

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



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

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

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Stoporko, K., 2016. Preizkus instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS po standardu ISO 17123-8. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Pavlovčič Prešeren, P.): 34 str.  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5919/>

Datum arhiviranja: 3-10-2016

University  
of Ljubljana  
Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Stoporko, K., 2016. Preizkus instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS po standardu ISO 17123-8. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Pavlovčič Prešeren, P.): 34 pp.  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5919/>

Archiving Date: 3-10-2016

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



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

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM PRVE STOPNJE  
GEODEZIJA IN  
GEOINFORMATIKA**

Kandidat:

**KLEMEN STOPORKO**

**PREIZKUS INSTRUMENTA JAVAD TRIUMPH-LS PO  
STANDARDU ISO 17123-8**

Diplomska naloga št.: 121/GIG

**TEST OF THE INSTRUMENT JAVAD TRIUMPH-LS  
ACCORDING TO THE STANDARD ISO 17123-8**

Graduation thesis No.: 121/GIG

**Mentorica:**

doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

Ljubljana, 22. 09. 2016

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

## Izjave

Spodaj podpisani študent Klemen Stoporko, vpisna številka 26203520, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: »Preizkus instrumenta Javad Triumph- LS po standardu ISO 17123- 8.«

### IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

- a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
- b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Podpis študenta:

\_\_\_\_\_

## **Bibliografsko- dokumentacijska stran in izvleček**

<b>UDK:</b>	528.2:528.5(497.4)(043.2)
<b>Avtor:</b>	Klemen Stoporko
<b>Mentorica:</b>	doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren
<b>Naslov:</b>	Preizkus instrumenta Javad Triumph- LS po standardu ISO 17123- 8.
<b>Tip dokumenta:</b>	diplomska naloga – univerzitetni študij
<b>Obseg in oprema:</b>	34 str., 8 sl., 23 pregl.
<b>Ključne besede:</b>	preizkus, standard ISO, Javad, RTK izmera, notranja antena

### **Izvleček**

V diplomski nalogi predstavljamo rezultate preizkusa kakovosti delovanja instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS pri izmeri RTK. Preizkus smo naredili po navodilih standarda ISO 17123-8 in sicer na dveh deloviščih ob različnih vremenskih pogojih in ob različnih načinih postavitve instrumenta na točko. V prvem primeru smo instrument postavljali na stativo, v drugem primeru pa smo s prisilnim centriranjem instrument postavili na stebra. S preizkusom smo potrdili kakovost delovanja instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS, kot jo predpisuje proizvajalec, vendar velja poudariti, da smo pri drugi izvedbi preizkusa, ko smo instrument postavili na stebre, pridobili precej boljše rezultate ponovljivosti določitve koordinat. Po večkratno narejenem preizkusu po standardu ISO 17123-8 lahko rečemo, da instrument JAVAD TRIUMPH-LS tudi ob uporabi notranje antene in brez vključenega inklinometra za upoštevanje popravkov zaradi nagiba omogoča pridobitev rezultatov, kot jo podaja proizvajalec.

Drugi del naloge se je navezoval na ponovljivost določitve koordinat ene točke za primer, ko smo instrument postavili bliže tlom. V tej situaciji smo dodatno na tla položili folijo, ki bi lahko predstavljala vir odboja signala GNSS. V danem primeru nismo ugotovili bistvenih razlik v določitvi koordinat in lahko na osnovi rezultatov zaključimo, da višina antene ne vpliva na kakovost določitve končnih koordinat točk.

**Bibliographic- documentalistic information and abstract**

<b>UDC:</b>	528.2:528.5(497.4)(043.2)
<b>Author:</b>	Klemen Stoporko
<b>Supervisor:</b>	Assist. Prof. Polona Pavlovčič Prešeren, Ph. D.
<b>Title:</b>	Test of the instrument Javad Triumph- LS according to the standard ISO 17123- 8
<b>Document type:</b>	Graduation Thesis – University studies
<b>Scope and tools:</b>	34 p., 8 fig., 23 tab.
<b>Keywords:</b>	test, standard ISO, Javad, RTK survey, internal antenna

**Abstract**

In the graduation thesis we present the results of the examination of the quality and operation of the instrument JAVAD TRIUMPH-LS in RTK survey. The test was done according to the instructions of standard ISO 17123-8 at two worksites in different weather conditions and with different ways of installing the instrument on the point. In the first case we have an instrument erected at the bar, but in the second case we use forced centering instrument placed on a pillar. With the test we confirmed the quality of the operation of the instrument JAVAD TRIUMPH-LS, as is provided by the manufacturer, although, it should be noted that in the second case, when we put instrument on the pillars, we get much better repeatability of the results of the determination of coordinates. After multiple test made according to standard ISO 17123-8, we can say, that the instrument JAVAD TRIUMPH-LS, even when we using internal antennas and when we exclude inclinometer, which take into account corrections resulting from the inclination, obtain the results as given by the manufacturers.

The second part of the graduation thesis was about the reproducibility determination of the coordinates of one point, for the case, when we put the instrument closer to the ground. In this situation, we placed the foil around, which may constitute a source of multipath. In this case we did not find significant differences in determining the coordinates and may, based on the results conclude, that the antenna height does not affect the quality of the final determination of coordinates of points.

## **Zahvala**

Iskreno se zahvaljujem predvsem mentorici doc. dr. Poloni Pavlovčič Prešeren, za strokovno in potrpežljivo vodenje pri nastajanju te diplomske naloge ter g. Albinu Mencinu za pomoč pri izvedbi meritev.

Zahvala gre tudi staršema in sestri za podporo v času šolanja, ter prijateljem in sošolcem, brez katerih študij ne bi bil to kar je.

Hvala!

## Kazalo vsebine

Izjave .....	II
Bibliografsko- dokumentacijska stran in izvleček.....	III
Bibliographic- documentalistic information and abstract.....	IV
Zahvala .....	V
Kazalo vsebine.....	VI
Kazalo slik.....	VII
Kazalo preglednic .....	VII
1 UVOD.....	1
1.1 Delovne hipoteze .....	3
1.2 Struktura naloge.....	3
2 TEORETIČNA IZHODIŠČA.....	4
2.1 Instrument JAVAD TRIUMPH-LS.....	4
2.1.1 Tehnične lastnosti instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS .....	4
2.2 RTK-metoda izmere GNSS .....	5
2.2.1 Problematika odboja signala GNSS od objektov.....	6
2.3 Mednarodna služba za standardizacija ISO .....	7
2.3.1 Mednarodni standard ISO 17123- 8 .....	8
2.3.2 Enostavni preizkus instrumenta po standardu ISO 17123-8.....	10
2.3.3 Popolni preizkus instrumenta po standardu ISO 17123-8 .....	12
2.3.4 Statistični testi.....	13
3 TERENSKO DELO.....	16
3.1 Opis delovišč in izvedbe preizkusov instrumentov .....	16
3.2 Delo z oviro – postavitve instrumenta blizu tal, kjer smo namestili folijo.....	18
4 OBDELAVA OPAZOVANJ IN REZULTATI.....	19
4.1 Obdelava podatkov prve in druge izmere .....	19
4.2 Obdelava podatkov tretje izmere .....	21
4.3 Statistični testi vseh treh izmer .....	22
4.4 Obdelava podatkov pri delu z oviro .....	29
5 ZAKLJUČEK.....	31
VIRI.....	33
PRILOGE .....	35



## Kazalo slik

Slika 1: Instrument JAVAD TRIUMPH-LS .....	4
Slika 2: Koncept RTK- GNSS izmere s virtualno postajo VRS .....	6
Slika 3: Razporeditev točk pri preizkusu po standardu ISO .....	9
Slika 4: Prikaz delovišča na avto sejmu v Ljubljani: točki A in B.....	16
Slika 5: Prikaz delovišča na avto sejma na ortofoto podlagi (vir: Geopedia) .....	16
Slika 6: Prikaz delovišča na strehi FGG, steber FGG 1 .....	17
Slika 7: Prikaz delovišča na strehi FGG (vir: Geopedia) .....	17
Slika 8: Prikaz dela s folijo na delovišču izmere: točka B .....	18

## Kazalo preglednic

Preglednica 1: Meritve v eni seriji .....	10
Preglednica 2: Statistične vrednosti za prvo izmero na točki A .....	20
Preglednica 3: Statistične vrednosti za prvo izmero na točki B .....	20
Preglednica 4: Statistične vrednosti za drugo izmero na točki A .....	20
Preglednica 5: Statistične vrednosti za drugo izmero na točki B .....	21
Preglednica 6: Statistične vrednosti za tretjo izmero na točki FGG1 .....	21
Preglednica 7: Statistične vrednosti za tretjo izmero na točki FGG4.....	22
Preglednica 10: Rezultati statističnega testa za horizontalni položaj za prvo in drugo izmero med točkama A in B.....	23
Preglednica 11: Rezultati statističnega testa za horizontalni položaj za prvo in drugo izmero ob upoštevanju oddaljenosti od stalne postaje .....	23
Preglednica 12: Rezultati statističnega testa za horizontalni položaj za tretjo izmero FGG 1 in FGG 4 .....	24
Preglednica 13: Rezultati statističnega testa za horizontalni položaj za tretjo izmero ob upoštevanju oddaljenosti od stalne postaje na točkah FGG 1 in FGG 4 .....	24
Preglednica 14: Rezultati statističnega testa za višino za prvo in drugo izmero med točkama A in B .....	25
Preglednica 15: Rezultati statističnega testa za višino za prvo in drugo izmero med točkama A in B ob upoštevanju oddaljenosti od stalne postaje .....	25
Preglednica 16: Rezultati statističnega testa za višino za tretjo izmero na točkah FGG 1 in FGG 4....	26
Preglednica 17: Rezultati statističnega testa za višino za tretjo izmero na točkah FGG 1 in FGG 4 ob upoštevanju oddaljenosti od stalne postaje .....	26
Preglednica 18: Rezultati statističnega testa (populacija) za horizontalni položaj za prvo in drugo izmero.....	27
Preglednica 20: Rezultati statističnega testa (populacija) za elipsoidno višino za prvo in drugo izmero .....	28
Preglednica 22: Prikaz meritev na točki B z oviro .....	29
Preglednica 23: Prikaz povprečja koordinat za prvo in drugo izmero ter izmero z folijo.....	29

»Ta stran je namenoma prazna.«

## 1 UVOD

Geodezija je znanost, ki se ukvarja z izmero zemljišča, pri čemer je namen izdelava načrtov in kart za različna področja na območju države, kontinenta ali celotne Zemlje. Načrte in karte izdelujemo na podlagi podatkov, ki so pridobljeni z izmero na terenu ob uporabi različnih instrumentov in metod dela (Mihajlović, 1981, cit. po Mencin, A., 2011).

To je le ena izmed definicij geodezije, ki nam prikaže razsežnosti geodezije ter pomembnost končnih produktov geodezije. Pri tem je smiselno vključiti tudi definicijo F. R. Helmerta, ki je že v 19. stoletju geodezijo definiral kot vedo o izmeri in kartiranju zemeljske površine, katera pa, kot vidimo, velja še danes, le da je razširjena tudi na spremljanje časovnih sprememb lastnosti Zemlje, ki tako omogočajo vse višje točnosti pridobitve koordinat v modernih koordinatnih sistemih (Sterle in sod., 2009).

Geodezija ni omejena le na izdelavo načrtov in kart. Z meritvami v okviru geodezije lahko tako:

- določimo prostorske odnose naravnih in umetnih objektov in pojavov v prostoru,
- prikažemo položaj in obliko zemeljske površine in objektov ter pojavov v primerni metrični obliki,
- določimo natančne globalne, regionalne in lokalne 3-dimenzionalne koordinate točk v odvisnosti od časa,
- določimo parametre in orientacijo Zemljinega telesa,
- določimo težnostno polje Zemlje in funkcije tega,
- modeliramo geodinamične pojave ter
- določimo natančne tirnice gibanje umetnih Zemljinih satelitov.

Vse našteve naloge so tekom časa reševali z različnimi geodetskimi merskimi instrumenti. Meritve so opravljali z merskimi trakovi, merskimi mizami in podobnimi pripomočki. Obliko in velikost Zemlje so določili z merjenjem središčnega kota in k njemu propadajočega loka na osnovi opazovanja do nebesnih teles, kjer so dolžino loka merili z lesenimi latami v obeh smereh (Stopar, 2015). Kasneje so se posluževali tudi merjenj s klasičnimi geodetskimi instrumenti, kjer so naloge reševali na principu triangulacije. Pravo revolucijo v izpolnjevanju temeljnih nalog geodezije pa je prinesla uvedba sistema GNSS (angl. Global Navigation Satellite System) oziroma satelitske geodezije.

Satelitska geodezija je povzročila velik preskok v hitrosti in kakovosti reševanja nalog v določanju položaja. Tehnologija se je od sredine devetdesetih let prejšnjega stoletja razvijala zelo hitro in sčasoma postala del geodetske izmere.

Kljub veliko prednostim, kot so dostopnost, hitrost pridobitve rezultatov in enostavnost za uporabo, ima satelitska geodezija tudi nekaj slabosti. Te so povezane s vplivi na opazovanja, ki vodijo do slabše kakovosti določitve položaja. Najbolj pogosti vplivi so (Pavlovčič Prešeren, 2015):

- odboj signala GNSS od objektov v bližini, velikokrat imenovano večpotje,
- spreminjanje položaja faznega centra antene glede na azimut in višinski kot satelita, s katerega sprejemamo signal,
- šum sprejemnika in antene,
- ionosferski in troposferski vplivi in
- nepravilna določitev števila celih valov v začetnem trenutku opazovanj.

V vsakdanji uporabi največjo težavo predstavlja ravno prvi izmed naštetih, to je odboj signala GNSS od objektov v bližini. O problemu govorimo takrat, kadar v instrument pride indirektni signal, ki se je odbil od objekta. Najbolj problematični viri odboja signala so kovinske strehe, ograje ter mokre površine. V primeru pojava odboja signala GNSS se podaljšanje poti razširjanja signala poveča, kar vpliva na netočno določitev položajev točk.

Da lahko dobro rešimo geodetske naloge, moramo razpolagati z instrumentom, ki zagotavlja kakovostno merjenje. Temu so namenjeni preizkusi instrumentov, ki so danes standardizirani, da lahko različni uporabniki pridobijo podatke o kakovosti instrumenta na enak način. Preizkuse instrumentov naredijo sicer že v laboratorijih izdelovalcev instrumentov, kot uporabniki pa nadalje preverjamo, ali s terenskimi meritvami z izbranim instrumentom lahko dosežemo kakovost meritev, ki jih je predhodno določil proizvajalec.

Preizkus po standardu ISO 17123-8 poteka na osnovi pridobitve vzorca koordinat dveh točk, ki jih pridobimo v več serijah. Standard ISO 17123-8 opisuje preizkus delovanja instrumentov za izvedbo izmere RTK (angl. Real Time Kinematic). V različnih nizih pridobljene vzorce koordinat in iz teh izračunane dolžine in višinske razlike primerjamo z referenčnimi vrednostmi, ki jih dobimo z bolj kakovostnimi meritvami, npr. iz statične izmere GNSS oziroma iz klasične izmere določitve horizontalnih dolžin in višinskih razlik.

V diplomski nalogi smo naredili preizkus instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS in utemeljili smiselnost preizkusa za kakovostno nadaljnjo izmero GNSS.

## **1.1 Delovne hipoteze**

Pri nalogi smo si postavili hipoteze, da:

- instrument JAVAD TRIUMPH-LS deluje v skladu z navedenimi lastnostmi, ki jih podaja proizvajalec,
- je preizkus instrumenta ob uporabi prisilnega centriranja boljše kakovosti kot postavitve instrumenta na stativ ter
- da v primeru postavitve instrumenta na stativ višina instrumenta vpliva na kakovost določitve koordinat točk, če le-te določamo z metodami izmere GNSS.

## **1.2 Struktura naloge**

Diplomska naloga je sestavljena iz uvoda in nadaljnjih štirih poglavij. V drugem poglavju opisujemo teoretična izhodišča, kje podrobneje predstavljamo preizkušani instrument JAVAD TRIUMPH-LS, in določitev koordinat točk z RTK-metodo izmere GNSS. V to poglavje smo vključili še opis standarda ISO 17123-8, ki smo ga uporabili za preizkus, ter se nekoliko posvetili opisu problematike odboja signala od objekta. V tretjem poglavju opisujemo terensko delo na dveh deloviščih ter izvedbo izmere RTK tudi s pripomočkom, s katerim naj bi ustvarili odboj signala. V četrtem poglavju opisujemo obdelavo opazovanj GNSS in predstavimo rezultate izmere RTK s pripadajočimi ugotovitvami in komentarji. V petem, zadnjem poglavju, predstavljamo sprejete in ovržene hipoteze, vzroke za to in ideje za nadaljnje delo.

## 2 TEORETIČNA IZHODIŠČA

### 2.1 Instrument JAVAD TRIUMPH-LS

Preizkus po standardu ISO 17123-8 smo opravili z novo predstavljenim instrumentom na slovenskem tržišču, to je z instrumentom JAVAD TRIUMPH-LS. Instrument je zanimiv že v konstrukciji, saj ima anteno GNSS vgrajeno v ohišje naprave. Glede na to, da smo do sedaj imeli na voljo instrumente GNSS z zunanjimi antenami, smo si postavili vprašanje o kakovosti določitve koordinat z notranjo anteno. Zanimala nas je kakovost določitve koordinat točk z uporabo notranje antene instrumenta tudi v primeru, ko lahko pride do odboja signala GNSS.



Slika 1: Instrument JAVAD TRIUMPH-LS

#### 2.1.1 Tehnične lastnosti instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS

Instrument Javad Triumph-LS so skonstruirali tako, da je priročen za uporabo na terenu. Ravno zaradi tega združuje ogromno funkcij v eni napravi. Tako je v sprejemnik GNSS vključeno (Oset in Žula, 2015):

- 864 kanalov za sprejem signalov satelitov GNSS,
- enotni sprejemnik, kateri vsebuje 6 vzporednih RTK-motorjev (angl. RTK engine),
- notranji radio modem (UHF),
- dve reži za kartice GSM SIM (možnost preklapljanja med dvema nosilnima valovanjema),
- notranji analizator spektrov (identificira prisotnost motenj signalov GNSS),
- notranji UHF skener,
- dve kameri (ena kaže na nadir in druga naprej),
- notranji kompenzator,

- notranji kompas,
- WiFi, brezžična povezava *bluetooth*,
- dva vhoda USB,
- reža za microSD kartico,
- LED svetilka,
- 16 GB notranjega spomina,
- 4,3 palčni zaslon na dotik, ki ga varuje steklo *Dragontrail* ter
- operacijski sistem Windows Compact 7.

864 kanalov GNSS omogoča sprejemniku sprejemati vsak signal posamezno in sicer (Oset in Žula, 2015):

- GPS C/A, P1, P2, L2C (L+M), L5 (I+Q),
- Galileo E1 (B+C), E5A (I+Q), E5B (I+Q), AltBoc,
- GLONASS C/A, L2C, P1, P2, L3 (I+Q),
- QZSS C/A, L1C(I+Q), L2C (L+M), L5 (I+Q), SAIF,
- Beidou B1, B2,
- SBAS L1, L5.

100 kanalov je rezerviranih za telekomunikacijske signale (mobilne, FM, AM, Tv, vojaške...)

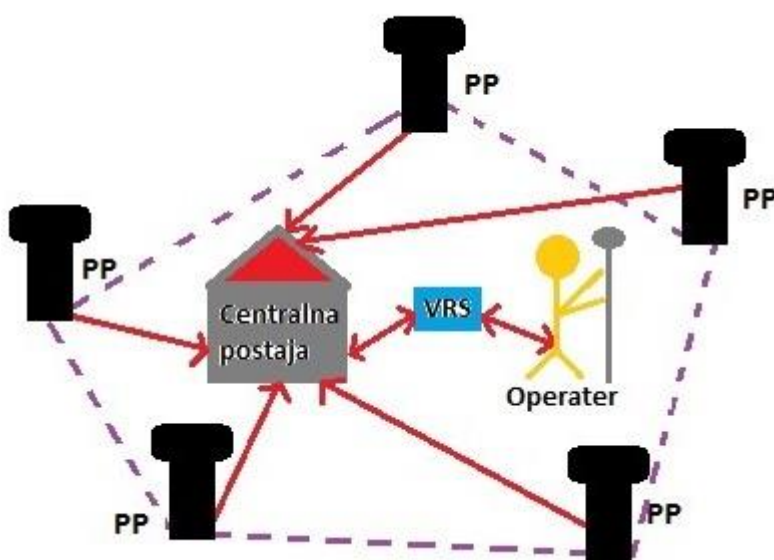
Vse funkcije so vključene v eno napravo in skupaj z enostavnim vmesnikom uporabniku sprejemnika GNSS omogočajo enostavno upravljanje na terenu ter hiter naknaden prenos podatkov za kasnejšo obdelavo.

## 2.2 RTK-metoda izmere GNSS

Preizkus instrumenta po standardu ISO 17123-8 je vezan na določitev koordinat točk z metodo RTK. Metodo uvrščamo med kinematične metode izmere GNSS. Za izvedbo izmere potrebujemo komunikacijsko povezavo med referenčnim in premičnim sprejemnikom GNSS in ustrezno programsko opremo za obdelavo kodnih in faznih opazovanj GNSS od referenčnega in premičnega sprejemnika v času trajanja izmere. Metodo uporabljamo za najrazličnejše geodetske naloge vse od detajlne izmere pa do nalog inženirske geodezije. Največja prednost metode je, da tekom izmere pridobimo informacije o kakovosti obdelanih meritev v obliki uspešnega izračuna fazne nedoločenosti (tako imenovana rešitev *Fixed*) in kakovosti razporeditve satelitov na obzorju v obliki pripadajočih faktorjih PDOP (Stopar in Kogoj, 2005).

Bazno stojišče zagotovimo sami tako, da referenčni instrument postavimo na točko s kakovostno določenim položajem v izbrani realizaciji koordinatnega sistema ETRS89 (angl. European Terrestrial Reference System 1989). Vlogo bazne postaje lahko privzameta tudi permanentna ali stalna postaja

GNSS, ki ni nujno, da je del omrežja stalnih postaj GNSS. Za bazno postajo lahko izberemo tudi stalno postaja omrežja stalnih postaj GNSS. Pri omrežjih poznamo še možnost, da nam omrežje za bazno postajo določi virtualno referenčno postajo VRS (angl. Virtual Reference Station), čeprav dejansko v naravi ne obstaja. Na sliki 2 predstavljamo način izvedbe izmere v omrežju stalnih postaj GNSS.



Slika 2: Koncept RTK- GNSS izmere s virtualno postajo VRS

Preden smo se lotili preizkusa po standardu, smo se morali odločiti o načinu izvedbe izmere RTK glede postavitve baznega stojišča. V standardu ISO 17123-8 ne opredelijo, kateri način izvedbe baznega stojišča naj bi privzeli (Pavlovčič Prešeren in sod., 2010). V dani praktični nalogi smo pri preizkusu instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS za referenčno postajo izbrali virtualno postajo VRS, določeno v slovenskem državnem omrežju stalnih postaj SIGNAL.

### 2.2.1 Problematika odboja signala GNSS od objektov

Metoda RTK temelji na obdelavi le enega baznega vektorja med baznim stojiščem in referenčno postajo. To pomeni, da je položaj določen brez izravnave mreže GNSS, kot je to lahko primer obdelave statičnih opazovanj GNSS. Dodatna razlika je v dolžini trajanja opazovanj GNSS. Opazovanja GNSS so v kratkem času obremenjena s težko določljivimi vplivi, predvsem zaradi odboja signala od objektov v bližnji okolici. V primeru odboja signala od objekta se pot razširjanja signala GNSS podaljša. Ker z odbojem obremenjena opazovanja uporabimo v obdelavi za določitev komponent baznega vektorja in nato končnih koordinat točk, so s pogreškom obremenjene tudi koordinate točk. Odboj signala je tako odvisen predvsem od geometrijske situacije med sprejemnikom, motečim objektom in satelitom. Pojav odboja signala od objektov je funkcija:



- višinskega kota ter azimuta satelita GNSS, kar je vezano na čas izmere,
- lastnosti antene sprejemnika GNSS,
- lokacije opazovanja,
- metode izmere, kar je vezano na časovni interval trajanja opazovanj in
- načina obdelave opazovanj GNSS.

Pri opazovanjih z instrumenti GNSS nas zanima, kako bi čim bolj zmanjšali vpliv odboja signala, saj se le-ta v primeru RTK-GNSS metode izmere, katero smo uporabili na preizkusu, direktno prenese v končne koordinate točk.

Odboj signala od objektov v bližini lahko zmanjšamo:

- s prilagoditvijo lokacije za opazovanje, v kolikor je to le mogoče,
- z ustrezno metodo izmere, kar je vezano na nadštevilne meritve,
- izbiro ustrezne antene GNSS, pri čemer so najboljše antene opremljene s koncentričnimi kovinskimi obroči,
- daljšim časovnim intervalom opazovanj,
- neodvisno določitvijo položajev istih točk,
- z zaščito okolice.

### **2.3 Mednarodna služba za standardizacija ISO**

Preizkus instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS smo opravili po priporočilih mednarodnega standarda ISO 17123-8. Organizacija ISO je največja mednarodna, neodvisna in nevladna organizacija, ki razvija in izdaja prostovoljne mednarodne standarde na različnih področjih. Vsi mednarodni standardi ISO temeljijo na skupni terminologiji in skladnosti poslovanja na različnih področjih, kot so kakovost, zdravje, varnost in skrb za okolje. Organizacija je bila ustanovljena leta 1947, v njo je združenih 165 držav (ISO, 2016a).

Mednarodni standardi so prisotni na različnih področjih. Za vsako področje sestavijo tehnične odbore, katerim cilj je sestaviti mednarodni standard za določeno področje. Ko je standard pripravljen, ga predajo v presojo, kjer ga mora potrditi 75 % članic mednarodnega združenja. Sprejeti standardi so nato predani v uporabo, vendar uporaba ni obvezujoča.

V geodeziji poznamo več standardov za preizkus različnih instrumentov in služijo, da so vsi preizkušani instrumenti primerni za uporabo.

### 2.3.1 Mednarodni standard ISO 17123- 8

Povprečni uporabnik opreme GNSS po navadi ne pozna podrobnega delovanja posameznih komponent – strojne in programske opreme naprave, zato v geodetski praksi tako preostane samo še možnost empirične ocene s preizkušanjem delovanja instrumenta pri različnih pogojih (Pavlovčič Prešeren in sod., 2010).

Mednarodna zveza geodetov FIG (fr. Fédération Internationale des Géomètre) za preverjanje in preizkušanje geodetske opreme predvideva model, ki je predstavljen s 4. fazami (Heister, 2008):

- prva faza vključuje preprost preizkus delovanja instrumenta samo v smislu pregleda, ali z instrumentom lahko izvajamo meritve,
- druga faza vključuje preverbo delovanja v smislu vrednotenja značilnih odklonov posameznih rezultatov meritev v določenih enakomernih intervalih ali po dogodkovni odvisnosti,
- tretja faza vključuje kalibracijo, kjer fizična opazovanja primerjamo z vnaprej znanimi referenčnimi vrednostmi in
- četrta faza se navezuje na test lastnosti instrumentov, kjer določimo tehnične značilnosti instrumentov z namenom pridobitve certifikata.

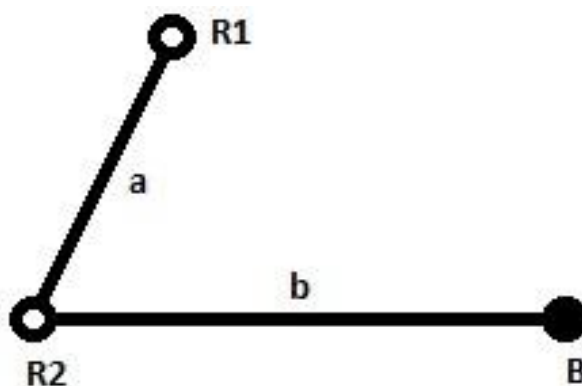
Osmi del standarda ISO 17123, imenovanega Optika in optični instrumenti – terenski postopki za testiranje geodetskih in merskih naprav, se navezuje na preizkus instrumentov GNSS. Standard je izdelala posebna skupina iz tehničnega odbora ISO/TC 172, Optika in fotonika, SC6, ki je zadolžena za geodezijo in merske instrumente. Celoten standard se tako deli v (ISO, 2016b):

- ISO 17123-1, Optika in optični instrumenti – terenski postopki za testiranje geodetskih in merskih naprav: teorija,
- ISO 17123-2, Optika in optični instrumenti – terenski postopki za testiranje geodetskih in merskih naprav: nivelirji,
- ISO 17123-3, Optika in optični instrumenti – terenski postopki za testiranje geodetskih in merskih naprav: teodoliti,
- ISO 17123-4, Optika in optični instrumenti – terenski postopki za testiranje geodetskih in merskih naprav: elektrooptični razdaljemerji,
- ISO 17123-5, Optika in optični instrumenti – terenski postopki za testiranje geodetskih in merskih naprav: elektronski tahimetri,
- ISO 17123-6, Optika in optični instrumenti – terenski postopki za testiranje geodetskih in merskih naprav: laserski nivelirji,
- ISO 17123-7, Optika in optični instrumenti – terenski postopki za testiranje geodetskih in merskih naprav: grezila,

- ISO 17123-8, Optika in optični instrumenti – terenski postopki za testiranje geodetskih in merskih naprav: GNSS terenski merski sistemi v realnem času (RTK).

V osmem delu standarda ISO 17123 je podrobno opisan preizkus v okviru dveh faz preizkusa po definiciji mednarodne zveze geodetov FIG. Prva faza vključuje enostaven preizkus delovanja in druga faza razširjeni preizkus delovanja. Gre za predstavitev terenskega preizkusa delovanja RTK-GNSS instrumentov za posamezna delovišča brez dodatne opreme, saj je glavna naloga preveriti ustreznost rezultatov izmere glede na navedbe proizvajalca. Preizkus torej ni vezan na kalibracijo instrumenta GNSS (Pavlovčič Prešeren in sod., 2010).

V standardu navajajo dve fazi izvedbe preizkusa za ugotavljanje, ali instrumentarij GNSS omogoča doseganje kakovosti, ki jo navaja proizvajalec. Prvi fazo imenujemo enostavni preizkus in drugo popolni preizkus. Za oba načina je predpisana enaka razporeditev testnih točk, na katerih izvajamo opazovanja. Kot je prikazano na sliki 3, oznaka B predstavlja bazno postajo, ki jo lahko zagotovimo bodisi sami bodisi nam jo nadomeščata permanentna postaja ali virtualna referenčna postaja VRS, kot je bilo to v našem primeru. Z oznako R sta predstavljeni testni točki, na katerih izvajamo preizkus instrumenta GNSS. Točki naj bi bili med seboj oddaljeni od 2 pa do največ 20 metrov. V standardu ne navajajo oddaljenosti med testnimi točkami in referenčnim baznim stojiščem B.



Slika 3: Razporeditev točk pri preizkusu po standardu ISO

Pri določitvi horizontalne razdalje  $D$  ter višinske razlike  $\Delta h$  med točkama  $R_1$  in  $R_2$  naj bi uporabili metode izmere, katere omogočajo določitev natančnosti pri opazovanju dolžin in višinskih razlik vsaj 3 milimetre (ISO 17123-8, 2007). Na tak način pridobljene referenčne vrednosti dolžine  $D^*$  in višinske razlike  $\Delta h^*$  med točkama, v nadaljevanju preizkusa predstavljata referenčni vrednosti, katere uporabimo za primerjavo z vrednostmi dolžin in višinskih razlik, ki jih dobimo posredno z izračuni iz koordinat (v koordinatnem sistemu D96/TM so to:  $e$ ,  $n$  in  $h$ ), ki jih določimo z RTK-meritvami. Referenčni vrednosti se dejansko uporabljata le za hitro odkrivanje grobo pogrešenih meritev v poenostavljenem preizkusu.

Serijo RTK-meritev sestavlja pet zaporednih meritev na točkah  $R_1$  in  $R_2$ , kot je označeno na sliki 3. Časovni interval med zaporednima nizoma meritev naj bi znašal 5 minut, tako da izvedba ene serije zahteva približno 20 minut dela. Časovni interval je določen sorazmerno s časom trajanja odboja GNSS-signalov od bližnjih objektov (ISO 17123-8, 2007).

Ob zaporedno izvedenih serijah meritev vsako naslednjo opravimo najmanj 90 minut po začetku prejšnje. To izhaja iz dejstva, da se v daljšem časovnem obdobju spreminja geometrija satelitov, lahko se spremenijo tudi vplivi atmosfere na opazovanja GNSS, kar vpliva na končne vrednosti koordinat (ISO17123-8, 2007). Pri tem pridobimo standardne odklone posameznih koordinat, izračunanih iz vseh meritev, ki predstavljajo oceno kakovosti določitve koordinat točk z izbranim instrumentom GNSS.

### 2.3.2 Enostavni preizkus instrumenta po standardu ISO 17123-8

Pri enostavnem preizkusu serijo sestavlja pet nizov meritev na točkah  $R_1$  in  $R_2$ . Meritve opravimo v razmiku 5 minut. Pri tem je vsaka določitev koordinate na teh dveh točkah pridobljena s povprečjem meritev v izbranem številu trenutku. V standardu namreč ni podrobno opredeljeno, koliko meritev je smiselno narediti za optimalno določitev položaja. V preglednici 1 podajamo način izvedbe meritev in časovni interval izvedbe meritev. Vidimo, da enostavni preizkus instrumenta GNSS traja okoli 20 minut.

Preglednica 1: Meritve v eni seriji

Številka meritve	Serija	Niz	Točka meritve	Čas (min)
1	1	1	$R_1$	0
2	1	1	$R_2$	0
3	1	2	$R_1$	5
4	1	2	$R_2$	5
5	1	3	$R_1$	10
6	1	3	$R_2$	10
7	1	4	$R_1$	15
8	1	4	$R_2$	15
9	1	5	$R_1$	20
10	1	5	$R_2$	20

Po opravljenem enostavnem preizkusu navadno naredimo predhodno kontrolo koordinat. Pri tem posamezna dolžine in višinske razlike, ki jih dobimo s povprečjem dobljenih koordinat, primerjamo z referenčnimi vrednostmi za dolžine  $D^*$  in višinske razlike  $\Delta h^*$  in ugotavljamo morebitno prisotnost

grobih pogreškov v koordinatah. Le-ti bi lahko nastali kot posledica vplivov na opazovanja oziroma zaradi nepravilno izmerjene/vnesene višine antene v instrument. Tako za vsak niz  $j$  ( $=1, \dots, 5$ ) posamezne serije  $i$  ( $=1$ ) izračunamo horizontalno dolžino  $D$  ter višinsko razliko  $\Delta h$  med izbranimi točkama  $R_1$  in  $R_2$  po enačbah (Pavlovčič Prešeren in sod., 2010).

$$\begin{aligned} D_{i,j} &= \sqrt{(e_{i,j,2} - e_{i,j,1})^2 + (n_{i,j,2} - n_{i,j,1})^2} \\ \Delta h_{i,j} &= h_{i,j,1} - h_{i,j,2} && i = 1 \\ \varepsilon_{D_{i,j}} &= D_{i,j} - D^* && j = 1, \dots, 5 \\ \varepsilon_{\Delta h_{i,j}} &= \Delta h_{i,j} - \Delta h^*, \end{aligned} \tag{1}$$

pri čemer so:

- $e_{i,j,k}, n_{i,j,k}$ , koordinati v slovenski realizaciji koordinatnega sistema ETRS89, imenovani D96/TM; gre za  $i$ -to serijo in  $j$ -ti niz, na izbrani točki  $k$  (v našem primeru  $R_1$  in  $R_2$ ),
- $h_{i,j,k}$ , elipsoidna višina za serijo  $i$  in niz, na izbrani točki  $k$ ,
- $D_{i,j}, \Delta h_{i,j}$ , izračunana horizontalna dolžina in višinska razlika med izbranimi točkama v  $i$ -to serijo in  $j$ -ti niz,
- $D^*, \Delta h^*$ , referenčni vrednosti, horizontalna dolžina in višinska razlika med izbranimi točkama,
- $\varepsilon_{D_{i,j}}, \varepsilon_{\Delta h_{i,j}}$ , razlika med izračunanimi in referenčnimi vrednostmi pri dolžini in višinski razliki.

V kolikor pri primerjavi odstopanji ne zadostita predhodno postavljenim kriterijem iz enačbe (2), sklepamo, da so pri meritvah prisotni grobi pogreški. V takih primerih je potrebno meritve opraviti na novo.

Kriteriji se zapišejo kot (ISO 17123-8, 2007):

$$\begin{aligned} |\varepsilon_{D_{i,j}}| &\leq 2,5 \cdot \sqrt{2} \cdot \sigma_{e,n}. \\ |\varepsilon_{\Delta h_{i,j}}| &\leq 2,5 \cdot \sqrt{2} \cdot \sigma_{\Delta h}. \end{aligned} \tag{2}$$

kjer  $\sigma_{e,n}, \sigma_{\Delta h}$  predstavljata standardna odklona, ki ju moramo predhodno poznati. Navadno vrednosti poda proizvajalec oziroma jih pridobimo iz predhodno opravljenega preizkusa. Enostavni preizkus instrumenta RTK po standardu ISO 17123-8 pridobimo iz meritev ene serije, kjer na hitro ocenjujemo zanesljivost delovanja instrumenta GNSS.

### 2.3.3 Popolni preizkus instrumenta po standardu ISO 17123-8

Popolni preizkus je bolj temeljita izvedba preizkusa delovanja instrumenta, zato je potrebno opraviti tri zaporedne serije meritev, pri čemer mora med posameznimi serijami preteči najmanj 90 minut. To izhaja iz zahteve o spremenjeni geometrijski razporeditvi satelitov GNSS na obzorju. Potek meritev v seriji je enak enostavnemu preizkusu (preglednica 1), le da se tukaj opravi še dve dodatni seriji.

V popolnem preizkusu določimo standardni odklon posameznega horizontalnega položaja in višine za izbrani točki. Preizkus bi lahko razdelili na 3. korake in sicer ISO 17123-8, 2007):

- v prvem koraku vsako izračunano dolžino in višinsko razliko primerjamo z referenčno, podobno kot pri enostavnem preizkusu in ugotovljamo prisotnost grobih pogreškov,
- v drugem koraku pridobimo srednjo vrednost koordinat izbranih točk iz treh serij; to pomeni, da pridobimo 15 vrednosti. Sledi izračun:

1. aritmetične sredine ali vzorčnega povprečja za posamezno koordinato  $e$ ,  $n$ ,  $h$ :

$$\bar{e}_k = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 e_{i,j,k}, \quad \bar{n}_k = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 n_{i,j,k}, \quad \bar{h}_k = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 h_{i,j,k} \quad k=1, 2 \quad (3)$$

2. odstopanj od srednje vrednosti koordinat:

$$r_{e_{i,j,k}} = \bar{e}_k - e_{i,j,k}, \quad r_{n_{i,j,k}} = \bar{n}_k - n_{i,j,k}, \quad r_{h_{i,j,k}} = \bar{h}_k - h_{i,j,k} \quad (4)$$

$$i = 1, 2, 3$$

$$j = 1, \dots, 5$$

$$k = 1, 2$$

3. števila prostostnih stopenj:

$$v_e = v_n = v_h = (m \cdot n - 1) \cdot p = (3 \cdot 5 - 1) \cdot 2 = 28,$$

kjer so:

- $m$ , število opravljenih serij (3),
- $n$ , število nizov v seriji (5),
- $p$ , število izbranih točk (2).

- v tretjem koraku sledi določitev varianc vzorca  $s^2$  ali standardnih odklonov  $s$  za posamezno koordinato prostorskega položaja:

$$s_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m \cdot n \cdot p} r_e^2}{v_e}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{30} r_e^2}{28}} \quad s_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{30} r_n^2}{28}} \quad s_h = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{30} r_h^2}{28}} \quad (5)$$

Standard ISO 17123-8 v nadaljevanju ločeno obravnava kakovost delovanja instrumenta v horizontalnem in višinskem smislu:

$$s_{\text{ISO-GNSS-RTK-}e,n} = \sqrt{s_e^2 + s_n^2}$$
$$s_{\text{ISO-GNSS-RTK-}h} = s_h \quad (6)$$

Če izvajamo popolni preizkus, lahko rečemo, da vpliva atmosfere v meritvah skorajda ni zaznati. Predvsem se to navezuje na dejstvo, da obdelujemo opazovanja kratkega baznega vektorja, kjer se s faznimi razlikami in večfrekvenčnimi opazovanji vpliv odstrani. Daljša časovna izvedba preizkusa je namenjena predvsem zmanjšanju vplivov trenutne geometrijske porazdelitve satelitov na obzorju in s tem povezanim zmanjšanim vplivom odbojev signalov od objektov. S popolnim preizkusom določimo značilna odstopanja v obliki standardnih odklonov v določenih časovnih intervalih (Pavlovčič Prešeren in sod., 2010).

#### 2.3.4 Statistični testi

Statistika je veda o obravnavanju množice podatkov. S statistiko obravnavane podatke zberemo jih razvrstimo, uredimo ter na osnovi določenih pravil sprejmemo razne zaključke. Dejanska matematična osnova statistike je verjetnostni račun (Turk, 2012).

S statističnimi testi testiramo standardne odklone, katere izračunamo po predhodnih navodilih izbranega standarda. Statistične teste pri standardu ISO 17123-8 naredimo posebej za horizontalni položaj ter višino (v primeru GNSS-določanja položaja gre za elipsoidno višino) in to takrat, ko imamo na voljo opazovanja za popolni preizkus.

Za oceno kakovosti delovanja opreme pod danimi pogoji za kratkočasne in dolgočasne vplive uporabimo statistični test  $\chi^2$ . Za merjenje natančnosti instrumentarija pod različnimi pogoji ob različnih časovnih obdobjih (pri različnem ali enakem instrumentariju) uporabimo *Fischerjev* statistični test, ki ga prav tako uporabimo ob primerjavi natančnosti koordinat, ki jih določimo z uporabo različnih instrumentov ali ob različnih pogojih izvedbe izmere (Heister, 2008).

S statističnimi testi želimo odgovoriti na štiri vprašanja (Heister, 2008; Pavlovčič Prešeren in sod., 2010):

- ali je standardni odklon za horizontalni položaj  $\sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-e,n}}$ , enak vrednosti, ki jo je predhodno določil proizvajalec instrumenta oziroma enak vrednosti, ki smo jo določili s predhodno opravljenim testom? Izhajamo iz ničelne in alternativne domneve:

$$H_0: \sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-e,n}} \leq \sigma_{e,n}, \quad H_1: \sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-e,n}} > \sigma_{e,n}. \quad (7)$$

Če je pogoj izpolnjen, ničelne domneve  $H_0$  ne moremo zavrniti s tveganjem  $\alpha$ . Če pogoj ni izpolnjen, domnevo lahko zavrnemo in sprejmemo alternativno domnevo  $H_1$ , s tveganjem  $\alpha$ . Pogoj preoblikujemo v:

$$s_{\text{ISO-GNSS-RTK-e,n}} \leq \sigma_{e,n} \cdot \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha; (v_e+v_n)}^2}{v_e+v_n}} \quad (8)$$

Faktor izračunamo  $\sqrt{\frac{\chi_{0,95;56}^2}{56}} = 1,15$  iz prostostnih stopenj (56) in stopnje tveganja  $\alpha = 5\%$ .

Pogoj iz enačbe 8 preoblikujemo v:

$$s_{\text{ISO-GNSS-RTK-e,n}} \leq \sigma_{e,n} \cdot 1,15. \quad (9)$$

- ali je iz meritev izračunanih standardni odklon za elipsoidno višino  $\sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-h}}$  katerega enak vrednosti, katero navaja proizvajalec. To zapišemo kot:

$$H_0: \sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-h}} \leq \sigma_h, \quad H_1: \sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-h}} > \sigma_h. \quad (10)$$

Če je pogoj izpolnjen, ne moremo zavrniti ničelne domneve  $H_0$  s tveganjem  $\alpha$ , v nasprotnem primeru  $H_0$  zavrnemo in s tveganjem  $\alpha$  sprejmemo domnevo  $H_1$ . Pogoj zapišemo kot:

$$s_{\text{ISO-GNSS-RTK-h}} \leq \sigma_h \cdot \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha; v_h}^2}{v_h}} \quad (11)$$

in izračunamo faktor  $\sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha; v_h}^2}{v_h}}$  pri danih prostostnih stopnjah (28) in stopnji značilnosti, da se končni pogoj glasi:

$$s_{\text{ISO-GNSS-RTK-h}} \leq \sigma_h \cdot 1,22. \quad (12)$$

- tretje vprašanje razrešuje ali standardna odklona za horizontalni položaj  $\sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-e,n}}$  ter  $\tilde{\sigma}_{\text{ISO-GNSS-RTK-e,n}}$ , ki sta bila določena pri dveh različnih popolnih preizkusih spadata v isto populacijo. To naj velja le ob predpostavki, da imata oba vzorca, katera uporabimo za



določitev standardnih odklonov enako število prostostnih stopenj. Ničelna in alternativna domneva sta s pomočjo standardnih odklonov zapisani kot:

$$H_0: \sigma_{e,n} = \tilde{\sigma}_{e,n}, \quad H_1: \sigma_{e,n} \neq \tilde{\sigma}_{e,n}. \quad (13)$$

Če je pogoj izpolnjen ničelne domneve  $H_0$  ne moremo zavrniti s tveganjem  $\alpha$ . Če je pogoj iz enačbe (14) izpolnjen, ničelno domnevo  $H_0$  zavrnemo ter sprejmemo alternativno domnevo  $H_1$  s tveganjem  $\alpha$ .

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2; (v_e+v_n); (\tilde{v}_e+\tilde{v}_n)}} \leq \frac{s_{\text{ISO-GNSS-RTK-}e,n}^2}{\tilde{s}_{\text{ISO-GNSS-RTK-}e,n}^2} \leq F_{1-\alpha/2; (\tilde{v}_e+\tilde{v}_n); (v_e+v_n)}. \quad (14)$$

V kolikor imamo dva popolna preizkusa, imamo število prostostnih stopenj 56 ( $v_e + v_n = \tilde{v}_e + \tilde{v}_n$ ), kritična vrednost testne statistike ob tveganju  $\alpha = 5 \%$  pa znaša  $F_{0,975;56;56} = 1,70$ . Enačbo preoblikujemo tako, da podamo numerični vrednosti mej intervala zaupanja:

$$0,59 \leq \frac{s_{\text{ISO-GNSS-RTK-}e,n}^2}{\tilde{s}_{\text{ISO-GNSS-RTK-}e,n}^2} \leq 1,70. \quad (15)$$

- zadnje vprašanje se nanaša na standardni odklon dveh vzorcev  $\sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-}h}$  in pa  $\tilde{\sigma}_{\text{ISO-GNSS-RTK-}h}$ , ki se navezujeta na isto elipsoidno višino, ter sta prav tako določena v dveh popolnih preizkusih. Vprašanje je, ali spadata v isto populacijo. Podani imamo tako zopet dve domnevi:

$$H_0: \sigma_h = \tilde{\sigma}_h, \quad H_1: \sigma_h \neq \tilde{\sigma}_h. \quad (16)$$

Tudi pri zadnjem vprašanju imamo določen pogoj zapisan v obliki intervala zaupanja. Če je le-ta izpolnjen, ničelne domneve  $H_0$  ne moremo zavrniti s tveganjem  $\alpha$ . Drugače ničelno domnevo zavrnemo ter sprejmemo alternativno domnevo  $H_1$  s tveganjem  $\alpha$ .

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2; v_h; \tilde{v}_h}} \leq \frac{s_{\text{ISO-GNSS-RTK-}h}^2}{\tilde{s}_{\text{ISO-GNSS-RTK-}h}^2} \leq F_{1-\alpha/2; \tilde{v}_h; v_h}. \quad (17)$$

Ob upoštevanju tveganja  $\alpha = 5 \%$  in števila prostostnih stopenj 28 ( $v_h = \tilde{v}_h$ ) lahko izračunamo meji intervala zaupanja:

$$0,47 \leq \frac{s_{\text{ISO-GNSS-RTK-}h}^2}{\tilde{s}_{\text{ISO-GNSS-RTK-}h}^2} \leq 2,13 \quad (18)$$

### 3 TERENSKO DELO

#### 3.1 Opis delovišč in izvedbe preizkusov instrumentov

Prvo in drugo izmero smo opravili na območju ljubljanskega avto sejma. Delovišče je primerno za izvedbo opazovanj GNSS, saj v bližini ni motečih ovir za sprejem signalov GNSS. Prvo izmero smo naredili pozimi, v decembru 2015, drugo pa v aprilu 2016. Ugotoviti smo želeli, ali so morda rezultati preizkusa odvisni tudi od letnega časa in vremenskih pogojev izvedbe meritev. Na sliki 4 prikazujemo delovišče izmere, ki je potekala na avto sejmu. Točki, kamor smo postavili instrument, smo poimenovali točka A in točka B. Velja poudariti, da smo v danem primeru instrument postavljali na predhodno centriran in horizontiran instrument. Za horizoniranje smo uporabili dozne in cevne libele, v instrumentu smo izključili možnost popravka koordinat za odčitke na inklinometru, ki je vgrajen v instrument.



Slika 4: Prikaz delovišča na avto sejmu v Ljubljani: točki A in B

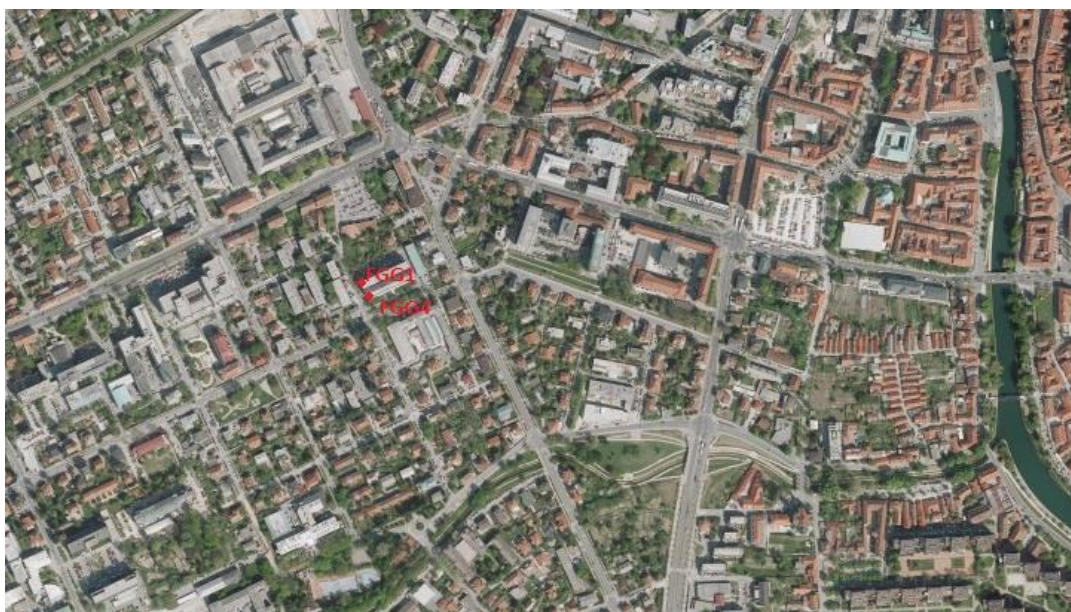


Slika 5: Prikaz delovišča na avto sejma na ortofoto podlagi (vir: Geopedia)

Naknadno smo v avgustu 2016 izmero opravili še na strehi naše Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (slika 7). Tu smo instrument postavljali na stebra FGG 1 ter FGG 4, ki sta oddaljena nekoliko več (dobrih 22 metrov), kot predpisuje standard. Standard ISO 17123-8 predpisuje oddaljenost od 2 do 20 metrov. Na sliki 6 prikazujemo način postavitve instrumenta na steber.



Slika 6: Prikaz delovišča na strehi FGG, steber FGG 1



Slika 7: Prikaz delovišča na strehi FGG (vir: Geodpedia)

### 3.2 Delo z oviro – postavitve instrumenta blizu tal, kjer smo namestili folijo

Ob potrebnih popolnih preizkusih, ki smo jih opravili za namen ugotavljanja kakovosti delovanja instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS, smo nato opravili še nekaj dodatnih meritev z oviro. To oviro sta predstavljala dva kosa folije, katera naj bi bila možen vzrok za odbiti signal GNSS. S tem smo želeli preveriti, kako takšna kosa folije vplivata na meritve, v kolikor na točki merimo 10 ali pa 30 sekund. Da je bil instrument postavljen čim bližje tlom, smo ga postavili na mini stativ.

V danem poizkusu, ki ni več del standarda ISO 17123-8, smo preverjali kakovost določitve koordinat zaradi nižje postavljenega instrumenta in dodatno zaradi možnosti, da se je od folije signal odbil (slika 6). Delo je potekalo na istem delovišču kot preizkus po standardu ISO (ljubljanski avto sejem), le da smo meritve izvajali zgolj na točki B.



Slika 8: Prikaz dela s folijo na delovišču izmere: točka B

## 4 OBDELAVA OPAZOVANJ IN REZULTATI

Podatke smo obdelali ter naredili statistične teste za prvo in drugo izmero skupaj, za tretjo izmero pa ločeno. Rezultate izmere s folijo bomo v nadaljevanju predstavili posebej. Za obe izmeri na avto sejmu smo statistične teste opravili za vsako posamezno točko ter tako naredili primerjavo.

Pri tem je potrebno še podati podatke o zagotavljeni natančnosti, na katere smo se pri statističnih testih uprli in so podani v priročniku za uporabo instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS.

Podatki o zagotavljeni natančnosti od proizvajalca instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS (Javad, 2016):

$$\sigma_{Hz-Javad} = \sigma_{e,n} = 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm} \cdot b \quad (19)$$

$$\sigma_{\Delta h-Javad} = 15 \text{ mm} + 1 \text{ ppm} \cdot b \quad (20)$$

$Z$   $b$  je označena oddaljenost od bazne postaje GNSS. Če tudi smo v našem primeru preizkus opravljali z virtualno referenčno postajo, se ta veže na oddaljenost od najbližje stalne postaje, v našem primeru je to 5 km. Izraza 19 in 20 zapišemo tako:

$$\sigma_{Hz-Javad} = \sigma_{e,n} = 15 \text{ mm}, \sigma_{\Delta h-Javad} = 20 \text{ mm}.$$

### 4.1 Obdelava podatkov prve in druge izmere

Tako prva kot druga izmera sta potekali na avto sejmu. Rezultati celotnega preizkusa v obrazcu za prvo izmero so na voljo pod prilogo A in za drugo izmero pod prilogo B.

Pridobljene rezultate smo najprej preverili s kriterijem (2), s katerim preverjamo prisotnost grobih pogreškov. Glede na kriterij ( $\varepsilon_{A,B} = \pm 35 \text{ mm}$  in  $\varepsilon_{\Delta h_{A,B}} = \pm 53 \text{ mm}$ ) ugotovimo, da same meritve tako na točki A kot na točki B, v obeh serijah niso pogrešene s grobimi pogreški. Celotna izpisa rezultatov v obrazcu ISO sta na voljo pod prilogo A (prva izmera) in prilogo B (druga izmera).

Potrebno je poudariti, da se predstavljeni rezultati v preglednicah 2, 3, 4 in 5 se nanašajo na raztros koordinat ene točke.

Preglednica 2: Statistične vrednosti za prvo izmero na točki A

Točka: A	aritmetična sredina $\bar{A}$ [m]	najmanjša vrednost koordinate A [m]	največja vrednost koordinate A [m]	razlika med največjo in najmanjšo vrednostjo $\Delta$ [m]	standardni odklon $s_A$ [m]
<i>n</i>	101.246,323	101.246,302	101.246,348	0,046	0,013
<i>e</i>	483.975,683	483.975,646	483.975,704	0,058	0,013
<i>h</i>	348,916	348,896	348,934	0,038	0,011

Preglednica 3: Statistične vrednosti za prvo izmero na točki B

Točka B	aritmetična sredina $\bar{B}$ [m]	najmanjša vrednost koordinate B [m]	največja vrednost koordinate B [m]	razlika med največjo in najmanjšo vrednostjo $\Delta$ [m]	standardni odklon $s_B$ [m]
<i>n</i>	101.239,768	101.239,741	101.239,791	0,050	0,017
<i>e</i>	483.975,769	483.975,725	483.975,804	0,079	0,018
<i>h</i>	348,935	348,913	348,956	0,043	0,013

Preglednica 4: Statistične vrednosti za drugo izmero na točki A.

Točka A	aritmetična sredina $\bar{A}$ [m]	najmanjša vrednost koordinate A [m]	največja vrednost koordinate A [m]	razlika med največjo in najmanjšo vrednostjo $\Delta$ [m]	standardni odklon $s_A$ [m]
<i>n</i>	101.246,329	101.246,323	101.246,339	0,016	0,006
<i>e</i>	483.975,684	483.975,668	483.975,696	0,028	0,008
<i>h</i>	348,918	348,909	348,924	0,015	0,004

Preglednica 5: Statistične vrednosti za drugo izmero na točki B.

Točka B	aritmetična sredina $\bar{B}$ [m]	najmanjša vrednost koordinate B [m]	največja vrednost koordinate B [m]	razlika med največjo in najmanjšo vrednostjo $\Delta$ [m]	standardni odklon $s_B$ [m]
<i>n</i>	101.239,770	101.239,762	101.239,778	0,016	0,005
<i>e</i>	483.975,766	483.975,755	483.975,775	0,020	0,007
<i>h</i>	348,933	348,922	348,945	0,023	0,007

Glede na izraz (6) smo nato izračunali standardne odklone med paroma točk posamezno za prvo ter drugo izmero:

- $s_{\text{ISO-GNSS-RTK-e,n-1}} = \pm 21,4$  mm                       $s_{\text{ISO-GNSS-RTK-h-1}} = \pm 12,2$  mm,
- $s_{\text{ISO-GNSS-RTK-e,n-2}} = \pm 9,3$  mm                       $s_{\text{ISO-GNSS-RTK-h-2}} = \pm 5,6$  mm..

Kjer številka 1 predstavlja prvo , številka 2 pa drugo izmero.

#### 4.2 Obdelava podatkov tretje izmere

Tretja izmera je nato potekala na strehi fakultete. Potekala je na stebrih FGG 1 in FGG 4. Izmero na stebrih smo naredili zato, da smo uporabili boljšo postavitev instrumenta s prisilnim centriranjem na steber. Pridobljene rezultate smo z zopet najprej preverili s kriterijem (2), s katerim preverjamo prisotnost grobih pogreškov. Glede na kriterij ( $\varepsilon_{A,B} = \pm 35$  mm in  $\varepsilon_{\Delta h_{A,B}} = \pm 53$  mm), ugotovimo, da meritve tako niso grobo pogrešene. Celoten izpis rezultatov, najdemo pod prilogo C. Potrebno je poudariti, da se predstavljeni rezultati v preglednicah 6 in 7 nanašajo na raztros koordinat posamezne točke.

Preglednica 6: Statistične vrednosti za tretjo izmero na točki FGG1

Točka FGG 1	aritmetična sredina $\overline{FGG\ 1}$ [m]	najmanjša vrednost koordinate FGG 1 [m]	največja vrednost koordinate FGG 1[m]	razlika med največjo in najmanjšo vrednostjo $\Delta$ [m]	standardni odklon $s_{FGG\ 1}$ [m]
<i>n</i>	100.784,215	100.784.204	100.784,226	0,022	0,006
<i>e</i>	460.878,784	460.878.779	460.878,791	0,012	0,004
<i>h</i>	367,529	367,500	367,543	0,043	0,011

Preglednica 7: Statistične vrednosti za tretjo izmero na točki FGG4

Točka FGG 4	aritmetična sredina $\overline{FGG\ 4}$ [m]	najmanjša vrednost koordinate FGG 4 [m]	največja vrednost koordinate FGG 4 [m]	razlika med največjo in najmanjšo vrednostjo $\Delta$ [m]	standardni odklon $S_{FGG\ 4}$ [m]
<i>n</i>	100.763,778	100.763,769	100.763,791	0,022	0,007
<i>e</i>	460.888,289	460.888,283	460.888,299	0,016	0,005
<i>h</i>	367,521	367,508	367,544	0,036	0,010

Glede na izraz (6) smo tudi tukaj izračunali standardne odklone med paroma točk FGG1 in FGG4:

$$- S_{ISO-GNSS-RTK-e,n-Javad} = \pm 8,1 \text{ mm} \quad S_{ISO-GNSS-RTK-h-Javad} = \pm 10,9 \text{ mm}.$$

### 4.3 Statistični testi vseh treh izmer

Po pregledu rezultatov in standardnih odklonov smo naredili še statistične teste. Statistične teste glede na prvo in drugo vprašanje delamo za dve točki v vsaki izmeri posebej. V tretjem in četrtem vprašanju preverjamo skladnost preizkusa glede na prvo in drugo izmero.

1. vprašanje statističnega testa:

ali je standardni odklon za horizontalni položaj, katerega pridobimo iz meritev, enak vrednosti katero predhodno določimo oziroma katero zagotavlja proizvajalec. V našem primeru se naslanjamo na zadnje, proizvajalec pa zagotavlja horizontalno natančnost položaja 10 mm. Pri tem imamo ničelno in alternativno domnevo:

$$H_0: \sigma_{ISO-GNSS-RTK-e,n} \leq 10 \text{ mm}$$

$$H_1: \sigma_{ISO-GNSS-RTK-e,n} > 10 \text{ mm}$$

Za prvo in drugo meritev faktor izračunamo tako, da je pogoj iz enačbe 8,  $\sqrt{\frac{\chi_{0,95;56}^2}{56}} = 1,15$  iz prostostnih stopenj (56) in stopnje tveganja  $\alpha = 5 \%$ . Pogoj iz enačbe 9 preoblikujemo v:

$$S_{ISO-GNSS-RTK-e,n} \leq 10 \text{ mm} \cdot 1,15.$$



Preglednica 8: Rezultati statističnega testa za horizontalni položaj za prvo in drugo izmero med točkama A in B

Izmera	$S_{\text{ISO-GNSS-RTK-e,n-x}}$ [mm]	Pogoj [mm]:	Ali je $H_0$ sprejeta?
prva izmera	21,4	$\leq 11,5$	ni sprejeta
druga izmera	9,3	$\leq 11,5$	je sprejeta

Iz rezultatov v preglednici 10 lahko vidimo, da prva, neodvisna izmera, katera je potekala na avto sejmu decembra, ne izpolnjuje pogoja. Zato ničelno domnevo  $H_0$  ne moremo sprejeti in sprejmemo alternativno domnevo. Drugače je pri drugi izmeri, katera izpolnjuje pogoj, tako da domneve  $H_0$  ne moremo zavrniti. Menimo, da je lahko bil možen vzrok za nesprejetje ničelne domneve postavitev instrumenta na stativa in možen premik enega izmed njiju tekom izvedbe preizkusa.

S 5% stopnjo tveganja ne moremo trditi, da je pri prvi izmeri pridobljeni standardni odklon horizontalnega položaja manjši od vrednosti, katero podaja proizvajalec. Kar pa ne velja za drugo izmero, kjer s 5% stopnjo tveganja ne moremo trditi, da je standardni odklon za horizontalni položaj večji od vrednosti, katero podaja proizvajalec.

Ob upoštevanju oddaljenosti od stalne postaje, kot je določeno v enačbi 19, se merilo za natančnost instrumenta spremeni. Ničelno in alternativno domnevo tako zapišemo:

$$H_0: \sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-e,n}} \leq 15 \text{ mm}$$

$$H_1: \sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-e,n}} > 15 \text{ mm}$$

Pogoj iz enačbe 8 se tako zapiše:

$$S_{\text{ISO-GNSS-RTK-e,n}} \leq 15 \text{ mm} \cdot 1,15.$$

Preglednica 9: Rezultati statističnega testa za horizontalni položaj za prvo in drugo izmero ob upoštevanju oddaljenosti od stalne postaje

Izmera	$S_{\text{ISO-GNSS-RTK-e,n-x}}$ [mm]	Pogoj [mm]:	Ali je $H_0$ sprejeta?
prva izmera	21,4	$\leq 17,3$	ni sprejeta
druga izmera	9,3	$\leq 17,3$	je sprejeta

Kljub upoštevanju dejstva, da je naša stalna postaja oddaljena 5 km sledi sklep, da moramo pri prvi izmeri ničelno domnevo  $H_0$  zavrniti, kot vidimo v preglednici 11. Tako lahko s 5% stopnjo tveganja trdimo, da je standardni odklon pridobljen pri prvi izmeri večji kot ga zagotavlja proizvajalec. Drugače je zopet v primeru druge izmere, kjer lahko ničelno domnevo  $H_0$  sprejmemo in s 5% stopnjo tveganja zavrnemo  $H_1$ .

Pri tretji izmeri smo naredili statističen test posebej za instrument JAVAD TRIUMPH-LS ob postavitvi instrumenta na stebra. Postavili smo ničelno in alternativno domnevo:

$$H_0: \sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-}e,n} \leq 10 \text{ mm}$$

$$H_1: \sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-}e,n} > 10 \text{ mm}$$

Za tretjo izmero faktor izračunamo tako, da je pogoj iz enačbe 8,  $\sqrt{\frac{\chi_{0,95;56}^2}{56}} = 1,15$  iz prostostnih stopenj (56) in stopnje tveganja  $\alpha = 5 \%$ . Pogoj iz enačbe 9 preoblikujemo v:

$$s_{\text{ISO-GNSS-RTK-}h} \leq 10 \text{ mm} \cdot 1,15.$$

Preglednica 10: Rezultati statističnega testa za horizontalni položaj za tretjo izmero FGG 1 in FGG 4

$s_{\text{ISO-GNSS-RTK-}e,n-x}$ [mm]	Pogoj [mm]:	Ali je $H_0$ sprejeta?
8,1	$\leq 11,5$	je sprejeta

Iz rezultatov iz preglednice 12 lahko zaključimo, da lahko s 95% stopnjo zaupanja sprejmemo ničelno hipotezo  $H_0$

Ob upoštevanju oddaljenosti od stalne postaje, kot je določeno v enačbi 19, se merilo za natančnost instrumenta spremeni. Ničelno in alternativno domnevo tako zapišemo:

$$H_0: \sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-}e,n} \leq 15 \text{ mm}$$

$$H_1: \sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-}e,n} > 15 \text{ mm}$$

Pogoj iz enačbe 8 zapišemo kot:

$$s_{\text{ISO-GNSS-RTK-}e,n} \leq 15 \text{ mm} \cdot 1,15$$

Preglednica 11: Rezultati statističnega testa za horizontalni položaj za tretjo izmero ob upoštevanju oddaljenosti od stalne postaje na točkah FGG 1 in FGG 4

$s_{\text{ISO-GNSS-RTK-}e,n-Javad}$ [mm]	Pogoj [mm]:	Ali je $H_0$ sprejeta?
8,1	$\leq 17,3$	je sprejeta

V primeru upoštevanja oddaljenosti od stalne postaje lahko s 95% stopnjo tveganja trdimo, da je natančnost instrumenta znotraj zagotovljene, ki jo podaja proizvajalec.

## 2. vprašanje statističnega testa:

se nanaša na izračunani standardni odklon za elipsoidno višino. Vprašanje je, če le ta ustreza predhodno določeni vrednosti, ki je zagotovljena s strani proizvajalca; ta znaša 15 mm. Podani imamo ničelno in alternativno domnevo:

$$H_0: \sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-h}} \leq 15 \text{ mm}$$

$$H_1: \sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-h}} > 15 \text{ mm}$$

Za prvo in drugo meritev, faktor izračunamo tako da je pogoj 11,  $\sqrt{\frac{\chi_{0,95;28}^2}{28}} = 1,22$  iz prostostnih stopenj (28) in stopnje tveganja  $\alpha = 5 \%$ . Pogoj iz enačbe 12 preoblikujemo v:

$$s_{\text{ISO-GNSS-RTK-h-x}} \leq 15 \text{ mm} \cdot 1,22.$$

Preglednica 12: Rezultati statističnega testa za višino za prvo in drugo izmero med točkama A in B

Izmera	$s_{\text{ISO-GNSS-RTK-h-x}}$ [mm]	Pogoj [mm]:	Ali je $H_0$ sprejeta?
prva izmera	12,2	$\leq 18,3$	je sprejeta
druga izmera	5,6	$\leq 18,3$	je sprejeta

Tako pri prvi kot pri drugi izmeri je pogoj za ničelno domnevo  $H_0$  izpolnjen (preglednica 14) in tako s 95% gotovostjo lahko trdimo, da je standardni odklon za višino, pridobljen tako pri prvi kot pri drugi izmeri, znotraj zagotovljenih vrednosti.

Ob upoštevanju oddaljenosti od stalne postaje, kot je določeno v enačbi 19, se merilo za natančnost instrumenta spremeni. Ničelno in alternativno domnevo tako zapišemo:

$$H_0: \sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-h}} \leq 20 \text{ mm}$$

$$H_1: \sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-h}} > 20 \text{ mm}$$

Pogoj iz enačbe 12 se tako zapiše:

$$s_{\text{ISO-GNSS-RTK-e,n}} \leq 20 \text{ mm} \cdot 1,22.$$

Preglednica 13: Rezultati statističnega testa za višino za prvo in drugo izmero med točkama A in B ob upoštevanju oddaljenosti od stalne postaje

Izmera	$s_{\text{ISO-GNSS-RTK-h-x}}$ [mm]	Pogoj [mm]:	Ali je $H_0$ sprejeta?
prva izmera	12,2	$\leq 24,4$	je sprejeta
druga izmera	5,6	$\leq 24,4$	je sprejeta

Tudi v primeru, ko upoštevamo oddaljenost od stalne postaje, ničelne hipoteze  $H_0$  ne moremo zavrniti (preglednica 15). Tako lahko tudi v tem primeru govorimo o 95% gotovosti, da je standardni odklon za višine pri prvi in drugi izmeri znotraj zagotovljene natančnosti.

Tretjo izmero obdelamo za situacijo izmere na strehi fakultete. Za instrument velja, da proizvajalec zagotavlja višinsko natančnost 15 mm. Ničelna in alternativna domneva sta podani tako:

$$H_0: \sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-h}} \leq 15 \text{ mm}$$

$$H_1: \sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-h}} > 15 \text{ mm}$$

Za tretjo meritev, faktor izračunamo tako da je pogoj 11,  $\sqrt{\frac{\chi_{0,95;28}^2}{28}} = 1,22$  iz prostostnih stopenj (28) in stopnje tveganja  $\alpha = 5 \%$ . Pogoj iz enačbe 12 preoblikujemo v:  $s_{\text{ISO-GNSS-RTK-h}} \leq \sigma_h \cdot 1,22$ .

Preglednica 14: Rezultati statističnega testa za višino za tretjo izmero na točkah FGG 1 in FGG 4

$s_{\text{ISO-GNSS-RTK-h-Javad}}$ [mm]	Pogoj [mm]:	Ali je $H_0$ sprejeta?
10,9	$\leq 18,3$	je sprejeta

Pri meritvah na strehi lahko sprejmemo ničelno domnevo  $H_0$ , kot vidimo iz numeričnih rezultatov v preglednici 16. Kar pomeni, da je standardni odklon s 95% gotovostjo znotraj zagotovljene natančnosti instrumenta.

Ob upoštevanju oddaljenosti od stalne postaje, kot je določeno v enačbi 19, se merilo za natančnost obeh instrumentov spremeni. Ničelno in alternativno domnevo tako zapišemo:

$$H_0: \sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-h}} \leq 20 \text{ mm}$$

$$H_1: \sigma_{\text{ISO-GNSS-RTK-h}} > 20 \text{ mm}$$

Pogoj iz enačbe 11 se tako zapiše:

$$s_{\text{ISO-GNSS-RTK-e,n}} \leq 20 \text{ mm} \cdot 1,22$$

Preglednica 15: Rezultati statističnega testa za višino za tretjo izmero na točkah FGG 1 in FGG 4 ob upoštevanju oddaljenosti od stalne postaje

$s_{\text{ISO-GNSS-RTK-h-Javad}}$ [mm]	Pogoj [mm]:	Ali je $H_0$ sprejeta?
10,9	$\leq 24,4$	je sprejeta

Tudi pri upoštevanju oddaljenosti od stalne postaje, ne moremo zavrniti ničelne hipoteze  $H_0$ , kot je razvidno v preglednici 17. Tako lahko tudi tukaj, s 95% stopnjo zaupanja zagotovimo, da je standardni odklon znotraj zagotovljene natančnosti, ki jo podaja proizvajalec.

### 3. vprašanje:

pri tretjem vprašanju ugotavljamo, ali horizontalni položaji, ki smo jih pridobili iz dveh meritev, 1. izmera decembra ter 2. izmera aprila, spadajo v isto populacijo. Obe izmeri imata enako število prostostnih stopenj (56).

Standardna odklona:

- $s_{\text{ISO-GNSS-RTK-}e,n-1} = \pm 21,4 \text{ mm}$ ,
- $s_{\text{ISO-GNSS-RTK-}e,n-2} = \pm 9,3 \text{ mm}$ .

Postavljeni sta ničelna in alternativna domneva:

$$H_0: \sigma_{e,n} = \tilde{\sigma}_{e,n},$$

$$H_1: \sigma_{e,n} \neq \tilde{\sigma}_{e,n}.$$

Imamo pogoj 14, kjer pri istem številu prostostnih stopenj (56) pri obeh vzorcih kritična vrednost testne statistike ob tveganju  $\alpha = 5 \%$  znaša  $F_{0,975,56;56} = 1,70$ . Pogoj 15 lahko tako zapišemo:

$$0,59 \leq \frac{s_{\text{ISO-GNSS-RTK-}e,n-1}^2}{s_{\text{ISO-GNSS-RTK-}e,n-2}^2} \leq 1,70.$$

Preglednica 16: Rezultati statističnega testa (populacija) za horizontalni položaj za prvo in drugo izmero

Izmera	Pogoj [mm], $0,59 \leq \frac{s_{\text{ISO-GNSS-RTK-}e,n-1}^2}{s_{\text{ISO-GNSS-RTK-}e,n-2}^2} \leq 1,70$	Ali je $H_0$ sprejeta?
Prva in druga izmera	$0,59 \leq 5,3 \leq 1,70$	ni sprejeta

Ob pogledu na rezultat v preglednici 18, pridemo do sklepa, da pogoj ni izpolnjen, tako da moramo zavrniti ničelno domnevo  $H_0$ . Pri tem lahko s 95 % gotovostjo trdimo, da horizontalni položaj pri prvi in drugi izmeri ne spada v isto populacijo. Kot smo videli že prej (preglednica 11), so bile meritve iz decembra 2015 problematične, po našem mnenju je bil vzrok lahko slabše postavljen instrument. Z rezultati iz preglednice 18 lahko to samo potrdimo.

## 4. vprašanje statističnega testa:

pri zadnjem statističnem vprašanju, ugotavljamo, ali višine, katere smo pridobili pri dveh različnih meritvah spadajo v isto populacijo. Pri tem velja, da imata oba vzorca isti število prostostnih stopenj (28). Standardna odklona:

- $s_{\text{ISO-GNSS-RTK-h-1}} = \pm 12,2 \text{ mm}$ ,
- $s_{\text{ISO-GNSS-RTK-h-2}} = \pm 5,6 \text{ mm}$ .

Pri tem imamo zopet podano ničelno in alternativno hipotezo:

$$H_0: \sigma_h = \tilde{\sigma}_h$$

$$H_1: \sigma_h \neq \tilde{\sigma}_h$$

Za prvi dve izmeri, imamo število prostostnih stopenj 28, za oba vzorca, kritična vrednost statistike ob tveganju  $\alpha = 5 \%$  znaša  $F_{0,975,28;28} = 2,13$ . Pogoji 18 lahko tako zapišemo:

$$0,47 \leq \frac{s_{\text{ISO-GNSS-RTK-h-1}}^2}{s_{\text{ISO-GNSS-RTK-h-2}}^2} \leq 2,13.$$

Preglednica 17: Rezultati statističnega testa (populacija) za elipsoidno višino za prvo in drugo izmero

Izmera	Pogoj [mm], $0,47 \leq \frac{s_{\text{ISO-GNSS-RTK-h-1}}^2}{s_{\text{ISO-GNSS-RTK-h-2}}^2} \leq 2,13$	Ali je $H_0$ sprejeta?
Prva in druga izmera	$0,47 \leq 4,7 \leq 2,13$	ni sprejeta

Ob pogledu na preglednico 20 pridemo do sklepa, da pogoj ni izpolnjen, tako da moramo  $H_0$  zavrniti. Z 95% gotovostjo tako lahko trdimo, da višine iz prve in druge izmere ne spadajo v isto populacijo. Vzrok je najbrž enak kot v predstavljenih rezultatih izmere za horizontalni položaj. Menimo, da je možen vzrok za slabšo kakovost meritev iz decembra 2016, slabše postavljen ali premaknjen stativ, kamor smo postavili instrument.

Pri analizi rezultatov tako ugotavljamo, da so bile vidne predvsem razlike med prvo in drugo izmero, tako pri horizontalnem položaju kot pri višinah. Z instrumentom JAVAD TRIUMPH-LS nismo bili uspešni s preizkusom po standardu ISO 17123-8, ko smo meritve izvajali prvič (december 2015). Razloge za to bi lahko iskali, kot prvo v letnem času, saj smo prvo izmero opravljali pozimi (megla, vlaga, nizke temperature). Razlog za tako slabe rezultate ob prvi izmeri bi lahko iskali tudi v

uporabljenih stativih, saj dopuščamo možno da stativ ni bil povsem izpraven in pripravljen za delo. Tretja izmero smo nato iz tega namena izvedli na strehi, na preverjeno stabilnih stebrih.

#### 4.4 Obdelava podatkov pri delu z oviro

Popolnoma ločeno od ISO preizkusa instrumenta, smo se lotili tudi izziva, kako se instrument obnaša, ko ga postavimo na zelo nizko višino (mini stativ Leica) ter ob njega postavimo dva kosa folije. Meritve smo opravili zgolj na točki B na delovišču na avto sejmu. Meritve so potekale tako, da smo na točki stali v 1 seriji, ki je imela 5 nizov, v vsakem izmed nizov pa smo na točki stali 10 in pa 30 RTK sekund.

Preglednica 18: Prikaz meritev na točki B z oviro

Točka	Serija	niz	čas [s]	$n$ [m]	$e$ [m]	$h$ [m]
B	1	1	10	101.239,775	483.975,810	348,929
B	1	1	30	101.239,784	483.975,804	348,929
B	1	2	10	101.239,790	483.975,807	348,903
B	1	2	30	101.239,796	483.975,802	348,904
B	1	3	10	101.239,788	483.975,797	348,928
B	1	3	30	101.239,781	483.975,800	348,928
B	1	4	10	101.239,791	483.975,813	348,946
B	1	4	30	101.239,798	483.975,808	348,950
B	1	5	10	101.239,802	483.975,797	348,947
B	1	5	30	101.239,798	483.975,796	348,944

Preglednica 19: Prikaz povprečja koordinat za prvo in drugo izmero ter izmero z folijo

Točke	$\bar{n}$ [m]	$\bar{e}$ [m]	$\bar{H}$ [m]	$\Delta n$ [m]	$\Delta e$ [m]	$\Delta h$ [m]
B – 1. izmera	101.239,768	483.975,769	348,935	0,035	0,062	-0,014
B – 2. izmera	101.239,770	483.975,766	348,933	0,033	0,065	-0,012
B – izmera z oviro	101.239,790	483.975,803	348,930	0,013	0,028	-0,009
B – referenčna vrednost	101.239,803	483.975,831	348,921			

V preglednici 23 predstavljamo primerjavo povprečnih vrednosti koordinat med prvo in drugo izmero ter izmero pri delu z oviro v primerjavi z referenčno vrednostjo. Referenčna vrednost je bila določena v enournem statičnem opazovanju na izbrani točki B na avto sejmu, kjer je bil interval registracije 5 sekund.

Zraven povprečja koordinat imamo predstavljena tudi odstopanja od referenčne vrednosti ( $\Delta = \text{referenčna vrednot} - \text{povprečje posamezne izmere}$ ). Ob primerjavi teh odstopanj lahko vidimo, da sama višina instrumenta in pa dodana ovira, glede na vrednosti odstopanja, nista vplivali na končne, dobljene vrednosti. Glede na povprečje imajo rezultati z oviro celo manjša odstopanja od referenčne vrednosti tako v horizontalnem položaju kot pri višinah.

Ob pogledu na pridobljene koordinate, v preglednici 22, lahko tudi vidimo da je med koordinatami v posameznem nizu, zelo mala razlika, in da se lepo sipljejo okoli določene vrednosti, kar pa ne velja za vrednosti med nizi, kjer prihaja tudi do razlik, sploh pri višini (do 5 cm).



## 5 ZAKLJUČEK

V nalogi smo ugotavljali, v kolikšni meri instrument Javad Triumph-LS dosega natančnost, katero zagotavlja proizvajalec. Instrument smo preizkusili po mednarodnem standardu ISO 17123-8 na dveh različnih deloviščih ob različnih postavitvah instrumenta. Ob tem smo si postavili različne hipoteze, katere lahko ob pogledu na obdelana opazovanja ter analizo rezultatov zavrremo oziroma sprejmemo.

V prvi hipotezi smo se spraševali, ali preizkušeni instrument Javad Triumph-LS deluje v skladu z navedenimi lastnostmi, katere podaja proizvajalec. Glede na rezultate RTK-meritev in statistične teste smo prišli do sklepa, da pri prvi izmeri, ko upoštevamo tudi oddaljenost od stalne postaje, položajno instrument ne zadošča standardu pri drugi pa. Pri elipsoidnih višinah je drugače, kjer instrument zadošča standardu tako v prvi kot v drugi izmeri in je torej standardni odklon znotraj zagotovljene natančnosti proizvajalca. Ob pogledu na tretjo izmero, ki smo jo naredili na strehi Fakultete za gradbeništvo in geodezijo, lahko vidimo, da v celoti instrument zadošča mednarodnemu standardu tako da lahko to hipotezo potrdimo. Razloge, zakaj je prišlo do odstopanj med prvo, drugo in tretjo izmero je lahko več. Lahko je prišlo do tega zaradi vremenskih pogojev, kateri so bili različni, ali pa zaradi možnosti premikov stativov med izmero, ki je nismo zaznali.

Ravno to je bilo glavno vprašanje druge hipoteze. Ali je preizkus instrumenta ob uporabi prisilnega centriranja boljše kakovosti kot postavitvev instrumenta na stativ. Prvo in drugo izmero smo namreč izvedli na delovišču na avto sejmu, na trinožnih stativih, pri katerih dopuščamo možnost minimalnega posedanja. Tretja izmera je zato bila izvedena na strehi fakultete, na stebrih FGG1 in FGG4, katera sta stalna tako da tega vpliva ni bilo. Za horizontalni položaj je razlika med prvo in drugo izmero velika (1cm), med tem ko pri višini temu ni tako. Ob primerjavi druge izmere in pa tretje izmere, katera je bila izvedena s prisilnim centriranjem, pa lahko vidimo, da je horizontalni položaj točke določen z večjo natančnostjo, kar pa ne velja za elipsoidne višine, katere so bile določene s nižjo natančnostjo ob tretji izmeri, torej pri prisilnem centriranju. To hipotezo moramo tako zavrniti.

V tretji hipotezi se sprašujemo, ali pri postavitvi instrumenta na stativ, višina instrumenta vpliva na kakovost določitve koordinate točk. Ob poglede na pridobljene rezultate pri meritvi na nizki višini in primerjavi z referenčno točko ter prvo in drugo izmero lahko opazimo, da večjega odstopanja ni. Kar je zanimivo je to, da je odstopanje od referenčne točke celo manjše pri postavitvi instrumenta na nizko višino kot pa pri prvi in drugi izmeri. To je vidno tako pri horizontalnem položaju, kot pri elipsoidnih višinah. To hipotezo lahko torej prav tako zavrremo, saj višina instrumenta v tem primeru ni vplivala na natančnost instrumenta.

V prihodnje, bi se za nadalje delo veljalo usmeriti tudi na opravljanje preizkusa z novimi stativi in kalibriranimi podnožji za postavitvev instrumentov na točko. Opraviti bi veljalo preizkus še z zunanjo anteno GNSS, katere uporabo nam omogoča instrument Javad Triumph-LS. Glede na to, da ima

instrument vključeno tudi možnost popravkov nehorizontiranega instrumenta za odčitke inklinometra, bi veljalo preveriti, kako kakovostno lahko določimo koordinate na ta način.

Na koncu lahko zaključimo, da je delo z instrumentom zanimivo in je zaradi zasnove instrumenta z vključitvijo notranje antene uporabniku tudi precej olajšano. Vendar bi bilo za vsem nove možnosti, ki jih instrument nudi, predhodno narediti preizkus na podoben način, kot smo ga naredili v dani nalogi.

## VIRI

Geopedia. 2015. DOF050, 2011- 2015.

Heister, H. 2008. The new ISO standard 17123-8 for checking GNSS field measuring systems.  
Stockholm, Švedska, FIG delovni teden 2008.

ISO. 2016a. About us.

<http://www.iso.org/iso/home/about.htm> (Pridobljeno 14. 8. 2016.)

ISO. 2016b. Store. Standards catalogue. ISO 17123-8:2015. Preview ISO 17123-8:2015

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:17123:-8:ed-2:v1:en> (Pridobljeno 15. 8. 2016)

Javad Triumph - LS. 2016. Data Sheet.

[https://www.javad.com/downloads/javadgnss/sheets/TRIUMPH-LS\\_Datasheet.pdf](https://www.javad.com/downloads/javadgnss/sheets/TRIUMPH-LS_Datasheet.pdf) (Pridobljeno 27. 8. 2016)

Kogoj, D., Stopar, B. 2014. Geodetska izmera. Programska zasnova in priprava gradiv za izvedbo strokovnega dela izpita iz geodetske stroke, Ljubljana, Inžinerska zbornica Slovenije, Matična sekcija geodetov.

Mednarodni standard ISO 17123-8, 2007. Optic and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments. Part 8: GNSS field measurement systems in real time kinematic (RTK). ISO 17123-8: 2007

Mencin, A. 2011. Preizkus GNSS-RTK-instrumentov po ISO-standardu 17123-8. Diplomska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Mencin): 1 str.

Oset, K., Žula, B., 2015. Predstavitev delovanja novega instrumenta GNSS Javad. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Pavlovčič Prešeren, P., 2015. GNSS v geodeziji, Ljubljana, Univerzitetni študij, geodezija in geoinformatika, del študijskega gradiva.

Pavlovčič Prešeren, P., Mencin, A., Stopar, B. 2010. Analiza preizkusa instrumentarija GNSS- RTK po navodilih standarda ISO 17123-8. Geodetski vestnik 54, 4: 608 str.- 625 str.

Sterle, O., Pavlovčič Prešeren, P., Kuhar, M., Stopar, B. 2009. Definicija, realizacija in vzdrževanje modernih koordinatnih sistemov. Geodetski vestnik 53, 4: 681 str.- 682 str.

Stopar, B. 2015. GNSS v geodeziji. Ljubljana, Univerzitetni študij, geodezija in geoinformatika, del študijskega gradiva.

Turk, G., 2012. Verjetnostni račun in statistika. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 1. str

## **PRILOGE**

Priloga A: OBRAZCA PRVE MERITVE	A1
A1: PRVI ISO OBRAZEC PRVE MERITVE	A1
A2: DRUGI ISO OBRAZEC PRVE MERITVE	A2
Priloga B: OBRAZCA DRUGE MERITVE	A3
B1: PRVI ISO OBRAZEC DRUGE MERITVE	A3
B2: DRUGI ISO OBRAZEC DRUGE MERITVE	A4
Priloga C: OBRAZCA TRETJE MERITVE	A5
C1:PRVI ISO OBRAZEC TRETJE MERITVE	A5
C2:DRUGI ISO OBRAZEC TRETJE MERITVE	A6



## PRILOGA A

### A1: Prvi ISO obrazec prve meritve

Zap. številka	Serija	Set	Roverjeva točka	meritev m			horizontalna razdalja dj m	višinska razlika delta hj m	odstopanja mm	
				<i>n</i>	<i>e</i>	<i>h</i>			Edij	ehij
1	1	1	A	101.246,327	483.975,692	348,914				
2	1	1	B	101.239,741	483.975,804	348,926	6,587	-0,012	-31	-8
3	1	2	A	101.246,302	483.975,680	348,899				
4	1	2	B	101.239,758	483.975,771	348,913	6,545	-0,014	12	-6
5	1	3	A	101.246,318	483.975,704	348,910				
6	1	3	B	101.239,761	483.975,791	348,926	6,558	-0,016	-1	-4
7	1	4	A	101.246,348	483.975,679	348,907				
8	1	4	B	101.239,783	483.975,760	348,922	6,565	-0,015	-9	-5
9	1	5	A	101.246,338	483.975,687	348,909				
10	1	5	B	101.239,770	483.975,781	348,931	6,569	-0,022	-12	2
11	2	1	A	101.246,340	483.975,690	348,919				
12	2	1	B	101.239,790	483.975,771	348,940	6,551	-0,021	6	1
13	2	2	A	101.246,339	483.975,683	348,934				
14	2	2	B	101.239,788	483.975,758	348,955	6,551	-0,021	5	1
15	2	3	A	101.246,317	483.975,646	348,930				
16	2	3	B	101.239,791	483.975,725	348,953	6,526	-0,023	30	3
17	2	4	A	101.246,317	483.975,685	348,909				
18	2	4	B	101.239,744	483.975,756	348,922	6,573	-0,013	-17	-7
19	2	5	A	101.246,324	483.975,696	348,896				
20	2	5	B	101.239,782	483.975,766	348,931	6,542	-0,035	14	15
21	3	1	A	101.246,312	483.975,685	348,915				
22	3	1	B	101.239,768	483.975,772	348,937	6,545	-0,022	12	2
23	3	2	A	101.246,312	483.975,680	348,923				
24	3	2	B	101.239,767	483.975,771	348,947	6,546	-0,024	11	4
25	3	3	A	101.246,312	483.975,681	348,933				
26	3	3	B	101.239,744	483.975,782	348,956	6,569	-0,023	-13	3
27	3	4	A	101.246,319	483.975,681	348,923				
28	3	4	B	101.239,766	483.975,765	348,939	6,554	-0,016	3	-4
29	3	5	A	101.246,326	483.975,682	348,916				
30	3	5	B	101.239,763	483.975,769	348,934	6,564	-0,018	-7	-2
<b>povprečne vrednosti</b>							<b>6,556</b>	<b>-0,020</b>		
<b>meje odstopanj mm</b>							<b>+</b>	<b>-</b>	<b>182</b>	<b>67</b>

## A2: Drugi ISO obrazec prve meritve

Zap. številka	Serija	Set	Rover	meritev			odstopanje			kvadrati odstopanj		
				n	e	h	mm			mm <sup>2</sup>		
							rn	re	rh	rn2	re2	rh2
1	1	1	A	101.246,33	483.975,692	348,914	-4	-9	2	13	74	3
2	1	1	B	101.239,741	483.975,804	348,926	27	-35	9	715	1193	90
3	1	2	A	101.246,302	483.975,680	348,899	21	3	17	458	12	282
4	1	2	B	101.239,758	483.975,771	348,913	10	-2	22	95	2	505
5	1	3	A	101.246,318	483.975,704	348,910	5	-21	6	29	424	34
6	1	3	B	101.239,761	483.975,791	348,926	7	-22	9	45	464	90
7	1	4	A	101.246,348	483.975,679	348,907	-25	4	9	605	19	77
8	1	4	B	101.239,783	483.975,760	348,922	-15	9	13	233	90	181
9	1	5	A	101.246,338	483.975,687	348,909	-15	-4	7	213	13	46
10	1	5	B	101.239,770	483.975,781	348,931	-2	-12	4	5	133	20
11	2	1	A	101.246,340	483.975,690	348,919	-17	-7	-3	276	44	10
12	2	1	B	101.239,790	483.975,771	348,940	-22	-2	-5	496	2	21
13	2	2	A	101.246,339	483.975,683	348,934	-16	0	-18	243	0	331
14	2	2	B	101.239,788	483.975,758	348,955	-20	11	-20	411	131	382
15	2	3	A	101.246,317	483.975,646	348,930	6	37	-14	41	1399	202
16	2	3	B	101.239,791	483.975,725	348,953	-23	44	-18	541	1977	307
17	2	4	A	101.246,317	483.975,685	348,909	6	-2	7	41	3	46
18	2	4	B	101.239,744	483.975,756	348,922	24	13	13	563	181	181
19	2	5	A	101.246,324	483.975,696	348,896	-1	-13	20	0	159	392
20	2	5	B	101.239,782	483.975,766	348,931	-14	3	4	204	12	20
21	3	1	A	101.246,312	483.975,685	348,915	11	-2	1	130	3	1
22	3	1	B	101.239,768	483.975,772	348,937	0	-3	-2	0	6	2
23	3	2	A	101.246,312	483.975,680	348,923	11	3	-7	130	12	52
24	3	2	B	101.239,767	483.975,771	348,947	1	-2	-12	1	2	133
25	3	3	A	101.246,312	483.975,681	348,933	11	2	-17	130	6	296
26	3	3	B	101.239,744	483.975,782	348,956	24	-13	-21	563	157	422
27	3	4	A	101.246,319	483.975,681	348,923	4	2	-7	19	6	52
28	3	4	B	101.239,766	483.975,765	348,939	2	4	-4	3	20	12
29	3	5	A	101.246,326	483.975,682	348,916	-3	1	0	7	2	0
30	3	5	B	101.239,763	483.975,769	348,934	5	0	1	22	0	2
povprečje serij			A	<b>101.246,323</b>	<b>483.975,683</b>	<b>348,916</b>						
			B	<b>101.239,768</b>	<b>483.975,769</b>	<b>348,935</b>						
vsota kvadratov odstopanj										<b>6.233</b>	<b>6.545</b>	<b>4192</b>
eksperimentalni standardni odklon s				<b>sn</b>	<b>se</b>	<b>sh</b>	<b>S iso hz</b>			<b>21,36</b>		mm
				<b>14,92</b>	<b>15,29</b>	<b>12,24</b>	<b>s iso h</b>			<b>12,24</b>		mm



## PRILOGA B

### B1: Prvi ISO obrazec druge meritve

Zap. številka	Serija	Set	Roverjeva točka	meritev m			horizontalna razdalja dj m	višinska razlika delta hj m	odstopanja mm	
				<i>n</i>	<i>e</i>	<i>h</i>			Edij	ehij
1	1	1	A	101.246,335	483.975,690	348,919				
2	1	1	B	101.239,770	483.975,771	348,935	6,565	-0,016	-5	1
3	1	2	A	101.246,339	483.975,683	348,920				
4	1	2	B	101.239,778	483.975,768	348,945	6,562	-0,025	-1	10
5	1	3	A	101.246,327	483.975,668	348,920				
6	1	3	B	101.239,771	483.975,755	348,936	6,557	-0,016	4	1
7	1	4	A	101.246,327	483.975,685	348,909				
8	1	4	B	101.239,774	483.975,756	348,922	6,553	-0,013	7	-2
9	1	5	A	101.246,324	483.975,696	348,915				
10	1	5	B	101.239,762	483.975,766	348,931	6,562	-0,016	-2	1
11	2	1	A	101.246,324	483.975,683	348,918				
12	2	1	B	101.239,766	483.975,770	348,936	6,559	-0,018	2	3
13	2	2	A	101.246,328	483.975,688	348,916				
14	2	2	B	101.239,764	483.975,773	348,929	6,565	-0,013	-4	-2
15	2	3	A	101.246,335	483.975,680	348,920				
16	2	3	B	101.239,770	483.975,775	348,930	6,566	-0,010	-5	-5
17	2	4	A	101.246,323	483.975,683	348,923				
18	2	4	B	101.239,768	483.975,770	348,931	6,556	-0,008	5	-7
19	2	5	A	101.246,328	483.975,685	348,924				
20	2	5	B	101.239,765	483.975,771	348,930	6,564	-0,006	-3	-9
21	3	1	A	101.246,335	483.975,690	348,919				
22	3	1	B	101.239,77.0	483.975,77.1	348,935	6,565	-0,016	-5	1
23	3	2	A	101.246,339	483.975,683.	348,918				
24	3	2	B	101.239,778	483.975,768	348,945	6,562	-0,027	-1	12
25	3	3	A	101.246,327	483.975,668	348,920				
26	3	3	B	101.239,771	483.975,755	348,936	6,557	-0,016	4	1
27	3	4	A	101.246,327	483.975,685	348,909				
28	3	4	B	1012.39,774	483.975,756	348,922	6,553	-0,013	7	-2
29	3	5	A	101.246,324	483.975,696	348,915				
30	3	5	B	101.239,762	483.975,766	348,931	6,562	-0,016	-2	1
<b>povprečne vrednosti</b>							<b>6,560</b>	<b>-0,015</b>		
<b>meje odstopanj mm</b>							<b>+</b>	<b>-</b>	<b>57</b>	<b>57</b>

**B2: Drugi ISO obrazec druge meritve**

Zap. številka	Serija	Set	Rover	meritev			odstopanje			kvadrati odstopanj		
				n	e	h	mm			mm <sup>2</sup>		
							rn	re	rh	rn2	re2	rh2
1	1	1	A	101.246,335	483.975,690	348,919	-6	-6	-1	31	34	2
2	1	1	B	101.239,770	483.975,771	348,935	0	-5	-2	0	24	4
3	1	2	A	101.246,339	483.975,683	348,920	-10	1	-2	91	1	5
4	1	2	B	101.239,778	483.975,768	348,945	-8	-2	-12	72	4	146
5	1	3	A	101.246,327	483.975,668	348,920	2	16	-2	6	262	5
6	1	3	B	101.239,771	483.975,755	348,936	-1	11	-3	2	122	9
7	1	4	A	101.246,327	483.975,685	348,909	2	-1	9	6	1	75
8	1	4	B	101.239,774	483.975,756	348,922	-4	10	11	20	101	120
9	1	5	A	101.246,324	483.975,696	348,915	5	-12	3	30	139	7
10	1	5	B	101.239,762	483.975,766	348,931	8	0	2	57	0	4
11	2	1	A	101.246,324	483.975,683	348,918	5	1	0	30	1	0
12	2	1	B	101.239,766	483.975,770	348,936	4	-4	-3	12	15	9
13	2	2	A	101.246,328	483.975,688	348,916	1	-4	2	2	14	3
14	2	2	B	101.239,764	483.975,773	348,929	6	-7	4	31	48	15
15	2	3	A	101.246,335	483.975,680	348,920	-6	4	-2	31	18	5
16	2	3	B	101.239,770	483.975,775	348,930	0	-9	3	0	80	9
17	2	4	A	101.246,323	483.975,683	348,923	6	1	-5	42	1	28
18	2	4	B	101.239,768	483.975,770	348,931	2	-4	2	2	15	4
19	2	5	A	101.246,328	483.975,685	348,924	1	-1	-6	2	1	40
20	2	5	B	101.239,765	483.975,771	348,930	5	-5	3	21	24	9
21	3	1	A	101.246,335	483.975,690	348,919	-6	-6	-1	31	34	2
22	3	1	B	101.239,770	483.975,771	348,935	0	-5	-2	0	24	4
23	3	2	A	101.246,339	483.975,683	348,918	-10	1	0	91	1	0
24	3	2	B	101.239,778	483.975,768	348,945	-8	-2	-12	72	4	146
25	3	3	A	101.246,327	483.975,668	348,920	2	16	-2	6	262	5
26	3	3	B	101.239,771	483.975,755	348,936	-1	11	-3	2	122	9
27	3	4	A	101.246,327	483.975,685	348,909	2	-1	9	6	1	75
28	3	4	B	101.239,774	483.975,756	348,922	-4	10	11	20	101	120
29	3	5	A	101.246,324	483.975,696	348,915	5	-12	3	30	139	7
30	3	5	B	101.239,762	483.975,766	348,931	8	0	2	57	0	4
povprečje serij			A	<b>101.246,329</b>	<b>483.975,684</b>	<b>348,918</b>						
			B	<b>101239,770</b>	<b>483.975,766</b>	<b>348,933</b>						
vsota kvadratov odstopanj										<b>801</b>	<b>1.597</b>	<b>872</b>
eksperimentalni standardni odklon s				<b>sn</b>	<b>se</b>	<b>sh</b>	<b>S iso hz</b>			<b>9,26</b>		mm
				<b>5,35</b>	<b>7,55</b>	<b>5,58</b>	<b>s iso h</b>			<b>5,58</b>		mm

## PRILOGA C

### C1: Prvi ISO obrazec tretje meritve

Zap. številka	Serija	Set	Roverjeva točka	meritev m			horizontalna razdalja dj m	višinska razlika delta hj m	odstopanja mm	
				<i>n</i>	<i>e</i>	<i>h</i>			Edij	ehij
1	1	1	FGG1	100.784,221	460.878,784	367,524				
2	1	1	FGG4	100.763,783	460.888,286	367,508	22,539	0,016	0	-9
3	1	2	FGG1	100.784,222	460.878,789	367,527				
4	1	2	FGG4	100.763,786	460.888,288	367,514	22,536	0,013	3	-6
5	1	3	FGG1	100.784,218	460.878,783	367,521				
6	1	3	FGG4	100.763,785	460.888,284	367,512	22,534	0,009	5	-2
7	1	4	FGG1	100.784,217	460.878,782	367,527				
8	1	4	FGG4	100.763,785	460.888,29	367,521	22,536	0,006	3	1
9	1	5	FGG1	100.784,218	460.878,788	367,529				
10	1	5	FGG4	100.763,783	460.888,291	367,508	22,537	0,021	2	-14
11	2	1	FGG1	100.784,217	460.878,786	367,529				
12	2	1	FGG4	100.763,771	460.888,294	367,53	22,549	-0,001	-10	8
13	2	2	FGG1	100.784,215	460.878,779	367,543				
14	2	2	FGG4	100.763,77	460.888,284	367,528	22,546	0,015	-8	-8
15	2	3	FGG1	100.784,21	460.878,786	367,526				
16	2	3	FGG4	100.763,773	460.888,297	367,528	22,542	-0,002	-3	9
17	2	4	FGG1	100.784,217	460.878,790	367,54				
18	2	4	FGG4	100.763,769	460.888,299	367,544	22,551	-0,004	-12	11
19	2	5	FGG1	100.784,217	460.878,789	367,541				
20	2	5	FGG4	100.763,780	460.888,296	367,532	22,540	0,009	-1	-2
21	3	1	FGG1	100.784,226	460.878,791	367,536				
22	3	1	FGG4	100.763,791	460.888,288	367,526	22,534	0,010	5	-3
23	3	2	FGG1	100.784,210	460.878,779	367,535				
24	3	2	FGG4	100.763,782	460.888,288	367,524	22,533	0,011	6	-4
25	3	3	FGG1	100.784,204	460.878,783	367,531				
26	3	3	FGG4	100.763,776	460.888,284	367,512	22,529	0,019	10	-12
27	3	4	FGG1	100.784,214	460.878,783	367,500				
28	3	4	FGG4	100.763,773	460.888,286	367,514	22,542	-0,014	-3	21
29	3	5	FGG1	100.784,204	460.878,779	367,512				
30	3	5	FGG4	100.763,770	460.888,283	367,512	22,536	0,000	3	7
<b>povprečne vrednosti</b>							<b>22,539</b>	<b>0,007</b>		
<b>meje odstopanj mm</b>							<b>+</b>	<b>-</b>	<b>73</b>	<b>116</b>

**C2: Drugi ISO obrazec druge meritve**

Zap. številka	Serija	Set	Rover	meritev			odstopanje			kvadrati odstopanj		
				n	e	h	mm			mm <sup>2</sup>		
							rn	re	rh	rn2	re2	rh2
1	1	1	FGG1	100.784,221	460.878,784	367,524	-6	1	4	32	1	17
2	1	1	FGG4	100.763,783	460.888,286	367,508	-5	3	13	21	10	166
3	1	2	FGG1	100.784,222	460.878,789	367,527	-7	-4	1	44	18	1
4	1	2	FGG4	100.763,786	460.888,288	367,514	-8	1	7	57	1	47
5	1	3	FGG1	100.784,218	460.878,783	367,521	-3	2	7	7	3	50
6	1	3	FGG4	100.763,785	460.888,284	367,512	-7	5	9	43	27	79
7	1	4	FGG1	100.784,217	460.878,782	367,527	-2	3	1	3	7	1
8	1	4	FGG4	100.763,785	460.888,29	367,521	-7	-1	0	43	1	0
9	1	5	FGG1	100.784,218	460.878,788	367,529	-3	-3	-1	7	11	1
10	1	5	FGG4	100.763,783	460.8.88,291	367,508	-5	-2	13	21	3	166
11	2	1	FGG1	100.784,217	460.878,786	367,529	-2	-1	-1	3	2	1
12	2	1	FGG4	100.763,771	460.888,294	367,53	7	-5	-9	56	23	83
13	2	2	FGG1	100.784,215	460.878,779	367,543	0	6	-15	0	33	223
14	2	2	FGG4	100.763,77	460.888,284	367,528	8	5	-7	72	27	51
15	2	3	FGG1	100.784,21	460.878,786	367,526	5	-1	2	28	2	4
16	2	3	FGG4	100.763,773	460.888,297	367,528	5	-8	-7	30	61	51
17	2	4	FGG1	100.784,217	460.878,790	367,54	-2	-5	-12	3	28	142
18	2	4	FGG4	100.763,769	460.888,299	367,544	9	-10	-23	90	96	535
19	2	5	FGG1	100.784,217	460.878,789	367,541	-2	-4	-13	3	18	167
20	2	5	FGG4	100.763,780	460.888,296	367,532	-2	-7	-11	2	46	124
21	3	1	FGG1	100.784,226	460.878,791	367,536	-11	-6	-8	114	39	63
22	3	1	FGG4	100.763,791	460.888,288	367,526	-13	1	-5	157	1	26
23	3	2	FGG1	100.784,210	460.878,779	367,535	5	6	-7	28	33	48
24	3	2	FGG4	100.763,782	460.888,288	367,524	-4	1	-3	12	1	10
25	3	3	FGG1	100.784,204	460.878,783	367,531	11	2	-3	128	3	9
26	3	3	FGG4	100.763,776	460.888,284	367,512	2	5	9	6	27	79
27	3	4	FGG1	100.784,214	460.878,783	367,500	1	2	28	2	3	788
28	3	4	FGG4	100.763,773	460.888,286	367,514	5	3	7	30	10	47
29	3	5	FGG1	100.784,204	460.878,779	367,512	11	6	16	128	33	258
30	3	5	FGG4	100.763,770	460.888,283	367,512	8	6	9	72	38	79
povprečje serij			FGG1	<b>100.784,215</b>	<b>460.878,785</b>	<b>367,528</b>						
			FGG4	<b>100.763,778</b>	<b>460.888,289</b>	<b>367,521</b>						
vsota kvadratov odstopanj										<b>1241</b>	<b>607</b>	<b>3315</b>
eksperimentalni standardni odklon s				<b>sn</b>	<b>se</b>	<b>sh</b>	<b>S iso hz</b>			<b>8,12</b>		mm
				<b>6,66</b>	<b>4,66</b>	<b>10,88</b>	<b>s iso h</b>			<b>10,88</b>		mm