

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Univerzitetni program Geodezija,
smer Geodezija

Kandidat:

Matej Kolenc

Analiza klasično in z avtomatskim viziranjem izvedenih opazovanj na mreži večjih razsežnosti

Diplomska naloga št.: 770

Mentor:

izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič

Somentor:

izr. prof. dr. Dušan Kogoj

Ljubljana, 2. 12. 2008

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako **Vrstica z napako** **Namesto** **Naj bo**

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **MATEJ KOLENC** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
**»ANALIZA KLASIČNO IN Z AVTOMATSKIM VIZIRANJEM IZVEDENIH
OPAZOVANJ NA MREŽI VEČJIH RAZSEŽNOSTI«**

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske
separatoteke FGG.

Ljubljana, 14.11.2008

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.02(043.2)
Avtor:	Matej Kolenc
Mentor:	doc. dr. Tomaž Ambrožič, univ. dipl. inž. geod., univ. dipl. inž. rud.
Somentor:	izr. prof. dr. Dušan Kogoj, univ. dipl. inž. geod.
Naslov:	Analiza klasično in z avtomatskim viziranjem izvedenih opazovanj na mreži večjih razsežnosti
Obseg in oprema:	83 str., 11 pregl., 27 grafik., 24 sl.
Ključne besede:	klasično viziranje tarče, avtomatsko viziranje tarče, analiza natančnosti opazovanj, izravnava, analiza rezultatov izravnave

Izveček

Avtomatsko prepoznavanje in fino viziranje tarče predstavlja stopnjo motoriziranosti instrumenta, pri kateri instrument samodejno opravlja meritve. V diplomski nalogi je bila izvedena primerjava meritev, natančnosti meritev ter rezultatov izravnave za dva instrumenta, za instrument *Leica Geosystems TC2003* z viziranjem operaterja in za instrument *Leica Geosystems TCRP1201 R300* z uporabo avtomatskega viziranja tarče. Z instrumentom *Leica Geosystems TC2003* so bile izvedene meritve v treh girusih, z instrumentom *Leica Geosystems TCRP1201 R300* pa v šestnajstih girusih. Vse analize opazovanj in njihovih natančnosti, opravljenih z instrumentom *Leica Geosystems TCRP1201 R300*, so bile opravljene v sklopih. Prvi sklop je bil dobljen tako, da so bila upoštevana opazovanja iz prvih treh girusov, drugi sklop iz prvih štirih girusov, ... Na podlagi analize natančnosti opravljenih meritev je bilo ugotovljeno, da lahko z avtomatskim viziranjem tarče dobimo natančnosti, ki so primerljive natančnostim meritev operaterja. Na koncu je bila izvedena primerjava in analiza rezultatov izravnave iz opazovanj, dobljenih z obema instrumentoma.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 528.02(043.2)
Author: Matej Kolenc
Supervisor : assist. prof. dr. Tomaž Ambrožič
Co-supervisor: assoc. prof. dr. Dušan Kogoj
Title: Analysis of manual and automatic tracking measurements carried out in a geodetic network of long-range distance
Notes: 83 p., 11 tab., 27 gr., 24 fig.
Key words: classical tracking of target, automatic target recognition, observation accuracy analysis, adjustment, adjustment results analysis

Abstract

The automatic target recognition and fine tracking demonstrate the high level of an instrument's automation since the measurements are performed completely automated. The present work gives a comparison of measurements, measuring accuracy and adjustment results between two instruments, *Leica Geosystems TC2003* with manual tracking and instrument *Leica Geosystems TCRP1201 R300* with automatic target tracking. The measurements with *Leica Geosystems TC2003* were carried out in three sets of angles whereas with *Leica Geosystems TCRP1201 R300*, they were carried out in 16 sets of angles. All analyses of monitoring and measuring accuracy on *Leica Geosystems TCRP1201 R300* were carried out in sets. The first set was obtained by taking the first three sets of angles into account, the second set by taking account of the first four sets of angles, and so on. Based on the accuracy analysis of performed measurements it could be determined that in terms of accuracy the automatic target tracking is comparable to manual measurements. Finally, a comparison and an analysis of measuring results obtained by both instruments were carried out.

ZAHVALA

Zahvaljujem se somentorju izr. prof. Dušanu Kogoju, predvsem pa mentorju doc. dr. Tomažu Ambrožiču, za vestno delo, veliko vloženega časa in strokovno pomoč pri pisanju diplomske naloge. Zahvaljujem se tudi asist. dr. Simoni Savšek – Safić, asist. Alešu Marjetiču, asist. Albinu Mencinu in Bojanu Stegenšku za izvedbo terenskih meritev. Posebno pa bi se rad zahvalil staršem za finančno pomoč in Sandri za moralno podporo v času študija.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	MREŽA NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO.....	3
2.1	Opis mreže	3
2.2	Oblika mreže	3
2.3	Stabilizacija in signalizacija točk geodetsko mikro trigonometrične mreže NE Krško	5
3	INSTRUMENTARIJ.....	7
4	AVTOMATSKO PREPOZNAVANJE IN VIZIRANJE TARČE	11
4.1	Sistem za grobo iskanje tarče.....	11
4.1.1	Princip delovanja	11
4.1.2	Senzor PS.....	12
4.2	Sistemi za fino viziranje tarče.....	15
4.2.1	Princip delovanja	15
4.2.2	Natančnost merjenja.....	20
4.2.3	Kalibracija sistema ATR.....	22
4.2.4	Prikazane vrednosti	23
4.2.5	Območje delovanja ATR.....	23
4.3	Sistem za sledenje tarči.....	24
5	MERITVE IN PRIMERJAVA REZULTATOV PREDHODNE OBDELAVE PODATKOV.....	26
5.1	Izmera mreže.....	26
5.1.1	Izmera mreže z instrumentom Leica Geosystems TC2003	27
5.1.2	Izmera mreže z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300.....	29
5.2	Prenos podatkov.....	31
5.3	Obdelava podatkov in ocena natančnosti opazovanj.....	31
5.3.1	Uporaba programskega paketa Leica Geosystems Liscad.....	32
5.3.2	Obdelava kotnih opazovanj	33
5.3.2.1	Horizontalne smeri.....	33
5.3.2.1.1	Izračun sredin smeri, merjenih v dveh krožnih legah	33
5.3.2.1.2	Izračun sredin smeri iz večih girusov.....	34
5.3.2.2	Zenitne razdalje	34
5.3.2.2.1	Izračun sredin zenitnih razdalj, merjenih v dveh krožnih legah.....	34
5.3.2.2.2	Izračun sredin zenitnih razdalj iz večih girusov	35
5.3.3	Ocena natančnosti kotnih opazovanj	35
5.3.3.1	Ocena natančnosti kotnih opazovanj s programom Leica Geosystems Liscad.....	35
5.3.3.1.1	Ocena natančnosti za horizontalne smeri	36
5.3.3.1.2	Ocena natančnosti za zenitne razdalje	36
5.3.3.2	Ocena natančnosti horizontalnih smeri po girusni metodi	37
5.3.4	Obdelava dolžinskih opazovanj	40

5.3.5	Ocena natančnosti dolžinskih opazovanj.....	40
5.4	Primerjava in vrednotenje rezultatov predhodne obdelave podatkov.....	41
5.4.1	Primerjava natančnosti opazovanih količin, izračunanih s programom Leica Geosystems Liscad 41	
5.4.1.1	Primerjava natančnosti horizontalnih smeri.....	41
5.4.1.2	Primerjava natančnosti zenitnih razdalj	45
5.4.1.3	Primerjava natančnosti dolžin.....	48
5.4.2	Primerjava natančnosti merjenih horizontalnih smeri po girusni metodi	51
5.5	Analiza izračunanih natančnosti	53
5.5.1	Analiza natančnosti horizontalnih smeri.....	53
5.5.2	Analiza natančnosti merjenih zenitnih razdalj	59
6	IZRAVNAVA IN PRIMERJAVA REZULTATOV IZRAVNAVE.....	64
6.1	Redukcije dolžin.....	64
6.1.1	Meteorološki popravki.....	64
6.1.1.1	Prvi popravek hitrosti.....	64
6.1.2	Geometrični popravki.....	68
6.1.2.1	Popravek zaradi ukrivljenosti merskega žarka	69
6.1.2.2	Redukcije zaradi horizontalne ekscentricitete razdaljemera in reflektorja.....	70
6.1.2.3	Izračun poševne dolžine med točkama na terenu (dolžina kamen -kamen).....	70
6.1.3	Projekcijski popravki	71
6.1.3.1	Horizontiranje in redukcija na ničelni nivo	71
6.1.3.2	Izračun dolžine loka na referenčni ploskvi in redukcija na Gauß-Krügerjevo projekcijsko ravnino	72
6.2	Izravnava opazovanj.....	72
6.3	Rezultati izravnave opazovanj.....	75
7	ZAKLJUČEK	79
	VIRI.....	82
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Primerjava osnovnih karakteristik instrumentov	7
Preglednica 2: Primerjava podatkov o zgradbi instrumentov	9
Preglednica 3: Natančnost viziranja s sistemom ATR v odvisnosti od različnih metod merjenja dolžine	21
Preglednica 4: Sprejemljiva stabilnost prizme glede na metodo merjenja dolžine	22
Preglednica 5: Maksimalne razdalje, do katerih deluje samodejno fino viziranje, glede na različne tipe prizem	23
Preglednica 6: Primerjava natančnosti izračunanih s programom Leica Geosystems Liscad (v preglednici LGL) in po girusni metodi (v preglednici GM) v [mgon]	51
Preglednica 7: Vrednosti konstant za izračun E_m in e v torrih	67
Preglednica 8: Izravnane koordinate novih točk	75
Preglednica 9: Značilne vrednosti natančnosti izravnanih koordinat in elipse pogreškov za točke O1, O2, O3, O4 in O5	77
Preglednica 10: Značilne vrednosti natančnosti izravnanih koordinat in elipse pogreškov za točke H1, H2, H3, H4, H5, H6 in H7	77
Preglednica 11: A-posteriori ocena natančnosti	77

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Primerjava natančnosti reduciranih horizontalnih smeri na stojišču O1 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 girusih in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 girusih, izračunanih s programom Leica Geosystems Liscad	42
Grafikon 2: Primerjava natančnosti reduciranih horizontalnih smeri na stojišču O2 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 girusih in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 girusih, izračunanih s programom Leica Geosystems Liscad	42
Grafikon 3: Primerjava natančnosti reduciranih horizontalnih smeri na stojišču O3 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 girusih in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 girusih, izračunanih s programom Leica Geosystems Liscad	43
Grafikon 4: Primerjava natančnosti reduciranih horizontalnih smeri na stojišču O4 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 girusih in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 girusih, izračunanih s programom Leica Geosystems Liscad	43
Grafikon 5: Primerjava natančnosti reduciranih horizontalnih smeri na stojišču O5 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 girusih in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 girusih, izračunanih s programom Leica Geosystems Liscad	44
Grafikon 6: Primerjava natančnosti merjenih zenitnih razdalj na stojišču O1 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 ponovitvah in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 ponovitvah	45
Grafikon 7: Primerjava natančnosti merjenih zenitnih razdalj na stojišču O2 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 ponovitvah in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 ponovitvah	46
Grafikon 8: Primerjava natančnosti merjenih zenitnih razdalj na stojišču O3 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 ponovitvah in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 ponovitvah	46
Grafikon 9: Primerjava natančnosti merjenih zenitnih razdalj na stojišču O4 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 ponovitvah in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 ponovitvah	47
Grafikon 10: Primerjava natančnosti merjenih zenitnih razdalj na stojišču O5 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 ponovitvah in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 ponovitvah	47
Grafikon 11: Primerjava natančnosti merjenih dolžin na stojišču O1 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 ponovitvah in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 ponovitvah	48
Grafikon 12: Primerjava natančnosti merjenih dolžin na stojišču O2 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 ponovitvah in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 ponovitvah	49
Grafikon 13: Primerjava natančnosti merjenih dolžin na stojišču O3 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 ponovitvah in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 ponovitvah	49

Grafikon 14: Primerjava natančnosti merjenih dolžin na stojišču O4 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 ponovitvah in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 ponovitvah	50
Grafikon 15: Primerjava natančnosti merjenih dolžin na stojišču O5 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 ponovitvah in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 ponovitvah	50
Grafikon 16: Primerjava natančnosti horizontalnih smeri merjenih z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300	52
Grafikon 17: Primerjava natančnosti horizontalnih smeri merjenih z instrumentom Leica Geosystems TC2003	52
Grafikon 18: Kolimacijski pogrešek, izračunan za stojišče O1	55
Grafikon 19: Standardne deviacije kolimacijskih pogreškov za stojišče O1	56
Grafikon 20: Srednje vrednosti horizontalne smeri iz stojišča O1 proti točki O5 v odvisnosti števila girusov	57
Grafikon 21: Odstopanja srednje vrednosti horizontalnih smeri na stojišču O1 proti točki O5	57
Grafikon 22: Odstopanja srednje vrednosti horizontalnih smeri na stojišču O4 proti točki H3	58
Grafikon 23 : Indeksni pogrešek izračunan za stojišče O3	60
Grafikon 24: Standardne deviacije indeksnih pogreškov za stojišče O3	60
Grafikon 25: Zenitne razdalje iz stojišča O3 proti točki O5 v odvisnosti števila ponovitev ...	61
Grafikon 26: Odstopanja zenitnih razdalj na stojišču O3 proti točki O5	62
Grafikon 27: Odstopanja zenitnih razdalj na stojišču O4 proti točki H7	62

KAZALO SLIK

Slika 1: Skica mreže geodetskih točk NE Krško (Savšek-Safić et al., 2007)	4
Slika 2: Betonski steber: stabilizacija referenčne točke O5	5
Slika 3: Signalizacija referenčne točke O5	5
Slika 4: Stabilizacija kontrolne točke H6	6
Slika 5: Signalizacija kontrolne točke H6	6
Slika 6: Oddajnik in sprejemnik PS in EGL (TPS1200+, 2007)	12
Slika 7: Slika nastane kot posledica odbitega laserskega snopa sistema PS (TPS1200+, 2007)	13
Slika 8: Test verodostojnosti odbitega signala: test prejete amplitude odbitega signala	14
Slika 9: Test verodostojnosti odbitega signala: test časa skeniranja odbitega signala	14
Slika 10: Zgradba daljnogleda in ATR pri Leica TPS1200+ (TPS1200+, 2007)	15
Slika 11: Poenostavljena slikovna geometrija	16
Slika 12: Fino viziranje – horizontalni in vertikalni odmik	17
Slika 13: Spiralni potek finega viziranja (Singh, 2002)	18
Slika 14: Algoritem poteka merjenja s sistemom ATR	19
Slika 15: Prikaz odvisnosti določitve kotne natančnosti v odvisnosti od velikosti odmika	20
Slika 16: Princip sistema za sledenje tarči	24
Slika 17: Elektronski tahimeter Leica Geosystems TC2003	27
Slika 18: Osnovni meni instrumenta Leica Geosystems TC2003	28
Slika 19: Leica Geosystems TCRP1201 R300	29
Slika 20: Osnovni meni instrumenta Leica Geosystems TCRP1201 R300	30
Slika 21: Razlika med refrakcijsko krivuljo in pripadajočo tetivo	69
Slika 22: Redukcija kamen-kamen z višinskimi razlikami	70
Slika 23: Prehod s tetive na pripadajoči krožni lok	72

1 UVOD

Avtomatsko prepoznavanje tarče predstavlja veliko in pomembno vlogo pri mnogih aplikacijah s področja industrije, drugih področjih ter tudi na področju geodezije postaja čedalje bolj uveljavljen in uporabljen koncept avtomotoriziranosti elektronskih tahimetrov.

Osnovna ideja avtomatskega prepoznavanja tarče temelji na biološkemu sistemu celice oziroma na kakšen način živa bitja zaznavajo in prepoznavajo okolico. Namen je sestaviti model, ki omogoča procesiranje vidnega zaznavanja okolice. Tak model je zmožen procesirati energijo elektromagnetnega valovanja odbitega signala od predmeta, za katerega želimo, da ga sistem prepozna, do skupine senzorjev vgrajenih v instrument.

V geodeziji temelji razvoj elektronskih instrumentov na poenostavitvi dela, pri čemer ima operater manj dela pri upravljanju instrumenta in pri sami izmeri in posledično na zmanjšanje stroškov terenske izmere. Avtomatsko prepoznavanje tarče predstavlja sposobnost elektronskega tahimetra, da prepozna tarčo v prostoru, kjerkoli se nahaja, ter da sledi njenemu premikanju.

V diplomski nalogi bomo preizkušali ali lahko z elektronskim tahimetrom, ki omogoča avtomatsko prepoznavanje tarče, dosežemo primerljive ali celo boljše rezultate kot z elektronskim tahimetrom, katerega upravlja operater. Za primerjavo smo uporabili elektronska tahimetra podjetja *Leica* in sicer *Leica Geosystems TCRP1201 R300* z avtomatskim prepoznavanjem tarče in *Leica Geosystems TC2003* z viziranjem operaterja.

Elektronska tahimetra smo preizkušali na mreži večjih razsežnosti, na mreži Nuklearne elektrarne Krško. Izmero smo izvedli po girusni metodi, dne 29.04.2008. Z elektronskim tahimetrom *Leica Geosystems TC2003* smo izvedli izmero v treh girusih, z elektronskim tahimetrom *Leica Geosystems TCRP1201 R300* pa v šestnajstih girusih oziroma v istem času kot z *Leica Geosystems TC2003* v treh girusih.

Za oba elektronska tahimetra bomo medsebojno primerjali rezultate izmere, natančnosti opazovanih količin ter rezultate izravnave. Dodatno pa bomo za elektronski tahimeter *Leica*

Geosystems TCRP1201 R300 analizirali spreminjanje natančnosti opazovanih količin s povečevanjem števila girusov. Na ta način bomo poskusili ugotoviti ali povečevanje števila girusov pripomore k izboljšanju rezultatov oziroma ali je smotrna uporaba tolikšnega števila girusov.

2 MREŽA NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

2.1 Opis mreže

Na območju Nuklearne elektrarne Krško (v nadaljevanju NE Krško) je za potrebe kontrole stabilnosti referenčnih točk v okolici NE Krško in kontrolnih točk na pregradnih objektih NE Krško razvita geodetska mikro trigonometrična mreža. Meritve v tej mreži se izvajajo že od leta 1979 (Savšek-Safić et al., 2007). Namen ugotavljanja stabilnosti točk je v morebitnih nevarnosti porušitve pregradnega objekta NE.

2.2 Oblika mreže

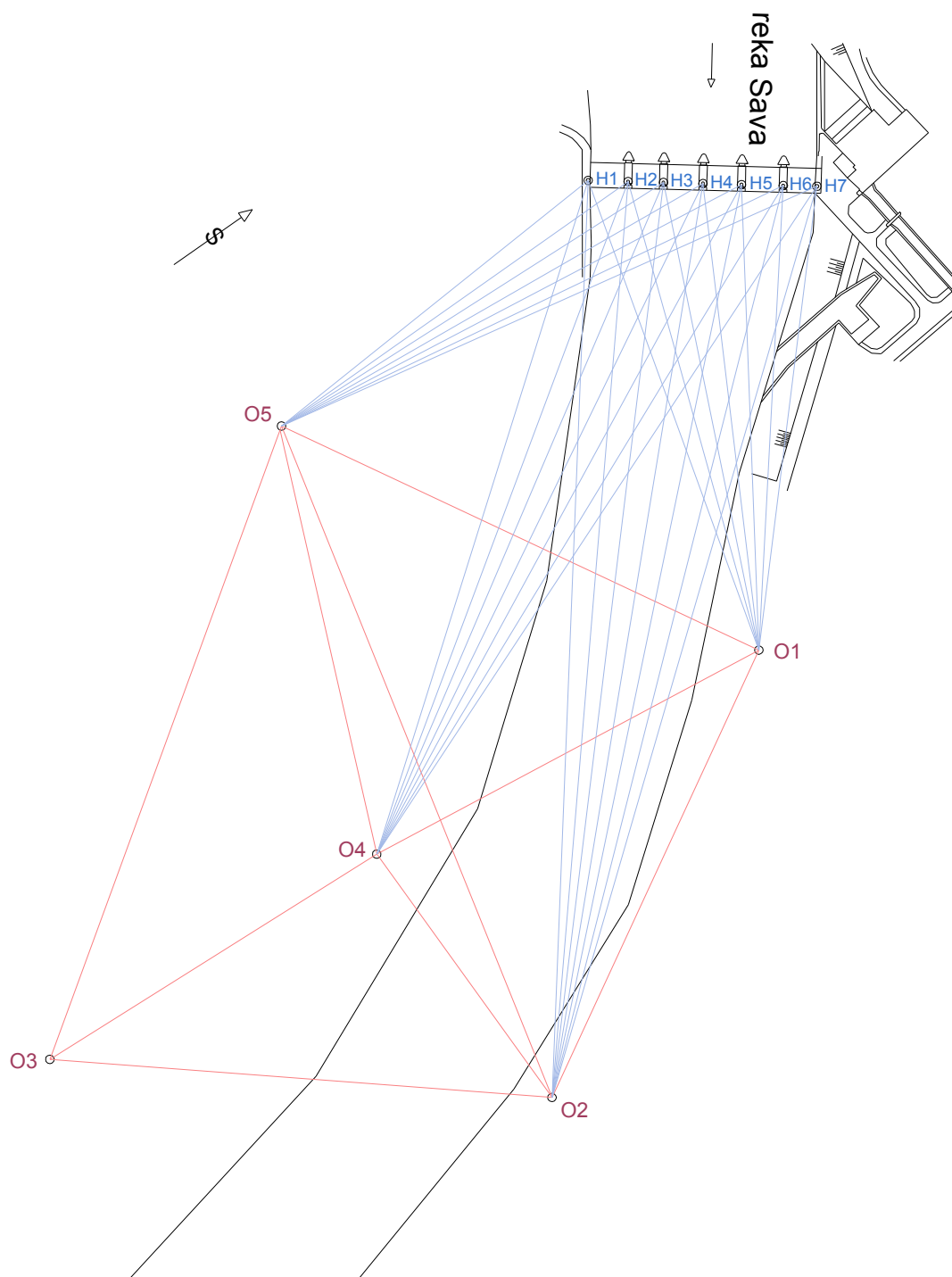
Geodetska horizontalna mreža je terestrična triangulacijsko trilateracijska mikromreža. To pomeni, da v mreži določujemo horizontalne premike na klasičen način z elektronskim tahimetrom z merjenjem horizontalnih smeri in poševnih dolžin.

Referenčnih točk je 5 in so stabilizirane v okolici NE in jezovne zgradbe. Te točke so: O1, O2, O3, O4 in O5.

Kontrolnih točk pa je 7 in so stabilizirane na objektih ob vtoku in ob iztoku. Kontrolne točke so: H1, H2, H3, H4, H5, H6 in H7.

V preteklosti so se opazovanja iz referenčne točke O3, zaradi zaraščenosti terena, pogosto izpustila. V našo izmero smo jo vključili, saj je ta točka najbolj oddaljena od obravnavanega objekta in zato najverjetneje stabilna. Vendar pa smo s te točke opazovali samo tri referenčne točke, saj se zaradi oddaljenosti in zaraščenosti terena ostalih točk ni videlo (Savšek-Safić et al., 2007).

Oblika mreže Krško je prikazana na Sliki 1.



Slika 1: Skica mreže geodetskih točk NE Krško (Savšek-Safić et al., 2007)

2.3 Stabilizacija in signalizacija točk geodetsko mikro trigonometrične mreže NE Krško

Referenčne točke geodetsko mikro trigonometrične mreže NE Krško so stabilizirane z betonskimi stebri, na katerih so vbetonirane kovinske plošče z navoji, ki omogočajo pritvje podnožja instrumenta – prisilno centriranje instrumenta in reflektorja sistema *Leica Wild*. Stabilizacija z betonskim stebrom predstavlja klasično stabilizacijo opazovalnih geodetskih točk za meritve z namenom ugotavljanja deformacij. Taka stabilizacija zagotavlja vedno isti položaj instrumenta in reflektorja.



Slika 2: Betonski steber: stabilizacija referenčne točke O5



Slika 3: Signalizacija referenčne točke O5

Kontrolne točke na pregradi so stabilizirane tako, da prav tako omogočajo prisilno centriranje reflektorja sistema *Leica Wild*. Stabilizirane so z vijakom v betonsko podlago, ta pa omogoča, da lahko privijemo podnožje z nosilcem prizme. Podnožje seveda horizontiramo.



Slika 4: Stabilizacija kontrolne točke H6



Slika 5: Signalizacija kontrolne točke H6

3 INSTRUMENTARIJ

Cilj naloge je primerjava rezultatov meritev z dvema instrumentoma:

- *Leica Geosystems TC2003*;
- *Leica Geosystems TCRP1201 R300*.

Oba instrumenta sta namenjena meritvam, kjer so zahtevane visoke natančnost meritev in rezultatov izmere. *Leica Geosystems TCRP1201 R300* ima sistem za samodejno viziranje tarče, ki bistveno olajša delo operaterja (nadomesti njegovo delo).

Osnovne karakteristike obeh instrumentov so podane v Preglednici 1 (*TPS1200*, 2005; *TCA1800 / TCA2003 / TC2003*, 2004).

Preglednica 1: Primerjava osnovnih karakteristik instrumentov

	TC2003	TCRP1201 R300
KOTNA NATANČNOST		
Natančnost ISO 17123-3	0,5"	1"
Resolucija prikaza	0,1"	0,1"
Območje delovanje kompenzatorja	4'	4'
“nastavljena natančnost”	0,5"	0,5"
DOLŽINSKA NATANČNOST		
<i>Doseg</i>		
Prizma GPR1	do 2500 m	do 3600 m
360° prizma	do 1300 m	do 1500 m
Mini prizma	do 900 m	do 1200 m
Reflektivna nalepka 60 mm x 60 mm	do 200 m	do 250 m
<i>Natančnost / čas meritve ISO 17123-4</i>		
Standardni način	1 mm; 1 ppm / 3,0 s	2 mm; 2 ppm / 1,5 s
Hitri način	3 mm; 2 ppm / 1,5 s	5 mm; 2 ppm / 0,8 s

Način s sledenjem	5 mm; 2 ppm / 0,3 s	5 mm; 2 ppm / < 0,15 s
Resolucija prikaza	0,1 mm	0,1 mm
GUIDE LIGHT (EGL)		
Delovni doseg		5 m – 150 m
Natančnost		5 cm na 100 m
MOTORIZIRANOST		
Maksimalna hitrost vrtenja instrumenta	/	45° / s
ATR		
<i>Doseg načina ATR / Lock</i>		
Prizma GPR1	/	1000 m / 800 m
360° prizma	/	600 m / 500 m
Mini prizma	/	500 m / 400 m
Reflektivna nalepka 60 mm x 60 mm	/	55 m / -
Najkrajša možna izmerjena dolžina	/	1,5 m / 5 m
<i>Natančnost / čas meritve</i>		
	/	< 2 mm / 3-4 s
<i>Maksimalna hitrost premikanja prizme v načinu Lock</i>		
Tangencialna (standardni način)	/	5 m / s pri 20 m, 25 m / s pri 100 m

Iz primerjave osnovnih karakteristik obeh instrumentov lahko vidimo, da instrument *Leica Geosystems TC2003* omogoča natančnejše merjenje kotov kot *Leica Geosystems TCRP1201 R300*, zato lahko pričakujemo boljše rezultate oziroma večjo natančnost smeri pri instrumentu *Leica Geosystems TC2003*.

Osnovni podatki o zgradbi posameznih instrumentov so podani v Preglednici 2 (*TPS1200*, 2005; *TCA1800 / TCA2003 / TC2003*, 2004).

Preglednica 2: Primerjava podatkov o zgradbi instrumentov

	TC2003	TCRP1201 R300
<i>DALJNOGLED</i>		
Povečava	30x	30x
Premer objektne leče	42 mm	40 mm
Zorni kot	1°33'	1°30'
	2,7 m / 100 m	2,7 m / 100 m
Območje fokusiranja	od 1,7 m do ∞	od 1,7 m do ∞
<i>TIPKOVNICA IN ZASLON</i>		
Zaslon z osvetlitvijo	64*210 pikslov, grafični LCD zaslon z osvetlitvijo	¼ VGA (320 * 240 pikslov), grafični LCD zaslon z osvetlitvijo
Tipkovnica	32 tipk (6 funkcijskih, 12 alfanumeričnih, 6 direktnih)	34 tipk (12 funkcijskih, 12 alfanumeričnih)
Prikaz kotov	360° ' " , 360° decimalno, 400 gon, 6400 mil	360° ' " , 360° decimalno, 400 gon, 6400 mil, V%
Prikaz dolžin	m ft int ft us ft int inch	m ft int ft us ft int inch ft us inch
Lega	tipkovnica v I. in II. krožni legi	standardno tipkovnica v I. krožni legi / nadgrajena različica tudi v II. krožni legi
<i>SHRANJEVANJE PODATKOV</i>		
Notranji pomnilnik	S-RAM kartica (512 KB in 2 MB)	32 MB
Količina shranjenih podatkov	~ 4000 registracij / MB	~ 1750 registracij / MB
Vmesnik	RS232	RS232, Bluetooth brezžična tehnologija (nadgrajena različica)

<i>LIBELA</i>		
Občutljivost dozne libele	4' / 2 mm	6' / 2 mm
<i>LASERSKO GREZILO</i>		
Natančnost centriranja	1,0 mm na 1,5 m	1,5 mm na 1,5 m
Premer laserske pike	2,5 mm na 1,5 m	2,5 mm na 1,5 m
<i>BATERIJA</i>		
Tip baterije	NiMH, s polnilcem	Lithium - Ion
Napetost	12 V	7,4 V
Kapaciteta	1,8 Ah	3,8 Ah
Čas obratovanja	600 meritev dolžin	6 – 8 h
<i>TEŽA</i>		
Instrument	7,5 kg	4,8 – 5,5 kg
Baterija	0,3 kg	0,2 kg
Podnožje	0,9 kg	0,8 kg
<i>DELOVNO OKOLJE</i>		
Delovna temperatura	-20°C do +50°C	-20°C do +50°C
Shranjevalna temperatura	-40°C do +70°C	-40°C do +70°C
Zaščita pred prahom, vodo	IP54	IP54
Vlažnost	95%, nekondenzirana	95%, nekondenzirana

4 AVTOMATSKO PREPOZNAVANJE IN VIZIRANJE TARČE

Za motorizirane instrumente tipa *Leica* je samodejno prepoznavanje tarče sestavljeno iz treh sistemov za (Močnik, 2007):

- grobo iskanje tarče;
- fino viziranje tarče;
- sledenje tarči.

Sistem za grobo iskanje tarče omogoča samodejno iskanje tarče v prostoru, tako da je tarča v vidnem polju daljnogleda. Ko je tarča v vidnem polju daljnogleda, sistem za fino viziranje tarče omogoči fino viziranje na tarčo, sistem za sledenje tarči pa omogoča samodejno sledenje elektronskega tahimetra, ko se tarča premika.

4.1 Sistem za grobo iskanje tarče

4.1.1 Princip delovanja

Sistem za grobo iskanje tarče (angl. Power Search, v nadaljevanju PS) omogoča samodejno iskanje tarče. Postopek grobega iskanja tarče se začne tako, da se najprej elektronski tahimeter enkrat zavrti za 360° okrog navpične osi in pri tem oddaja snop nevidne laserske svetlobe, ki opisuje vertikalno ravnino. V trenutku, ko senzor zazna odbito nevidno lasersko svetlobo, ki se odbije od prizme, elektronski tahimeter preneha z vrtenjem. Na ta način je določen položaj tarče v horizontalni smeri. Določitev položaja tarče v vertikalni smeri pa se izvede s postopkom finega viziranja (ATR) – v tem primeru se vrtilni daljnogled po vertikalni osi, dokler ne zazna tarče in jo fino navizira (Močnik, 2007).

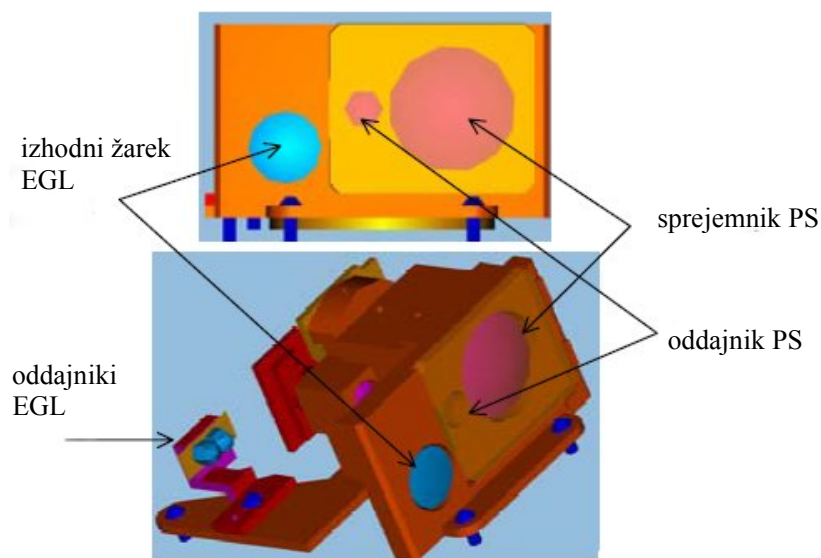
Območje delovanje sistema PS je omejeno, saj je snop nevidne laserske svetlobe širok le 40 gonov. PS deluje z vsemi običajnimi prizmi. Po podatkih proizvajalca je povprečni čas, v katerem instrument najde tarčo, krajši od 10 sekund, največja razdalja pri kateri elektronski

tahimeter še odkrije tarčo, pa je ob uporabi standardne in 360° prizme do oddaljenosti 200 m in ob uporabi mini prizme do 100 m.

4.1.2 Senzor PS

Fino viziranje tarče s pomočjo ATR lahko vzame veliko časa in uporabnik bi moral vsakič, ko instrument ne najde tarče, ponovno vzpostaviti iskanje z ATR. Rešitev temu je grobo iskanje tarče – Power Search. Senzor PS je lociran na zgornjem delu daljnogleda (Slika 6). Sestavljata ga sprejemnik in oddajnik.

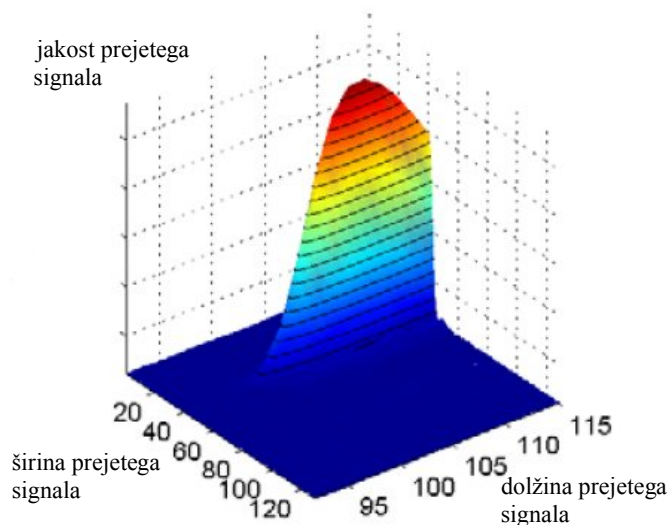
Ko je PS aktiviran, se instrument zavrti okoli vertikalne osi, medtem pa oddajnik odda laserski snop dimenzije 40 gonov vertikalno in pol stopinje horizontalno. Če laserski snop zadane prizmo, se odbije in prispe v sprejemnik, ter instrument preneha z vrtenjem okoli vertikalne osi. Sledi fino viziranje tarče (TPS1200+, 2007).



Slika 6: Oddajnik in sprejemnik PS in EGL (TPS1200+, 2007)

Laserski žarek, ki se odbije od tarče nazaj proti instrumentu (Slika 7), se procesira v 3D sliko, ta pa je lahko slika bodisi tarče bodisi neznanega predmeta z odbojno podlago (npr. prometni

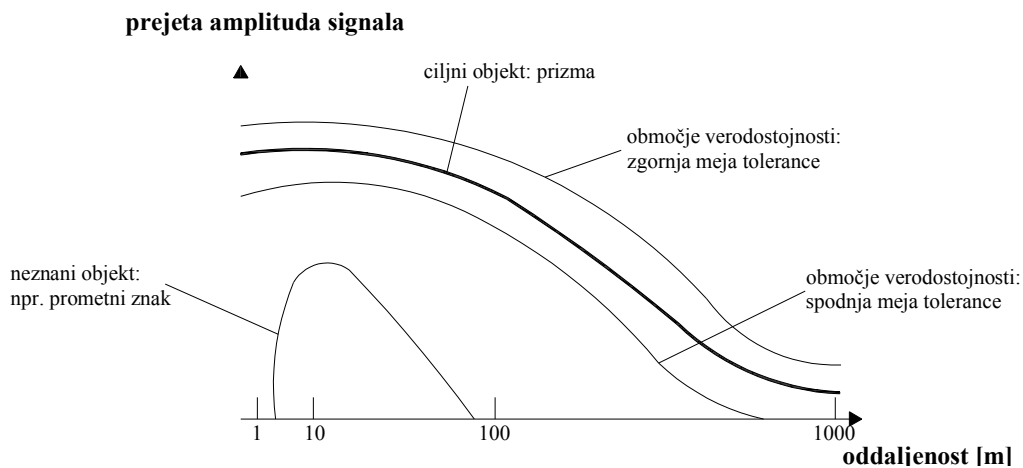
znak). Ta slika je 3D površje, ki predstavlja jakost in velikost odbitega signala v odvisnosti od amplitude odbitega žarka ter od oddaljenosti do tarče.



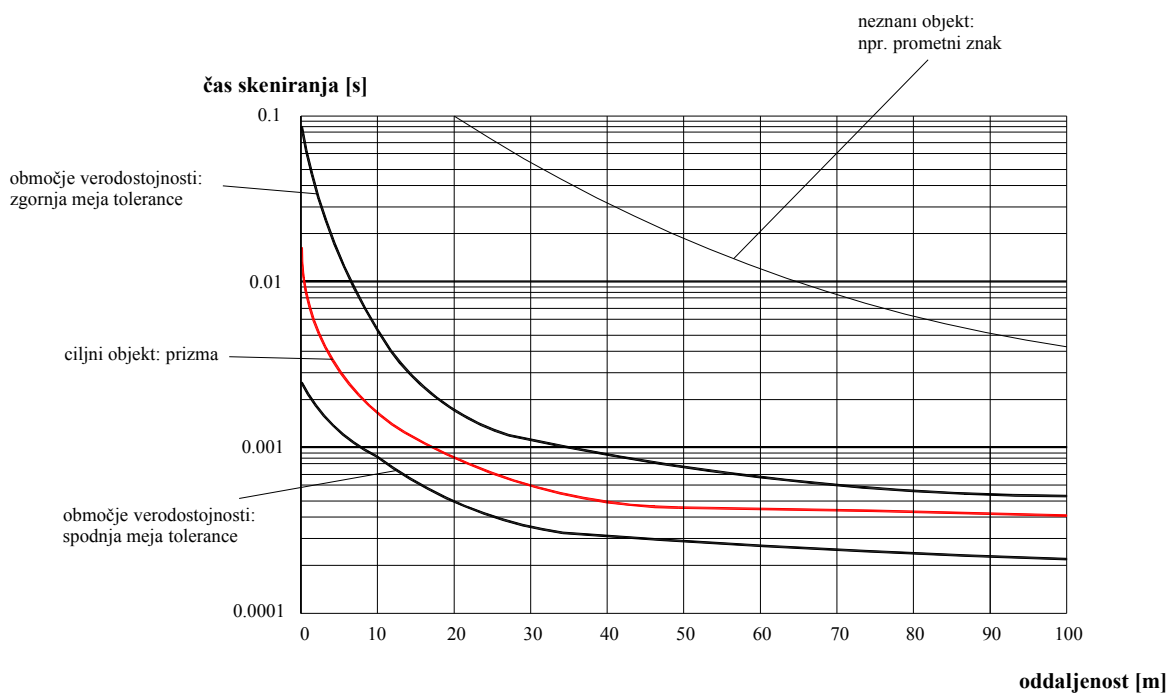
Slika 7: Slika nastane kot posledica odbitega laserskega snopa sistema PS (TPS1200+, 2007)

Zaznavanje tarče in njeno razlikovanje od neznanega predmeta z odbojno površino je določeno s poznavanjem intenzitete odbojnega žarka in z dolžino trajanja skeniranja prejete 3D slike – procesiranje slike, katere velikost je odvisna od dolžine med instrumentom in objektom, od katerega se odbije žarek.

Opravi se test verodostojnosti odbitega žarka. Velja, da mora biti za določene dolžine, na katerih se nahaja tarča, določena vrednost intenzitete odbitega žarka ter določena vrednost časa skeniranja – procesiranja slike. Če sta ti vrednosti znotraj mejnih vrednosti, ki veljajo za prizme tipa *Leica* (Slika 8), potem je ciljni objekt prizma, če pa ti dve vrednosti presegata mejne vrednosti, pa je to nek drugi, neznani objekt (TPS1200+, 2007).



Slika 8: Test verodostojnosti odbitega signala: test prejete amplitude odbitega signala

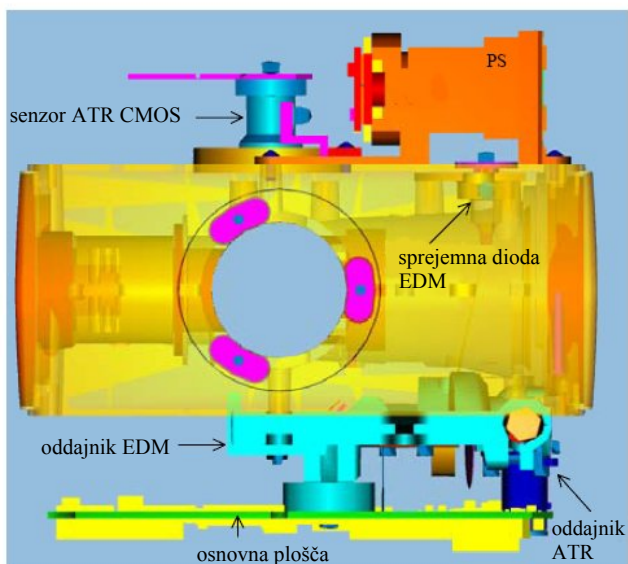


Slika 9: Test verodostojnosti odbitega signala: test časa skeniranja odbitega signala

4.2 Sistemi za fino viziranje tarče

4.2.1 Princip delovanja

Sistem za fino viziranje tarče (angl. Automatic Target Recognition, v nadaljevanju ATR) je senzor, ki prepoznava prizmo in izmeri njen položaj. Vgrajen je v daljnogled instrumenta (Slika 10). Oddani infrardeči (IR) laserski žarek se odbije na zrcalu v osi daljnogleda proti tarči, ki je v vidnem polju daljnogleda. Žarek, ki se odbije od prizme, se v daljnogledu na filtru loči od vidne svetlobe in od žarkov elektronskega razdaljema ter na koncu pade na senzor CMOS (TPS1200+, 2007).



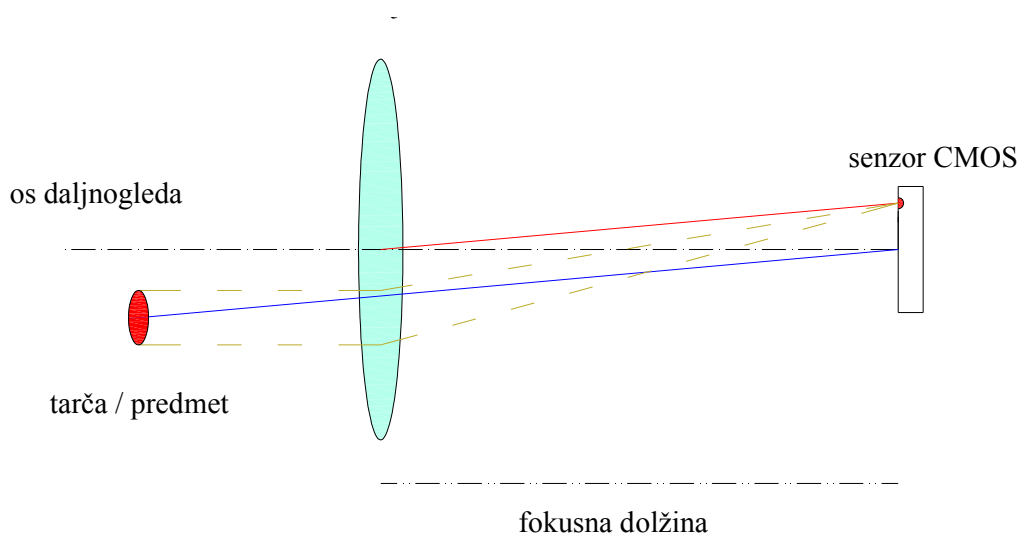
Slika 10: Zgradba daljnogleda in ATR pri Leica TPS1200+ (TPS1200+, 2007)

Pri instrumentih *Leica TPS1200+* temelji slikovna tehnologija na CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductors) dvodimenzionalni vrstični tehnologiji (TPS1200+, 2007). Prednosti senzora CMOS je v hitrem procesiranju slike ter v čisti in ostri sliki v težjih pogojih dela, npr. ob svetlem ozadju za tarčo.

Kamera CMOS za ATR ima velikost piksla 6 μm . Dovoljuje večjo resolucijo slike in tako omogoča večjo natančnost meritev kot instrument z vgrajeno kamero s senzorjem CCD.

Ena izmed prednosti tehnologije CMOS se kaže tudi pri sistemu za sledenje tarči, saj omogoča bolj robustne rešitve pod težjimi pogoji meritev.

Kot pri večini tehnologij slikovnega merjenja, je osnova meritev piksel. Dvodimenzionalna vrstična tehnologija CMOS sestoji iz množice vrstičnih in stolpčnih pikselov, ki so nanizani v lokalnem koordinatnem sistemu. Vsak piksel ima točno določeni koordinati (x, y) . Piksli, ki se nanašajo na tarčo, vsebujejo kotne informacije o tarči, te pa pridobimo s pomočjo osnov slikovne geometrije. Slika 11 prikazuje poenostavljeno slikovno geometrijo.



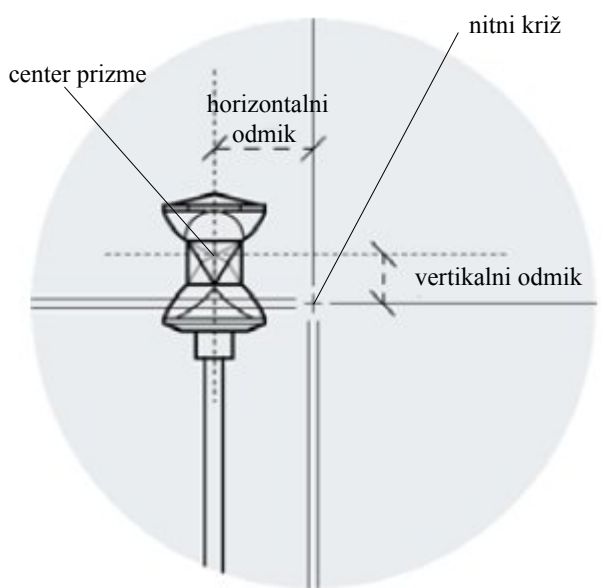
Slika 11: Poenostavljena slikovna geometrija

Osnovne ravne linije so (TPS1200+, 2007):

- os daljnogleda: ravna linija, ki povezuje center objektiv in center senzorja CMOS (na Sliki 11 jo prikazujemo s črno črtkano črto);
- os predmeta: ravna linija, ki povezuje center predmeta (tarče) in center senzorja CMOS (na Sliki 11 jo prikazujemo s polno modro črto);
- slikovna linija: ravna linija, ki povezuje center objektiv s centrom slike na senzorju CMOS (na Sliki 11 jo prikazujemo s polno rdečo črto).

Kot med osjo daljnogleda in osjo predmeta je enak kotu med osjo daljnogleda in slikovno linijo. Položaj slikovnega piksla na sensorju CMOS je povezan s kotom, ki ga lahko izračunamo ob poznavanju fokusne razdalje in velikosti piksla.

Translacija v 2D geometrijskem prostoru je možna, če merimo horizontalni in vertikalni položaj piksla na sliki, na ta način pridobimo horizontalni in vertikalni odmik prizme od položaja nitnega križa (Slika 12). Ta dva odmika se uporabita pri ukazu za upravljanje daljnogleda ter finem viziranju tarče, ali pri meritvi pravih kotnih vrednostih tarče, pri katerih upoštevamo horizontalni in vertikalni odmik.



Slika 12: Fino viziranje – horizontalni in vertikalni odmik

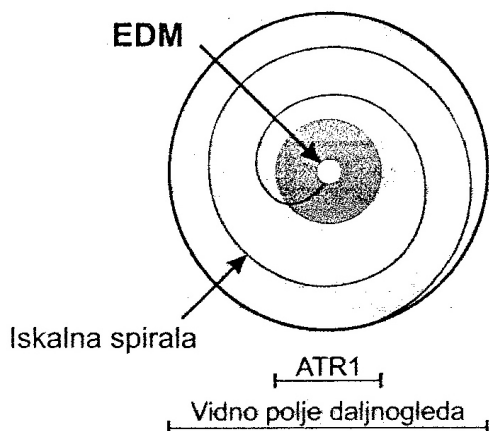
V odvisnosti od načina meritev dolžine:

- običajen način (angl. standard, v nadaljevanju STD),
- hitri način (angl. fast, v nadaljevanju FAST),
- način s sledenjem (angl. tracking, v nadaljevanju TRK),

in z minimizacijo časa meritev, sistem ATR izbere ali želi upravljati z motorizacijo daljnogleda, ali računsko določi končno vrednost kota. Če sta horizontalna in vertikalna odmika manjša od $50''$ ($16''$) in je STD izbran kot način meritev dolžine, sistem direktno

določi končne vrednosti kotov. V nasprotnem primeru pa sistem vrtilni daljnogled toliko časa, da sta odmika manjša od $50''$. Odmika se nato uporabi za izračun pravih vrednosti kotov glede na center tarče, čeprav nitni križ daljnogleda ne sovpa s centrom tarče. Za način meritev FAST in TRK, sta lahko odmika velikosti od $400''$ ($130''$) (TPS1200+, 2007).

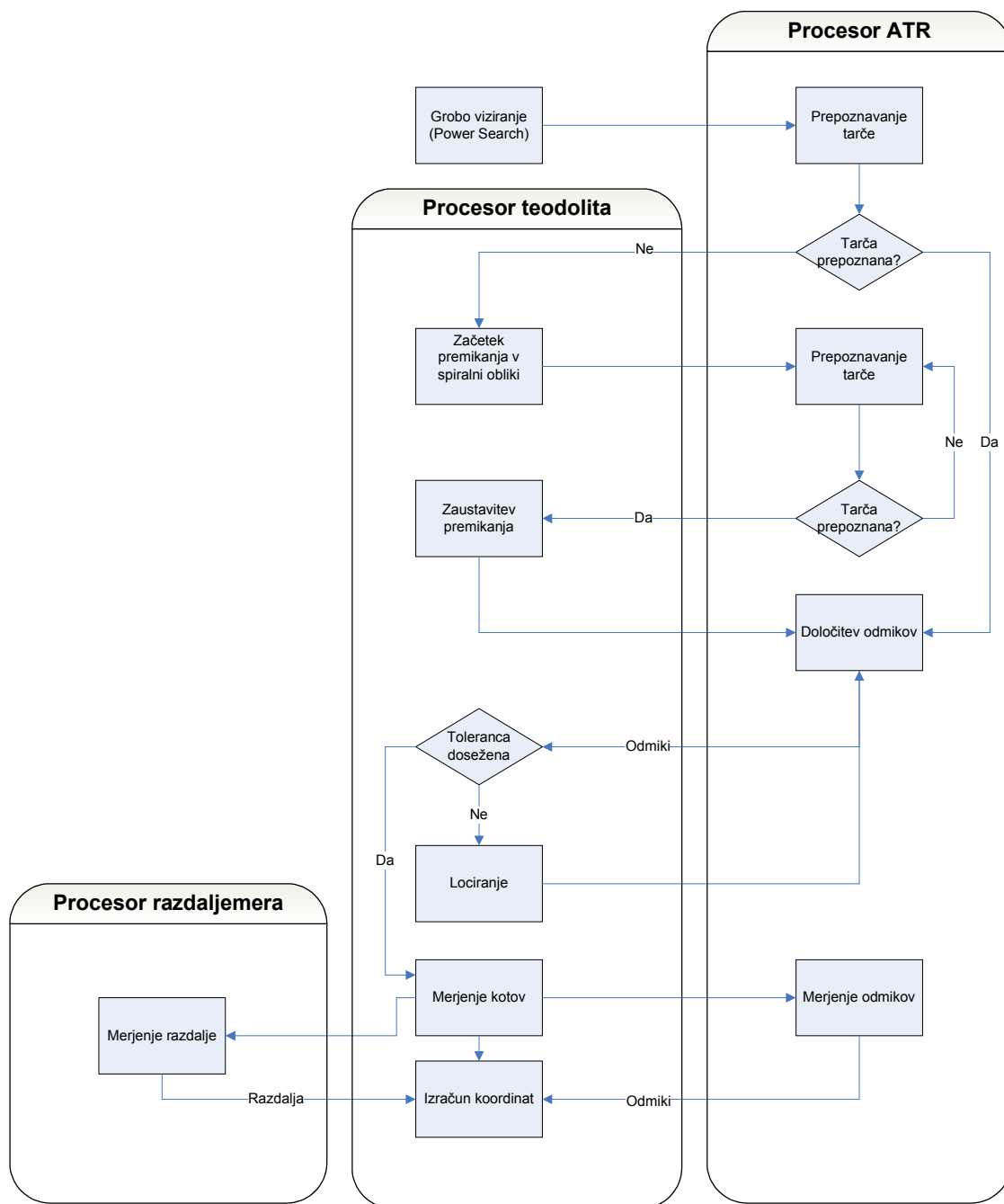
Ko tarča ni locirana znotraj vidnega polja daljnogleda, začne sistem ATR z iskanjem znotraj predhodno definiranega okna. Če instrument ne najde tarče znotraj tega okna, ga avtomatsko razširi, vse dokler ne najde prizme. Iskanje se izvede na iterativni način (Slika 13)



Slika 13: Spiralni potek finega viziranja (Singh, 2002)

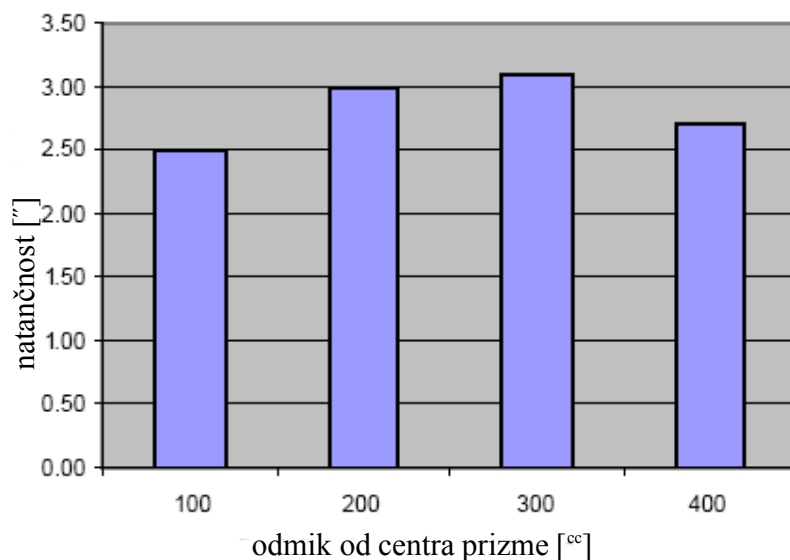
Aktivno območje ATR (ATR1 – Slika 13) je središčna tretjina vidnega polja daljnogleda. Po grobem ročnem viziranju tarče sledi fino viziranje tarče (ATR) popolnoma samodejno. Najprej sistem preveri ali se grobo navizirana tarča nahaja v vidnem polju daljnogleda. V kolikor sistem ATR v vidnem polju daljnogleda tarče ne zazna, požene proces iskanja. Tarčo poskuša odkriti z gibanjem daljnogleda v obliki spirale. Hitrost gibanja daljnogleda je nastavljena tako, da posamezne slike popolnoma prekrivajo celotno površino (Singh, 2002).

Zadnja generacija tahimetrov *Leica TPS1200* omogoča zmanjšanje vidnega polja sistema ATR na eno tretjino vidnega polja. Normalno vidno polje daljnogleda znaša $1^{\circ}30'$, možno pa ga je zmanjšati na $30'$. To je lahko uporabno pri uporabi več tarč, kjer jih lahko več naenkrat pade v vidno polje, npr. v predorih.



Slika 14: Algoritem poteka merjenja s sistemom ATR

Med montažo je geometrija senzorja CMOS kalibrirana in izmerjena, tako da so horizontalni in vertikalni piksli izmerjeni s pod-pikselsko natančnostjo. Tako je omogočena sekundna kotna natančnost merjenja horizontalnih in vertikalnih odmikov. Znotraj odmikov, manjših od 50° ($16''$), ustreza natančnost določitve odmikov natančnosti instrumenta za kotne meritve, to je okoli $1''$. Ko so odmiki velikosti do 400° ($130''$), znaša kotna natančnost določitve odmikov okoli $2'' - 3''$. Slika 15 prikazuje natančnosti ATR kotnih meritev v odvisnosti od velikosti kotnih odmikov nitnega križa od centra tarče (*TPS1200+*, 2007).



Slika 15: Prikaz odvisnosti določitve kotne natančnosti v odvisnosti od velikosti odmika

Pri uporabi sistema ATR odpade ostrenje daljnogleda in fino viziranje merjene točke. Tako se poveča hitrost merjenja. Dodatno pa je natančnost meritev konstantna in neodvisna od operaterja.

4.2.2 Natančnost merjenja

V splošnem velja, da je natančnost samodejnega viziranja (ATR) in merjenja kotov enaka. Natančnost samodejnega viziranja je odvisna od izbrane metode meritev dolžine (Singh, 2002).

Preglednica 3: Natančnost viziranja s sistemom ATR v odvisnosti od različnih metod merjenja dolžine

Metoda merjenja dolžine	Natančnost
Standard	2 mm; 2 ppm
Precise	2 mm; 1 ppm
Fast	3 mm; 2 ppm
Tracking	5 mm; 2 ppm
Rapid tracking	10 mm; 2 ppm

Dovoljeni odmiki ATR so večja pri hitrem načinu merjenja dolžine kot pri standardnem načinu. Zato bo nitni križ vedno zelo blizu centru tarče pri meritvi v standardnem načinu, medtem ko je lahko pri hitrem načinu nitni križ izven centra prizme tudi več kot 2'.

Natančnost meritev z uporabo ATR lahko povečamo ob upoštevanju naslednjih pogojev (Singh, 2002):

- točno viziranje tarče;
- izogibanje uporabe 360 stopinjske prizme;
- prizma naj bo čista;
- meritve naj potekajo pri konstantnih pogojih svetlobe, priporočljivo je izogibanje temnejšim ozadjem, saj je tako izsleditev in viziranje tarče težje;
- izogibanje atmosferskim motnjam, vključno refrakciji.

V odvisnosti od izbranega načina meritev dolžine, ATR pričakuje določeno stabilnost prizme. Med prvo fazo meritev ATR ugotavlja stabilnost prizme, ki mora biti sprejemljiva.

Preglednica 4: Sprejemljiva stabilnost prizme glede na metodo merjenja dolžine

Metoda merjenja dolžine	Stabilnost
Standard	2 mm
Precise	1 mm
Fast	3 mm
Tracking	3 mm
Rapid tracking	3 mm

4.2.3 Kalibracija sistema ATR

Natančna kalibracija sistema za samodejno fino viziranje je zelo pomembna. Pogrešek samodejnega viziranja je sistematični pogrešek, ki je lahko izmerjen in kompenziran. Kalibracija ATR predstavlja postopek, ki definira os kamere CCD (pri novejših kamere CMOS) glede na optično os daljnogleda. Procedura določa kompenzacijo med tarčo, ki jo vidi oko operaterja glede na nitni križ daljnogleda in glede na to, kako je viziranje tarče določeno s kamero CCD sistema ATR. Ta kompenzacija je izvedena pri vsaki meritvi z uporabo samodejnega finega viziranja.

Kalibracija ATR naj bi bila izvedena (Singh, 2002):

- ob prejemu in prvi uporabi inštrumenta;
- pred katerokoli meritvijo povečane natančnosti;
- po dolgem in grobem transportu;
- po daljšem skladiščenju in neuporabi inštrumenta;
- pri delu pod ekstremnimi, težkimi delovnimi pogoji.

4.2.4 Prikazane vrednosti

Ko je aktivirano samodejno fino viziranje in izmerimo samo dolžino do tarče (s pritiskom na gumb »*DIST*«), so kalibracijski odmiki prav tako upoštevani. Vendar pa se kotne vrednosti, ki jih vidimo na zaslonu instrumenta, nanašajo na središče tarče in ne na dejansko lego osi daljnogleda. Prav tako se ob pritisku na gumb »*REC*« te vrednosti shranijo. Ko se podatki shranijo, se ATR odmiki več ne upoštevajo in takrat se kotne vrednosti nanašajo na dejansko lego osi daljnogleda. Ob merjenju s pritiskom na gumb »*ALL*« se pri vrednostih merjenih kotov upoštevajo ATR odmiki in se popravljene vrednosti tudi shranijo v pomnilnik instrumenta. Ko pritisnemo gumb »*ALL*« se za trenutek vrednosti ATR odmkov tudi prikažejo. Potem pa se na zaslonu zopet prikažejo kotne vrednosti, ki se nanašajo na položaj dejanske lege osi daljnogleda (Močnik, 2007).

4.2.5 Območje delovanja ATR

Po podatkih proizvajalca za elektronski tahimeter *Leica TPS1100* ob uporabi prizme *Leica GPR1*, znaša največja razdalja, do katere naj bi delovalo samodejno fino viziranje, ob običajnih atmosferskih pogojih, 1000 m. Za ostale prizme so razdalje prikazane v Preglednici 5.

Preglednica 5: Maksimalne razdalje, do katerih deluje samodejno fino viziranje, glede na različne tipe prizem

Tip prizme	Maksimalna razdalja
Prizma GPR1	1000 m
360° prizma	600 m
Mini prizma	500 m
Reflektivna nalepka (60 mm x 60 mm)	65 m

Pri naši izmeri je znašala največja razdalja okoli 440 m, za signalizacijo kontrolnih točk pa so bile uporabljene mini prizme.

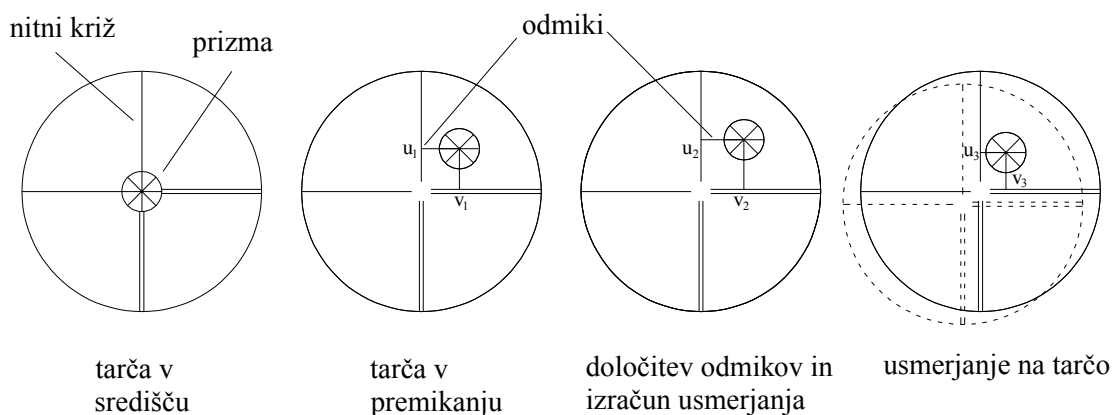
4.3 Sistem za sledenje tarči

Sistem za sledenje tarči predstavlja nadgradnjo sistema za fino viziranje tarče (angl. Lock, v nadaljevanju LOCK). Elektronskemu tahimetru, ki vsebuje ta sistem, omogoča, da sledi premikajoči se tarči.

Sistem LOCK je v splošnem uporaben pri dveh metodah meritev (Valh Mataija et al., 2008):

- dinamične meritve;
- *Stop and Go* metoda meritev.

Dinamične meritve predstavljajo niz kontinuiranih meritev do ciljnih točk z namenom določitve poti, ki jo opiše ciljna točka. *Stop and Go* metoda meritev pa omogoča, da operater, ki ima pri sebi kontrolno enoto za daljinsko vodenje instrumenta, izmero opravlja sam, vendar pa mora paziti, da ni ovire med elektronskim tahimetrom in tarčo.



Slika 16: Princip sistema za sledenje tarči

Problem nastopi, ko pride do kratkotrajnih prekinitev vidne povezave med elektronskim tahimetrom in tarčo. V tem primeru instrument uporabi funkcijo, ki predvidi oziroma ekstrapolira premike tarče, ki naj bi se zgodili glede na pot, ki jo je tarča opravila pred tem. Instrument lahko določi časovni trenutek, v katerem predvidi položaj tarče. Če se tarča pojavi v vidnem polju daljnogleda v času predvidenja, ji instrument ponovno samodejno sledi. V primeru, da se tarča ne pojavi v vidnem polju daljnogleda v času predvidenja, potem instrument sproži funkcijo PS. Pri nošenju tarče je pomembno tudi, da je tarča ves čas obrnjena proti instrumentu.

5 MERITVE IN PRIMERJAVA REZULTATOV PREDHODNE OBDELAVE PODATKOV

5.1 Izmera mreže

Metoda izmere v mikro trigonometrični mreži Krško je bila klasična terestrična izmera, ki zajema metodo triangulacije in metodo trilateracije. Horizontalni položaj kontrolnih točk je določen na osnovi kotnih in dolžinskih opazovanj. Z vključitvijo obeh tipov opazovanj povečamo število nadštevilnih opazovanj in zagotovimo večjo natančnost in zanesljivost položajev kontrolnih točk.

Za namen ugotavljanja stabilnosti pregrade NE Krško se izvedejo meritve kontrolnih točk z referenčnih točk. Meritve med referenčnimi točkami pa izvedemo z namenom ugotavljanja njihove položajne stabilnosti.

Merjene količine v mreži so tri: horizontalne smeri, poševne dolžine in zenitne razdalje. Metoda meritev horizontalnih smeri je girusna metoda. Poševne dolžine in zenitne razdalje smo merili istočasno s horizontalnimi smermi.

Poleg tega smo na vseh stojiščih merili suho in mokro temperaturo ter zračni tlak z namenom reduciranja dolžin za potrebe izravnave horizontalne mreže. Vse te količine smo na vsakem stojišču merili trikrat in za izračun uporabili sredino posameznih vrednosti.

Z referenčnih točk O2, O4 in O5 so bila opazovanja izvedena do vseh ostalih referenčnih točk in kontrolnih točk, z referenčne točke O1 so bila izvedena opazovanja prav tako do vseh kontrolnih točk in referenčnih točk, razen referenčne točke O3, z referenčne točke O3 pa so bila opazovanja izvedena samo do referenčnih točk O2, O4 in O5, do kontrolnih točk, pa zaradi večje oddaljenosti, niso bila izvedena.

Opazovanja z instrumentom *Leica Geosystems TC2003* smo začeli na referenčni točki O3, nadaljevali na referenčnih točkah O4, O5, O1 in O2, z instrumentom *Leica Geosystems TCRP1201 R300* pa smo začeli na O1, nadaljevali na O2, O3, O4 in O5.

Opazovanja z instrumentom *Leica Geosystems TC2003* so bila izvedena v treh girusih, z instrumentom *Leica Geosystems TCRP1201 R300* pa so bila izvedena v 16-ih girusih oziroma v istem času, potrebnim za opazovanje z instrumentom *Leica Geosystems TC2003* na enem stojišču v treh girusih.

5.1.1 Izmera mreže z instrumentom *Leica Geosystems TC2003*

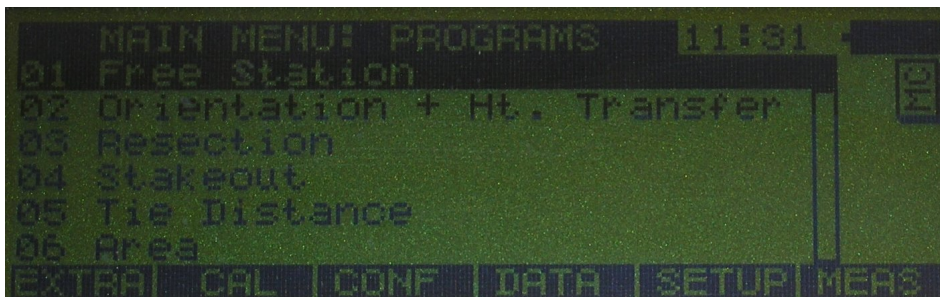
Z instrumentom *Leica Geosystems TC2003* smo izmerili tri giruse na vsaki referenčni točki. Instrument za shranjevanje podatkov uporablja notranji pomnilnik.



Slika 17: Elektronski tahimeter *Leica Geosystems TC2003*

Pred začetkom meritev je potrebno v instrument vnesti podatke o instrumentu ter podatke o meritvah. Ko je instrument vklopljen, v osnovnem meniju »PROGRAMS« najprej vnesemo podatke o stojišču. To storimo s pritiskom tipke F5 »SETUP«, kjer najprej nastavimo način delovanja, privzeti pomnilnik, datoteko, kamor se zapisujejo podatki. S pritiskom tipke F5

»STN« se nam odpre okno za vnašanje podatkov o stojišču, kot so višina instrumenta, koordinate stojišča, ipd. Ko vnesemo vse podatke o instrumentu, jih s funkcijsko tipko F3 »REC« potrdimo in shranimo.



Slika 18: Osnovni meni instrumenta Leica Geosystems TC2003

Sedaj moramo določiti nastavitve o načinu meritev. Program za girusno metodo se imenuje program »SETS OF ANGLES«. Ko ga v osnovnem meniju izberemo, imamo na voljo več možnosti. S prvo lahko izmerimo prvo krožno lego prvega girusa, z drugo izmerimo drugo krožno lego prvega girusa in preostale giruse, tretja omogoča izračun sredin horizontalnih smeri, četrta izračun sredin zenitnih distanc, peta izračun dolžin, šesta pa končanje izvajanja programa »SETS OF ANGLES«. Najprej izberemo prvo opcijo »MEASURE FIRST SET«. Sedaj je potrebno vnesti podatke o številu girusov, številu smeri, krožni legi, oznaki opazovane točke ter višini reflektorja. Te nastavitve potrdimo s tipko F5 »DONE«.

Sedaj, ko smo v načinu za izvajanje meritev, s tipko F1 »ALL« registriramo vsa opazovanja do posamezne točke. Za vsako naslednjo točko je potrebno pred prvo meritvijo podati ime opazovane točke, pri naslednjih meritvah pa bo instrument samodejno prepoznal in podajal ime točke. Po končanem opazovanju prve krožne lege prvega girusa vseh točk, pritisnemo tipko F5 »DONE« in nato s tipko »CONT« izberemo opcijo »MEASURE FURTHER SETS«, kjer izvedemo meritve druge krožne lege prvega girusa in preostalih girusov.

5.1.2 Izmera mreže z instrumentom *Leica Geosystems TCRP1201 R300*

Za razliko od instrumenta *Leica Geosystems TC2003*, kjer se podatki shranjujejo direktno v pomnilnik v datoteko, ki jo izberemo pred začetkom meritev, se pri instrumentu *Leica Geosystems TCRP1201 R300* podatki shranjujejo v posamezno delovišče. Prednost možnosti izbire delovišča se pokaže pri pogostejših izmerah na istem delovišču, gradbišču, saj imamo v delovišču lahko shranjene podatke o geodetskih točkah, in jih tako ni potrebno za vsako izmero ponovno vnašati v instrument. S tem instrumentom smo izmerili 16 girusov.



Slika 19: *Leica Geosystems TCRP1201 R300*

Ko je instrument vklopljen, najprej ustvarimo novo delovišče, kamor se bodo shranjevali podatki. Ustvarimo ga tako, da v začetnem meniju izberemo opcijo »*MANAGEMENT*« in nato opcijo »*JOBS*«, kjer pritisnemo tipko »*NEW*« in vpišemo ime delovišča. Izmero pričnemo tako, da v osnovnem meniju izberemo opcijo »*PROGRAMS*« in nato program »*SETS OF ANGLES*«. Tukaj s tipko F3 »*SETUP*« preidemo v okno za vnos podatkov o stojišču, kjer lahko določimo metodo določitve stojišča, metodo določitve koordinat stojišča, ime stojiščne točke, višino instrumenta, bazo koordinat delovišča in merilo prikaza. Ko vnesemo vse podatke, jih potrdimo s tipko F1 »*CONT*« in preidemo v meni, kjer so nanizani zaporedni koraki meritev. Najprej izberemo opcijo »*SELECT POINTS*« in izvedemo prvi polgirus ročno.

Na tem koraku ni potrebno tarče fino vizirati (nitni križ daljnogleda ni potrebno, da sovpada s centrom tarče), dovolj je, da se nahaja v območju daljnogleda. Tako se izognemo grobemu iskanju tarč (PS) in instrument tako potrebuje za vsako meritev samo fino navizirati tarčo (ATR). S prvim viziranjem v prvi krožni legi prvega girusa dosežemo to, da si instrument zapomni položaj tarče v prostoru in se glede na te podatke v naslednjih girusih avtomatsko zavrti proti tarči, jo fino navizira in opravi meritev. Instrument uporabi podatke o odmikih nitnega križa daljnogleda od centra tarče v prvem polgirusu za boljšo samodejno viziranje v naslednjih girusih.

Za vsako točko vnesemo ime točke, tip in višino reflektorja. S pritiskom na tipko F1 »CONT« potrdimo vnesene podatke za opazovano smer in nato v načinu »SURVEY« opravimo meritve s tipko F1 »ALL«, s katero registriramo podatke v pomnilniško kartico. Način meritve girusa lahko izberemo sami. Ko končamo z meritvami v prvi krožni legi, s tipko F5 »DONE« potrdimo, da smo končali z ročnim vnašanjem točk in meritvami.



Slika 20: Osnovni meni instrumenta Leica Geosystems TCRP1201 R300

Ko se zaključijo meritve v prvem girusu, se na zaslonu prikaže stran z zaporednim seznamom opravljenih programov »SETS OF ANGLES«. Sedaj izberemo opcijo »MEASURE SETS« in tako lahko nastavimo podatke za avtomatsko izvajanje meritev, kjer lahko med drugim izberemo časovni interval meritev. Sedaj instrument nadaljuje s samodejnimi meritvami v preostalih girusih.

V primeru, da med avtomatskim izvajanjem opazovanj pride do kakšne napake, bodisi ovira vzdolž vizure, bodisi kaj drugega, instrument prekine z izvajanjem opazovanj, lahko pa samo preskoči določen meritev. V tem primeru mora operater odpraviti napako in ponovno zagnati opazovanja.

5.2 Prenos podatkov

Po izvedenih meritvah je potrebno iz pomnilnika instrumenta na računalnik opraviti prenos podatkov. Prenos smo opravili s pomočjo računalniškega programa *LEICA GeoOffice Tools*. Cilj prenosa podatkov je pridobitev *.raw datoteke, ki nam služi kot vhodna datoteka za obdelavo podatkov opazovanj po girusni metodi.

5.3 Obdelava podatkov in ocena natančnosti opazovanj

Obdelavo podatkov opazovanj smo izvedli v programskem paketu *Leica Geosystems Liscad*.

Opazovanja z instrumentom *Leica Geosystems TC2003* so bila na vsaki referenčni točki izvedena v treh girusih. Zato smo ta opazovanja obdelali v enem sklopu.

Opazovanja z instrumentom *Leica Geosystems TCRP1201 R300* pa so bila na vsaki referenčni točki izvedena v šestnajstih girusih. Kriterij števila girusov je bil čas meritev, ki je enak času, kot so bila opazovanja izvedena z instrumentom *Leica Geosystems TC2003*. Opazovanja pa so bila obdelana v večih sklopih. Prvi sklop je bila obdelava podatkov opazovanj za prve tri giruse, vsak nadaljnji sklop pa je vseboval en girus več. Torej je bilo vsega skupaj za *Leica Geosystems TCRP1201 R300* obdelanih 14 sklopov – od treh do 16-ih girusov. Želja je bila tudi analizirati, kako se spreminjajo natančnosti kotnih in dolžinskih opazovanj z večanjem števila girusov in seveda kako se spreminjajo rezultati izravnave in natančnosti določitve koordinat z večanjem števila girusov.

Natančnosti opazovanj horizontalnih smeri smo izračunali v programskem paketu *Leica Geosystems Liscad*, dodatno pa smo izračunali natančnosti horizontalnih smeri po girusni metodi za vsak sklop posebej.

Natančnosti dolžinskih opazovanj in zenitnih razdalj smo prav tako izračunali v programskem paketu *Leica Geosystems Liscad*, pred izravnavo pa je bilo potrebno dolžine reducirati.

Osnovna enota kotnih opazovanj ter natančnosti kotnih opazovanj, tako horizontalnih smeri kot zenitnih razdalj, so gradi, osnovna enota dolžinskih opazovanj in ocene natančnosti dolžinskih opazovanj pa so metri.

5.3.1 Uporaba programskega paketa *Leica Geosystems Liscad*

Vhodni podatek za programski paket *Leica Geosystems Liscad* je datoteka formata *.raw. V programu najprej definiramo projekt, znotraj katerega se bo izvajala obdelava. Datoteka projekta za ta program je formata *.see. Najprej je potrebno nastaviti vse parametre, tako da bo obdelava podatkov stekla pravilno. Ti parametri so: parametri kotnih opazovanj, parametri dolžinskih opazovanj, koordinatni parametri, natančnost izpisa in zaokroževanja. Poleg tega lahko nastavimo še parametre, ki se nanašajo na obliko približka zemeljske površine ter metapodatke, ki se nanašajo na izvajalca, naročnika, itd.

Za obdelavo podatkov je potrebno kreirati datoteko formata *.fld, ki služi v tem programu kot vhodna datoteka za izračun sredin girusov horizontalnih smeri, zenitnih razdalj ter sredin poševno merjenih dolžin s pripadajočimi natančnostmi. Datoteko *.fld kreiramo tako, da v meniju »TASK« izberemo modul »FIELD TRANSFER«. Tu je potrebno izbrati, kje se nahaja *.raw datoteka in kam bomo shranili *.fld datoteko.

Sedaj nam datoteka *.fld služi kot vhodna datoteka za izračun sredin girusov. Primer urejene *.fld datoteke podajamo v Prilogi 4.

Sredine girusov izračunamo z modulom »SETS SUMMARY« v meniju »RESOLVE«. Program nam rezultate poda v obliki poročila, ki ga lahko shranimo kot besedilno datoteko s končnico *.txt. Primer poročila o izračun sredin girusov podajamo v Prilogi 5.

5.3.2 Obdelava kotnih opazovanj

V sklopu kotnih opazovanj ločeno obdelujemo opazovanja horizontalnih smeri in zenitnih razdalj.

5.3.2.1 Horizontalne smeri

5.3.2.1.1 Izračun sredin smeri, merjenih v dveh krožnih legah

Sredine smeri, merjenih v dveh krožnih legah, izračunamo po enačbi:

$$a_i = \frac{a_i^I + (a_i^{II} \pm 200 \text{ gon})}{2} \quad (1)$$

kjer so:

a_i ... horizontalna smer

a_i^I ... odčitek horizontalne smeri v I. krožni legi

a_i^{II} ... odčitek horizontalne smeri v II. krožni legi

5.3.2.1.2 Izračun sredin smeri iz večih girusov

Sredine smeri iz večih girusov pa izračunamo po enačbi:

$$\bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} \quad (2)$$

kjer so

- \bar{a} ... aritmetična sredina smeri iz n girusov
- a_i ... sredine smeri iz posameznih girusov (od prvega do n -tega girusa)
- n ... število girusov

5.3.2.2 Zenitne razdalje

5.3.2.2.1 Izračun sredin zenitnih razdalj, merjenih v dveh krožnih legah

Sredine zenitnih razdalj izračunamo po enačbi:

$$z_i = \frac{z_i^I - z_i^{II} + 400 \text{ gon}}{2} \quad (3)$$

kjer so:

- z ... zenitna razdalja
- z_i^I ... odčitek zenitne razdalje v I. krožni legi
- z_i^{II} ... odčitek zenitne razdalje v II. krožni legi

5.3.2.2.2 Izračun sredin zenitnih razdalj iz večih girusov

Sredine zenitnih razdalj iz večih girusov izračunamo po enačbi:

$$\bar{z} = \frac{\sum_{i=1}^n z_i}{n} \quad (4)$$

kjer so:

- \bar{z} ... aritmetična sredina zenitnih razdalj iz n ponovitev
- z_i ... zenitne razdalje iz posameznih ponovitev (od prve do n -te ponovitve)
- n ... število ponovitev

5.3.3 Ocena natančnosti kotnih opazovanj

Oceno natančnosti za horizontalne smeri lahko izračunamo na dva načina. Prvič izračunamo iz natančnosti za horizontalne smeri iz standardnih deviacij za vsako smer posebej, kot nam izračuna program *Leica Geosystems Liscad*. Drugič pa oceno natančnosti izračunamo po girusni metodi z upoštevanjem pogreška začetne smeri. Ta ocena natančnosti je bolj korektna, saj pri izračunu upošteva pogrešek začetne smeri, izračunana pa je za vsako stojišče posebej.

Pri zenitnih razdaljah pa so ocene natančnosti izračunane s programom *Leica Geosystems Liscad* korektne, saj so zenitne razdalje med sabo neodvisne.

5.3.3.1 Ocena natančnosti kotnih opazovanj s programom *Leica Geosystems Liscad*

Poleg izračuna sredin horizontalnih smeri, zenitnih razdalj in poševno merjenih dolžin, nam program izračuna tudi oceno natančnosti posameznih količin. Izračuna jo za vsako reducirano smer posebej.

5.3.3.1.1 Ocena natančnosti za horizontalne smeri

Oceno natančnosti za horizontalne smeri izračunamo po enačbi (Turk, 2007):

$$\sigma_a^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2 \quad (5)$$

$$\sigma_a = \sqrt{\sigma_a^2} \quad (6)$$

kjer so:

σ_a ... standardna deviacija reducirane smeri proti točki

σ_a^2 ... varianca reducirane smeri proti točki

a_i ... vrednost reducirane smeri proti točki

\bar{a} ... vrednost aritmetične sredine reducirane smeri proti točki iz n girusov

n ... število girusov

5.3.3.1.2 Ocena natančnosti za zenitne razdalje

Oceno natančnosti za zenitne razdalje izračunamo po enačbi:

$$\sigma_z^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2 \quad (7)$$

$$\sigma_z = \sqrt{\sigma_z^2} \quad (8)$$

kjer so:

σ_z ... standardna deviacija zenitne razdalje proti točki

σ_z^2 ... varianca zenitne razdalje proti točki

z_i ... vrednost zenitne razdalje proti točki

\bar{z} ... vrednost aritmetične sredine zenitne razdalje proti točki

n število ponovitev

5.3.3.2 Ocena natančnosti horizontalnih smeri po girusni metodi

Pri oceni natančnosti horizontalnih smeri po girusni metodi se natančnosti računajo iz izračunanih sredin iz dveh krožnih leg, medtem ko program *Leica Geosystems Liscad* računa natančnosti iz reduciranih smeri, tu pa ni zajet pogrešek začetne smeri.

Postopek izračuna ocene natančnosti je naslednji:

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{[vv]}{N-u}} \quad (9)$$

kjer so:

σ_a ... natančnost smeri v enem girusu
 v ... najverjetnejši popravek opazovane smeri
 N ... število vseh smeri
 u ... število minimalno potrebnih smeri

Sedaj lahko izračunamo:

$$\sigma_{\bar{a}} = \frac{\sigma_a}{\sqrt{n}} \quad (10)$$

kjer je:

$\sigma_{\bar{a}}$... natančnost smeri v n girusih

Določitev vsote kvadratov popravkov $[vv]$ je problematična, saj je ne moremo določiti direktno, ker (Kogoj, 2004/2005):

- med sabo primerjamo reducirane smeri;
- reducirane smeri poleg pogreška smeri vsebujejo tudi pogrešek začetne smeri, ki se prenese na vse druge smeri.

Tvorimo razlike posameznih smeri od aritmetične sredine:

$$\Delta a_{ij} = \bar{a}_i - a_{ij} \quad (11)$$

kjer sta:

a_{ij} ... reducirana i -ta smer v j -tem girusu

\bar{a}_i ... aritmetična sredina za i -to smer, ki jo izračunamo po enačbi:

$$\bar{a}_i = \frac{[a_j]}{n} \quad (12)$$

kjer sta:

$i=1, \dots, s$; s ... število smeri

$j=1, \dots, n$; n ... število girusov

Sedaj izračunamo pogrešek začetne smeri za vsak posamezni girus:

$$\varepsilon_j = \frac{[\Delta a_i]_j}{s} \quad (13)$$

Pogrešek začetne smeri odštejemo od razlik posameznih smeri:

$$v_{ij} = \Delta a_{ij} - \varepsilon_j \quad (14)$$

Na ta način je eliminiran pogrešek začetne smeri.

Sedaj tvorimo $[v]_j$ za posamezen girus:

$$v_{ij}^2 = \Delta a_{ij}^2 - 2\Delta a_{ij} \cdot \varepsilon_j + \varepsilon_j^2 \quad (15)$$

in sestavimo N enačb za n girusov.

Seštejemo po vseh smereh in dobimo:

$$[v]_j = [\Delta a^2]_j - \frac{1}{s} [\Delta a]_j^2 \quad (16)$$

Nato seštejemo še po vseh girusih:

$$[v]_j = \sum_{j=1}^n [\Delta a^2]_j - \frac{1}{s} \sum_{j=1}^n [\Delta a]_j^2 \quad (17)$$

Število nadštevilnosti $N - u$ izračunamo po enačbi:

$$N - u = (n - 1)(s - 1) \quad (18)$$

kjer je:

$$N = s \cdot n \quad \dots \quad \text{število vseh meritev} \quad (19)$$

$$u = (s - 1) + n \quad \dots \quad \text{število neodvisnih meritev} \quad (20)$$

Ko imamo izračunane vsote popravkov opazovanih smeri in število nadštevilnosti, lahko izračunamo standardno deviacijo opazovane smeri v enem girusu, po enačbi (Kogoj, 2004/2005):

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{[vv]}{N-u}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n [\Delta a^2]_j - \frac{1}{s} \sum_{j=1}^n [\Delta a]_j^2}{(n-1)(s-1)}} \quad (21)$$

Standardna deviacija opazovane smeri v n girusih je

$$\sigma_{\bar{a}} = \frac{\sigma_a}{\sqrt{n}} \quad (22)$$

Standardna deviacija reducirane smeri pa je:

$$\sigma_{aRED} = \sigma_a \cdot \sqrt{2} \quad (23)$$

5.3.4 Obdelava dolžinskih opazovanj

Dolžina, ki jo instrument izmeri, je poševna dolžina in je zaradi določenih atmosferskih pogojev ukrivljena. Pred izravnavo je dolžine potrebo reducirati na izbrano referenčno ploskev preko treh vrst redukcij, za potrebe izračuna ocene natančnosti izmerjenih dolžin pa upoštevamo poševno merjene dolžine. Redukcije dolžin bodo predstavljene v poglavju 6 *Izravnava in rezultati izravnave*.

5.3.5 Ocena natančnosti dolžinskih opazovanj

Tako kot natančnosti kotnih opazovanj, so bile tudi natančnosti dolžinskih opazovanj izračunane s programom *Leica Geosystems Liscad*. Izračun standardnih deviacij je sledeč (Drobne, Turk, 2002):

$$\sigma_D = \sqrt{\sigma_D^2} \quad (24)$$

in

$$\sigma_D^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2 \quad (25)$$

kjer so:

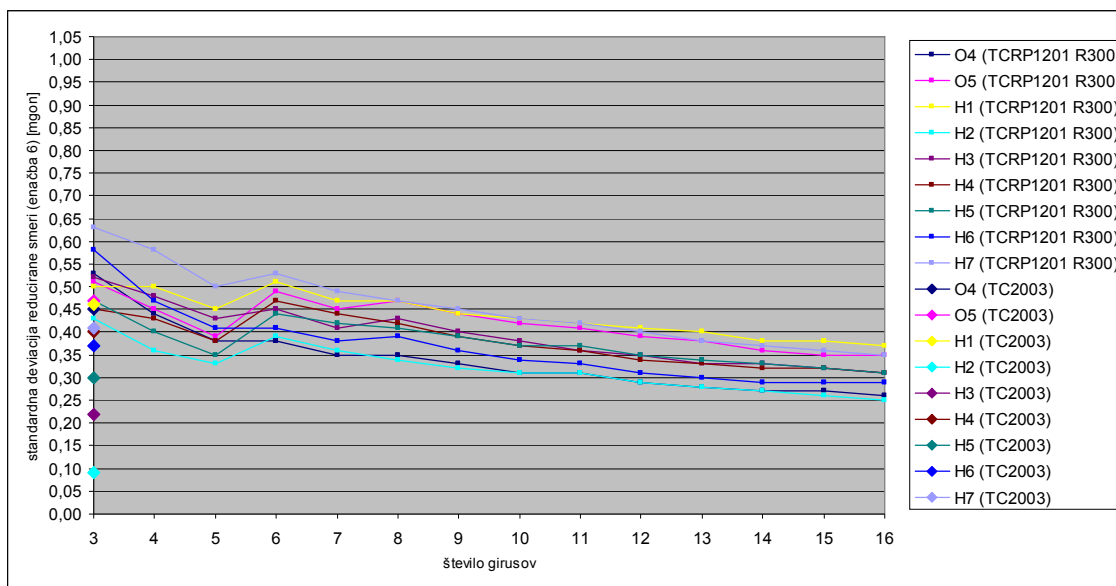
σ_D	...	standardna deviacija dolžine
σ_D^2	...	varianca dolžine
D_i	...	vrednost dolžine
\bar{D}	...	vrednost aritmetične sredine dolžin
n	...	število meritev dolžin

5.4 Primerjava in vrednotenje rezultatov predhodne obdelave podatkov

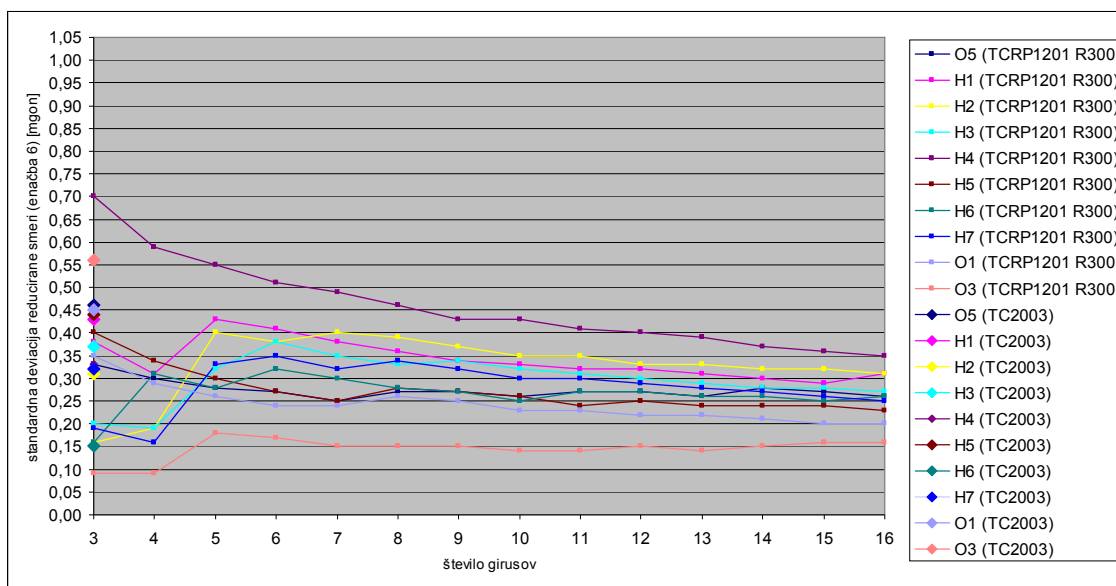
5.4.1 Primerjava natančnosti opazovanih količin, izračunanih s programom *Leica Geosystems Liscad*

5.4.1.1 Primerjava natančnosti horizontalnih smeri

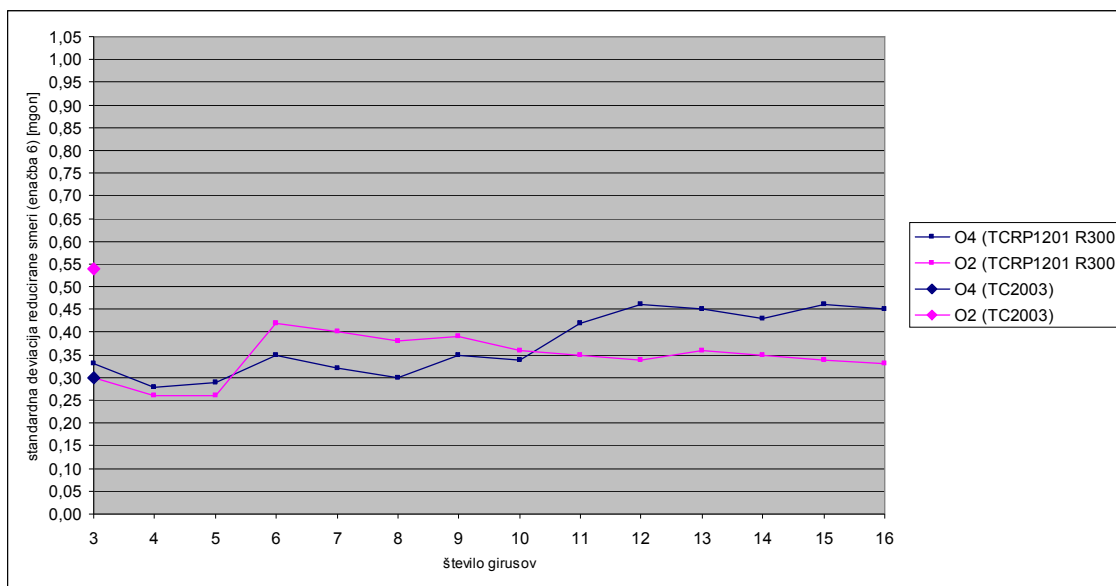
Program *Leica Geosystems Liscad* izračuna natančnosti iz sredin smeri merjenih horizontalnih smeri (enačba 6). Na tak način izračunana natančnost se izračuna za vse smeri na stojišču, razen za smer proti začetni točki, ker so vse smeri reducirane na ničelno smer. Pri izračunu pa ne upošteva pogreška začetne smeri, zato smo poleg teh natančnosti izračunali tudi natančnosti merjenih horizontalnih kotov po girusni metodi (enačba 21) – glej tudi poglavje 5.3.2.



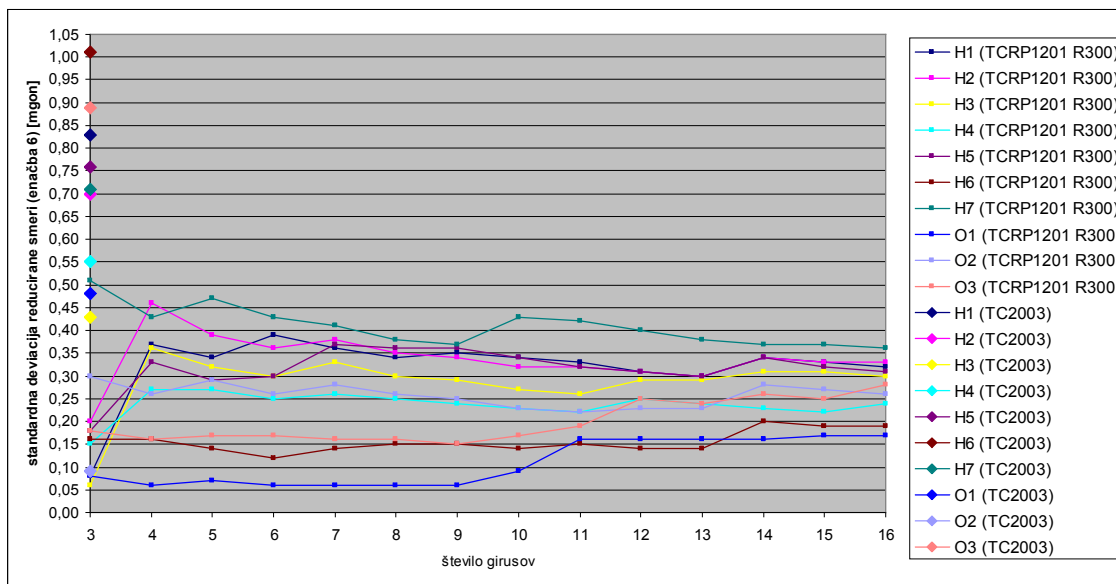
Grafikon 1: Primerjava natančnosti reduciranih horizontalnih smeri na stojišču O1 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 girusih in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 girusih, izračunanih s programom Leica Geosystems Liscad



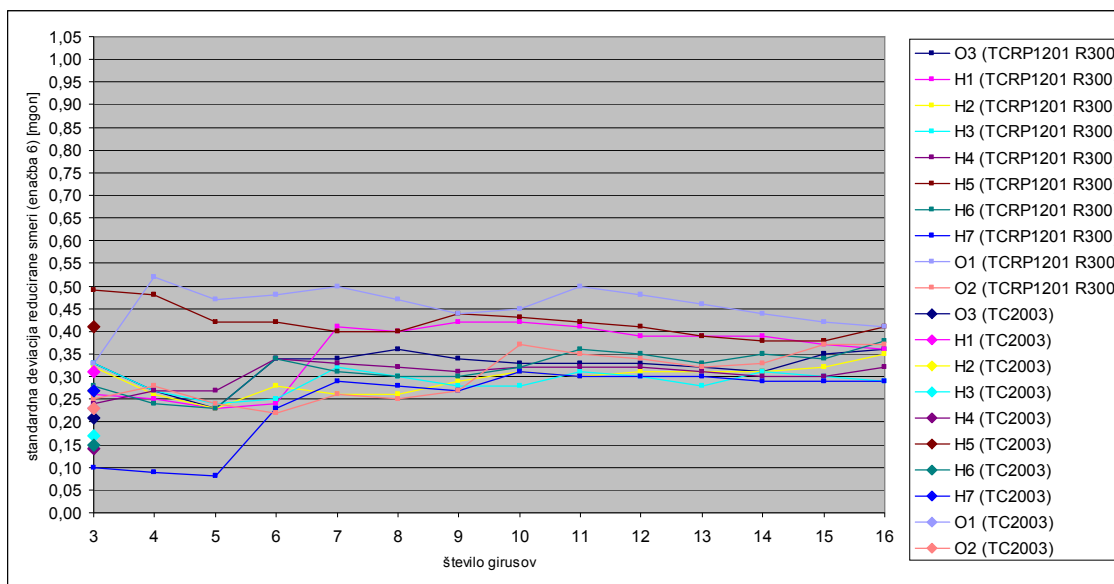
Grafikon 2: Primerjava natančnosti reduciranih horizontalnih smeri na stojišču O2 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 girusih in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 girusih, izračunanih s programom Leica Geosystems Liscad



Grafikon 3: Primerjava natančnosti reduciranih horizontalnih smeri na stojišču O3 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 girusih in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 girusih, izračunanih s programom Leica Geosystems Liscad



Grafikon 4: Primerjava natančnosti reduciranih horizontalnih smeri na stojišču O4 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 girusih in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 girusih, izračunanih s programom Leica Geosystems Liscad



Grafikon 5: Primerjava natančnosti reduciranih horizontalnih smeri na stojišču O5 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 girusih in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 girusih, izračunanih s programom Leica Geosystems Liscad

Vrednotenje rezultatov:

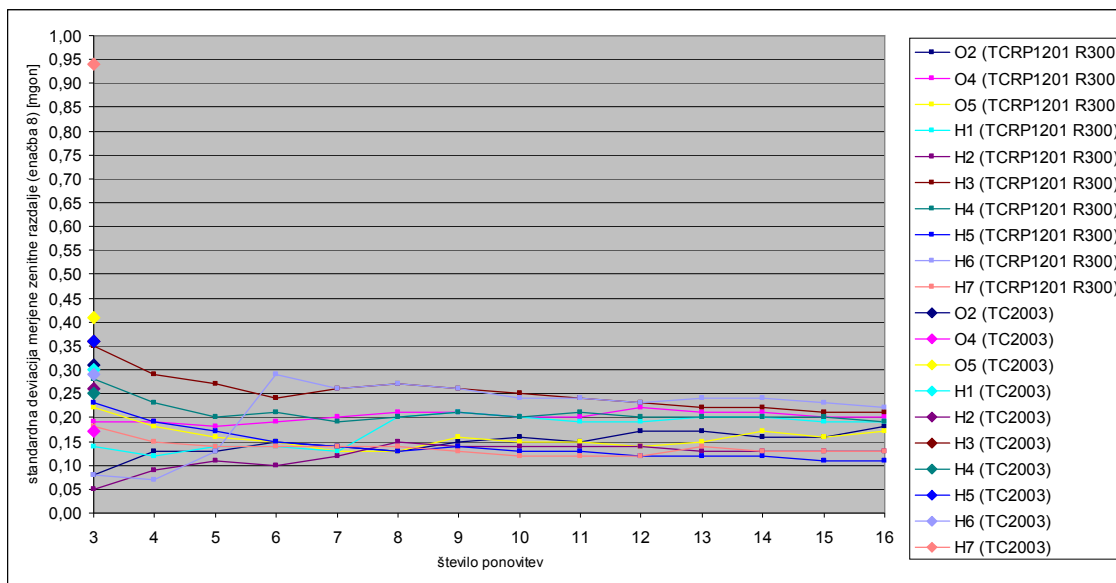
Iz grafikonov lahko vidimo, da so natančnosti opazovanih horizontalnih smeri dokaj nehomogene. Če primerjamo meritve obeh instrumentov, vidimo, da na stojišču O1 in O2 dosežemo večje natančnosti z instrumentom *Leica Geosystems TC2003* na stojiščih O3, O4 in O5 pa dosežemo večje natančnosti z instrumentom *Leica Geosystems TCRP1201 R300*.

V splošnem smo pričakovali, da se bodo natančnosti opazovanih smeri (tudi zenitnih razdalj in dolžin) pri instrumentu *Leica Geosystems TCRP1201 R300* z naraščanjem števila girusov povečevale. Kot lahko vidimo iz grafikonov, se natančnosti na vsakem stojišču različno spreminjajo z naraščanjem števila girusov. Še najbolj se natančnosti povečujejo na stojišču O1, čeprav lahko vidimo, da se pri 6-ih girusih natančnosti pri večini smereh zmanjšajo in nato zopet povečujejo. Na ostalih stojiščih pa je v večini primerov opaziti povečevanje natančnosti z naraščanjem števila girusov, vendar pa v dosti primerih pride do večjih

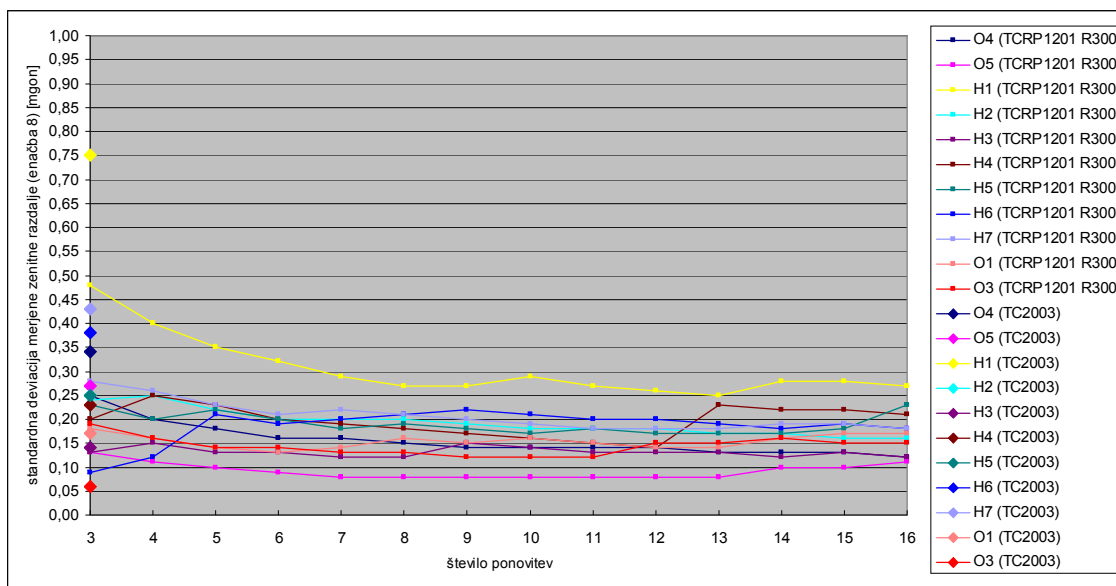
preskokov v vrednostih natančnosti. Zakaj pride do takih nenadnih sprememb, bomo poskušali ugotoviti s podrobnejšo analizo opazovanj, ki jo opisujemo v poglavju 5.5.1.

5.4.1.2 Primerjava natančnosti zenitnih razdalj

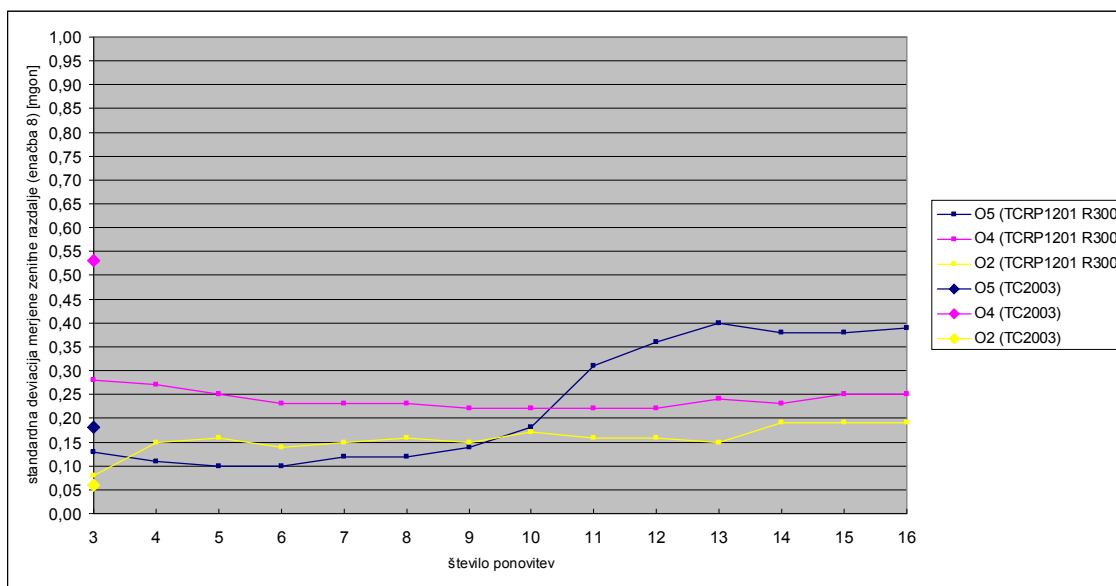
Program *Leica Geosystems Liscad* izračuna natančnosti merjenih zenitnih razdalj po enačbi 7 oziroma 8. V Grafikonih od 6 do 10 prikazujemo standardne deviacije merjenih zenitnih razdalj v odvisnosti od števila ponovitev.



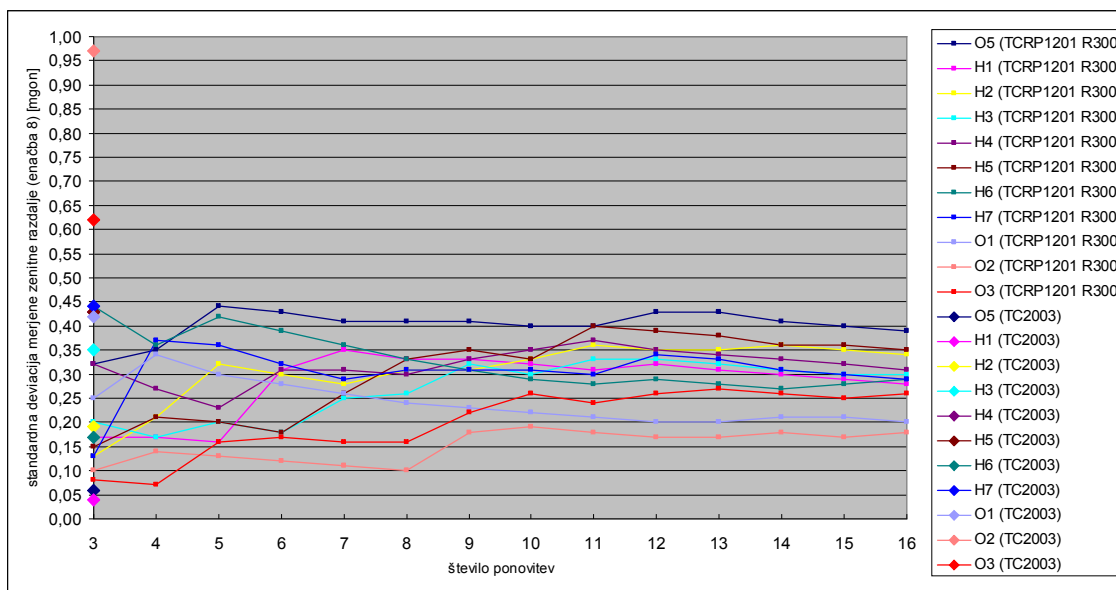
Grafikon 6: Primerjava natančnosti merjenih zenitnih razdalj na stojišču O1 z instrumentom *Leica Geosystems TCRP1201 R300* v 3-16 ponovitvah in z instrumentom *Leica Geosystems TC2003* v 3 ponovitvah



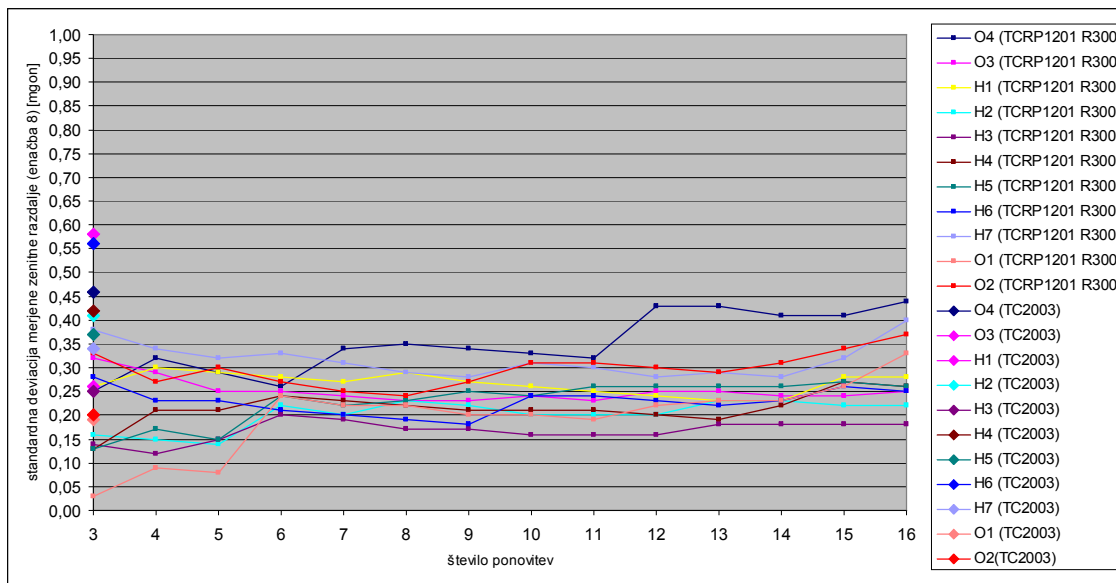
Grafikon 7: Primerjava natančnosti merjenih zenitnih razdalj na stojišču O2 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 ponovitvah in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 ponovitvah



Grafikon 8: Primerjava natančnosti merjenih zenitnih razdalj na stojišču O3 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 ponovitvah in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 ponovitvah



Grafikon 9: Primerjava natančnosti merjenih zenitnih razdalj na stojišču O4 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 ponovitvah in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 ponovitvah



Grafikon 10: Primerjava natančnosti merjenih zenitnih razdalj na stojišču O5 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 ponovitvah in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 ponovitvah

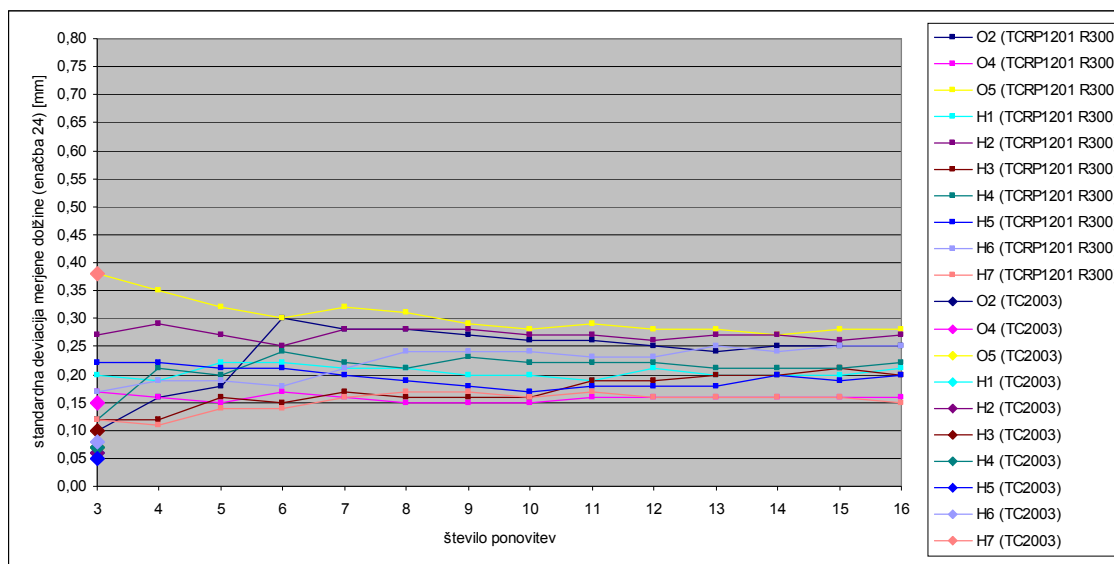
Vrednotenje rezultatov:

Z instrumentom *Leica Geosystems TCRP1201 R300* dosežemo večje natančnosti merjenih zenitnih razdalj na stojiščih O2, O3 in O5, na stojiščih O1 in O4 pa so natančnosti podobne za oba instrumenta.

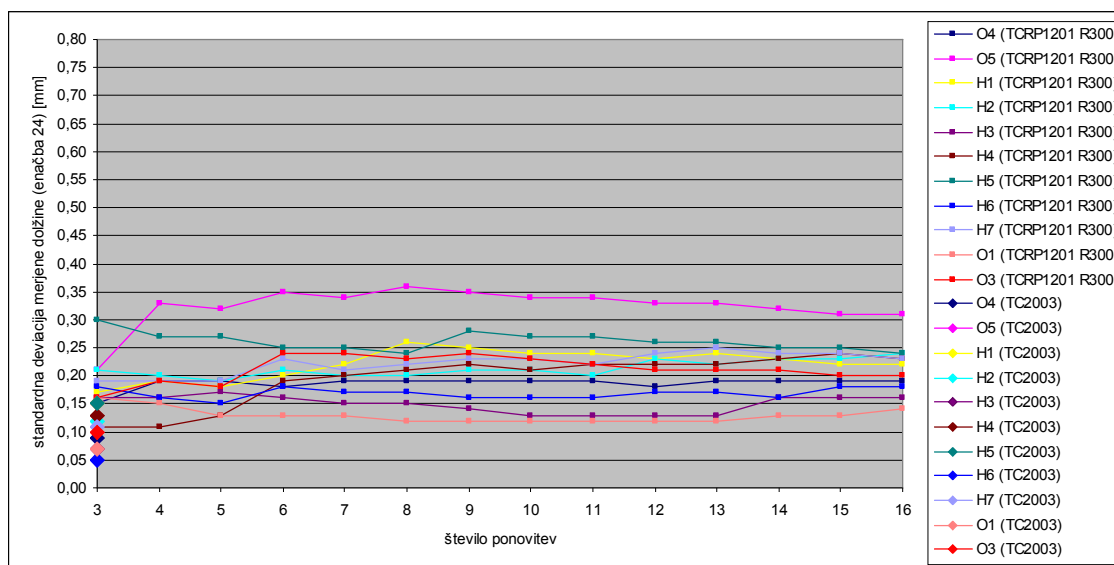
Tudi pri natančnostih merjenih zenitnih razdalj z instrumentom *Leica Geosystems TCRP1201 R300* je opaziti nenadne spremembe vrednosti natančnosti pri večanju števila ponovitev. Vzrok bomo poskušali najti s podrobnejšo analizo merjenih zenitnih razdalj, opisano v poglavju 5.5.2. Natančnosti zenitnih razdalj se s povečevanjem števila ponovitev bistveno ne povečajo.

5.4.1.3 Primerjava natančnosti dolžin

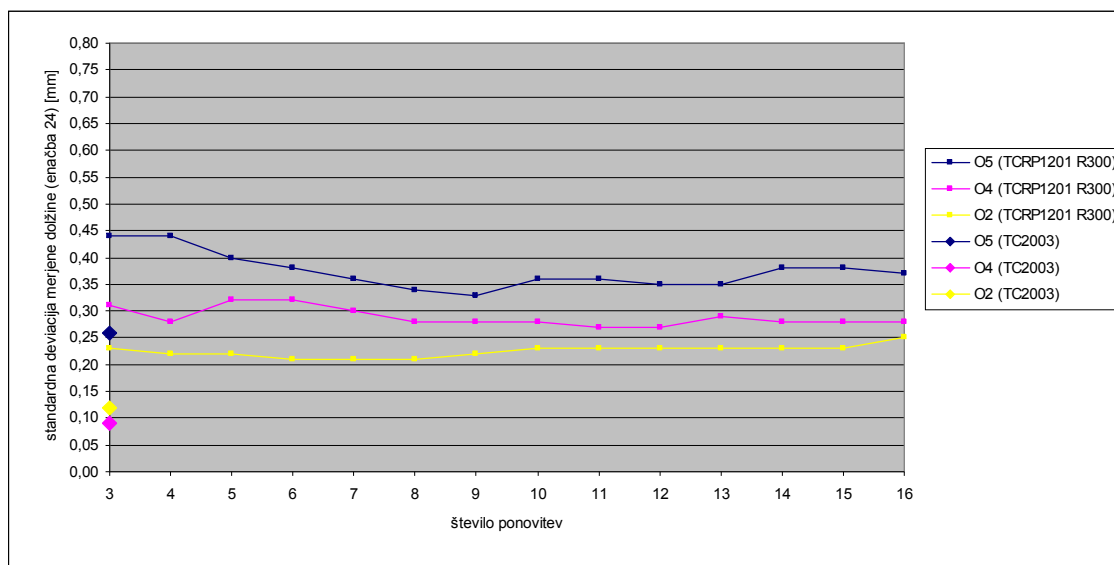
Program *Leica Geosystems Liscad* izračuna natančnosti merjenih dolžin po enačbi 24 oziroma 25, ki jih prikazujemo v Grafikonih od 11 do 15.



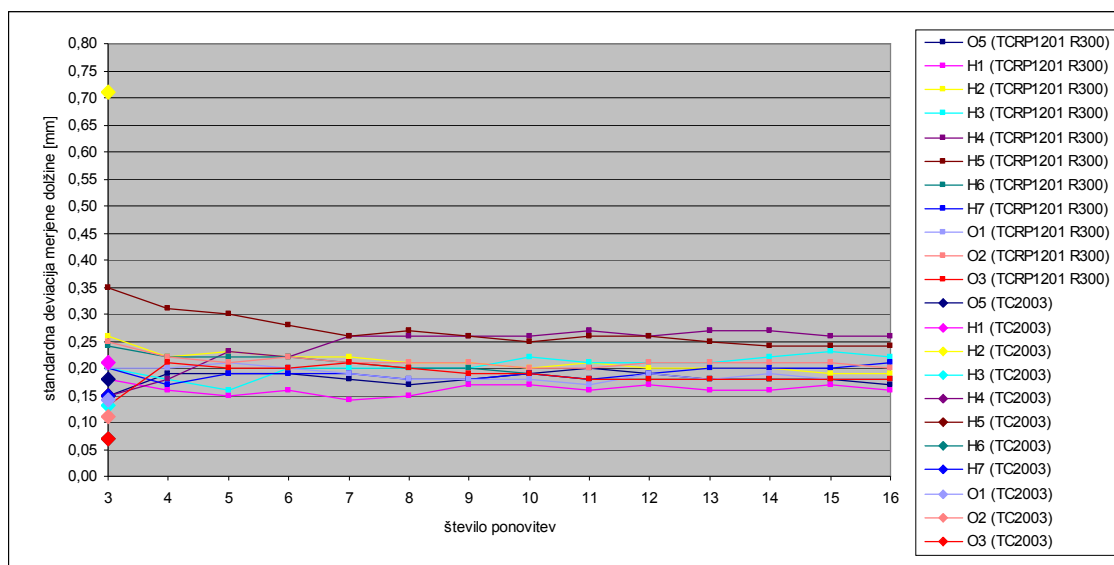
Grafikon 11: Primerjava natančnosti merjenih dolžin na stojišču O1 z instrumentom *Leica Geosystems TCRP1201 R300* v 3-16 ponovitvah in z instrumentom *Leica Geosystems TC2003* v 3 ponovitvah



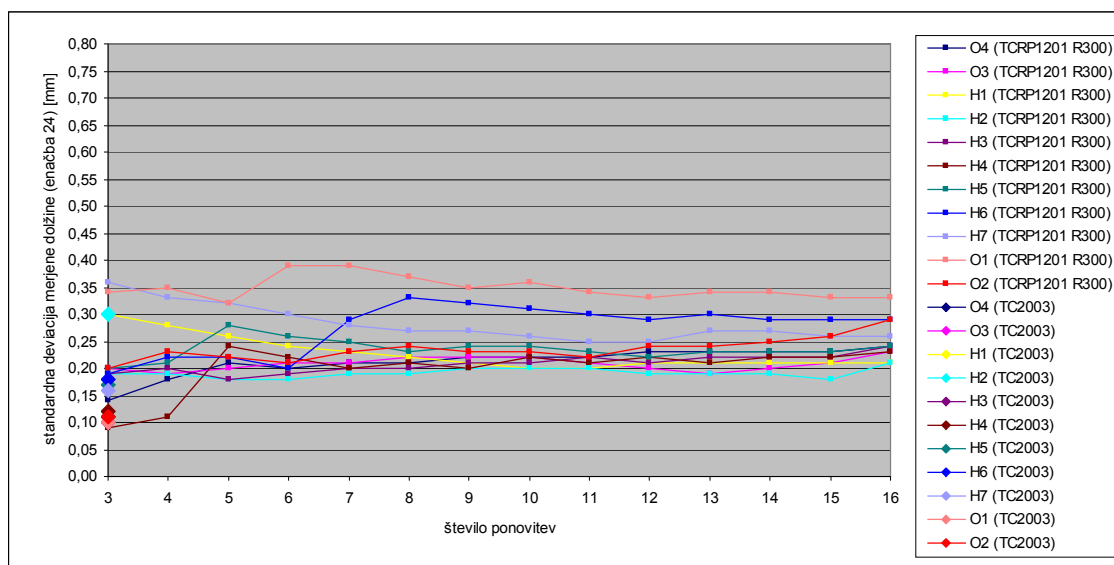
Grafikon 12: Primerjava natančnosti merjenih dolžin na stojišču O2 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 ponovitvah in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 ponovitvah



Grafikon 13: Primerjava natančnosti merjenih dolžin na stojišču O3 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 ponovitvah in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 ponovitvah



Grafikon 14: Primerjava natančnosti merjenih dolžin na stojišču O4 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 ponovitvah in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 ponovitvah



Grafikon 15: Primerjava natančnosti merjenih dolžin na stojišču O5 z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300 v 3-16 ponovitvah in z instrumentom Leica Geosystems TC2003 v 3 ponovitvah

Vrednotenje rezultatov:

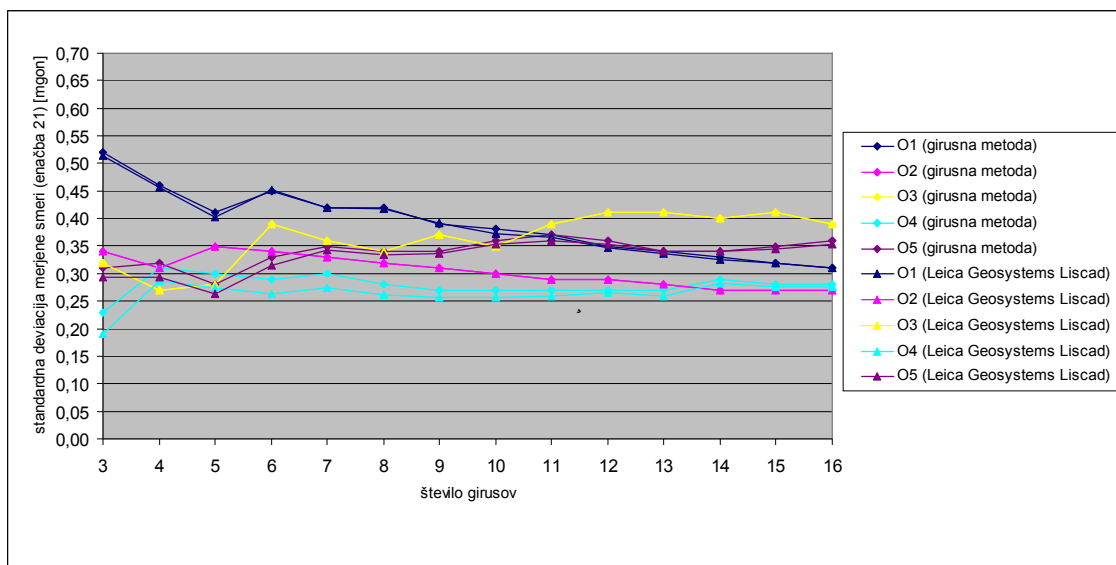
Na vseh stojiščih po pričakovanjih dosežemo večjo natančnost merjenih dolžin z instrumentom *Leica Geosystems TC2003*, saj ta instrument po podatkih proizvajalca omogoča večjo natančnosti meritev kot instrument *Leica Geosystems TCRP1201 R300*. Z večanjem števila ponovitev pri instrumentu *Leica Geosystems TCRP1201 R300* se natančnosti bistveno ne spreminjajo.

5.4.2 Primerjava natančnosti merjenih horizontalnih smeri po girusni metodi

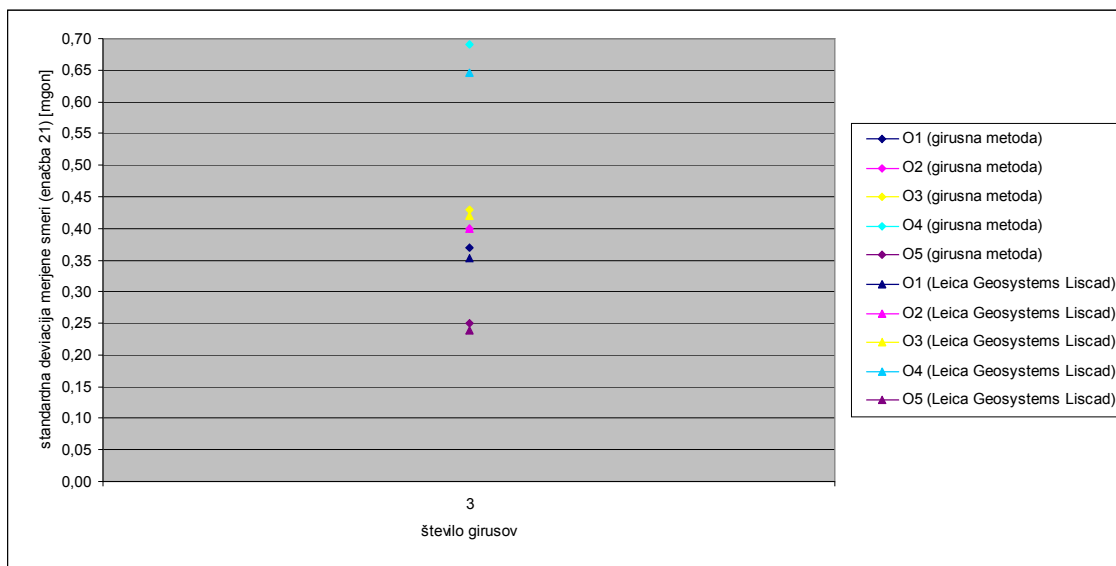
Program *Leica Geosystems Liscad* izračuna natančnost vsake opazovane smeri na določenem stojišču, vendar pa zaradi reducirane ničelne smeri ne upošteva pogreška začetne smeri. V tem primeru izračunamo oceno natančnosti po girusni metodi. S tem postopkom pridobimo natančnosti merjenih horizontalnih smeri za vse smeri na enem stojišču. Da lahko primerjamo natančnosti izračunane po girusni metodi, izračunamo natančnosti s programom *Leica Geosystems Liscad* za določeno stojišče z izračunom povprečne vrednosti vseh smeri na tem stojišču.

Preglednica 6: Primerjava natančnosti izračunanih s programom Leica Geosystems Liscad (v preglednici LGL) in po girusni metodi (v preglednici GM) v [mgon]

	število girusov	STOJIŠČE										
		O1		O2		O3		O4		O5		
		GM	LGL	GM	LGL	GM	LGL	GM	LGL	GM	LGL	
TCRP1201 R300	3	0,52	0,51	0,34	0,30	0,32	0,32	0,23	0,19	0,31	0,29	
	4	0,46	0,46	0,31	0,28	0,27	0,27	0,31	0,29	0,32	0,29	
	5	0,41	0,40	0,35	0,33	0,28	0,28	0,30	0,28	0,28	0,26	
	6	0,45	0,45	0,34	0,33	0,39	0,39	0,29	0,26	0,33	0,31	
	7	0,42	0,42	0,33	0,31	0,36	0,36	0,30	0,28	0,35	0,34	
	8	0,42	0,42	0,32	0,31	0,34	0,34	0,28	0,26	0,34	0,33	
	9	0,39	0,39	0,31	0,30	0,37	0,37	0,27	0,26	0,34	0,34	
	10	0,38	0,37	0,30	0,29	0,35	0,35	0,27	0,26	0,36	0,35	
	11	0,37	0,37	0,29	0,28	0,39	0,39	0,27	0,26	0,37	0,36	
	12	0,35	0,35	0,29	0,28	0,41	0,40	0,27	0,27	0,36	0,35	
	13	0,34	0,34	0,28	0,27	0,41	0,41	0,27	0,26	0,34	0,34	
	14	0,33	0,32	0,27	0,27	0,40	0,39	0,29	0,28	0,34	0,34	
	15	0,32	0,32	0,27	0,26	0,41	0,40	0,28	0,28	0,35	0,34	
	16	0,31	0,31	0,27	0,26	0,39	0,39	0,28	0,28	0,36	0,35	
	TC2003	3	0,37	0,35	0,40	0,38	0,43	0,42	0,69	0,65	0,25	0,24



Grafikon 16: Primerjava natančnosti horizontalnih smeri merjenih z instrumentom Leica Geosystems TCRP1201 R300



Grafikon 17: Primerjava natančnosti horizontalnih smeri merjenih z instrumentom Leica Geosystems TC2003

Vrednotenje rezultatov:

Glede na uporabljena instrumenta, pri enakih pogojih meritev, smo pričakovali, da bomo dobili večje natančnosti merjenih horizontalnih smeri z instrumentom *Leica Geosystems TC2003*, vendar pa kot je razvidno iz Preglednice 6 in Grafikonov 16 in 17, dobimo v povprečju večje natančnosti z instrumentom *Leica Geosystems TCRP1201*.

Natančnosti izračunane po girusnih metodi in natančnosti, kot nam jih izračuna program *Leica Geosystems Liscad*, so zelo primerljive. Največja razlika med določenima vrednostima natančnosti znaša $0,4^{\text{cc}}$. Pričakovali smo, da bomo dobili boljše rezultate po girusni metodi, ter da se bodo natančnosti pri instrumentu *Leica Geosystems TCRP1201 R300* povečevale z večanjem števila girusov, vendar lahko vidimo, da ni tako. Predvsem na stojišču O3 se le-te z večanjem števila girusov manjšajo. Vendar pa je potrebno omeniti, da so bile s tega stojišča opazovane samo tri referenčne točke in tako tri horizontalne smeri. Zaključimo lahko, da so natančnosti, ki nam jih izračuna program *Leica Geosystems Liscad*, korektne.

5.5 Analiza izračunanih natančnosti

Z analizo natančnosti opazovanj smo poskušali ugotoviti, zakaj pride do večjih razlik natančnosti merjenih horizontalnih smeri in zenitnih razdalj s povečevanjem števila girusov.

5.5.1 Analiza natančnosti horizontalnih smeri

Ena izmed možnih cenilk merjenih horizontalnih smeri je kolimacijski pogrešek. Merjene horizontalne smeri so obremenjene s kolimacijskim pogreškom, ki nastane kot posledica nepravokotnosti osi y in x instrumenta. Lastnosti kolimacijskega pogreška so:

- pogrešek je enak za pozitivne in negativne vertikalne kote,
- pogrešek je najmanjši pri horizontalni vizuri,

- pogrešek narašča z naraščanjem vertikalnega kota,
- pogrešek eliminiramo z merjenjem v obeh krožnih legah.

Kolimacijski pogrešek c izračunamo kot:

$$2c = a_{II} - a_I \pm 200 \text{ gon} \quad (26)$$

kjer so:

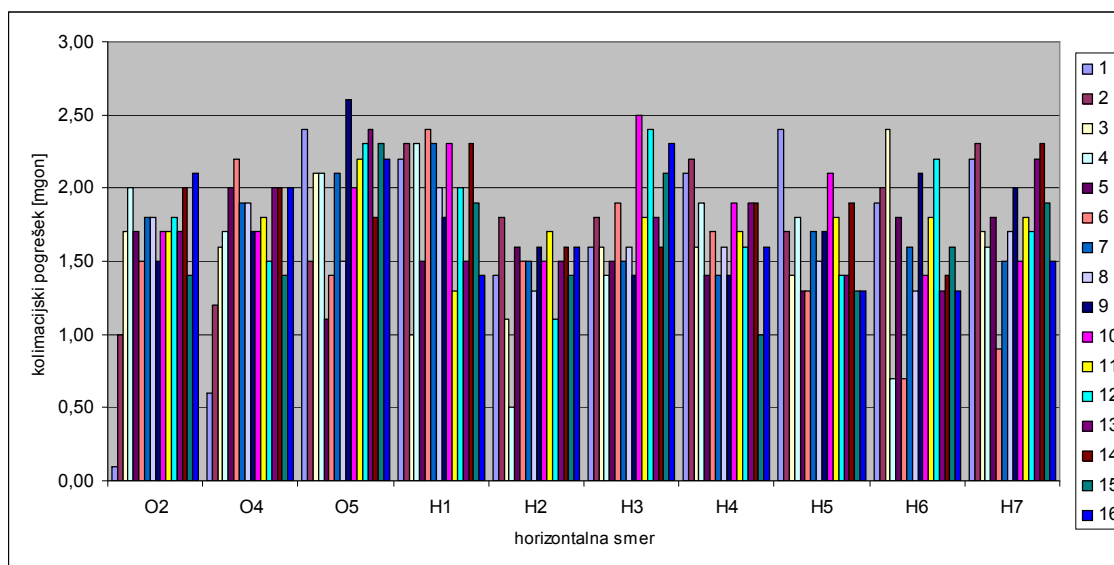
a_{II} ... horizontalna smer izmerjena v drugi krožni legi [v gon]

a_I ... horizontalna smer izmerjena v prvi krožni legi [v gon]

Analizo smo opravili za meritve, pri katerih je prišlo do večje spremembe natančnosti določene smeri pri dodanem girusu. Za vsa opazovanja smo izračunali kolimacijske pogreške in smo nato za določeno stojišče za izbrano število girusov izračunali standardne deviacije kolimacijskih pogreškov. Na ta način smo poskušali ugotoviti ali se pri dodajanju girusov natančnost določene smeri zmanjša zaradi morebitnega prevelikega kolimacijskega pogreška.

Rezultati:

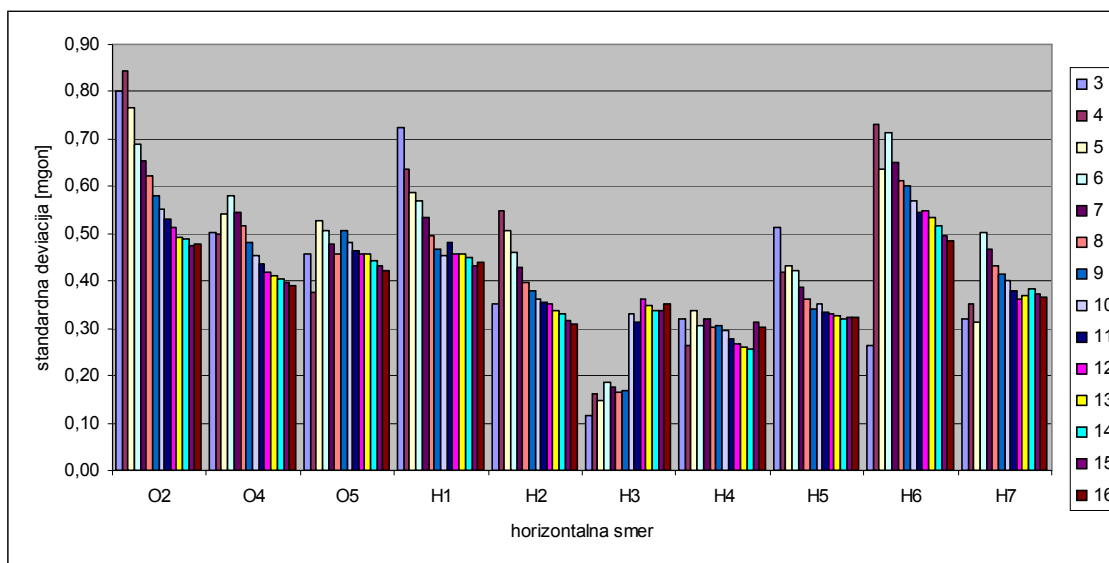
Iz Grafikona 1 je razvidno, da se z naraščanjem števila girusov natančnost horizontalnih smeri veča, pri šestih girusih se zmanjša, nato pa se do šestnajstih girusov ponovno veča. Primer analize z dvojnimi kolimacijskimi pogreškoma (izračunanim po enačbi 26) prikazujemo v Grafikonu 18.



Grafikon 18: Kolimacijski pogrešek, izračunan za stojišče O1

Na podlagi izračunanega kolimacijskega pogreška ne moremo sklepati o »pogrešenih« smereh v šestem girusu. Če bi bila v šestem girusu katerakoli smer »pogrešena«, bi kolimacijski pogrešek v tem girusu dosegel maksimum. Kot pa lahko vidimo iz Grafikona 18, se kolimacijski pogrešek z naraščanjem števila girusov spreminja nehomogeno in ne podaja nikakršnih informacij o morebitnih »pogrešenih« smereh v tem girusu.

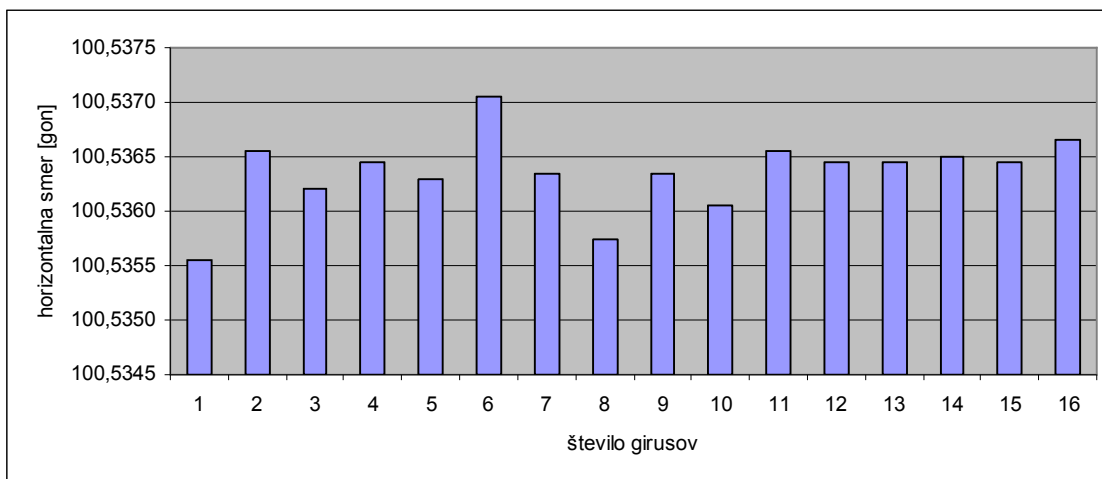
Ker nam kolimacijski pogreški niso podali rezultatov o morebitni prisotnosti »pogrešenih« horizontalni smeri, smo dodatno izračunali standardne deviacije kolimacijskih pogreškov. Te so prikazane v Grafikonu 19.



Grafikon 19: Standardne deviacije kolimacijskih pogreškov za stojišče O1

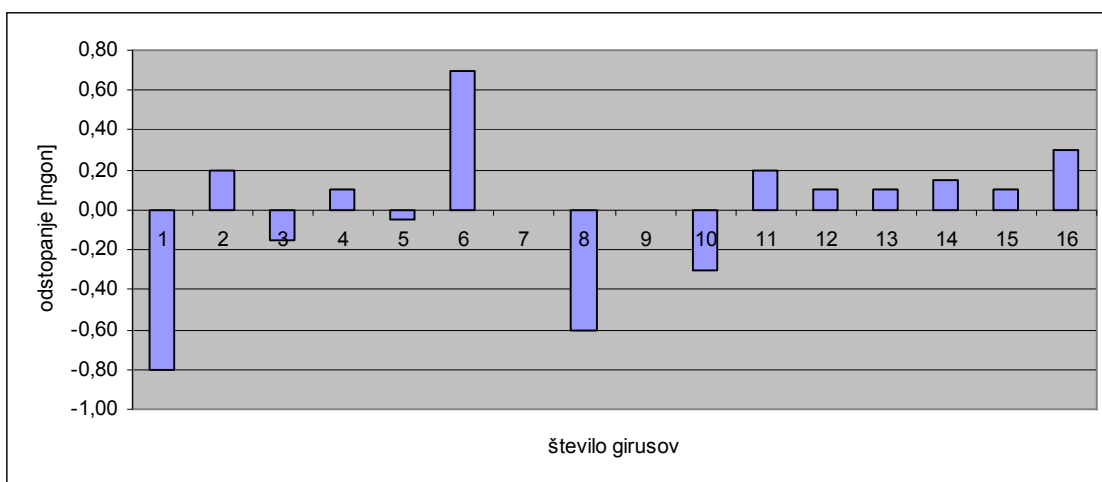
Tudi na podlagi standardnih deviacij kolimacijskih pogreškov ne moremo sklepati o prisotnosti »pogrešenih« horizontalnih smereh pri šestih girusih. Vidimo pa lahko, da se standardna deviacija z večanjem števila girusov v večini primerov enakomerno zmanjšuje. Na podlagi tega lahko sklepamo, da dobimo z večanjem števila girusov na stojišču O1 večje natančnosti horizontalne smeri (kar je razvidno tudi iz Grafikona 1).

Ker z izračunom kolimacijskih pogreškov in njim pripadajočim natančnostim nismo dobili rezultatov, ki bi kazali vzrok v zmanjšani natančnosti merjenih horizontalnih smeri, smo se lotili analize samih meritev. Tu smo iskali vzrok za vsako posamezno smer na določenem stojišču. Analizirali smo podatke meritev za 16 girusov in ugotavljali, kako se srednje vrednosti horizontalnih smeri spreminjajo z večanjem števila girusov.



Grafikon 20: Srednje vrednosti horizontalne smeri iz stojišča O1 proti točki O5 v odvisnosti števila girusov

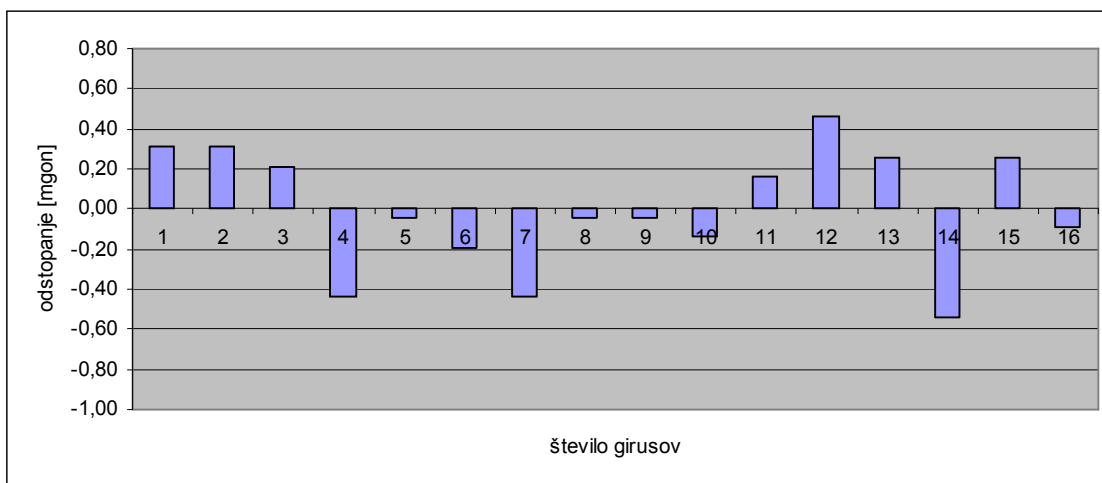
Iz Grafikona 20 lahko vidimo, da se srednja vrednost horizontalne smeri proti točki O5 v šestem girusu nekoliko razlikuje glede na srednjo vrednost horizontalne smeri v ostalih girusih. Zato smo dodatno izračunali odstopanja srednje vrednosti horizontalnih smeri v določenem številu girusov od srednje vrednosti horizontalnih smeri v vseh girusih.



Grafikon 21: Odstopanja srednje vrednosti horizontalnih smeri na stojišču O1 proti točki O5

Iz Grafikona 21 pa lahko vidimo, da je vzrok v zmanjšanju natančnosti v sami vrednosti horizontalne smeri. Odstopanje srednje vrednosti horizontalne smeri iz stojišča O1 proti točki O5 je največje pri šestih girusih. Vidimo lahko, da je odstopanje dokaj veliko tudi pri osmih girusih. Če pogledamo Grafikon 1, lahko vidimo, da se tudi pri osmih girusih natančnost zmanjša. Torej lahko na osnovi odstopanj posamezne srednje vrednosti horizontalne smeri od skupne srednje vrednosti horizontalne smeri sklepamo o natančnosti merjenih horizontalnih smeri.

Prikaz odstopanj stojišča O1 smo izbrali, ker se na tem stojišču pri šestih girusih zmanjšajo natančnosti za vse horizontalne smeri. Tudi z analizo ostalih smeri smo prišli do rezultatov, ki kažejo na večje odstopanje pri šestih girusih. Vzemimo sedaj horizontalno smeri, pri kateri se natančnost horizontalne smeri spremeni za največ. To je pri horizontalni smeri, merjeni na stojišču O4 proti točki H3 (največje sprememba natančnosti znaša $3,0^{\text{cc}}$) pri prehodu iz tretjega v četrti girus (glej Grafikon 4).



Grafikon 22: Odstopanja srednje vrednosti horizontalnih smeri na stojišču O4 proti točki H3

Glede na največjo spremembo natančnosti merjene horizontalne smeri med dvema zaporednima girusoma, ki je na stojišču O4 proti točki H3 in znaša $3,0^{\text{cc}}$ in glede na dolžino med tema dvema točkama, ki je 341,744 m, dobimo natančnost določitve položaja točke H3 velikosti 1,79 mm, kar pa je znotraj območja natančnosti ATR-a (2 mm).

5.5.2 Analiza natančnosti merjenih zenitnih razdalj

Kot cenilko merjenih zenitnih razdalj lahko uporabimo indeksni pogrešek. Vzrok za indeksni pogrešek je, da mesto čitanja na vertikalnem krogu ni na pravem mestu. Za indeksni pogrešek velja, da ima konstantno vrednost ne glede na naklon in orientacijo vizure. Eliminiramo ga z merjenjem v obeh krožnih legah.

Indeksni pogrešek i izračunamo po enačbi:

$$i = \frac{z^I + z^{II} - 400 \text{ gon}}{2} \quad (27)$$

kjer so:

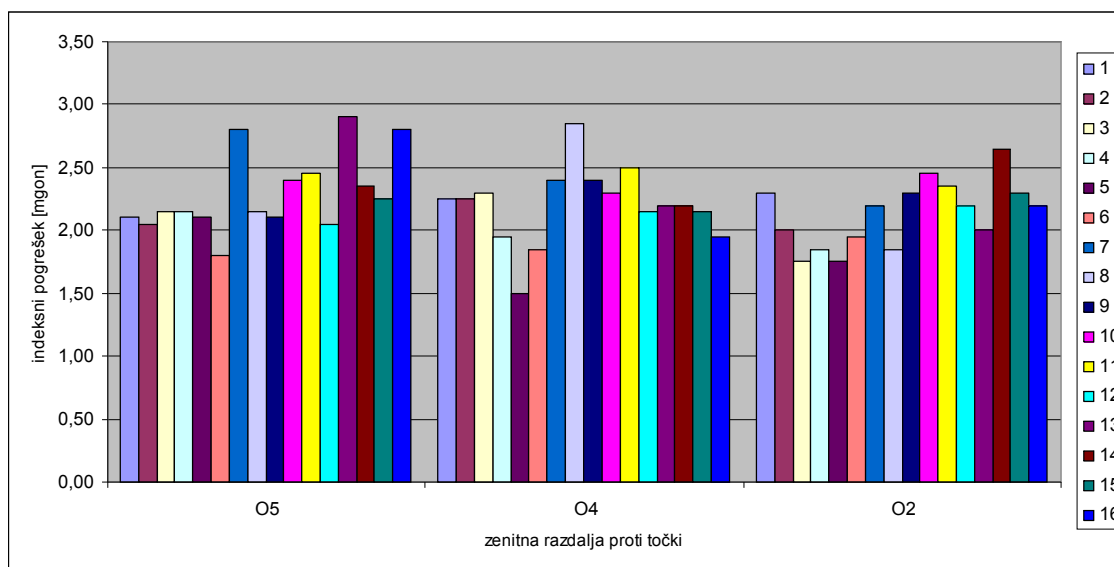
- z^I ... odčitek zenitne razdalje v prvi krožni legi [v gon]
- z^{II} ... odčitek zenitne razdalje v drugi krožni legi [v gon]

Tudi pri zenitnih razdaljah smo opravili analizo za natančnosti zenitnih razdalj, pri katerih se je natančnost pri dodani ponovitvi dosti zmanjšala.

Rezultati:

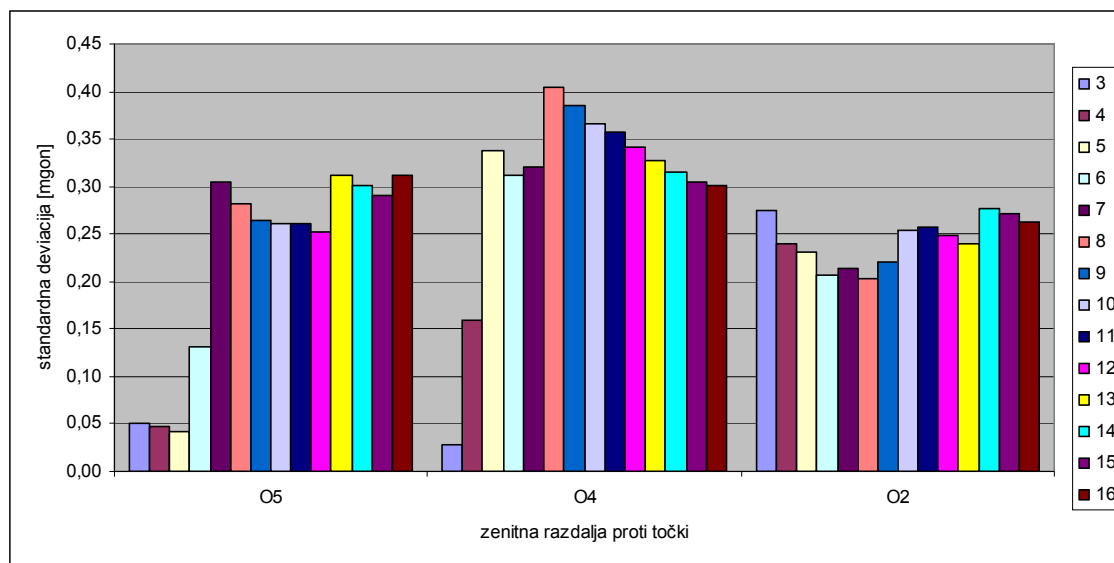
Analize zenitnih razdalj smo se lotili podobno kot analize horizontalnih smeri, le da smo pri zenitnih razdaljah poskušali odkriti manjše natančnosti z večanjem števila ponovitev na osnovi indeksnega pogreška.

Izmed vseh merjenih zenitnih razdalj, kot je razvidno iz Grafikona 8, dobimo na stojišču O3 za merjeno zenitno razdaljo proti točki O5 najbolj neenakomerno in nehomogeno spreminjanje natančnosti z večanjem števila ponovitev, celo nasprotno, se natančnost z večanjem števila ponovitev manjša. V Grafikonu 23 je prikazano spreminjanje vrednosti indeksnega pogreška v odvisnosti od večanja števila ponovitev.



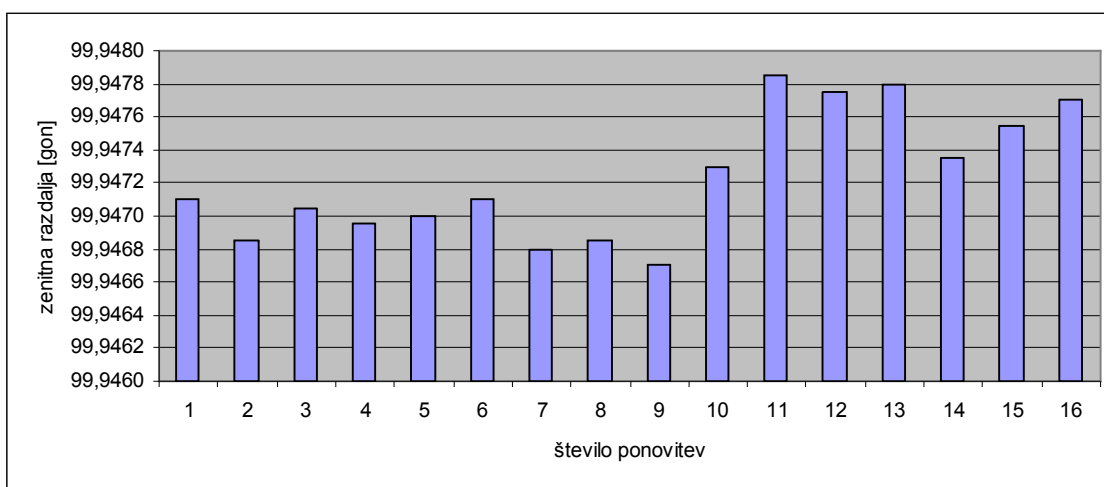
Grafikon 23 : Indeksni pogrešek izračunan za stojišče O3

Indeksni pogrešek se z večanjem števila ponovitev spreminja neenakomerno in ni pokazatelj manjših natančnosti pri večjem številu ponovitev.



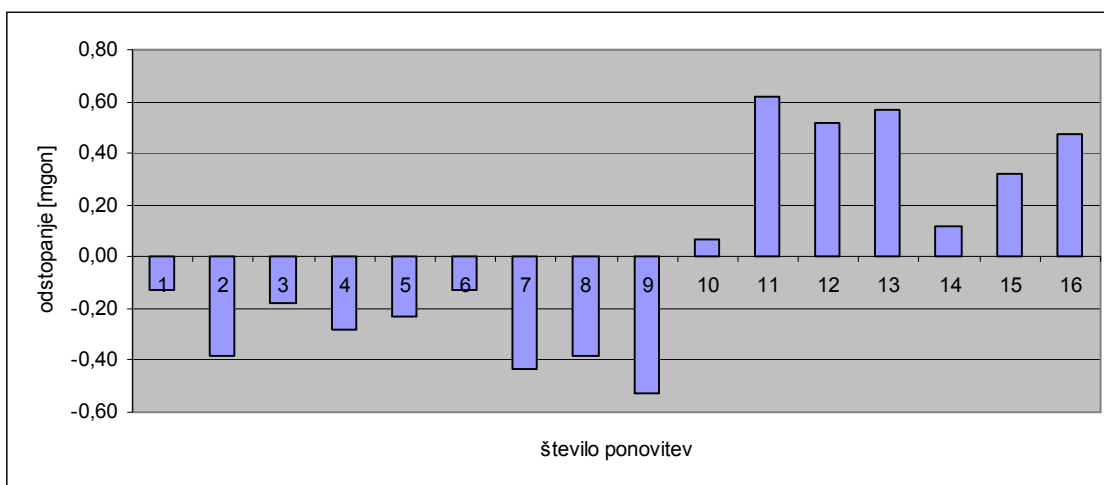
Grafikon 24: Standardne deviacije indeksnih pogreškov za stojišče O3

Standardne deviacije indeksnega pogreška za smer O5 na stojišču O3 nakazujejo na poslabšanje meritev pri večjemu številu ponovitev, vendar pa na osnovi tega ne moremo sklepati o manjših natančnostih, saj se pri ostalih dveh smereh spreminja drugače kot se spreminjajo natančnosti merjenih zenitnih razdalj. Zato smo dalje primerjali spreminjanje vrednosti merjenih zenitnih razdalj z večanjem števila ponovitev. Analizirali smo podatke meritev za 16 ponovitev in ugotavljali, kako se srednje vrednosti zenitnih razdalj spreminjajo z večanjem števila ponovitev.



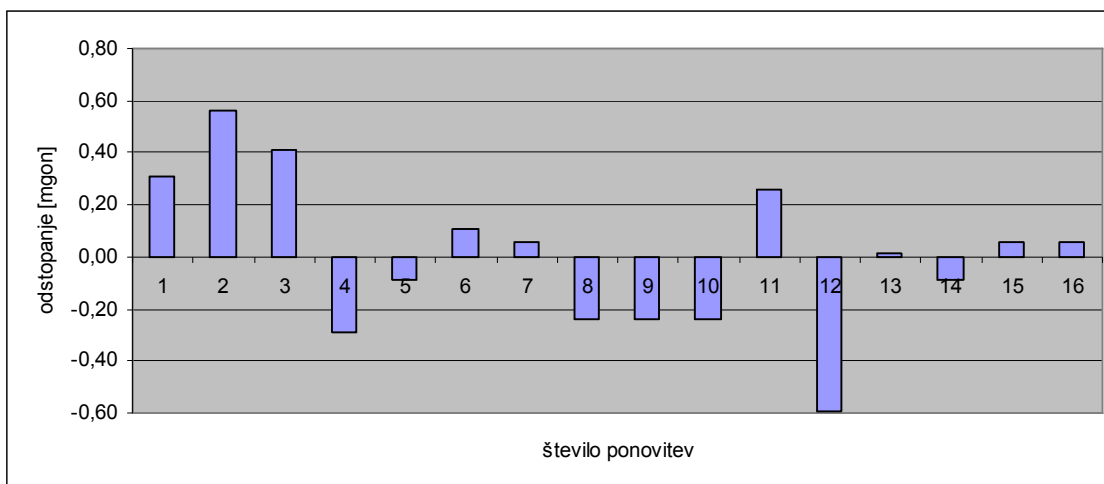
Grafikon 25: Zenitne razdalje iz stojišča O3 proti točki O5 v odvisnosti števila ponovitev

Tudi pri zenitnih razdaljah je iz samih vrednosti meritev razvidno, da vrednosti zenitne razdalje v številu ponovitev, pri kateri dobimo manjše natančnosti, nekoliko odstopajo glede na druge vrednosti zenitnih razdalj. Zato smo izračunali še odstopanja posameznih vrednosti zenitnih razdalj v določenem številu ponovitev od srednje vrednosti zenitne razdalje v vseh ponovitvah. Odstopanja zenitnih razdalj prikazujemo v Grafikonu 26. Vidimo lahko, da se odstopanja z večanjem števila ponovitev do devete ponovitve povečujejo in spremenijo predznak, pri enajsti ponovitvi se odstopanje močno poveča, kar lahko vidimo tudi pri spremembi natančnosti (Grafikon 8). Torej povečana odstopanja in njihova sprememba predznaka se odraža na večji spremembi natančnosti merjenih zenitnih razdalj.



Grafikon 26: Odstopanja zenitnih razdalj na stojišču O3 proti točki O5

Sedaj pogledjmo še največjo spremembo natančnosti pri povečanju števila ponovitev. Ta je na stojišču O4 pri merjeni zenitni razdalji proti točki H7 (največja sprememba natančnosti znaša $2,6^{\text{cc}}$), pri prehodu iz treh v štiri ponovitve.



Grafikon 27: Odstopanja zenitnih razdalj na stojišču O4 proti točki H7

Iz Grafikona 27 lahko vidimo, da je pri štirih ponovitvah odstopanje večje kot pri nadaljnjih ponovitvah, zato je tu sprememba natančnosti merjene zenitne razdalje nekoliko večja. Tudi

pri dvanajstih ponovitvah je odstopanje nekoliko večje, kar se pozna tudi pri nekoliko zmanjšani natančnosti (Grafikon 9).

Če pogledamo največjo spremembo natančnosti merjene zenitne razdalje pri povečanju števila ponovitev, ki znaša $2,6^{\text{cc}}$, pri meritvi iz stojišča O3 proti točki O5, pri dolžini 315,177 m, dobimo natančnost določitve položaja točke O5 1,43 mm, kar pa je znotraj območja natančnosti ATR-a (2 mm).

6 IZRAVNAVA IN PRIMERJAVA REZULTATOV IZRAVNAVE

Izravnavo izvedemo v primeru, ko imamo opazovanih več količin, kot jih nujno potrebujemo za izračun določenega problema. V našem primeru uporabimo posredni način izravnave. Izravnavna mreže se izvede kot izravnavna proste mreže, kar pomeni, da ni nobene dane točke, pri izravnavi pa potrebujemo približne koordinate vseh novih točk mreže. Pri izravnavi poleg reduciranih smeri uporabimo reducirane dolžine.

6.1 Redukcije dolžin

Dolžina, ki jo izmeri instrument, je obremenjena z različnimi vplivi in jo je potrebno za izravnavo reducirati. Ker ponavadi točke, med katerimi merimo dolžine, niso na isti višini, je izmerjena dolžina poševna ter zaradi meteoroloških vplivov tudi ukrivljena. Za računanje na skupni površini, jo je potrebno reducirati na ničelno nivojsko ploskev. Redukcijo izvedemo s tremi vrstami popravkov (Kogoj, 2005):

- meteorološki popravki,
- geometrični popravki,
- projekcijski popravki.

6.1.1 Meteorološki popravki

6.1.1.1 Prvi popravek hitrosti

S prvim popravkom hitrosti preračunamo dolžino, ki se nanaša na dejanske pogoje v atmosferi v času meritev. Torej pomeni pretvorbo vrednosti merjene dolžine iz referenčnih v dejanske pogoje atmosfere. To dosežemo preko izračuna dejanskega lomnega količnika (Kogoj, 2005).

Lomni količnik je količina, ki vpliva na hitrost širjenja valovanja in zato posredno na modulacijsko valovno dolžino. Lomni količnik valovanja je odvisen od valovne dolžine valovanja in od meteoroloških pogojev atmosfere.

Pri elektronski merjen dolžini D_a ima modulirana valovna dolžina λ nominalno vrednost:

$$\lambda_M = \frac{c_0}{n_0 \cdot f_M} \quad (28)$$

Ta se nanaša na referenčni lomni količnik n_0 , in s tem na točno določeno hitrost razširjanja elektromagnetnega valovanja:

$$n_0 = \frac{c_0}{\lambda_M \cdot f_M} \quad (29)$$

Dolžina D_a , ki jo prikaže instrument, se nanaša na referenčni lomni količnik n_0 , ki je različen za različne tipe instrumenta.

Med merjenjem v dejanski atmosferi pa vlada dejanski lomni količnik n_D , ki se v splošnem razlikuje od referenčnega in se izračuna na osnovi izmerjenih meteoroloških parametrov (t, p, e) .

Izračunamo pa ga po enačbi:

$$n_D = 1 + \frac{n_G - 1}{1 + \alpha \cdot t} \cdot \frac{p}{1013.25} - \frac{4.1 \cdot 10^{-6}}{1 + \alpha \cdot t} \cdot e, \quad (30)$$

kjer so:

n_G ... grupni lomni količnik

p ... zračni tlak [mbar]

t	...	temperatura [°C]
e	...	delni tlak vodne pare
α	...	razteznosti koeficient zraka

Grupni lomni količnik je po Cauchyju opisan z interpolacijsko enačbo:

$$(n_G - 1) \cdot 10^6 = A + 3 \frac{B}{\lambda^2} + 5 \frac{C}{\lambda^4} \quad (31)$$

Vrednosti A, B in C so empirično določene in sicer znašajo po Edlenu 1966:

$$A = 287,583$$

$$B = 1,6134$$

$$C = 0,0144$$

Delni tlak vodne pare pa izračunamo po enačbi:

$$e = E_m - (t_s - t_m) \cdot \frac{K}{755} \cdot p \quad (32)$$

kjer so:

$$t_s \quad \dots \quad \text{temperatura suhega termometra [°C]}$$

$$t_m \quad \dots \quad \text{temperatura mokrega termometra [°C]}$$

$$e \quad \dots \quad \text{zračni tlak [torr]}$$

$$E_m \quad \dots \quad \text{tlak nasičene pare za mokro temperaturo}$$

$$K \quad \dots \quad \text{empirično določena konstanta}$$

Za E_m pa velja empirično po Magnus-Tetensu enačba:

$$E_m = 10^{\left(\frac{\alpha \cdot t_m + \gamma}{\beta + t_m} \right)} \quad (33)$$

Preglednica 7: Vrednosti konstant za izračun E_m in e v torrih

Mokri termometer	K	α	β	γ
Pod vodo ($t_m > 0^\circ\text{C}$)	0,50	7,5	237,5	0,66077
Pod ledom ($t_m < 0^\circ\text{C}$)	0,43	9,5	265,5	0,66077

Optična pot je za referenčne in dejanske pogoje enaka. Velja:

$$D' = \frac{n_0}{n_D} * D_a \quad (34)$$

Relativna sprememba dolžine se preoblikuje z atmosfersko korekcijo k_n :

$$D' = D_a + k_n \quad (35)$$

Iz tega sledi da je k_n :

$$k_n = D' - D_a = D_a \cdot \left(\frac{n_0 - n_D}{n_D} \right) \quad (36)$$

Predpostavimo, da je $n_D \approx 1$, in tako sledi:

$$k_n = D_a \cdot (n_0 - n_D) \quad (37)$$

k_n imenujemo prvi popravek hitrosti. Relativna vrednost prvega popravka oziroma ppm popravek hitrosti pa zapišemo kot:

$$k_{nr} = n_0 - n_D \quad (38)$$

Ta popravek lahko izračunamo na osnovi merjenih količin, ali pa ga odčitamo iz nomogramov prvega popravka hitrosti.

Z upoštevanjem prvega popravka hitrosti, bo popravljena vrednost dolžine:

$$D' = D_a (1 + k_{nr}) = D_a \cdot k_m \quad (39)$$

pri čemer je k_m multiplikacijska konstanta prvega popravka hitrosti, ki ga izračunamo kot:

$$k_m = 1 + k_{nr} = \frac{n_o}{n_D} \quad (40)$$

Ker pri elektrooptičnih razdaljemernih doseže vpliv drugega popravka hitrosti vrednost 1ppm šele pri dolžinah daljši od 65 km, ga v praksi v večini primerov zanemarimo. Tudi v našem primeru ga nismo upoštevali, saj so bile najdaljše dolžine velikosti nekaj čez 400 m.

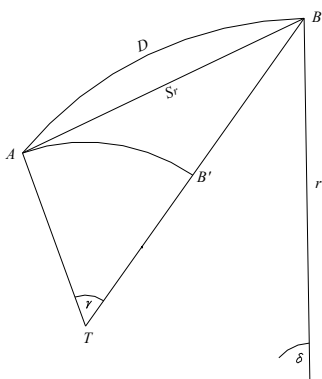
6.1.2 Geometrični popravki

Geometrične popravke obravnavamo na dva načina. Prvič preko merjenih zenitnih razdalj ter podatkih o elipsoidnih višinah. Tedaj geometrični popravki pomenijo razliko med prostorsko krivuljo D , definirano z refrakcijsko krivuljo na sferni lok na referenčni ploskvi. Popravki pomenijo upoštevanje ukrivljenosti refrakcijske krivulje, horizontalnih in vertikalnih ekscentricitet razdaljemera in reflektorja (Kogoj, 2005).

Drugič preko približnih vrednosti višin oz. zenitnih razdalj. Tedaj pomenijo geometrični popravki razliko med prostorsko krivuljo D definirano z refrakcijsko krivuljo na premo poševno dolžino na nivoju točk. Popravki pomenijo upoštevanje ukrivljenosti refrakcijske krivulje ter horizontalnih in vertikalni ekscentricitet razdaljemera in reflektorja (Kogoj, 2005).

6.1.2.1 Popravek zaradi ukrivljenosti merskega žarka

Ta popravek pomeni razliko med dolžino refrakcijske krivulje in pripadajoče tetive. Dolžina, ki jo merimo zaradi refrakcije, predstavlja dolžino prostorske krivulje, ki jo aproksimiramo z delom krožnega loka v vertikalni ravnini. Krožni lok z radijem r je s svojo konkavno stranjo obrnjen proti površini Zemlje.



Slika 21: Razlika med refrakcijsko krivuljo in pripadajočo tetivo

Merjeno dolžino D je potrebno zato reducirati na prostorsko tetivo S_r . Z izbranim radijem ukrivljenosti žarka r velja:

$$S_r = 2r \cdot \sin\left(\frac{D}{2 \cdot r}\right) \quad (41)$$

Enačbo razvijemo v Taylorjevo vrsto in z omejitvijo do člena 3. reda in z znanim koeficientom refrakcije sledi refrakcija zaradi ukrivljenosti žarka:

$$k_r = S_r - D = -k^2 \cdot \frac{D^3}{24R^2} \quad (42)$$

Tako sedaj z upoštevanjem popravka k_r izračunamo dolžino prostorske tetive S_r po enačbi:

$$S_r = D - k^2 \frac{D^3}{24R^3} \quad (43)$$

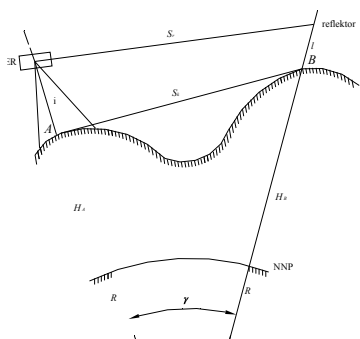
6.1.2.2 Redukcije zaradi horizontalne ekscentricitete razdaljemera in reflektorja

Horizontalni ekscentriciteti razdaljemera in reflektorja predstavljata tako imenovani adicijski konstanti razdaljemera in reflektorja, ki jo merjeni dolžini enostavno prištejemo.

6.1.2.3 Izračun poševne dolžine med točkama na terenu (dolžina kamen - kamen)

To redukcijo upoštevamo zato, ker imata instrument in reflektor vsak svojo višino – višina instrumenta i ni enaka višini signala l .

V nadaljevanju podamo izračun dolžine kamen – kamen za primer, ko je podana višinska razlika med točkama, saj smo jih v našem primeru računali na ta način.



Slika 22: Redukcija kamen-kamen z višinskimi razlikami

V tem primeru je popravek dolžine sledeč:

$$\Delta S = \frac{(i-l) \cdot (H_B - H_A)}{S_r} - \frac{(i-l)^2}{2S_r} - \frac{(i+l)}{2R} S_r \quad (44)$$

Dolžina kamen-kamen pa je:

$$Sk = S_r + \Delta S \quad (45)$$

6.1.3 Projekcijski popravki

Projekcijske popravke upoštevamo ob prehodu s prostorske poševne dolžine na nivoju točk na sferni lok S v nivoju referenčnega horizonta ter nato v izbrano projekcijsko ravnino.

Geometrične redukcije lahko razdelimo na dve skupini (Kogoj, 2005):

- razlike med dolžinami tetiv v odvisnosti od naklona in višine
- razlike med dolžino na referenčni ploskvi in v projekcijski ravnini

6.1.3.1 Horizontiranje in redukcija na ničelni nivo

Za izračun iz prostorske tetive S_k na tetivo S_0 v nivoju horizonta morajo biti znane ali višine točk (H_A, H_B) ali višina točke H_A in merjena zenitna razdalja z_A .

V nadaljevanju podamo izračun dolžine S_0 za primer, ko so znane nadmorske višine točk, saj smo jih v našem primeru računali na ta način.

Enačba za velikost tetive je sledeča (direktna rešitev):

$$S_0 = R \sqrt{\frac{S_k^2 - (H_A - H_B)^2}{(R + H_A) \cdot (R + H_B)}} \quad (46)$$

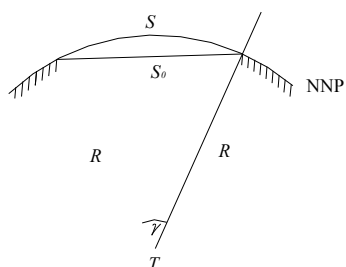
Oziroma po preoblikovanju:

$$S_0 = \sqrt{\frac{S_k^2 - (H_A - H_B)^2}{\left(1 + \frac{H_A}{R}\right) \cdot \left(1 + \frac{H_B}{R}\right)}} \quad (47)$$

6.1.3.2 Izračun dolžine loka na referenčni ploskvi in redukcija na Gauß-Krügerjevo projekcijsko ravnino

Prehod s tetive S_0 na lok S na referenčni ploskvi je podan z enačbo:

$$S = 2R \cdot \arcsin \frac{S_0}{2R} \quad (48)$$



Slika 23: Prehod s tetive na pripadajoči krožni lok

Ker dolžin nismo reducirali na Gauß-Krügerjevo projekcijsko ravnino, v nadaljevanju ne podajamo te redukcije.

6.2 Izravnava opazovanj

Izravnavo smo izvedli s programom *RamWin* za instrument *Leica Geosystems TC2003* za 3 giruse, za instrument *Leica Geosystems TCRP1201 R300* pa za 3-16 girusov.

Ob upoštevanju pogoja

$$\Phi = \mathbf{v}^T \mathbf{P} \mathbf{v} \Rightarrow \min \quad (49)$$

lahko zapišemo enačbe popravkov posredne izravnave kot:

$$\mathbf{v} + \mathbf{B}\Delta = \mathbf{f} \quad (50)$$

Pri posredni izravnavi je število enačb popravkov enak številu vseh opazovanj. V našem primeru je 92 različnih opazovanj (46 opazovanih dolžin in 46 opazovanih horizontalnih smeri), zato tvorimo 92 enačb posredne izravnave. V enačbe popravkov so vključena opazovanja in neznanke.

Neznanke predstavljajo koordinate vseh točk, zato jih je v našem primeru 24. Ker smo opazovanja izvedli iz 5-ih referenčnih točk, pomeni da imamo dodatno 5 orientacijskih neznank. Torej je skupno število neznank 29.

Enačbe posredne izravnave potrebujemo za nastavitve matrike \mathbf{B} . Matrika \mathbf{B} vsebuje parcialne odvode vseh enačb po vseh neznankah. Tako je v našem primeru matrika \mathbf{B} dimenzije 94×29 .

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial y_{01}} & \frac{\partial F_1}{\partial x_{01}} & \frac{\partial F_1}{\partial y_{02}} & \dots & \frac{\partial F_1}{\partial x_{H7}} \\ \dots & & & & \\ \dots & & & & \\ \dots & & & & \\ \frac{\partial F_{93}}{\partial y_{01}} & \dots & \dots & \dots & \frac{\partial F_{93}}{\partial x_{H7}} \\ \frac{\partial F_{94}}{\partial y_{01}} & \dots & \dots & \dots & \frac{\partial F_{94}}{\partial x_{H7}} \end{bmatrix} \quad (51)$$

Postopek posredne izravnave je:

$$\mathbf{Q} = \frac{1}{\sigma_0^2} \Sigma_{\parallel} \quad (52)$$

$$\mathbf{P} = \mathbf{Q}^{-1} \quad (53)$$

$$\mathbf{N} = \mathbf{B}^T \mathbf{P} \mathbf{B} \quad (54)$$

$$\Delta = (\mathbf{N} + \mathbf{H} \mathbf{H}^T)^{-1} \mathbf{B}^T \mathbf{P} \mathbf{f} \quad (55)$$

$$\mathbf{v} = (\mathbf{I} - \mathbf{B}(\mathbf{N} + \mathbf{H}\mathbf{H}^T)^{-1}\mathbf{B}^T\mathbf{P})\mathbf{f} \quad (56)$$

$$\hat{\mathbf{I}} = \mathbf{I} + \mathbf{v} \quad (57)$$

$$\hat{\mathbf{X}} = \mathbf{X} + \Delta \quad (58)$$

kjer so:

Φ	...	utežna funkcija
\mathbf{Q}	...	matrika kofaktorjev
σ_0	...	referenčna varianca a-posteriori
Σ_{II}	...	variančno – kovariančna matrika
\mathbf{P}	...	matrika uteži
\mathbf{N}	...	matrika koeficientov normalnih enačb
Δ	...	vektor neznank
\mathbf{H}	...	matrika notranjih vezi
\mathbf{f}	...	vektor odstopanj
\mathbf{v}	...	vektor popravkov opazovanj
$\hat{\mathbf{I}}$...	vektor izravnanih opazovanj
$\hat{\mathbf{X}}$...	vektor izravnanih koordinat novih točk
\mathbf{X}	...	vektor približnih vrednosti koordinat novih točk

Ker izravnavamo prosto mrežo, mora sistem enačb popravkov $\mathbf{v} + \mathbf{B}\Delta = \mathbf{f}$ izpolniti tudi naslednji pogoj:

$$\mathbf{H}^T\Delta = 0 \quad (59)$$

Po izravnavi izračunamo referenčno varianco a-posteriori kot:

$$\sigma_0^2 = \frac{\mathbf{v}^T\mathbf{P}\mathbf{v}}{n - n_0} \quad (60)$$

kjer so:

n ... število vseh opazovanj

n_0 ... minimalno število opazovanj, potrebnih za enolično rešitev problema

Vhodna datoteka za program *RamWin* je tekstovna datoteka formata *.pod. V njej je potrebno nastaviti tip opazovanj (kotna opazovanja, dolžinska opazovanja, kombinirana opazovanja), kotnim in dolžinskim opazovanjem pa je potrebno dodati uteži. Za kotna opazovanja smo nastavili uteži na vrednost 1 za dolžinska opazovanja pa smo uteži izračunali obratno sorazmerno glede na vrednost dolžine in pomnožili s 100.

Izhodna datoteka je tekstovna datoteka formata *.rez. Ta vsebuje rezultate izravnave in pripadajoče natančnosti. Primer vhodne datoteke podajamo v Prilogi 13, primer izhodne datoteke pa podajamo v Prilogi 14.

6.3 Rezultati izravnave opazovanj

Preglednica 8: Izravnane koordinate novih točk

	število girusov	TOČKA							
		O1		O2		O3		O4	
		Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]
TCRP1201 R300	3	1178,0566	1095,4340	1081,6834	886,2244	847,6505	904,0712	999,9934	999,9909
	4	1178,0566	1095,4340	1081,6834	886,2243	847,6505	904,0712	999,9935	999,9909
	5	1178,0566	1095,4340	1081,6834	886,2243	847,6505	904,0712	999,9935	999,9909
	6	1178,0565	1095,4340	1081,6834	886,2243	847,6505	904,0712	999,9935	999,9908
	7	1178,0565	1095,4340	1081,6834	886,2243	847,6505	904,0713	999,9936	999,9908
	8	1178,0565	1095,4340	1081,6834	886,2243	847,6505	904,0713	999,9936	999,9908
	9	1178,0566	1095,4340	1081,6834	886,2243	847,6505	904,0713	999,9936	999,9908
	10	1178,0566	1095,4340	1081,6834	886,2243	847,6505	904,0713	999,9936	999,9908
	11	1178,0566	1095,4340	1081,6834	886,2243	847,6505	904,0713	999,9936	999,9908
	12	1178,0566	1095,4340	1081,6834	886,2243	847,6505	904,0714	999,9936	999,9908
	13	1178,0566	1095,4340	1081,6834	886,2243	847,6505	904,0713	999,9936	999,9908
	14	1178,0566	1095,4339	1081,6834	886,2243	847,6505	904,0713	999,9936	999,9908
	15	1178,0566	1095,4339	1081,6834	886,2243	847,6505	904,0713	999,9936	999,9908
	16	1178,0564	1095,4342	1081,6834	886,2248	847,6509	904,0717	999,9938	999,9911
TC2003	3	1178,0564	1095,4342	1081,6834	886,2249	847,6509	904,0716	999,9936	999,9912

		TOČKA							
število girusov	O5		H1		H2		H3		
	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	
TCRP1201 R300	3	955,6242	1200,1773	1098,5400	1315,0551	1116,5406	1314,5921	1134,5280	1314,1280
	4	955,6242	1200,1773	1098,5400	1315,0551	1116,5404	1314,5922	1134,5281	1314,1279
	5	955,6242	1200,1773	1098,5399	1315,0552	1116,5405	1314,5921	1134,5281	1314,1279
	6	955,6242	1200,1773	1098,5398	1315,0552	1116,5405	1314,5921	1134,5281	1314,1279
	7	955,6242	1200,1773	1098,5399	1315,0551	1116,5405	1314,5922	1134,5281	1314,1279
	8	955,6243	1200,1773	1098,5398	1315,0552	1116,5405	1314,5921	1134,5281	1314,1279
	9	955,6243	1200,1773	1098,5398	1315,0552	1116,5405	1314,5921	1134,5281	1314,1279
	10	955,6243	1200,1772	1098,5398	1315,0552	1116,5405	1314,5922	1134,5281	1314,1279
	11	955,6243	1200,1772	1098,5397	1315,0552	1116,5405	1314,5922	1134,5281	1314,1279
	12	955,6243	1200,1772	1098,5397	1315,0552	1116,5405	1314,5922	1134,5281	1314,1279
	13	955,6243	1200,1772	1098,5397	1315,0552	1116,5405	1314,5922	1134,5281	1314,1279
	14	955,6243	1200,1772	1098,5397	1315,0552	1116,5405	1314,5922	1134,5281	1314,1279
	15	955,6243	1200,1772	1098,5397	1315,0553	1116,5405	1314,5922	1134,5281	1314,1279
	16	955,6246	1200,1773	1098,5395	1315,0550	1116,5405	1314,5920	1134,5280	1314,1277
	TC2003	3	955,6247	1200,1774	1098,5398	1315,0550	1116,5404	1314,5921	1134,5279
		TOČKA							
število girusov	H4		H5		H6		H7		
	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	
TCRP1201 R300	3	1152,4944	1313,6388	1170,5490	1313,1388	1188,5131	1312,7158	1205,1246	1312,2879
	4	1152,4944	1313,6388	1170,5491	1313,1388	1188,5131	1312,7158	1205,1246	1312,2878
	5	1152,4943	1313,6388	1170,5490	1313,1388	1188,5132	1312,7158	1205,1246	1312,2878
	6	1152,4944	1313,6388	1170,5491	1313,1388	1188,5132	1312,7158	1205,1246	1312,2878
	7	1152,4943	1313,6388	1170,5491	1313,1388	1188,5131	1312,7158	1205,1247	1312,2878
	8	1152,4943	1313,6388	1170,5491	1313,1389	1188,5130	1312,7158	1205,1247	1312,2878
	9	1152,4943	1313,6388	1170,5490	1313,1389	1188,5131	1312,7158	1205,1247	1312,2878
	10	1152,4943	1313,6388	1170,5490	1313,1389	1188,5131	1312,7158	1205,1247	1312,2878
	11	1152,4943	1313,6388	1170,5490	1313,1389	1188,5131	1312,7158	1205,1247	1312,2878
	12	1152,4943	1313,6388	1170,5490	1313,1389	1188,5131	1312,7158	1205,1247	1312,2878
	13	1152,4943	1313,6388	1170,5490	1313,1389	1188,5131	1312,7157	1205,1247	1312,2878
	14	1152,4943	1313,6388	1170,5490	1313,1389	1188,5131	1312,7158	1205,1247	1312,2877
	15	1152,4943	1313,6388	1170,5490	1313,1389	1188,5131	1312,7158	1205,1247	1312,2877
	16	1152,4943	1313,6386	1170,5489	1313,1387	1188,5129	1312,7155	1205,1245	1312,2875
	TC2003	3	1152,4942	1313,6387	1170,5492	1313,1385	1188,5128	1312,7155	1205,1245

Preglednica 9: Značilne vrednosti natančnosti izravnanih koordinat in elipse pogreškov za točke O1, O2, O3, O4 in O5

	število girusov	M_y [m]	M_x [m]	M_p [m]	a [m]	b [m]	θ [°]
TCRP1201 R300	3	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	82
	4	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	67
	5	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	80
	...						
	14	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	82
	15	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	82
	16	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	82
TC2003	3	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	63

Preglednica 10: Značilne vrednosti natančnosti izravnanih koordinat in elipse pogreškov za točke H1, H2, H3, H4, H5, H6 in H7

	število girusov	M_y [m]	M_x [m]	M_p [m]	a [m]	b [m]	θ [°]
TCRP1201 R300	3	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	0,0001	113
	4	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	0,0001	113
	5	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	0,0001	113
	...						
	14	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	0,0001	113
	15	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	0,0001	113
	16	0,0002	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001	113
TC2003	3	0,0003	0,0002	0,0003	0,0003	0,0002	113

Preglednica 11: A-posteriori ocena natančnosti

	število girusov	smeri [mgon]	dolžine [mm]
TCRP1201 R300	3	0,66	0,2
	4	0,60	0,2
	5	0,50	0,2
	6	0,49	0,2
	7	0,48	0,2
	8	0,48	0,2
	9	0,48	0,2
	10	0,48	0,2
	11	0,49	0,2
	12	0,51	0,2
	13	0,52	0,2
	14	0,51	0,2
	15	0,51	0,2
	16	0,49	0,2
TC2003	3	3,20	0,2

Vrednotenje rezultatov:

Izravnane koordinate, ki jih izračunamo na podlagi opazovanj z instrumentom *Leica Geosystems TC2003* in z instrumentom *Leica Geosystems TCRP1201 R300*, se razlikujejo med sabo za največ nekaj desetink milimetrov. Če medsebojno primerjamo vse giruse razen šestnajstega, se razlike znašajo med vrednostmi koordinat desetinko ali dve, pri šestnajstem girusu pa je razlika nekoliko večja, največ pet desetnik milimetra, vendar pa je ta razlika za tovrstno izmero in glede na natančnost, ki jo zagotavlja ATR, še vedno dovolj majhna. Torej lahko trdimo, da so bila opazovanja z uporabo sistema ATR zelo dobro opravljena.

Če pogledamo natančnosti izravnanih koordinat, lahko vidimo, da se s povečevanjem števila girusov natančnosti bistveno ne spreminjajo. Sicer pa je opaziti, da so tako natančnosti izravnanih koordinat, kot vrednosti elips pogreškov homogene in enake za referenčne točke O1, O2, O3, O4 in O5. Za kontrolne točke pa se te vrednosti v primerjavi z vrednostmi pri referenčnih točkah nekoliko večje.

Mera za natančnost izravnanih opazovanj predstavlja referenčna standardna deviacija a-posteriori. Kot lahko vidimo, je ta za instrument *Leica Geosystems TC2003*, za horizontalne smeri bistveno večja, kot za instrument *Leica Geosystems TCRP1201 R300*, kar dodatno potrdi, da so bile natančnosti smeri, dosežene z instrumentom *Leica Geosystems TCRP1201 R300*, bistveno večje. Vidimo lahko, da se referenčna standardna deviacija a-posteriori za instrument *Leica Geosystems TCRP1201 R300* do desetega girusa zmanjšuje, naprej pa se povečuje. To pomeni, da večje število od desetih girusov ne prinese bistveno boljših rezultatov izmere. Pri dolžinah pa referenčna standardna deviacija a-posteriori kaže na zelo podobne natančnosti merjenih dolžin, ki so za oba instrumenta primerljive.

7 ZAKLJUČEK

V okviru diplomske naloge smo ugotavljali primernost uporabe avtomatskega viziranja tarče (ATR) na mreži večjih razsežnosti. Možnosti avtomatskega iskanja tarče (PS) in avtomatskega sledenja tarče (LOCK) nismo preizkušali, saj nas je zanimala zmožnost samodejnih meritev elektronskega tahimetra in natančnost opravljenih meritev ter rezultatov izravnave.

Izmero z uporabo ATR smo izvedli z instrumentom *Leica Geosystems TCRP1201 R300*, klasično izmero pa z instrumentom *Leica Geosystems TC2003*. Slednji, po osnovnih karakteristikah sodeč, omogoča večjo natančnost merjenih kotov (0,5"). Podatek o natančnosti merjenih kotov za instrument *Leica Geosystems TCRP1201 R300* je 1". Podobno je pri merjenju dolžin: tehnični podatek za instrument *Leica Geosystems TC2003* je 1 mm; 1 ppm, za instrument *Leica Geosystems TCRP1201 R300* pa 2 mm; 2 ppm. Tako smo pričakovali, da bomo dobili boljše rezultate z instrumentom *Leica Geosystems TC2003*. Z instrumentom *Leica Geosystems TC2003* smo meritve izvedli v treh girusih, z instrumentom *Leica Geosystems TCRP1201 R300* pa smo meritve izvedli v šestnajstih girusih. Pri slednjem smo podatke obdelovali za tri do šestnajstih girusov. Pričakovali smo, da bomo z večanjem števila girusov dobili večje natančnosti merjenih količin in tudi natančnejše rezultate izravnave.

Kakovost meritev lahko ugotovimo z izračunanimi natančnostmi posameznih opazovanj. Primerjali smo natančnosti merjenih horizontalnih kotov, zenitnih razdalj in dolžin. Na osnovi primerjave natančnosti horizontalnih smeri, ki nam jih izračuna program *Leica Geosystems Liscad*, ne moremo z gotovostjo trditi, kateri instrument omogoča boljše meritve horizontalnih smeri, saj na nekaterih stojiščih dobimo večje natančnosti z enim, na drugih pa z drugim instrumentom. V splošnem lahko trdimo, da z instrumentom *Leica Geosystems TCRP1201 R300* dobimo bolj homogene natančnosti, v večini primerov pa so te tudi večje kot natančnosti dobljene z instrumentom *Leica Geosystems TC2003*. Dodatno smo izračunali natančnosti merjenih horizontalni smeri po girusni metodi. Te so za oba instrumenta popolnoma primerljive z natančnostmi, izračunanimi s program *Leica Geosystems Liscad*. Natančnosti, izračunane po girusni metodi, se nanašajo na celotno stojišče za vse smeri, na

osnovi teh pa lahko trdimo, da so natančnosti merjenih horizontalnih smeri, dosežene z instrumentom *Leica Geosystems TCRP1201 R300*, večje.

Prav tako dobimo v večini primerov večje natančnosti merjenih zenitnih razdalj z instrumentom *Leica Geosystems TCRP1201 R300*, vendar pa se pri tem instrumentu z naraščanjem števila ponovitev v večini primerov ne povečujejo, nasprotno se spreminjajo dokaj nehomogeno, v nekaterih primerih pa se z večanjem števila ponovitev celo zmanjšajo.

Analiza natančnosti merjenih horizontalnih smeri in zenitnih razdalj nam je pokazala, da ima na natančnost merjenih količin vpliv vsaka posamezna meritve. Zato bi lahko meritve, pri kateri se izkaže odstopanje te meritve za nekoliko večje, izpustili iz obdelave opazovanj in tudi iz izravnave opazovanj. Vendar pa največja sprememba natančnosti med dvema zaporednima girusoma, pri horizontalnih smereh in zenitnih razdaljah, glede na merjeno dolžino, še vedno omogoča določitev položaja nove točke z natančnostjo, ki je znotraj vrednosti, ki jo omogoča merjenje z uporabo ATR-a (ta znaša 2 mm).

Pri dolžinah pa dosežemo večje natančnosti z instrumentom *Leica Geosystems TC2003*, kar je pričakovano, saj omogoča večje natančnosti meritve. Pri instrumentu *Leica Geosystems TCRP1201 R300* se natančnosti z večanjem števila ponovitev bistveno ne povečujejo, spreminjajo pa se dokaj homogeno.

Glede na to, da instrument *Leica Geosystems TC2003* omogoča bolj natančne meritve kotov, večje natančnosti pa dosežemo z instrumentom *Leica Geosystems TCRP1201 R300*, lahko zaključimo, da lahko avtomatsko viziranje tarče (ATR) popolnoma nadomesti delo operaterja. Z avtomatskim viziranjem se izognemo pogoški viziranja. Ta je pri klasičnih opazovanjih z operaterjem prisoten, saj se pri dolgotrajnih meritvah človeško oko utruji in tako ne zagotavlja več popolne koncentracije, to pa lahko privede do manj natančnejšega viziranja. Pri dolžinah se bolje odnese instrument *Leica Geosystems TC2003*, saj omogoča bolj natančne meritve, te pa so od operaterja načeloma neodvisne. Popolna kombinacija instrumenta bi bila taka, ki bi omogočala avtomatsko viziranje tarče in natančnosti merjenja dolžin, kot jih omogoča instrument *Leica Geosystems TC2003* (ta »predlog« je v praksi že realiziran, saj je *Leica* ponudila tržišču instrument *Leica Geosystems TCRP1201 R1000+*, ki

ima vgrajen elektronski razdaljemer s tehničnim podatkom 1 mm; 1,5 ppm). Avtomatsko viziranje se namreč izkaže kot hitrejši način meritev, kar dodatno zmanjšuje stroške izmere. Glede na klasičen način opazovanj lahko izberemo tudi več girusov, ki jih instrument izmeri v krajšem času kot operater. Glede na dobljene natančnosti bi bilo pri naši izmeri optimalno število girusov deset, saj se od tu naprej natančnosti ne izboljšajo toliko, da bi bilo smotrno opraviti več girusov, v nekaterih primerih pa se v nadaljnjih girusih natančnosti celo zmanjšajo, zato bi jih lahko iz obdelave podatkov izpustili.

Rezultati izravnave nam kažejo nekoliko večjo spremembo pri šestnajstih girusih, vendar so razlike reda velikost par desetink milimetra, kar je še vseeno dovolj natančno za tovrstno izmero.

Avtomatsko viziranje tarče se v mreži večjih razsežnosti izkaže kot zanesljivo in omogoča pridobitev večjih natančnosti meritev kot viziranje z operaterjem. Glede na to, da se je instrument z avtomatskim viziranjem tarče izkazal za boljšo izbiro tudi v mreži manjših razsežnosti (Miculinič, 2007), lahko zaključimo, da je instrument z avtomatskim viziranjem v smislu ekonomičnosti, časa izvajanja meritev in natančnosti meritev vsekakor boljša izbira pri meritvah, kjer so zahtevane velike natančnosti meritev.

VIRI

Bayoud, F. A., 2006. Leica's pinpoint EDM technology with modified signal processing and novel optomechanical features. V: Smith, J.R. XXIII International FIG Congress. Munich, 8-13 October 2006. Heerbrugg, Leica geosystems AG: 16 str.

Grossberg, S., Hawkins, H., Waxman, A. 1995. Introduction: 1995 special issue automatic target recognition. Neural Networks vol. 8, No 7/8: p.1002.

Kogoj, D. 2005. Merjenje dolžin z elektronskimi razdaljmeri. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: 159 str.

Kogoj, D. 2004/2005. Zapiski iz predavanj iz predmeta Geodezija II. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: 77 str.

Leica TCA1800 / TCA2003 / TC2003 High- performance total station robust precise and universally useful, 2004. Heerbrugg, Switzerland, Leica geosystems AG: 8 str.

Leica TPS1200 User manual, version 2.0, english, 2004. Heerbrugg, Switzerland, Leica geosystems AG.

Leica TPS1200+ A telescope with new opto-mechanical design, 2007. Heerbrugg, Switzerland, Leica geosystems AG.

Mataija Valh, M., Marjetič, A., Kogoj, D., 2008. Avtomatski elektronski tahimetri ali kam vodi razvoj TPS sistemov. Geodetski vestnik, 52/3: 488-499

Miculinič, A. 2007. Primerjava natančnosti meritev, izvedenih klasično in z avtomatskim viziranjem ter analiza rezultatov izravnave. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: 81 str.

Močnik, R. 2007. Samodejno viziranje tarč – ATR. Seminarska naloga – podiplomski študij. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: 81 str.

Savšek-Safić, S., Kogoj, D., Marjetič, A., Jaklič, S., Stegenšek, B. 2007. 49. izmera NE Krško - Geodetska izmera horizontalnih premikov geodetskih točk. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: 19 str.

Singh, R., Artman, D., Brinton, D., Brown, L. 2002. Compensators, Stability check, and Automatic target recognition. Oregon, Oregon department of transportation: 8 str.

Stopar, B. 2006/2007. Zapiski iz predavanj iz predmeta Izravnalni račun III. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: 44 str

Internetni viri:

Geoservis:

<http://www.geoservis.si>

Leica Geosystems:

<http://www.leica-geosystems.co>

PRILOGE

PRILOGA 1: KOPIJA POROČILA O KONTROLI INSTRUMENTA

LEICA GEOSYSTEMS TCRP1201 R300



Geoservis, d.o.o.
Litjska cesta 45
1000 Ljubljana

Številka **08173 / 2008**
Stran **1 od 1**

tel.: +386 (0)1 586 38 30
fax: +386 (0)1 586 38 40
internet: www.geoservis.si
e-pošta: info@geoservis.si

POROČILO O PREIZKUSU INSTRUMENTA

Naročnik	UNIVERZA V LJUBLJANI FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO Jamova 2 1000 Ljubljana
Lastnik (imetnik)	UNIVERZA V LJUBLJANI FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO Jamova 2 1000 Ljubljana
Merilo / instrument	tahimeter
Tip	TCRP1201R300
Serijska številka	216821
Proizvajalec	Leica Geosystems AG
Datum kontrole	04. 07. 2008
Naslednja kontrola	04. 07. 2009 Datum naslednje kontrole je podan kot priporočilo. Dejanske intervale kontrole določa uporabnik upoštevaje vrsto, pogostnost in pogoje uporabe.
Specifikacija	Preizkušani instrument ustreza specifikacijam, kot so navedene v originalnih uporabniških navodilih, ki ste jih prejeli ob dobavi. (vezni dokument: DN.: 8517)
Ugotovitev	Potrdujemo, da je bil naveden instrument preizkušen in ustreza navedenim specifikacijam. Pri preizkusu uporabljena oprema je sledljiva do mednarodnega standarda oziroma je bil preizkus opravljen v skladu s prepoznanimi metodami.

Izvedel:

Andrej Bilban

Datum izdaje:

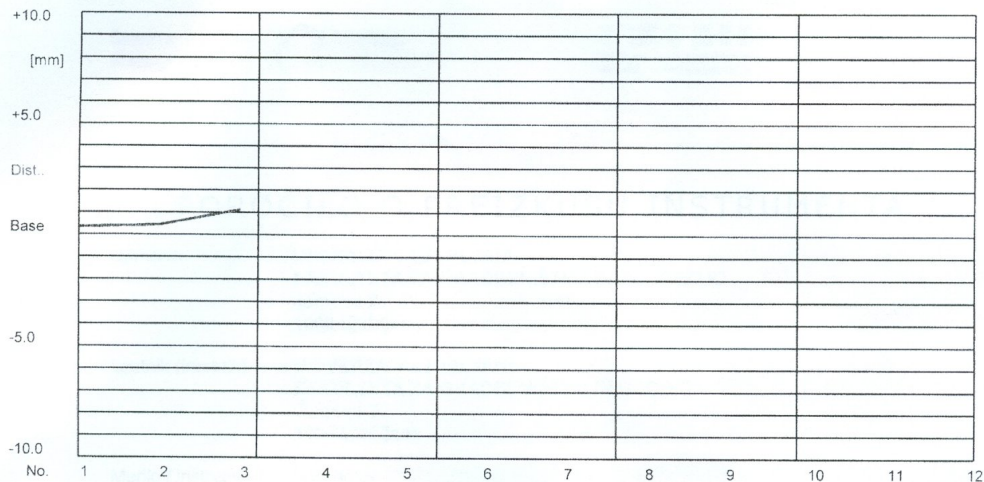
04. 07. 2008



IBAN: SI56 0203 3001 5489 545 SWIFT: LJBAS12X Banka: Nova Ljubljanska banka d.d., Ljubljana
IBAN: SI56 2900 0005 5420 031 SWIFT: BACXSI22 Banka: UniCredit Banka Slovenija d.d., Ljubljana
08173 AD 11mi-Lj FGG TCRP1201R300 216821 doc str 1/1

Št. reg. vložka: 1/22124/00
Okrožno sodišče v Ljubljani
Osnovni kapital: 29.210,00 EUR
ID DDV: SI61771945
Matična številka: 5742994

EDM BaseLine: TCRP1201 R300 / V2008.02 / 04.07.2008 / 61065	
Date: 7/4/2008 2:23:03 PM	Instrument No.: 216821
Technician: BS	Customer: FGG
Notes: Outgoing test	Test Result: ---



Measurement 1: 5.0996 [m]
Dist: 5.09994 [m] Sigma: 0.10 [mm] Diff.: 0.34 [mm] PPM: 16.0
Measurement 2: 8.2566 [m]
Dist: 8.25703 [m] Sigma: 0.06 [mm] Diff.: 0.43 [mm] PPM: 16.0
Measurement 3: 21.2023 [m]
Dist: 21.20342 [m] Sigma: 0.13 [mm] Diff.: 1.12 [mm] PPM: 16.0

Statistic:
AddConst IR (old/new): -39.80 / -40.43 [mm]
AddConst SR (old/new): -39.80 / -41.49 [mm]
Sigma: 0.13

PRILOGA 2: KOPIJA POROČILA O KONTROLI INSTRUMENTA

LEICA GEOSYSTEMS TC2003



Geoservis, d.o.o.
Litijska cesta 45
1000 Ljubljana

Številka **08154 / 2008**
Stran **1 od 1**

tel.: +386 (0)1 586 38 30
fax: +386 (0)1 586 38 40
internet: www.geoservis.si
e-pošta: info@geoservis.si

POROČILO O PREIZKUSU INSTRUMENTA

Naročnik	UNIVERZA V LJUBLJANI FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO Jamova 2 1000 Ljubljana
Lastnik (imetnik)	UNIVERZA V LJUBLJANI FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO Jamova 2 1000 Ljubljana
Merilo / instrument	tahimeter
Tip	TC2003
Serijska številka	438260
Proizvajalec	Leica Geosystems AG
Datum kontrole	29. 05. 2008
Naslednja kontrola	29. 05. 2009 Datum naslednje kontrole je podan kot priporočilo. Dejanske intervale kontrole določa uporabnik upoštevaje vrsto, pogostnost in pogoje uporabe.
Specifikacija	Preizkušani instrument ustreza specifikacijam, kot so navedene v originalnih uporabniških navodilih, ki ste jih prejeli ob dobavi. (vezni dokument: DN.: 8361)
Ugotovitev	Potrdujemo, da je bil naveden instrument preizkušen in ustreza navedenim specifikacijam. Pri preizkusu uporabljena oprema je sledljiva do mednarodnega standarda oziroma je bil preizkus opravljen v skladu s prepoznanimi metodami.

Izvedel:

Andrej Bilban

Datum izdaje:

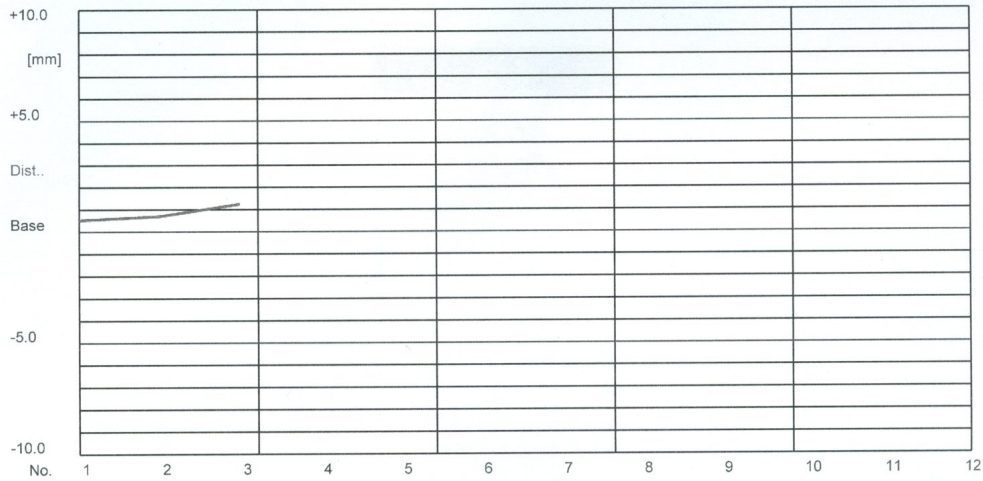
29. 05. 2008



IBAN: **S156 0203 3001 5489 545** SWIFT: **LJBAS12X** Banka: Nova Ljubljanska banka d.d., Ljubljana
IBAN: **S156 2900 0002 5420 031** SWIFT: **BACXSI22** Banka: Unicredit Banka Slovenija d.d., Ljubljana
08154 AD 11m14 13411 11-2003 438260 doc str 1/1

Št. reg. vložka: 1/22124/00
Okrožno sodišče v Ljubljani
Osnovni kapital: 29.210,00 EUR
ID DDV: S161771945
Matična številka: 5742994

EDM BaseLine: TC2003L / V2008.02 / 29.05.2008 / 61065	
Date: 5/29/2008 1:51:43 PM	Instrument No.: 438260
Technician: BS	Customer: FGG
Notes: Outgoing test	Test Result: ---



Measurement 1: 5.0996 [m]
 Dist: 5.10012 [m] Sigma: 0.07 [mm] Diff.: 0.52 [mm] PPM: 16.0
 Measurement 2: 8.2566 [m]
 Dist: 8.25729 [m] Sigma: 0.05 [mm] Diff.: 0.69 [mm] PPM: 16.0
 Measurement 3: 21.2023 [m]
 Dist: 21.20354 [m] Sigma: 0.12 [mm] Diff.: 1.24 [mm] PPM: 16.0

Statistic:
 AddConst IR (old/new): -127.40 / -128.22 [mm]
 Sigma: 0.12

stone under

**PRILOGA 4: PRIMER DATOTEKE *.fid ZA STOJIŠČE O1 ZA
MERJENIH 3 GIRUSOV Z INSTRUMENTOM *LEICA GEOSYSTEMS*
*TCRP1201 R300***

1	10	Leica	TPS-1100	Series O1.raw		
2	11	27	May	2008		
3	51	GR				
4	53	M				
5	21	XY				
6		;				
7	101	O1	0.240	0		
8	160	9	6	0		
9	111	O2	127.1398	101.1608	230.3762	0
10	111	O4	168.3336	101.3344	202.0723	0
11	111	O5	227.6742	100.9461	245.8868	0
12	111	H1	277.5417	99.8913	233.5537	0
13	111	H2	282.2363	99.8829	227.6093	0
14	111	H3	287.1493	99.8813	222.9648	0
15	111	H4	292.2329	99.8777	219.6779	0
16	111	H5	297.4623	99.879	217.8147	0
17	111	H6	302.7183	99.8801	217.5139	0
18	111	H7	307.5622	99.8821	218.5172	0
19	111	H7	107.5644	300.121	218.5175	0
20	111	H6	102.7202	300.1224	217.5143	0
21	111	H5	97.4647	300.1232	217.8151	0
22	111	H4	92.235	300.1244	219.6781	0
23	111	H3	87.1509	300.1208	222.9647	0
24	111	H2	82.2377	300.1205	227.6087	0
25	111	H1	77.5439	300.1118	233.5536	0
26	111	O5	27.6766	299.0577	245.8865	0
27	111	O4	368.3342	298.6694	202.0718	0
28	111	O2	327.1399	298.8428	230.3762	0
330		;				
29	111	O2	127.1384	101.1607	230.3761	0
30	111	O4	168.3333	101.3349	202.0722	0
31	111	O5	227.6747	100.9459	245.8863	0
32	111	H1	277.5413	99.8918	233.5532	0
33	111	H2	282.2356	99.8826	227.6088	0
34	111	H3	287.149	99.882	222.9647	0
35	111	H4	292.2327	99.8783	219.6777	0
36	111	H5	297.4624	99.8797	217.8148	0
37	111	H6	302.718	99.8799	217.5139	0
38	111	H7	307.5622	99.8815	218.5175	0
39	111	H7	107.5645	300.1211	218.5175	0
40	111	H6	102.72	300.1224	217.5139	0
41	111	H5	97.4641	300.123	217.815	0
42	111	H4	92.2349	300.1241	219.678	0
43	111	H3	87.1508	300.1209	222.965	0
44	111	H2	82.2374	300.12	227.6092	0
45	111	H1	77.5436	300.1118	233.5538	0
46	111	O5	27.6762	299.0576	245.887	0
47	111	O4	368.3345	298.6692	202.0722	0
48	111	O2	327.1394	298.8424	230.3764	0
330		;				
49	111	O2	127.1377	101.1606	230.3763	0
50	111	O4	168.3327	101.3343	202.0722	0
51	111	O5	227.6737	100.946	245.8868	0

52	111	H1	277.542	99.8913	233.5534	0
53	111	H2	282.236	99.8828	227.6086	0
54	111	H3	287.149	99.882	222.9648	0
55	111	H4	292.2326	99.8785	219.678	0
56	111	H5	297.4624	99.8794	217.815	0
57	111	H6	302.7179	99.8799	217.5139	0
58	111	H7	307.5623	99.8814	218.5175	0
59	111	H7	107.564	300.1208	218.5176	0
60	111	H6	102.7203	300.1225	217.5142	0
61	111	H5	97.4638	300.123	217.8154	0
62	111	H4	92.2342	300.1242	219.6779	0
63	111	H3	87.1506	300.1201	222.965	0
64	111	H2	82.2371	300.1203	227.6087	0
65	111	H1	77.543	300.1118	233.5536	0
66	111	O5	27.6758	299.0569	245.8875	0
67	111	O4	368.3343	298.6692	202.0723	0
68	111	O2	327.1394	298.8425	230.3763	0
249	161					
331	101	O2	0.236	0		
332	160	10	6	0		
333	111	O4	37.0317	100.0193	140.0568	0
334	111	O5	52.3688	99.8999	338.3151	0
335	111	H1	79.1783	99.3204	429.1651	0
336	111	H2	81.8463	99.3194	429.7877	0
337	111	H3	84.4993	99.3222	431.1582	0
338	111	H4	87.1283	99.3245	433.2438	0
339	111	H5	89.7419	99.3302	436.0685	0
340	111	H6	92.3023	99.3356	439.6701	0
341	111	H7	94.6302	99.343	443.5877	0
342	111	O1	104.159	98.8447	230.377	0
343	111	O3	381.5217	99.9285	234.7114	0
344	111	O3	181.524	300.0738	234.7116	0
345	111	O1	304.1598	301.158	230.3771	0
346	111	H7	294.631	300.6596	443.5879	0
347	111	H6	292.3036	300.6665	439.6706	0
348	111	H5	289.7431	300.6729	436.0686	0
349	111	H4	287.13	300.6782	433.244	0
350	111	H3	284.5009	300.6803	431.1581	0
351	111	H2	281.8477	300.6836	429.7874	0
352	111	H1	279.1792	300.6822	429.1654	0
353	111	O5	252.3711	300.1023	338.3149	0
354	111	O4	237.0338	299.9838	140.0569	0
355		;				
356	111	O4	37.0315	100.0188	140.0566	0
357	111	O5	52.3695	99.9007	338.3148	0
358	111	H1	79.1785	99.3222	429.1653	0
359	111	H2	81.8459	99.3199	429.787	0
360	111	H3	84.4996	99.3225	431.158	0
361	111	H4	87.13	99.325	433.2439	0
362	111	H5	89.7428	99.3304	436.0686	0
363	111	H6	92.3013	99.336	439.6702	0
364	111	H7	94.6299	99.3423	443.5879	0
365	111	O1	104.1581	98.8445	230.377	0
366	111	O3	381.5216	99.9284	234.7111	0
367	111	O3	181.5238	300.0744	234.7112	0
368	111	O1	304.1596	301.1575	230.377	0
369	111	H7	294.6314	300.66	443.5875	0
370	111	H6	292.3034	300.6672	439.6704	0
371	111	H5	289.743	300.6723	436.0687	0
372	111	H4	287.1305	300.678	433.244	0
373	111	H3	284.5008	300.6807	431.1579	0
374	111	H2	281.8474	300.6834	429.7874	0
375	111	H1	279.1797	300.6821	429.1652	0
376	111	O5	252.3711	300.1026	338.3148	0

377	111	O4	237.0334	299.9841	140.0565	0
378						
379	111	O4	37.0322	100.0186	140.0569	0
380	111	O5	52.3695	99.9002	338.3153	0
381	111	H1	79.1783	99.3217	429.1655	0
382	111	H2	81.8461	99.3196	429.7873	0
383	111	H3	84.4999	99.3226	431.1577	0
384	111	H4	87.1296	99.3248	433.2438	0
385	111	H5	89.742	99.3311	436.0678	0
386	111	H6	92.3017	99.3361	439.6701	0
387	111	H7	94.6298	99.3426	443.5874	0
388	111	O1	104.1577	98.8447	230.3767	0
389	111	O3	381.5222	99.9287	234.7113	0
390	111	O3	181.5239	300.0741	234.7113	0
391	111	O1	304.1598	301.1573	230.3767	0
392	111	H7	294.6316	300.66	443.5876	0
393	111	H6	292.3038	300.667	439.6702	0
394	111	H5	289.7431	300.673	436.0685	0
395	111	H4	287.1304	300.6785	433.2441	0
396	111	H3	284.5008	300.6803	431.158	0
397	111	H2	281.8474	300.684	429.7873	0
398	111	H1	279.1793	300.6827	429.165	0
399	111	O5	252.3714	300.1025	338.3153	0
400	111	O4	237.0334	299.984	140.0568	0
700	161					
701	101	O3	0.237 0			
702	160	2	6 0			
703	111	O5	188.5303	99.9492	315.1776	0
704	111	O4	230.497	100.1135	180.0244	0
705	111	O2	271.1158	100.0781	234.7105	0
706	111	O2	71.1172	299.9265	234.7109	0
707	111	O4	30.499	299.891	180.0239	0
708	111	O5	388.5313	300.055	315.1764	0
330						
709	111	O5	188.5296	99.9489	315.1772	0
710	111	O4	230.4968	100.1132	180.0239	0
711	111	O2	271.1151	100.0777	234.7109	0
712	111	O2	71.1169	299.9263	234.7109	0
713	111	O4	30.4979	299.8913	180.024	0
714	111	O5	388.5316	300.0552	315.1772	0
330						
715	111	O5	188.5302	99.9492	315.1778	0
716	111	O4	230.4965	100.1138	180.0234	0
717	111	O2	271.1154	100.0774	234.7103	0
718	111	O2	71.1171	299.9261	234.7108	0
719	111	O4	30.4989	299.8908	180.0236	0
720	111	O5	388.5321	300.0551	315.1773	0
799	161					
7	101	O4	0.238 0			
8	160	10	6 0			

PRILOGA 5: PRIMER POROČILA SETS SUMMARY ZA STOJIŠČE O1 ZA MERJENIH 3 GIRUSOV Z INSTRUMENTOM LEICA GEOSYSTEMS TCRP1201 R300

28. May 2008

At O3

To O5 (Backsight reduced to zero)

Horizontal	Vertical	Face Diff.	Residual
0,00000	99,94710	-0,00420	0,00010
0,00000	99,94685	-0,00410	-0,00015
0,00000	99,94705	-0,00430	0,00005
Mean of Sets.			
Horizontal	Vertical	SD. Vert.	Range
0,00000	99,94700	0,00013	0,00025
315,17725	SD Dist.	Range	
	0,00044	0,00140	

To O4

Horizontal	Split	Residual	Vertical	Face Diff.	Residual
41,96720	0,00100	0,00037	100,11125	-0,00450	0,00002
41,96675	-0,00090	-0,00008	100,11095	-0,00450	-0,00028
41,96655	0,00050	-0,00028	100,11150	-0,00460	0,00027
Mean of Sets.					
Horizontal	SD Dir.	Range	Vertical	SD. Vert.	Range
41,96683	0,00033	0,00065	100,11123	0,00028	0,00055
180,02387	SD Dist.	Range			
	0,00031	0,00100			

To O2

Horizontal	Split	Residual	Vertical	Face Diff.	Residual
82,58570	0,00040	0,00030	100,07580	-0,00460	0,00008
82,58540	-0,00020	-0,00000	100,07570	-0,00400	-0,00002
82,58510	-0,00020	-0,00030	100,07565	-0,00350	-0,00007
Mean of Sets.					
Horizontal	SD Dir.	Range	Vertical	SD. Vert.	Range
82,58540	0,00030	0,00060	100,07572	0,00008	0,00015
234,71072	SD Dist.	Range			
	0,00023	0,00060			

PRILOGA 6: PRIMERJAVA OPAZOVANIH HORIZONTALNIH SMERI

		ŠTEVILO GIRUSOV															
		TCRP1201 R300													TC2003		
stojšče	vizura	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	3	
O1	O2	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
	O4	41,19473	41,19473	41,19475	41,19475	41,19474	41,19473	41,19470	41,19469	41,19469	41,19474	41,19472	41,19466	41,19469	41,19467	41,19592	
	O5	100,53635	100,53633	100,53632	100,53631	100,53630	100,53629	100,53626	100,53628	100,53627	100,53627	100,53635	100,53635	100,53621	100,53619	100,53610	100,53993
	H1	150,40372	150,40372	150,40374	150,40374	150,40375	150,40375	150,40372	150,40376	150,40376	150,40376	150,40383	150,40381	150,40368	150,40362	150,40348	150,40452
	H2	155,09769	155,09768	155,09769	155,09769	155,09769	155,09769	155,09768	155,09765	155,09764	155,09767	155,09769	155,09767	155,09757	155,09762	155,09758	155,09825
	H3	160,01102	160,01101	160,01100	160,01098	160,01099	160,01099	160,01097	160,01096	160,01097	160,01104	160,01102	160,01092	160,01095	160,01083	160,01126	
	H4	165,09486	165,09485	165,09487	165,09486	165,09486	165,09485	165,09483	165,09483	165,09483	165,09486	165,09482	165,09482	165,09469	165,09472	165,09462	165,09502
	H5	170,32443	170,32442	170,32443	170,32442	170,32441	170,32440	170,32437	170,32437	170,32439	170,32444	170,32439	170,32427	170,32427	170,32418	170,32410	170,32410
H6	175,58009	175,58007	175,58009	175,58008	175,58008	175,58007	175,58007	175,58007	175,58007	175,58012	175,58012	175,58005	175,58005	175,58002	175,57969		
H7	180,42443	180,42443	180,42444	180,42443	180,42443	180,42443	180,42443	180,42440	180,42442	180,42444	180,42449	180,42444	180,42433	180,42430	180,42417	180,42415	
O2	O4	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
	O5	15,33751	15,33752	15,33752	15,33748	15,33748	15,33751	15,33748	15,33747	15,33744	15,33739	15,33742	15,33746	15,33750	15,33757	15,33744	
	H1	42,14592	42,14589	42,14589	42,14590	42,14590	42,14594	42,14595	42,14597	42,14600	42,14598	42,14601	42,14606	42,14621	42,14622	42,14562	
	H2	44,81391	44,81390	44,81392	44,81391	44,81388	44,81388	44,81384	44,81383	44,81381	44,81377	44,81385	44,81390	44,81406	44,81413	44,81409	
	H3	47,46732	47,46732	47,46730	47,46730	47,46728	47,46730	47,46730	47,46731	47,46736	47,46735	47,46737	47,46748	47,46760	47,46755	47,46714	
	H4	50,09694	50,09694	50,09694	50,09693	50,09692	50,09695	50,09694	50,09697	50,09699	50,09701	50,09707	50,09713	50,09721	50,09713	50,09707	
	H5	52,70994	52,70994	52,70992	52,70991	52,70992	52,70995	52,70994	52,70995	52,70998	52,70992	52,70992	52,70995	52,70995	52,70998	52,71005	
	H6	55,26979	55,26977	55,26976	55,26975	55,26975	55,26978	55,26974	55,26974	55,26976	55,26974	55,26974	55,26976	55,26984	55,26988	55,27002	55,26942
H7	57,59784	57,59783	57,59783	57,59783	57,59782	57,59780	57,59778	57,59779	57,59780	57,59774	57,59775	57,59783	57,59796	57,59798	57,59811		
O1	67,12627	67,12627	67,12628	67,12629	67,12628	67,12630	67,12631	67,12631	67,12631	67,12626	67,12629	67,12632	67,12635	67,12633	67,12686		
O3	344,49009	344,49008	344,49006	344,49007	344,49007	344,49009	344,49010	344,49011	344,49012	344,49011	344,49011	344,49011	344,49010	344,49017	344,49020	344,49190	
O3	O5	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
	O4	41,96690	41,96691	41,96686	41,96685	41,96688	41,96681	41,96670	41,96663	41,96664	41,96663	41,96663	41,96673	41,96680	41,96683	41,96787	
	O2	82,58518	82,58518	82,58517	82,58515	82,58518	82,58516	82,58514	82,58514	82,58509	82,58511	82,58516	82,58530	82,58536	82,58540	82,58730	
O4	O5	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
	H1	33,18396	33,18395	33,18395	33,18400	33,18400	33,18400	33,18398	33,18402	33,18406	33,18409	33,18410	33,18420	33,18425	33,18443	33,18390	
	H2	36,47188	36,47190	36,47191	36,47196	36,47197	36,47195	36,47192	36,47193	36,47191	36,47193	36,47200	36,47203	36,47204	36,47225	36,47106	
	H3	39,64569	39,64570	39,64568	39,64572	39,64570	39,64566	39,64564	39,64565	39,64565	39,64565	39,64572	39,64576	39,64579	39,64473		
	H4	42,69647	42,69650	42,69650	42,69651	42,69652	42,69648	42,69648	42,69649	42,69647	42,69649	42,69654	42,69657	42,69651	42,69663	42,69601	
	H5	45,63531	45,63531	45,63531	45,63536	45,63536	45,63535	45,63533	45,63534	45,63538	45,63541	45,63551	45,63557	45,63555	45,63570	45,63518	
	H6	48,42218	48,42219	48,42219	48,42223	48,42222	48,42222	48,42220	48,42220	48,42222	48,42224	48,42227	48,42227	48,42232	48,42232	48,42158	
	H7	50,88432	50,88432	50,88430	50,88430	50,88430	50,88429	50,88427	50,88419	50,88422	50,88424	50,88420	50,88424	50,88417	50,88417	50,88420	
O1	82,56177	82,56178	82,56177	82,56178	82,56178	82,56177	82,56172	82,56171	82,56169	82,56169	82,56170	82,56169	82,56167	82,56167	82,56223		
O2	174,24140	174,24140	174,24141	174,24145	174,24144	174,24144	174,24141	174,24141	174,24142	174,24144	174,24148	174,24148	174,24156	174,24160	174,24232		
O3	278,11300	278,11304	278,11303	278,11307	278,11308	278,11303	278,11299	278,11297	278,11295	278,11296	278,11294	278,11297	278,11293	278,11290	278,11365		
O5	O4	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
	O3	36,14574	36,14571	36,14566	36,14567	36,14565	36,14562	36,14559	36,14563	36,14562	36,14556	36,14551	36,14540	36,14541	36,14540	36,14365	
	H1	270,78224	270,78223	270,78222	270,78225	270,78228	270,78229	270,78231	270,78235	270,78241	270,78246	270,78233	270,78227	270,78230	270,78237	270,77938	
	H2	274,53710	274,53706	274,53703	274,53705	274,53707	274,53711	274,53709	274,53714	274,53719	274,53715	274,53712	274,53705	274,53705	274,53703	274,53492	
	H3	277,78051	277,78050	277,78048	277,78052	277,78053	277,78052	277,78047	277,78051	277,78049	277,78051	277,78043	277,78037	277,78035	277,78037	277,77851	
	H4	280,60123	280,60120	280,60118	280,60120	280,60120	280,60123	280,60124	280,60128	280,60130	280,60130	280,60126	280,60118	280,60123	280,60132	280,59918	
	H5	283,07885	283,07880	283,07878	283,07878	283,07878	283,07881	283,07878	283,07882	283,07889	283,07895	283,07891	283,07883	283,07880	283,07867	283,07737	
	H6	285,22866	285,22861	285,22860	285,22864	285,22865	285,22865	285,22865	285,22869	285,22867	285,22869	285,22869	285,22868	285,22854	285,22857	285,22686	
H7	287,00056	287,00054	287,00052	287,00051	287,00053	287,00055	287,00055	287,00053	287,00058	287,00061	287,00064	287,00056	287,00047	287,00047	286,99932		
O1	341,90293	341,90293	341,90293	341,90293	341,90293	341,90295	341,90295	341,90292	341,90292	341,90291	341,90292	341,90272	341,90277	341,90255	341,90418		
O2	389,57838	389,57835	389,57830	389,57833	389,57832	389,57833	389,57833	389,57832	389,57841	389,57845	389,57848	389,57842	389,57840	389,57839	389,57848	389,57892	

PRILOGA 7: PRIMERJAVA OPAZOVANIH ZENITNIH RAZDALJ

		ŠTEVILO GIRUSOV														
		TCRP1201													TC2003	
stojšče	vizura	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	3
O1	O2	101,15893	101,15891	101,15891	101,15892	101,15891	101,15893	101,15894	101,15897	101,15899	101,15900	101,15902	101,15898	101,15901	101,15907	101,15929
	O4	101,33239	101,33238	101,33238	101,33239	101,33240	101,33243	101,33244	101,33246	101,33249	101,33252	101,33256	101,33260	101,33257	101,33263	101,3326
	O5	100,94426	100,94425	100,94425	100,94427	100,94429	100,94430	100,94430	100,94431	100,94427	100,94428	100,94428	100,94429	100,94431	100,94430	100,94403
	H1	99,88998	99,88997	99,88998	99,88997	99,88995	99,88995	99,88996	99,88994	99,88991	99,88986	99,88985	99,88987	99,88982	99,88983	99,89044
	H2	99,88129	99,88128	99,88127	99,88128	99,88128	99,88127	99,88128	99,88126	99,88126	99,88123	99,88126	99,88125	99,88121	99,88125	99,88232
	H3	99,88077	99,88076	99,88075	99,88074	99,88073	99,88073	99,88073	99,88072	99,88069	99,88065	99,88060	99,88059	99,88055	99,88058	99,88119
	H4	99,87705	99,87705	99,87705	99,87707	99,87708	99,87709	99,87711	99,87711	99,87707	99,87704	99,87704	99,87700	99,87697	99,87697	99,87783
	H5	99,87819	99,87820	99,87821	99,87820	99,87820	99,87820	99,87821	99,87819	99,87817	99,87816	99,87817	99,87818	99,87818	99,87815	99,87893
O2	H6	99,87852	99,87851	99,87850	99,87852	99,87850	99,87852	99,87854	99,87853	99,87854	99,87859	99,87859	99,87870	99,87875	99,87877	99,87916
	H7	99,88022	99,88021	99,88021	99,88022	99,88024	99,88025	99,88025	99,88026	99,88026	99,88028	99,88030	99,88032	99,88035	99,88035	99,88172
	O4	100,01752	100,01752	100,01752	100,01753	100,01753	100,01754	100,01752	100,01753	100,01752	100,01751	100,01749	100,01748	100,01747	100,01747	100,01708
	O5	99,89890	99,89889	99,89888	99,89890	99,89889	99,89890	99,89891	99,89891	99,89890	99,89891	99,89892	99,89891	99,89891	99,89890	99,89872
	H1	99,31973	99,31972	99,31970	99,31966	99,31966	99,31966	99,31966	99,31962	99,31959	99,31961	99,31961	99,31962	99,31960	99,31955	99,31990
	H2	99,31785	99,31786	99,31785	99,31785	99,31785	99,31787	99,31786	99,31787	99,31785	99,31788	99,31791	99,31790	99,31790	99,31798	99,31786
	H3	99,32114	99,32115	99,32114	99,32113	99,32112	99,32113	99,32112	99,32109	99,32108	99,32108	99,32108	99,32106	99,32105	99,32100	99,32112
	H4	99,32342	99,32342	99,32342	99,32343	99,32338	99,32339	99,32338	99,32337	99,32337	99,32337	99,32338	99,32338	99,32339	99,32327	99,32346
O3	H5	99,32898	99,32902	99,32900	99,32898	99,32898	99,32896	99,32894	99,32894	99,32894	99,32897	99,32897	99,32895	99,32889	99,32892	99,32918
	H6	99,33476	99,33475	99,33474	99,33473	99,33473	99,33471	99,33472	99,33469	99,33466	99,33467	99,33463	99,33455	99,33450	99,33498	
	H7	99,34129	99,34129	99,34131	99,34133	99,34132	99,34133	99,34132	99,34133	99,34134	99,34135	99,34139	99,34141	99,34144	99,34108	
	O1	98,84358	98,84358	98,84356	98,84358	98,84360	98,84360	98,84359	98,84358	98,84359	98,84356	98,84353	98,84353	98,84355	98,84352	98,84290
	O3	99,92725	99,92726	99,92725	99,92727	99,92727	99,92729	99,92730	99,92730	99,92730	99,92728	99,92727	99,92725	99,92724	99,92722	99,92638
	O5	99,94723	99,94720	99,94717	99,94716	99,94711	99,94705	99,94697	99,94693	99,94696	99,94698	99,94701	99,94699	99,94699	99,94700	99,94706
	O4	100,11147	100,11147	100,11150	100,11149	100,11146	100,11148	100,11145	100,11144	100,11142	100,11139	100,11135	100,11135	100,11131	100,11123	100,11165
	O2	100,07584	100,07583	100,07582	100,07579	100,07580	100,07579	100,07578	100,07575	100,07576	100,07573	100,07570	100,07569	100,07565	100,07572	100,07637
O4	O5	99,82052	99,82053	99,82054	99,82055	99,82058	99,82064	99,82068	99,82070	99,82075	99,82081	99,82085	99,82092	99,82106	99,82118	99,82032
	H1	99,10864	99,10864	99,10864	99,10863	99,10862	99,10866	99,10867	99,10871	99,10874	99,10873	99,10881	99,10892	99,10890	99,10895	99,10912
	H2	99,11882	99,11882	99,11882	99,11885	99,11888	99,11886	99,11891	99,11896	99,11900	99,11906	99,11908	99,11912	99,11924	99,11915	99,11915
	H3	99,13654	99,13655	99,13654	99,13654	99,13656	99,13659	99,13663	99,13663	99,13669	99,13674	99,13681	99,13681	99,13687	99,13687	99,13630
	H4	99,15268	99,15270	99,15270	99,15270	99,15272	99,15272	99,15277	99,15282	99,15287	99,15291	99,15296	99,15305	99,15304	99,15307	99,15267
	H5	99,17275	99,17274	99,17276	99,17276	99,17276	99,17279	99,17286	99,17288	99,17294	99,17301	99,17309	99,17308	99,17311	99,17320	99,17249
	H6	99,19250	99,19248	99,19250	99,19251	99,19252	99,19255	99,19257	99,19257	99,19256	99,19256	99,19258	99,19254	99,19266	99,19270	99,19265
	H7	99,21169	99,21169	99,21169	99,21169	99,21169	99,21175	99,21172	99,21176	99,21179	99,21184	99,21186	99,21187	99,21194	99,21212	99,21181
O5	O1	98,66977	98,66978	98,66979	98,66982	98,66982	98,66982	98,66980	98,66981	98,66981	98,66982	98,66980	98,66983	98,66980	98,66967	98,66889
	O2	99,98404	99,98406	99,98406	99,98404	99,98406	99,98405	99,98405	99,98407	99,98412	99,98412	99,98412	99,98413	99,98412	99,98407	99,98286
	O3	99,89177	99,89174	99,89175	99,89175	99,89179	99,89182	99,89181	99,89186	99,89180	99,89178	99,89177	99,89173	99,89166	99,89168	99,89147
	O4	100,18330	100,18335	100,18337	100,18338	100,18335	100,18326	100,18323	100,18322	100,18318	100,18324	100,18332	100,18333	100,18329	100,18317	100,18285
	O3	100,05818	100,05820	100,05822	100,05823	100,05822	100,05818	100,05816	100,05813	100,05816	100,05814	100,05817	100,05813	100,05812	100,05807	100,05714
	H1	98,59500	98,59500	98,59505	98,59506	98,59506	98,59507	98,59509	98,59510	98,59510	98,59505	98,59502	98,59497	98,59491	98,59502	98,59510
	H2	98,68905	98,68905	98,68906	98,68907	98,68911	98,68913	98,68914	98,68914	98,68913	98,68918	98,68919	98,68912	98,68915	98,68918	98,68899
	H3	98,78226	98,78226	98,78227	98,78229	98,78232	98,78233	98,78234	98,78234	98,78235	98,78234	98,78236	98,78230	98,78225	98,78223	98,78164
O5	H4	98,86133	98,86134	98,86139	98,86142	98,86142	98,86141	98,86143	98,86141	98,86140	98,86142	98,86140	98,86134	98,86129	98,86120	98,86124
	H5	98,93661	98,93662	98,93665	98,93667	98,93666	98,93669	98,93672	98,93670	98,93674	98,93678	98,93678	98,93670	98,93670	98,93663	98,93583
	H6	99,00247	99,00248	99,00251	99,00254	99,00255	99,00255	99,00253	99,00258	99,00259	99,00259	99,00257	99,00255	99,00250	99,00252	99,00245
	H7	99,05793	99,05800	99,05804	99,05805	99,05808	99,05808	99,05807	99,05802	99,05804	99,05806	99,05805	99,05798	99,05792	99,05785	99,05709
	O1	99,05868	99,05873	99,05877	99,05878	99,05881	99,05877	99,05878	99,05880	99,05881	99,05883	99,05882	99,05892	99,05891	99,05887	99,05871
	O2	100,10607	100,10611	100,10615	100,10619	100,10618	100,10616	100,10613	100,10619	100,10624	100,10621	100,10619	100,10618	100,10626	100,10628	100,10542

PRILOGA 8: PRIMERJAVA OPAZOVANIH DOLŽIN

		ŠTEVILO GIRUSOV														
		TCRP1201													TC2003	
stojšče	vizura	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	3
O1	O2	230,37653	230,37652	230,37651	230,37652	230,37651	230,37650	230,37648	230,37648	230,37646	230,37649	230,37648	230,37637	230,37633	230,37625	230,37643
	O4	202,07222	202,07222	202,07221	202,07220	202,07220	202,07218	202,07220	202,07219	202,07218	202,07218	202,07218	202,07216	202,07218	202,07217	202,07187
	O5	245,88693	245,88692	245,88690	245,88691	245,88690	245,88689	245,88686	245,88684	245,88684	245,88681	245,88686	245,88688	245,88684	245,88682	245,88687
	H1	233,55372	233,55370	233,55368	233,55368	233,55367	233,55365	233,55365	233,55363	233,55362	233,55359	233,55358	233,55356	233,55351	233,55355	233,5534
	H2	227,60912	227,60911	227,60909	227,60909	227,60906	227,60905	227,60905	227,60904	227,60901	227,60901	227,60896	227,60896	227,60896	227,60888	227,6086
	H3	222,96493	222,96493	222,96491	222,96490	222,96489	222,96487	222,96485	222,96483	222,96484	222,96483	222,96483	222,96483	222,96483	222,96485	222,96465
	H4	219,67815	219,67814	219,67812	219,67812	219,67812	219,67814	219,67816	219,67817	219,67812	219,67812	219,67811	219,67805	219,67804	219,67793	219,67777
	H5	217,81499	217,81499	217,81499	217,81498	217,81498	217,81497	217,81496	217,81496	217,81497	217,81496	217,81498	217,81501	217,81504	217,81500	217,81487
O2	H6	217,51411	217,51410	217,51408	217,51407	217,51410	217,51409	217,51408	217,51410	217,51411	217,51406	217,51411	217,51409	217,51408	217,51402	217,51365
	H7	218,51751	218,51751	218,51751	218,51750	218,51750	218,51753	218,51752	218,51751	218,51752	218,51750	218,51749	218,51751	218,51746	218,51747	218,5172
	O4	140,05679	140,05680	140,05680	140,05680	140,05680	140,05680	140,05679	140,05681	140,05679	140,05680	140,05677	140,05677	140,05673	140,05675	140,05657
	O5	338,31515	338,31516	338,31517	338,31518	338,31518	338,31520	338,31520	338,31520	338,31518	338,31512	338,31510	338,31506	338,31501	338,31503	338,31480
	H1	429,16535	429,16535	429,16535	429,16534	429,16533	429,16533	429,16535	429,16535	429,16535	429,16531	429,16529	429,16530	429,16529	429,16525	429,16507
	H2	429,78737	429,78738	429,78738	429,78738	429,78738	429,78740	429,78740	429,78739	429,78736	429,78734	429,78737	429,78741	429,78739	429,78735	429,78713
	H3	431,15794	431,15795	431,15795	431,15796	431,15795	431,15796	431,15796	431,15796	431,15796	431,15797	431,15798	431,15799	431,15802	431,15798	431,15762
	H4	433,24392	433,24393	433,24396	433,24397	433,24399	433,24399	433,24400	433,24401	433,24403	433,24401	433,24398	433,24392	433,24393	433,24393	433,24355
O3	H5	436,06856	436,06857	436,06856	436,06856	436,06857	436,06857	436,06858	436,06857	436,06855	436,06857	436,06853	436,06854	436,06849	436,06845	436,06805
	H6	439,67027	439,67027	439,67030	439,67030	439,67030	439,67032	439,67033	439,67033	439,67034	439,67033	439,67032	439,67027	439,67025	439,67027	439,67013
	H7	443,58761	443,58762	443,58761	443,58763	443,58765	443,58765	443,58766	443,58764	443,58764	443,58765	443,58764	443,58764	443,58761	443,58767	443,58717
	O1	230,37691	230,37692	230,37692	230,37693	230,37694	230,37694	230,37695	230,37693	230,37693	230,37694	230,37694	230,37693	230,37691	230,37692	230,37653
	O3	234,71118	234,71118	234,71118	234,71119	234,71119	234,71119	234,71118	234,71119	234,71122	234,71120	234,71118	234,71123	234,71126	234,71132	234,71085
	O5	315,17713	315,17713	315,17712	315,17715	315,17715	315,17715	315,17716	315,17721	315,17723	315,17724	315,17722	315,17723	315,17725	315,17725	315,17785
	O4	180,02385	180,02385	180,02384	180,02383	180,02380	180,02383	180,02382	180,02384	180,02381	180,02382	180,02383	180,02380	180,02386	180,02387	180,02412
	O2	234,71077	234,71075	234,71075	234,71076	234,71076	234,71077	234,71078	234,71077	234,71078	234,71074	234,71073	234,71075	234,71076	234,71072	234,71123
O4	O5	205,04563	205,04563	205,04563	205,04563	205,04563	205,04562	205,04562	205,04560	205,04561	205,04560	205,04559	205,04559	205,04556	205,04560	205,04577
	H1	330,12824	330,12825	330,12823	330,12823	330,12823	330,12822	330,12822	330,12821	330,12823	330,12824	330,12825	330,12822	330,12824	330,12823	330,12830
	H2	335,50694	335,50694	335,50693	335,50692	335,50690	335,50690	335,50690	335,50690	335,50689	335,50687	335,50688	335,50689	335,50685	335,50685	335,50747
	H3	341,74420	341,74420	341,74418	341,74417	341,74416	341,74415	341,74414	341,74415	341,74413	341,74416	341,74417	341,74413	341,74414	341,74415	341,74420
	H4	348,76724	348,76722	348,76722	348,76723	348,76726	348,76726	348,76723	348,76721	348,76721	348,76724	348,76722	348,76724	348,76726	348,76727	348,76743
	H5	356,59143	356,59142	356,59141	356,59142	356,59141	356,59143	356,59141	356,59142	356,59141	356,59136	356,59135	356,59133	356,59137	356,59137	356,59175
	H6	365,16108	365,16108	365,16109	365,16108	365,16109	365,16109	365,16108	365,16109	365,16111	365,16111	365,16110	365,16110	365,16112	365,16110	365,16127
	H7	373,64934	373,64933	373,64933	373,64931	373,64934	373,64931	373,64932	373,64933	373,64934	373,64936	373,64938	373,64935	373,64935	373,64937	373,64952
O5	O1	202,07229	202,07229	202,07229	202,07228	202,07228	202,07226	202,07226	202,07228	202,07229	202,07228	202,07227	202,07229	202,07234	202,07232	202,07215
	O2	140,05671	140,05670	140,05669	140,05670	140,05670	140,05668	140,05666	140,05668	140,05666	140,05666	140,05666	140,05663	140,05665	140,05665	140,05687
	O3	180,02417	180,02416	180,02415	180,02415	180,02414	180,02413	180,02412	180,02411	180,02411	180,02411	180,02408	180,02410	180,02408	180,02423	
	O4	205,04377	205,04375	205,04374	205,04372	205,04371	205,04370	205,04372	205,04374	205,04373	205,04375	205,04377	205,04374	205,04372	205,04365	205,04352
	O3	315,17558	315,17556	315,17555	315,17553	315,17553	315,17553	315,17553	315,17553	315,17553	315,17556	315,17553	315,17553	315,17557	315,17554	315,17547
	H1	183,38779	183,38779	183,38779	183,38777	183,38776	183,38775	183,38774	183,38774	183,38774	183,38776	183,38777	183,38777	183,38783	183,38783	183,38733
	H2	197,46798	197,46796	197,46796	197,46795	197,46796	197,46796	197,46797	197,46797	197,46798	197,46798	197,46802	197,46801	197,46800	197,46795	197,46765
	H3	212,13086	212,13083	212,13082	212,13080	212,13078	212,13078	212,13076	212,13076	212,13076	212,13077	212,13075	212,13075	212,13079	212,13079	212,13050
O6	H4	227,24183	227,24182	227,24180	227,24178	227,24178	227,24177	227,24177	227,24178	227,24177	227,24180	227,24181	227,24180	227,24184	227,24188	227,24162
	H5	242,81656	242,81655	242,81654	242,81653	242,81650	242,81649	242,81650	242,81650	242,81652	242,81653	242,81652	242,81652	242,81657	242,81658	242,81617
	H6	258,66604	258,66605	258,66605	258,66602	258,66602	258,66602	258,66602	258,66602	258,66602	258,66605	258,66602	258,66602	258,66602	258,66602	258,66550
	H7	273,54097	273,54095	273,54094	273,54093	273,54090	273,54092	273,54091	273,54092	273,54091	273,54093	273,54092	273,54095	273,54098	273,54102	273,54040
	O1	245,88540	245,88538	245,88538	245,88536	245,88537	245,88537	245,88538	245,88541	245,88539	245,88541	245,88547	245,88554	245,88555	245,88545	245,88515
	O2	338,31332	338,31329	338,31327	338,31327	338,31328	338,31328	338,31331	338,31333	338,31333	338,31335	338,31336	338,31339	338,31341	338,31340	338,31337

PRILOGA 9: PRIMERJAVA STANDARDNIH DEVIACIJ

HORIZONTALNIH SMERI

		STEVILO GIRUSOV														
		TCRP 1201												TC 2003		
stojisce	vizura	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	3
O1	O2															
	O4	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,1	3,1	3,3	3,5	3,5	3,8	3,8	4,4	5,3	4,5
	O5	3,5	3,5	3,6	3,8	3,9	4,1	4,2	4,4	4,7	4,5	4,9	3,9	4,5	5,1	4,7
	H1	3,7	3,8	3,8	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,7	4,7	5,1	4,5	5,0	5,0	4,6
	H2	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,1	3,2	3,4	3,6	3,9	3,3	3,6	4,3	0,9
	H3	3,1	3,2	3,3	3,3	3,5	3,6	3,8	4,0	4,3	4,1	4,5	4,3	4,8	5,2	2,2
	H4	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,6	3,7	3,9	4,2	4,4	4,7	3,8	4,3	4,5	4,0
	H5	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,7	3,7	3,9	4,1	4,2	4,4	3,5	4,0	4,7	3,0
O2	H6	2,9	2,9	2,9	3,0	3,1	3,3	3,4	3,6	3,9	3,8	4,1	4,1	4,7	5,8	3,7
	H7	3,5	3,6	3,7	3,8	4,0	4,2	4,3	4,5	4,7	4,9	5,3	5,0	5,8	6,3	4,1
	O4															
	O5	2,6	2,7	2,8	2,6	2,7	2,7	2,6	2,7	2,7	2,5	2,7	2,8	3,0	3,3	4,6
	H1	3,1	2,9	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,6	3,8	4,1	4,3	3,1	3,8	4,3
	H2	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,5	3,5	3,7	3,9	4,0	3,8	4,0	1,9	1,6	3,1
	H3	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,3	3,5	3,8	3,2	1,9	2,0	3,7
	H4	3,5	3,6	3,7	3,9	4,0	4,1	4,3	4,3	4,6	4,9	5,1	5,5	5,9	7,0	3,3
O3	H5	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,4	2,6	2,7	2,8	2,5	2,7	3,0	3,4	4,0	4,4
	H6	2,6	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,5	2,7	2,8	3,0	3,2	2,8	3,1	1,6	1,5
	H7	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,2	3,4	3,2	3,5	3,3	1,6	1,9	3,2
	O1	2,0	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,5	2,6	2,4	2,4	2,6	2,9	3,5	4,5
	O3	1,6	1,6	1,5	1,4	1,5	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,7	1,8	0,9	0,9	5,6
O4	O5															
	O4	4,5	4,6	4,3	4,5	4,6	4,2	3,4	3,5	3,0	3,2	3,5	2,9	2,8	3,3	3,0
	O2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,4	3,5	3,6	3,9	3,8	4,0	4,2	2,6	2,6	3,0	5,4
	H1	3,2	3,3	3,4	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,4	3,6	3,9	3,4	3,7	0,8	8,3
	H2	3,3	3,3	3,4	3,0	3,1	3,2	3,2	3,4	3,5	3,8	3,6	3,9	4,6	2,0	7,0
	H3	3,0	3,1	3,1	2,9	2,9	2,6	2,7	2,9	3,0	3,3	3,0	3,2	3,6	0,6	4,3
	H4	2,4	2,2	2,3	2,4	2,5	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,5	2,7	2,7	1,5	5,5
	H5	3,1	3,2	3,4	3,0	3,1	3,2	3,4	3,6	3,6	3,7	3,0	2,9	3,3	1,8	7,6
O5	H6	1,9	1,9	2,0	1,4	1,4	1,5	1,4	1,5	1,5	1,4	1,2	1,4	1,6	1,6	10,1
	H7	3,6	3,7	3,7	3,8	4,0	4,2	4,3	3,7	3,8	4,1	4,3	4,7	4,3	5,1	7,1
	O1	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	0,9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,8	4,8
	O2	2,6	2,7	2,8	2,3	2,3	2,2	2,3	2,5	2,6	2,8	2,6	2,9	2,6	3,0	0,9
	O3	2,8	2,5	2,6	2,4	2,5	1,9	1,7	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,6	1,8	8,9
	O4															
	O3	3,6	3,5	3,1	3,2	3,3	3,3	3,3	3,4	3,6	3,4	3,4	2,3	2,7	3,3	2,1
	H1	3,6	3,7	3,9	3,9	3,9	4,1	4,2	4,2	4,0	4,1	2,4	2,3	2,5	2,6	3,1
H2	3,5	3,2	3,1	3,1	3,1	3,0	3,1	2,9	2,6	2,6	2,8	2,3	2,6	3,2	2,7	
H3	2,9	3,0	3,1	2,8	3,0	3,1	2,8	2,8	3,0	3,2	2,5	2,4	2,7	3,3	1,7	
H4	3,2	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,2	3,1	3,2	3,3	3,4	2,7	2,7	2,4	1,4	
H5	4,1	3,8	3,8	3,9	4,1	4,2	4,3	4,4	4,0	4,0	4,2	4,2	4,8	4,9	4,1	
H6	3,8	3,4	3,5	3,3	3,5	3,6	3,2	3,0	3,0	3,1	3,4	2,3	2,4	2,8	1,5	
H7	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	2,7	2,8	2,9	2,3	0,8	0,9	1,0	2,7	
O1	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	4,5	4,4	4,7	5,0	4,8	4,7	5,2	3,3	2,3	
O2	3,7	3,7	3,3	3,2	3,4	3,5	3,7	2,7	2,5	2,6	2,2	2,4	2,8	2,5	2,3	

PRILOGA 10: PRIMERJAVA STANDARDNIH DEVIACIJ ZENITNIH

RAZDALJ

		ŠTEVILO GIRUSOV														
		TCRP 1201												TC 2003		
stojisce	vizura	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	3
O1	O2	1,8	1,6	1,6	1,7	1,7	1,5	1,6	1,5	1,3	1,4	1,5	1,3	1,3	0,8	3,1
	O4	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,0	2,0	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,9	1,9	1,7
	O5	1,7	1,6	1,7	1,5	1,4	1,5	1,5	1,6	1,3	1,3	1,5	1,6	1,8	2,2	4,1
	H1	1,9	1,9	2,0	2,0	1,9	1,9	2,0	2,1	2,0	1,3	1,4	1,4	1,2	1,4	3,0
	H2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,2	1,0	1,1	0,9	0,5	2,6
	H3	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,6	2,4	2,7	2,9	3,5	3,6
	H4	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,0	2,1	2,0	1,9	2,1	2,0	2,3	2,8	2,5
	H5	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9	2,3	3,6
O2	H6	2,2	2,3	2,4	2,4	2,3	2,4	2,4	2,6	2,7	2,6	2,9	1,3	0,7	0,8	2,9
	H7	1,3	1,3	1,3	1,4	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,8	9,4	
	O4	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,6	1,6	1,8	2,0	2,5	3,4
	O5	1,1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	2,7
	H1	2,7	2,8	2,8	2,5	2,6	2,7	2,9	2,7	2,7	2,9	3,2	3,5	4,0	4,8	7,5
	H2	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	2,0	2,0	2,0	2,2	2,5	2,4	2,5
	H3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,5	1,2	1,2	1,3	1,3	1,5	1,3	1,4
	H4	2,1	2,2	2,2	2,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,3	2,5	2,0	2,3
	H5	2,3	1,8	1,7	1,7	1,7	1,8	1,7	1,8	1,9	1,8	2,0	2,2	2,0	2,3	2,5
	H6	1,8	1,9	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,1	2,0	1,9	2,1	1,2	0,9	3,8
O3	H7	1,8	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,1	2,3	2,6	2,8	4,3
	O1	1,7	1,7	1,6	1,4	1,4	1,5	1,6	1,5	1,6	1,4	1,3	1,4	1,6	1,8	1,7
	O3	1,5	1,5	1,6	1,5	1,5	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,6	1,9	0,6
O4	O5	3,9	3,8	3,8	4,0	3,6	3,1	1,8	1,4	1,2	1,2	1,0	1,0	1,1	1,3	1,8
	O4	2,5	2,5	2,3	2,4	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,5	2,7	2,8	5,3
	O2	1,9	1,9	1,9	1,5	1,6	1,6	1,7	1,5	1,6	1,5	1,4	1,6	1,5	0,8	0,6
O5	O5	3,9	4,0	4,1	4,3	4,3	4,0	4,0	4,1	4,1	4,1	4,3	4,4	3,5	3,2	0,6
	H1	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,1	3,2	3,3	3,3	3,5	3,1	1,6	1,7	1,7	0,4
	H2	3,4	3,5	3,6	3,5	3,5	3,6	3,3	3,1	3,1	2,8	3,0	3,2	2,1	1,3	1,9
	H3	3,0	3,0	3,1	3,2	3,3	3,3	3,0	3,2	2,6	2,5	1,8	2,0	1,7	2,0	3,5
	H4	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,7	3,5	3,3	3,0	3,1	3,1	2,3	2,7	3,2	4,3
	H5	3,5	3,6	3,6	3,8	3,9	4,0	3,3	3,5	3,3	2,6	1,8	2,0	2,1	1,5	4,3
	H6	2,9	2,8	2,7	2,8	2,9	2,8	2,9	3,1	3,3	3,6	3,9	4,2	3,6	4,4	1,7
	H7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,4	3,0	3,1	3,1	3,1	2,9	3,2	3,6	3,7	1,3	4,4
	O1	2,0	2,1	2,1	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	3,0	3,4	2,5	4,2
	O2	1,8	1,7	1,8	1,7	1,7	1,8	1,9	1,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,0	9,7
O5	O3	2,6	2,5	2,6	2,7	2,6	2,4	2,6	2,2	1,6	1,6	1,7	1,6	0,7	0,8	6,2
	O4	4,4	4,1	4,1	4,3	4,3	3,2	3,3	3,4	3,5	3,4	2,6	2,9	3,2	2,5	4,6
	O3	2,5	2,4	2,4	2,5	2,5	2,3	2,4	2,3	2,3	2,4	2,5	2,5	2,9	3,2	5,8
	H1	2,8	2,8	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	2,7	2,8	2,9	3,0	2,6	2,6
	H2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,0	2,0	2,0	2,2	2,3	2,0	2,2	1,4	1,5	1,6	4,1
	H3	1,8	1,8	1,8	1,8	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,9	2,0	1,5	1,2	1,4	2,5
	H4	2,6	2,7	2,2	1,9	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,3	2,4	2,1	2,1	1,3	4,2
	H5	2,6	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,4	2,5	2,3	2,2	2,4	1,5	1,7	1,3	3,7
	H6	2,5	2,6	2,3	2,2	2,3	2,4	2,4	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,3	2,8	5,6
	H7	4,0	3,2	2,8	2,9	2,8	3,0	3,1	2,8	2,9	3,1	3,3	3,2	3,4	3,8	3,4
O1	3,3	2,6	2,3	2,3	2,2	1,9	2,0	2,0	2,2	2,2	2,4	0,8	0,9	0,3	1,9	
O2	3,7	3,4	3,1	2,9	3,0	3,1	3,1	2,7	2,4	2,5	2,7	3,0	2,7	3,3	2,0	

PRILOGA 11: PRIMERJAVA STANDARDNIH DEVIACIJ DOLŽIN

		ŠTEVILO GIRUSOV														
		TCRP 1201													TC 2003	
stojisce	vizura	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	3
O1	O2	2,5	2,5	2,5	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,8	3,0	1,8	1,6	1,0	0,7
	O4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	1,5	1,6	1,7	1,5
	O5	2,8	2,8	2,7	2,8	2,8	2,9	2,8	2,9	3,1	3,2	3,0	3,2	3,5	3,8	0,7
	H1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,1	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	1,9	2,0	0,6
	H2	2,7	2,6	2,7	2,7	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,5	2,7	2,9	2,7	0,6
	H3	2,0	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,6	1,6	1,6	1,7	1,5	1,6	1,2	1,2	1,0
	H4	2,2	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,1	2,2	2,4	2,0	2,1	1,2	0,7
	H5	2,0	1,9	2,0	1,8	1,8	1,8	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	0,5
H6	2,5	2,5	2,4	2,5	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,1	1,8	1,9	1,9	1,7	0,8	
H7	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,6	1,7	1,7	1,6	1,4	1,4	1,1	1,2	3,8	
O2	O4	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,9	1,9	1,5	0,9
	O5	3,1	3,1	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,6	3,4	3,5	3,2	3,3	2,1	1,5
	H1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6	2,2	2,0	1,8	1,9	1,7	1,5
	H2	2,4	2,3	2,3	2,2	2,3	2,0	2,1	2,1	2,0	2,0	2,1	1,9	2,0	2,1	1,2
	H3	1,6	1,6	1,6	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,6	1,6	0,7
	H4	2,3	2,4	2,3	2,2	2,2	2,2	2,1	2,2	2,1	2,0	1,9	1,3	1,1	1,1	1,3
	H5	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,4	2,5	2,5	2,7	2,7	3,0	1,5
	H6	1,8	1,8	1,6	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,5	1,6	1,8	0,5
H7	2,3	2,4	2,4	2,5	2,4	2,2	2,3	2,3	2,2	2,1	2,3	1,9	1,9	1,9	1,1	
O1	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,5	1,6	0,7	
O3	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,3	2,4	2,3	2,4	2,4	1,8	1,9	1,6	1,0	
O3	O5	3,7	3,8	3,8	3,5	3,5	3,6	3,6	3,3	3,4	3,6	3,8	4,0	4,4	4,4	2,6
	O4	2,8	2,8	2,8	2,9	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	3,0	3,2	3,2	2,8	3,1	0,9
	O2	2,5	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,2	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	1,2
O4	O5	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	2,0	1,9	1,8	1,7	1,8	1,9	1,9	1,9	1,5	1,8
	H1	1,6	1,7	1,6	1,6	1,7	1,6	1,7	1,7	1,5	1,4	1,6	1,5	1,6	1,8	2,1
	H2	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,2	2,6	7,1
	H3	2,2	2,3	2,2	2,1	2,1	2,1	2,2	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,8	2,0	1,3
	H4	2,6	2,6	2,7	2,7	2,6	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,2	2,3	1,8	1,5	1,5
	H5	2,4	2,4	2,4	2,5	2,6	2,6	2,5	2,6	2,7	2,6	2,8	3,0	3,1	3,5	1,5
	H6	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,2	2,2	2,4	0,7
	H7	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,9	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,7	2,0	1,5
	O1	1,8	1,8	1,9	1,8	1,9	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,0	2,0	1,4
O2	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,1	2,2	2,5	1,1	
O3	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,0	2,0	2,1	1,3	0,7	
O5	O4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,1	1,8	1,4	1,1
	O3	2,3	2,1	2,0	1,9	2,0	2,1	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	1,9	2,0	1,2
	H1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	3,0	1,2
	H2	2,1	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,9	1,9	3,0
	H3	2,4	2,2	2,2	2,2	2,1	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	2,0	1,9	1,0
	H4	2,3	2,2	2,2	2,1	2,2	2,1	2,2	2,0	2,1	2,0	2,2	2,4	1,1	0,9	1,2
	H5	2,4	2,3	2,3	2,3	2,2	2,3	2,4	2,4	2,3	2,5	2,6	2,8	2,1	2,0	1,7
	H6	2,9	2,9	2,9	3,0	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	2,9	2,0	2,2	2,2	1,9	1,8
	H7	2,6	2,6	2,7	2,7	2,5	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	3,0	3,2	3,3	3,6	1,6
	O1	3,3	3,3	3,4	3,4	3,3	3,4	3,6	3,5	3,7	3,9	3,9	3,2	3,5	3,4	1,0
O2	2,9	2,6	2,5	2,4	2,4	2,2	2,3	2,3	2,4	2,3	2,1	2,2	2,3	2,0	1,1	

PRILOGA 12: PRIMER IZRAČUNA REDUKCIJ POŠEVNIH DOLŽIN ZA INSTRUMENT LEICA TCRP1201 R300 ZA 3 GIRUSE

Podatki

$\lambda = 0,78$
 $n_0 = 1,000283$
 $R_{NIP} = 150$
 $k_m = 1$
 $k_b = -0,0006$
 $R = 6370000$

$n_{GR} = 1,00029573$

			Meteorologija - podatki				Geometrija - podatki					Meteorologija - izračun		Reducirane dolžine	
instrument	reflektor	d_s [m]	temperatura		tlak		H_i	H_j	i	l	adic.k.	e	n_0	meteorološki popravek D' [m]	geometrični popravek S_0 [m]
			suha [°C]	mokra [°C]	[mbar]	[torr]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[torr]			
O1	O2	230,37625	14,4	10,4	987,9	741,0	158,3009	154,1167	0,2400	0,2360	0,0001	7,4868	1,00027346	230,37795	230,33965
	O4	202,07217	14,4	10,4	987,9	741,0	158,3009	154,0746	0,2400	0,2380	0,0003	7,4868	1,00027346	202,07379	202,02935
	O5	245,88682	14,4	10,4	987,9	741,0	158,3009	154,6584	0,2400	0,2380	-0,0014	7,4868	1,00027346	245,88716	245,85990
	H1	233,55355	14,4	10,4	987,9	741,0	158,3009	158,7083	0,2400	0,2370	0,0185	7,4868	1,00027346	233,57368	233,57301
	H2	227,60888	14,4	10,4	987,9	741,0	158,3009	158,7243	0,2400	0,2420	0,0184	7,4868	1,00027346	227,62885	227,62815
	H3	222,96483	14,4	10,4	987,9	741,0	158,3009	158,7155	0,2400	0,2420	0,0183	7,4868	1,00027346	222,98466	222,98397
	H4	219,67793	14,4	10,4	987,9	741,0	158,3009	158,7257	0,2400	0,2400	0,0184	7,4868	1,00027346	219,69782	219,69712
H5	217,81500	14,4	10,4	987,9	741,0	158,3009	158,7177	0,2400	0,2410	0,0184	7,4868	1,00027346	217,83488	217,83419	
H6	217,51402	14,4	10,4	987,9	741,0	158,3009	158,7123	0,2400	0,2440	0,0185	7,4868	1,00027346	217,53399	217,53331	
H7	218,51747	14,4	10,4	987,9	741,0	158,3009	158,7130	0,2400	0,2410	0,0184	7,4868	1,00027346	218,53735	218,53667	

			Meteorologija - podatki				Geometrija - podatki					Meteorologija - izračun		Reducirane dolžine	
instrument	reflektor	d_s [m]	temperatura		tlak		H_i	H_j	i	l	adic.k.	e	n_0	meteorološki popravek D' [m]	geometrični popravek S_0 [m]
			suha [°C]	mokra [°C]	[mbar]	[torr]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[torr]			
O2	O4	140,05675	13,2	11,5	988,5	741,4	154,1167	154,0746	0,2360	0,2380	0,0003	9,3314	1,00027469	140,05760	140,05751
	O5	338,31503	13,2	11,5	988,5	741,4	154,1167	154,6584	0,2360	0,2380	-0,0014	9,3314	1,00027469	338,31584	338,31517
	H1	429,16525	13,2	11,5	988,5	741,4	154,1167	158,7083	0,2360	0,2370	0,0185	9,3314	1,00027469	429,18672	429,16171
	H2	429,78735	13,2	11,5	988,5	741,4	154,1167	158,7243	0,2360	0,2420	0,0184	9,3314	1,00027469	429,80872	429,78353
	H3	431,15798	13,2	11,5	988,5	741,4	154,1167	158,7155	0,2360	0,2420	0,0183	9,3314	1,00027469	431,17926	431,15424
	H4	433,24393	13,2	11,5	988,5	741,4	154,1167	158,7257	0,2360	0,2400	0,0184	9,3314	1,00027469	433,26533	433,24034
	H5	436,06845	13,2	11,5	988,5	741,4	154,1167	158,7177	0,2360	0,2410	0,0184	9,3314	1,00027469	436,08987	436,06511
	H6	439,67027	13,2	11,5	988,5	741,4	154,1167	158,7123	0,2360	0,2440	0,0185	9,3314	1,00027469	439,69182	439,66728
	H7	443,58767	13,2	11,5	988,5	741,4	154,1167	158,7130	0,2360	0,2410	0,0184	9,3314	1,00027469	443,60916	443,58485
	O1	230,37692	13,2	11,5	988,5	741,4	154,1167	158,3009	0,2360	0,2400	0,0003	9,3314	1,00027469	230,37855	230,34026
O3	234,71132	13,2	11,5	988,5	741,4	154,1167	154,3879	0,2360	0,2360	0,00015	9,3314	1,00027469	234,71282	234,71251	

			Meteorologija - podatki				Geometrija - podatki					Meteorologija - izračun		Reducirane dolžine	
instrument	reflektor	d_s [m]	temperatura		tlak		H_i	H_j	i	l	adic.k.	e	n_0	meteorološki popravek D' [m]	geometrični popravek S_0 [m]
			suha [°C]	mokra [°C]	[mbar]	[torr]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[torr]			
O3	O5	315,17725	14,4	12,0	988,3	741,3	154,3879	154,6584	0,2370	0,2380	-0,0014	9,3291	1,00027349	315,17825	315,17791
	O4	180,02387	14,4	12,0	988,3	741,3	154,3879	154,0746	0,2370	0,2380	0,0003	9,3291	1,00027349	180,02527	180,02488
	O2	234,71072	14,4	12,0	988,3	741,3	154,3879	154,1167	0,2370	0,2360	0,0001	9,3291	1,00027349	234,71245	234,71214

Kolenc, M. 2008. Analiza klasično in z ... izvedenih opazovanj na mreži večjih razsežnosti.
Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.

			Meteorologija - podatki				Geometrija - podatki					Meteorologija - izračun		Reducirane dolžine	
instrument	reflektor	d _s [m]	temperatura		tlak		H _i [m]	H _l [m]	i [m]	l [m]	adic.k. [m]	e [torr]	n _p	meteorološki popravek D' [m]	geometrični popravek S0 [m]
			suha [°C]	mokra [°C]	[mbar]	[torr]									
O4	O5	205,04560	14,9	12,4	988,3	741,3	154,0746	154,6584	0,2380	0,2380	-0,0014	9,5602	1,00027299	205,04565	205,04468
	H1	330,12823	14,9	12,4	988,3	741,3	154,0746	158,7083	0,2380	0,2370	0,0185	9,5602	1,00027299	330,14943	330,11660
	H2	335,50685	14,9	12,4	988,3	741,3	154,0746	158,7243	0,2380	0,2420	0,0184	9,5602	1,00027299	335,52801	335,49540
	H3	341,74415	14,9	12,4	988,3	741,3	154,0746	158,7155	0,2380	0,2420	0,0183	9,5602	1,00027299	341,76527	341,73336
	H4	348,76727	14,9	12,4	988,3	741,3	154,0746	158,7257	0,2380	0,2400	0,0184	9,5602	1,00027299	348,78856	348,75717
	H5	356,59137	14,9	12,4	988,3	741,3	154,0746	158,7177	0,2380	0,2410	0,0184	9,5602	1,00027299	356,61274	356,58211
	H6	365,16110	14,9	12,4	988,3	741,3	154,0746	158,7123	0,2380	0,2440	0,0185	9,5602	1,00027299	365,18265	365,15276
	H7	373,64937	14,9	12,4	988,3	741,3	154,0746	158,7130	0,2380	0,2410	0,0184	9,5602	1,00027299	373,67091	373,64171
	O1	202,07232	14,9	12,4	988,3	741,3	154,0746	158,3009	0,2380	0,2400	0,0003	9,5602	1,00027299	202,07406	202,02962
	O2	140,05665	14,9	12,4	988,3	741,3	154,0746	154,1167	0,2380	0,2360	0,0001	9,5602	1,00027299	140,05755	140,05746
O3	180,02408	14,9	12,4	988,3	741,3	154,0746	154,3879	0,2380	0,2360	0,00015	9,5602	1,00027299	180,02543	180,02504	

			Meteorologija - podatki				Geometrija - podatki					Meteorologija - izračun		Reducirane dolžine	
instrument	reflektor	d _s [m]	temperatura		tlak		H _i [m]	H _l [m]	i [m]	l [m]	adic.k. [m]	e [torr]	n _p	meteorološki popravek D' [m]	geometrični popravek S0 [m]
			suha [°C]	mokra [°C]	[mbar]	[torr]									
O5	O4	205,04365	14,8	12,6	988,2	741,2	154,6584	154,0746	0,2390	0,2380	0,0003	9,8500	1,00027306	205,04538	205,04440
	O3	315,17553	14,8	12,6	988,2	741,2	154,6584	154,3879	0,2390	0,2360	0,0002	9,8500	1,00027306	315,17821	315,17787
	H1	183,38783	14,8	12,6	988,2	741,2	154,6584	158,7083	0,2390	0,2370	0,0185	9,8500	1,00027306	183,40755	183,36269
	H2	197,46795	14,8	12,6	988,2	741,2	154,6584	158,7243	0,2390	0,2420	0,0184	9,8500	1,00027306	197,48771	197,44558
	H3	212,13072	14,8	12,6	988,2	741,2	154,6584	158,7155	0,2390	0,2420	0,0183	9,8500	1,00027306	212,15053	212,11145
	H4	227,24188	14,8	12,6	988,2	741,2	154,6584	158,7257	0,2390	0,2400	0,0184	9,8500	1,00027306	227,26194	227,22528
	H5	242,81658	14,8	12,6	988,2	741,2	154,6584	158,7177	0,2390	0,2410	0,0184	9,8500	1,00027306	242,83679	242,80257
	H6	258,66607	14,8	12,6	988,2	741,2	154,6584	158,7123	0,2390	0,2440	0,0185	9,8500	1,00027306	258,68654	258,65442
	H7	273,54102	14,8	12,6	988,2	741,2	154,6584	158,7130	0,2390	0,2410	0,0184	9,8500	1,00027306	273,56154	273,53117
	O1	245,88545	14,8	12,6	988,2	741,2	154,6584	158,3009	0,2390	0,2400	0,0003	9,8500	1,00027306	245,88761	245,86037
	O2	338,31337	14,8	12,6	988,2	741,2	154,6584	154,1167	0,2390	0,2360	0,0001	9,8500	1,00027306	338,31623	338,31556

PRILOGA 13: PRIMER IZRAČUNA ODSTOPANJ

HORIZONTALNIH SMERI IN ZENITNIH RAZDALJ IZ STOJIŠČA

O1 PROTI TOČKI O5

Stojišče O1

Smer O5

girus	horizontalna smer		zenitna razdalja	
	meritev [gon]	odstopanje [mgon]	meritev [gon]	odstopanje [mgon]
1	100,53555	-0,80	100,94420	-0,06
2	100,53655	0,20	100,94415	-0,11
3	100,53620	-0,15	100,94455	0,29
4	100,53645	0,10	100,94435	0,09
5	100,53630	-0,05	100,94420	-0,06
6	100,53705	0,70	100,94425	-0,01
7	100,53635	0,00	100,94425	-0,01
8	100,53575	-0,60	100,94425	-0,01
9	100,53635	0,00	100,94460	0,34
10	100,53605	-0,30	100,94425	-0,01
11	100,53655	0,20	100,94420	-0,06
12	100,53645	0,10	100,94420	-0,06
13	100,53645	0,10	100,94405	-0,21
14	100,53650	0,15	100,94395	-0,31
15	100,53645	0,10	100,94430	0,04
16	100,53665	0,30	100,94445	0,19

srednja vrednost horizontalne smeri

100,5364

srednja vrednost zenitne razdalje

245,8869

PRILOGA 14: PRIMER VHODNE DATOTEKE ZA IZRAVNAVO

*.pod ZA INSTRUMENT TCRP1201 R300 ZA 3 GIRUSE

*N							
'O1'			1178.0567		1095.4307		
'O2'			1081.6873		886.2074		
'O4'			999.9877		999.9817		
'O3'			847.6387		904.0594		
'O5'			955.6181		1200.1799		
'H1'			1098.5422		1315.0608		
'H2'			1116.5414		1314.5972		
'H3'			1134.5292		1314.1334		
'H4'			1152.4959		1313.6436		
'H5'			1170.5514		1313.1442		
'H6'			1188.5178		1312.7221		
'H7'			1205.1314		1312.2937		
*O							
3	'O1'	'O2'	0 00 00.0	1	230.33965	0.4341	1
3	'O1'	'O4'	41 19 46.7	1	202.02935	0.4950	1
3	'O1'	'O5'	100 53 61.0	1	245.85990	0.4067	1
3	'O1'	'H1'	150 40 34.8	1	233.57301	0.4281	1
3	'O1'	'H2'	155 09 75.8	1	227.62815	0.4393	1
3	'O1'	'H3'	160 01 08.3	1	222.98397	0.4485	1
3	'O1'	'H4'	165 09 46.2	1	219.69712	0.4552	1
3	'O1'	'H5'	170 32 41.8	1	217.83419	0.4591	1
3	'O1'	'H6'	175 58 00.2	1	217.53331	0.4597	1
3	'O1'	'H7'	180 42 41.7	1	218.53667	0.4576	1
3	'O2'	'O4'	0 00 00.0	1	140.05751	0.7140	1
3	'O2'	'O5'	15 33 75.7	1	338.31517	0.2956	1
3	'O2'	'H1'	42 14 62.2	1	429.16171	0.2330	1
3	'O2'	'H2'	44 81 41.3	1	429.78353	0.2327	1
3	'O2'	'H3'	47 46 75.5	1	431.15424	0.2319	1
3	'O2'	'H4'	50 09 71.3	1	433.24034	0.2308	1
3	'O2'	'H5'	52 70 99.8	1	436.06511	0.2293	1
3	'O2'	'H6'	55 27 00.2	1	439.66728	0.2274	1
3	'O2'	'H7'	57 59 79.8	1	443.58485	0.2254	1
3	'O2'	'O1'	67 12 63.3	1	230.34026	0.4341	1
3	'O2'	'O3'	344 49 02.0	1	234.71251	0.4261	1
3	'O3'	'O5'	0 00 00.0	1	315.17791	0.3173	1
3	'O3'	'O4'	41 96 68.3	1	180.02488	0.5555	1
3	'O3'	'O2'	82 58 54.0	1	234.71214	0.4261	1
3	'O4'	'O5'	0 00 00.0	1	205.04468	0.4877	1
3	'O4'	'H1'	33 18 44.3	1	330.11660	0.3029	1
3	'O4'	'H2'	36 47 22.5	1	335.49540	0.2981	1
3	'O4'	'H3'	39 64 59.7	1	341.73336	0.2926	1
3	'O4'	'H4'	42 69 66.3	1	348.75717	0.2867	1
3	'O4'	'H5'	45 63 57.0	1	356.58211	0.2804	1
3	'O4'	'H6'	48 42 23.2	1	365.15276	0.2739	1
3	'O4'	'H7'	50 88 41.7	1	373.64171	0.2676	1
3	'O4'	'O1'	82 56 16.7	1	202.02962	0.4950	1
3	'O4'	'O2'	174 24 16.0	1	140.05746	0.7140	1
3	'O4'	'O3'	278 11 29.0	1	180.02504	0.5555	1
3	'O5'	'O4'	0 00 00.0	1	205.04440	0.4877	1
3	'O5'	'O3'	36 14 54.0	1	315.17787	0.3173	1
3	'O5'	'H1'	270 78 23.7	1	183.36269	0.5454	1
3	'O5'	'H2'	274 53 70.3	1	197.44558	0.5065	1

3	'05'	'H3'	277 78 03.7	1	212.11145	0.4715	1
3	'05'	'H4'	280 60 13.2	1	227.22528	0.4401	1
3	'05'	'H5'	283 07 86.7	1	242.80257	0.4119	1
3	'05'	'H6'	285 22 85.7	1	258.65442	0.3866	1
3	'05'	'H7'	287 00 04.7	1	273.53117	0.3656	1
3	'05'	'O1'	341 90 25.5	1	245.86037	0.4067	1
3	'05'	'O2'	389 57 84.8	1	338.31556	0.2956	1

*PS

0.66

*PD

0.0002

*RK

G

*IK

DM

*IS

DE

*IE

D 3g_2.rez

*Konec

PRILOGA 15: PRIMER IZHODNE DATOTEKE IZRAVNAVE

*.rez ZA INSTRUMENT TCRP1201 R300 ZA 3 GIRUSE

Izravnavna Ravninske geodetske Mreže
Program: RAM, ver.4.0, dec. 02
Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

Ime datoteke s podatki: 3g_2.pod
Ime datoteke za rezultate: 3g_2.rez
Ime datoteke za risanje slike mreže: 3g_2.ris
Ime datoteke za izračun premikov: 3g_2.koo

Datum: 9. 7.2008
Čas: 22:29: 2

Seznam PRIBLIŽNIH koordinat novih točk

```
=====
```

Točka	Y (m)	X (m)
O1	1178.0567	1095.4307
O2	1081.6873	886.2074
O4	999.9877	999.9817
O3	847.6387	904.0594
O5	955.6181	1200.1799
H1	1098.5422	1315.0608
H2	1116.5414	1314.5972
H3	1134.5292	1314.1334
H4	1152.4959	1313.6436
H5	1170.5514	1313.1442
H6	1188.5178	1312.7221
H7	1205.1314	1312.2937

Vseh točk je 12.

Pregled OPAZOVANJ

```
=====
```

Štev.	Stojišče	Vizura	Opazov. smer (gradi)	W (")	Utež	Dolžina (m)	Du	Utež	Gr
1	O1	O2	0 0 0.0	0.000	1.00	230.3397	0.0000	0.43	1
2	O1	O4	41 19 46.7	0.000	1.00	202.0293	0.0000	0.50	1
3	O1	O5	100 53 61.0	0.000	1.00	245.8599	0.0000	0.41	1
4	O1	H1	150 40 34.8	0.000	1.00	233.5730	0.0000	0.43	1
5	O1	H2	155 9 75.8	0.000	1.00	227.6282	0.0000	0.44	1
6	O1	H3	160 1 8.3	0.000	1.00	222.9840	0.0000	0.45	1
7	O1	H4	165 9 46.2	0.000	1.00	219.6971	0.0000	0.46	1
8	O1	H5	170 32 41.8	0.000	1.00	217.8342	0.0000	0.46	1
9	O1	H6	175 58 0.2	0.000	1.00	217.5333	0.0000	0.46	1
10	O1	H7	180 42 41.7	0.000	1.00	218.5367	0.0000	0.46	1
11	O2	O4	0 0 0.0	0.000	1.00	140.0575	0.0000	0.71	1
12	O2	O5	15 33 75.7	0.000	1.00	338.3152	0.0000	0.30	1
13	O2	H1	42 14 62.2	0.000	1.00	429.1617	0.0000	0.23	1
14	O2	H2	44 81 41.3	0.000	1.00	429.7835	0.0000	0.23	1
15	O2	H3	47 46 75.5	0.000	1.00	431.1542	0.0000	0.23	1
16	O2	H4	50 9 71.3	0.000	1.00	433.2403	0.0000	0.23	1
17	O2	H5	52 70 99.8	0.000	1.00	436.0651	0.0000	0.23	1
18	O2	H6	55 27 0.2	0.000	1.00	439.6673	0.0000	0.23	1
19	O2	H7	57 59 79.8	0.000	1.00	443.5849	0.0000	0.23	1
20	O2	O1	67 12 63.3	0.000	1.00	230.3403	0.0000	0.43	1
21	O2	O3	344 49 2.0	0.000	1.00	234.7125	0.0000	0.43	1

22	O3	O5	0 0 0.0	0.000 1.00	315.1779	0.0000	0.32	1
23	O3	O4	41 96 68.3	0.000 1.00	180.0249	0.0000	0.56	1
24	O3	O2	82 58 54.0	0.000 1.00	234.7121	0.0000	0.43	1
25	O4	O5	0 0 0.0	0.000 1.00	205.0447	0.0000	0.49	1
26	O4	H1	33 18 44.3	0.000 1.00	330.1166	0.0000	0.30	1
27	O4	H2	36 47 22.5	0.000 1.00	335.4954	0.0000	0.30	1
28	O4	H3	39 64 59.7	0.000 1.00	341.7334	0.0000	0.29	1
29	O4	H4	42 69 66.3	0.000 1.00	348.7572	0.0000	0.29	1
30	O4	H5	45 63 57.0	0.000 1.00	356.5821	0.0000	0.28	1
31	O4	H6	48 42 23.2	0.000 1.00	365.1528	0.0000	0.27	1
32	O4	H7	50 88 41.7	0.000 1.00	373.6417	0.0000	0.27	1
33	O4	O1	82 56 16.7	0.000 1.00	202.0296	0.0000	0.50	1
34	O4	O2	174 24 16.0	0.000 1.00	140.0575	0.0000	0.71	1
35	O4	O3	278 11 29.0	0.000 1.00	180.0250	0.0000	0.56	1
36	O5	O4	0 0 0.0	0.000 1.00	205.0444	0.0000	0.49	1
37	O5	O3	36 14 54.0	0.000 1.00	315.1779	0.0000	0.32	1
38	O5	H1	270 78 23.7	0.000 1.00	183.3627	0.0000	0.55	1
39	O5	H2	274 53 70.3	0.000 1.00	197.4456	0.0000	0.51	1
40	O5	H3	277 78 3.7	0.000 1.00	212.1114	0.0000	0.47	1
41	O5	H4	280 60 13.2	0.000 1.00	227.2253	0.0000	0.44	1
42	O5	H5	283 7 86.7	0.000 1.00	242.8026	0.0000	0.41	1
43	O5	H6	285 22 85.7	0.000 1.00	258.6544	0.0000	0.39	1
44	O5	H7	287 0 4.7	0.000 1.00	273.5312	0.0000	0.37	1
45	O5	O1	341 90 25.5	0.000 1.00	245.8604	0.0000	0.41	1
46	O5	O2	389 57 84.8	0.000 1.00	338.3156	0.0000	0.30	1

Podan srednji pogrešek utežne enote smeri (a-priori ocena): 0.66 sekund.
 Podan srednji pogrešek utežne enote dolžin (a-priori ocena): 0.200 mm.

Število enačb popravkov je 92.
 - Število enačb popravkov za smeri je 46.
 - Število enačb popravkov za dolžine je 46.
 Število neznank je 29.
 - Število koordinatnih neznank je 24.
 - Število orientacijskih neznank je 5.
 Defekt mreže je 3.

POPRAVKI približnih vrednosti
 =====

Točka	Dy (m)	Dx (m)	Do (")
O1	-0.0001	0.0033	-1.5
O2	-0.0039	0.0170	2.4
O4	0.0057	0.0092	-0.1
O3	0.0118	0.0118	-1.7
O5	0.0061	-0.0026	-1.5
H1	-0.0022	-0.0057	
H2	-0.0008	-0.0051	
H3	-0.0012	-0.0054	
H4	-0.0015	-0.0048	
H5	-0.0024	-0.0054	
H6	-0.0047	-0.0063	
H7	-0.0068	-0.0058	

IZRAVNANE vrednosti koordinat in ANALIZA natančnosti
 =====

Točka	Y (m)	X (m)	My (m)	Mx (m)	Mp (m)	a (m)	b (m)	Theta (st.)
O1	1178.0566	1095.4340	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	91.
O2	1081.6834	886.2244	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	82.
O4	999.9934	999.9909	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	110.
O3	847.6505	904.0712	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	179.
O5	955.6242	1200.1773	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	133.
H1	1098.5400	1315.0551	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0001	106.
H2	1116.5406	1314.5921	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0001	108.

O5	O1	0.41	245.8604	245.8604	245.8604	0.0000	245.8604
O5	O2	0.30	338.3156	338.3156	338.3155	-0.0001	338.3155