

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Šumej, A., 2013. Preizkus zenitlota po standardu ISO. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Koler, B., somentor Urbančič, T.): 25 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Šumej, A., 2013. Preizkus zenitlota po standardu ISO. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Koler, B., co-supervisor Urbančič, T.): 25 pp.

UNIVERZA
v Ljubljani
Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

PRVOSTOPENJSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM TEHNIČNO UPRAVLJANJE
NEPREMIČNIN

Kandidatka:

ANA ŠUMEJ

PREIZKUS ZENITLOTA PO STANDARDU ISO

Diplomska naloga št.: 25/TUN

ZENITLOT TESTING ACCORDING TO ISO STANDARD

Graduation thesis No.: 25/TUN

Mentor:

doc. dr. Božo Koler

Predsednik komisije:

prof. dr. Bojan Stopar

Somentor:

asist. Tilen Urbančič

Ljubljana, 19. 12. 2013

Stran za popravke, Errata

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana ANA ŠUMEJ izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:
»PREIZKUS ZENITLOTA PO STANDARDU ISO«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 5. 12. 2013

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali:

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM**UDK:** 528.5(497.4)(043.2)**Avtor:** Ana Šumej**Mentor:** doc. dr. Božo Koler**Somentor:** asist. Tilen Urbančič**Naslov:** Preizkus zenitlota po standardu ISO**Tip dokumenta:** Diplomaska naloga - visokošolski strokovni študij**Obseg in oprema:** 25 str., 12 preg., 8 sl.**Ključne besede:** zenitlot, standard ISO, statistični testi, geodezija**Izvleček:**

Visoko natančnost pri določanju vertikalnosti in prenosu točk z danimi položajnimi koordinatami nam lahko zagotovi zenitlot Carl-Zeiss PZL 100. Zenitlot je precizno grezilo, ki mora za pravilno delovanje zagotavljati vertikalno vizurno os. Za določitev njegove natančnosti je potrebno izvesti preizkus, ki smo ga izvedli po standardu ISO. V nalogi je predstavljena organizacija ISO in opisani standardi. Predstavljen je podroben opis zenitlota Carl-Zeiss PZL 100. V nadaljevanju je opisan postopek izvedbe testa in opravljene meritve. Izvedeni so tudi statistični testi, ki nam potrdijo ali zavrnejo pravilno delovanje instrumenta.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 528.5(497.4)(043.2)

Author: Ana Šumej

Supervisor: Assist. Prof. Božo Koler, Ph.D.

Co-advisor: Assist. Tilen Urbančič, B.Sc.

Title: Zenitlot testing according to ISO standard

Document type: Graduation Thesis-Higher professional studies

Notes: 25 p., 12 tab., 8 fig.

Key words: zenitlot, ISO standards, statistical tests, geodesy

Abstract:

Zenitlot Carl-Zeiss PZL 100 can provide us with high precision in plumbing and transferring points with horizontal coordinates. Zenitlot is a precision plumbing instrument, which must provide vertical axis for proper functioning. In order to determine its accuracy it is necessary to carry out a test, which was done according to ISO standard. The paper presents the organization ISO and describes standards. Presented is a detailed description of zenitlot Carl-Zeiss PZL 100. The following describes the procedure for carrying out tests and measurements. Implemented are also statistical tests that confirm or refute the proper functioning of the instrument.

ZAHVALA

Najprej bi se rada zahvalila svojim staršem in sestri, za vso podporo v letih študija. Zahvalila bi se tudi mentorju doc. dr. Božu Kolerju in somentorju asist. Tilnu Urbančiču, za pomoč pri izvedbi testa in pisanju diplomske naloge. Tudi sošolcem in sošolkam gre zahvala za vso pomoč pri vajah in učenju za izpite. Še posebej pa bi se zahvalila svojemu fantu Alešu, ki me je spodbujal, kadar sem že skoraj obupala. Vsem, ki sem jih morda pozabila omeniti, hvala za vso pomoč.

KAZALO

1 UVOD	1
2 MEDNARODNA ORGANIZACIJA ZA STANDARDIZIRANJE ISO	3
2.1 Standardi	3
3 PREIZKUS ZENITLOTA CARL-ZEISS PZL 100	6
3.1 Zenitlot Carl-Zeiss PZL 100	6
3.2 Izvedba testa po ISO 17123-7	7
3.3 Obdelava meritev	11
3.4 Statistični testi	19
3.4.1 Odgovor na vprašanje a)	20
3.4.2 Odgovor na vprašanje b)	21
3.4.3 Odgovor na vprašanje c)	21
3.4.4 Odgovor na vprašanje d)	22
4 ZAKLJUČEK	24
VIRI	25

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Tehnični podatki o zenitlotu Carl-Zeiss PZL 100	7
Preglednica 2: Izmerjene vrednosti $x_{j,I}$, $y_{j,I}$, $x_{j,II}$ in $y_{j,II}$ za vse tri serije, test dne 25.1.2013	11
Preglednica 3: Izmerjene vrednosti $x_{j,I}$, $y_{j,I}$, $x_{j,II}$ in $y_{j,II}$ za vse tri serije, test dne 27.8.2013	11
Preglednica 4: Odstopanja od vertikale δx_j in δy_j za vse tri serije, test dne 25.1.2013	13
Preglednica 5: Odstopanja od vertikale δx_j in δy_j za vse tri serije, test dne 27.8.2013	13
Preglednica 6: Srednje vrednosti x_j in y_j za vse tri serije, test dne 25.1.2013	14
Preglednica 7: Srednje vrednosti x_j in y_j za vse tri serije, test dne 27.8.2013	14
Preglednica 8: Odstopanja od srednje vrednosti r_{xj} in r_{yj} za vse tri serije, test dne 25.1.	15
Preglednica 9: Odstopanja od srednje vrednosti r_{xj} in r_{yj} za vse tri serije, test dne 27.8.	16
Preglednica 10: Končni rezultati za vse tri serije, test dne 25.1.2013	17
Preglednica 11: Končni rezultati za vse tri serije, test dne 27.8.2013	17
Preglednica 12: Statistični testi	20

KAZALO SLIK

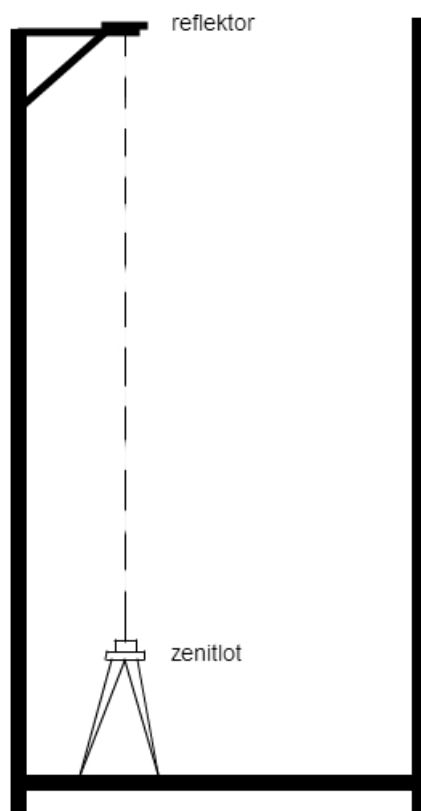
Slika 1: Grezenje z zenitlotom	1
Slika 2: Zenitlot Carl-Zeiss PZL 100	6
Slika 3: Lesena konstrukcija z milimetrskim papirjem	8
Slika 4: Prikaz uporabljenega milimetrskega papirja	9
Slika 5: Prenos točke na tla	9
Slika 6: Postavitev lesene konstrukcije in zenitlota	10
Slika 7: Grafična predstavitev odstopanj v x in y osi	12
Slika 8: Odklon vizurne osi	23

Ta stran je namenoma prazna.

1 UVOD

V časih, ko so ljudje začeli graditi vedno višje stavbe, kot so nebotičniki in stolpi, se je pojavila potreba po zagotovitvi visoke natančnosti pri določanju vertikalnosti in prenosu točk z danimi položajnimi koordinatami. Ena izmed rešitev tega problema je bila rekonstrukcija kompenzacijskega nivelirja Carl-Zeiss Koni 007 v zenitlot Carl-Zeiss PZL 100. Dandanes obstaja več različnih metod za rešitev tega problema, vendar pa je za določene naloge še vedno najprimernejši zenitlot.

Grezenje lahko izvajamo na dva načina, prvi način je mehansko grezenje, drugi pa optično grezenje. Optično grezenje je možno izvesti s teodolitom ali z optičnimi instrumenti, kot sta nadirlot in zenitlot. Z zenitlotom grezimo v smeri zenita, kot je prikazano na sliki 1.



Slika 1: Grezenje z zenitlotom

Vertikalnost vizurne osi pri horizontiranem instrumentu lahko dosežemo z libelo, s kompenzatorjem ali z instrumenti s tekočinskim horizontom. Instrument mora za optimalno delovanje izpolnjevati določene pogoje. Glavni pogoj je, da mora biti vertikalna os vertikalna, ko je kompenzator v ravnovesni legi. Dodatni pogoj je, da mora biti vizurna os vzporedna z vertikalno osjo.

Natančnost grezenja je odvisna od natančnosti instrumenta σ_{inst} , natančnosti centriranja σ_{cet} in natančnosti označevanja σ_{ozn} . (Koler, 2013)

$$\sigma_{grez} = \sqrt{\sigma_{inst}^2 + \sigma_{cent}^2 + \sigma_{ozn}^2} \quad (1)$$

Za določitev natančnosti instrumenta je potrebno izvesti preizkus, ki ga lahko izvedemo po standardu ISO.

Namen te diplomske naloge je bila izvedba preizkusa instrumenta zenitlot Carl-Zeiss PZL 100 po standardu ISO 17123-7.

2 MEDNARODNA ORGANIZACIJA ZA STANDARDIZIRANJE ISO

Na uradni spletni strani je ISO (The International Organization for Standardization) opisana kot nevladna mednarodna organizacija za standardizacijo, ki obravnava številna tehnična področja. Na področju standardizacije s področja elektrotehnike tesno sodeluje z IEC (International Electrotechnical Commission). Ustanovljena je bila leta 1947 in je največja organizacija za prostovoljne mednarodne standarde na svetu. V okviru te organizacije sprejemajo mednarodne standarde z oznako ISO. Od ustanovitve so objavili že več kot 19 500 mednarodnih standardov. V ISO je vključenih 163 držav. Centralni sekretariat se nahaja v Ženevi v Švici. Trenutno redno zaposlujejo 150 delavcev.

Članstvo v organizaciji ISO se deli v tri skupine:

- polnopravni člani, ki vplivajo na razvoj standardov s sodelovanjem in glasovanjem na sestankih tehničnih odborov ali delovnih skupin
- dopisni člani, ki spremljajo razvoj standardov z udeležbo na sestankih tehničnih odborov ali delovnih skupin
- naročniški člani spremljajo delo organizacije ISO, ampak ne morejo sodelovati pri sprejemanju standardov in se udeleževati sestankov tehničnih odborov ali delovnih skupin.

Mednarodni standardi so pomembni za premagovanje ovir pri mednarodni trgovini proizvodov in storitev. Pomagajo pri izboljšanju kvalitete proizvodov in storitev ter s tem pripomorejo k zadovoljstvu strank. Pomagajo tudi povečati produktivnost in zmanjšati negativne vplive na okolje (ISO, 2013).

2.1 Standardi

Na spletni strani gospodarske zbornice Slovenije najdemo odgovor na vprašanje, kaj je standard?

»Standard je dokument, ki nastane s konsenzom in ga odobri priznani organ in ki določa pravila ali značilnosti za dejavnosti in njihove rezultate - izdelke, storitve, procese in proizvodne postopke ter je namenjen za občo in večkratno uporabo in usmerjen v doseganje optimalne stopnje urejenosti na danem področju.

V standardih lahko najdemo tehnične specifikacije in druga natančna merila, ki se pogosto uporabljajo kot pravila, navodila, preskusni postopki ali definicije posameznih značilnosti. Standardi se pripravljajo predvsem zato, da bi bili materiali, izdelki, postopki in storitve, ki so skladni z njimi, primerni za uporabo.« (Gospodarska Zbornica Slovenije, 7.3.2013, (http://www.gzs.si/slo/panoge/zbornica_gradbenistva_in_industrije_gradbenega_materiala/gradbeni_standardi/splosno_o_standardih))

Mednarodni standardi so izdelani v skladu s pravili, ki jih podajajo ISO/IEC direktive.

Tehnični odbori pripravljajo mednarodne standarde, o katerih nato glasujejo polnopravni člani. Standard je sprejet, če zanj glasuje 75% članic. Tehnični odbori se delijo na sektorje za (ISO, 2013):

- Kmetijstvo
- Osnovne kemikalije
- Osnovne predmete
- Gradnjo
- Okolje
- Zdravje in medicino
- Obdelavo informacij, grafiko, fotografijo in storitve
- Mehansko inženirstvo
- Nekovinske materiale
- Rude in kovino
- Pakiranje/distribucijo blaga
- Posebne tehnologije.

Kot je navedeno v uvodu standarda ISO 17123-7, ki sem ga uporabila pri testu instrumenta, ta spada v sektor posebne tehnologije. Pripravil ga je tehnični odbor ISO/TC 172 (Optics and photonics), pododbor SC 6 (Geodetic and surveying instruments). ISO 17123 vsebuje osem delov pod imenom Terenski postopki za testiranje geodetskih in merskih instrumentov:

- Del 1: Teorija
- Del 2: Nivelirji
- Del 3: Teodoliti
- Del 4: Elektrooptični razdaljemerji
- Del 5: Elektronski tahimetri
- Del 6: Rotacijski laserji
- Del 7: Instrumenti za optično grezenje
- Del 8: GNSS-terenski merski sistem v realnem času.

Instrument Carl-Zeiss PZL 100 smo preizkusili po standardu ISO 17123-7.

3 PREIZKUS ZENITLOTA CARL-ZEISS PZL 100

Za izvedbo testa smo uporabili naslednji instrumentarij in pribor:

- zenitlot Carl-Zeiss PZL 100
- teodolit THEO 020
- stativ
- lesena konstrukcija z milimetrskim papirjem
- podnožka
- termometer.

3.1 Zenitlot Carl-Zeiss PZL 100

Zenitlot Carl-Zeiss PZL 100 (Slika 2) je precizno zenitno grezilo, ki ima kompenzator za zagotavljanje vertikalnosti vizure in so ga razvili iz nivelirja Koni 007. Odstopanje od srednje vrednosti greženja je ± 1 mm na 100 m.

Za centriranje instrumenta je v podnožju vgrajeno optično grezilo. Za grobo horizontiranje ima dozno libelo z natančnostjo horizontiranja 8'. Za fino horizontiranje pa cevno libelo z natančnostjo horizontiranja 30". Na ohišju se poleg libel nahajajo še okular, vijak za fokusiranje in vijak za fino nastavitve stranskih pomikov (Capuder, 1991).



Slika 2: Zenitlot Carl-Zeiss PZL 100

Zenitlot mora za pravilno delovanje zagotavljati vertikalno vizurno os, ki mora biti pravokotna na os libele. Na pogrešek vizurne osi lahko vpliva ekscentriciteta vizurne osi, ki je majhna, odmik vizurne osi od vertikale in pomik vizurne osi v odvisnosti od fokusiranja. Ta pogrešek lahko odstranimo z meritvami izvedenimi v dveh diametralnih legah (Capuder, 1991).

Zenitlot Carl-Zeiss PZL 100 se uporablja za grezenje. Na primer pri gradnjah nebotičnikov, televizijskih stolpov, hidroelektrarn in mostov, pri nadzoru deformacij dvigal in cevovodov in tudi pri merjenju deformacij rudarskih jaškov.

V primerjavi z optičnimi grezili imajo precizna optična grezila teleskope z večjo povečavo in fokusirne leče za večje razdalje in višine. Večjo natančnost pri večjih razdaljah in višinah dosežejo, ker imajo vgrajene boljše naprave za horizontiranje.

Tehnični podatki o zenitlotu Carl-Zeiss PZL 100 so zbrani v preglednici 1 (Deumlich, 1982).

Preglednica 1: Tehnični podatki o zenitlotu Carl-Zeiss PZL 100

Povečava	31,5 x
Premer leče objektivna	40 mm
Najkrajša razdalja opazovanja	2,2 m
Najdaljša razdalja opazovanja	100 m
Višina teleskopa	335 mm
Teža instrumenta	4,8 kg
Natančnost pri eni meritvi	1:100 000
Zorni kot	1,3'

3.2 Izvedba testa po ISO 17123-7

Na leseni konstrukciji je bil pritrjen milimetrski papir z lokalnim koordinatnim sistemom (Slika 3). Ob stavbi fakultete smo na višini 10,10 m postavili leseno konstrukcijo, kot je zahtevano v primeru preizkusa po standardu ISO. Višino izračunamo po naslednji enačbi:

$$t \geq 2,9 \times \frac{h}{f} \quad (2)$$

kjer je:

2,9...konstanta, ki omogoča dobro vidnost in oceno odčitka na intervalu mreže;

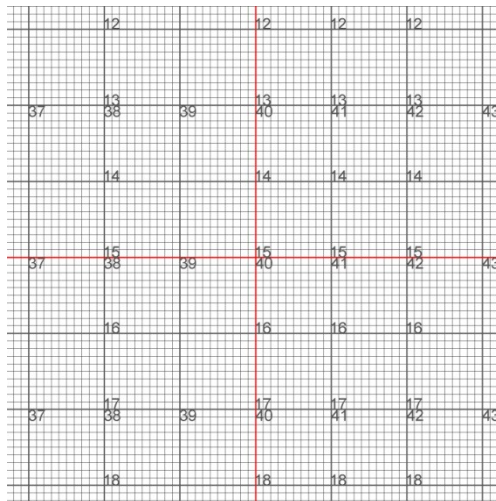
h...višina grezenja;

Γ ...povečava teleskopa;



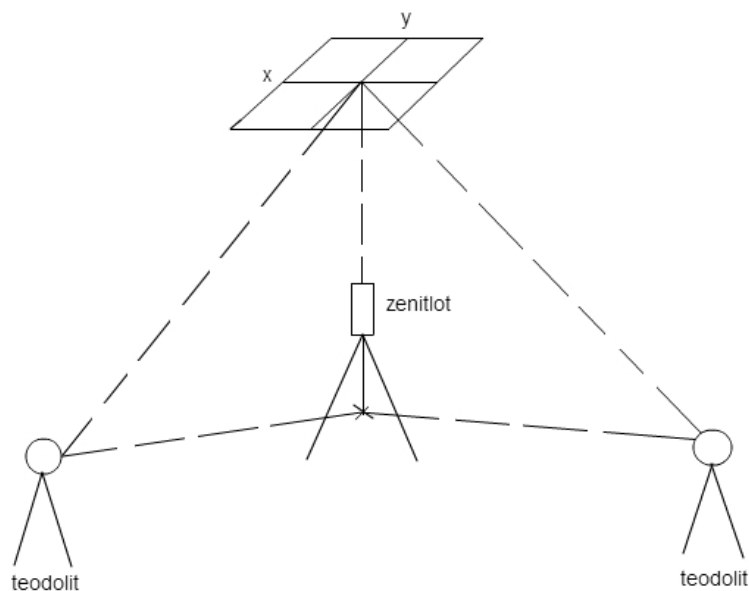
Slika 3: Lesena konstrukcija z milimetrskim papirjem

Izhodiščno točko koordinatnega sistema (Slika 4), ki jo predstavlja točka (40,15), smo prenesli na tla s pomočjo teodolita Carl-Zeiss THEO 020.



Slika 4: Prikaz uporabljenega milimetrskega papirja

Teodolit smo postavili v dveh približno pravokotnih smereh in s prenosom vizure poiskali presečišče smeri (Slika 5). Točko na tleh smo označili na lepilnem traku, prilepljenem na podnožki.



Slika 5: Prenos točke na tla

Na to točko smo nato postavili zenitlot in ga centralni ter horizontalni (Slika 6).



Slika 6: Postavitev lesene konstrukcije in zenitlota

Nitni križ smo orientirali vzporedno s koordinatnim sistemom na milimetrskem papirju. Pred meritvami smo izmerili še temperaturo. Zaradi velike razlike med temperaturo inštrumenta in zunanjo temperaturo smo počakali, da se je inštrument aklimatiziral. Potreben čas za aklimatizacijo je 2 minuti za vsako stopinjo temperaturne razlike. Meritve smo izvedli v treh serijah ($m=3$, za $i=1, \dots, m$). V vsaki seriji smo naredili 10 nizov meritev ($n=10$, za $j=1, \dots, n$). Pred vsako novo serijo smo inštrumentu z vznožnimi vijaki malo spremenili višino. V vsakem setu smo opravili dve meritvi $x_{j,I}$ in $x_{j,II}$ v diametralno nasprotnih smereh na x osi in dve meritvi $y_{j,I}$ in $y_{j,II}$ prav tako v diametralno nasprotnih smereh na y osi.

Test zenitlota smo izvedli dvakrat pri različni temperaturi. Tako smo lahko izvedli statistični test, pri katerem je primerjamo dva različna vzorca. Prvič smo test izvedli 25. 1. 2013, pri temperaturi 0°C , drugič pa 27. 8. 2013 pri temperaturi 19°C . Ostali pogoji so bili nespremenjeni.

3.3 Obdelava meritev

Meritve iz vsake serije obravnavamo posebej. V preglednicah 2 in 3 so zbrane meritve vseh treh serij.

Preglednica 2: Izmerjene vrednosti $x_{j,I}$, $y_{j,I}$, $x_{j,II}$ in $y_{j,II}$ za vse tri serije, test dne 25. 1. 2013

Meritev	Izmerjene vrednosti (mm)											
	1. serija				2. serija				3. serija			
j	$x_{j,I}$	$y_{j,I}$	$x_{j,II}$	$y_{j,II}$	$x_{j,I}$	$y_{j,I}$	$x_{j,II}$	$y_{j,II}$	$x_{j,I}$	$y_{j,I}$	$x_{j,II}$	$y_{j,II}$
1	146,3	396,9	147,1	397,6	146,6	397,0	147,0	397,8	146,4	397,1	146,9	397,8
2	146,4	396,9	147,2	397,9	146,7	397,0	147,0	397,5	146,6	397,0	147,0	397,8
3	146,4	397,0	147,1	397,8	146,5	397,1	146,9	397,5	146,3	397,1	146,9	397,6
4	146,4	397,0	147,2	397,9	146,6	397,0	147,0	397,6	146,3	397,0	147,0	397,5
5	146,7	397,0	147,1	397,9	146,6	396,9	147,0	397,5	146,4	397,0	147,0	397,6
6	146,6	397,0	147,1	397,8	146,6	397,0	147,0	397,7	146,6	397,1	147,1	397,8
7	146,7	397,0	147,2	397,8	146,6	397,1	147,1	397,8	146,6	397,1	147,0	397,7
8	146,6	397,0	147,1	397,8	146,5	397,1	147,0	397,7	146,5	397,1	147,1	397,8
9	146,4	397,1	147,1	397,8	146,6	397,1	147,1	397,6	146,6	397,1	147,0	397,7
10	146,5	397,0	147,0	397,7	146,6	397,1	147,0	397,8	146,5	397,1	147,0	397,8

Preglednica 3: Izmerjene vrednosti $x_{j,I}$, $y_{j,I}$, $x_{j,II}$ in $y_{j,II}$ za vse tri serije, test dne 27. 8. 2013

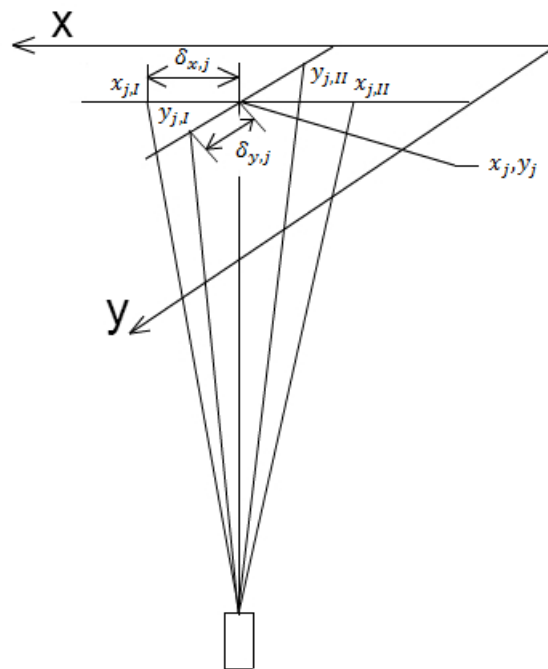
Meritev	Izmerjene vrednosti (mm)											
	1. serija				2. serija				3. serija			
j	$x_{j,I}$	$y_{j,I}$	$x_{j,II}$	$y_{j,II}$	$x_{j,I}$	$y_{j,I}$	$x_{j,II}$	$y_{j,II}$	$x_{j,I}$	$y_{j,I}$	$x_{j,II}$	$y_{j,II}$
1	147,3	402,6	148,8	404,0	146,0	401,9	147,6	403,3	145,8	401,9	147,0	403,0
2	147,4	402,6	148,9	404,0	145,9	401,8	147,3	403,1	146,0	401,7	147,1	403,0
3	147,2	402,5	148,8	404,0	146,0	401,8	147,4	403,0	145,9	401,7	147,2	403,0
4	147,2	402,5	148,8	404,0	146,0	401,9	147,5	403,1	146,0	401,6	147,2	403,0
5	147,2	402,4	148,9	404,0	146,0	401,8	147,4	403,1	145,9	401,6	147,3	403,0
6	147,2	402,5	148,9	404,0	146,0	401,9	147,4	403,1	146,0	401,6	147,2	403,0
7	147,3	402,3	148,9	404,0	145,9	401,8	147,3	403,1	145,9	401,7	147,2	403,0
8	147,4	402,4	149,0	404,0	146,0	401,8	147,3	403,1	145,9	401,7	147,2	403,0
9	147,3	402,4	148,9	404,0	145,9	401,8	147,2	403,1	146,0	401,7	147,1	403,0
10	147,3	402,4	148,9	404,0	145,9	401,7	147,3	403,0	145,9	401,8	147,1	403,0

Najprej izračunamo razliko med meritvami $x_{j,I}$ in $x_{j,II}$ ter enako za meritvi $y_{j,I}$ in $y_{j,II}$, ki predstavljajo odstopanja od vertikale v obeh smereh. Razliko si izračunamo po enačbi:

$$\delta x_j = \frac{1}{2} \times (x_{j,I} - x_{j,II}); j = 1, \dots, 10 \quad (3)$$

$$\delta y_j = \frac{1}{2} \times (y_{j,I} - y_{j,II}); j = 1, \dots, 10 \quad (4)$$

Grafično so razlike v x in y osi prikazane na sliki 7.



Slika 7: Grafična predstavitev odstopanj v x in y osi

V preglednicah 4 in 5 so prikazana odstopanja od vertikalne δx_j in δy_j za vse tri serije.

Preglednica 4: Odstopanja od vertikalne δx_j in δy_j za vse tri serije, test dne 25. 1. 2013

Meritev	Izračunana odstopanja v smeri x in y(mm)					
	1. serija		2. serija		3. serija	
j	δx_j	δy_j	δx_j	δy_j	δx_j	δy_j
1	-0,40	-0,35	-0,20	-0,40	-0,25	-0,35
2	-0,40	-0,50	-0,15	-0,25	-0,20	-0,40
3	-0,35	-0,40	-0,20	-0,20	-0,30	-0,25
4	-0,40	-0,45	-0,20	-0,30	-0,35	-0,25
5	-0,20	-0,45	-0,20	-0,30	-0,30	-0,30
6	-0,25	-0,40	-0,20	-0,35	-0,25	-0,35
7	-0,25	-0,40	-0,25	-0,35	-0,20	-0,30
8	-0,25	-0,40	-0,25	-0,30	-0,30	-0,35
9	-0,35	-0,35	-0,25	-0,25	-0,20	-0,30
10	-0,25	-0,35	-0,20	-0,35	-0,25	-0,35

Preglednica 5: Odstopanja od vertikalne δx_j in δy_j za vse tri serije, test dne 27. 8. 2013

Meritev	Izračunana odstopanja v smeri x in y (mm)					
	1. serija		2. serija		3. serija	
j	δx_j	δy_j	δx_j	δy_j	δx_j	δy_j
1	-0,75	-0,70	-0,80	-0,70	-0,60	-0,55
2	-0,75	-0,70	-0,70	-0,65	-0,55	-0,65
3	-0,80	-0,75	-0,70	-0,60	-0,65	-0,65
4	-0,80	-0,75	-0,75	-0,60	-0,60	-0,70
5	-0,85	-0,80	-0,70	-0,65	-0,70	-0,70
6	-0,85	-0,75	-0,70	-0,60	-0,60	-0,70
7	-0,80	-0,85	-0,70	-0,65	-0,65	-0,65
8	-0,80	-0,80	-0,65	-0,65	-0,65	-0,65
9	-0,80	-0,80	-0,65	-0,65	-0,55	-0,65
10	-0,80	-0,80	-0,70	-0,65	-0,60	-0,60

Nato izračunamo srednje vrednosti x_j in y_j .

$$x_j = \frac{1}{2} \times (x_{j,I} + x_{j,II}); j = 1, \dots, 10 \quad (5)$$

$$y_j = \frac{1}{2} \times (y_{j,I} + y_{j,II}); j = 1, \dots, 10 \quad (6)$$

x_j je srednja vrednost izračunana iz opazovanj $x_{j,I}$ in $x_{j,II}$.

y_j je srednja vrednost izračunana iz opazovanj $y_{j,I}$ in $y_{j,II}$.

V preglednicah 6 in 7 so zbrane srednje vrednosti x_j in y_j za vse tri serije.

Preglednica 6: Srednje vrednosti x_j in y_j za vse tri serije, test dne 25. 1. 2013

Meritev	Srednja vrednost (mm)					
	1. serija		2. serija		3. serija	
j	x_j	y_j	x_j	y_j	x_j	y_j
1	146,70	397,25	146,80	397,40	146,65	397,45
2	146,80	397,40	146,85	397,25	146,80	397,40
3	146,75	397,40	146,70	397,30	146,60	397,35
4	146,80	397,45	146,80	397,30	146,65	397,25
5	146,90	397,45	146,80	397,20	146,70	397,30
6	146,85	397,40	146,80	397,35	146,85	397,45
7	146,95	397,40	146,85	397,45	146,80	397,40
8	146,85	397,40	146,75	397,40	146,80	397,45
9	146,75	397,45	146,85	397,35	146,80	397,40
10	146,75	397,35	146,80	397,45	146,75	397,45

Preglednica 7: Srednje vrednosti x_j in y_j za vse tri serije, test dne 27. 8. 2013

Meritev	Srednja vrednost (mm)					
	1. serija		2. serija		3. serija	
j	x_j	y_j	x_j	y_j	x_j	y_j
1	148,05	403,30	146,80	402,60	146,40	402,45
2	148,15	403,30	146,60	402,45	146,55	402,35
3	148,00	403,25	146,70	402,40	146,55	402,35
4	148,00	403,25	146,75	402,50	146,60	402,30
5	148,05	403,20	146,70	402,45	146,60	402,30
6	148,05	403,25	146,70	402,50	146,60	402,30
7	148,10	403,15	146,60	402,45	146,55	402,35
8	148,20	403,20	146,65	402,45	146,55	402,35
9	148,10	403,20	146,55	402,45	146,55	402,35
10	148,10	403,20	146,60	402,35	146,50	402,40

Srednja vrednost za vseh deset nizov je izračunana po enačbah:

$$\bar{x} = \frac{1}{10} \times \sum_{j=1}^{10} x_j \quad (7)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{10} \times \sum_{j=1}^{10} y_j \quad (8)$$

$$\overline{\delta x} = \frac{1}{10} \times \sum_{j=1}^{10} \delta x_j \quad (9)$$

$$\overline{\delta y} = \frac{1}{10} \times \sum_{j=1}^{10} \delta y_j \quad (10)$$

Nato izračunamo odstopanja od posamezne meritve r_{xj} in r_{yj} .

$$r_{xj} = \bar{x} - x_j \quad (11)$$

$$r_{yj} = \bar{y} - y_j \quad (12)$$

V preglednicah 8 in 9 najdemo odstopanja od posamezne meritve za vse tri serije.

Preglednica 8: Odstopanja od srednje vrednosti r_{xj} in r_{yj} za vse tri serije, test dne 25. 1. 2013

Meritev	Odstopanja od srednje vrednosti (mm)					
	1. serija		2. serija		3. serija	
j	r_{xj}	r_{yj}	r_{xj}	r_{yj}	r_{xj}	r_{yj}
1	0,11	0,15	0,00	-0,06	0,09	-0,06
2	0,01	-0,01	-0,05	0,10	-0,06	-0,01
3	0,06	-0,01	0,10	0,05	0,14	0,04
4	0,01	-0,06	0,00	0,05	0,09	0,14
5	-0,09	-0,06	0,00	0,15	0,04	0,09
6	-0,04	-0,01	0,00	-0,01	-0,11	-0,06
7	-0,14	-0,01	-0,05	-0,11	-0,06	-0,01
8	-0,04	-0,01	0,05	-0,06	-0,06	-0,06
9	0,06	-0,06	-0,05	-0,01	-0,06	-0,01
10	0,06	0,05	0,00	-0,11	-0,01	-0,06

Preglednica 9: Odstopanja od srednje vrednosti r_{xj} in r_{yj} za vse tri serije, test dne 27. 8. 2013

Meritev	Odstopanja od srednje vrednosti (mm)					
	1. serija		2. serija		3. serija	
j	r_{xj}	r_{yj}	r_{xj}	r_{yj}	r_{xj}	r_{yj}
1	0,03	-0,07	-0,14	-0,14	0,15	-0,10
2	-0,07	-0,07	0,07	0,01	-0,01	0,00
3	0,08	-0,02	-0,04	0,06	-0,01	0,00
4	0,08	-0,02	-0,09	-0,04	-0,06	0,05
5	0,03	0,03	-0,04	0,01	-0,06	0,05
6	0,03	-0,02	-0,04	-0,04	-0,06	0,05
7	-0,02	0,08	0,07	0,01	-0,01	0,00
8	-0,12	0,03	0,02	0,01	-0,01	0,00
9	-0,02	0,03	0,12	0,01	-0,01	0,00
10	-0,02	0,03	0,07	0,11	0,05	-0,05

Končni rezultati i -te serije so:

$$\sum r_{x,i}^2 = \sum_{j=1}^{10} r_{x,i,j}^2 \quad (13)$$

$$\sum r_{y,i}^2 = \sum_{j=1}^{10} r_{y,i,j}^2 \quad (14)$$

$$\sum r_i^2 = \sum r_{x,i}^2 + \sum r_{y,i}^2 \quad (15)$$

$$v_{x,i} = v_{y,i} = 10 - 1 = 9 \quad (16)$$

$$v_i = 20 - 2 = 18 \quad (17)$$

$$s_{x,i} = \sqrt{\frac{\sum r_{x,i}^2}{v_{x,i}}} = \sqrt{\frac{\sum r_{x,i}^2}{9}} \quad (18)$$

$$s_{y,i} = \sqrt{\frac{\sum r_{y,i}^2}{v_{y,i}}} = \sqrt{\frac{\sum r_{y,i}^2}{9}} \quad (19)$$

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{v_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{18}} \quad (20)$$

V preglednicah 10 in 11 so zbrani končni rezultati za vse tri serije.

Preglednica 10: Končni rezultati za vse tri serije, test dne 25. 1. 2013

	$\sum r_{x,i}^2$ (mm ²)	$\sum r_{y,i}^2$ (mm ²)	$\sum r_i^2$ (mm ²)	$v_{x,i}$ = $v_{y,i}$	v_i	$s_{x,i}$ (mm)	$s_{y,i}$ (mm)	s_i (mm)
1.serija	0,0540	0,0323	0,0863	9	18	0,08	0,06	0,07
2.serija	0,0200	0,0623	0,0823	9	18	0,05	0,08	0,07
3.serija	0,0640	0,0440	0,1080	9	18	0,08	0,07	0,08

Preglednica 11: Končni rezultati za vse tri serije, test dne 27. 8. 2013

	$\sum r_{x,i}^2$ (mm ²)	$\sum r_{y,i}^2$ (mm ²)	$\sum r_i^2$ (mm ²)	$v_{x,i}$ = $v_{y,i}$	v_i	$s_{x,i}$ (mm)	$s_{y,i}$ (mm)	s_i (mm)
1.serija	0,0360	0,0210	0,0570	9	18	0,06	0,05	0,06
2.serija	0,0553	0,0390	0,0943	9	18	0,08	0,07	0,07
3.serija	0,0323	0,0200	0,0523	9	18	0,06	0,05	0,05

Kjer je

$\sum r_{x,i}^2$...vsota kvadratov odstopanj od srednje vrednosti v x smeri;

$\sum r_{y,i}^2$...vsota kvadratov odstopanj od srednje vrednosti v y smeri;

$\sum r_i^2$...skupna vsota kvadratov odstopanj od srednje vrednosti;

$v_{x,i} = v_{y,i}$...število prostostnih stopenj za x in y komponente;

v_i ...število prostostnih stopenj;

$s_{x,i}$...standardni odklon x komponente prenešene točke za višino h , določeno v obeh legah inštrumenta;

$s_{y,i}$...standardni odklon y komponente prenesene točke za višino h , določeno v obeh legah inštrumenta;

s_i ...standardni odklon prenesene točke za višino h , določeno v obeh legah inštrumenta;

Izračunala sem tudi priporočene x in y komponente standardnega odklona posebej.

$$\sum_{i=1}^3 v_{x,i} = \sum_{i=1}^3 v_{y,i} = 27 \quad (21)$$

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum r_{x,1}^2 + \sum r_{x,2}^2 + \sum r_{x,3}^2}{v_{x,1} + v_{x,2} + v_{x,3}}} = 0,07 \text{ mm (test dne 25. 1.), } 0,07 \text{ mm (test dne 27. 8.)} \quad (22)$$

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum r_{y,1}^2 + \sum r_{y,2}^2 + \sum r_{y,3}^2}{v_{y,1} + v_{y,2} + v_{y,3}}} = 0,07 \text{ mm (test dne 25. 1.), } 0,05 \text{ mm (test dne 27. 8.)} \quad (23)$$

Skupna vsota prostostnih stopenj je:

$$v = \sum_{i=1}^3 v_i = 54 \quad (24)$$

Standardni odklon prenesene točke za višino h , določeno enkrat v obeh legah, izračunan iz izmer v vseh serijah je:

$$s = \sqrt{\frac{\sum r_1^2 + \sum r_2^2 + \sum r_3^2}{v}} = 0,07 \text{ mm (test dne 25. 1.), } 0,06 \text{ mm (test dne 27. 8.)} \quad (25)$$

Natančnosti zapišemo na sledeči način:

$$S_{ISO-plumb} = \frac{s}{h} [ali = s(pri h)] \quad (26)$$

Ocenjeni odklon vizurne osi od vertikale, δ , lahko določimo s srednjimi vrednostmi, $\overline{\delta x}$, $\overline{\delta y}$ za vsako serijo i :

$$\delta_x = \frac{\sum_{i=1}^3 \overline{\delta x_i}}{3} = -0,26 \text{ mm (test dne 25. 1.), } -0,71 \text{ mm (test dne 27. 8.)} \quad (27)$$

$$\delta_y = \frac{\sum_{i=1}^3 \overline{\delta y_i}}{3} = -0,34 \text{ mm (test dne 25. 1.), } -0,69 \text{ mm (test dne 27. 8.)} \quad (28)$$

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} = 0,43 \text{ mm (test dne 25. 1.), } 0,98 \text{ mm (test dne 27. 8.)} \quad (29)$$

Standardni odklon izračunamo po enačbi:

$$s_\delta = s \left(\frac{1}{\sqrt{3} \times \sqrt{10}} \right) = 0,01 \text{ mm} \quad (30)$$

3.4 Statistični testi

Statistične teste, za interpretacijo rezultatov, izvedemo z uporabo standardnega odklona s , odklona δ in njegovega standardnega odklona s_δ ter δ_x in δ_y z njegovima standardnima odklonoma s_{δ_x} in s_{δ_y} .

Z izvedbo statističnih testov dobimo odgovore na naslednja vprašanja:

- a) Ali je izračunan standardni odklon s manjši kot vrednost σ , določena s strani proizvajalca, ali neke druge vnaprej določene vrednosti σ ?
- b) Ali dva standardna odklona s in \bar{s} , ki sta določena iz dveh različnih vzorcev meritev, pripadata isti populaciji, če predpostavimo, da imata oba vzorca isto višino h in isto prostostno stopnjo v ?

Testna standardna odklona s in \bar{s} lahko pridobimo iz:

- 1) Dveh vzorcev meritev z istim instrumentom in različnim operaterjem ali
 - 2) dveh vzorcev meritev z istim instrumentom ob različnih časih ali
 - 3) dveh vzorcev meritev z različnim instrumentom.
-
- c) Ali je testni standardni odklon s_x , x-komponente enak testnemu standardnemu odklonu s_y , y-komponente?
 - d) Ali je odklon δ enaka 0?

Stopnja zaupanja za te teste znaša $1 - \alpha = 0,95$.

V preglednici 12 so predstavljene hipoteze in alternativne hipoteze.

Preglednica 12: Statistični testi

Vprašanje	Ničelna hipoteza	Alternativna hipoteza
a)	$s \leq \sigma$	$s = \sigma$
b)	$\sigma = \tilde{\sigma}$	$\sigma \neq \tilde{\sigma}$
c)	$\sigma_x = \sigma_y$	$\sigma_x \neq \sigma_y$
d)	$\delta = 0$	$\delta \neq 0$

3.4.1 Odgovor na vprašanje a)

Ničelna hipoteza, ki pravi, da je testni standardni odklon s , manjši ali enak teoretični ali vnaprej določeni vrednosti σ , ni zavrnjena, če so izpolnjeni naslednji pogoji:

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{\chi_1^2 - \alpha(v)}{v}} \quad (31)$$

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{\chi_{0,95}^2(54)}{54}} \quad (32)$$

$$\chi_{0,95}^2(54) = 72,15 \quad (33)$$

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{72,15}{54}} \quad (34)$$

$$s \leq \sigma \times 1,16 \quad (35)$$

V našem primeru za test dne 25.1.2013 je rezultat naslednji:

$$0,000\ 0072 \leq 0,000\ 0100 \times 1,16 \quad (36)$$

$$0,000\ 0072 \leq 0,000\ 0116 \quad (37)$$

Pogoj je izpolnjen, zato ničelna hipoteza ni zavrnjena s 95 % stopnjo zaupanja.

3.4.2 Odgovor na vprašanje b)

V primeru dveh različnih vzorcev test pokaže, če testna standardna odklona s in \bar{s} pripadata isti populaciji. Ničelna hipoteza $\sigma = \bar{\sigma}$ ni zavrnjena, če so izpolnjeni naslednji pogoji:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v_1, v_2)} \leq \frac{s^2}{\bar{s}^2} \leq F_{1-\frac{\alpha}{2}}(v_1, v_2) \quad (38)$$

$$\frac{1}{F_{0,975}(54,54)} \leq \frac{s^2}{\bar{s}^2} \leq F_{0,975}(54,54) \quad (39)$$

$$F_{0,975}(54,54) = 1,71 \quad (40)$$

$$0,58 \leq \frac{s^2}{\bar{s}^2} \leq 1,71 \quad (41)$$

V našem primeru je rezultat naslednji:

$$0,58 \leq \frac{0,07^2}{0,06^2} \leq 1,71 \quad (42)$$

$$0,58 \leq 1,36 \leq 1,71 \quad (43)$$

Pogoji so izpolnjeni, zato ničelna hipoteza ni zavrnjena s 95 % stopnjo zaupanja.

3.4.3 Odgovor na vprašanje c)

Ničelna hipoteza, ki pravi, da testna standardna odklona s_x in s_y pripadata isti populaciji, ni zavrnjena, če so izpolnjeni naslednji pogoji:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v_x, v_y)} \leq \frac{s_x^2}{s_y^2} \leq F_{1-\frac{\alpha}{2}}(v_x, v_y) \quad (44)$$

$$v_x = v_y = 27 \quad (45)$$

$$\frac{1}{F_{0,975}(27,27)} \leq \frac{s_x^2}{s_y^2} \leq F_{0,975}(27,27) \quad (46)$$

$$F_{0,975}(27,27) = 2,16 \quad (47)$$

$$0,46 \leq \frac{s_x^2}{s_y^2} \leq 2,16 \quad (48)$$

$$0,46 \leq \frac{0,51}{0,51} \leq 2,16 \quad (49)$$

$$0,46 \leq 1 \leq 2,16 \quad (50)$$

Pogoj je izpolnjen, zato ničelna hipoteza ni zavrnjena s 95 % stopnjo zaupanja.

3.4.4 Odgovor na vprašanje d)

Hipoteza sovpadanja vizurne osi z vertikalno ni zavrnjena, če so izpolnjeni naslednji pogoji:

$$|\delta| \leq s_\delta \times t_{1-\frac{\alpha}{2}}(v) \quad (51)$$

$$|\delta| \leq s_\delta \times t_{0,975}(54) \quad (52)$$

$$s_\delta = \frac{s}{\sqrt{3} \times \sqrt{10}} \quad (53)$$

$$t_{0,975}(54) = 2,00 \quad (54)$$

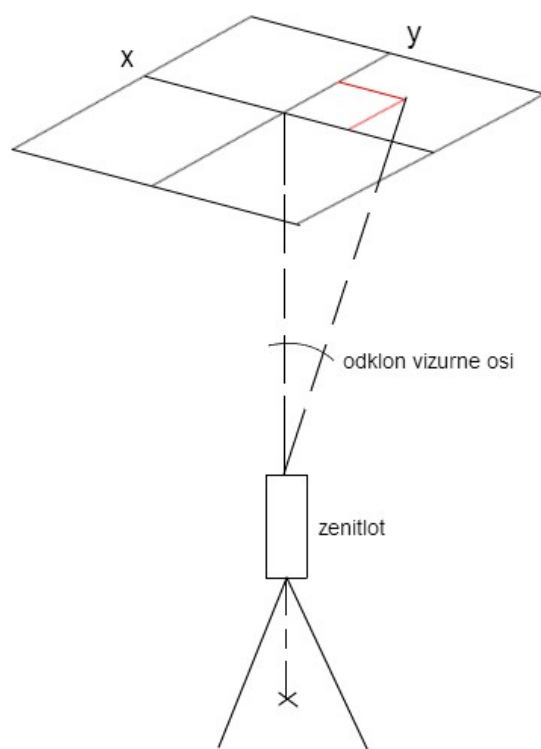
$$|\delta| \leq \frac{s}{\sqrt{3} \times \sqrt{10}} \times 2,00 \quad (55)$$

$$|\delta| \leq s \times 0,37 \quad (56)$$

$$0,43 \leq 0,071 \times 0,37 \quad (57)$$

$$0,43 \leq 0,026 \quad (58)$$

Ta pogoj ni izpolnjen (Slika 8), ničelna hipoteza je zavrnjena s 95 % stopnjo zaupanja. Instrument je potrebno kalibrirati oziroma umeriti.



Slika 8: Odklon vizurne osi

4 ZAKLJUČEK

Preizkus po navodilih standarda ISO 17123-7 je v praksi zelo uporaben. Z njegovo pomočjo lahko ugotovimo, ali je mogoče doseči natančnost, ki jo podaja proizvajalec in ali je določen instrument primeren za uporabo na terenu. S standardi lahko preizkušamo tudi druge instrumente, ki jih v praksi več uporabljamo, kot so na primer GNSS sprejemniki, tahimetri in nivelirji. Uporaba standarda ni zapletena, ker so vsi koraki podrobno predstavljeni. Izvedba preizkusa in statističnih testov je opisana na način, ki je lahko razumljiv in ga ni težko izvesti.

Po izvedbi preizkusa instrumenta zenitlot Carl-Zeiss PZL 100 in izvedbi statističnih testov smo ugotovili naslednje:

- Izračunan standardni odklon s je manjši, kot vrednost σ , določena s strani proizvajalca.
- Testna odklona s in \bar{s} , določena iz dveh različnih vzorcev meritev izvedenih ob različni časih, pripadata isti populaciji.
- Testni standardni odklon s_x , x-komponente je enak testnemu standardnemu odklonu s_y , y-komponente.
- Odklon δ ni enak 0, kar pomeni, da ima vizurna os odklon od vertikalne osi, kot je prikazano na sliki 8. Ta ugotovitev kaže, da je instrument pred uporabo na terenu potrebno kalibrirati oziroma umeriti.

VIRI

Capuder, F. 1991. Določitev stabilnosti opazovalnega stebra na strehi FAGG. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba F. Capuder): str. 14-17.

Deumlich, F. 1982. Optical precision plummets. Surveying instruments: str. 153-155.

ISO 17123-7. 2005. Optical plumbing instruments.

Koler, B. 2012/2013. Predavanja pri predmetu Geodezija v inženirstvu. Osebna komunikacija. (8. 11. 2013.)

Šumrada, R. 2009. Slovenski, evropski in mednarodni standardi za prostorske podatke. Geodetski vestn. 53,2: 319-329.

Gospodarska zbornica Slovenije. Splošno o standardih. 2013.

http://www.gzs.si/slo/panoge/zbornica_gradbenistva_in_industrije_gradbenega_materiala/gradbeni_standardi/splosno_o_standardih

(Pridobljeno 7. 3. 2013.)

ISO - International Organization for Standardization. 2013.

<http://www.iso.org/iso/home.html>

(Pridobljeno 12. 9. 2013.)

Mencin, A. 2011. Preizkus GNSS-RTK-instrumentov po ISO-standardu 17123-8. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, (samozaložba A. Mencin): 97f.

Prešeren, P., Mencin, A., Stopar, B. 2010. Analiza preizkusa instrumentarja GNSS-RTK po navodilih standarda ISO 17123-8. Geodetski vest. 54,4: 607-626.

Slovenski inštitut za standardizacijo. 2013. Sistem standardizacije v Sloveniji.

http://www.sist.si/index.php?option=com_content&view=article&id=74&Itemid=106&lang=sl

(Pridobljeno 1. 10. 2013.)