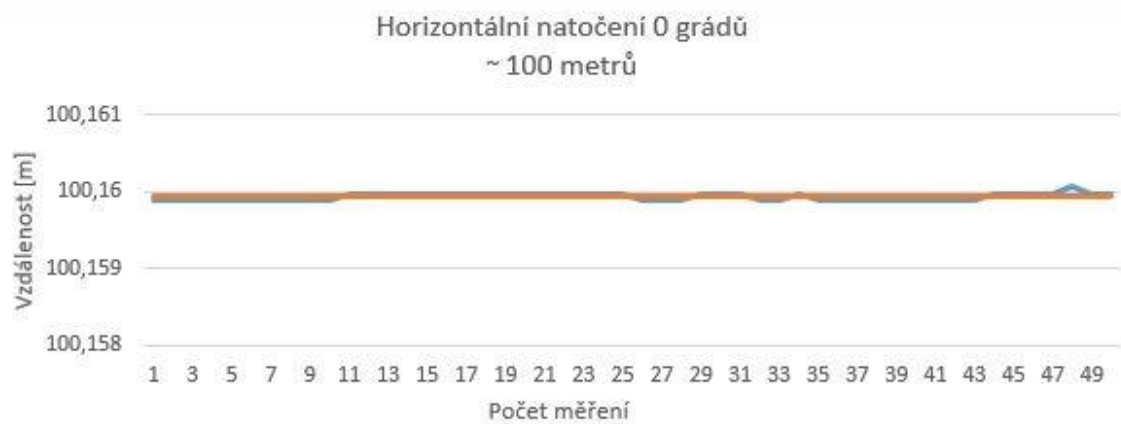


Horizontální natočení 60 gradů  
~ 30 metrů



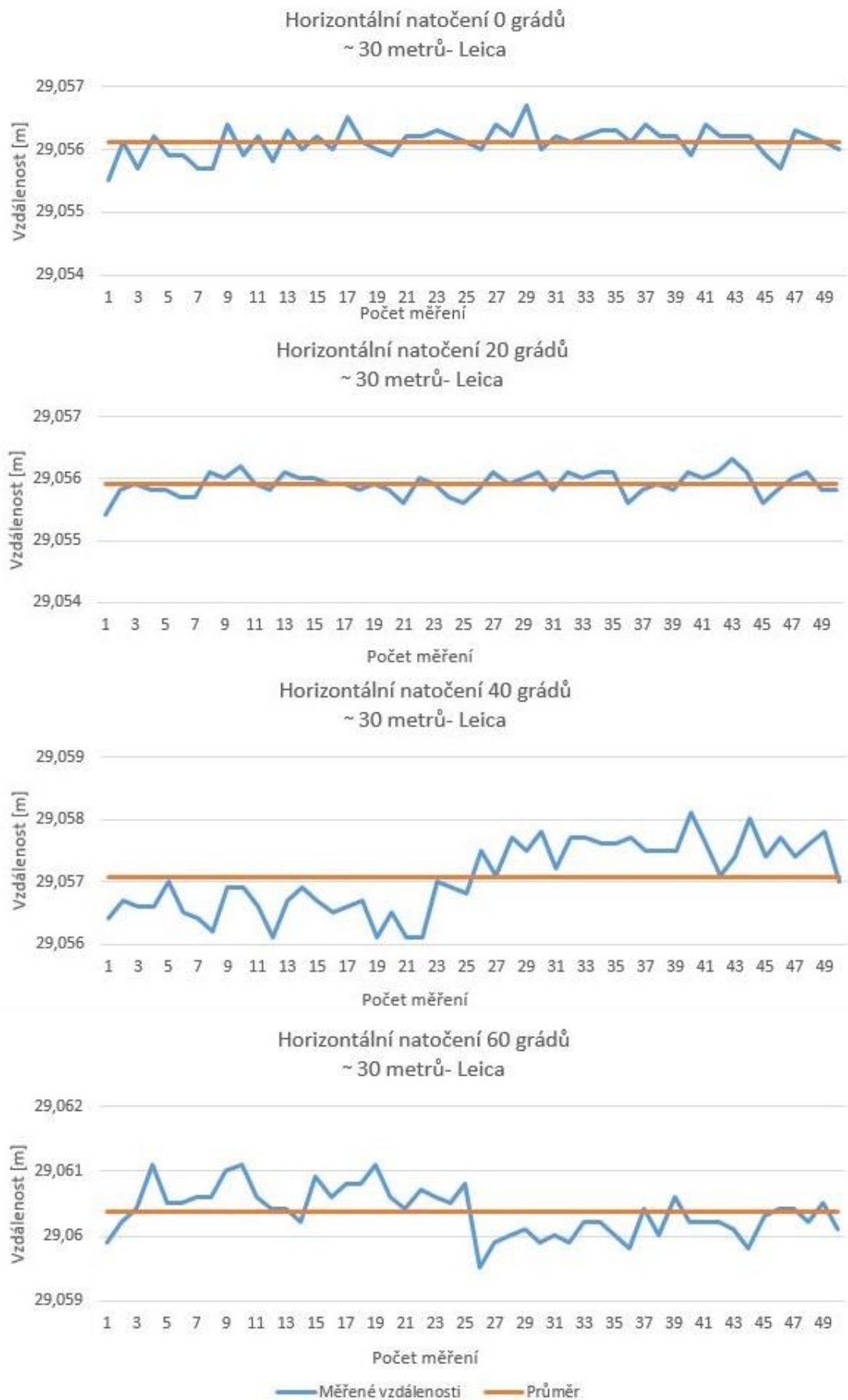
— Měřené vzdálenosti — Průměr

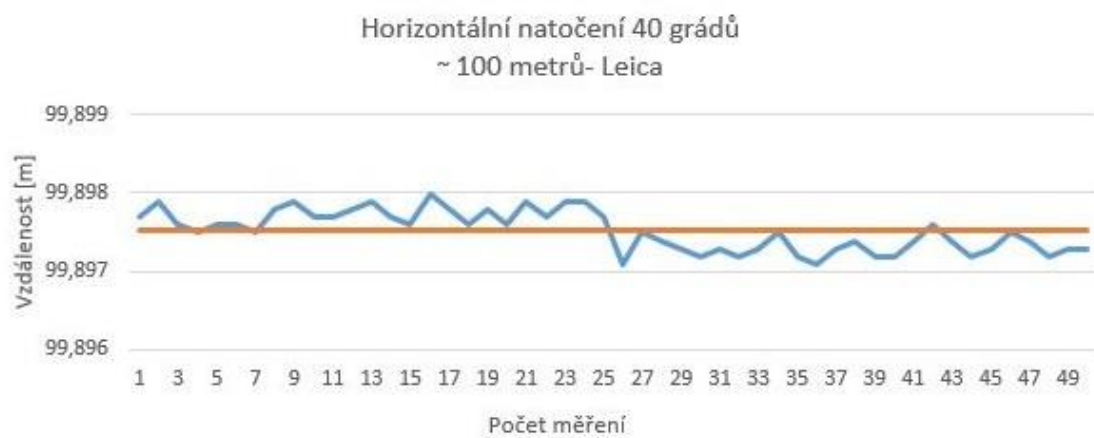
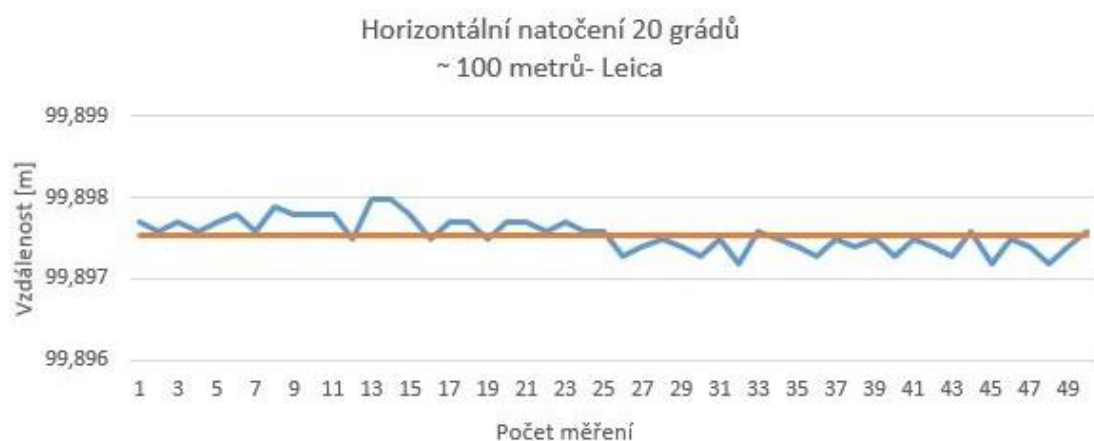


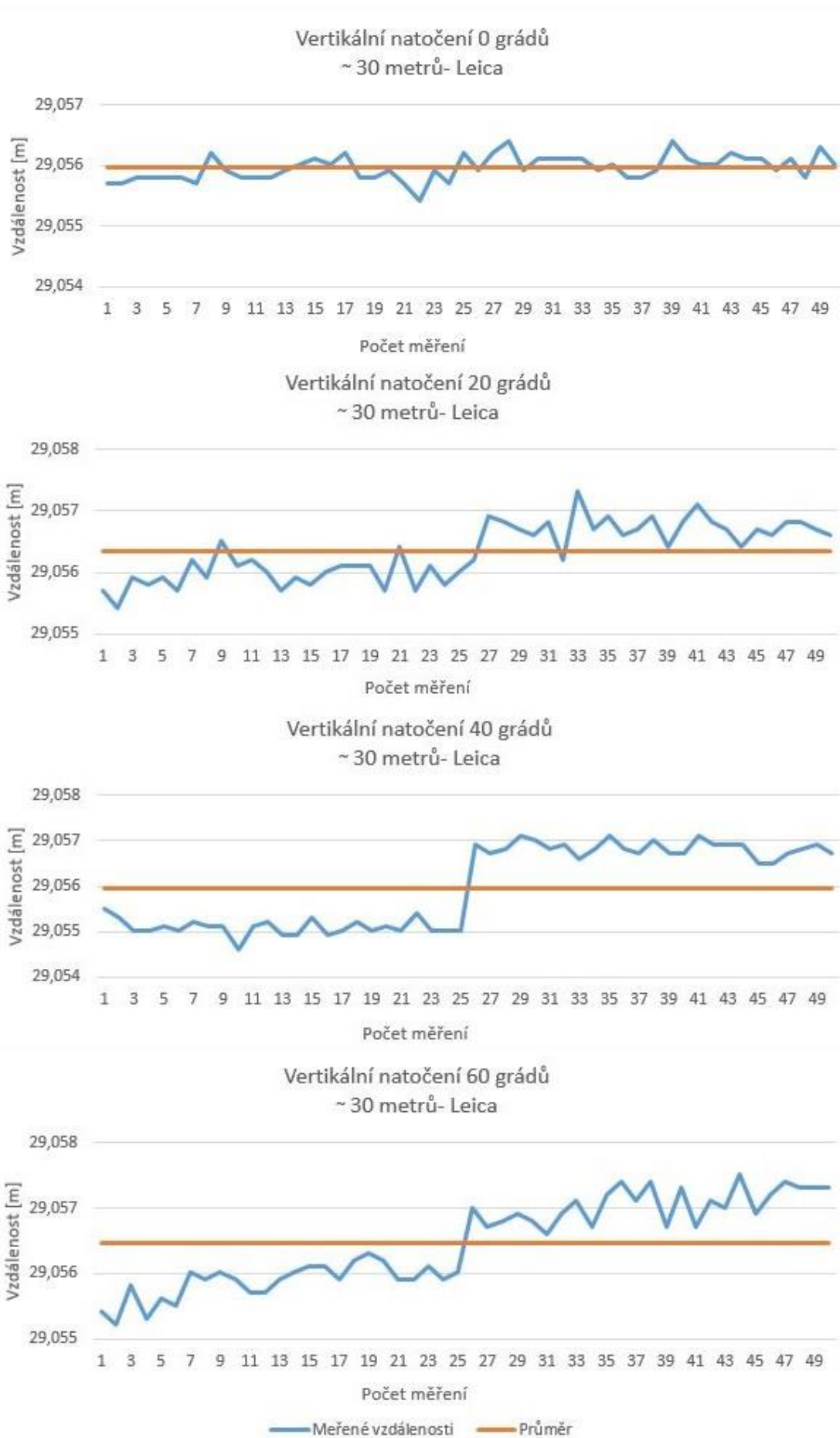


— Měřené vzdálenosti — Průměr

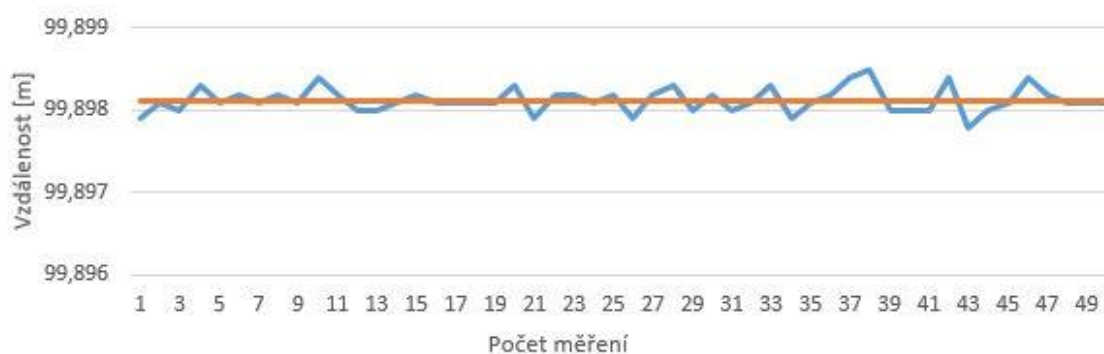
### Příloha 3: MĚŘENÉ VZDÁLENOSTI LEICA TS12 R1000







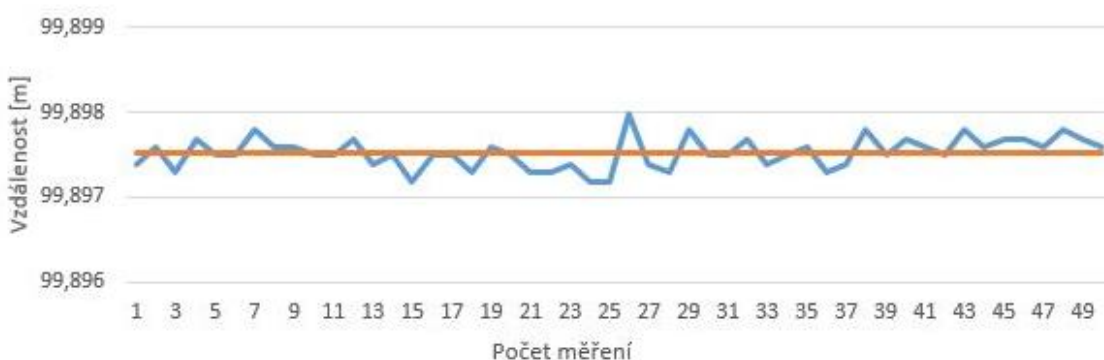
Vertikální natočení 0 gradů  
~ 100 metrů- Leica



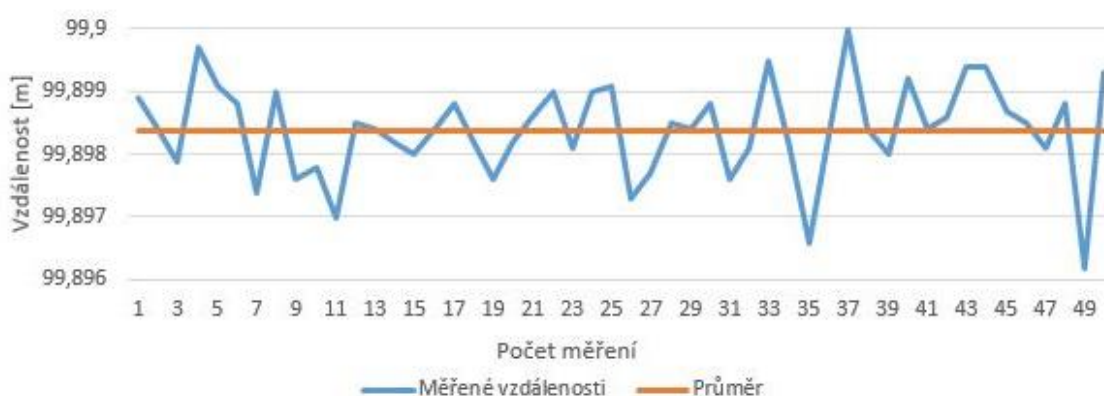
Vertikální natočení 20 gradů  
~ 100 metrů- Leica



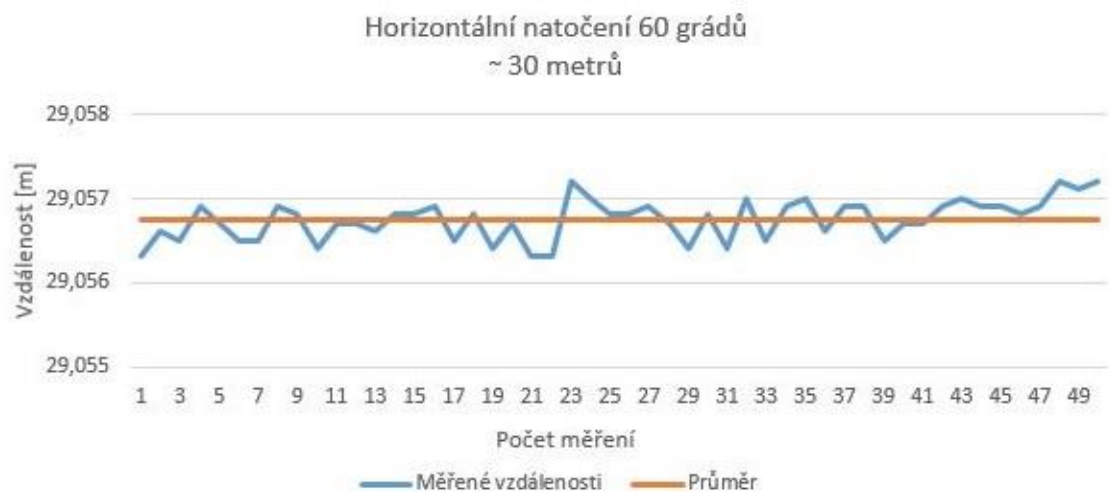
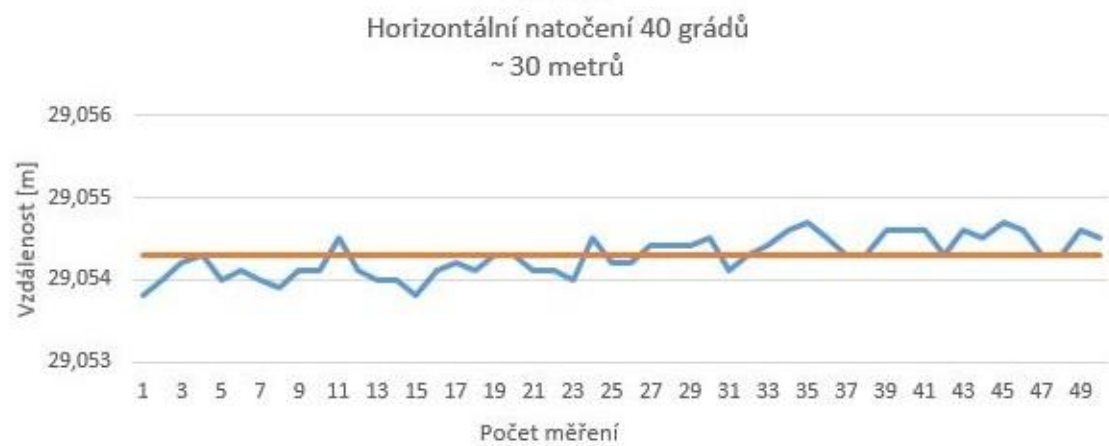
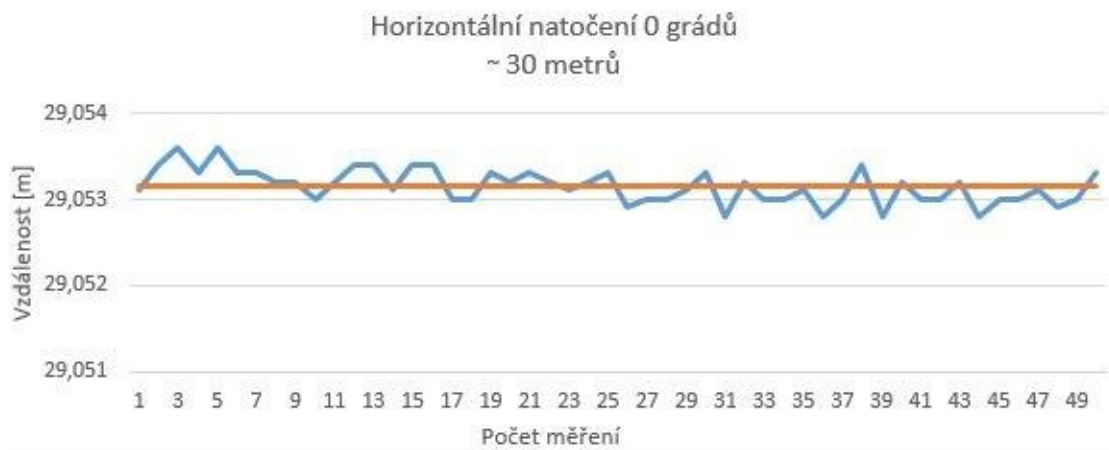
Vertikální natočení 40 gradů  
~ 100 metrů- Leica



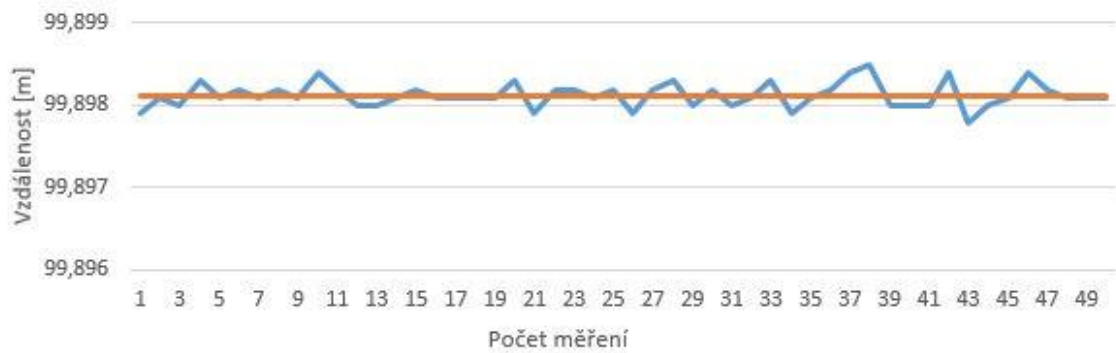
Vertikální natočení 60 gradů  
~ 100 metrů- Leica



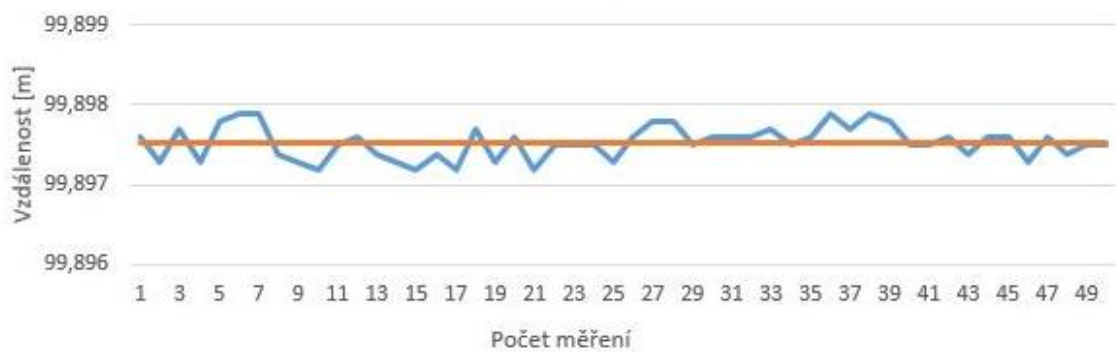
— Měřené vzdálenosti — Průměr



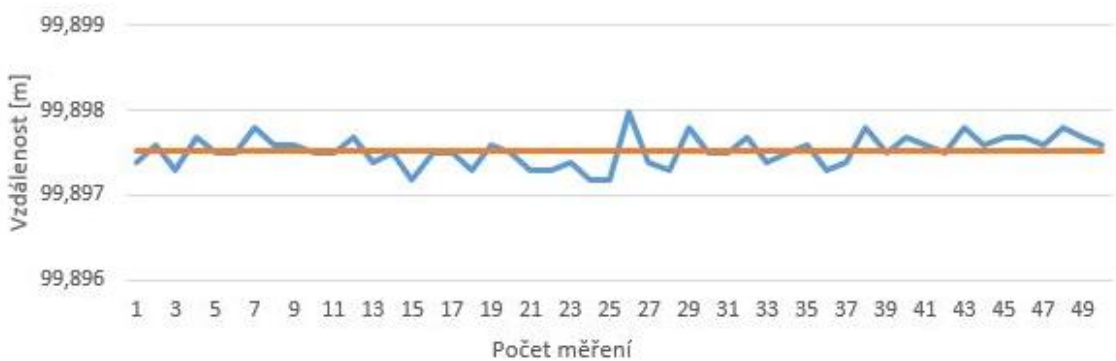
Vertikální natočení 0 gradů  
~ 100 metrů- Leica



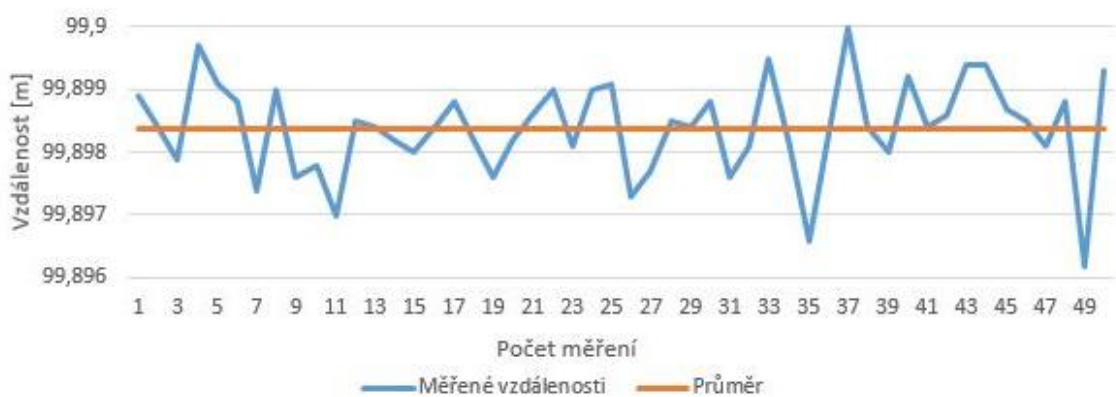
Vertikální natočení 20 gradů  
~ 100 metrů- Leica



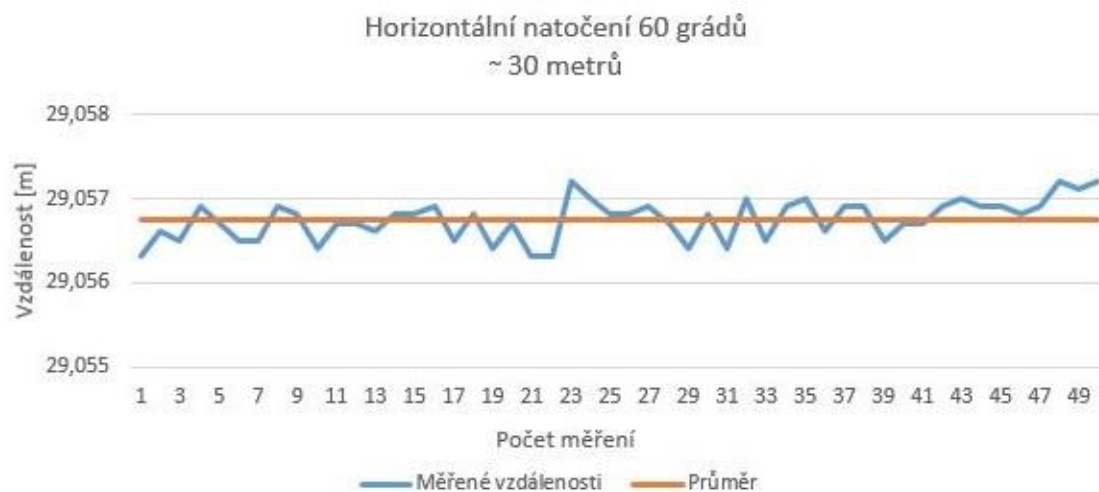
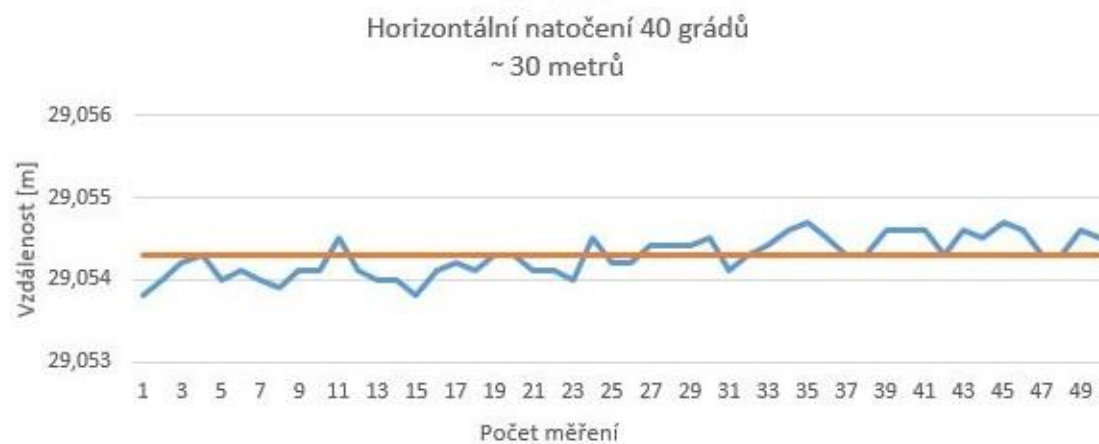
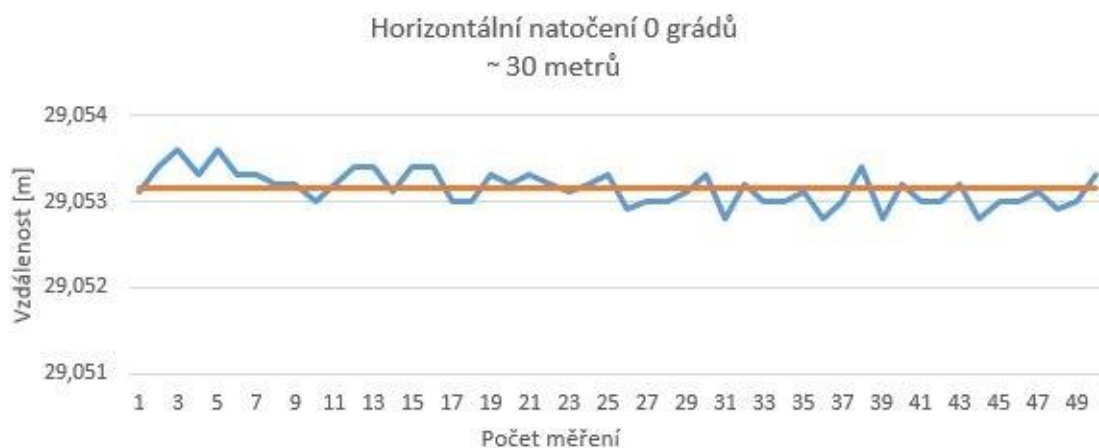
Vertikální natočení 40 gradů  
~ 100 metrů- Leica



Vertikální natočení 60 gradů  
~ 100 metrů- Leica

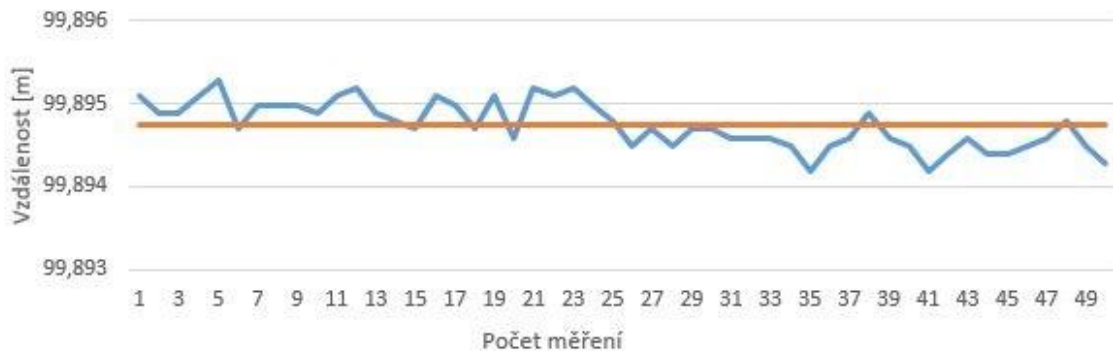


— Měřené vzdálenosti — Průměr





Horizontální natočení 0 gradů  
~ 100 metrů



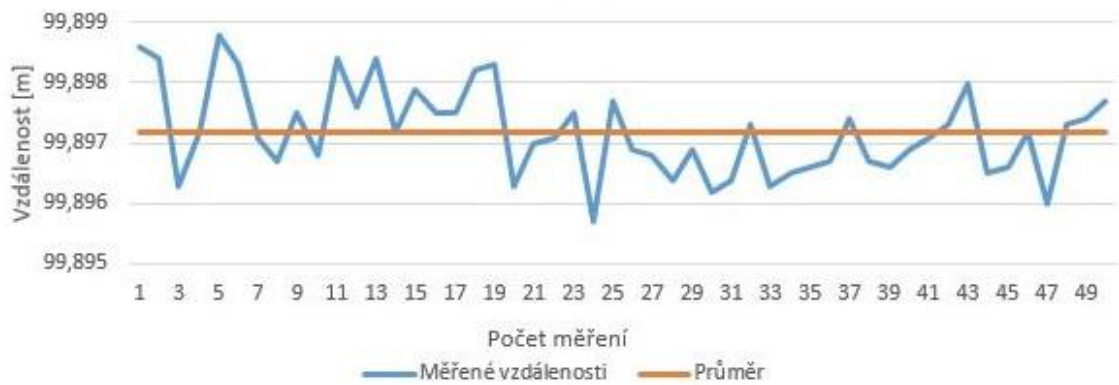
Horizontální natočení 20 gradů  
~ 100 metrů



Horizontální natočení 40 gradů  
~ 100 metrů

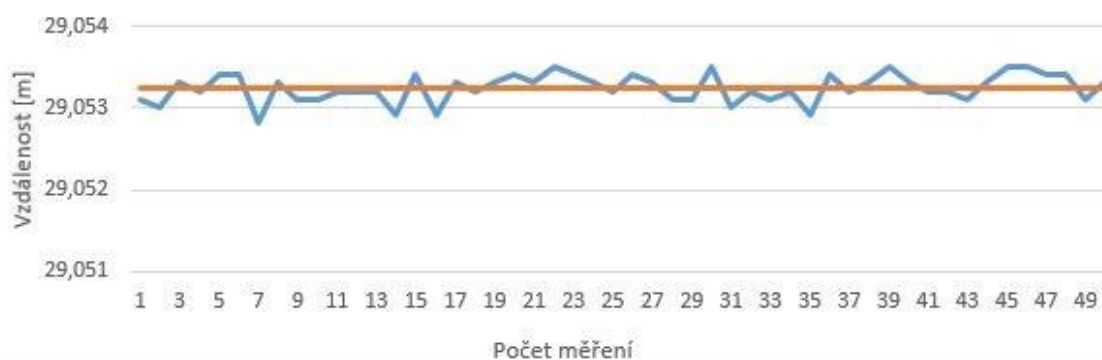


Horizontální natočení 60 gradů  
~ 100 metrů



— Měřené vzdálenosti — Průměr

Vertikální natočení 0 gradů  
~ 30 metrů



Vertikální natočení 20 gradů  
~ 30 metrů



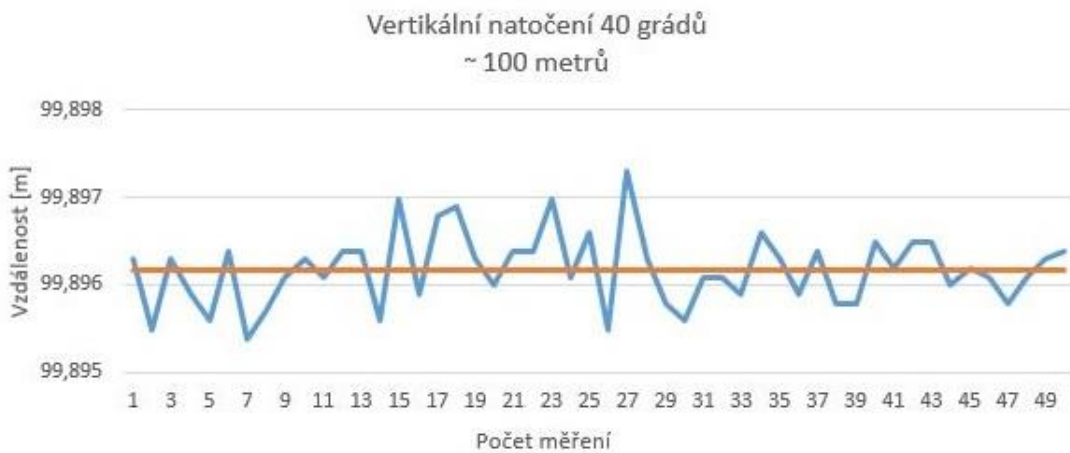
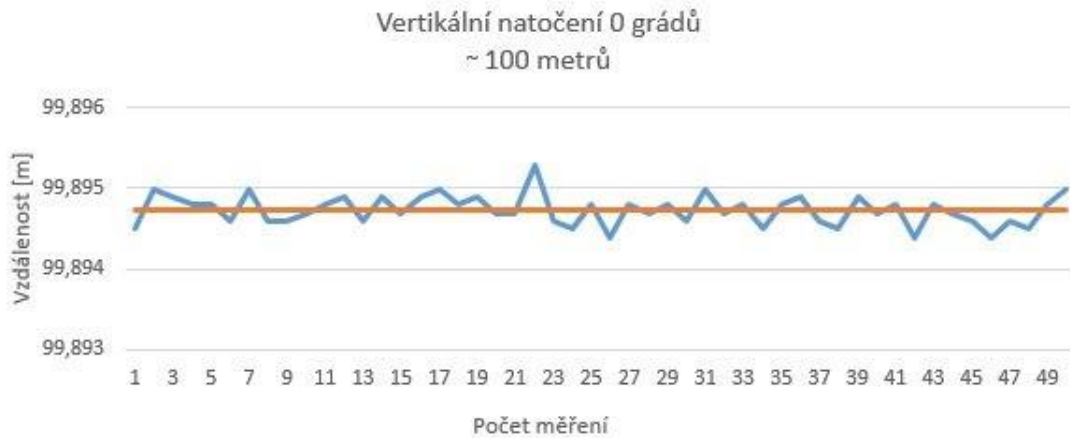
Vertikální natočení 40 gradů  
~ 30 metrů



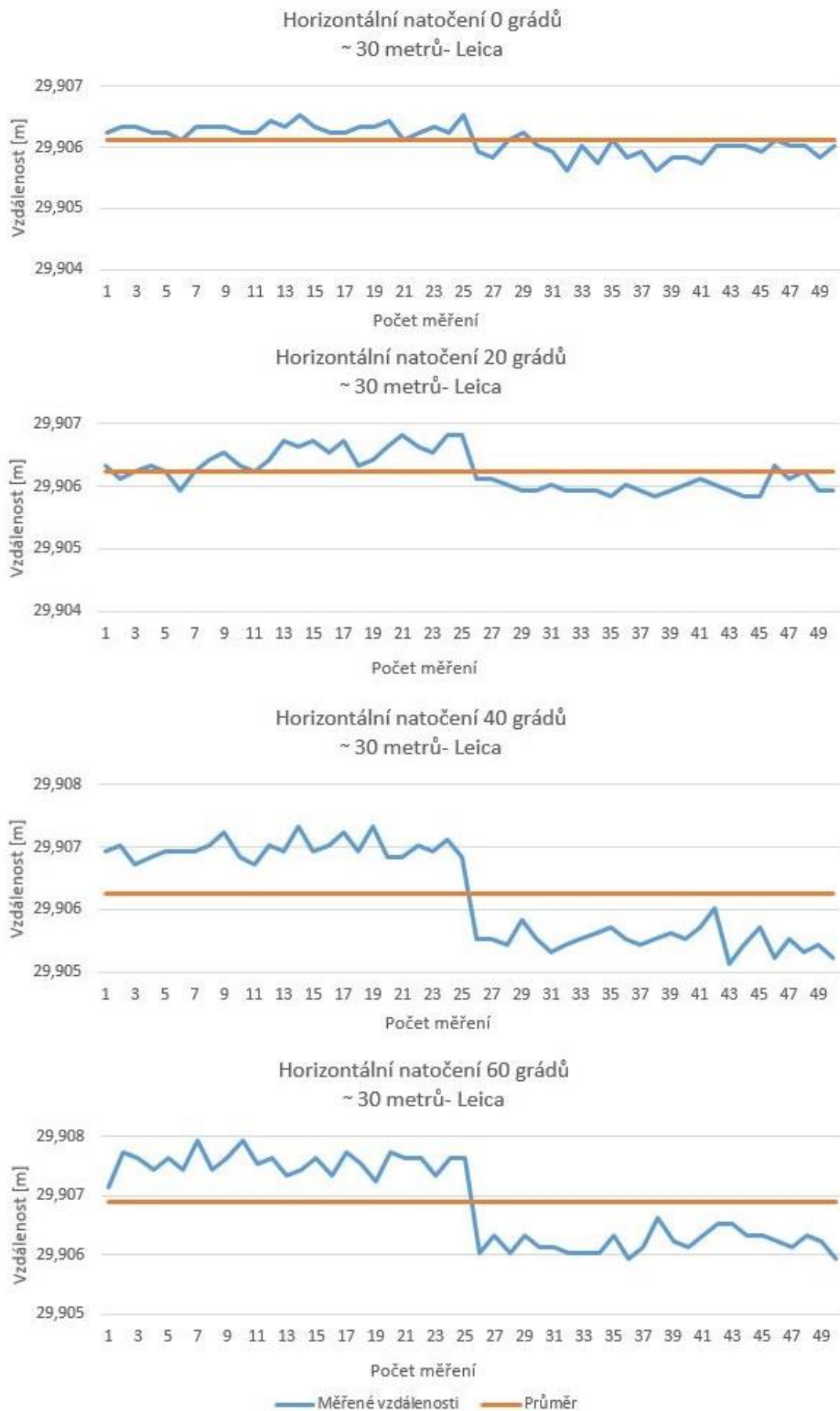
Vertikální natočení 60 gradů  
~ 30 metrů



— Měřené vzdálenosti — Průměr



Příloha 4: MĚŘENÉ VZDÁLENOSTI LEICA TCRP1202 R300



Horizontální natočení 0 gradů  
~ 100 metrů- Leica



Horizontální natočení 20 gradů  
~ 100 metrů- Leica



Horizontální natočení 40 gradů  
~ 100 metrů- Leica



Horizontální natočení 60 gradů  
~ 100 metrů- Leica



— Měřené vzdálenosti — Průměr

Vertikální natočení 0 gradů  
~ 30 metrů- Leica



Vertikální natočení 20 gradů  
~ 30 metrů- Leica



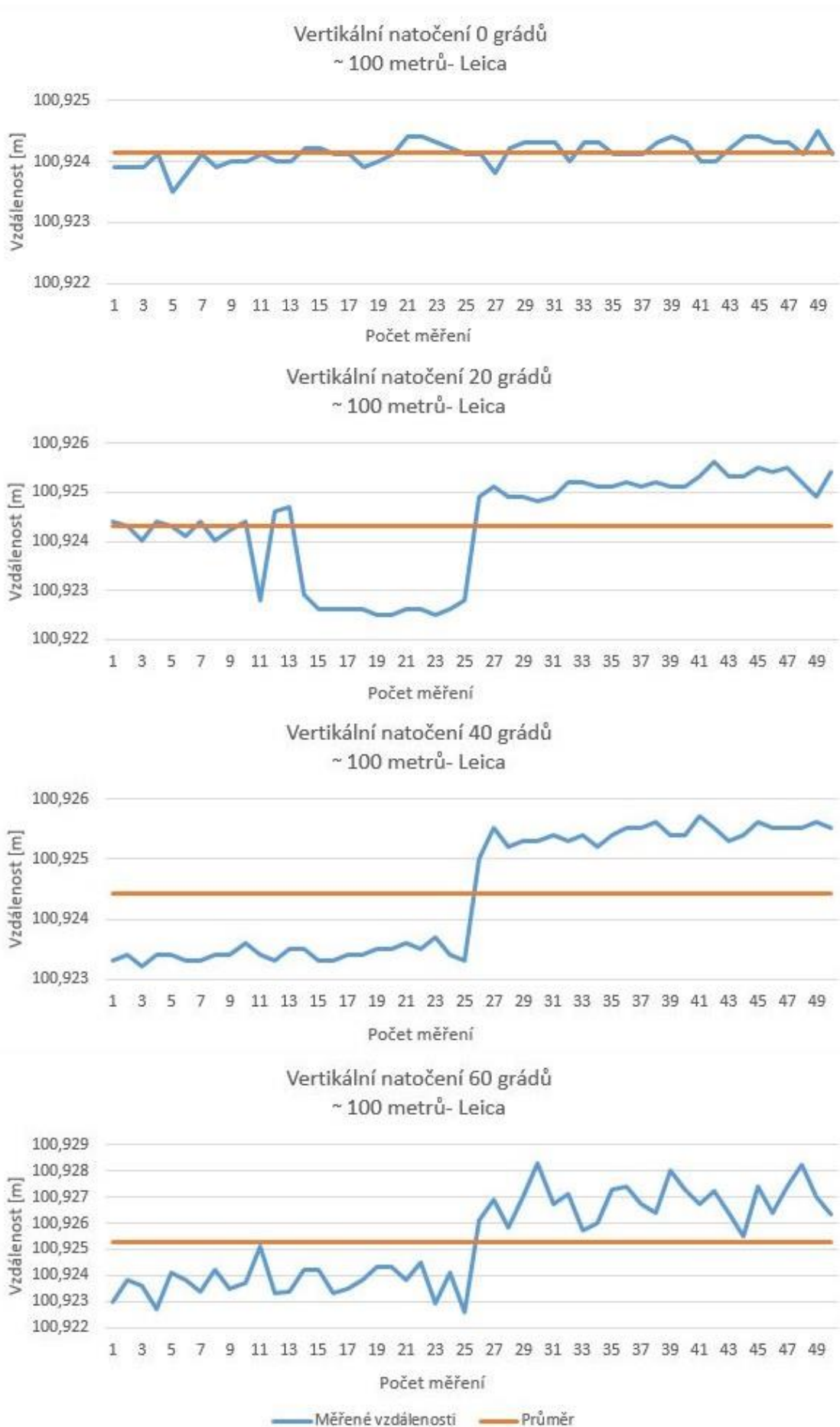
Vertikální natočení 40 gradů  
~ 30 metrů- Leica



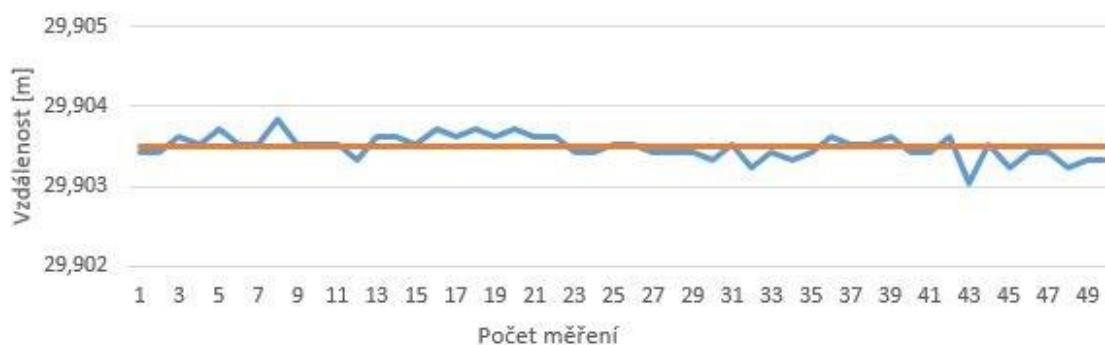
Vertikální natočení 60 gradů  
~ 30 metrů- Leica



— Meřené vzdálenosti — Průměr



Horizontální natočení 0 gradů  
~ 30 metrů



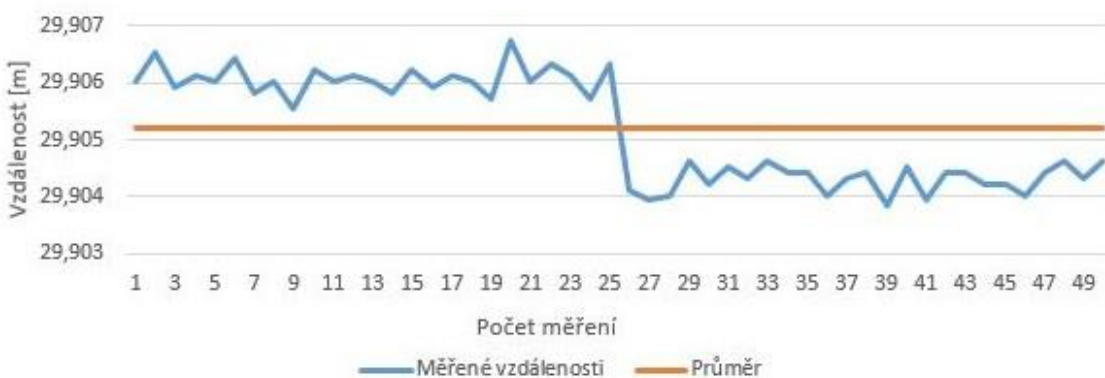
Horizontální natočení 20 gradů  
~ 30 metrů



Horizontální natočení 40 gradů  
~ 30 metrů



Horizontální natočení 60 gradů  
~ 30 metrů

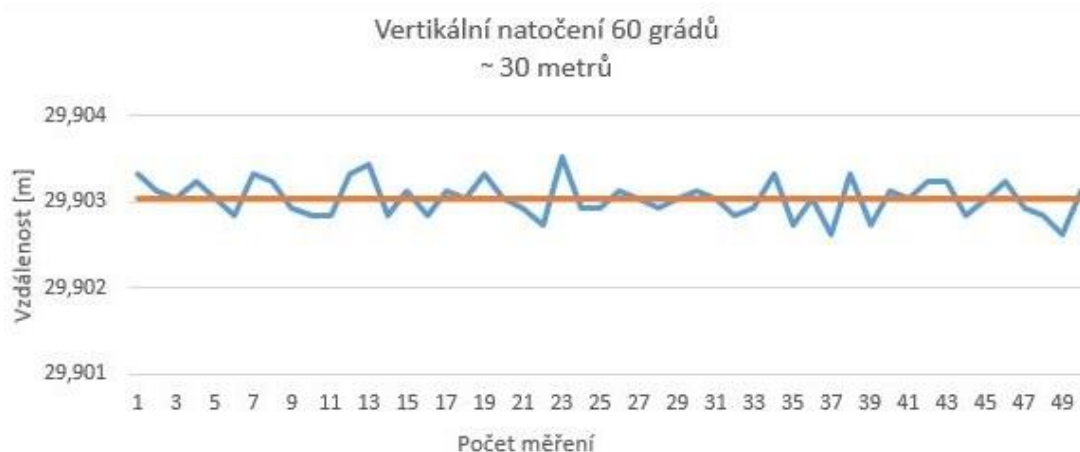
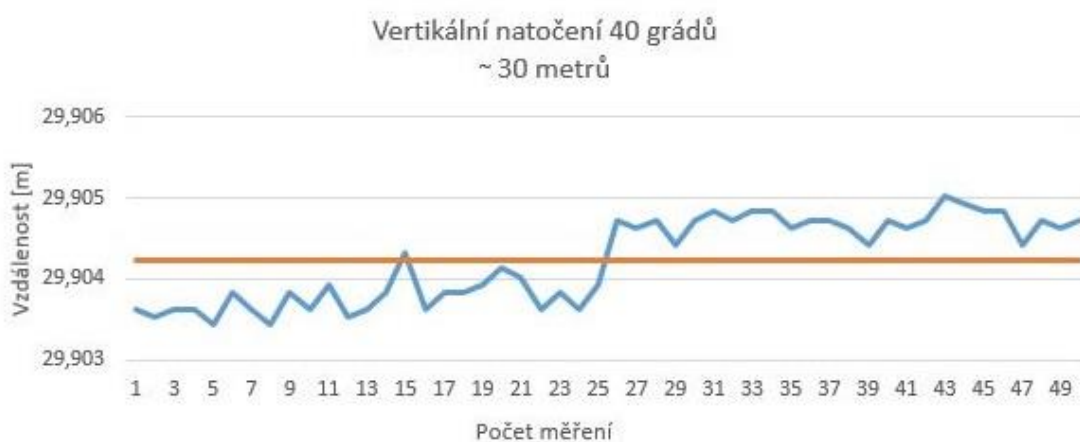


— Měřené vzdálenosti — Průměr

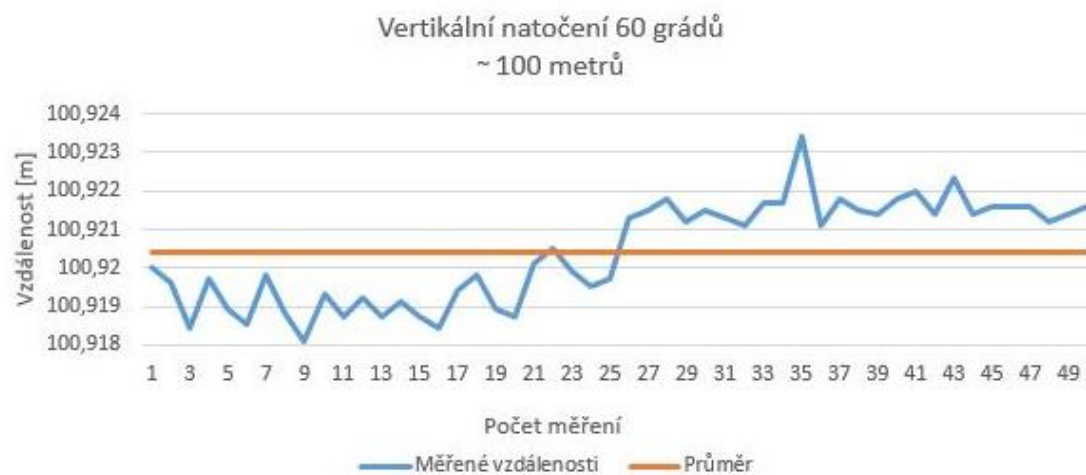
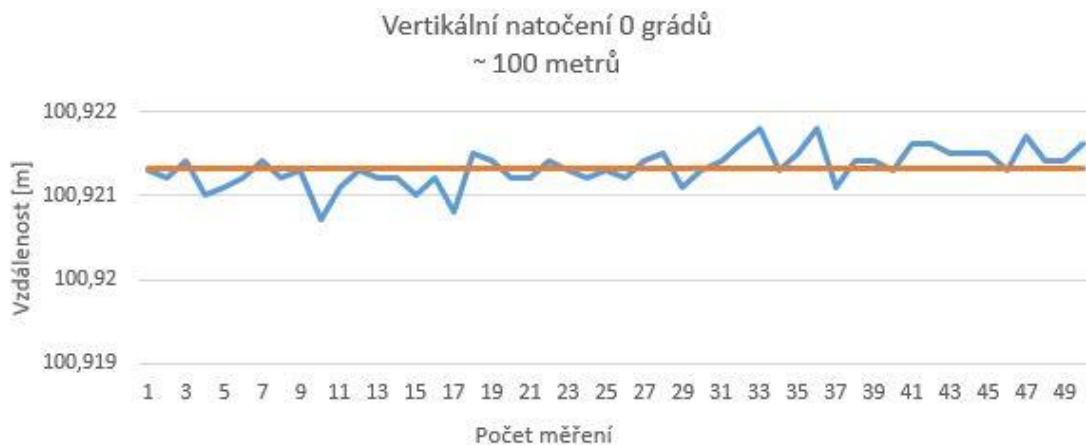




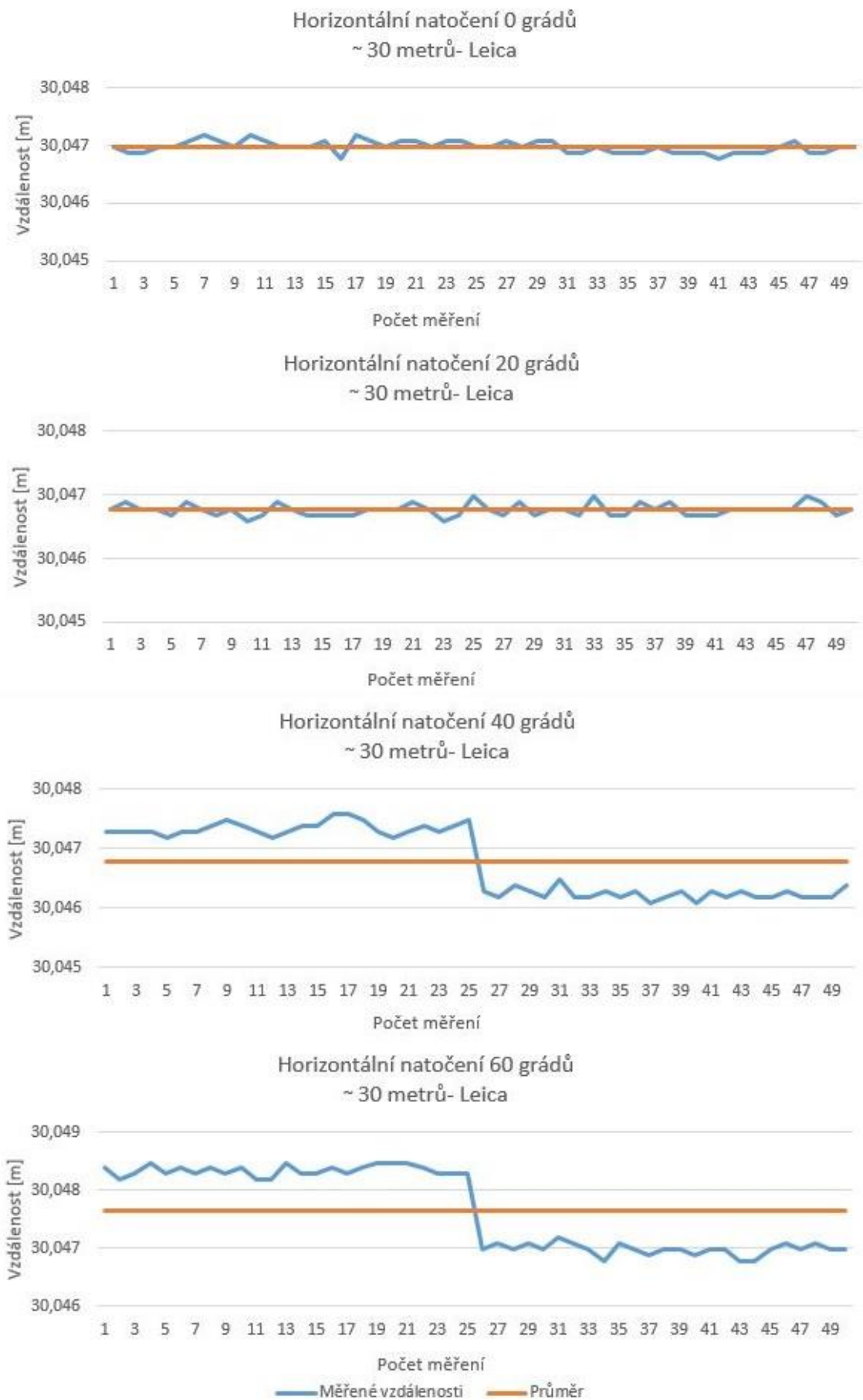
— Měřené vzdálenosti — Průměr

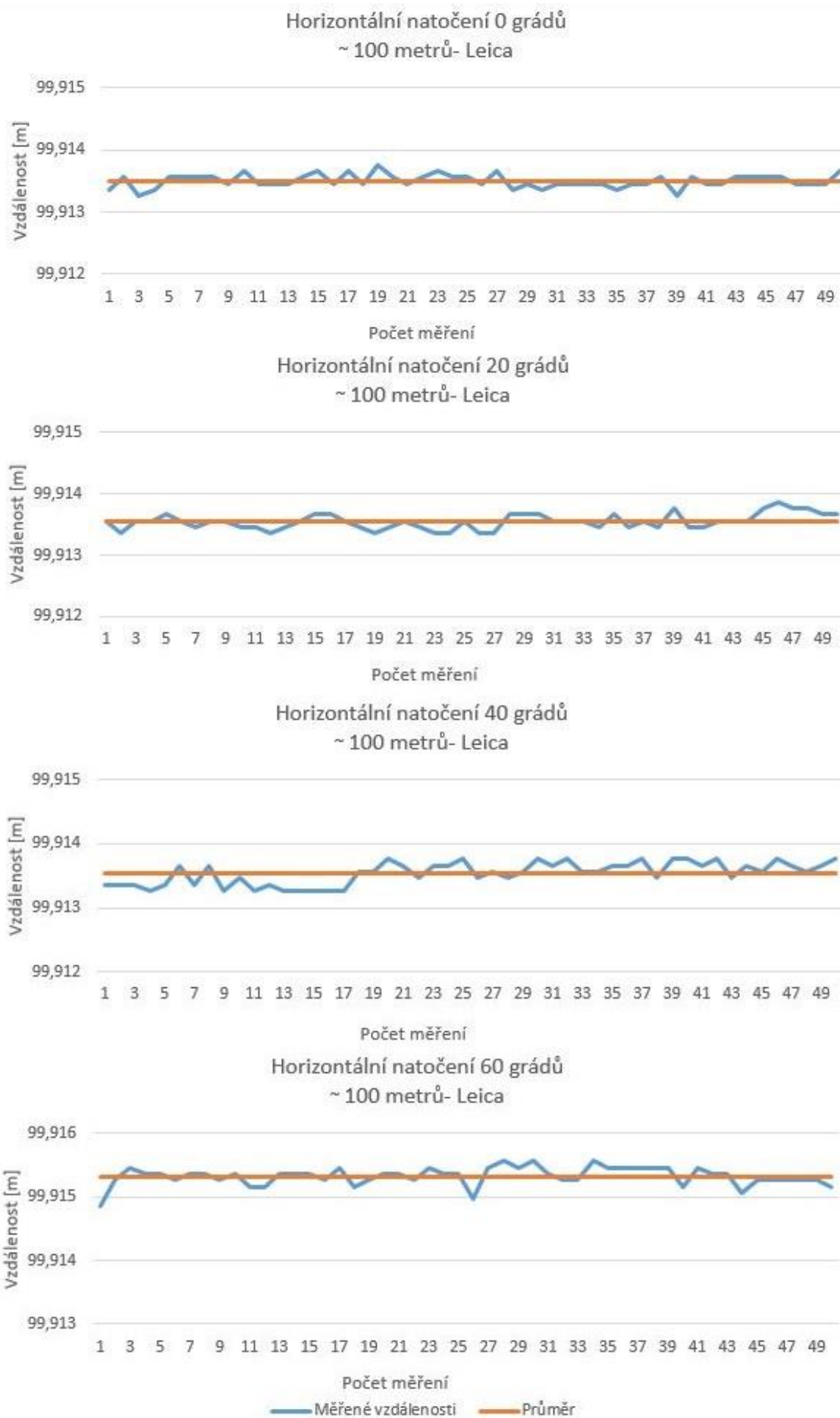


— Měřené vzdálenosti — Průměr



Příloha 5: MĚŘENÉ VZDÁLENOSTI LEICA TCR1201 R300





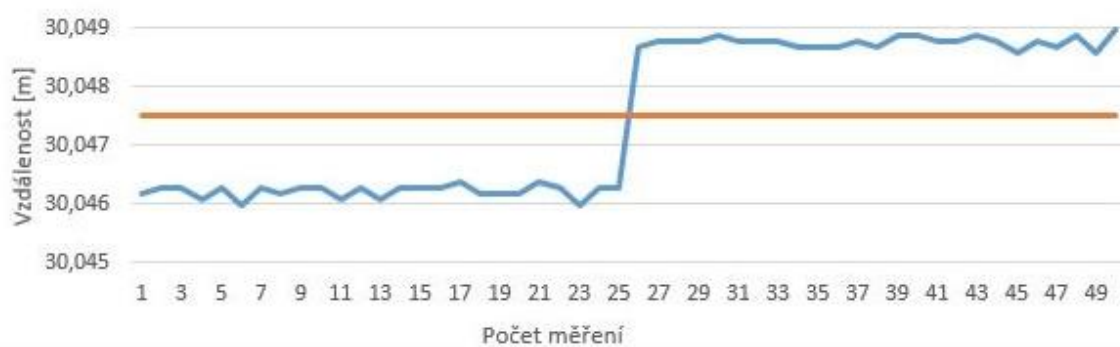
Vertikální natočení 0 gradů  
~ 30 metrů- Leica



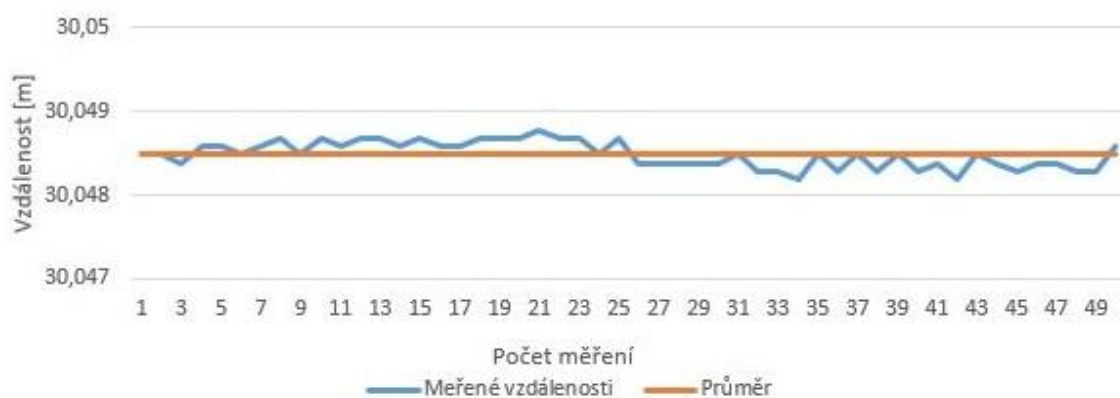
Vertikální natočení 20 gradů  
~ 30 metrů- Leica

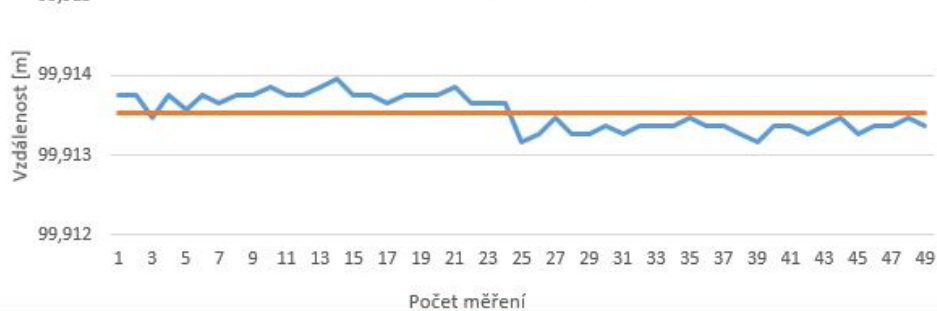
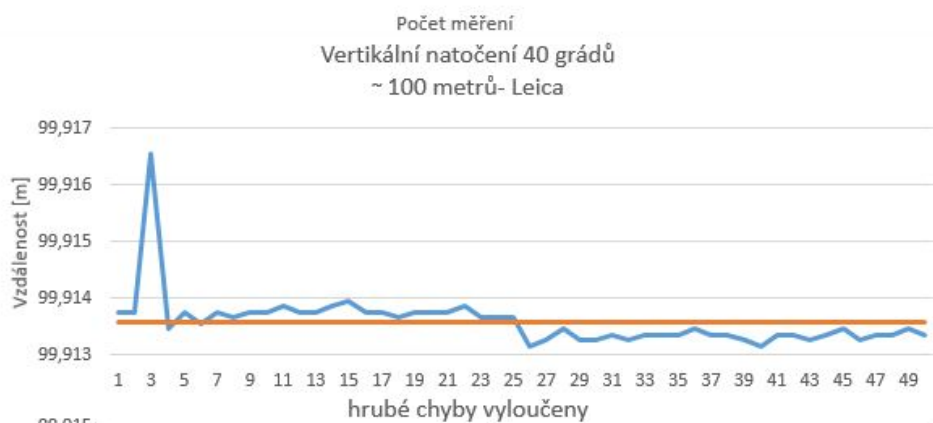
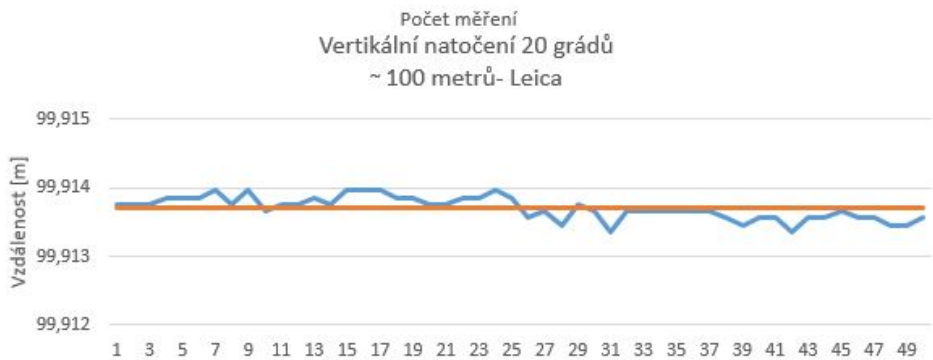
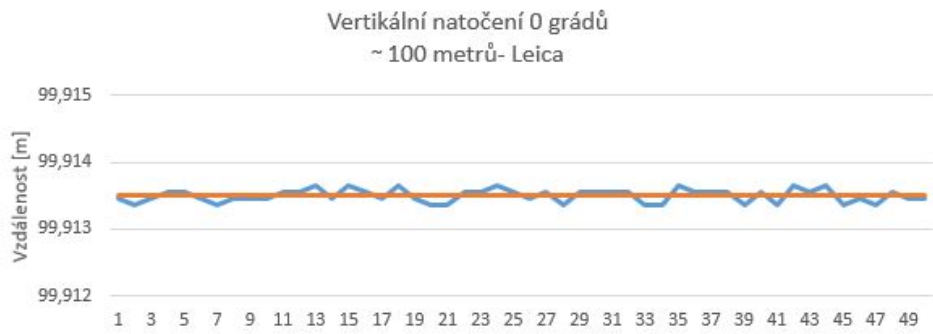


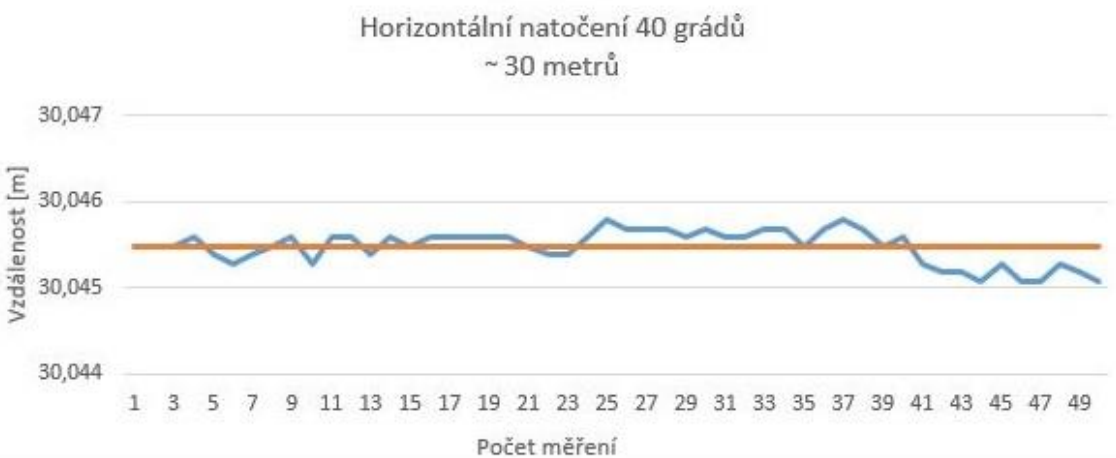
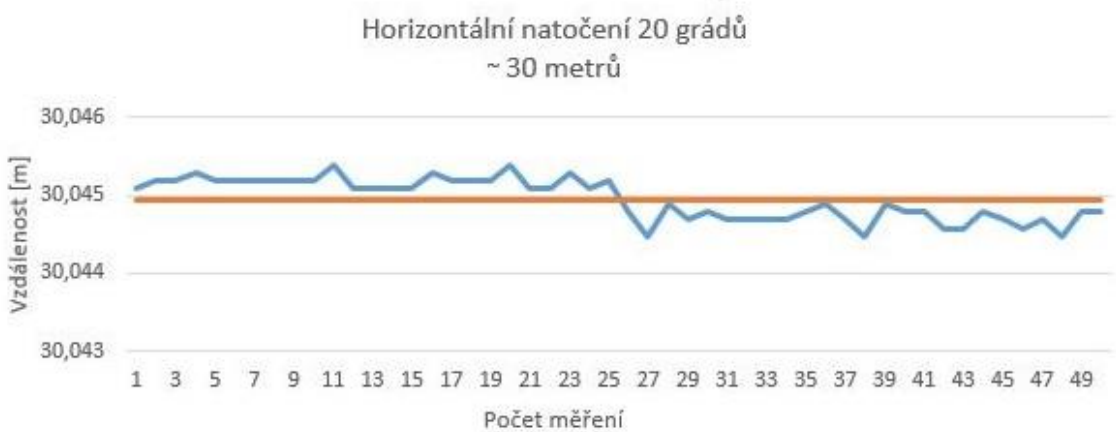
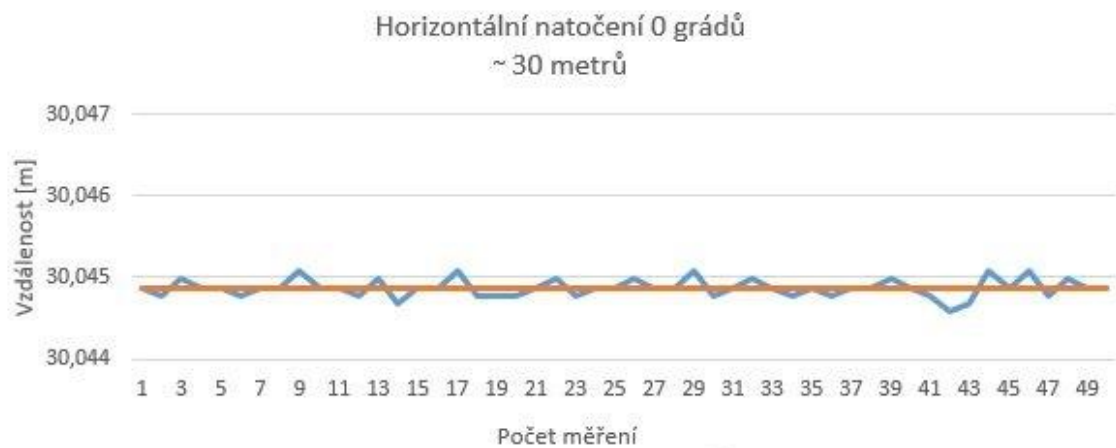
Vertikální natočení 40 gradů  
~ 30 metrů- Leica



Vertikální natočení 60 gradů  
~ 30 metrů- Leica







— Měřené vzdálenosti — Průměr



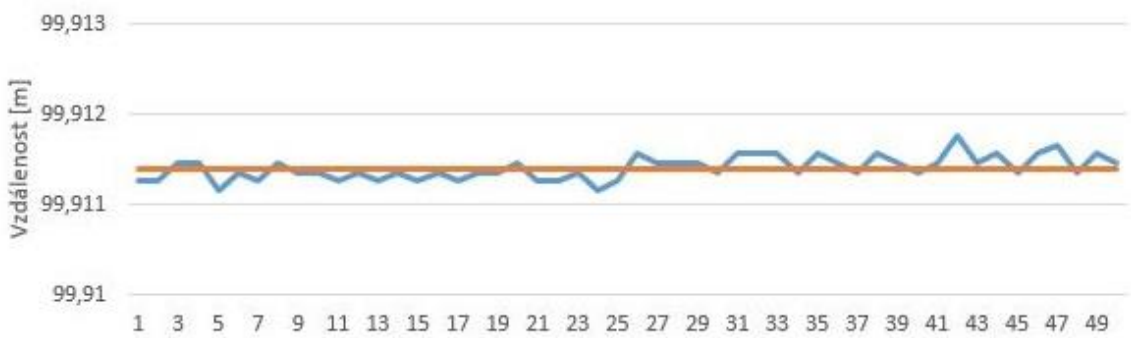
Horizontální natočení 0 gradů  
~ 100 metrů



Počet měření  
Horizontální natočení 20 gradů  
~ 100 metrů



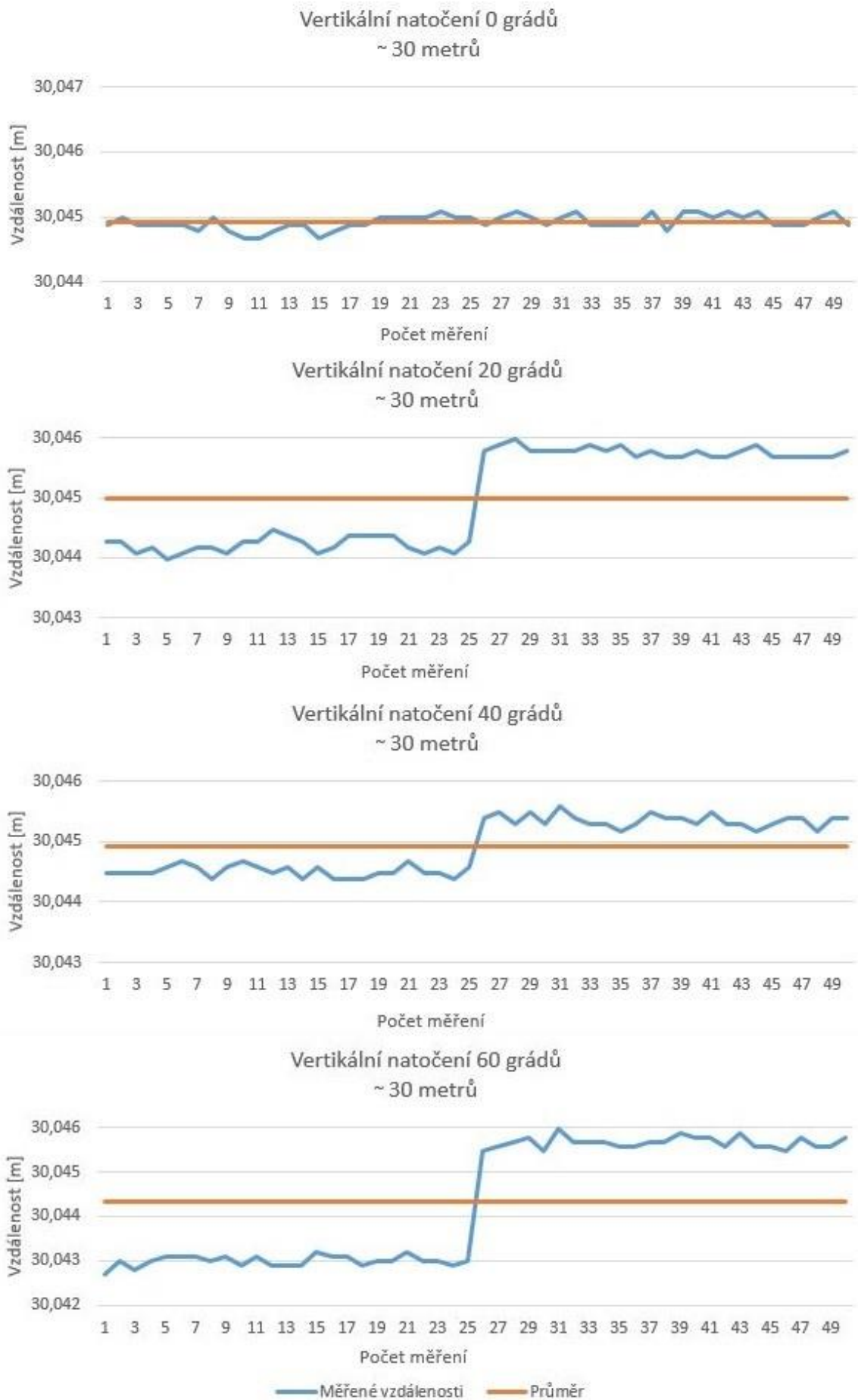
Počet měření  
Horizontální natočení 40 gradů  
~ 100 metrů

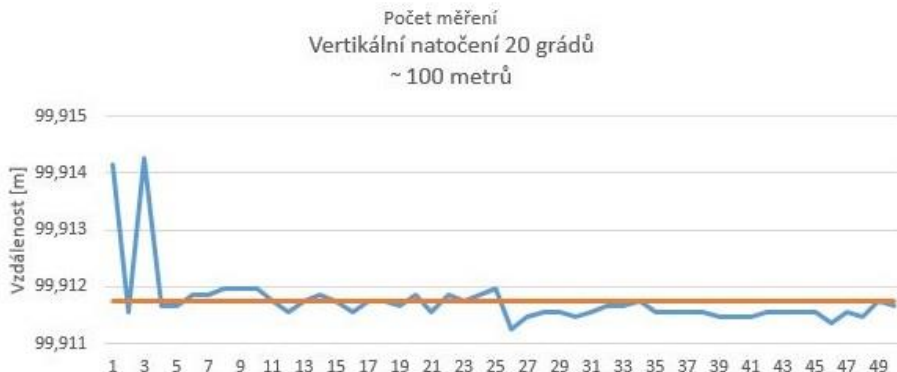
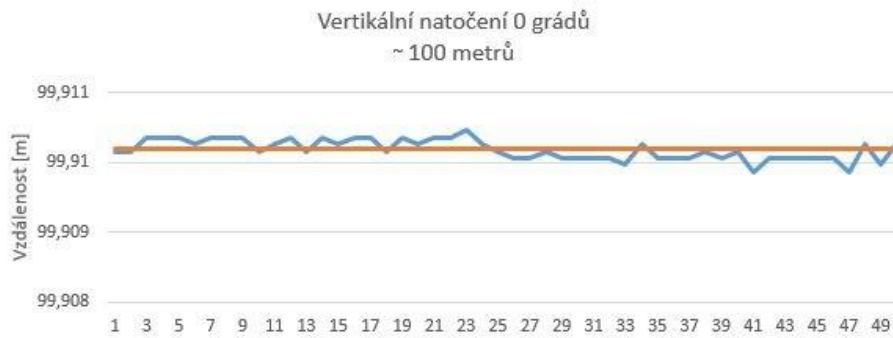


Počet měření  
Horizontální natočení 60 gradů  
~ 100 metrů



Počet měření  
— Měřené vzdálenosti — Průměr





— Měřené vzdálenosti — Průměr