

Iva Krište

Dino Železnjak, univ. bacc. ing. geod. et geoinf.

Katarina Milec, univ. bacc. ing. geod. et geoinf.

Lucija Meštrić, univ. bacc. ing. geod. et geoinf.

▶ preddiplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: ivkriste@geof.hr

▶ diplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: dizeleznjak@geof.hr

▶ diplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: kamilec@geof.hr

▶ diplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: lumestric@geof.hr



Ispitivanje novih servisa/usluga Trimble GNSS R10 uređaja

SAŽETAK: Nadogradnja globalnih navigacijskih satelitskih sustava (GNSS) i sve složenije potrebe korisnika ukazuju na potrebu boljih GNSS prijamnika. Kao najnoviji uređaj na tržištu pojavio se GNSS prijamnik Trimble R10. U radu su proučene i ispitane nove tehnologije ugrađene u prijamnik te je ispitana njihova točnost s obzirom na zahtjeve korisnika.

KLJUČNE RIJEČI: globalni navigacijski satelitski sustav, GNSS prijamnik, Trimble R10, nove tehnologije

Testing New Services of Trimble GNSS R10 Instrument

ABSTRACT: Global navigation satellite systems (GNSS) upgrade and more complex user needs demand better GNSS receivers. GNSS receiver Trimble R10 emerged as the latest device in the global market. In this paper, new technologies which are incorporated in the receiver, will be studied and tested. The accuracy of these technologies will also be analyzed according to user needs.

KEYWORDS: global navigation satellite system, GNSS receiver, Trimble R10, new technologies

1. UVOD

Svjedoci smo ubrzanog razvoja tehnologije i informatike, što uzrokuje i sve brži razvoj geodetskih instrumenata i geodetske opreme. Kako bi bili u koraku sa svjetskim zbivanjima u području geodetske struke, u sklopu studentske radionice detaljno je testiran uređaj za primanje signala globalnog navigacijskog satelitskog sustava (GNSS) Trimble R10 u tvrtki Geomatika-Smolčak d.o.o.

U ovom radu prikazane su i predstavljene značajne promjene u odnosu na srodne GNSS uređaje. Prva značajna karakteristika je mogućnost smanjenja pogreške nastale zbog nevertikalnog položaja GNSS antene na štapi. Naime, ovaj instrument ima mogućnost točnog mjerenja uz odklon libele do 15° od vertikalnog položaja. Nadalje, zahvaljujući uspostavi Trimble RTX (eng. *Trimble Real-time eXtended*) satelitskog sustava, moguć je nastavak mjerenja još pet minuta nakon gubitka veze s CROPOS-om (Hrvatski pozicijski sustav). Pomoću nove tehnologije prijarnika signala omogućeno je primanje signala svih postojećih satelita u Zemljinoj orbiti čime mjerenje u zaklonjenim područjima poput šuma i gradova više nije nemoguće. Osim teorijskog objašnjenja, u praktičnom dijelu radionice testiran je instrument te su prikazani rezultati mjerenja. Terenska mjerenja provedena su 4. travnja 2014. godine na području općine Stupnik.

2. SPECIFIKACIJE INSTRUMENTA

U odnosu na svoje prethodnike, GNSS uređaj Trimble R10 značajan je tehnološki iskorak zbog ugrađenih novih tehnologija, te kao takav predstavlja svojevrsan odgovor na potrebe korisnika

globalnih navigacijskih satelitskih sustava. Visokoprecizan, pouzdan i brz rezultat ostvaruje se čak i u lošijim uvjetima zahvaljujući sljedećim tehnologijama integriranim u uređaj:

- Trimble HD GNSS
- Trimble SurePoint
- Trimble 360
- CenterPoint RTX
- Trimble xFill.

Nove tehnologije donose i nove mogućnosti poboljšanja kvalitete mjerenja:

- kraće prikupljanje podataka na točkama i u zahtjevnijim uvjetima, HD GNSS rješenje umjesto standardnog *fix/float* (*Trimble HD GNSS*)
- povećanje produktivnosti mjerenja uz elektronsku kompenzaciju nagiba (*Trimble SurePoint*)
- centimetarska točnost pozicioniranja na globalnoj razini uz primanje korekcija s RTX satelita (*CenterPoint RTX*)
- smanjenje prekida rada zbog gubitka radijskog signala (*Trimble xFill*)
- primanje svih dostupnih signala globalnih navigacijskih satelitskih sustava kao i onih koji će tek biti dostupni uz 440 kanala (*Trimble 360*) (Trimble, 2012, *User Guide*).

Tehničke specifikacije instrumenta, uključujući hardver i točnost pozicioniranja korištenjem različitih metoda, prikazane su u tablici (Tablica 2.1.).

Tablica 2.1. Tehničke specifikacije – Trimble R10

HARDVER	
Dimenzije	11,9 cm x 13,6 cm
Masa	1,12 kg (uključujući bateriju, radio i antenu)
Baterija	Litium-ion, 7,4 V, 3,7 A
Potrošnja energije	5,1 W (cca 5 sati rada)
Radna temperatura	od -40 °C do +65 °C
Tipkovnica	tipka ON/OFF + LED indikatori
Memorija	4 GB
TOČNOST POZICIONIRANJA	
DGPS	
Horizontalno	0,25 m + 1 ppm RMS
Vertikalno	0,50 m + 1 ppm RMS
SBAS	< 5 m 3 DRMS
VISOKOPRECIZNA STATIKA	
Horizontalno	3 mm + 0,1 ppm RMS
Vertikalno	3,5 mm + 0,4 ppm RMS
STATIKA I BRZA STATIKA	
Horizontalno	3 mm + 0,5 ppm RMS
Vertikalno	5 mm + 0,5 ppm RMS
RTK	
Horizontalno	8 mm + 1 ppm RMS
Vertikalno	15 mm + 1 ppm RMS
Inicijalizacija	2 – 8 s
Trimble x Fill	
Horizontalno	RTK* + 10 mm/minute RMS
Vertikalno	RTK* + 20 mm/minute RMS

* RTK se odnosi na točnost prije gubitka

Ograničenja upotrebe GNSS uređaja u teško dostupnim područjima i područjima koja nisu pokrivena mobilnim signalom svedena su na minimum kod R10 prijamnika. Integracijom spomenutih tehnologija omogućeno je mjerenje satelitskom metodom u područjima gdje je inače dana prednost terestričkim metodama (npr. šuma, gusto izgrađeni gradovi).

3. TRIMBLE 360 PRIJAMNIK

Napredak u globalnim navigacijskim satelitskim sustavima (GNSS) korisnicima povećava broj dostupnih satelita i satelitskih signala. Da bi se korisnicima i osiguralo korištenje najnovijih GNSS tehnologija, tvrtka Trimble uvodi tehnologiju Trimble 360 koja je integrirana u Trimble R10 prijamnik. Tehnologija podržava primanje signala sa svih postojećih GNSS konstelacija (GPS, GLONASS, Galileo, Compass, QZSS) i augmentacijskih sustava (WAAS, EGNOS, MSAS te GAGAN) te služi i kao nadopuna navedenim sustavima u pogledu njihove modernizacije i nadogradnje (URL 1). S 440 GNSS kanala omogućuje se primanje signala i na mjestima koja su do sada bile previše nepristupačna da bi se na njima mogla obavljati izmjera. Takva mjesta su npr. šume i uža gradska područja. Trimble 360 tehnologija, osim što s 440 kanala omogućuje prijem velikog broja signala, omogućuje i prijem signala nosača sa svih navedenih GNSS-a, kao što je predočeno u tablici (Tablica 3.1.).

GNSS SUSTAV	NOSAČ
GPS	L1, L2, L5
GLONASS	L1, L2
Galileo	E1, E5
Compass	B1, B2
QZSS	L1, L2, L5, LEX

Tablica 3.1. Nosači čije signale prima R10 prijamnik

Obradu tako velikog broja signala omogućuje HD-GNSS procesor u koji su integrirana dva Trimble Maxwell 6 sklopa. Uz navedenu tehnologiju i poboljšane algoritme traženja ambiguiteta i obrade signala, omogućuje se brzo računanje pozicije prijamnika u prostoru s visokom pouzdanošću rezultata. Kao što je navedeno u ranijem poglavlju, kao tip rješenja pozicioniranja više se ne navodi tzv. fixed, odnosno float rješenje, već se korisniku prikazuje procjena pogreške određivanja položaja.

Trimble 360 tehnologija testirana je u šumi kraj naselja Gornji Stupnik, općina Stupnik. Lokacija navedene šume preuzeta sa servisa Google karte predočena je na slici (Slika 3.1.). Kružnica predstavlja područje na kojem je obavljeno testiranje tehnologije.



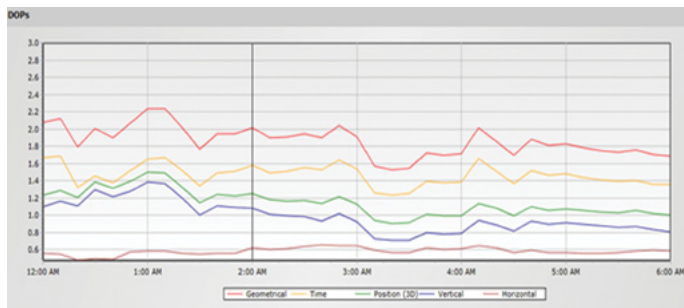
Slika 3.1. Lokacija testiranja Trimble 360 tehnologija

Da bi se tehnologija uspješno mogla testirati u nepristupačnom području kao što je šuma, potrebno je najprije poznavati prave vrijednosti koordinata točaka koje se testiraju. Stoga su free station metodom određene koordinate točke na kojima se nalazi totalna stanica (u šumi). Orijentacija totalne stanice obavljena je na točkama van šume koje su prethodno određene GNSS metodom (60 epoha mjerenja). Testiranje je provedeno na 7 točaka unutar šume na način da su najprije koordinate točke određene GNSS metodom, a zatim su se koordinate istih točaka izračunale totalnom stanicom. Koordinate točaka određene pomoću totalne stanice mogu se klasificirati kao točnije od onih dobivenih GNSS metodom zbog činjenice da krošnje drveća otežavaju primanje GNSS signala. Na temelju razlike između koordinata točaka dobivenih tim dvjema metodama mogu se izračunati odstupanja. Na slici (Slika 3.2.) je predočen prijamnik R10 s pogledom iz tzv. žablje perspektive, kako bi se dobio uvid u stupanj zaklonjenosti neba na području mjerenja.



Slika 3.2. Prijamnik R10 tijekom testiranja u šumi

Uvjeti opažanja GNSS metodom vidljivi su na slici (Slika 3.3.) na kojoj se nalaze DOP (eng. *Dilution of Precision*, u prijevodu 'rasap preciznosti') parametri za područje mjerenja: geometrijski, vremenski, horizontalni, vertikalni i 3D prostorni. Spomenuti parametri nemaju dimenziju. Vidljivo je kako je za vrijeme opažanja (od 14.00 do 15.00 sati) GDOP iznosio oko 2,0, što znači da su uvjeti mjerenja bili povoljni u pogledu geometrijske konstelacije satelita (pravilo je da se izbjegava mjerenje ako je GDOP nepovoljan i iznosi više od 6,0). Prikaz DOP-ova izrađen je pomoću Trimbleovog *online* servisa *GNSS Planning Online* (URL 2).



Slika 3.3. Prikaz DOP-ova na području mjerenja

Kao rezultat testiranja određene su koordinate točaka dobivene dvjema različitim metodama (GNSS i polarna metoda) (Tablica 3.2.). Veličina d predstavlja prostornu udaljenost između točke određene GNSS-om, tj. polarnom metodom.

Tablica 3.2. Prikaz koordinata testiranih točaka i njihovih međusobnih razlika

Točka	GNSS metoda			Polarna metoda			Razlika
	X[m]	Y[m]	Z[m]	X[m]	Y[m]	Z[m]	
P2	5067830,235	447582,888	133,663	5067830,237	447582,902	133,632	0,034
P3	5067818,411	447586,722	133,511	5067818,424	447586,570	133,478	0,156
P4	5067806,076	447592,469	133,410	5067806,070	447592,436	133,445	0,048
P5	5067788,320	447580,629	133,313	5067788,349	447580,537	133,420	0,144
P6	5067789,369	447573,540	133,382	5067789,356	447573,564	133,294	0,092
P7	5067816,906	447507,072	133,397	5067816,952	447507,038	133,401	0,057
P8	5067833,612	447504,007	133,741	5067833,633	447504,025	133,861	0,123

Najveći iznos odstupanja GNSS mjerenja je 15,6 cm, dok je iznos prosječnog odstupanja 9,3 cm. Kako se u šumama zbog visoke dinamike njihovog površinskog sloja ne zahtijeva visoka položajna točnost izmjerenih točaka, može se zaključiti da se korištenjem GNSS prijemnika R10 na takvim područjima postižu zadovoljavajući rezultati koji mogu poslužiti u stručnim poslovima koji ne zahtijevaju visoku točnost rezultata (poput katastarske izmjere i sl.).

4. NAGIB GNSS ANTENE

Nagib štapa antene GNSSR10 prijemnika može se pratiti pomoću elektronske libele i uvidom u pohranjene podatke izmjere. Tehnologija Trimble SurePoint, koja to omogućuje, sastoji se od MEMS (eng. *microelectromechanical systems*, u prijevodu *mikroelektromehanički sustavi*) senzora nagiba i akcelerometara te magnetskog kompasa koji određuje smjer nagiba. Spomenuta tehnologija skraćuje vrijeme potrebno za prikupljanje RTK (eng. *real time kinematic*) podataka s pojedine točke, unaprjeđuje prikupljanje GNSS podataka, točnost mjerenja i pouzdanost rada operatera. To postiže na sljedeće načine:

- omogućuje prikaz elektronske libele na zaslonu kontrolera (dobiva se automatskim mjerenjem nagiba štapa antene GNSS prijemnika) čime se eliminira usmjeravanje pozornosti na mehaničku libelu štapa i na zaslon kontrolera,

- upozorava korisnika kada štap prijemnika previše odstupa od smjera vertikale – sprječava prikupljanje pogrešnih podataka,
- pohranjuje podatke o nagibu štapa,
- koristi kompenzaciju nagiba štapa čime omogućuje kontinuiran (intuitivan) tijek izmjere.

Da bi geodetski operater bio siguran da elektronska libela pokazuje ispravno, potrebno je provesti njenu kalibraciju uz pomoć mehaničke (Slika 4.1.).



Slika 4.1. Kalibracija elektronske libele uz pomoć mehaničke na štapi i dvoonošca

Preduvjet točne kalibracije elektronske libele je da je mehanička libela točno kalibrirana. Pomoću dvoonošca i štapa ili tronošca s podnožnom pločom, koji imaju dobro kalibriranu mehaničku libelu, GNSS prijemnik se horizontalira, tj. vertikalna os prijemnika dovodi se u smjer vertikale (smjer sile teže). U *Trimble Access* softveru kontrolera određuju se postavke elektronske libele – osjetljivost, rata ažuriranja i tolerancija nagiba. Zatim se pohranjuje kalibracija. Kalibracija se provodi prema potrebama korisnika, a vrijedi najviše 30 dana, nakon čega ju je obavezno ponovo izvršiti (Trimble R10 Reciever User Guide, 2012). Osim libele, po-

trebno je kalibrirati i elektronski kompas koji se nalazi u prijemniku. Kalibracija kompasa se vrši okretanjem prijemnika kroz osam različitih ravnina oko horizontalne osi prijemnika (Schrock, 2014.).

Korisnik postavlja određenu toleranciju nagiba štapa GNSS antene prijemnika. Kada je štap postavljen izvan te tolerancije, prije pohranjivanja mjerenja, kontroler upozorava operatera, a na zaslonu *Trimble Access* softvera mjehur libele je crvene boje. Operater može odbaciti podatke mjerenja i ponoviti ga. Osim toga, postoji mogućnost automatskog registriranja točaka. Kada stvarni nagib štapa uđe u područje zadane tolerancije (najviše do 15°), mjehur libele na zaslonu prikazan je zeleno, točka se automatski registrira i prijemnik je spreman za novo mjerenje. Dakle, nije potrebno raditi s tipkama. Postupak mjerenja se odvija intuitivno.

Pogreške u položaju koje se mogu javiti uslijed nevertikalnosti i nestabilnosti štapa antene GNSS prijemnika mogu poprimiti veći iznos, ovisno o pažnji geodetskog operatera o postavljanju štapa u vertikalni i za vrijeme izmjere stabilan položaj. Kod prijašnjih GNSS instrumenata, vertikalnost i stabilnost štapa mogao je uočiti samo geodetski operater na terenu i nije bilo pohranjenih podataka o nagibu štapa. Korištenjem dvoonošca ili višestrukim mjerenjem stajališta moguće je ukloniti/smanjiti pogrešku nevertikalnosti i nestabilnosti.

No, navedeni postupci produžuju vrijeme izmjere točke. Prilika za

poboljšanje produktivnosti GNSS izmjere je u skraćivanju vremena potrebnog za postavljanje štapa prijemnika u smjeru vertikale i u skraćivanju vremena i napora u održavanje stabilnosti štapa tijekom prikupljanja podataka. Druga inovativna tehnologija, *Trimble HD-GNSS*, koja je integrirana u R10 GNSS prijemnik omogućuje registriranje podataka za nekoliko položaja u jednoj sekundi. Takva brza mjerenja skraćuju vrijeme koje je potrebno za održavanje štapa u smjeru vertikale. Geodetski operater obično treba samo dovesti štاپ u smjer vertikale. Postupak prikupljanja podataka, tj. postupak mjerenja, ubrza elektronska libela s jasnim i jednostavnim uvidom u vertikalnost i učestalim ažuriranjem promjene nagiba štapa na zaslonu kontrolera. Ako operater nije horizontirao štاپ s dovoljnom točnošću, dobiva jasnu naznaku i mogućnost da ponovi mjerenje. Saznanje da instrument mjeri nagib štapa i da upozorava, operateru pruža određenu razinu samopouzdanja, a to donosi stabilnost držanja štapa vertikalnim, poboljšava izvedbu mjerenja i povećava produktivnost, te se ukupno vrijeme mjerenja može se smanjiti od 30 do 50 % (Thompson, 2012).

U sklopu radionice provedena su ispitivanja preciznosti GNSS R10 prijemnika prilikom određivanja koordinata točaka kompenzacijom nagiba štapa prijemnika (Slika 4.2.). Tehnologija *Trimble SurePoint* omogućuje izmjeru točaka s nagibom štapa antene GNSS prijemnika do 15° od smjera vertikale. Odabrano je stajalište na terenu koje je snimljeno s horizontiranim štapom GNSS antene prijemnika te za to mjerenje nije korištena kompenzacija nagiba. Uvidom u Tablicu 4.1. zaključuje se da je postignuta RTK točnost. Nije korištena kompenzacija nagiba, a uz kut i poznatu visinu antene, izračunata udaljenost antene od točke iznosi 3 mm. Isto stajalište snimljeno je s nagnutim štapom GNSS antene prijemnika pri čemu je uređaj kompenzirao taj nagib i dao RTK rješenja (Slika 4.2.).



Slika 4.2. RTK izmjera točaka s nagnutim štapom antene GNSS prijemnika

Tablica 4.1. Uvid u podatke za stajalište t3 snimljeno bez i s nagibom GNSS antene prijemnika

Točka	Y [m]	X [m]	Z [m]	Kod	Visina antene [m]	Tilt distance [m]	Sateliti	Hz prec [m]	Vt prec [m]
t3	450358,069	5068911,102	121,118	uspravno	2,000	0,003	16	0,014	0,019
t3k	450358,078	5068911,106	121,119	koso	2,000	-	16	0,021	0,025

Zatim je na terenu odabrano sljedeće stajalište na kojem je provedeno prvo mjerenje s horizontiranom libelom štapa GNSS prijemnika i nekoliko mjerenja s proizvoljnim nagibom štapa, ne većim od 15° i njegovom kompenzacijom (Tablica 4.2.).

Tablica 4.2. Uvid u podatke za stajalište t4 snimljeno bez i s nagibima GNSS antene prijemnika

Točka	Y [m]	X [m]	Z [m]	Kod	Visina antene [m]	Tilt distance [m]	Sateliti	Hz prec [m]	Vt prec [m]
t4	450358,069	5068911,452	121,418	uspravno	2,000	0,007	16	0,009	0,011
t4k	450358,074	5068911,459	121,425	koso	2,000	-	16	0,016	0,005
t4l	450358,092	5068911,459	121,406	koso	2,000	-	15	0,026	0,028
t4m	450358,087	5068911,460	121,420	koso	2,000	-	15	0,024	0,024
t4n	450358,078	5068911,462	121,412	koso	2,000	-	16	0,020	0,027

Horizontalna i vertikalna preciznost koordinata točaka koje su mjerene s kompenzacijom nagnutog štapa GNSS antene prijemnika manje su od uspravno izmjerenih točaka bez kompenzacije za vrijednost manju od 1 cm. Njihova je točnost unutar propisane točnosti određivanja za pomoćne točke (IV. razred) ili bolja. Točnost propisana člankom 50. Pravilnika o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova za točke IV. razreda iznosi 0,020 – 0,050 metara uz 95-postotnu razinu povjerenja. Prednosti mjerenja s kompenzacijom nagiba su da operater može izmjeriti točke koje se ne mogu dohvatiti s uspravno postavljenim štapom. Mjerenja su brža jer operater ne treba horizontirati libelu u potpunosti. Uz navedeno, moguće je postupak mjerenja dodatno ubrzati uključivanjem automatske pohrane mjerenja koje se izvršava neposredno postavljenjem štapa unutar definirane tolerancije nagiba.

5. TRIMBLE XFill SUSTAV

GNSS uređaj Trimble R10 trenutno je jedini uređaj s mogućnošću primjene *xFill* sustava. Sustav se uobičajeno sastoji od više zemaljskih kontrolnih stanica koje primaju GNSS satelitske signale te koristeći zaštićene algoritme za pozicioniranje, generiraju korekcijske poruke koje se korisniku šalju u CMRx formatu putem satelitskog segmenta augmentacijskog sustava ili internetskom vezom. Satelitski segment sastoji se od RTX geostacioniranih satelita koji poruku emitiraju u L elektromagnetnom pojasu u kojem se emitiraju i navigacijske poruke s GNSS satelita (Grgić i dr., 2013.). Zemaljski kontrolni segment *xFill* sustava sastoji se od oko 100 zemaljskih kontrolnih stanica (Slika 5.1.).



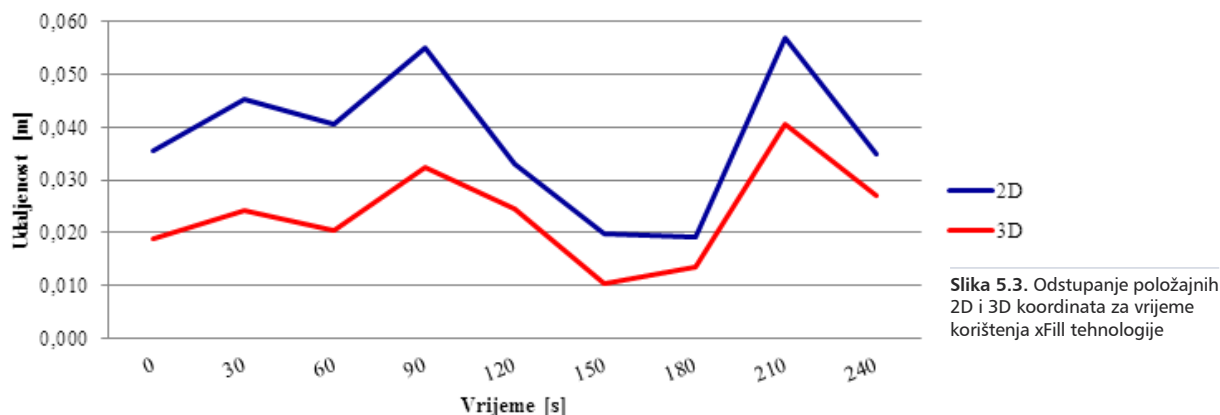
Slika 5.1. Raspored Trimble xFill referentnih stanica

U području pokrivenosti signalom RTX satelita pozicija prijamnika određuje se kontinuiranim primanjem korekcijskih parametara s VRS (eng. *virtual reference station*) sustava (ili radijskog signala s drugog prijamnika) kao primarnog izvora i satelita kao izvora neovisnog o pokrivenosti mobilne mreže. Dakle, nakon gubitka veze sa stanicom ne dolazi do prekida rada, već se automatski uključuje *xFill* tehnologija, a uređaj se do ponovnog uspostavljanja veze oslanja isključivo na RTX korekcije. Primjena *xFill* tehnologije ograničena je na najviše pet minuta od trenutka gubitka veze s primarnim izvorom korekcija (Trimble, 2012, White Paper). Točnost pozicioniranja koju je moguće ostvariti nakon prekida veze smanjuje se s protokom vremena.

Za potrebe radionice na području općine Stupnik izvršeno je testiranje rada *xFill* tehnologije. Najprije je na terenu određena točka s koje je moguće ostvariti vezu na RTX satelit te su potom koordinate

iste točke određene CROPOS VPPS-om (visokoprecizni servis pozicioniranja). Nakon prekida veze s CROPOS-om ponovljena su mjerenja na istoj točki uz primjenu *xFill* tehnologije (Slika 5.2.).

U intervalu od pet minuta u različitim vremenskim razmacima registrirane su koordinate točke. Iz podataka mjerenja naknadnom je obradom utvrđena promjena preciznosti od gubitka veze na CROPOS-u do isteka maksimalno dopuštenih pet minuta korištenja *xFill* tehnologije. Koordinate određene CROPOS-om uzete su kao referentne te su s obzirom na njih određena položajna i visinska odstupanja ostalih koordinata. Rezultati su prikazani u Tablici 5.1., a grafički prikaz položajnog odstupanja 2D i 3D koordinata dan je na slici (Slika 5.3.). Važno je napomenuti da je primjena *xFill* tehnologije moguća jedino pri postojećoj vezi na primarni sustav i povoljnoj konstelaciji RTX satelita.



Slika 5.3. Odstupanje položajnih 2D i 3D koordinata za vrijeme korištenja *xFill* tehnologije

Slika 5.2. Testiranje *xFill* tehnologije GNSS uređajem Trimble R10



Tablica 5.1. Prikaz rezultata testiranja *xFill* tehnologije

Točka	Y [m]	X [m]	Z [m]	2D	3D	Kod
t5	450364,824	5068883,497	120,644	0,017	0,019	cropos
t6	450364,838	5068883,506	120,653	0,021	0,024	xfill
t7	450364,842	5068883,508	120,656	0,020	0,020	xfill
t8	450364,843	5068883,504	120,646	0,023	0,032	xfill
t9	450364,818	5068883,519	120,621	0,008	0,025	xfill
t10	450364,830	5068883,503	120,667	0,009	0,010	xfill
t11	450364,815	5068883,499	120,649	0,006	0,013	xfill
t12	450364,827	5068883,492	120,656	0,016	0,041	xfill
t13	450364,840	5068883,493	120,681	0,008	0,027	xfill
t14	450364,830	5068883,492	120,670	0,017	0,019	xfill

Iz priložene tablice (Tablica 5.1.) vidi se da maksimalno položajno odstupanje 2D koordinata određenih primjenom Trimble *xFill* tehnologije od referentnih određenih CROPOS VPPS-om iznosi oko 2 cm dok maksimalno položajno odstupanje 3D koordinata iznosi oko 4 cm. Ostvarena točnost odgovara zahtjevima za određivanje točaka GNSS mreže 3. reda (IV. razred) (DGU, 2009.). Točnost pozicioniranja ostvarena primjenom *xFill* tehnologije zadovoljavajuća je u slučajevima kada zahtjevi za točnošću nisu visoki, no kod visokopreciznih radova, unatoč novim mogućnostima i tehnologijama, prednost je potrebno dati terestričkim metodama mjerenja.

5. ZAKLJUČAK

Sve napredniji i automatiziraniji geodetski instrumenti koji se pojavljuju na tržištu pružaju sve više mogućnosti za olakšavanje rada geodetskom inženjeru. U želji da se struci približi jedan takav instrument (Trimble R10), opisane su njegove tri najvažnije inovativne mogućnosti. Omogućavanje primanja signala u zaklonjenim područjima (šuma, grad), reduciranje pogreške zbog nevertikalnosti štapa antene i mogućnost primanja korekcija do pet minuta nakon prekida veze, olakšavaju rješavanje svakodnevnih radnih izazova.

Terenskim testiranjem utvrđeno je da su podaci dobiveni pomoću tehničkih rješenja, koja pružaju te mogućnosti, zadovoljavajući za određene vrste poslova. Mjerenja u šumi satelitskom metodom razlikuju se od mjerenja terestričkom metodom do 15 cm, što je za potrebe snimanja drveća u svrhu evidentiranja zadovoljavajuće. Nadalje, točnost koordinata točaka pri otklonu štapa antene od vertikale zadovoljava točnost propisanu za točke IV. razreda, tako da je za snimanje detalja ova tehnologija vrlo korisna jer skraćuje vrijeme potrebno za izmjeru, a ipak pruža traženu točnost. Mogućnost primanja korekcija nakon prekida veze s CROPOS-om omogućava nastavak računanja koordinata čija se točnost smanjuje u odnosu na koordinatu snimljenu neposredno prije gubitka veze. No, unatoč smanjenju, točnost je i dalje zadovoljavajuća, što može pomoći pri raznim nepredvidivim okolnostima koje na terenu, usred sesije, mogu dovesti do gubitka veze i time poremetiti slijed i neprekinutost mjerenja.

Usprkos sve moćnijoj tehnologiji, inženjer geodezije bi trebao biti svjestan da i najnovija i najinovativnija tehnologija može imati nedostatke, baš kao i prednosti. Zato bi bilo dobro ocijeniti potrebe krajnjeg korisnika geodetskih podataka, uzeti u obzir traženu točnost i terenske uvjete kako bi se moglo ispravno odlučiti o razini povjerenja koja se može dati podacima prikupljenim pomoću suvremenih tehnologija.

LITERATURA

- ▶ Trimble (2012): Trimble xFill RTK – White Paper. Trimble Survey Division, Westminster, Colorado, SAD, 2012. <raspoloživo na: <http://www.coudere.be/downloads/producten/Trimble%20xFill%20White%20Paper.pdf> > (08. 5. 2014.)
- ▶ Trimble (2012), Trimble R10 Receiver User Guide, Sunnyvale, California, SAD
- ▶ Thompson, C. (2012) - Beyond GNSS: Adding Microsensors and Trimble Surepoint Technology to Survey Rovers for Enhanced Accuracy and Productivity, Westminster, Colorado, SAD.
- ▶ Schrock, G. (2014) – Hardware review: V10, R10, RTX et al., Professional Surveyor Magazine, Volume 34 <raspoloživo na: <https://www.profsurv.com/magazine/article.aspx?i=71499> > (06. 5. 2014.)
- ▶ DGU, (2009.), Pravilnik o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova, <raspoloživo na: http://hidra.srce.hr/arhiva/263/44262/narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2009_07_87_2136.html > (27. 4. 2014.)
- ▶ Grgić, M., Pavasović, M., Bjelotomić, O., Pejaković, M., Varga, M., Bašić, T., (2013), Primjena Trimble xFill sustava za augmentaciju, Zbornik radova 3. CROPOS konferencije, str. 126. – 132.
- ▶ URL 1: Advanced satellite tracking with Trimble 360 technology, <http://www.frontierprecision.com/surveyblog/Trimble%20360.pdf> (2. 5. 2014.)
- ▶ URL 2: GNSS Planning online <http://www.trimble.com/GNSSPlanningOnline/#/Dops> (5. 5. 2014.)

Povežite se



SP80: Jednostavno Moćan

Spectra Precision SP80 GNSS prijamnik

Najpovezaniji GNSS prijamnik

- Novi 240-kanalni 6G ASIC
- Z-Blade GNSS tehnologija
- 3.5G modem
- Interni TRx UHF radio
- Ugrađena WIFI komunikacija
- SMS i e-mail upozorenja
- Anti-theft zaštita
- Dvostruke baterije



Legendarna Nikon kvaliteta



Nikon totalne stanice Povijest kvalitetnih instrumenata



- Vrhunska japanska tehnologija
- Beskonačni vijci
- Dvostruka baterija
- Kompaktna, čvrsta i pouzdana
- Survey Pro i Nikon on-board program
- Mjerenje bez prizme do 500 m
- 1", 2", 3" i 5"
- Beskrajno čista Nikon optika



GEOPLAN d.o.o.

Geodetski, geoinženjerski, izvojni

Sjedište: Augusta Cesarca 15, Slavonski Brod
031/441 778; 091/263 908; geoplan@geoplan.hr
Poslovnica Zagreb: Kapetlova 34, Zagreb
01/3013 594; 091 3337 334; prodaja@geoplan.hr
www.geoplan.hr



Posjetite nas na: www.spectra-precision-hrvatska.com i www.geodetski-instrumenti.com

©2014 Trimble Navigation Limited. All rights reserved. Spectra Precision is a Division of Trimble Navigation Limited. Spectra Precision, the Spectra Precision logo, Aibtech, the Aibtech logo, and Blade are trademarks of Trimble Navigation Limited or its subsidiaries. Nikon is a registered trademark of Nikon Corporation. All other trademarks are the property of their respective owners. (2/14)