

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace
Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí
Katedra: Katedra krajinného managementu
Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Test vybraných totálních stanic dle normy ČSN ISO 17123

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

Autor bakalářské práce: Adam Smetana

České Budějovice, 2019

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Adam SMETANA**
Osobní číslo: **Z15034**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**
Název tématu: **Test vybraných totálních stanic dle normy ČSN ISO 17123.**
Zadávající katedra: **Katedra krajinného managementu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je zkouška vybraných totálních stanic podle metodik stanovených v ČSN ISO 17123-3 Optika a optické přístroje - Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů - Část 3: Teodolity, ČSN ISO 17123-4 Optika a optické přístroje - Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů - Část 4: Elektrooptické dálkoměry. Postup dle normy bude proveden pro dvě vybrané totální stanice. Pro oba přístroje budou provedeny testy, tak jak jsou předepsány a požadovány výše uvedenými normami.


Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30-35 stran textu**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

ČSN ISO 17123-1 Optika a optické přístroje - Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů - Část 1
ČSN ISO 17123-3 Optika a optické přístroje - Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů - Část 3: Teodolity
ČSN ISO 17123-4 Optika a optické přístroje - Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů - Část 4: Elektrooptické dálkoměry
Zákon č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve znění pozdějších předpisů
Hánek, P. - Hánek, P. - Maršíková, M.: Geodézie pro obor pozemkové úpravy a převody nemovitostí. České Budějovice, JU 2008.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Pavel Hánek, Ph.D.**
Katedra krajinného managementu

Datum zadání bakalářské práce: **13. března 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2018**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA 
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentůvká 4602, 370 05 České Budějovice


doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 13. března 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce.

Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích 14. 5. 2019

.....

Adam Smetana

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá testováním přesnosti totálních stanic Leica TCRA 1203+ R400 a Trimble M3 5", podle postupů uvedených v normě ČSN ISO 17123 Optika a optické přístroje – Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů – 3. část Teodolity a ČSN ISO 17123 Optika a optické přístroje – Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů – 4. část elektrooptické dálkoměry (EDM).

Cílem je zjištění přesnosti měření vodorovných směrů, zenitových úhlů a délek. Pro zjištění přesnosti bylo v areálu Jihočeské univerzity vybudováno testovací bodové pole. Výsledkem byly vypočtené směrodatné odchylky měřených směrů, úhlů a délek.

Klíčová slova

Leica TCRA 1203+ R400, Trimble M3, totální stanice, směrodatná odchylka, ČSN ISO 17123-3, ČSN ISO 17123-4

Abstract

This bachelor thesis deals with testing the accuracy of total stations Leica TCRA 1203+ R400 and Trimble M3 5'' according to the processes outlined in the norm ČSN ISO 17123 Optics and optical instruments – Field procedure for testing geodetic and surveying instruments – Part 3: Theodolites and ČSN ISO 17123 Optics and optical instruments – Field procedure for testing geodetic and surveying instrument – Part 4: Electro-optical distance meters (EDM).

The aim is to determine the accuracy of measurement of horizontal directions, zenith angles and lengths. To determine the accuracy, the test point field was built in the University of South Bohemia. The result was calculated standard deviation of measured directions, angles and lengths.

Key words

Leica TCRA 1203+ R400, Trimble M3, total station, standard deviation, ČSN ISO 17123-3, ČSN ISO 17123-4

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Pavlu Hánkovi za odborné vedení bakalářské práce a za podporu, trpělivost při jejím vytváření. Dále patří poděkování mé rodině a přátelům, kteří mě při zpracování této práce podporovali.

Obsah

1 Úvod.....	6
2 Literární řešerše.....	7
2.1 Norma ČSN ISO 17123 Optika a optické přístroje – Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů – 1. část: Teorie	7
2.2 Norma ČSN ISO 17123 Optika a optické přístroje – Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů – 3. část Teodolity	8
2.2.1 Kompletní test vodorovných směrů	9
2.2.1.1 Konfigurace testovacího pole.....	9
2.2.1.2 Měření	9
2.2.1.3 Výpočty a statistické testy.....	10
2.2.2 Kompletní test zenitových úhlů	13
2.2.2.1 Konfigurace testovacího pole.....	13
2.2.2.2 Měření	13
2.2.2.3 Výpočty a statistické testy.....	14
2.3 Norma ČSN ISO 17123 Optika a optické přístroje – Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů – 4. část Elektrooptické dálkoměry	17
2.3.1 Kompletní test elektrooptických dálkoměrů	18
2.3.1.1 Konfigurace bodového pole:	18
2.3.1.2 Měření	18
2.3.1.3 Výpočty a statistické testy.....	19
2.4 Základní pojmy	22
3 Vlastní práce.....	23
3.1 Použité totální stanice a pomůcky.....	23
3.1.1 Leica TCRA 1203+ R400	24
3.1.2 Trimble M3 5"	26
3.2 Kompletní test vodorovných směrů	28
3.2.1 Bodové pole	28
3.2.2 Měření vodorovných směrů	30
3.3 Kompletní test zenitových úhlů	31
3.3.1 Bodové pole	31
3.3.2 Měření zenitových úhlů	33
3.4 Kompletní test elektrooptického dálkoměru	34
3.4.1 Bodové pole	34
3.4.2 Měření	35

4. Dosažené výsledky.....	36
4.1 Výpočet kompletního testu vodorovných směrů.....	37
4.2 Výpočet kompletního testu zenitových úhlů.....	39
4.3 Výpočet kompletního testu dálkoměru	42
4.4 Shrnutí výsledků	45
5 Závěr	46
Seznam použité literatury.....	48
Seznam obrázků	49
Seznam tabulek	49
Seznam příloh.....	50

1 Úvod

Tématem této bakalářské práce je ověření přesnosti měření u dvou vybraných totálních stanic. Pro ověření přesnosti byly vybrány normy ČSN ISO 17123-3 Optika a optické přístroje – Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů – Část 3: Teodolity [4] a ČSN ISO 17123-3 Optika a optické přístroje – Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů – Část 4: Elektrooptické dálkoměry [5]. Normy definují metodiku zjednodušeného a kompletního testu.

Testování probíhalo u totální stanice Leica TCRA 1203+ R400 a Trimble M3, pro které byla zvolena metodika kompletního testu. Testovány byly vodorovné směry, zenitové úhly a dálkoměr. Získané výsledky byly vyhodnoceny, otestovány a porovnány s hodnotami, které uvádí výrobce.

Veškeré měření pro kompletní test probíhalo na vlastním vybudovaném bodovém poli v areálu Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

2 Literární rešerše

2.1 Norma ČSN ISO 17123 Optika a optické přístroje – Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů – 1. část: Teorie

Norma byla vydána v roce 2005. V roce 2014 byla norma zpřesněna. Je převzatá v anglickém jazyce, pouze titulní strana normy ČSN ISO 17123-1 je v jazyce českém. Na titulní straně je krátká předmluva a anotace normy.

Tato část normy ISO 17123 upřesňuje terénní postupy, které by měly být přijaty pro určování a vyhodnocování přesnosti geodetických přístrojů a jejich příslušenství, při jejich použití pro stavební a zeměměřická měření. V první řadě jsou tyto zkoušky míněny jako terénní kontrola vhodnosti určitých přístrojů pro daný úkol a také ke splnění nároků dalších norem. Nejsou navrhovány jako zkoušky pro akceptační nebo výkonnostní hodnocení. Tyto terénní postupy byly vyvinuty speciálně pro okamžité použití bez potřeby speciálního příslušenství a jsou záměrně vytvořeny tak, aby minimalizovaly vliv atmosféry. [3]

Tato norma nahrazuje normu ČSN ISO 8322 Geometrická přesnost ve výstavbě, určování přesnosti měřících přístrojů z roku 1994.

Části normy ČSN ISO 17123:

1. část: Teorie
2. část: Nivelační přístroje
3. část: Teodolity
4. část: Elektrooptické dálkoměry
5. část: Elektrooptické tachymetry
6. část: Rotační lasery
7. část: Optické provažovače
8. část: GNSS
9. část: Laserové skenery

Části GNSS a Laserové skenery jsou prozatím dostupné v rámci systému ISO norem, protože do českého systému norem nedošlo zatím k jejich převzetí. [8]

2.2 Norma ČSN ISO 17123 Optika a optické přístroje – Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů – 3. část Teodolity

Tato část ČSN ISO 17123 popisuje dva různé polní postupy pro měření vodorovných směrů a zenitových úhlů. Prvním zkušebním postupem je zjednodušený test, který poskytuje odhad, zda je přesnost dané totální stanice ve stanovené povolené odchylce. Druhým postupem je kompletní test, pomocí kterého se určuje experimentální směrodatná odchylka vodorovného směru nebo zenitového úhlu pozorovaného jednou v obou polohách dalekohledu. [4]

Zjednodušený test

Zjednodušený zkušební postup odhaduje, zdali je přesnost daného přístroje v rámci stanovené povolené odchylky. Zjednodušený test je založen na omezeném počtu měření, a proto vypočtená experimentální směrodatná odchylka může pouze naznačovat dosaženou přesnost. Zjednodušený zkušební postup nemá navržené statistické otázky. [1]

Kompletní test

Kompletní zkušební postup je určen k určení experimentální směrodatné odchylky vodorovného směru nebo svislého úhlu měřeného v obou polohách dalekohledu. Tento postup lze dále použít k určení:

- přesnosti měření přístroje jedním týmem měřičů s jedním přístrojem a jeho vybavením za daný čas
- přesnost měření přístroje a jeho vybavení v průběhu času
- přesnost měření více přístrojů, aby bylo možné porovnání dosažených přesností za stejných podmínek

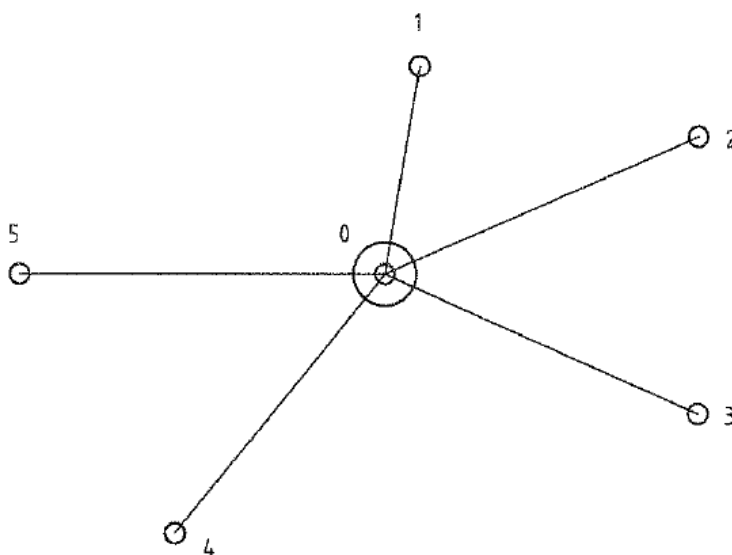
[4]

2.2.1 Kompletní test vodorovných směrů

2.2.1.1 Konfigurace testovacího pole

Testovací pole pro kompletní test vodorovných směrů musí obsahovat 5 cílů umístěných přibližně ve stejné horizontální rovině jako přístroj. Cíle by měly být umístěny ve vzdálenosti mezi 100 až 250 metry a měly by být rovnoměrně rozprostřeny na všechny směry viz obrázek č. 1. [4]

Obrázek č. 1 - Konfigurace bodů pro měření vodorovných směrů



(zdroj: Norma ČSN ISO 17123-3)

2.2.1.2 Měření

Při kompletním testu se měří $m = 4$ série za různých, ne však extrémních podmínkách. Všechny série se měří v $n = 3$ skupinách směrů na $t = 5$ stabilních cílů. Každá série se měří v jiný čas a za jiných atmosférických podmínkách. Při každé centraci přístroje je potřeba dbát na její přesnost. Dosažitelná přesnost centrování vyjádřená podle standartních odchylek:

- závěsná olovnice: 1 až 2 mm (horší ve větrném počasí)
- optický nebo laserový centrovač: 0,5 mm

Cíle musí být měřeny v každé sérii v první poloze dalekohledu (po směru hodinových ručiček) v pořadí bodů 1,2,3,4,5, kde musí být přístroj proložen do druhé polohy dalekohledu a je měřeno po stejných cílech zpět (v protisměru hodinových

ručiček). Mezi každou skupinou by se mělo změnit čtení přibližně o 67 gonů. U elektronických teodolitů není možné měnit čtení během měření, proto by se měl přístroj vyjmout z trojnožky a pootočit přibližně o 133 gonů. [4]

Před zahájením měření je nutné dokonale zaostřit ryskový kříž a při měření obraz cíle, aby nevznikala tzv. paralaxa. (při pohybu hlavou před okulárem nesmí obraz kříže „běhat“ po obrazu cíle). [6]

2.2.1.3 Výpočty a statistické testy

Veškeré vzorce použité v této kapitole pocházejí z normy ČSN ISO 17123-3. V každé sérii jsou změřeny vodorovné směry označeny jako $x_{j,k,I}$ a $x_{j,k,II}$. Index j značí číslo skupiny a index k označuje směr na konkrétní bod.

Průměrná hodnota měření v I. a II. poloze dalekohledu:

$$- x_{j,k} = \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} \pm 180^\circ}{2} \left(= \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} \pm 200 \text{ gon}}{2} \right); \quad j = 1,2,3; \quad k = 1,2,3,4,5 \quad (11)$$

Redukce vodorovných směrů na vodorovné úhly:

$$- x'_{j,k} = x_{j,k} - x_{j,1}; \quad j = 1,2,3; \quad k = 1,2,3,4,5 \quad (12)$$

Průměr vodorovných směrů, které jsou výsledkem měření $n = 3$ skupin na $t = 4$ cíle:

$$- \bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3}; \quad k = 1,2,3,4,5 \quad (13)$$

Rozdíl průměru vodorovných směrů a redukovaných vodorovných úhlů:

$$- d_{j,k} = \bar{x}_k - x'_{j,k}; \quad j = 1,2,3; \quad k = 1,2,3,4,5 \quad (14)$$

Pro každou skupinu měření je aritmetická střední hodnota:

$$- \bar{d}_j = \frac{d_{j,1} + d_{j,2} + d_{j,3} + d_{j,4} + d_{j,5}}{5}; \quad j = 1,2,3 \quad (15)$$

Z čehož vyplývá:

$$- r_{j,k} = d_{j,k} - \bar{d}_j; \quad j = 1,2,3; \quad k = 1,2,3,4,5 \quad (16)$$

S výjimkou chyb ze zaokrouhlení, musí každá skupina splňovat podmínku:

$$- \sum_{k=1}^5 r_{j,k} = 0; \quad j = 1,2,3 \quad (17)$$

Suma čtverců oprav i -té série měření je:

$$- \sum r_i^2 = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^5 r_{j,k}^2 \quad (18)$$

Pro $n = 3$ skupiny vodorovných směrů na $t = 4$ cílů pro jednu sérii je počet stupňů volnosti:

$$- v_i = (3 - 1) * (5 - 1) = 8 \quad (19)$$

Experimentální směrodatná odchylka s_i měřená v jedné skupině a dvou polohách dalekohledu:

$$- s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{v_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}} \quad (20)$$

Pro experimentální směrodatnou odchylku s ze všech $m = 4$ sérií měření je počet stupňů volnosti:

$$- v = 4 * v_i = 32 \quad (21)$$

Experimentální směrodatná odchylka vodorovného úhlu pozorovaného v obou polohách dalekohledu, vypočtená ze všech $m = 4$ sérií je:

$$- s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{v}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 s_i^2}{4}} \quad (22)$$

$$- s_{ISO-THEO-HZ} = s \quad (23)$$

Statistické testy

Statistické testy jsou navrženy jen pro kompletní testování. Pro interpretaci výsledků se provede statistický test za využití experimentální směrodatné odchylky vodorovných směrů měřených v 1 sérii v obou polohách dalekohledu.

Otázka A:

Nulová hypotéza uvádí, že experimentální směrodatná odchylka vodorovného směru měřeného ve dvou polohách dalekohledu je menší nebo rovna než výrobcem uváděná směrodatná odchylka.

$$- s \leq \sigma * \sqrt{\frac{x_{1-\alpha}^2(v)}{v}} \quad (24)$$

$$- s \leq \sigma * \sqrt{\frac{x_{0,95}^2(32)}{32}} \quad (25)$$

$$- x_{0,95}^2(32) = 46,19 \quad (26)$$

$$- s \leq \sigma * \sqrt{\frac{46,19}{32}} \quad (27)$$

$$- s \leq \sigma * 1,20 \quad (28)$$

Otázka B:

Nulová hypotéza uvádí, že u dvou experimentálních směrodatných odchylek s a \tilde{s} , které pocházejí ze dvou rozdílných souborů měření se stejným počtem stupňů volnosti, platí rovnost základních směrodatných odchylek. Nulová hypotéza $\sigma = \tilde{\sigma}$ není odmítnuta, pokud je splněna následující podmínka.

$$- \frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v,v)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{1-\frac{\alpha}{2}}(v, v) \quad (29)$$

$$- \frac{1}{F_{0,975}(32,32)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{0,975}(32,32) \quad (30)$$

$$- F_{0,975}(32,32) = 2,02 \quad (31)$$

$$- 0,49 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 2,02 \quad (32)$$

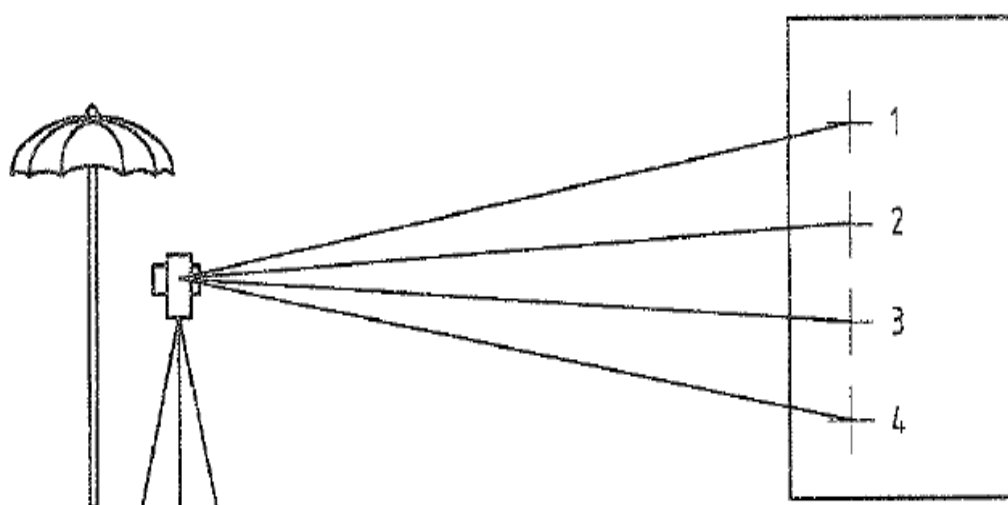
Pro statistické testy byla zvolena hladina významnosti $1 - \alpha = 0,95$ a počet stupňů volnosti určený z měření $v = 32$

2.2.2 Kompletní test zenitových úhlů

2.2.2.1 Konfigurace testovacího pole

Testovaný přístroj by měl být umístěn ve vzdálenosti přibližně 50 metrů od vysoké budovy. V této budově musí být vybrány nebo nastaveny dobře definované body (části oken, rohy cihel, části antén apod.) nebo cíle připevněné ke stěně, aby pokryly rozsah svislého kruhu přibližně 30° viz obrázek č. 2. [1]

Obrázek č. 2 - Konfigurace bodů pro měření zenitových úhlů



(zdroj: norma ČSN ISO 17123-3)

2.2.2.2 Měření

Před zahájením měření by se měl nechat přístroj aklimatizovat na okolní teplotu. Při kompletním testu se měří $m = 4$ série za různých, avšak ne extrémních podmínek. Všechny série se měří v $n = 3$ skupinách směrů na $t = 4$ cílů. Všechny skupiny jsou měřeny v pořadí cílů 1-4 v první poloze dalekohledu a 4-1 v druhé poloze dalekohledu. [4]

Během měření může docházet ke kroucení stativu vlivem zahřívání slunečním zářením, je proto třeba chránit stativ i přístroj slunečníkem. [6]

2.2.2.3 Výpočty a statistické testy

Veškeré vzorce použité v této kapitole pocházejí z normy ČSN ISO 17123-3. V každé sérii jsou měřeny zenitové úhly označeny jako $x_{j,k,I}$ a $x_{j,k,II}$. Index j značí číslo skupiny a index k označuje směr na konkrétní bod.

Průměrná hodnota měření v I. a II. poloze dalekohledu:

$$- x'_{j,k} = \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} + 360^\circ}{2} \left(= \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} + 400gon}{2} \right); \quad j = 1,2,3; \quad k = 1,2,3,4 \quad (33)$$

Průměrná indexová chyba jedné série:

$$- \delta_i = \frac{1}{n \cdot t} \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} - 360^\circ}{2} \left(= \frac{1}{n \cdot t} \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} - 400gon}{2} \right) \quad (34)$$

Průměrná indexová chyba $m = 4$ sérií:

$$- \delta = \frac{\sum_{i=1}^4 \delta_i}{4} \quad (34)$$

Průměr zenitových úhlů, které jsou výsledkem měření $n = 3$ skupin na $t = 4$ cíle:

$$- \bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3}; \quad k = 1,2,3,4 \quad (35)$$

Z toho vyplývá:

$$- r_{j,k} = x'_{j,k} - \bar{x}_k; \quad j = 1,2,3; \quad k = 1,2,3,4 \quad (36)$$

S výjimkou chyb ze zaokrouhlení musí součet rozdílů oprav splňovat:

$$- \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 r_{j,k} = 0 \quad (37)$$

Suma čtverců oprav i -té série měření je:

$$- \sum r_i^2 = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 r_{j,k}^2 \quad (38)$$

Pro $n = 3$ skupiny vertikálních úhlů na $t = 4$ cílů pro jednu sérii je počet stupňů volnosti:

$$- v_i = (3 - 1) \cdot 4 = 8 \quad (39)$$

Experimentální směrodatná odchylka měřená v jedné skupině a dvou polohách dalekohledu:

$$- s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{v_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}} \quad (40)$$

Pro experimentální směrodatnou odchylku s ze všech $m = 4$ sérií měření je počet stupňů volnosti:

$$- v = 4 * v_i = 32 \quad (43)$$

Experimentální směrodatná odchylka svislého úhlu pozorovaného v obou polohách dalekohledu, vypočtená ze všech $m = 4$ sérií je:

$$- s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{v}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 s_i^2}{4}} \quad (44)$$

$$- s_{\text{ISO-THEO-V}} = s \quad (45)$$

Statistické testy

Statistické testy se doporučují pouze u kompletního testu. pro interpretaci výsledků se statistické zkoušky provádějí s použitím:

- experimentální směrodatné odchylky s pozorované v obou polohách dalekohledu
- vertikální indexové chyby δ (orientace svislého kruhu) a jeho experimentální směrodatné odchylky s_δ

Otázka A

Nulová hypotéza uvádí, že experimentální směrodatná odchylka vertikálního úhlu měřeného ve dvou polohách dalekohledu je menší nebo rovna než výrobcem uváděná hodnota.

$$- s \leq \sigma * \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(v)}{v}} \quad (46)$$

$$- s \leq \sigma * \sqrt{\frac{\chi^2_{0,95}(32)}{32}} \quad (47)$$

$$- \chi^2_{0,95}(32) = 46,19 \quad (48)$$

$$- s \leq \sigma * \sqrt{\frac{46,19}{32}} \quad (49)$$

$$- s \leq \sigma * 1,20 \quad (50)$$

Otázka B

Nulová hypotéza uvádí, že u dvou experimentálních směrodatných odchylek s a \tilde{s} , které pocházejí ze dvou rozdílných souborů měření se stejným počtem stupňů volnosti, platí $\sigma = \tilde{\sigma}$. Nulová hypotéza není zamítnuta, pokud je splněna podmínka:

$$- \frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v,v)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{1-\frac{\alpha}{2}}(v, v) \quad (51)$$

$$- \frac{1}{F_{0,975}(32,32)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{0,975}(32,32) \quad (52)$$

$$- F_{0,975}(32,32) = 2,02 \quad (53)$$

$$- 0,49 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 2,02 \quad (54)$$

Otázka C

Nulová hypotéza uvádí, že vertikální indexová chyba δ se rovná nule. Hypotéza není zamítnuta, pokud bude splněna následující podmínka.

$$- |\delta| \leq s_\delta * t_{1-\alpha/2}(v) \quad (55)$$

$$- |\delta| \leq s_\delta * t_{0,975}(32) \quad (56)$$

$$- s_\delta = \frac{s}{\sqrt{12+\sqrt{4}}} \quad (57)$$

$$- t_{0,975}(32) = 2,04 \quad (58)$$

$$- |\delta| \leq \frac{s}{\sqrt{48}} * 2,04 \quad (59)$$

$$- |\delta| \leq s * 0,3 \quad (59)$$

Pro statistické testy byla zvolena hladina významnosti $1 - \alpha = 0,95$ a počet stupňů volnosti určený z měření $v = 32$

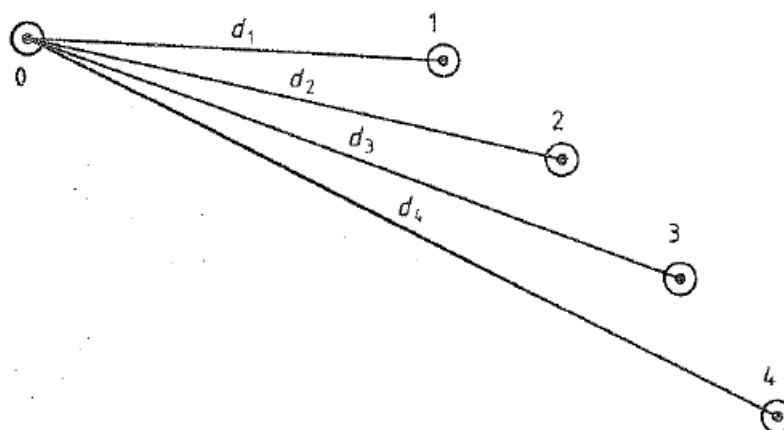
2.3 Norma ČSN ISO 17123 Optika a optické přístroje – Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů – 4. část Elektrooptické dálkoměry

Tato část normy 17123-4 popisuje dva terénní postupy pro vyhodnocení přesnosti elektronických dálkoměrů (EDM). Postup je určen pro stanovení směrodatné odchylky s měřené vzdálenosti: $s_{ISO-EDM}$. Během testu se měří aktuální meteorologické údaje (teplota a tlak vzduchu). Z naměřených meteorologických údajů se odvodí atmosférické korekce, které se musí přičíst k měřeným délkám.[5]

Zjednodušený test

Zjednodušený zkušební postup je založen na omezeném počtu měření, proto jeho využitím nelze získat přesné výsledky. Testové pole se skládá ze 4 bodů se známými vzdálenostmi. Není-li takovéto testovací bodové pole k dispozici, mohou být vzdálenosti určeny přesnějším kalibrovaným dálkoměrem. [5]

Obrázek č. 3 - Konfigurace bodů pro zjednodušený test EDM



(zdroj: norma ČSN ISO 17123-4)

Kompletní test

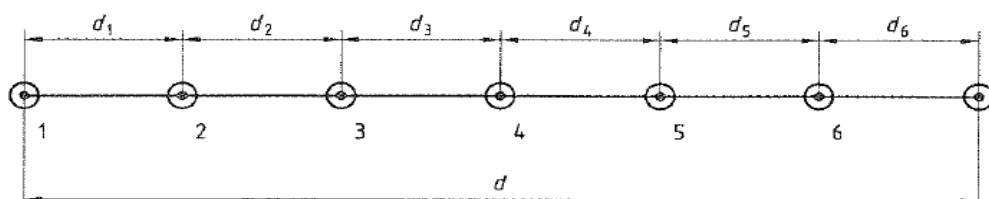
Kompletní zkušební postup je založen na měření vzdáleností ve všech kombinacích na zkušební přímce bez známých délek. Pro dosažení nejlepších výsledků je doporučeno provádět kompletní test na délkové kalibrační základně (Kalibrační základna Hvězda, Státní etalon velkých délek Košnice). Experimentální směrodatná odchylka s měření jedné vzdálenosti $s_{ISO-EDM}$. Odchylka je určena metodou nejmenších čtverců. Metodou MNC se chyby na jednotlivých stanoviscích rozdělí rovnoměrně mezi všechny měřené délky. [1]

2.3.1 Kompletní test elektrooptických dálkoměrů

2.3.1.1 Konfigurace bodového pole:

Testovací bodové pole se volí na vodorovném nebo mírně skloněném terénu. Volí se přímka dlouhá přibližně 600 metrů složená ze sedmi bodů. Body musí být během celého měření stabilní. [5]

Obrázek č. 4 - Konfigurace zkušební přímky pro kompletní test

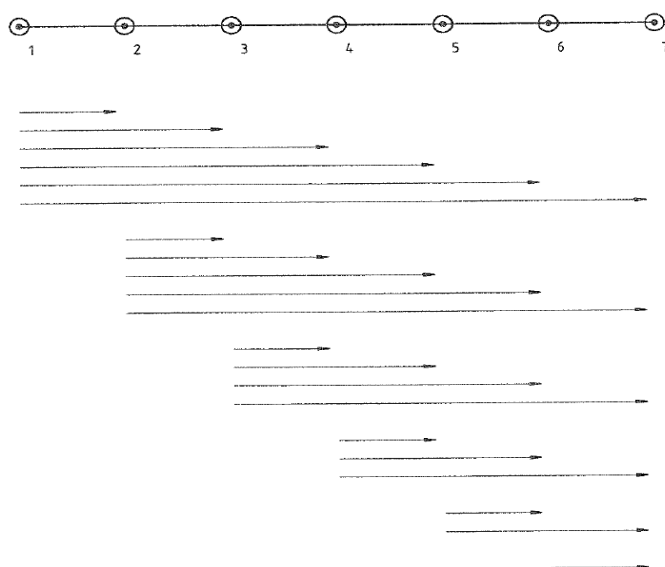


(zdroj: norma ČSN ISO 17123-4)

2.3.1.2 Měření

Měří se 21 vzdáleností mezi sedmi body přímky. Postup měření je znázorněn na obrázku níže (obrázek č. 5). Všech 21 měřených vzdáleností by mělo být měřeno ve stejný den. Měla by být provedena velmi přesná centrace. Doporučeno je využít v průběhu testu nucené centrace přístrojů. Měření by mělo být prováděno pouze když je dobrá viditelnost a nízké sluneční záření. Teplota a tlak by měly být měřené, aby se zajistila spolehlivá atmosférická korekce. [5]

Obrázek č. 5 - konfigurace měření vzdáleností



(zdroj: norma ČSN ISO 17123-4)

2.3.1.3 Výpočty a statistické testy

Veškeré vzorce použité v této kapitole pocházejí z normy ČSN ISO 17123-4. Měřené $\tilde{x}_{p,q}$ se opraví o systematické účinky. Tyto opravené hodnoty $x_{p,q}$ jsou upraveny pomocí rovnic oprav. Všechny váhové faktory jsou nastaveny na hodnotu 1. Neznámými parametry je 6 vzdáleností $\bar{x}_{1,2}; \bar{x}_{2,3}; \dots; \bar{x}_{6,7}$ a nulová korekce δ .

$$- a_p = \sum_{q=1}^{7-p} x_{q,p+q} - \sum_{q=1}^p x_{q,7-p+q}; \quad p = 4,5,6 \quad (6)$$

$$- b_p = \frac{1}{7} (\sum_{q=p+1}^7 x_{p,q} - \sum_{q=1}^{p-1} x_{q,p}); \quad p = 1, \dots, 7 \quad (7)$$

$$- \delta = \frac{1}{35} \sum_{p=4}^6 (2p - 7) * a_p \quad (8)$$

kde δ je nulová korekce:

$$- r_{p,q} = b_p - b_q - \frac{7+2(p-q)}{7} * \delta - x_{p,q}; \quad p = 1, \dots, 6; q = p + 1, \dots, 7 \quad (9)$$

kde $r_{p,q}$ jsou odchylky 21 naměřených délek $x_{p,q}$ opravené o systematické vlivy (atmosférické korekce, korekce sklonu ale ne nulovou korekci)

$$- \sum r^2 = \sum_{p=1}^6 \sum_{q=p+1}^7 r_{p,q}^2 = r_{1,2}^2 + r_{1,3}^2 + \dots + r_{6,7}^2 \quad (10)$$

$\sum r^2$ = kvadratický součet oprav

počet stupňů volnosti:

$$- v = n - u = 21 - 7 = 14 \quad (11)$$

n = počet měření

u = počet odhadovaných parametrů $u = 6 + 1 = 7$

$$- s = \sqrt{\frac{\sum r^2}{v}} = \sqrt{\frac{\sum r^2}{14}} \quad (12)$$

kde s je experimentální směrodatná odchylka jedné naměřené vzdálenosti

$$- s_{ISO-EDM} = s \quad (13)$$

Experimentální směrodatná odchylka nulové korekce je odvozena:

$$- s_\delta = s * \frac{1}{\sqrt{5}} = s * 0,45 \quad (14)$$

Statistické testy

Statistické testy jsou navrženy jen pro kompletní test. Pro interpretaci výsledků se provede statistický test za pomoci vypočtených hodnot:

- experimentální směrodatná odchylka s délky měřené na testovací přímce
- nulové korekce δ dálkoměru a jeho experimentální odchylky s_δ

Otázka A:

Nulová hypotéza předpokládá, že experimentální směrodatná odchylka s je menší nebo rovna nule odchylce σ , která je uváděna výrobcem. Pokud je podmínka splněna, přijmeme nulovou hypotézu, v opačném případě nulovou hypotézu zamítneme.

$$- s \leq \sigma * \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(v)}{v}} \quad (15)$$

$$- s \leq \sigma * \sqrt{\frac{\chi^2_{0,95}(14)}{14}} \quad (16)$$

$$- \chi^2_{0,95}(14) = 23,68 \quad (17)$$

$$- s \leq \sigma * \sqrt{\frac{23,68}{14}} \quad (18)$$

$$- s \leq \sigma * 1,30 \quad (19)$$

Otázka B:

V případě dvou různých vzorků test ukazuje, zda experimentální směrodatné odchylky s a \tilde{s} patří do stejné skupiny. Odpovídající nulová hypotéza $\sigma = \tilde{\sigma}$ není odmítnuta, pokud bude splněna následující podmínka.

$$- \frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v,v)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{1-\frac{\alpha}{2}}(v, v) \quad (20)$$

$$- \frac{1}{F_{0,975}(14,14)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{0,975}(14,14) \quad (21)$$

$$- F_{0,975}(14,14) = 2,98 \quad (22)$$

$$- 0,34 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 2,98 \quad (23)$$

Otázka C:

Hypotéza rovnosti nulových korekcí δ a δ_0 není zamítnuta, pokud je splněna následující podmínka.

$$- |\delta - \delta_0| \leq s_\delta * t_{1-\alpha/2}(v) \quad (24)$$

$$- |\delta - \delta_0| \leq s_\delta * t_{0,975}(14) \quad (25)$$

$$- s_\delta = \frac{s}{\sqrt{5}} = s * 0,45 \quad (26)$$

$$- t_{0,975}(14) = 2,14 \quad (27)$$

$$- |\delta - \delta_0| \leq \frac{s}{\sqrt{5}} * 2,14 \quad (28)$$

2.4 Základní pojmy

Teodolit

Teodolit je přístroj, který se v geodézii používá pro měření směrů a úhlů. Podle konstrukce se dělí na optickomechanický a elektronický (ten má většinou ještě vestavěný dálkoměr). Oba typy mají hlavní součásti stejné, liší se konstrukcí a způsobem čtení na dělených kruzích. [6]

Totální stanice

Termínem totální stanice je označována kombinace elektronického teodolitu a elektronického dálkoměru se vzájemným přenosem a záznamem dat. Přístroj se obsluhuje pomocí tlačítek na ovládacím panelu a dotykovém displeji. [6]

Úhlové jednotky

Odvozenou jednotkou soustavy SI je radián. Vedlejšími jednotkami jsou šedesátinný stupeň ($^{\circ}$) a setinný gon (gon). V praxi se velikost úhlu vyjadřuje ve vedlejších jednotkách, nejčastěji v setinné soustavě. [6]

Tabulka č. 1 - Jednotky pro měření směrů a úhlů

Jednotky	Plný úhel	Pravý úhel
Oblouková míra [rad]	2π	$\pi/2$
Šedesátinná soustava [$^{\circ}$]	360°	90°
Setinná soustava [gon]	400 gon	100 gon

(zdroj: Hánek, 2007)

Délkové jednotky

Základní jednotkou IS pro určování délek je metr (m). Jeden metr je délka dráhy, kterou urazí světlo ve vakuu za $1/299792458$ sekundy (podle zatím nejnovější definice z roku 1983). Kromě metru se používají pouze jeho násobky a díly. [6]

Tabulka č. 2 - Předpony měřicích jednotek

Zkratka	Značka	Násobek
kilo	k	10^3
mili	m	10^{-3}
centi	c	10^{-2}

(zdroj: Hánek, 2007)

3 Vlastní práce

3.1 Použité totální stanice a pomůcky

Pro kompletní test dálkoměru byly použity dvě totální stanice. První testovanou totální stanicí měla být Leica TCR 1205+ R400 (stejná úhlová přesnost jako Trimble M3), u které byla při měření zjištěna závada, proto musela být totální stanice poslána do autorizovaného servisu. Tam byla objevena závada na procesorové desce. Oprava byla vyčíslena na 41 000 Kč, proto se majitel totální stanice rozhodl že TS nenechá opravit. Za totální stanicí Leica TCR 1205+ R400 byla vybrána Leica TCRA 1203+ R400. Druhou TS byla Trimble M3 5". Totální stanice Leica 1203+ byla zapůjčená z geodetické kanceláře v Českých Budějovicích, odkud byl také zapůjčen odrazný hranol Leica GPR 121. Z Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích z fakulty Zemědělské bylo zapůjčené vybavení – totální stanice Trimble M3, 7x stativ pro upevnění totální stanice, 7x trojnožka a odrazný hranol.

Tabulka č. 3 - Použité totální stanice

Přístroj	Výrobní číslo	Rok výroby
Leica TCRA 1203+ R400	266479	2010
Trimble M3 5"	D047799	2017

(zdroj: Smetana, 2019)

Totální stanice Leica TCRA 1203+ R400 se řadí do vyšší třídy přesnosti. Tyto totální stanice jsou využívány pro inženýrskou geodézii, katastr nemovitostí a pozemkové úpravy. Totální stanice Trimble M3 je se svou přesností využívá především pro měření v katastru nemovitostí, ve stavebnictví a také pro pozemkové úpravy.

3.1.1 Leica TCRA 1203+ R400

Totální stanice Leica TCRA 1203+ R400 (dále jen Leica 1203+) patří do výrobní řady TPS 1200+. Tato řada se vyráběla od roku 2007 do roku 2010, kdy byla nahrazena novou výkonnější řadou. Totální stanice umožňuje bezhranolové měření do vzdálenosti 400 metrů (R400). Dále přístroj umožňuje automatické cílení na hranol, automatické hledání a následné sledování odrazného hranolu. Totální stanici lze ovládat dálkově od odrazného hranolu. [7]

Obrázek č. 6 - Totální stanice Leica



(zdroj: Smetana, 2019)

Technické parametry totální stanice Leica 1203+

Technické parametry uvedené v tabulce pocházejí od autorizovaného prodejce pro Českou republiku – Gefos a.s. [7]

Tabulka č. 4 - Technické parametry Leica TCRA 1203+ R400

Měření úhlů:	
přesnost Hz i V (17123-3)	3" (1,0 mgon)
Měření délek na hranol:	
dosah měření na hranol až do 3000 metrů	
standartní režim	1,0 mm + 1,5 ppm
rychlý režim	3,0 mm + 1,5 ppm
Měření délek bez hranolu:	
měření do 400 metrů	2,0 mm + 2,0 ppm
Kompenzátor:	
centralizovaný dvouosý kompenzátor	
rozsah	4' (0,07 gon)
přesnost	1,0" (0,3 mgon)
Dalekohled:	
zvětšení	30x
zorné pole	1°30' (1,66 gon)
minimální vzdálenost zaostření	1,7 metru
Všeobecné parametry:	
citlivost krabicové libely	6' (2 mm)
ustanovky	Nekonečné
centrovač	Laserový

(zdroj: Gefos a.s.)

3.1.2 Trimble M3 5"

Trimble M3 je malá, lehká a odolná totální stanice, vhodná do náročného terénu. Díky malé spotřebě a dvou za provozu vyměnitelným bateriím vydrží totální stanice v provozu až 26 hodin. Totální stanice může měřit délky bez odrazného hranolu až do vzdálenosti 270 metrů. Totální stanice může mít úhlovou přesnost 1",2",3" a 5". [9]

Obrázek č. 7 - Totální stanice Trimble



(zdroj: Geotronics Praha s.r.o.)

Technické parametry totální stanice Trimble M3

Veškeré technické parametry totální stanice uvedené v tabulce pocházejí od autorizovaného prodejce pro Českou republiku – Geotronics Praha s.r.o. [9]

Tabulka č. 5 - Technické parametry Trimble M3 5"

Měření úhlů:	
přesnost Hz i V (17123-3)	5" (1,5 mgon)
Měření délek na hranol:	
dosah měření na hranol až do 3000 metrů	
standartní režim	2,0 mm + 2,0 ppm
rychlý režim	2,0 mm + 2,0 ppm
Měření délek bez hranolu:	
měření do 300 metrů	3,0 mm + 2,0 ppm
Kompenzátor:	
centralizovaný dvouosý kompenzátor	
rozsah	3,5' (0,06 gon)
přesnost	1,0" (0,3 mgon)
Dalekohled:	
zvětšení	30x
zorné pole	1°20' (1,48 gon)
minimální vzdálenost zaostření	1,5 metru
Všeobecné parametry:	
citlivost krabicové libely	10' (2 mm)
ustanovky	Nekonečné
centrovač	optický centrovač

(zdroj: Geotronics Praha s.r.o.)

3.2 Kompletní test vodorovných směrů

3.2.1 Bodové pole

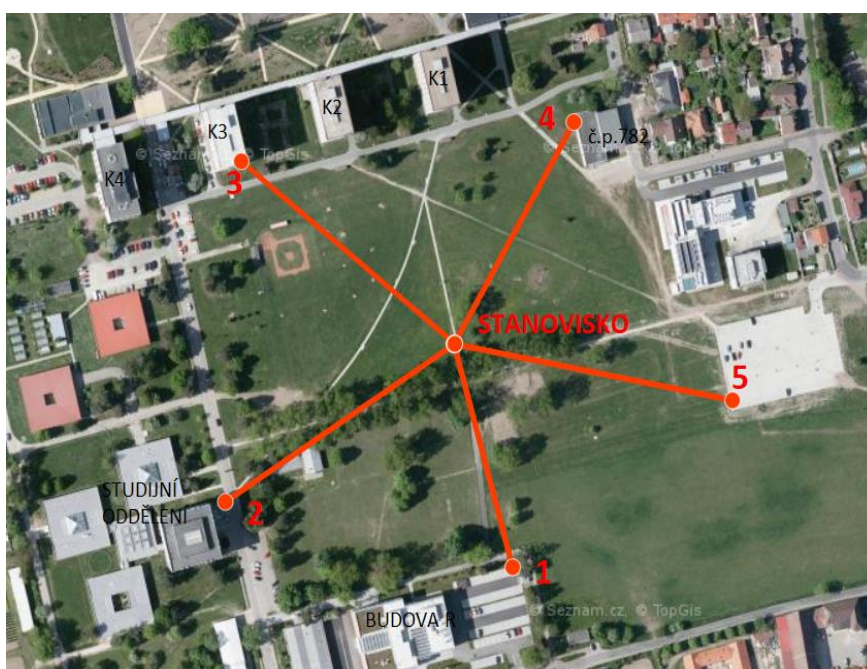
Stanovisko

Stanovisko pro test přesnosti vodorovných směrů bylo zvoleno v areálu Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Stanovisko bylo umístěno vedle chodníčku spojujícího studentské koleje a budovu R Zemědělské fakulty. Stanovisko bylo zvoleno tak, aby bylo dosaženo optimálního rozložení horizontálních směrů podle normy ČSN ISO17123-3. Ke stabilizaci stanoviska byl použit 20 centimetrů dlouhý a 1 centimetr široký kovový trn, který byl zatlučen do země. Po zatlučení byl na hlavě trnu vyryt křížek, aby bylo centrováno vždy na stejné místo.

Podrobné body

Pro kompletní test vodorovných směrů bylo zvoleno 5 bodů. Body byly umístěny v rozmezí 100 až 200 metrů od stanoviště tak, aby byly umístěny přibližně ve stejné horizontální rovině jako testovaná totální stanice. Podrobné body byly zvoleny na dobře viditelných místech tak, aby v záměře nebyla žádná překážka bránící měření (zaparkované auto, strom). K signalizaci byly použity nalepovací měřické štítky, u kterých byly zvýrazněny rysky, aby byly dobře pozorovatelné i ze vzdálenosti 150 metrů.

Obrázek č. 8 - Bodové pole pro test vodorovných směrů



(zdroj: WMS služby, program ArcGIS [2])

- bod číslo 1 byl umístěn na kovovém kolostavu na okraji parkoviště budovy Zemědělské fakulty JU.
- bod číslo 2 se nacházel před studijním oddělením Zemědělské fakulty JU na ceduli s logem Zemědělské fakulty JU.
- bod číslo 3 se nacházel na budově studentských kolejí K4. Stabilizace byla provedena měřickým štítkem umístěným na rohu budovy.
- bod 4 se nacházel v ulici K. Fleischmanna č.p. 782. Stabilizace byla provedena měřickým štítkem umístěným na rohu budovy.
- bod číslo 5 byl umístěn na sloupu veřejného osvětlení na parkovišti JU. Stabilizace byla provedena nalepovacím štítkem.

3.2.2 Měření vodorovných směrů

Měření kompletního testu vodorovných směrů probíhalo v areálu Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. S totální stanicí Leica TCRA 1203+ bylo měřeno 18. 5. 2018, a s totální stanicí Trimble M3 bylo měřeno 19. 5. 2018. Pro oba přístroje byl při měření použit jeden těžký dřevěný stativ a trojnožka značky Leica. U přístroje byla udělána hrubá centrace a horizontace, následovala temperace vybavení na okolní teplotu. Poté proběhla u přístroje přesná centrace a horizontace pomocí elektronické libely přístroje. Následně byla založena pracovní zakázka, do které se registrovaly veškeré naměřené hodnoty. Do přístroje byly zadány hodnoty korekce z teploty a tlaku. Před zahájením měření byl dalekohled přístroje zacílen proti světlému místu, a byl zaostřen ryskový kříž. Následně bylo zacíleno a zaostřeno na cíl, pomocí mírného pohybu hlavy před okulárem dalekohledu byla provedena kontrola odstranění paralaxy.

Měření vodorovných směrů probíhalo ve dvou polohách dalekohledu, ve třech skupinách. Měření vždy začínalo na bodě číslo 1 (kolostav na parkovišti u budovy R Zemědělské fakulty), měření pokračovalo po směru hodinových ručiček přes body číslo 2, 3, 4, 5, kde byla totální stanice proložena do druhé polohy dalekohledu a měření pokračovalo v protisměru hodinových ručiček zpět přes body číslo 5, 4, 3, 2, 1. Takto měření pokračovalo za do změření dvou sérií, poté byla mezi měřeními dvou hodinová pauza. Po dvou hodinách se doměřili zbylé dvě série vodorovných úhlů.

3.3 Kompletní test zenitových úhlů

3.3.1 Bodové pole

Stanovisko

Stanovisko pro test přesnosti zenitových úhlů bylo zvoleno v areálu Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích. Stanovisko bylo umístěno naproti vchodu do studentských kolejí K2. Bylo stabilizováno kovovým hřebem do spáry zámkové dlažby, tak aby zůstal bod po celou dobu měření neměnný.

Obrázek č. 9 - Bodové pole pro test zenitových úhlů



(zdroj: WMS služby, program ArcGIS [2])

Podrobné body

Pro kompletní test zenitových úhlů byly zvoleny 4 body, které se nacházely v budově studentských kolejí K2. Podrobné body byly stabilizovány měřickými štitky, vzdálenými od stanoviska 43 metrů a umístěnými tak, aby pokryly rozsah svislého kruhu přibližně 30°.

Obrázek č. 10 - Bodového pole pro zenitové úhly



(zdroj: Smetana, 2019)

- bod číslo 1 byl umístěn do šestého nadzemního patra na skleněnou desku okna
- bod číslo 2 byl umístěn do čtvrtého nadzemního patra na skleněnou desku okna
- bod číslo 3 byl umístěn do druhého nadzemního patra na skleněnou desku okna
- bod číslo 4 byl umístěn na prosklenou stěnu vedle vchodu do budovy kolejí

3.3.2 Měření zenitových úhlů

Měření zenitových (svislých) úhlů probíhalo naproti vstupu do budovy studentských kolejí K2. Měření probíhalo dne 16. 5. 2018. Pro oba přístroje byl použit jeden těžký dřevěný stativ, trojnožka značky Leica a jeden slunečník, který sloužil k zastínění testovaného přístroje. U testovaného přístroje byla provedena hrubá horizontace a centrace nad stanoviskem a byl postaven slunečník tak, aby zastínil přístroj i se stativem a nedocházelo k zahřívání přístroje z jedné strany. Po půl hodině temperace přístroje byla provedena přesná horizontace a centrace pomocí elektronické libely přístroje. Poté byla založena zakázka, do které se registrovaly naměřené hodnoty.

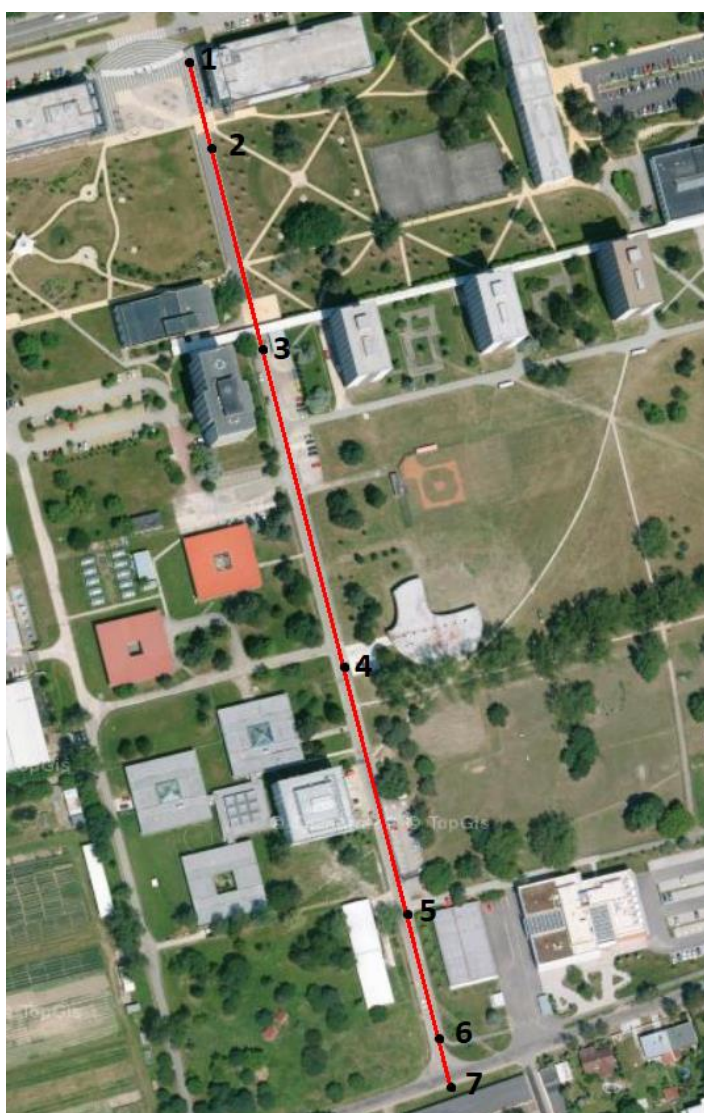
Měření zenitových úhlů bylo provedeno ve dvou polohách dalekohledu přístroje, ve třech skupinách. Měření vždy začínalo na bodě číslo 1, který byl umístěn v 6. patře budovy studentských kolejí. Z bodu číslo 1 bylo postupně měřeno až na bod číslo 5 umístěný v přízemí, zde byl přístroj protočen do druhé polohy dalekohledu a bylo měřeno zpět na bod číslo 1. Prvně bylo měřeno s totální stanicí Leica 1203+, po změření 1. série byla TS vyjmuta z trojnožky a vyměněna za Trimble M3. U stanice Trimble M3 byla také změřena 1 skupina a byla znovu vyměněna za stanici Leica. Takto se postupovalo až do změření všech čtyř sérií. Tento postup umožnil, aby byla každá série změřena za různých, avšak neextrémních klimatických podmínek. Celé měření trvalo 4 hodiny.

3.4 Kompletní test elektrooptického dálkoměru

3.4.1 Bodové pole

Testovací přímka se nachází v areálu Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Přímka prochází ulicí Studentská, která vede přes celý areál. Body přímky jsou stabilizovány na kraji asfaltové cesty tak, aby příliš nezasahovaly do dopravy. Přímka je dlouhá přibližně 520 metrů a je rozdělená na 7 bodů, které mezi sebou mají nepravidelně dlouhé rozestupy. Body jsou stabilizovány měřickými hřeby zatlučenými do asfaltové cesty.

Obrázek č. 11 - Bodové pole pro test dálkoměru



(zdroj: WMS služby, program ArcGIS [2])

3.4.2 Měření

Měření kompletního testu dálkoměru probíhalo dne 17. 5. 2018 s totální stanicí Leica 1203+. S totální stanicí Trimble M3 bylo měřeno 19. 5. 2018. Pomocníky při měření byly Bc. Tereza Koubová a David Tisoň. Pro měření bylo použito 7 stativů, 7 trojnožek, a dva odrazné hranoly. Ke každému stativu byla připevněna trojnožka a následně byly stativy rozmístěny nad body přímky, kde proběhla hrubá centrace a horizontace nad bodem. Následně se vybavení nechalo cca hodinu temperovat s okolními vlivy. Po temperaci byla u všech 7 stativů provedena horizontace a centrace pomocí totální stanice. Horizontace a centrace byla prováděná od koncového bodu přímky (bod č. 7) postupně až na začátek (bod č. 1). Po celou dobu měření byla dobrá viditelnost. Klimatické podmínky byly příznivé, 17.5.2018 bylo po celou dobu měření zataženo a bezvětří. Dne 19.5.2018 bylo na začátku měření zataženo, ke konci začalo mírně svítit slunce a po celou dobu byl slabý vítr. Teplota byla měřena teploměrem a tlak vzduchu byl zjišťován na webových stránkách meteorologické stanice v Českých Budějovicích.

Měření s totální stanicí začínalo na bodě č. 1, na bodě číslo 2 byl pomocníkem umístěn odrazný hranol. Hranol byl po změření délky přenášen pomocníkem na následující měřený bod. Ze stanoviska číslo 1 byly změřeny délky na body číslo 2,3,4,5,6,7. Následně byl přístroj přenesen na bod 2 a byly měřeny délky na body 3,4,5,6,7. Tento postup byl opakován, dokud se přístroj nedostal na stanovisko číslo 6, ze kterého byla změřena vzdálenost na bod číslo 7. Všechny délky byly měřeny dvakrát. Měření s jedním přístrojem trvalo přibližně 3 hodiny.

Ke komunikaci mezi pomocníkem, který přenášel hranol, a stanoviskem, kde se nacházela totální stanice, byly použity vysílačky Motorola TLKR T80.

4. Dosažené výsledky

Veškeré výsledky byly vypočteny podle vzorců a výpočetních postupů uvedených v normě ČSN ISO 17123-3 Optika a optické přístroje – Terénní postupy pro zkoušení geodetických a optických přístrojů – část 3: teodolity a v normě ČSN ISO17123-4 Optika a optické přístroje – Terénní postupy pro zkoušení geodetických a optických přístrojů – část 4: Elektronické dálkoměry.

Pro veškeré statistické testy byla zvolena hladina významnosti $1 - \alpha = 0,95$. U testu vodorovných směrů a zenitových úhlů je počet stupňů volnosti $\nu = 32$, u kompletního testu dálkoměru je počet stupňů volnosti $\nu = 14$.

4.1 Výpočet kompletního testu vodorovných směrů

Výpočet proběhl z $m = 4$ sérií měření po $n = 3$ skupinách na $t = 5$ cíle. Prvně byl vypočítán průměr měření I. a II. polohy. Následně byly vodorovné směry redukovány na vodorovné úhly, výpočet dále pokračoval v tabulkách v programu Microsoft office Excel 2017. Výpočet byl proveden podle postupu v kapitole (2.2.1.3 Výpočty a statistické otázky).

- výpočet směrodatné odchylky pro přístroj Leica TCRA 1203+

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{32}} = \sqrt{\frac{17,39}{32}} = 0,74^{mgon}$$

- výpočet směrodatné odchylky přístroje Trimble M3

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{32}} = \sqrt{\frac{24,89}{32}} = 0,88^{mgon}$$

Tabulka č. 6 - Ukázka výpočtu testu vodorovných směrů

1.série										
<i>j</i>	<i>k</i>	$x_{j,k,I}$	$x_{j,k,II}$	$x_{j,k}$	$x'_{j,k}$	\bar{x}_k	$d_{j,k}$	$r_{j,k}$	$r_{j,k}^2$	\bar{d}_j
		[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[mgon]			
1.skupina										
1	1	11,4546	211,4532	11,45390	0,00000	0,00000	0,00	0,00	0,00	0,13
	2	83,1064	283,1045	83,10545	71,65155	71,65155	0,00	0,00	0,00	
	3	160,8630	360,8636	160,86330	149,40940	149,41028	0,88	0,88	0,78	
	4	263,7932	63,7905	263,79185	252,33795	252,33835	0,40	0,40	0,16	
	5	340,4743	140,4731	340,47370	329,01980	329,01918	-0,62	-0,62	0,38	
	Σ	859,6915	1059,6849	859,68820	802,41870	802,41937	0,67	0,67	1,32	
2.skupina										
2	1	11,4540	211,4528	11,45340	0,00000		0,00	0,40	0,16	-0,40
	2	83,1065	283,1043	83,10540	71,65200		-0,45	-0,05	0,00	
	3	160,8655	360,8640	160,86475	149,41135		-1,07	-0,67	0,45	
	4	263,7934	63,7912	263,79230	252,33890		-0,55	-0,15	0,02	
	5	340,4730	140,4720	340,47250	329,01910		0,08	0,48	0,23	
	Σ	859,6924	1059,6843	859,68835	802,42135		-1,98	0,00	0,86	
3.skupina										
3	1	11,4544	211,4532	11,45380	0,00000		0,00	-0,26	0,07	0,26
	2	83,1062	283,1036	83,10490	71,65110		0,45	0,19	0,03	
	3	160,8642	360,8636	160,86390	149,41010		0,18	-0,08	0,01	
	4	263,7931	63,7909	263,79200	252,33820		0,15	-0,11	0,01	
	5	340,472	140,472	340,47245	329,01865		0,53	0,27	0,07	
	Σ	859,6899	1059,6833	859,68705	802,41805		1,32	0,00	0,20	
					$\sum r_i^2 = 2,38^{mgon^2}$					

(zdroj: Smetana, 2019)

Statistická otázka A

Pomocí této statistické otázky zjistíme, jestli testované přístroje splňují přesnost, kterou uvádí výrobce. Výrobce totální stanice Leica uvádí směrodatnou odchylku vodorovných směrů $\sigma = 1,00$ mgon, výrobce totální stanice Trimble uvádí směrodatnou odchylku $\sigma = 1,5$ mgon. Po dosazení směrodatné odchylky do rovnice (28) z kapitoly (2.2.1.3 Výpočty a statistické testy) zjistíme mezní hodnotu, kterou porovnáme s vypočtenou směrodatnou hodnotou.

Tabulka č. 7 - Statistická otázka A (vodorovné směry)

Testovaný přístroj	Směrodatná odchylka s [mgon]	Mezní hodnota $\sigma * 1,20$ [mgon]	$s \leq \sigma * 1,20$
Leica 1203+	0,74	1,20	podmínka splněna
Trimble M3	0,88	1,80	podmínka splněna

(zdroj: Smetana, 2019)

Tabulka 7 nám ukazuje, že směrodatná odchylka vypočtená ze vzorce (22) z kapitoly (2.2.1.3 Výpočty a statistické testy) je menší než mezní hodnota uváděná výrobcem. Oba přístroje podmínku splňují.

Statistická otázka B

Touto statistickou otázkou se určí, zda pro experimentální odchylky s a \tilde{s} určené ze dvou rozdílných souborů měření se stejným počtem stupňů volnosti platí rovnost základních směrodatných odchylek. Nulová hypotéza není zamítnuta, pokud je splněna podmínka:

$$0,49 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 2,02$$

$$0,49 \leq \frac{s_{Leica}^2}{\tilde{s}_{Trimble}^2} \leq 2,02$$

$$0,49 \leq 0,84 \leq 2,02$$

Z rovnice vyplívá, že platí rovnost základních směrodatných odchylek $\sigma = \tilde{\sigma}$, přístroje jsou stejně přesné.

4.2 Výpočet kompletního testu zenitových úhlů

Výpočet proběhl z $m = 4$ sérií měření po $n = 3$ skupinách na $t = 4$ cíle. Výpočet byl proveden v tabulce podle výpočetního postupu uvedeného v kapitole (2.2.2.3 Výpočty a statistické testy).

- výpočet indexové chyby a směrodatné odchylky u přístroje Leica TCRA 1203+

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^4 \delta_i}{4} = \frac{0,45 + 0,78 + 0,76 + 0,61}{4} = 0,65 \text{ mgon}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{32}} = \sqrt{\frac{6,63}{32}} = 0,46 \text{ mgon}$$

- výpočet indexové chyby a směrodatné odchylky u přístroje Trimble M3

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^4 \delta_i}{4} = \frac{(-5,84) + (-5,70) + (-5,56) + (-5,36)}{4} = -5,62 \text{ mgon}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{32}} = \sqrt{\frac{6,55}{32}} = 0,45 \text{ mgon}$$

Tabulka č. 8 - Ukázka výpočtu testu zenitových úhlů

1.série								
j	k	$x_{j,k,I}$	$x_{j,k,II}$	$\delta_{j,k}$	$x'_{j,k}$	\bar{x}_k	$r_{j,k}$	$r_{j,k}^2$
		[gon]	[gon]	[mgon]	[gon]	[gon]	[mgon]	[mgon ²]
1.skupina								
1	1	75,0494	324,9529	1,1500	75,04825	75,04783	-0,4167	0,1736
	2	82,9275	317,0733	0,4000	82,92710	82,92765	0,5500	0,3025
	3	91,3135	308,6870	0,2500	91,31325	91,31297	-0,2833	0,0803
	4	100,1949	299,8053	0,1000	100,19480	100,19510	0,3000	0,0900
	Σ	349,4853	1 250,5185	1,9000	349,48340	349,48355	0,1500	0,6464
2.skupina								
2	1	75,0484	324,9521	0,2500	75,04815		-0,3167	0,1003
	2	82,9290	317,0723	0,6500	82,92835		-0,7000	0,4900
	3	91,3123	308,6872	-0,2500	91,31255		0,4167	0,1736
	4	100,1955	299,8056	0,5500	100,19495		0,1500	0,0225
	Σ	349,4852	1250,5172	1,2000	349,48400		-0,4500	0,7864
3.skupina								
3	1	75,0479	324,9537	0,8000	75,04710		0,7333	0,5378
	2	82,9277	317,0727	0,2000	82,92750		0,1500	0,0225
	3	91,3141	308,6879	1,0000	91,31310		-0,1333	0,0178
	4	100,1958	299,8047	0,2500	100,19555		-0,4500	0,2025
	Σ	349,4855	1250,5190	2,2500	349,48325		0,3000	0,7806
$\delta_1 = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} + 400 \text{ mgon}}{2}$					$\delta_1 = 0,45 \text{ mgon}$		$\sum r_1^2 = 2,21 \text{ mgon}^2$	

(zdroj: Smetana, 2019)

Statistická otázka A

Tímto testem zjistíme, jestli testované přístroje splňují přesnost měření, kterou uvádí výrobce. Výrobce Leica uvádí směrodatnou odchylku zenitových úhlů $\sigma = 1,00$ mgon a výrobce Trimble udává směrodatnou odchylku $\sigma = 1,50$ mgon. Aby mohla být přijata nulová hypotéza, musí být splněna následující podmínka:

$$s \leq \sigma * 1,20$$

Tabulka č. 9 - Statistická otázka A (zenitové úhly)

Testovaný přístroj	Směrodatná odchylka s [mgon]	Mezní hodnota $\sigma * 1,20$ [mgon]	$s \leq \sigma * 1,20$
Leica 1203+	0,46	1,20	podmínka splněna
Trimble M3	0,45	1,80	podmínka splněna

(zdroj: Smetana, 2019)

V tabulce č. 9 je vidět, že u obou totálních stanic je vypočtená směrodatná odchylka menší než mezní hodnota. Obě totální stanice splňují přesnost uváděnou výrobcem.

Statistická otázka B

Pomocí této statistické otázky se ověřuje, jestli pro směrodatné odchylky s a \tilde{s} určené ze dvou různých souborů měření se stejným počtem stupňů volnosti platí rovnost základních směrodatných odchylek.

$$0,49 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 2,02$$

$$0,49 \leq \frac{s_{Leica}^2}{\tilde{s}_{Trimble}^2} \leq 2,02$$

$$0,49 \leq 1,02 \leq 2,02$$

Po dosazení do rovnice je patrné, že směrodatné odchylky s a \tilde{s} dvou různých přístrojů si odpovídají a platí rovnost základních směrodatných odchylek. Je přijmala nulová hypotéza $\sigma = \tilde{\sigma}$. Přístroje jsou stejně přesné.

Statistická otázka C

Pomocí této statistické otázky se ověřuje, zdali testované přístroje jsou zatíženy indexovou chybou. Pro výpočet je použita průměrná indexová chyba měření a směrodatná odchylka. Pro přijetí nulové hypotézy musí být splněna podmínka:

$$|\delta| \leq s * 0,30$$

Tabulka č. 10 - Statistická otázka C (zenitové úhly)

Testovaný přístroj	Směrodatná odchylka s [mgon]	Indexová chyba $ \delta $ [mgon]	Mezní odchylka [mgon]	$ \delta \leq s * 0,30$
Leica 1203+	0,46	0,65	0,14	podmínka nesplněna
Trimble M3	0,45	5,62	0,14	podmínka nesplněna

(zdroj: Smetana, 2019)

Z tabulky č. 10 vyplývá, že průměrná indexová chyba měření vypočtená podle vzorce (34) z kapitoly (2.2.2.3 Výpočty a statistické testy) nespĺňuje podmínku statistické otázky. Nulová hypotéza je zamítnuta ve prospěch alternativní hypotézy. Oba testované přístroje jsou zatíženy indexovou chybou.

4.3 Výpočet kompletního testu dálkoměru

Pro výpočet bylo použito 21 měřených délek. Každá délka byla měřena dvakrát, proto byl prvně vypočítán průměr naměřených délek. Poté bylo postupováno podle postupu výpočtu uvedeném v kapitole (2.3.1.3 Výpočty a statistické otázky).

- výpočet nulové korekce a směrodatné odchylky pro Leica 1203+

$$\delta = \frac{1}{35} \sum_{p=4}^6 (2p - 7) * a_p = \frac{a_4 + (3 * a_5) + (5 * a_6)}{35} = -0,0013^m = -1,3^{mm}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum r^2}{14}} = \sqrt{\frac{15,34}{14}} = 1,0^{mm}$$

- výpočet nulové korekce a směrodatné odchylky pro Trimble M3

$$\delta = \frac{1}{35} \sum_{p=4}^6 (2p - 7) * a_p = \frac{a_4 + (3 * a_5) + (5 * a_6)}{35} = 0,0018^m = 1,8^{mm}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum r^2}{14}} = \sqrt{\frac{2,71}{14}} = 0,4^{mm}$$

Tabulka č. 11 - Ukázka výpočtu testu dálkoměru

<i>j</i>	<i>p</i>	<i>q</i>	$x_{p,q}$	$b_p - b_q$		$r_{p,q}$	$r_{p,q}^2$	[m]
	St.	Cíl	[m]	[m]	[m]	[mm]	[mm ²]	
1	1	2	49,4935	49,4949	-0,0013	0,05	0,0026	$a_4 = 0,0020$
2	1	3	153,881	153,8816	-0,0008	-0,14	0,0198	
3	1	4	307,556	307,5563	-0,0003	0,02	0,0006	
4	1	5	439,539	439,5389	0,0003	0,19	0,0360	$a_5 = 0,0065$
5	1	6	496,135	496,1344	0,0008	0,14	0,0198	
6	1	7	520,065	520,0634	0,0013	-0,27	0,0704	$a_6 = 0,0085$
7	2	3	104,386	104,3868	-0,0013	-0,52	0,2708	
8	2	4	258,0605	258,0614	-0,0008	0,14	0,0210	$b_1 = 280,9528$
9	2	5	390,043	390,0441	-0,0003	0,81	0,6564	
10	2	6	446,6395	446,6395	0,0003	0,26	0,0682	$b_2 = 231,4579$
11	2	7	470,57	470,5686	0,0008	-0,64	0,4159	
12	3	4	153,674	153,6746	-0,0013	-0,66	0,4399	$b_3 = 127,0711$
13	3	5	285,6565	285,6573	-0,0008	0,00	0,0000	
14	3	6	342,2525	342,2527	-0,0003	-0,05	0,0022	$b_4 = -26,6035$
15	3	7	366,182	366,1818	0,0003	0,05	0,0022	
16	4	5	131,9815	131,9826	-0,0013	-0,16	0,0267	$b_5 = -158,5861$
17	4	6	188,5775	188,5781	-0,0008	-0,21	0,0450	
18	4	7	212,507	212,5071	-0,0003	-0,12	0,0140	$b_6 = -215,1816$
19	5	6	56,594	56,5954	-0,0013	0,12	0,0150	
20	5	7	80,523	80,5245	-0,0008	0,72	0,5131	$b_7 = -239,1106$
21	6	7	23,9275	23,9291	-0,0013	0,27	0,0704	
$\delta = \frac{0,0020 + 0,0195 + 0,0425}{35} = 0,0018$						$\sum r^2 = 2,71^{mm^2}$		

(zdroj: Smetana, 2019)

Statistická otázka A

Pomocí této statistické otázky ověříme, jestli testované totální stanice splňují přesnost, kterou uvádí výrobce. Výrobce totální stanice Leica uvádí směrodatnou odchylku $\sigma = 1$ mm a výrobce Trimble uvádí směrodatnou odchylku $\sigma = 2$ mm. Pro přijetí nulové hypotézy musí být splněna podmínka, že vypočtená směrodatná odchylka je menší nebo rovna mezní hodnotě.

$$s \leq \sigma * 1,30$$

Tabulka č. 12 - Statistická otázka A (test dálkoměru)

Testovaný přístroj	Směrodatná odchylka s [mm]	Mezní hodnota $\sigma * 1,30$ [mm]	$s \leq \sigma * 1,30$
Leica 1203+	1,0	1,30	podmínka splněna
Trimble M3	0,4	2,6	podmínka splněna

(zdroj: Smetana, 2019)

Z tabulky č. 12 vyplývá, že obě totální stanice splňují přesnost měření délek uváděnou výrobcem.

Statistická otázka B

Tato statistická otázka ukazuje, zda směrodatné odchylky s a \tilde{s} pocházející ze dvou různých vzorků odpovídají rovnosti základních směrodatných odchylek $\sigma = \tilde{\sigma}$. Pro přijetí nulové hypotézy musí být splněna podmínka:

$$0,34 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 2,98$$

$$0,34 \leq \frac{s_{Leica}^2}{\tilde{s}_{Trimble}^2} \leq 2,98$$

$$0,34 \leq 6,25 \leq 2,98$$

Po dosazením do rovnice vyplývá že, směrodatné odchylky s a \tilde{s} pocházející ze dvou vzorků měření se stejným počtem volnosti určené dvěma různými přístroji nesplňují podmínku rovnosti základních směrodatných odchylek σ a $\tilde{\sigma}$. Přístroje nejsou stejně přesné.

Statistická otázka C

Tato statistická otázka ověřuje, jestli platí rovnost nulových korekcí δ a δ_0 .
Nulová hypotéza není zamítnuta, pokud je splněna podmínka:

$$|\delta - \delta_0| \leq s_\delta * 2,14$$

Tabulka č. 13 - Statistická otázka C (test dálkoměru)

Testovaný přístroj	s_δ [mm]	$ \delta $ [mm]	$s_\delta * 2,14$	$ \delta - \delta_0 \leq s_\delta * 2,14$
Leica 1203+	0,45	1,3	0,96	Podmínka nesplněna
Trimble M3	0,18	1,8	0,39	Podmínka nesplněna

(zdroj: Smetana, 2019)

Z tabulky č. 13 je patrné, že neplatí rovnost nulových korekcí δ a δ_0 .

4.4 Shrnutí výsledků

Pomocí statistické otázky A byly vypočtené směrodatné odchylky porovnané se směrodatnými odchylkami uváděnými výrobcí přístrojů. Bylo zjištěno, že obě testované totální stanice splňují přesnosti uváděné výrobcem. Dále bylo pomocí statistické otázky B zjištěno, že pro vypočtené směrodatné odchylky měření vodorovných směrů a zenitových úhlů pocházející ze dvou vzorků o stejném rozsahu pro dva různé přístroje platí rovnost základních směrodatných odchylek a přístroje jsou stejně přesné. U dálkoměrů bylo zjištěno, že směrodatné odchylky si neodpovídají, přístroje jsou různě přesné. U zenitových úhlů se pomocí otázky C zjistilo, že obě totální stanice jsou zatíženy indexovou chybou. Indexová chyba u totální stanice Trimble dosahuje vyšších hodnot. Tato chyba se vyloučí měřením v obou polohách dalekohledu a zavedením početní opravy, nebo polní kalibrací podle návodu výrobce. Polní kalibrace by se měla dělat před každým přesným měřením, po delším převozu a při velkých změnách teplot.

Tabulka č. 14 - Výsledky

Testovaný přístroj	Výsledek testu vodorovných směrů [mgon]	Výsledek testu zenitových úhlů [mgon]	Výsledek testu dálkoměru [mm]
Leica 1203+	$s_{ISO-THEO-Hz} = 0,74$	$s_{ISO-THEO-V} = 0,46$	$s_{ISO-EDM} = 1,0$
		$i = +0,65$	$\delta = -1,3$
Trimble M3	$s_{ISO-THEO-Hz} = 0,88$	$s_{ISO-THEO-V} = 0,45$	$s_{ISO-EDM} = 0,4$
		$i = -5,62$	$\delta = +1,8$

(zdroj: Smetana, 2019)

V tabulce č. 14 jsou uvedeny vypočtené hodnoty kompletních testů. Testy byly provedeny podle metodiky uvedené v normě ČSN ISO 17123, Část: 3 Teodolity; Část: 4 Elektrooptické dálkoměry.

$s_{ISO-THEO-Hz}$ = směrodatná odchylka horizontálního směru měřeného v jedné skupině vypočtená ze všech $m = 4$ sérií

$s_{ISO-THEO-V}$ = směrodatná odchylka zenitových úhlů měřená v obou polohách dalekohledu vypočtená ze všech $m = 4$ sérií

$s_{ISO-EDM}$ = směrodatná odchylka jedné měřené délky

i = průměrná indexová chyba z $m = 4$ sérií

δ = nulová korekce

5 Závěr

Cílem bakalářské práce byla zkouška dvou vybraných totálních stanic podle metodik stanovených v normě ČSN ISO 17123-3 Optika a optické přístroje – Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů – Část 3: Teodolity a ČSN ISO 17123-3 Optika a optické přístroje – Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů – Část 4: Elektrooptické dálkoměry. Postup byl proveden pro totální stanici Leica TCRA 1203+ R400 a Trimble M3 5". Pro obě totální stanice byly provedeny kompletní testy tak, jak jsou předepsány a požadovány výše uvedenými normami.

Pro zkoušku totálních stanic bylo v areálu Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích vybudováno testovací bodové pole pro test dálkoměru, vodorovných směrů a zenitových úhlů.

Veškeré výpočty byly provedeny podle postupů uvedených ve výše zmíněných normách. Výpočty byly provedeny v tabulkách programu Microsoft office Excel 2017, které jsou umístěny v přílohách.

Vypočtené směrodatné odchylky byly statisticky otestovány a následně porovnány. Všechny vypočtené hodnoty byly menší než směrodatné odchylky udávané výrobcem. U totální stanice Trimble M3 bylo zjištěno, že měření zenitových úhlů je zatíženo velkou indexovou chybou.

Z provedené zkoušky dvou totálních stanic podle normy ČSN ISO 17123 vyplývá, že obě totální stanice měří s přesností, kterou uvádí výrobce. Z toho vyplývá že oba přístroje splňují přesnost měření pro katastr nemovitostí, tudíž i pro účely pozemkových úprav.

Seznam zkratek

ČSN – Česká technická norma

GNSS – globální navigační družicový systém

Hz – vodorovný směr

ISO – mezinárodní organizace pro normalizaci

JU – Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

MNČ – metoda nejmenších čtverců

TS – totální stanice

V – zenitový úhel

ZF – Zemědělská fakulta

Seznam použité literatury

- [1] BAKIJA, Ariana. *Testing the precision of Leica TCR 1203 Total Station according to ISO 17123-3 and ISO 17123-4*. Diploma thesis. Zagreb: Faculty of Geodesy, 2009.
- [2] ČUZK. Geoportál. Prohlížení WMS služby. [online]. 2010 [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(sffmgiraqb44krfjp4nf3aum\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&text=WMS.verejne.uvod&head_tab=sekce-03-gp&menu=311](https://geoportal.cuzk.cz/(S(sffmgiraqb44krfjp4nf3aum))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&text=WMS.verejne.uvod&head_tab=sekce-03-gp&menu=311)
- [3] ČSN ISO 17123-1.: *Optika a optické přístroje – Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů: Část 1: Teorie*. Český normalizační institut, 2005.
- [4] ČSN ISO 17123-3.: *Optika a optické přístroje – Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů: Část 3: Teodolity*. Český normalizační institut, 2005.
- [5] ČSN ISO 17123-4.: *Optika a optické přístroje – Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů: Část 4: Elektrooptické dálkoměry*. Český normalizační institut, 2005.
- [6] HÁNEK, Pavel, Lenka LÍNKOVÁ, Karel MÍKA, Jiří POSPÍŠIL, Jitka SUCHÁ a Martin ŠTRONER. *Stavební geodézie*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007, 133 s. ISBN 978-800-1037-072.
- [7] *Leica tps1200+ technicaldata* [online]. Praha: Gefos a.s., 2007 [cit. 2019-03-24]. Dostupné z: https://www.gefosleica.cz/public/items/produkty/geodeticke-pristroje/totalni-stanice/leica_tps1200+_technicaldata_en
- [8] *Organisation Internationale de Normalisation* [online]. [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: <https://www.iso.org>
- [9] *Trimble M3* [online]. Praha: GEOTRONICS Praha, 2008 [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: <http://geotronics.cz/geodezie/totalni-stanice/trimble-m3>

Seznam obrázků

Obrázek č. 1 - Konfigurace bodů pro měření vodorovných směrů	9
Obrázek č. 2 - Konfigurace bodů pro měření zenitových úhlů	13
Obrázek č. 3 - Konfigurace bodů pro zjednodušený test EDM	17
Obrázek č. 4 - Konfigurace zkušební přímky pro kompletní test	18
Obrázek č. 5 - konfigurace měření vzdáleností	18
Obrázek č. 6 - Totální stanice Leica	24
Obrázek č. 7 - Totální stanice Trimble.....	26
Obrázek č. 8 - Bodové pole pro test vodorovných směrů	29
Obrázek č. 9 - Bodové pole pro test zenitových úhlů	31
Obrázek č. 10 - Bodového pole pro zenitové úhly	32
Obrázek č. 11 - Bodové pole pro test dálkoměru	34

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 - Jednotky pro měření směrů a úhlů	22
Tabulka č. 2 - Předpony měřících jednotek.....	22
Tabulka č. 3 - Použité totální stanice.....	23
Tabulka č. 4 - Technické parametry Leica TCRA 1203+ R400.....	25
Tabulka č. 5 - Technické parametry Trimble M3 5"	27
Tabulka č. 6 - Ukázka výpočtu testu vodorovných směrů	37
Tabulka č. 7 - Statistická otázka A (vodorovné směry).....	38
Tabulka č. 8 - Ukázka výpočtu testu zenitových úhlů	39
Tabulka č. 9 - Statistická otázka A (zenitové úhly).....	40
Tabulka č. 10 - Statistická otázka C (zenitové úhly).....	41
Tabulka č. 11 - Ukázka výpočtu testu dálkoměru.....	42
Tabulka č. 12 - Statistická otázka A (test dálkoměru).....	43
Tabulka č. 13 - Statistická otázka C (test dálkoměru).....	44
Tabulka č. 14 - Výsledky	45

Seznam příloh

Zápisník měřených vodorovných směrů, Leica TCRA 1203+ R400

Zápisník měřených vodorovných směrů, Trimble M3 5"

Zápisník měřených zenitových úhlů, Leica TCRA 1203+ R400

Zápisník měřených zenitových úhlů, Trimble M3 5"

Zápisník měřených délek Leica TCRA 1203+ R400 a Trimble M3 5"

Tabulka s výpočtem kompletního testu vodorovných směrů, Leica 1203+ R400

Tabulka s výpočtem kompletního testu vodorovných směrů, Trimble M3 5"

Tabulka s výpočtem kompletního testu zenitových úhlů, Leica 1203+ R400

Tabulka s výpočtem kompletního testu zenitových úhlů, Trimble M3 5"

Tabulka s výpočtem kompletního testu dálkoměru, Leica 1203+ R400

Tabulka s výpočtem kompletního testu dálkoměru, Trimble M3 5"

Zápisník měřených vodorovných směrů, Leica TCRA 1203+ R400

1. série								
cíl	poloha	1. skupina	průměr skupiny redukce	2. skupina	průměr skupiny redukce	3. skupina	průměr skupiny redukce	průměr ze 3 skupin
1	I.	11,4546	11,45390	11,4540	11,45340	11,4544	11,45380	0,00000
	II.	211,4532	0,00000	211,4528	0,00000	211,4532	0,00000	
2	I.	83,1064	83,10545	83,1065	83,10540	83,1062	83,10490	71,65155
	II.	283,1045	71,65155	283,1043	71,65200	283,1036	71,65110	
3	I.	160,8630	160,86330	160,8655	160,86475	160,8642	160,86390	149,41028
	II.	360,8636	149,40940	360,8640	149,41135	360,8636	149,41010	
4	I.	263,7932	263,79185	263,7934	263,79230	263,7931	263,79200	252,33835
	II.	63,7905	252,33795	63,7912	252,33890	63,7909	252,33820	
5	I.	340,4743	340,47370	340,4730	340,47250	340,472	340,47245	329,01918
	II.	140,4731	329,01980	140,4720	329,01910	140,472	329,01865	
2. série								
cíl	poloha	1. skupina	průměr skupiny redukce	2. skupina	průměr skupiny redukce	3. skupina	průměr skupiny redukce	průměr ze 3 skupin
1	I.	11,4545	11,45185	11,4509	11,45005	11,4514	11,45035	0,00000
	II.	211,4492	0,00000	211,4492	0,00000	211,4493	0,00000	
2	I.	83,1062	83,10280	83,1022	83,10150	83,1015	83,10150	71,65118
	II.	283,0994	71,65095	283,1009	71,65145	283,1015	71,65115	
3	I.	160,8659	160,86265	160,8601	160,85945	160,8600	160,85990	149,40992
	II.	360,8594	149,41080	360,8588	149,40940	360,8598	149,40955	
4	I.	263,7925	263,79015	263,7893	263,78815	263,7880	263,78740	252,33782
	II.	63,7878	252,33830	63,7870	252,33810	63,7868	252,33705	
5	I.	340,4673	340,46735	340,4696	340,46865	340,4704	340,46925	329,01767
	II.	140,4674	329,01550	140,4677	329,01860	140,4681	329,01890	
3. série								
cíl	poloha	1. skupina	průměr skupiny redukce	2. skupina	průměr skupiny redukce	3. skupina	průměr skupiny redukce	průměr ze 3 skupin
1	I.	144,7771	144,77680	144,7776	144,77695	144,7761	144,77500	0,00000
	II.	344,7765	0,00000	344,7763	0,00000	344,7739	0,00000	
2	I.	216,4289	216,42830	216,4299	216,4288	216,4289	216,42750	71,65195
	II.	16,4277	71,65150	16,4277	71,65185	16,4261	71,65250	
3	I.	294,1890	294,18785	294,1883	294,18735	294,1880	294,18635	149,41093
	II.	94,1867	149,41105	94,1864	149,41040	94,1847	149,41135	
4	I.	397,1163	397,11605	397,1154	397,11500	397,1155	397,11480	252,33903
	II.	197,1158	252,33925	197,1146	252,33805	197,1141	252,33980	
5	I.	73,7954	73,79490	73,7963	73,79525	73,7952	73,79425	329,01855
	II.	273,7944	329,01810	273,7942	329,01830	273,7933	329,01925	
4. série								
cíl	poloha	1. skupina	průměr skupiny redukce	2. skupina	průměr skupiny redukce	3. skupina	průměr skupiny redukce	průměr ze 3 skupin
1	I.	144,7762	144,77575	144,7752	144,77480	144,7760	144,77505	0,00000
	II.	344,7753	0,00000	344,7744	0,00000	344,7741	0,00000	
2	I.	216,4276	216,42640	261,4292	216,42810	216,4264	216,42645	71,65178
	II.	16,4252	71,65065	16,4270	71,65330	16,4265	71,65140	
3	I.	294,1871	294,18605	294,1869	294,18545	294,1871	294,18605	149,41065
	II.	94,1850	149,41030	94,1840	149,41065	94,1850	149,41100	
4	I.	397,1131	397,11320	397,1163	397,11535	397,1146	397,11405	252,33900
	II.	197,1133	252,33745	197,1144	252,34055	197,1135	252,33900	
5	I.	73,7948	73,79360	73,7953	73,79315	73,7945	73,79370	329,01828
	II.	273,7924	329,01785	273,7910	329,01835	273,7929	329,01865	

Zápisník měřených vodorovných směrů, Trimble M3 5''

1. série								
cíl	poloha	1. skupina	průměr skupiny redukce	2. skupina	průměr skupiny redukce	3. skupina	průměr skupiny redukce	průměr ze 3 skupin
1	I.	10,7543	10,75650	10,7542	10,75600	10,7543	10,75770	0,00000
	II.	210,7587	0,00000	210,7578	0,00000	210,7611	0,00000	
2	I.	87,3054	87,30840	87,3059	87,30810	87,3074	87,30935	76,55188
	II.	287,3114	76,55190	287,3103	76,55210	287,3113	76,55165	
3	I.	180,4743	180,47690	180,4752	180,47830	180,4777	180,47975	169,72158
	II.	380,4795	169,72040	380,4814	169,72230	380,4818	169,72205	
4	I.	255,5099	255,51115	255,5096	255,51200	255,5085	255,51130	244,75475
	II.	55,5124	244,75465	55,5144	244,75600	55,5141	244,75360	
5	I.	339,8537	339,85770	139,8612	339,85875	339,8555	339,85865	329,10163
	II.	139,8617	329,10120	339,85875	329,10275	139,8618	329,10095	
2. série								
cíl	poloha	1. skupina	průměr skupiny redukce	2. skupina	průměr skupiny redukce	3. skupina	průměr skupiny redukce	průměr ze 3 skupin
1	I.	10,7572	10,75935	10,7565	10,75865	10,7570	10,75845	0,00000
	II.	210,7603	0,00000	210,7608	0,00000	210,7599	0,00000	
2	I.	87,3081	87,31055	87,3065	87,31010	87,3060	87,30995	76,55138
	II.	287,3130	76,55120	287,3137	76,55145	287,3139	76,55150	
3	I.	180,4767	180,47940	180,4756	180,47835	180,4776	180,47965	169,72032
	II.	380,4821	169,72005	380,4811	169,71970	380,4817	169,72120	
4	I.	255,5103	255,51290	255,5053	255,50985	255,5115	255,51385	244,75338
	II.	55,5155	244,75355	55,5144	244,75120	55,5162	244,75540	
5	I.	339,8557	339,85920	339,8548	339,85890	339,8589	339,86020	329,10062
	II.	139,8627	329,09985	139,8630	329,10025	139,8615	329,10175	
3. série								
cíl	poloha	1. skupina	průměr skupiny redukce	2. skupina	průměr skupiny redukce	3. skupina	průměr skupiny redukce	průměr ze 3 skupin
1	I.	304,7471	304,75025	304,7472	304,74960	304,7479	304,75090	0,00000
	II.	104,7534	0,00000	104,7520	0,00000	104,7539	0,00000	
2	I.	381,2992	381,30185	381,3008	381,30310	381,2953	381,30035	76,55152
	II.	181,3045	76,55160	181,3054	76,55350	181,3054	76,54945	
3	I.	74,4695	74,47230	74,4697	74,47200	74,4673	74,47135	169,72163
	II.	274,4751	169,72205	274,4743	169,72240	274,4754	169,72045	
4	I.	149,5026	149,50550	149,4994	149,50245	149,4996	149,50295	244,75338
	II.	349,5084	244,75525	349,5055	244,75285	349,5063	244,75205	
5	I.	233,8478	233,85155	233,8501	233,85130	233,8495	233,85190	329,10133
	II.	33,8553	329,10130	33,8525	329,10170	33,8543	329,10100	
4. série								
cíl	poloha	1. skupina	průměr skupiny redukce	2. skupina	průměr skupiny redukce	3. skupina	průměr skupiny redukce	průměr ze 3 skupin
1	I.	304,7480	304,75030	304,7488	304,75140	304,7492	304,74940	0,00000
	II.	104,7526	0,00000	104,7540	0,00000	104,7496	0,00000	
2	I.	381,2995	381,30275	381,2991	381,30375	381,2994	381,30155	76,55232
	II.	181,3060	76,55245	181,3084	76,55235	181,3037	76,55215	
3	I.	74,4676	74,47085	74,4686	74,47200	74,4689	74,47220	169,72132
	II.	274,4741	169,72055	274,4754	169,72060	274,4755	169,72280	
4	I.	149,5032	149,50530	149,5022	149,50500	149,5048	149,50645	244,75522
	II.	349,5074	244,75500	349,5078	244,75360	349,5081	244,75705	
5	I.	233,8479	233,85180	233,8482	233,85285	233,8469	233,85140	329,10165
	II.	33,8557	329,10150	33,8575	329,10145	33,8559	329,10200	

Zápisník měřených zenitových úhlů, Leica TCRA 1203+ R400

1. série											
cíl	poloha	1. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	2. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	3. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	průměr ze 3 skupin
1	I.	75,0494	400,0023		75,0484	400,0005		75,0479	400,0016		75,0478 3
	II.	324,9529	-0,0011	75,04825	324,9521	-0,0002	75,04815	324,9537	-0,0008	75,04710	
2	I.	82,9275	400,0008		82,9290	400,0013		82,9277	400,0004		82,9276 5
	II.	317,0733	-0,0004	82,92710	317,0723	-0,0007	82,92835	317,0727	-0,0002	82,92750	
3	I.	91,3135	400,0005		91,3123	399,9995		91,3141	400,0020		91,3129 7
	II.	308,6870	-0,0002	91,31325	308,6872	0,0002	91,31255	308,6879	-0,0010	91,31310	
4	I.	100,1949	400,0002		100,1955	400,0011		100,1958	400,0005		100,195 10
	II.	299,8053	-0,0001	100,19480	299,8056	-0,0006	100,19495	299,8047	-0,0003	100,19555	
2. série											
cíl	poloha	1. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	2. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	3. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	průměr ze 3 skupin
1	I.	75,0492	400,0023		75,0487	400,0019		75,0471	400,0008		75,0475 0
	II.	324,9531	-0,0011	75,04805	324,9532	-0,0009	75,04775	324,9537	-0,0004	75,04670	
2	I.	82,9294	400,0021		82,9281	400,0009		82,9286	400,0017		82,9279 2
	II.	317,0727	-0,0010	82,92835	317,0728	-0,0005	82,92765	317,0731	-0,0009	82,92775	
3	I.	91,3135	400,0024		91,3125	400,0000		91,3138	400,0025		91,3124 5
	II.	308,6889	-0,0012	91,31230	308,6875	0,0000	91,31250	308,6887	-0,0012	91,31255	
4	I.	100,1962	400,0014		100,1968	400,0014		100,1960	400,0013		100,195 65
	II.	299,8052	-0,0007	100,19550	299,8046	-0,0007	100,19610	299,8053	-0,0007	100,19535	
3. série											
cíl	poloha	1. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	2. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	3. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	průměr ze 3 skupin
1	I.	75,0490	400,0017		75,0481	400,0013		75,0496	400,0037		75,0477 8
	II.	324,9527	-0,0009	75,04815	324,9532	-0,0007	75,04745	324,9541	-0,0018	75,04775	
2	I.	82,9296	400,0015		82,9292	400,0014		82,9284	400,0012		82,9283 8
	II.	317,0719	-0,0008	82,92885	317,0722	-0,0007	82,92850	317,0728	-0,0006	82,92780	
3	I.	91,3136	399,9997		91,3136	400,0011		91,3136	400,0017		91,3131 8
	II.	308,6861	0,0001	91,31375	308,6875	-0,0006	91,31305	308,6881	-0,0009	91,31275	
4	I.	100,1957	400,0012		100,1970	400,0023		100,1964	400,0014		100,195 55
	II.	299,8055	-0,0006	100,19510	299,8053	-0,0011	100,19585	299,8050	-0,0007	100,19570	
4. série											
cíl	poloha	1. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	2. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	3. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	průměr ze 3 skupin
1	I.	75,0485	400,0021		75,0484	400,0012		75,0478	400,0002		75,0476 5
	II.	324,9536	-0,0010	75,04745	324,9528	-0,0006	75,04780	324,9524	-0,0001	75,04770	
2	I.	82,9293	400,0029		82,9281	400,0001		82,9282	400,0006		82,9279 3
	II.	317,0736	-0,0015	82,92785	317,0720	0,0000	82,92805	317,0724	-0,0003	82,92790	
3	I.	91,3138	400,0022		91,3141	400,0008		91,3144	400,0023		91,3132 2
	II.	308,6884	-0,0011	91,31270	308,6867	-0,0004	91,31370	308,6879	-0,0011	91,31325	
4	I.	100,1965	400,0008		100,1952	399,9998		100,1966	400,0016		100,195 73
	II.	299,8043	-0,0004	100,19610	299,8046	0,0001	100,19530	299,8050	-0,0008	100,19580	

Zápisník měřených zenitových úhlů, Trimble M3 5''

I. série											
cíl	poloha	1. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	2. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	3. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	průměr ze 3 skupin
1	I.	74,9882	399,9883		74,9874	399,9890		74,9870	399,9886		74,9932 2
	II.	325,000 1	0,0059	74,9940 5	325,001 6	0,0055	74,99290	325,001 6	0,0057	74,99270	
2	I.	82,8624	399,9876		82,8619	399,9884		82,8640	399,9904		82,8683 7
	II.	317,125 2	0,0062	82,8686 0	317,126 5	0,0058	82,86770	317,126 4	0,0048	82,86880	
3	I.	91,2444	399,9877		91,2431	399,9866		91,2434	399,9863		91,2502 0
	II.	308,743 3	0,0062	91,2505 5	308,743 5	0,0067	91,24980	308,742 9	0,0068	91,25025	
4	I.	100,124 8	399,9883		100,124 9	399,9903		100,124 6	399,9884		100,130 27
	II.	299,863 5	0,0059	100,130 65	299,865 4	0,0048	100,12975	299,863 8	0,0058	100,13040	
2.série											
cíl	poloha	1. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	2. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	3. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	průměr ze 3 skupin
1	I.	74,9864	399,9853		74,9881	399,9894		74,9887	399,9888		74,9938 2
	II.	324,998 9	0,0074	74,9937 5	325,001 3	0,0053	74,99340	325,000 1	0,0056	74,99430	
2	I.	82,8625	399,9884		82,8641	399,9904		82,8627	399,9885		82,8685 5
	II.	317,125 9	0,0058	82,8683 0	317,126 3	0,0048	82,86890	317,125 8	0,0057	82,86845	
3	I.	91,2444	399,9878		91,2438	399,9872		91,2452	399,9888		91,2505 0
	II.	308,743 4	0,0061	91,2505 0	308,743 4	0,0064	91,25020	308,743 6	0,0056	91,25080	
4	I.	100,124 8	399,9891		100,125 9	399,9899		100,125 4	399,9895		100,130 62
	II.	299,864 3	0,0054	100,130 25	299,864	0,0051	100,13095	299,864 1	0,0052	100,13065	
3. série											
cíl	poloha	1. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	2. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	3. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	průměr ze 3 skupin
1	I.	74,9881	399,9888		74,9877	399,9885		74,9866	399,9891		74,9930 7
	II.	325,000 7	0,0056	74,9937 0	325,000 8	0,0057	74,99345	325,002 5	0,0054	74,99205	
2	I.	82,8624	399,9886		82,8633	399,9888		82,8627	399,9886		82,8684 7
	II.	317,126 2	0,0057	82,8681 0	317,125 5	0,0056	82,86890	317,125 9	0,0057	82,86840	
3	I.	91,2444	399,9892		91,2443	399,9886		91,2439	399,9880		91,2499 0
	II.	308,744 8	0,0054	91,2498 0	308,744 3	0,0057	91,25000	308,744 1	0,0060	91,24990	
4	I.	100,125 0	399,9892		100,124 6	399,9898		100,125 4	399,9893		100,130 28
	II.	299,864 2	0,0054	100,130 40	299,865 2	0,0051	100,12970	299,863 9	0,0053	100,13075	
4. série											
cíl	poloha	1. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	2. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	3. skupina	I. + II. Index. Chyba	zenitový úhel	průměr ze 3 skupin
1	I.	74,9870	399,9887		74,9884	399,9912		74,9875	399,9895		74,9927 3
	II.	325,001 7	0,0057	74,9926 5	325,002 8	0,0044	74,99280	325,002	0,0052	74,99275	
2	I.	82,8633	399,9907		82,8626	399,9881		82,8628	399,9882		82,8684 0
	II.	317,127 4	0,0046	82,8679 5	317,125 5	0,0060	82,86855	317,125 4	0,0059	82,86870	
3	I.	91,2442	399,9892		91,2442	399,9883		91,245	399,9888		91,2500 8
	II.	308,745 0	0,0054	91,2496 0	308,744 1	0,0059	91,25005	308,743 8	0,0056	91,25060	
4	I.	100,125 5	399,9901		100,125 1	399,9897		100,124 8	399,9888		100,130 37
	II.	299,864 6	0,0050	100,130 45	299,864 6	0,0052	100,13025	299,864	0,0056	100,13040	

Zápisník měřených délek Leica TCRA 1203+ R400 a Trimble M3 5''

Leica TCRA 1203+ R400				Trimble M3 5''					
výpočet PPM				výpočet PPM					
teplota:	[°C]	13,4		teplota:	[°C]	14,8			
tlak:	[hPa]	1013		tlak:	[hPa]	1020			
relativní vlhkost	[%]	83		Relativní vlhkost	[%]	-			
PPM:		1,6		PPM:		-7			
datum měření:		17.05.2018 10:15 - 13:00		datum měření:		19.05.2018 10:00 - 12:45			
stanovisko	cíl	1. měření 2. měření [m]	vodorovná délka [m]	stanovisko	cíl	1. měření 2. měření [m]	vodorovná délka [m]		
1	2	49,493	49,4930	1	2	49,493	49,4935		
		49,493				49,494			
	3	153,881	153,8810		3	153,881	153,8810		
		153,881				153,881			
	4	307,553	307,5530		4	307,556	307,5560		
		307,553				307,556			
	5	439,538	439,5385		5	439,539	439,5390		
		439,539				439,539			
	6	496,134	496,1345		6	496,135	496,1350		
		496,135				496,135			
	7	520,064	520,0635		7	520,065	520,0650		
		520,063				520,065			
	2	3	104,388		104,3880	2	3	104,386	104,3860
			104,388					104,386	
4		258,060	258,0600	4	258,061		258,0605		
		258,060			258,060				
5		390,046	390,0455	5	390,043		390,0430		
		390,045			390,043				
6		446,642	446,6420	6	446,639		446,6395		
		446,642			446,640				
7		470,571	470,5710	7	470,570		470,5700		
		470,571			470,570				
3		4	153,672	153,6720	3		4	153,674	153,6740
			153,672					153,674	
		5	285,658	285,6580			5	285,656	285,6565
			285,658					285,657	
	6	342,256	342,2555	6		342,253	342,2525		
		342,255				342,252			
	7	366,184	366,1840	7		366,182	366,1820		
		366,184				366,182			
	4	5	131,989	131,9890		4	5	131,981	131,9815
			131,989					131,982	
		6	188,587	188,5870			6	188,577	188,5775
			188,587					188,578	
		7	212,515	212,5150			7	212,507	212,5070
			212,515					212,507	
5	6	56,597	56,5970	5	6	56,594	56,5940		
		56,597				56,594			
	7	80,527	80,5270		7	80,523	80,5230		
		80,527				80,523			
6	7	23,929	23,9285	6	7	23,927	23,9275		
		23,928				23,928			

Výpočet kompletního testu vodorovných směrů, Leica TCRA 1203+ R400

1.série										
j	k	$x_{j,k,I}$	$x_{j,k,II}$	$x_{j,k}$	$x'_{j,k}$	\bar{x}_k	$d_{j,k}$	$r_{j,k}$	$r_{j,k}^2$	\bar{d}_j
		[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[mgon]	[mgon]	[mgon]	[mgon]
1.skupina										
1	1	11,4546	211,4532	11,45390	0,00000	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1333
	2	83,1064	283,1045	83,10545	71,65155	71,65155	0,0000	0,0000	0,0000	
	3	160,8630	360,8636	160,86330	149,40940	149,41028	0,8833	0,8833	0,7803	
	4	263,7932	63,7905	263,79185	252,33795	252,33835	0,4000	0,4000	0,1600	
	5	340,4743	140,4731	340,47370	329,01980	329,01918	-0,6167	-0,6167	0,3803	
	Σ	859,6915	1059,6849	859,68820	802,41870	802,41937	0,6667	0,6667	1,3206	
2.skupina										
2	1	11,4540	211,4528	11,45340	0,00000		0,0000	0,3967	0,1573	-0,3967
	2	83,1065	283,1043	83,10540	71,65200		-0,4500	-0,0533	0,0028	
	3	160,8655	360,8640	160,86475	149,41135		-1,0667	-0,6700	0,4489	
	4	263,7934	63,7912	263,79230	252,33890		-0,5500	-0,1533	0,0235	
	5	340,4730	140,4720	340,47250	329,01910		0,0833	0,4800	0,2304	
	Σ	859,6924	1059,6843	859,68835	802,42135		-1,9833	0,0000	0,8630	
3.skupina										
3	1	11,4544	211,4532	11,45380	0,00000		0,0000	-0,2633	0,0693	0,2633
	2	83,1062	283,1036	83,10490	71,65110		0,4500	0,1867	0,0348	
	3	160,8642	360,8636	160,86390	149,41010		0,1833	-0,0800	0,0064	
	4	263,7931	63,7909	263,79200	252,33820		0,1500	-0,1133	0,0128	
	5	340,472	140,472	340,47245	329,01865		0,5333	0,2700	0,0729	
	Σ	859,6899	1059,6833	859,68705	802,41805		1,3167	0,0000	0,1963	
							Σ	0,0000	0,0000	2,3799
2.série										
j	k	$x_{j,k,I}$	$x_{j,k,II}$	$x_{j,k}$	$x'_{j,k}$	\bar{x}_k	$d_{j,k}$	$r_{j,k}$	$r_{j,k}^2$	\bar{d}_j
		[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[mgon]	[mgon]	[mgon]	[mgon]
1.skupina										
1	1	11,4545	211,4492	11,45185	0,00000	0,00000	0,0000	-0,2067	0,0427	0,20667
	2	83,1062	283,0994	83,10280	71,65095	71,65118	0,2333	0,0267	0,0007	
	3	160,8659	360,8594	160,86265	149,41080	149,40992	-0,8833	-1,0900	1,1881	
	4	263,7925	63,7878	263,79015	252,33830	252,33782	-0,4833	-0,6900	0,4761	
	5	340,4673	140,4674	340,46735	329,01550	329,01767	2,1667	1,9600	3,8416	
	Σ	859,6864	1059,6632	859,67480	802,41555	802,41658	1,0333	0,0000	5,5492	
2.skupina										
2	1	11,4509	211,4492	11,45005	0,00000		0,0000	0,1933	0,0374	-0,1933
	2	83,1022	283,1009	83,10150	71,65145		-0,2667	-0,0733	0,0054	
	3	160,8601	360,8588	160,85945	149,40940		0,5167	0,7100	0,5041	
	4	263,7893	63,7870	263,78815	252,33810		-0,2833	-0,0900	0,0081	
	5	340,4696	140,4677	340,46865	329,01860		-0,9333	-0,7400	0,5476	
	Σ	859,6721	1059,6636	859,66780	802,41755		-0,9667	0,0000	1,1026	
3.skupina										
3	1	11,4514	211,4493	11,45035	0,00000		0,0000	0,0133	0,0002	-0,0133
	2	83,1015	283,1015	83,10150	71,65115		0,0333	0,0467	0,0022	
	3	160,8600	360,8598	160,85990	149,40955		0,3667	0,3800	0,1444	
	4	263,7880	63,7868	263,78740	252,33705		0,7667	0,7800	0,6084	
	5	340,4704	140,4681	340,46925	329,01890		-1,2333	-1,2200	1,4884	
	Σ	859,6713	1059,6655	859,66840	802,41665		-0,0667	0,0000	2,2436	
							Σ	0,0000	0,0000	8,8953

3.série										
j	k	$x_{j,k,I}$	$x_{j,k,II}$	$x_{j,k}$	$x'_{j,k}$	\bar{x}_k	$d_{j,k}$	$r_{j,k}$	$r_{j,k}^2$	\bar{d}_j
		[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[mgon]	[mgon]	[mgon]	[mgon]
1.skupina										
1	1	144,7771	344,7765	144,77680	0,00000	0,00000	0,0000	-0,1133	0,0128	0,1133
	2	216,4289	16,4277	216,42830	71,65150	71,65195	0,4500	0,3367	0,1133	
	3	294,1890	94,1867	294,18785	149,41105	149,41093	-0,1167	-0,2300	0,0529	
	4	397,1163	197,1158	397,11605	252,33925	252,33903	-0,2167	-0,3300	0,1089	
	5	73,7954	273,7944	73,79490	329,01810	329,01855	0,4500	0,3367	0,1133	
	Σ		1126,3067	926,3011	1126,30390	802,41990	802,42047	0,5667	0,0000	
2.skupina										
2	1	144,7776	344,7763	144,77695	0,00000		0,0000	-0,3733	0,1394	0,37333
	2	216,4299	16,4277	216,42880	71,65185		0,1000	-0,2733	0,0747	
	3	294,1883	94,1864	294,18735	149,41040		0,5333	0,1600	0,0256	
	4	397,1154	197,1146	397,11500	252,33805		0,9833	0,6100	0,3721	
	5	73,7963	273,7942	73,79525	329,01830		0,2500	-0,1233	0,0152	
	Σ		1126,3075	926,2992	1126,30335	802,41860		1,8667	0,00000	
3.skupina										
3	1	144,7761	344,7739	144,77500	0,00000		0,0000	0,4867	0,2368	-0,4867
	2	216,4289	16,4261	216,42750	71,65250		-0,5500	-0,0633	0,0040	
	3	294,1880	94,1847	294,18635	149,41135		-0,4167	0,0700	0,0049	
	4	397,1155	197,1141	397,11480	252,33980		-0,7667	-0,2800	0,0784	
	5	73,7952	273,7933	73,79425	329,01925		-0,7000	-0,2133	0,0455	
	Σ		1126,3037	926,2921	1126,29790	802,42290		-2,4333	0,0000	
							Σ	0,0000	0,0000	1,3980
4.série										
j	k	$x_{j,k,I}$	$x_{j,k,II}$	$x_{j,k}$	$x'_{j,k}$	\bar{x}_k	$d_{j,k}$	$r_{j,k}$	$r_{j,k}^2$	\bar{d}_j
		[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[mgon]	[mgon]	[mgon]	[mgon]
1.skupina										
1	1	144,7762	344,7753	144,77575	0,00000	0,00000	0,0000	-0,6933	0,4807	0,6933
	2	216,4276	16,4252	216,42640	71,65065	71,65178	1,1333	0,4400	0,1936	
	3	294,1871	94,1850	294,18605	149,41030	149,41065	0,3500	-0,3433	0,1179	
	4	397,1131	197,1133	397,11320	252,33745	252,33900	1,5500	0,8567	0,7339	
	5	73,7948	273,7924	73,79360	329,01785	329,01828	0,4333	-0,2600	0,0676	
	Σ		1126,2988	926,2912	1126,29500	802,41625	802,41972	3,4667	0,0000	
2.skupina										
2	1	144,7752	344,7744	144,77480	0,00000		0,0000	0,6267	0,3927	-0,6267
	2	216,4292	16,4270	216,42810	71,65330		-1,5167	-0,8900	0,7921	
	3	294,1869	94,1840	294,18545	149,41065		0,0000	0,6267	0,3927	
	4	397,1163	197,1144	397,11535	252,34055		-1,5500	-0,9233	0,8525	
	5	73,7953	273,7910	73,79315	329,01835		-0,0667	0,5600	0,3136	
	Σ		1126,3029	926,2908	1126,29685	802,42285		-3,1333	0,0000	
3.skupina										
3	1	144,7760	344,7741	144,77505	0,00000		0,0000	0,0667	0,0044	-0,0667
	2	216,4264	16,4265	216,42645	71,65140		0,3833	0,4500	0,2025	
	3	294,1871	94,1850	294,18605	149,41100		-0,3500	-0,2833	0,0803	
	4	397,1146	197,1135	397,11405	252,33900		0,0000	0,0667	0,0044	
	5	73,7945	273,7929	73,79370	329,01865		-0,3667	-0,3000	0,0900	
	Σ		1126,2986	926,2920	1126,29530	802,42005		-0,3333	0,0000	
							Σ	0,0000	0,0000	4,719

Výpočet kompletního testu vodorovných směrů, Trimble M3 5"

1.série										
j	k	$x_{j,k,I}$	$x_{j,k,II}$	$x_{j,k}$	$x'_{j,k}$	\bar{x}_k	$d_{j,k}$	$r_{j,k}$	$r_{j,k}^2$	\bar{d}_j
		[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[mgon]	[mgon]	[mgon]	[mgon]
1.skupina										
1	1	10,7543	210,7587	10,75650	0,00000	0,00000	0,0000	-0,3400	0,1156	0,3400
	2	87,3054	287,3114	87,30840	76,55190	76,55188	-0,0167	-0,3567	0,1272	
	3	180,4743	380,4795	180,47690	169,72040	169,72158	1,1833	0,8433	0,7112	
	4	255,5099	55,5124	255,51115	244,75465	244,75475	0,1000	-0,2400	0,0576	
	5	339,8537	139,8617	339,85770	329,10120	329,10163	0,4333	0,0933	0,0087	
	Σ		873,8976	1073,9237	873,91065	820,12815	820,12985	1,7000	0,0000	
2.skupina										
2	1	10,7542	210,7578	10,75600	0,00000		0,0000	0,6600	0,4356	-0,6600
	2	87,3059	287,3103	87,30810	76,55210		-0,2167	0,4433	0,1965	
	3	180,4752	380,4814	180,47830	169,72230		-0,7167	-0,0567	0,0032	
	4	255,5096	55,5144	255,51200	244,75600		-1,2500	-0,5900	0,3481	
	5	339,8563	139,8612	339,85875	329,10275		-1,1167	-0,4567	0,2085	
	Σ		873,9012	1073,9251	873,91315	820,13315		-3,3000	0,0000	
3.skupina										
3	1	10,7543	210,7611	10,75770	0,00000		0,0000	-0,3200	0,1024	0,3200
	2	87,3074	287,3113	87,30935	76,55165		0,2333	-0,0867	0,0075	
	3	180,4777	380,4818	180,47975	169,72205		-0,4667	-0,7867	0,6188	
	4	255,5085	55,5141	255,51130	244,75360		1,1500	0,8300	0,6889	
	5	339,8555	139,8618	339,85865	329,10095		0,6833	0,3633	0,1320	
	Σ		873,9034	1073,9301	873,91675	820,12825		1,6000	0,0000	
						Σ	0,0000	0,0000	3,7620	
2.série										
j	k	$x_{j,k,I}$	$x_{j,k,II}$	$x_{j,k}$	$x'_{j,k}$	\bar{x}_k	$d_{j,k}$	$r_{j,k}$	$r_{j,k}^2$	\bar{d}_j
		[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[mgon]	[mgon]	[mgon]	[mgon]
1.skupina										
1	1	304,7471	104,7534	304,75025	0,00000	0,00000	0,0000	0,4667	0,2178	-0,4667
	2	381,2992	181,3045	381,30185	76,55160	76,55152	-0,0833	0,3833	0,1469	
	3	74,4695	274,4751	74,47230	169,72205	169,72163	-0,4167	0,0500	0,0025	
	4	149,5026	349,5084	149,50550	244,75525	244,75338	-1,8667	-1,4000	1,9600	
	5	233,8478	33,8553	233,85155	329,10130	329,10133	0,0333	0,5000	0,2500	
	Σ		1143,8662	943,8967	1143,88145	820,13020	820,12787	-2,3333	0,0000	
2.skupina										
2	1	304,7472	104,7520	304,74960	0,00000		0,0000	0,5167	0,2669	-0,5167
	2	381,3008	181,3054	381,30310	76,55350		-1,9833	-1,4667	2,1511	
	3	74,4697	274,4743	74,47200	169,72240		-0,7667	-0,2500	0,0625	
	4	149,4994	349,5055	149,50245	244,75285		0,5333	1,0500	1,1025	
	5	233,8501	33,8525	233,85130	329,10170		-0,3667	0,1500	0,0225	
	Σ		1143,8672	943,8897	1143,87845	820,13045		-2,5833	0,0000	
3.skupina										
3	1	304,7479	104,7539	304,75090	0,00000		0,0000	-0,9833	0,9669	0,9833
	2	381,2953	181,3054	381,30035	76,54945		2,0667	1,0833	1,1736	
	3	74,4673	274,4754	74,47135	169,72045		1,1833	0,2000	0,0400	
	4	149,4996	349,5063	149,50295	244,75205		1,3333	0,3500	0,1225	
	5	233,8495	33,8543	233,85190	329,10100		0,3333	-0,6500	0,4225	
	Σ		1143,8596	943,8953	1143,87745	820,12295		4,9167	0,0000	
						Σ	0,0000	0,0000	8,9083	

3.série										
j	k	$x_{j,k,I}$	$x_{j,k,II}$	$x_{j,k}$	$x'_{j,k}$	\bar{x}_k	$d_{j,k}$	$r_{j,k}$	$r_{j,k}^2$	\bar{d}_j
		[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[mgon]	[mgon]	[mgon]	[mgon]
1.skupina										
1	1	10,7572	210,7603	10,75935	0,00000	0,00000	0,0000	-0,2100	0,0441	0,2100
	2	87,3081	287,3130	87,31055	76,55120	76,55138	0,1833	-0,0267	0,0007	
	3	180,4767	380,4821	180,47940	169,72005	169,72032	0,2667	0,0567	0,0032	
	4	255,5103	55,5155	255,51290	244,75355	244,75338	-0,1667	-0,3767	0,1419	
	5	339,8557	139,8627	339,85920	329,09985	329,10062	0,7667	0,5567	0,3099	
	Σ		873,9080	1073,9336	873,92140	820,12465	820,12570	1,0500	0,0000	
2.skupina										
2	1	10,7565	210,7608	10,75865	0,00000		0,0000	-0,6200	0,3844	0,6200
	2	87,3065	287,3137	87,31010	76,55145		-0,0667	-0,6867	0,4715	
	3	180,4756	380,4811	180,47835	169,71970		0,6167	-0,0033	0,0000	
	4	255,5053	55,5144	255,50985	244,75120		2,1833	1,5633	2,4440	
	5	339,8548	139,8630	339,85890	329,10025		0,3667	-0,2533	0,0642	
	Σ		873,8987	1073,9330	873,91585	820,12260		3,1000	0,0000	
3.skupina										
3	1	10,7570	210,7599	10,75845	0,00000		0,0000	0,8300	0,6889	-0,8300
	2	87,3060	287,3139	87,30995	76,55150		-0,1167	0,7133	0,5088	
	3	180,4776	380,4817	180,47965	169,72120		-0,8833	-0,0533	0,0028	
	4	255,5115	55,5162	255,51385	244,75540		-2,0167	-1,1867	1,4082	
	5	339,8589	139,8615	339,86020	329,10175		-1,1333	-0,3033	0,0920	
	Σ		873,9110	1073,9332	873,92210	820,12985		-4,1500	0,0000	
						Σ	0,0000	0,0000	6,5647	
4.série										
j	k	$x_{j,k,I}$	$x_{j,k,II}$	$x_{j,k}$	$x'_{j,k}$	\bar{x}_k	$d_{j,k}$	$r_{j,k}$	$r_{j,k}^2$	\bar{d}_j
		[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[mgon]	[mgon]	[mgon]	[mgon]
1.skupina										
1	1	304,7480	104,7526	304,75030	0,00000	0,00000	0,0000	-0,2000	0,0400	0,2000
	2	381,2995	181,3060	381,30275	76,55245	76,55232	-0,1333	-0,3333	0,1111	
	3	74,4676	274,4741	74,47085	169,72055	169,72132	0,7667	0,5667	0,3211	
	4	149,5032	349,5074	149,50530	244,75500	244,75522	0,2167	0,0167	0,0003	
	5	233,8479	33,8557	233,85180	329,10150	329,10165	0,1500	-0,0500	0,0025	
	Σ		1143,8662	943,8958	1143,88100	820,12950	820,13050	1,0000	0,0000	
2.skupina										
2	1	304,7488	104,7540	304,75140	0,00000		0,0000	-0,5000	0,2500	0,5000
	2	381,2991	181,3084	381,30375	76,55235		-0,0333	-0,5333	0,2844	
	3	74,4686	274,4754	74,47200	169,72060		0,7167	0,2167	0,0469	
	4	149,5022	349,5078	149,50500	244,75360		1,6167	1,1167	1,2469	
	5	233,8482	33,8575	233,85285	329,10145		0,2000	-0,3000	0,0900	
	Σ		1143,8669	943,9031	1143,88500	820,12800		2,5000	0,0000	
3.skupina										
3	1	304,7492	104,7496	304,74940	0,00000		0,0000	0,7000	0,4900	-0,7000
	2	381,2994	181,3037	381,30155	76,55215		0,1667	0,8667	0,7511	
	3	74,4689	274,4755	74,47220	169,72280		-1,4833	-0,7833	0,6136	
	4	149,5048	349,5081	149,50645	244,75705		-1,8333	-1,1333	1,2844	
	5	233,8469	33,8559	233,85140	329,10200		-0,3500	0,3500	0,1225	
	Σ		1143,8692	943,8928	1143,88100	820,13400		-3,5000	0,0000	
						Σ	0,0000	0,0000	5,6550	

Výpočet kompletního testu zenitových úhlů, Leica TCRA 1203+ R400

1.série								
j	k	$x_{j,k,I}$	$x_{j,k,II}$	$\delta_{j,k}$	$x'_{j,k}$	\bar{x}_k	$r_{j,k}$	$r_{j,k}^2$
		[gon]	[gon]	[mgon]	[gon]	[gon]	[mgon]	[mgon ²]
1.skupina								
1	1	75,0494	324,9529	1,1500	75,04825	75,04783	-0,4167	0,1736
	2	82,9275	317,0733	0,4000	82,92710	82,92765	0,5500	0,3025
	3	91,3135	308,6870	0,2500	91,31325	91,31297	-0,2833	0,0803
	4	100,1949	299,8053	0,1000	100,19480	100,19510	0,3000	0,0900
	Σ	349,4853	1 250,5185	1,9000	349,48340	349,48355	0,1500	0,6464
2.skupina								
2	1	75,0484	324,9521	0,2500	75,04815		-0,3167	0,1003
	2	82,9290	317,0723	0,6500	82,92835		-0,7000	0,4900
	3	91,3123	308,6872	-0,2500	91,31255		0,4167	0,1736
	4	100,1955	299,8056	0,5500	100,19495		0,1500	0,0225
	Σ	349,4852	1250,5172	1,2000	349,48400		-0,4500	0,7864
3.skupina								
3	1	75,0479	324,9537	0,8000	75,04710		0,7333	0,5378
	2	82,9277	317,0727	0,2000	82,92750		0,1500	0,0225
	3	91,3141	308,6879	1,0000	91,31310		-0,1333	0,0178
	4	100,1958	299,8047	0,2500	100,19555		-0,4500	0,2025
	Σ	349,4855	1250,5190	2,2500	349,48325		0,3000	0,7806
						Σ	0,0000	2,2133
2.série								
j	k	$x_{j,k,I}$	$x_{j,k,II}$	$\delta_{j,k}$	$x'_{j,k}$	\bar{x}_k	$r_{j,k}$	$r_{j,k}^2$
		[gon]	[gon]	[mgon]	[gon]	[gon]	[mgon]	[mgon ²]
1.skupina								
1	1	75,0492	324,9531	1,1500	75,04805	75,04750	-0,5500	0,3025
	2	82,9294	317,0727	1,0500	82,92835	82,92792	-0,4333	0,1878
	3	91,3135	308,6889	1,2000	91,31230	91,31245	0,1500	0,0225
	4	100,1962	299,8052	0,7000	100,19550	100,19565	0,1500	0,0225
	Σ	349,4883	1 250,5199	4,100	349,48420	349,48352	-0,6833	0,5353
2.skupina								
2	1	75,0487	324,9532	0,9500	75,04775		-0,2500	0,3025
	2	82,9281	317,0728	0,4500	82,92765		0,2667	0,1878
	3	91,3125	308,6875	0,0000	91,31250		-0,0500	0,0225
	4	100,1968	299,8046	0,7000	100,19610		-0,4500	0,0225
	Σ	349,4861	1250,5181	2,1000	349,48400		-0,4833	0,5353
3.skupina								
3	1	75,0471	324,9537	0,4000	75,04670		0,8000	0,6400
	2	82,9286	317,0731	0,8500	82,92775		0,1667	0,0278
	3	91,3138	308,6887	1,2500	91,31255		-0,1000	0,0100
	4	100,196	299,8053	0,6500	100,19535		0,3000	0,0900
	Σ	349,4855	1250,5208	3,1500	349,48235		1,1667	0,7678
						Σ	0,0000	1,8383

3.série									
j	k	$x_{j,k,I}$	$x_{j,k,II}$	$\delta_{j,k}$	$x'_{j,k}$	\bar{x}_k	$r_{j,k}$	$r_{j,k}^2$	
		[gon]	[gon]	[mgon]	[gon]	[gon]	[mgon]	[mgon ²]	
1.skupina									
1	1	75,0490	324,9527	0,8500	75,04815	75,04778	-0,3667	0,1344	
	2	82,9296	317,0719	0,7500	82,92885	82,92838	-0,4667	0,2178	
	3	91,3136	308,6861	-0,1500	91,31375	91,31318	-0,5667	0,3211	
	4	100,1957	299,8055	0,6000	100,19510	100,19555	0,4500	0,2025	
	Σ	349,4879	1 250,5162	2,0500	349,48585	349,48490	-0,9500	0,8758	
2.skupina									
2	1	75,0481	324,9532	0,6500	75,04745		0,3333	0,1111	
	2	82,9292	317,0722	0,7000	82,92850		-0,1167	0,0136	
	3	91,3136	308,6875	0,5500	91,31305		0,1333	0,0178	
	4	100,197	299,8053	1,1500	100,19585		-0,3000	0,0900	
	Σ	349,4879	1250,5182	3,0500	349,48485		0,0500	0,2325	
3.skupina									
3	1	75,0496	324,9541	1,8500	75,04775		0,0333	0,0011	
	2	82,9284	317,0728	0,6000	82,92780		0,5833	0,3403	
	3	91,3136	308,6881	0,8500	91,31275		0,4333	0,1878	
	4	100,1964	299,805	0,7000	100,19570		-0,1500	0,0225	
	Σ	349,4880	1250,5200	4,0000	349,48400		0,9000	0,5517	
							Σ	0,0000	1,6600
4.série									
j	k	$x_{j,k,I}$	$x_{j,k,II}$	$\delta_{j,k}$	$x'_{j,k}$	\bar{x}_k	$r_{j,k}$	$r_{j,k}^2$	
		[gon]	[gon]	[mgon]	[gon]	[gon]	[mgon]	[mgon ²]	
1.skupina									
1	1	75,0485	324,9536	1,0500	75,04745	75,04765	0,2000	0,0400	
	2	82,9293	317,0736	1,4500	82,92785	82,92793	0,0833	0,0069	
	3	91,3138	308,6884	1,1000	91,31270	91,31322	0,5167	0,2669	
	4	100,1965	299,8043	0,4000	100,19610	100,19573	-0,3667	0,1344	
	Σ	349,4881	1 250,5199	4,0000	349,48410	349,48453	0,4333	0,4483	
2.skupina									
2	1	75,0484	324,9528	0,6000	75,04780		-0,1500	0,0225	
	2	82,9281	317,0720	0,0500	82,92805		-0,1167	0,0136	
	3	91,3141	308,6867	0,4000	91,31370		-0,4833	0,2336	
	4	100,1952	299,8046	-0,1000	100,19530		0,4333	0,1878	
	Σ	349,4858	1250,5161	0,9500	349,48485		-0,3167	0,4575	
3.skupina									
3	1	75,0478	324,9524	0,1000	75,04770		-0,0500	0,0025	
	2	82,9282	317,0724	0,3000	82,92790		0,0333	0,0011	
	3	91,3144	308,6879	1,1500	91,31325		-0,0333	0,0011	
	4	100,1966	299,8050	0,8000	100,19580		-0,0667	0,0044	
	Σ	349,4870	1250,5177	2,3500	349,48465		-0,1167	0,0092	
							Σ	0,0000	0,9150

Výpočet kompletního testu zenitových úhlů pro Trimble M3 5"

1.série								
j	k	$x_{j,k,I}$	$x_{j,k,II}$	$\delta_{j,k}$	$x'_{j,k}$	\bar{x}_k	$r_{j,k}$	$r_{j,k}^2$
		[gon]	[gon]	[mgon]	[gon]	[gon]	[mgon]	[mgon ²]
1.skupina								
1	1	74,9882	325,0001	-5,8500	74,99405	74,99322	-0,8333	0,6944
	2	82,8624	317,1252	-6,2000	82,86860	82,86837	-0,2333	0,0544
	3	91,2444	308,7433	-6,1500	91,25055	91,25020	-0,3500	0,1225
	4	100,1248	299,8635	-5,8500	100,13065	100,13027	-0,3833	0,1469
	Σ	349,2198	1 250,7321	-24,0500	349,24385	349,24205	-1,8000	1,0183
2.skupina								
2	1	74,9874	325,0016	-5,5000	74,99290		0,3167	0,1003
	2	82,8619	317,1265	-5,8000	82,86770		0,6667	0,4444
	3	91,2431	308,7435	-6,7000	91,24980		0,4000	0,1600
	4	100,1249	299,8654	-4,8500	100,12975		0,5167	0,2669
	Σ	349,2173	1250,7370	-22,8500	349,24015		1,9000	0,9717
3.skupina								
3	1	74,9870	325,0016	-5,7000	74,99270		0,5167	0,2669
	2	82,8640	317,1264	-4,8000	82,86880		-0,4333	0,1878
	3	91,2434	308,7429	-6,8500	91,25025		-0,0500	0,0025
	4	100,1246	299,8638	-5,8000	100,13040		-0,1333	0,0178
	Σ	349,2190	1250,7347	-23,1500	349,24215		-0,1000	0,4750
						Σ	0,0000	2,4650
2.série								
j	k	$x_{j,k,I}$	$x_{j,k,II}$	$\delta_{j,k}$	$x'_{j,k}$	\bar{x}_k	$r_{j,k}$	$r_{j,k}^2$
		[gon]	[gon]	[mgon]	[gon]	[gon]	[mgon]	[mgon ²]
1.skupina								
1	1	74,9864	324,9989	-7,3500	74,99375	74,99382	0,0667	0,0044
	2	82,8625	317,1259	-5,8000	82,86830	82,86855	0,2500	0,0625
	3	91,2444	308,7434	-6,1000	91,25050	91,25050	0,0000	0,0000
	4	100,1248	299,8643	-5,4500	100,13025	100,13062	0,3667	0,1344
	Σ	349,2181	1 250,7325	-24,7000	349,24280	349,24348	0,6833	0,2014
2.skupina								
2	1	74,9881	325,0013	-5,3000	74,99340		0,4167	0,0044
	2	82,8641	317,1263	-4,8000	82,86890		-0,3500	0,0625
	3	91,2438	308,7434	-6,4000	91,25020		0,3000	0,0000
	4	100,1259	299,8640	-5,0500	100,13095		-0,3333	0,1344
	Σ	349,2219	1250,7350	-21,5500	349,24345		0,0333	0,2014
3.skupina								
3	1	74,9887	325,0001	-5,6000	74,99430		-0,4833	0,2336
	2	82,8627	317,1258	-5,7500	82,86845		0,1000	0,0100
	3	91,2452	308,7436	-5,6000	91,25080		-0,3000	0,0900
	4	100,1254	299,8641	-5,2500	100,13065		-0,0333	0,0011
	Σ	349,2220	1250,7336	-22,2000	349,24420		-0,7167	0,3347
						Σ	0,0000	0,7375

3.série								
j	k	$x_{j,k,I}$	$x_{j,k,II}$	$\delta_{j,k}$	$x'_{j,k}$	\bar{x}_k	$r_{j,k}$	$r_{j,k}^2$
		[gon]	[gon]	[mgon]	[gon]	[gon]	[mgon]	[mgon ²]
1.skupina								
1	1	74,9881	325,0007	-5,6000	74,99370	74,99307	-0,6333	0,4011
	2	82,8624	317,1262	-5,7000	82,86810	82,86847	0,3667	0,1344
	3	91,2444	308,7448	-5,4000	91,24980	91,24990	0,1000	0,0100
	4	100,1250	299,8642	-5,4000	100,13040	100,13028	-0,1167	0,0136
	Σ	349,2199	1 250,7359	-22,1000	349,24200	349,24172	-0,2833	0,5592
2.skupina								
2	1	74,9877	325,0008	-5,7500	74,99345		-0,3833	0,1469
	2	82,8633	317,1255	-5,6000	82,86890		-0,4333	0,1878
	3	91,2443	308,7443	-5,7000	91,25000		-0,1000	0,0100
	4	100,1246	299,8652	-5,1000	100,12970		0,5833	0,3403
	Σ	349,2199	1250,7358	-22,1500	349,24205		-0,3333	0,6850
3.skupina								
3	1	74,9866	325,0025	-5,4500	74,99205		1,0167	1,0336
	2	82,8627	317,1259	-5,7000	82,86840		0,0667	0,0044
	3	91,2439	308,7441	-6,0000	91,24990		0,0000	0,0000
	4	100,1254	299,8639	-5,3500	100,13075		-0,4667	0,2178
	Σ	349,2186	1250,7364	-22,5000	349,24110		0,6167	1,2558
						Σ	0,0000	2,5000
4.série								
j	k	$x_{j,k,I}$	$x_{j,k,II}$	$\delta_{j,k}$	$x'_{j,k}$	\bar{x}_k	$r_{j,k}$	$r_{j,k}^2$
		[gon]	[gon]	[mgon]	[gon]	[gon]	[mgon]	[mgon ²]
1.skupina								
1	1	74,9870	325,0017	-5,6500	74,99265	74,99273	0,0833	0,0069
	2	82,8633	317,1274	-4,6500	82,86795	82,86840	0,4500	0,2025
	3	91,2442	308,7450	-5,4000	91,24960	91,25008	0,4833	0,2336
	4	100,1255	299,8646	-4,9500	100,13045	100,13037	-0,0833	0,0069
	Σ	349,2200	1 250,7387	-20,6500	349,24065	349,24158	0,9333	0,4500
2.skupina								
2	1	74,9884	325,0028	-4,4000	74,99280		-0,0667	0,0044
	2	82,8626	317,1255	-5,9500	82,86855		-0,1500	0,0225
	3	91,2442	308,7441	-5,8500	91,25005		0,0333	0,0011
	4	100,1251	299,8646	-5,1500	100,13025		0,1167	0,0136
	Σ	349,2203	1250,7370	-21,3500	349,24165		-0,0667	0,0417
3.skupina								
3	1	74,9875	325,002	-5,2500	74,99275		-0,0167	0,0003
	2	82,8628	317,1254	-5,9000	82,86870		-0,3000	0,0900
	3	91,245	308,7438	-5,6000	91,25060		-0,5167	0,2669
	4	100,1248	299,864	-5,6000	100,13040		-0,0333	0,0011
	Σ	349,2201	1250,7352	-22,3500	349,24245		-0,8667	0,3583
						Σ	0,0000	0,8500

Výpočet kompletního testu dálkoměru, Leica TCRA 1203+ R400

j	p	q	$x_{p,q}$	$b_p - b_q$	$-\frac{7+2(p-q)}{7} * \delta$	$r_{p,q}$	$r_{p,q}^2$	[m]
	St.	Cíl	[m]	[m]	[m]	[mm]	[mm ²]	
1	1	2	49,493	49,4929	0,0010	0,82	0,67	
2	1	3	153,881	153,8804	0,0006	0,00	0,00	$a_4 = -0,0045$
3	1	4	307,553	307,5511	0,0002	-1,74	3,02	
4	1	5	439,5385	439,5386	-0,0002	-0,05	0,00	$a_5 = -0,0075$
5	1	6	496,1345	496,1359	-0,0006	0,78	0,61	
6	1	7	520,0635	520,0646	-0,0010	0,18	0,03	$a_6 = -0,0040$
7	2	3	104,388	104,3876	0,0010	0,53	0,28	
8	2	4	258,06	258,0582	0,0006	-1,21	1,46	$b_1 = 280,9519$
9	2	5	390,0455	390,0458	0,0002	0,48	0,23	
10	2	6	446,642	446,6430	-0,0002	0,81	0,65	$b_2 = 231,4591$
11	2	7	470,571	470,5718	-0,0006	0,21	0,04	
12	3	4	153,672	153,6706	0,0010	-0,40	0,16	$b_3 = 127,0715$
13	3	5	285,658	285,6582	0,0006	0,79	0,62	
14	3	6	342,2555	342,2554	0,0002	0,12	0,01	$b_4 = -26,5991$
15	3	7	366,184	366,1842	-0,0002	0,02	0,00	
16	4	5	131,989	131,9876	0,0010	-0,47	0,22	$b_5 = -158,5867$
17	4	6	188,587	188,5848	0,0006	-1,64	2,69	
18	4	7	212,515	212,5136	0,0002	-1,24	1,53	$b_6 = -215,1839$
19	5	6	56,597	56,5972	0,0010	1,17	1,38	
20	5	7	80,527	80,5260	0,0006	-0,42	0,18	$b_7 = -239,11027$
21	6	7	23,9285	23,9288	0,0010	1,24	1,55	
$\delta = \frac{-0,0045 + -0,0225 + -0,0200}{35} = -0,0013$						$\sum r^2 = 15,34^{mm^2}$		

Výpočet kompletního testu dálkoměru, Trimble M3

j	p	q	$x_{p,q}$	$b_p - b_q$		$r_{p,q}$	$r_{p,q}^2$	[m]
	St.	Cíl	[m]	[m]	[m]	[mm]	[mm ²]	
1	1	2	49,4935	49,4949	-0,0013	0,05	0,0026	$a_4 = 0,0020$
2	1	3	153,881	153,8816	-0,0008	-0,14	0,0198	
3	1	4	307,556	307,5563	-0,0003	0,02	0,0006	
4	1	5	439,539	439,5389	0,0003	0,19	0,0360	$a_5 = 0,0065$
5	1	6	496,135	496,1344	0,0008	0,14	0,0198	$a_6 = 0,0085$
6	1	7	520,065	520,0634	0,0013	-0,27	0,0704	
7	2	3	104,386	104,3868	-0,0013	-0,52	0,2708	
8	2	4	258,0605	258,0614	-0,0008	0,14	0,0210	$b_1 = 280,9528$
9	2	5	390,043	390,0441	-0,0003	0,81	0,6564	$b_2 = 231,4579$
10	2	6	446,6395	446,6395	0,0003	0,26	0,0682	
11	2	7	470,57	470,5686	0,0008	-0,64	0,4159	
12	3	4	153,674	153,6746	-0,0013	-0,66	0,4399	$b_3 = 127,0711$
13	3	5	285,6565	285,6573	-0,0008	0,00	0,0000	$b_4 = -26,6035$
14	3	6	342,2525	342,2527	-0,0003	-0,05	0,0022	
15	3	7	366,182	366,1818	0,0003	0,05	0,0022	
16	4	5	131,9815	131,9826	-0,0013	-0,16	0,0267	$b_5 = -158,5861$
17	4	6	188,5775	188,5781	-0,0008	-0,21	0,0450	$b_6 = -215,1816$
18	4	7	212,507	212,5071	-0,0003	-0,12	0,0140	
19	5	6	56,594	56,5954	-0,0013	0,12	0,0150	
20	5	7	80,523	80,5245	-0,0008	0,72	0,5131	$b_7 = -239,1106$
21	6	7	23,9275	23,9291	-0,0013	0,27	0,0704	
$\delta = \frac{0,0020 + 0,0195 + 0,0425}{35} = 0,0018$						$\sum r^2 = 2,71^{mm^2}$		