

Antonio Tupek, univ. bacc. ing. geod. et geoinf., diplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: atupek@geof.hr
 Dario Panić, univ. bacc. ing. geod. et geoinf., diplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: dpanic@geof.hr
 Bruno Mardetko, univ. bacc. ing. geod. et geoinf., diplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: bmardjetko@geof.hr

ISPITIVANJE PRECIZNOSTI GNSS UREĐAJA TOPCON HIPER SR PREMA NORMI ISO 17123-8

SAŽETAK: Konstantan napredak tehnologije donio je velike promjene u geodetsku struku. Jedna od tih promjena je korištenje GNSS mjernih sustava. Danas je moguće ostvariti centimetarsku točnost upravo zahvaljujući neprekidnom razvoju tehnologije kao što je: CROPOS, GPS, GLONASS, uspostava novih satelitskih sustava (Galileo, BeiDou-2) te kvalitetniji i precizniji GNSS prijamnici. Ipak bez obzira na sve navedeno, GNSS prijamnike je, kao i sve ostale instrumente, potrebno ispitati. Svjetska organizacija za normizaciju (ISO) donijela je norme prema kojima se ispituje preciznost GNSS mjernih uređaja te je opisan jedan takav postupak ispitivanja.

Ključne riječi: ISO norma, GNSS prijamnik, Topcon HiPer SR, CROPOS, terenski postupci ispitivanja

NASLOV NA ENGLSKOM

ABSTRACT: The constant progress of technology brought many changes into geodetic profession. One of those changes is the usage of GNSS measurement systems. Precision of just a couple of centimetres is achievable thanks to the development of technologies like: CROPOS, GPS, GLONASS as well as the establishment of some new satellite systems (Galileo, BeiDou-2) along with better quality and precision of GNSS receivers. Nevertheless, GNSS receivers like any other instruments, need to be tested. The International Organization for Standardization (ISO) has come up with procedures to determine the precision of GNSS measurement systems. One of those procedures will be elaborated.

Keywords: ISO standard, GNSS receiver, Topcon HiPer SR, CROPOS, field testing procedures

1. UVOD

ISO (International Organization for Standardization) je svjetska organizacija koja se sastoji od nacionalnih tijela za donošenje norma. Kako bi se definirale i ozakonile određene norme, postoje tehnički odbori koji ih donose za područja za koja su zaduženi. ISO norme koje se odnose na geodetsku struku donosi Tehnički odbor ISO/TC 172 (Optika i fotonika), točnije njihov pododbor SC 6 (Geodetski i mjerni instrumenti). Norma proizašla od strane navedenog pododbora nazvana je „Optika i optički instrumenti – Terenski postupci za ispitivanje geodetskih i mjernih instrumenata” te se može naći pod oznakom „ISO 17123”. Norma se sastoji od osam dijelova, od kojih će u ovome članku biti prikazano osmo poglavlje koje se odnosi na ispitivanje GNSS terenskih mjernih sustava u kinematici u realnom vremenu (RTK).

RTK je relativna metoda određivanja koordinata koja koristi referentni (bazni) i pokretni prijamnik (rover). Kako je na području Republike Hrvatske uspostavljen CROPOS, referentni (bazni) prijamnik nije potreban već se korekcije mjerenja dobivaju direktno od CROPOS-a putem bežične internetske veze (GPRS, UMTS). Norma koja opisuje ispitivanje preciznosti GNSS RTK-a napisana je za ispitivanje u stvarnim uvjetima na terenu i ne zahtijeva upotrebu nikakve dodatne opreme pri mjerenju. Od dva propisana načina ispitivanja (jednostavni i potpuni postupak) u ovome radu bit će opisan potpuni postupak ispitivanja.

2. PODRUČJE ISPITIVANJA

Za područje ispitivanja odabrano je igralište V. gimnazije u Zagrebu. Igralište se nalazi preko puta Geodetskog fakulteta, između Ulice Vjekoslava Klaića sa sjeverne strane i Ulice Izidora Kršnjavog s južne strane. Na igralištu je već ranije trajno stabilizirano šest točaka podzemnim betonskim stupićima. Stabilizirane točke nazvane su slovima A, B, C, D, E i F. Na odabranim točkama D i E (Slika 2. 1.) nebo nije zaklonjeno

ni s jedne strane svijeta, što je omogućilo nesmetano primanje signala sa satelita i time kontinuirano ispitivanje.

3. INSTRUMENTARIJ I SPECIFIKACIJE CROPOS-a

Pri ispitivanju GNSS prijamnika Topcon HiPer SR-a (Slika 3. 1.) korištene su hvataljke kako bi instrument bio stabilan u vertikalnom položaju. Za određivanje duljine i visinske razlike između dviju odabranih točaka D i E korištena je geodetska mjerna stanica Leica TCRP 1201 (Slika 3. 2.) i nivelir Wild NA2 s planparalelnom pločom (Slika 3. 3.). Pri izvođenju mjerenja korišten je VPPS servis CROPOS-a.

3. 1. KORIŠTENI INSTRUMENTARIJ

GNSS prijamnik Topcon HiPer SR uključuje dvofrekventnu antenu integriranu s prijamnikom korištenjem bluetootha (Slika 3. 1.). Topcon HiPer SR prima signale GPS-a, GLONASS-a te QZSS satelita (Tablica 3. 1.). Geodetska mjerna stanica Leica TCRP 1201, čija je mjerna nesigurnost pri

SLIKA 3. 1. Topcon HiPer SR



SLIKA 3. 2. Leica TCRP 1201



SLIKA 3. 3. Wild NA2



SLIKA 2. 1. Lokacija provedbe ispitivanja

mjerenu duljina (2 mm + 2 ppm), korištena je kako bi se odredila horizontalna duljina između dviju odabranih točaka. Kako bi se postigla tražena preciznost mjerenja duljine (3 mm) definirana normom, korištena je mini prizma. S istom preciznošću trebalo je odrediti i visinsku razliku te je korišten precizni nivelir Wild NA2 s planparalelnom pločom te invarna letva s jednostrukom podjelom, čime je bez poteškoća moguće ostvariti

Parametar	Vrijednost
Dimenzija	Š: 150 mm x D: 150 mm x V: 64 mm
Kućiče	Otporno na vodu i prašinu, garantirano otporno na udarce i pad s visine do 2 m
Masa	850 g osnovna masa, 925 g s baterijom
Baterija	Unutarnja litij-ionska baterija
Potrošnja energije	Do 20 sati rada
Radna temperatura	-20 °C do 65 °C s unutarnjom baterijom, a -40 °C do 65 °C s vanjskom baterijom
Upravljanje i prikaz podataka	Vanjski odvojeni kontroler
Memorija	2 GB unutarnja
Povezivost	Bluetooth, Serial, USB
Mogućnost umetanja dviju SIM kartica	
RTK: rad s 3 rovera istovremeno	
Točnost pozicioniranja	
RTK	H: ±(10 mm + 1 ppm) V: ±(15 mm + 1 ppm)
Brza Statika	H: ±(3 mm + 0,5 ppm) V: ±(5 mm + 0,5 ppm)
DGPS	H: ±0,4 m V: ±0,6 m
SBAS	H: ±1 m V: ±1,5 m

Tablica 3. 1. Tehničke specifikacije – Topcon HiPer SR (URL-2 i URL-3) normom zahtijevanu preciznost od 3 mm.

3. 2. KORIŠTENJE I SPECIFIKACIJE CROPOS-a

Da bi uopće bilo moguće obaviti GNSS RTK mjerenja, bilo je potrebno spojiti se na CROPOS. CROPOS je mreža od 30 referentnih GNSS stanica ravnomjerno raspoređenih (međusobni razmak oko 70 km) na teritoriju Republike Hrvatske. CROPOS omogućuje visoku razinu točnosti te homogenost mjerenja na cijelom području Republike Hrvatske. CROPOS nudi korištenje tri servisa: DSP – diferencijalni pozicijski servis u realnom

CROPOS USLUGA	TOČNOST	PRIENOS PODATAKA	FORMAT PODATAKA
DSP	±(0,3 – 0,5 m)	Wireless internet (GPRS, UMTS) NTRIP protocol	RTCM 2.3
VPPS	±0,02 m (2D) ±0,04 m (3D)	Wireless internet (GPRS, UMTS) NTRIP protocol GSM	RTCM 2.3 i RTCM 3.1
GPPS	< (±0,01 m)	internet (FTP, e-mail)	RINEX i RINEX VRS

Tablica 3. 2. Usluge i točnost CROPOS-a

vremenu, VPPS – visokoprecizni pozicijski servis u realnom vremenu i GPPS – geodetski precizni pozicijski servis (Tablica 3. 2.). Za spajanje na CROPOS potreban je mobilni internet (GPRS) ili GSM modem te korisničko ime i lozinka korisnika koji je registriran pri DGU-u. Uspješnim spajanjem na CROPOS, korištenjem VPPS servisa, omogućeno je primanje korekcijskih parametara u RTCM formatu. CROPOS VPPS servis jamči točnost u horizontalnom smislu od ±2 cm i ±4 cm u visinskom smislu (Marjanović, 2010). Specifikacije ostalih servisa koje pruža CROPOS navedene su u tablici 3. 2. Koordinate točaka dobivene su u sustavima HTRS96/TM (E, N) i HVRS71 (H). Visine točaka (H) dobivene su na osnovi modela geoida HRG2009 s točnošću od ±(2 – 3 cm) (URL-1).

4. PROVEDBA MJERENJA

Norma ISO 17123-8 (ISO, 2007) može se smatrati jednim od prvih koraka u postupku ocjenjivanja preciznosti mjerenja. Terenski postupak ispitivanja prilagođen je ugrađenim aplikacijama u uređajima bez potrebe za dodatnom opremom te je isplaniran s namjerom da utjecaj atmosfere na rezultat mjerenja svede na minimum. Norma specificira terenske postupke koje treba usvojiti kod utvrđivanja i ocjenjivanja preciznosti GNSS RTK sustava (uključujući GPS, GLONASS i buduće sustave poput Galilea) prilikom korištenja u katastarskoj ili industrijskoj izmjeri i dr.

GNSS RTK metoda pozicioniranja postupak je relativnog određivanja položaja točaka korištenjem referentnog prijamnika (baza) i pomičnog prijamnika (rover). Oba prijamnika izvode opažanja istodobno i sjedinjuju svoje rezultate putem bežičnog prijenosa. Tako rover može prikazati trenutne koordinate antene u proizvoljnom geodetskom referentnom okviru. Za praktičnu upotrebu koordinate su transformirane u ravninske koordinate i nadmorske visine.

Prije izvođenja mjerenja korisnik uređaja mora osigurati da GNSS prijamnik i antena imaju dostatnu preciznost za traženi zadatak. Trebalo bi provjeriti jesu li prijamnik, antena i pomoćna oprema u prihvatljivom stanju sukladno navedenom u priručniku proizvođača. Korisnik treba pratiti smjernice koje definiraju tražene zahtjeve prilikom pozicioniranja poput minimalnog broja satelita, maksimalne vrijednosti PDOP-a (Position Dilution of Precision), minimalnog vremena opažanja i po mogućnosti ostalih uvjeta. Prilikom provedbe testa potrebno je osigurati preciznost mjerenja visine antene i centriranja antene od 1 mm.

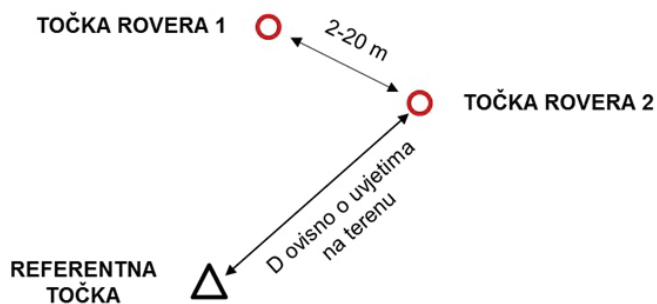
Rezultati testa pod utjecajem su nekoliko parametara, kao što su konfiguracija satelita iznad horizonta na opažanim točkama, troposferski i ionosferski uvjeti, utjecaj multipatha, kvaliteta opreme i softvera unutar uređaja ili sustava koji stvara podatke odaslane s bazne točke.

4. 1. KONCEPT PROVEDBE POTPUNOG TESTA

Testno područje sastoji se od bazne točke i dviju točaka rovera. Udaljenost dviju točaka rovera treba biti minimalno 2 metra i ne smije prijeći 20 metara (Slika 4. 1.). Položaj točaka rovera odabire se u skladu s pogodnostima na terenu. Horizontalna udaljenost i visinska razlika između dviju točaka rovera treba biti određena s preciznošću boljom od 3 mm u odnosu na RTK metodu. Horizontalne udaljenosti i visinske razlike dobivene iz koordinata iz svakog seta mjerenja trebaju biti uspoređene s nominalnim vrijednostima kako bismo bili sigurni da su mjerenja oslobođena grubih pogrešaka. Međutim, te nominalne vrijednosti ne koriste u statističkim testovima. Svaka serija mjerenja sastoji se od pet setova mjerenja, pri čemu se svaki set sastoji od uspješnih mjerenja na točkama rover 1 i rover 2. Provode se tri serije mjerenja.

Vremenski razmak između prvog seta mjerenja svake pojedine serije treba biti minimalno 90 minuta. Time bi svaka pojedina serija trebala prikazati utjecaje promjene geometrije satelita te promjene u atmosferskim uvjetima, odnosno troposferi i ionosferi. Tako bi konačno standardna odstupanja mjerenja prikazala razinu preciznosti, uključujući najčešće utjecaje na satelitsko pozicioniranje. Norma obuhvaća dva terenska postupka za ispitivanje GNSS RTK uređaja, nazvanih jednostavni test i potpuni test. Jednostavni test sastoji se od samo jedne serije mjerenja, odnosno pet setova. Na temelju njega dobijemo samo uvid u postojanje grubih pogrešaka, a ne statističku ocjenu mjerenja. Pomoću potpunog testa koji se sastoji od tri serije mjerenja, odnosno 15 setova mjerenja dobijemo standardna odstupanja mjerenja i statističku ocjenu mjerenja.

U provedbi potpunog testa korištene su hvataljke kojima se štap GNSS uređaja pridržavao u vertikalnom položaju prilikom opažanja (Slika 4. 2.). Vrijeme opažanja na pojedinoj točki trajalo je 1 sekundu, odnosno podaci su se pohranjivali nakon 1 epohe opažanja.



Slika 4. 1. Konfiguracija mreže testnog područja



5. REZULTATI MJERENJA

U tablici 5. 1. prikazane su koordinate dobivene opažanjem na točkama rover 1 i rover 2 u dva neovisno provedena mjerenja izvršena 12. i 13. ožujka 2015. godine.

Nakon obrade podataka iz priložene tablice 5. 1. dobivena su standardna odstupanja po koordinatnim osima za pojedinu koordinatu oba dana mjerenja te empirijska standardna odstupanja horizontalnih koordinata i visine prikazana u tablici 5. 2.

Slika 4.2. Topcon HiPer SR tijekom opažanja

6. STATISTIČKI TESTOVI

Statističkim se testovima općenito ispituje podudaranje stvarnih i teorijskih distribucija, odnosno testom iz malog broja podataka mjerenja (uzorka) utvrđujemo je li neka početna hipoteza prihvatljiva ili nije (Lapaine, 2014).

Svrha provedbe statističkih testova jest utvrditi pripadaju li izračunata standardna odstupanja (Tablica 5. 2.) istoj populaciji kao i deklarirane teorijske vrijednosti (Tablica 3. 1.) te jesu li dva neovisno provedena

Broj mjerenja	Serija	Set	Točka rovera	12. 3. 2015.			13. 3. 2015.		
				Mjerenje [m]			Mjerenje [m]		
				E	N	H	E	N	H
1	1	1	1	458483,225	5074417,624	119,197	458483,231	5074417,619	119,198
2	1	1	2	458482,271	5074402,539	119,334	458482,278	5074402,541	119,335
3	1	2	1	458483,224	5074417,619	119,195	458483,234	5074417,619	119,183
4	1	2	2	458482,271	5074402,542	119,331	458482,278	5074402,541	119,342
5	1	3	1	458483,223	5074417,625	119,191	458483,231	5074417,620	119,196
6	1	3	2	458482,269	5074402,546	119,333	458482,279	5074402,541	119,345
7	1	4	1	458483,224	5074417,622	119,185	458483,236	5074417,623	119,200
8	1	4	2	458482,267	5074402,541	119,334	458482,277	5074402,550	119,338
9	1	5	1	458483,225	5074417,622	119,183	458483,234	5074417,618	119,192
10	1	5	2	458482,265	5074402,535	119,335	458482,275	5074402,545	119,334
11	2	6	1	458483,219	5074417,620	119,184	458483,232	5074417,625	119,199
12	2	6	2	458482,266	5074402,538	119,332	458482,274	5074402,552	119,338
13	2	7	1	458483,225	5074417,616	119,193	458483,230	5074417,622	119,194
14	2	7	2	458482,270	5074402,537	119,335	458482,277	5074402,545	119,331
15	2	8	1	458483,224	5074417,617	119,193	458483,233	5074417,626	119,190
16	2	8	2	458482,272	5074402,538	119,338	458482,278	5074402,544	119,335
17	2	9	1	458483,224	5074417,622	119,196	458483,233	5074417,620	119,190
18	2	9	2	458482,275	5074402,539	119,342	458482,276	5074402,546	119,340
19	2	10	1	458483,224	5074417,619	119,197	458483,237	5074417,622	119,197
20	2	10	2	458482,273	5074402,541	119,345	458482,275	5074402,545	119,330
21	3	11	1	458483,227	5074417,637	119,207	458483,233	5074417,615	119,198
22	3	11	2	458482,267	5074402,541	119,329	458482,277	5074402,548	119,341
23	3	12	1	458483,231	5074417,623	119,188	458483,235	5074417,612	119,198
24	3	12	2	458482,274	5074402,554	119,341	458482,278	5074402,544	119,325
25	3	13	1	458483,222	5074417,620	119,197	458483,231	5074417,612	119,199
26	3	13	2	458482,277	5074402,543	119,338	458482,277	5074402,539	119,337
27	3	14	1	458483,227	5074417,630	119,201	458483,226	5074417,620	119,196
28	3	14	2	458482,278	5074402,542	119,337	458482,273	5074402,544	119,342
29	3	15	1	458483,226	5074417,617	119,193	458483,231	5074417,617	119,190
30	3	15	2	458482,276	5074402,551	119,342	458482,273	5074402,541	119,335

Tablica 5.1. Podaci mjerenja

Standardno odstupanje	12. 3. 2015.	13. 3. 2015.
po E koordinati	$s_E = 3,5$ mm	$\bar{s}_E = 2,4$ mm
po N koordinati	$s_N = 5,3$ mm	$\bar{s}_N = 3,9$ mm
horizontalnih koordinata	$s_{EN} = 6,3$ mm	$\bar{s}_{EN} = 4,6$ mm
po H koordinati	$s_H = 5,6$ mm	$\bar{s}_H = 5,0$ mm

Tablica 5. 2. Standardna odstupanja provedenih mjerenja

mjerenja uzorci iste populacije. Vrijednosti funkcije testova, tj. veličine za testiranje, računaju se na temelju izračunatih standardnih odstupanja horizontalnih koordinata i visine $s_{EN}, s_H, \bar{s}_{EN}, \bar{s}_H$. Testovima je potrebno odgovoriti na sljedeća pitanja:

- + Jesu li izračunata standardna odstupanja horizontalnih koordinata s_{EN} i \bar{s}_{EN} manja ili jednaka odgovarajućoj deklariranoj vrijednosti σ_{xy} ?
- + Jesu li izračunata standardna odstupanja visine s_H i \bar{s}_H manja ili jednaka odgovarajućoj deklariranoj vrijednosti σ_h ?
- + Pripadaju li dva izračunata standardna odstupanja horizontalnih koordinata s_{EN} i \bar{s}_{EN} , dobivena na temelju dva neovisno provedena mjerenja, istoj populaciji, odnosno imaju li oba skupa iz kojih su uzeti uzorci isto standardno odstupanje?
- + Pripadaju li dva izračunata standardna odstupanja visine s_H i \bar{s}_H dobivena na temelju dva neovisno provedena mjerenja, istoj populaciji, odnosno imaju li oba skupa iz kojih su uzeti uzorci isto standardno odstupanje?

Svi testovi provedeni su uz razinu pouzdanosti $1 - \alpha = 0,95$ i broj stupnjeva slobode ($v_E + v_N = 56$) i $v_H = 28$. Za prva dva pitanja korišten je χ^2 -test dok je za treće i četvrto pitanje korišten Fisherov test vjerojatnosti.

6. 1. STATISTIČKI TEST BR. 1

Izračunato standardno odstupanje horizontalnih koordinata prvog neovisnog mjerenja iznosi $s_{EN} = 6,3$ mm, a drugog $\bar{s}_{EN} = 4,6$ mm pri čemu je dana teorijska, tj. deklarirana vrijednost $\sigma_{xy} = 11,0$ mm (Tablica 3. 1.). Računanje veličina za testiranje provodi se prema sljedećem izr:

$$s_{EN} \leq \sigma_{xy} \sqrt{\frac{\chi^2_{0,95}(v_E+v_N)}{v_E+v_N}}$$

nulta hipoteza (H_0): $s_{EN} \leq \sigma_{xy}$

alternativna hipoteza (H_1): $s_{EN} > \sigma_{xy}$.

Sukladno tome za prvo neovisno mjerenje dobiveno je: $6,3 \leq 12,7$. Nulta hipoteza (H_0) se prihvaća. Uz 95 % vjerojatnosti zaključuje se da je izračunato standardno odstupanje manje od deklariranog odstupanja. Mjerenje je obavljeno s predviđenom preciznošću. Nadalje, prema navedenom izrazu određivanjem granica intervala za drugo neovisno mjerene slijedi: $4,6 \leq 12,7$. Uvjet je također zadovoljen. Zaključuje se da je uz 95 % vjerojatnosti izračunato standardno odstupanje horizontalnih koordinata manje od deklariranog odstupanja.

6. 2. STATISTIČKI TEST BR. 2

Izračunata standardna odstupanja visine prvog i drugog neovisnog mjerenja iznose $s_H = 5,6$ mm, odnosno $\bar{s}_H = 5,0$ mm pri čemu je dana deklarirana vrijednost $\sigma_h = 16,0$ mm (Tablica 3. 1.). Računanje veličina za testiranje provodi se prema navedenom izrazu:

$$s_H \leq \sigma_h \sqrt{\frac{\chi^2_{0,95}(v_H)}{v_H}}$$

nulta hipoteza (H_0): $s_H \leq \sigma_h$

alternativna hipoteza (H_1): $s_H > \sigma_h$.

Sukladno tome za prvo neovisno mjerenje vrijedi: $5,6 \leq 19,5$. Nulta hipoteza H_0 se prihvaća. Zaključuje se da je uz 95 % vjerojatnosti izračunato standardno odstupanje s_H manje od deklariranog odstupanja σ_h . Mjerenje je obavljeno s predviđenom preciznošću. Nadalje, prema istom izrazu određivanjem granica intervala za drugo neovisno mjerene slijedi: $5,0 \leq 19,5$. Uvjet je također zadovoljen. Zaključuje se da je uz 95 % vjerojatnosti izračunato standardno odstupanje manje od deklariranog odstupanja.

6.3. STATISTIČKI TEST BR. 3

Izračunata standardna odstupanja horizontalnih koordinata prvog i drugog neovisnog mjerenja iznose $s_{EN} = 6,3 \text{ mm}$, a drugog $\bar{s}_{EN} = 4,6 \text{ mm}$ (Tablica 5. 2.). Računanje granica intervala i veličine za testiranje provodi se prema izrazu:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\bar{v}_E + \bar{v}_N, v_E + v_N)} \leq \frac{s_{EN}^2}{\bar{s}_{EN}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(\bar{v}_E + \bar{v}_N, v_E + v_N),$$

nulta hipoteza (H₀): $s_{EN} = \bar{s}_{EN}$

alternativna hipoteza (H₁): $s_{EN} \neq \bar{s}_{EN}$.

Sukladno tome proizlazi: $0,59 \leq 1,92 \leq 1,72$. Uvjet statističkog testa nije zadovoljen, nulta hipoteza se odbija i prihvaća alternativna hipoteza. Testirana standardna odstupanja ne pripadaju istoj populaciji, odnosno skupovi iz kojih su uzeti uzorci nemaju isto standardno odstupanje.

6.4. STATISTIČKI TEST BR. 4

Izračunata standardna odstupanja visina prvog i drugog neovisnog mjerenja iznose $s_H = 5,6 \text{ mm}$, odnosno $\bar{s}_H = 5,0 \text{ mm}$ (Tablica 5. 2.). Računanje granica intervala i veličine za testiranje provodi se prema izrazu:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v_H, v_H)} \leq \frac{s_H^2}{\bar{s}_H^2} \leq F_{1-\alpha/2}(v_H, v_H),$$

nulta hipoteza (H₀): $s_H = \bar{s}_H$

alternativna hipoteza (H₁): $s_H \neq \bar{s}_H$.

Sukladno tome proizlazi: $0,47 \leq 1,25 \leq 2,13$. Uvjet statističkog testa je zadovoljen, tj. prihvaća se nulta hipoteza. Testirana standardna odstupanja pripadaju istoj populaciji, odnosno skupovi iz kojih su uzeti uzorci imaju isto standardno odstupanje.

7. ZAKLJUČAK

Statističkim je testovima utvrđeno da ispitani GNSS uređaj Topcon HiPer SR postiže preciznost mjerenja u horizontalnom i visinskom smislu u granicama navedenim od strane proizvođača. Uz vjerojatnost od 95 % ostvarena su standardna odstupanja horizontalnih koordinata od 6,3 mm i 4,6 mm u odnosu na 11 mm deklariranih od strane proizvođača. Također uz vjerojatnost od 95 % ostvarena su standardna odstupanja u visinskom smislu od 5,6 mm za prvi, odnosno 5 mm za drugi dan mjerenja u odnosu na standardno odstupanje od 16 mm deklariranih od strane proizvođača. Utvrđeno je da ostvarena standardna odstupanja horizontalnih koordinata ne pripadaju istoj populaciji. Razlog tome može biti što su mjerenja prvog dana obavljena u popodnevnom satima, a drugog dana u jutarnjim satima, iz čega proizlazi da su mjerenja obavljena pri različitim konfiguracijama satelita. Drugi razlog može biti taj što je horizontiranje instrumenta izvršeno pomoću dozne libele s osjetljivošću od 30'. Pogreška horizontiranja od 1' na visinu antene od 2 metra daje pomak horizontalnih koordinata od 0,6 mm. Standardna odstupanja u visinskom smislu pripadaju istoj populaciji. Razlog tome je držanje uređaja u vertikalnom položaju pomoću štipaljke tijekom prvog i drugog dana mjerenja.

8. ZAHVALA

Zahvaljujemo doc. dr. sc. Mladenu Zrinjskom, dipl. ing. geod. na korisnim savjetima i objašnjenjima u svim fazama izrade ovog rada.

Zahvaljujemo višem asistentu dr. sc. Anti Marendiću, dipl. ing. geod., na posudbi instrumentarija.

9. LITERATURA

+ ISO (2007): ISO 117123-8: 2007 (First edition 2007-09-15): Optics and optical instruments - Field procedures for testing geodetic and surveying instruments - Part 8: GNSS field

measurement systems in real time kinematics (RTK).

+ Lapaine, M. (2014): Predavanja iz kolegija „Osnove statistike“, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

+ Marjanović, M. (2010): CROPOS - hrvatski pozicijski sustav, Ekscentar, br. 12, str. 28.-34.

+ URL-1: Službene stranice CROPOS sustava, [Internet]; <raspoloživo na: <http://www.cropos.hr/>>, [pristupljeno 17. ožujka 2015.].

+ URL-2: Službene stranice Topcon HiPer SR, [Internet]; <raspoloživo na: <http://www.topconpositioning.com/products/gnss/receivers/hiper-sr/>>, [pristupljeno 20. ožujka 2015.].

+ URL-3: Topcon HiPer SR User Manual, [Internet]; <raspoloživo na: http://www.topconpositioning.com/sites/default/files/HiPer_SR_7010_2108_RevB_TF_sm.pdf>, [pristupljeno 21. ožujka 2015.].

Slika 8. 1. Sudionici radionice

