

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:

Kladnik, D., 2016. Izračun konstante antene instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS iz opazovanj GNSS. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Pavlovčič Prešeren, P.): 25 str.

Datum arhiviranja: 14-09-2016

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:

Kladnik, D., 2016. Izračun konstante antene instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS iz opazovanj GNSS. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Pavlovčič Prešeren, P.): 25 pp.

Archiving Date: 14-09-2016

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

**VISOKOŠOLSKI STROKOVNI
ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE
STOPNJE TEHNIČNO
UPRAVLJANJE
NEPREMIČNIN**

Kandidat:

DOMEN KLADNIK

**IZRAČUN KONSTANTE ANTENE INSTRUMENTA
JAVAD TRIUMPH-LS IZ OPAZOVANJ GNSS**

Diplomska naloga št.: 65/TUN

**JAVAD TRIUMPH-LS INTERNAL ANTENNAS
CONSTANT VERIFICATION FROM GNSS
OBSERVATIONS**

Graduation thesis No.: 65/TUN

Mentorica:

doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

Ljubljana, 08. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisani študent DOMEN KLADNIK,
vpisna številka 26203466, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom:
»IZRAČUN KONSTANE ANTENE JAVAD TRIUMPH-LS IZ OPAZOVANJ GNSS«

IZJAVLJAM

1. da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;
3. da sem pridobil vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil;
4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil 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.

Ljubljana, __ . __ . 2016

Podpis študenta:

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 520.8.07:528.51/.52(497.4)(043.2)
Avtor: Domen Kladnik
Mentor: doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren
Naslov: Izračun konstante antene instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS iz opazovanj GNSS.
Tip dokumenta: Diplomaska naloga
Obseg in oprema: 25 str., 6 pregl., 15 sl., 2 graf.
Ključne besede: GNSS, JAVAD TRIUMPH-LS, statična metoda izmere, konstanta antene, RTK-metoda izmere, nagib instrumenta.

Izveček:

V diplomski nalogi opisujemo način, kako preveriti konstanto antene instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS, če uporabljamo notranjo anteno instrumenta. Zanimalo nas je, ali je nastavek v velikosti 2,5 cm vključen v osnovno kalibracijo ali ne. To smo naredili tako, da smo na enem od stebrov na strehi fakultete FGG postavili instrument JAVAD TRIUMPH-LS, na drugih dveh stebrih pa instrumente drugih proizvajalcev. V nadaljnji obdelavi opazovanj statične izmere GNSS višine antene instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS nismo upoštevali in s tem dobili odstopanja od referenčne vrednosti. Ugotovili smo, da v osnovno kalibracijo instrumenta nastavek ni vključen in da moramo višino antene meriti do oznak na instrumentu. Z RTK-metodo izmere smo dodatno preverili še kakovost inklinometra, ki ga ima vgrajen JAVAD TRIUMPH-LS pri različnih naklonih: 15°, 30°, 45°. Ugotovili smo, da je določanje položaja pri večjih nagibih problematično, saj že pri nagibu 15° dobimo odstopanja okoli 10 cm v posamezni komponenti določitve horizontalnega položaja. Zato pri uporabi instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS za določitev položaja z RTK-metodo izmere velja pravilo, da je pri določitvi položajev točk z uporabo inklinometra potrebno biti pazljiv oziroma da v bolj zahtevnih nalogah uporabimo znane postopke horizontiranja s pomočjo libel.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDK: 520.8.07:528.51/.52(497.4)(043.2)
Author: Domen Kladnik
Supervisor: Assist. Prof. Polona Pavlovčič Prešeren, Ph. D.
Title: JAVAD TRIUMPH-LS internal antenna's constant verification from GNSS observations.
Documenttype: Graduation Thesis - University Studies
Notes: 25 p., 6 tab., 15 fig., 2 graph.
Key words: GNSS, JAVAD TRIUMPH-LS, static observations, constant of antenna, RTK point positioning, instrument's inclination

Abstract:

Diploma thesis deals with the procedure of the internal JAVAD TRIUMPH-LS antenna's calibration verification. We wanted to check whether the 2,5 cm nozzle is included in the initial NGS antenna calibration. The verification procedure has been performed on the roof of the faculty's building, where the instruments were set on three pillars; we have used one JAVAD TRIUMPH-LS instrument, the rest of the instruments were from other manufactures. In the static observation processing antenna height from the instrument JAVAD TRIUMPH-LS has not been taken into account in order to get a deviation from the reference value. We came to the conclusion that in the initial calibration of the instrument adapter is not included and that we need to measure the height of the antenna to the labels on the instrument. Further we have verified the quality of coordinates, gathered from RTK-positioning using JAVAD TRIUMPH-LS additional accessories based on inclinometer. While using RTK-method we have acquired coordinates when the instrument was inclined to 15°, 30° and 45° angles. We have found such positioning might be problematic, since already by 15° we have obtained deviations about 10 cm in each horizontal component. Therefore, when using the instrument JAVAD TRIUMPH-LS to determine the RTK-positions the slope of the instrument from the vertical should not be above of 15° inclination or even better in order to achieve best quality positioning results using rectified labels is more appropriate.

ZAHVALA

Zahvaljujem se svoji mentorici doc.dr. Poloni Pavlovčič Prešeren za pomoč in strokovne nasvete, smernice, prijaznost in potrpežljivost pri pisanju diplomske naloge. Zahvalo izrekam tudi g. Albinu Mencinu za pomoč pri izvedbi terenskih meritev.

Posebna zahvala pa gre družini in prijateljem, ki so mi popestrili dosedanja študijska leta in za podporo skozi celoten študij.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA	I
IZJAVA O AVTORSTVU	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA.....	V
KAZALO VSEBINE	VI
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK.....	VIII
KAZALO GRAFIKONOV	IX
UPORABLJENE KRATICE IN OKRAJŠAVE	X
1 UVOD.....	1
1.1 Delovne hipoteze.....	2
1.2 Struktura naloge	2
2 TEORETIČNA IZHODIŠČA.....	3
2.1 Uporabljen GNSS-instrumentarij.....	3
2.1.1 Merjenje višin anten GNSS.....	6
2.1.2 Kalibracijski protokoli GNSS-instrumentarija	8
2.2 Uporabljene metode izmere GNSS.....	9
2.2.1 Statična izmera GNSS	10
2.2.2 RTK-izmera	11
2.2.3 Metoda PPP	12
3 TERENSKO DELO	15
3.1 Opis delovišča in izmer	15
4 OBDELAVA OPAZOVANJ IN IZRAČUNI	17
4.1 Obdelava podatkov opazovanj GNSS s programom Leica Geo Office	17
4.2 Seznam koordinat točk, pridobljenih z obdelavo.....	17
4.3 Grafični prikaz odstopanj.....	19
4.4 Preizkus kakovosti koordinat, določenih z nagibom JAVAD TRIUMPH-LS.....	21
5 ZAKLJUČEK	24
6 VIRI	25

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Izravnane koordinate stojščnih točk v ETRS 89	18
Preglednica 2: Izravnane koordinate stojščnih točk v ETRS 89	18
Preglednica 3: Pretvorjene koordinate točk iz ETRS89 v D96/TM (1. serija)	19
Preglednica 4: Pretvorjene koordinate točk iz ETRS 89 v D96/TM (2. serija)	19
Preglednica 5: Koordinate točke CEP7 pri različnih nagibih	23
Preglednica 6: Prikaz odstopanj koordinat pri različnih nagibih (15° in 30°).....	23

KAZALO SLIK

Slika 1: Instrument Leica Viva GS15 (Geoservis, 2016)	3
Slika 2: Instrument Trimble 4000 SSi (za statično izmero).....	4
Slika 3: Instrument Trimble 4000 SSi (za RTK-metodo izmere).....	5
Slika 4: Instrument Javad Triumph-LS (Javad, 2016)	5
Slika 5: Merjenje višine antene vertikalno ali poševno (NovAtel, 2009).....	6
Slika 6: Merjenje višine antene pri Javadu (vertikalno ali poševno) – NGS, 2016	7
Slika 7: Vir podatkov kalibracij anten GNSS različnih proizvajalcev (NGS, 2016)	8
Slika 8: Stari in novi format zapisa protokolov kalibracije anten GPS ali GNSS	8
Slika 9: Izsek iz spletne strani NGS, vezano na kalibracijo instrumenta JAVAD	9
Slika 10: GNSS - opazovanja pri relativnem določanju položaja	11
Slika 11: RTK-izmera v realnem času z eno referenčno bazo	12
Slika 12: GNSS opazovanja pri absolutnem določanju položaja.....	13
Slika 13: Slika strehe – stojiščne točke na strehi	15
Slika 14: Instrument JAVAD TRIUMPH-LS z dvonožnim stojalom in vetrovnico	21
Slika 15: Prikaz postavitve instrumenta na točko CEP7 pri nagibu 15° in 30°	22

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Prikaz odstopanja višin (1. Serija)	20
Grafikon 2: Prikaz odstopanja višin (2. Serija)	20

UPORABLJENE KRATICE IN OKRAJŠAVE

ARP	angl. Antenna Reference Point (referenčna točka antene)
FGG	Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
GNSS	angl. Global Navigation Satellite System (Globalni navigacijski satelitski sistem)
GPS	angl. Global Positioning System
GPRS	angl. General Packet Radio Service
GSM	angl. Global System for Mobile communications
GSR1	permanentna postaja omrežja SIGNAL v Ljubljani
IGS	angl. Final (International GNSS Service)
IGU	angl. UltraRapid
IGR	angl. Rapid
LGO	angl. Leica Geo Office
NGS	angl. National Geodetic Survey
PPP	angl. Precise Point Positioning
RINEX	angl. Receiver Independent Exchange
RTK	angl. Real Time Kinematic
SIGNAL	Slovenija-Geodezija-Navigacija-Lokacija

1 UVOD

Pred kratkim je prišel na tržišče instrument JAVAD TRIUMPH-LS, ki vključuje precej novosti, ki jih pri drugih instrumentih za izvedbo RTK (ang. Real Time Kinematic) metode izmere ne poznamo. Ena od teh je, da ima namesto dozne libele na grezilu vgrajen digitalni inklinometer, kar omogoča, da z instrumentom lahko položaj določamo tudi pod nagibom. Dodatno z instrumentom v celoti upravljamo na zaslonu s kamero, kar nam omogoča hitro iskanje ali zakoličbo točk. Instrument ima zanimivo obliko kvadra, ki vključuje tako instrument GNSS, vir napajanja in anteno, čeprav obstaja možnost, da lahko uporabimo tudi bolj kakovostno zunanjo anteno. Tudi programje v instrumentu je dobro dodelano, kar pri izmeri hitro ugotovimo, saj je instrument precej hitrejši od drugih pri izvedbi uspešne inicializacije, predvsem v slabših pogojih izvedbe opazovanj GNSS, kot je primer izmere v gozdu.

V diplomski nalogi smo preverjali, kolikšna je konstanta višine antene instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS, če uporabljamo notranjo anteno instrumenta. Preizkus višine antene smo naredili zato, ker smo želeli preveriti, ali je nastavek v velikosti 2,5 cm vključen v osnovno kalibracijo v laboratoriju. Izmero GNSS in nadaljnjo obdelavo smo naredili tako, da smo na enem izmed krajišč baznega vektorja postavili instrument JAVAD TRIUMPH-LS, na drugih dveh pa instrumente drugih proizvajalcev (Leica Viva GS15 in Trimble 4000 SSI). Obdelavo opazovanj smo naredili brez upoštevanja višine antene instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS in tako dobili odstopanja od referenčnih vrednosti, ki naj bi bila v velikosti 2,5 centimeterskega nastavka antene. Opazovanja smo izvajali na strehi Fakultete za gradbeništvo in geodezijo (v nadaljevanju FGG).

Dodatno smo preizkušali kakovost v instrument vgrajenega inklinometra. Preizkusili smo kakovost določitve položajev točk pri RTK-metodi izmere za izrazite nagibe instrumenta, ki so znašale od 15° do 45° glede na navpičnico. Ugotovili smo tudi, da na predhodno horizontiranem stativu ob uporabi kakovostnih libel popravek za odčitek inklinometra ni dobro upoštevati, saj je horizonitiranje z libelamo bolj kakovostno. Kot zaključek praktičnega dela smo preverili, ali pri RTK-metodi izmere instrument avtomatično upošteva pri določitvi višine nastavek, ki so ga vključili v kalibracijski protokol službe NGS (angl. National Geodetic Survey), od koder črpamo vse kalibracijske protokole anten različnih proizvajalcev.

1.1 Delovne hipoteze

Diplomska naloga se navezuje na tri delovne hipoteze, ki smo jih želeli empirično preveriti in sicer:

1. hipoteza:

V kolikor z instrumentom izvajamo statično izmero GNSS in uporabimo notranjo anteno ter za postavitve instrumenta uporabimo pripadajoči nastavek velikost 2,5 cm, višino antene merimo do označb antene. V kolikor merimo višino antene do najnižje točke antene, moramo višino nastavka 2,5 cm pri izmeri višine antene upoštevati.

2. hipoteza:

V kolikor z instrumentom izvajamo RTK-metodo izmere GNSS, kjer na grezilu ni nameščenega nastavka, v instrument vnesemo višino grezila in dodatno ne upoštevamo nastavka.

3. hipoteza:

Pri izrazitih nagibih instrumenta od navpičnice, ki znašajo od 15° naprej, so izmerjeni položaji točk slabše kakovosti. Predvidevamo, da znašajo več kot je potrebna točnost določitve položajev zemljiško-katastrskih točk, ki je zapisana v 35. členu *Pravilnika o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru* (UL RS, št. 8/2007) .

1.2 Struktura naloge

Diplomsko nalogo poleg uvoda in zaključka sestavljajo še tri poglavja in sicer drugo poglavje opisuje teoretična izhodišča, tretje poglavje predstavlja terensko delo, četrto pa predstavlja obdelavo opazovanj in izračune.

2 TEORETIČNA IZHODIŠČA

Glede na to, da smo v nalogi uporabili instrumente GNSS različnih proizvajalcev, da smo lahko nadalje primerjali položaje identičnih točk, bomo na danem mestu kratko opisali instrumente. Opis je na mestu tudi zato, ker bi radi pokazali izrazito razliko v fizičnem izgledu instrumentov, predvsem v anteni.

2.1 Uporabljen GNSS-instrumentarij

a) Leica Viva GS15 GNSS

SmartAntenna GS15 proizvajalca Leica s svojim robustnim videzom ohišja združuje GNSS anteno, režo za SD kartico, dve bateriji, GPRS modem ter merilno jedro. Vse podrobnosti o tem instrumentu so dostopne na spletni strani (<http://www.geoservis.si/novosti/22-leica-viva-gs15-gnss>).



Slika 1: Instrument Leica Viva GS15 (Geoservis, 2016)

Na sliki 1 prikazan instrument Leica Viva je modularen in univerzalen sprejemnik GNSS, ki ga lahko poljubno kombiniramo z Leicinih instrumenti. Lahko deluje samostojno, v povezavi s kontrolerjem, spletnim vmesnikom, tabličnim računalnikom ali tahimetrom. Samostojnost *SmartAntenne* se posebej izkaže pri postavitvi instrumenta pri statični metodi izmere ali pri

postavitvi referenčne postaje. Prednost sprejemnika je, da ima vse sestavne dele, vključno z antenami, vgrajene v ohišje sprejemnika in tako nima delov, ki bi se ob morebitnem padcu lahko poškodovali.

GNSS-sprejemniki Leica imajo vgrajene v Leicinih laboratorijih razvite in preizkušane algoritme SmartCheck in patentirano tehnologijo, ki jim tekom izmere vsakih nekaj sekund samodejno in neodvisno preverjajo, če inicializacija deluje pravilno in to s kar 99,99% zanesljivostjo (Geoservis, 2016).

b) Trimble 4000 SSi

Trimble 4000 SSi je eden izmed starejših instrumentov, ki je sestavljen iz GPS-sprejemnika (omogoča samo sprejem opazovanj ameriškega navigacijskega sistema GPS), antene (Compact L1/L2 with ground plane, oznaka v RINEX-u: TRM22020.00+GP), antenskega kabla, kabla, s katerim povežemo sprejemnik in baterijo, baterije (v našem primeru je bil to akumulator). Dvo-frekvenčni fazni instrument omogoča le sprejem s satelitov GPS na devetih kanalih. Ker gre za staro izvedbo instrumenta, zato je oprema robustna, antene so za zmanjšanje vpliva odboja signala opremljene z večjim krožnikom, ki ga lahko pri izvedbi RTK-metode izmere odstranimo. Instrumente uporabljamo še danes, vendar večinoma le za statično izmero GPS (slika 2).



Slika 2: Instrument Trimble 4000 SSi (za statično izmero)

Zanimivo je, da nam instrument v povezavi z dodatnimi moduli za pretok podatkov po radijski zvezi omogoča izvedbo RTK-metode izmere (slika 3). Celotna konfiguracija dveh instrumentov (baze in roverja) ter instrumentarija za pretok podatkov so predstavili leta 1993

in predstavlja prvi instrumentarij na tržišču za izvedbo RTK-metode izmere. V dani nalogi smo instrument Trimble 4000 SSi uporabili izključno za statično izmero GPS.



Slika 3: Instrument Trimble 4000 SSi (za RTK-metodo izmere)

c) JAVAD TRIUMPH-LS

JAVAD TRIUMPH-LS je izmed v nalogi uporabljenih instrumentov sprejemnik GNSS novejšega datuma, in kot tak omogoča sprejem signalov vseh trenutno razpoložljivih globalnih navigacijskih sistemov. Je sprejemnik, ki lahko spremlja in poroča o motnjah signala grafično na zaslonu tekom izmere. Več kot 100 kanalov je namenjenih za stalno spremljanje signalov s satelitov. Sestavljen je iz sprejemnika, antene, radio modema in kontrolerja, ki so sestavni del enega ohišja (slika 4). Od ostalih sprejemnikov GNSS se razlikuje tudi v tem, da ima za hitro določitev položajev točk vgrajen inklinometer, ki omogoča preračun položajev točk na navpičnico brez tega, da bi se uporabnik trudil s horizontiranjem instrumenta. Vendar smo tekom več zaporednih določitvev položajev z metodo RTK (angl. Real Time Kinematic) ugotovili, da v primeru postavitve instrumenta s pomočjo kakovostnih libel popravkov v položaju instrumenta zaradi očitkov inklinometra ni dobro upoštevati.



Slika 4: Instrument Javad Triumph-LS (Javad, 2016)

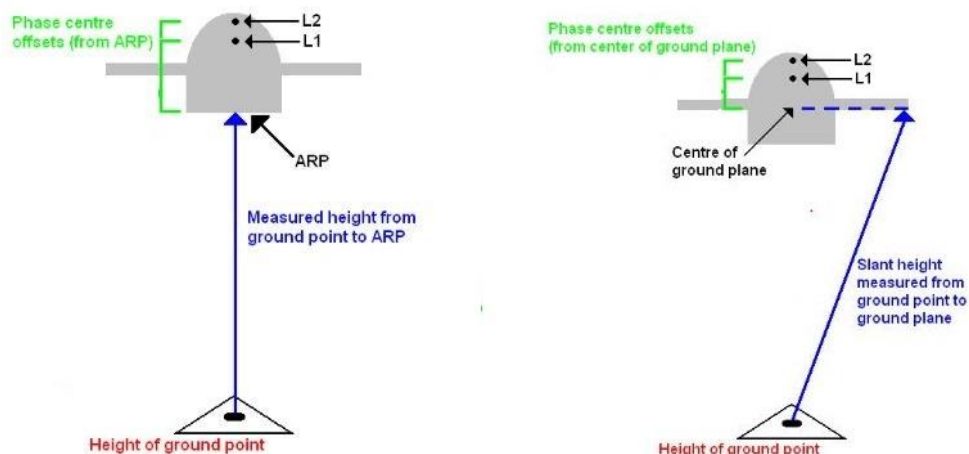
2.1.1 Merjenje višin anten GNSS

Podatke o merjenju višine potrebujemo zato, ker želimo določiti položaj trajno stabilizirane točke, medtem ko je končna točka opazovanj GNSS fazni center v anteni, ki je od referenčne točke oddaljen za določeno vrednost. Podatke o tipu antene potrebujemo zato, da lahko pravilno upoštevamo odmik med faznim centrom antene in najnižjo točko antene – za opazovanja L1 in L2 so različni. Dodatno so tekom obdelave upoštevane tudi spremembe faznega centra v odvisnosti od zenitne razdalje in azimuta satelita, katerega opazovanja se zabeležijo. Pri tem moramo upoštevati:

- začetna točka GNSS-opazovanj je vedno satelit,
- končna točka je fazni center antene,
- poznati moramo odmik med faznim centrom antene in ARP (angl. Antenna Reference Point) ter
- poznati moramo vertikalno izmerjeno višino antene.

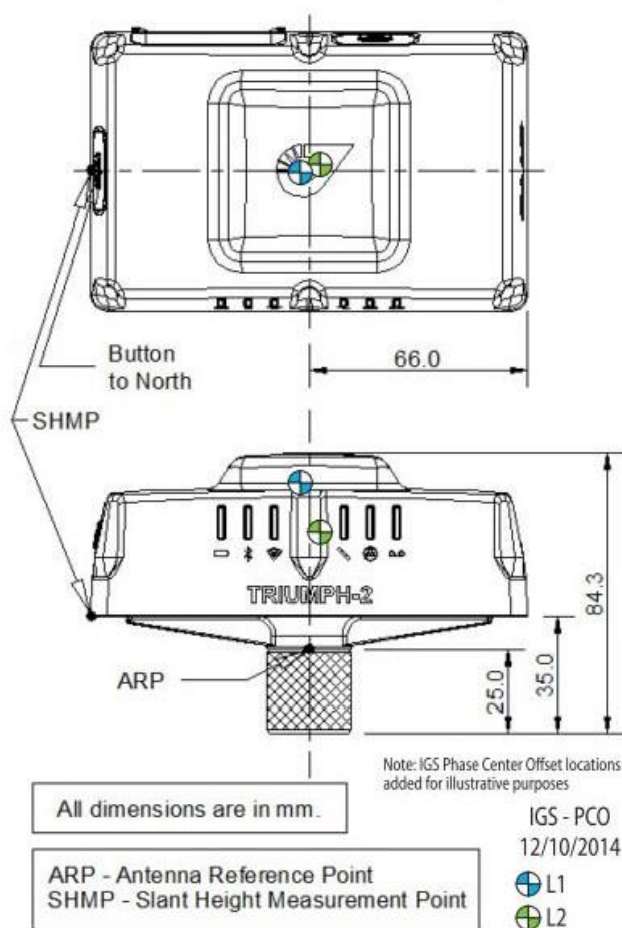
Fazni center antene sprejemnika GNSS ni fizična točka, temveč se spreminja glede na smer prihajajočega satelitskega signala. To je točka, v kateri antena sprejme signal iz satelita (Sterle in sod., 2014).

Višina antene je vertikalna razdalja od tal do referenčne točke antene (ARP). Višino antene lahko merimo vertikalno ali poševno (slika 5). ARP je fizična točka na GPS anteni, ki je odvisna od tipa antene. Višino ARP ne smemo zamenjati s poševno višino (angl. slant) ali s katero drugo višino, ki se običajno uporabljajo pri GPS obdelavi.



Slika 5: Merjenje višine antene vertikalno ali poševno (NovAtel, 2009)

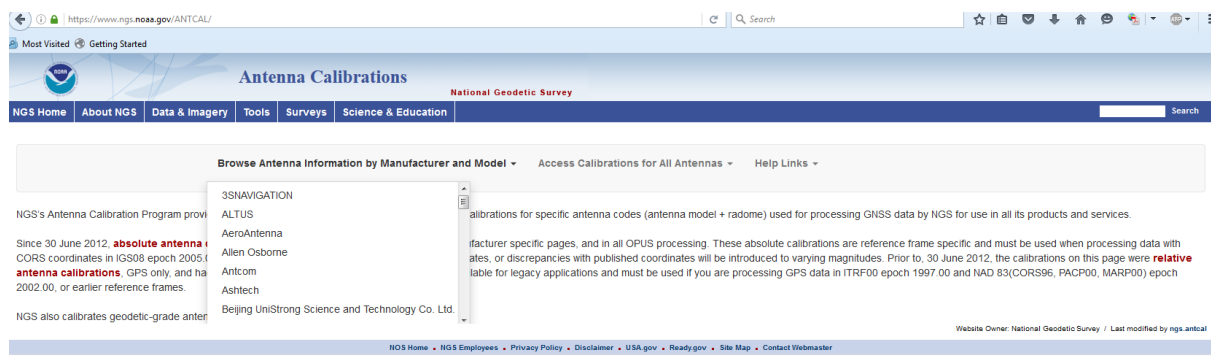
Cilj kalibracije anten je ugotoviti lastnosti GPS anten, ki zagotavljajo natančen geodetski položaj. Pri instrumentu JAVAD TRIUMPH-LS lahko merimo na oba načina vertikalno oziroma poševno (angl. slant) do puščic, kar podrobneje prikazujemo na sliki 6.



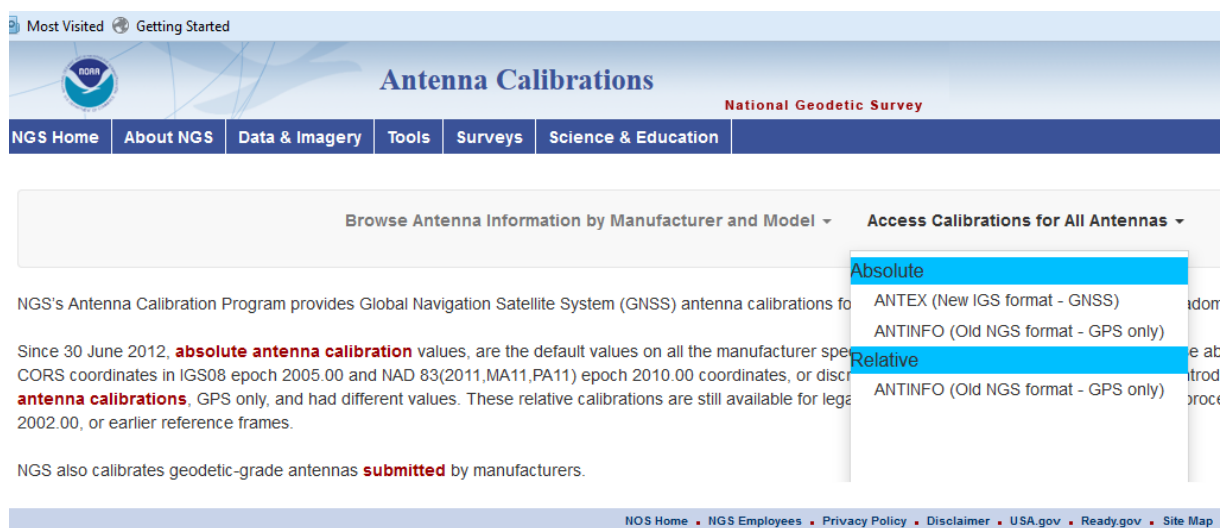
Slika 6: Merjenje višine antene pri Javadu (vertikalno ali poševno) – NGS, 2016

2.1.2 Kalibracijski protokoli GNSS-instrumentarija

Na spletni strani službe NGS (angl. National Geodetic Service) pridobimo kalibracijske protokole anten za vse geodetske instrumente GNSS, ki so bili kdajkoli predstavljeni na tržišču (slika 7). Kalibracijski podatki so zapisani v novem formatu (ANTEX) in starem formatu ANTINFO (slika 8).



Slika 7: Vir podatkov kalibracij anten GNSS različnih proizvajalcev (NGS, 2016)

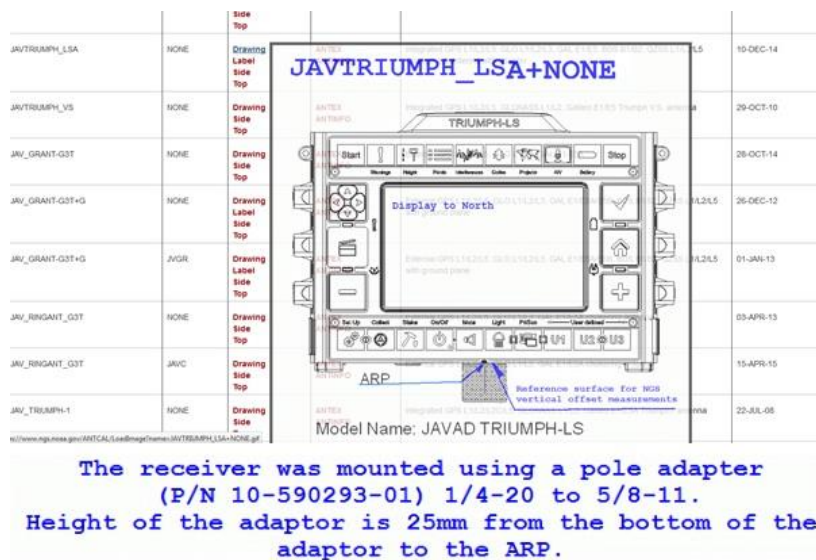


Slika 8: Stari in novi format zapisa protokolov kalibracije anten GPS ali GNSS (NGS, 2016)

Formata zapisa kalibracij anten ANTEX in ANTINFO sta podrobno razložena na spletni strani službe NGS. Podatki so zapisani v obliki, primerni za uvoz v katerikoli programski paket obdelave opazovanj GNSS.

Ker smo v dani nalogi preverjali, na kakšen način je potrebno upoštevati nastavek, ki ga uporabljamo pri postavitvi instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS, se bomo v nadaljevanju opredelili le na kalibracijski protokol tega instrumenta. Na sliki 9, ki smo o pridobili s spletne strani NGS, vidimo, da je bila kalibracija instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS narejena v letu

2014. Na priloženi skici je viden nastavek in prikazana točka ARP, ki je najnižja točka antene. To pomeni, da moramo višino antene meriti do najnižje točke antene in ne do nastavka. Vidimo tudi, da mora biti zaslon obrnjen proti severu.



Slika 9: Izsek iz spletne strani NGS, vezano na kalibracijo instrumenta JAVAD TRIUMPH-LSA (NGS, 2016)

V dani nalogi smo torej preverjali, ali s tem, ko merimo višino antene do nastavka in ne do ARP res naredimo napako v izmerjeni višini 2,5 cm.

2.2 Uporabljene metode izmere GNSS

GNSS (angl. Global Navigation Satellite System) izmera za določitev položaja se deli na absolutno in relativno metodo izmere. Da izboljšamo točnost določitve položaja, v geodeziji največ uporabljamo relativno metodo izmere. Za relativno metodo je značilno, da za določitev položaja potrebujemo najmanj dva sprejemnika, od katerih mora eden stati na točki, katere položaj je dobro določen v globalnem koordinatnem sistemu, drugi pa na novi točki in z obema instrumentoma moramo istočasno sprejemati opazovanja vsaj štirih skupnih satelitov. Glede na dinamiko GNSS-izmero delimo na statično in kinematično. Tako poznamo izmero z naknadno obdelavo opazovanj, pod te spadajo statična, hitra statična in kinematična metoda, ter izmera v realnem času pod katero spadata RTK metoda in metoda Stop-And-Go. V dani nalogi smo za doseg preizkusov izvedli statično in RTK-metodo izmero GNSS, zato ju v nadaljevanju na kratko predstavljamo.

2.2.1 Statična izmera GNSS

Statična metoda izmere spada pod relativno določanje položaja (slika 10). Gre za sprejem faznih opazovanj in tvorjenje faznih razlik (enojnih, dvojnih ali trojnih). Statična izmera je najnatančnejša metoda izmere in sicer z njo dosežemo natančnost 1 cm in manj. Opazovanja oz. pridobitev podatkov po navadi traja najmanj 30 minut (Stopar in Kogoj, 2009), lahko pa se pridobivajo tudi več dni in s tem izboljšamo točnost in natančnost določitve položaja. Ta opazovanja temeljijo na spremembi geometrije razporeditve satelitov v času snemanja.

Statična metoda izmere je bila predhodno uporabljena za vzpostavitev državnih geodetskih mrež, po vzpostavitvi omrežja SIGNAL pa se uporablja za različne naloge:

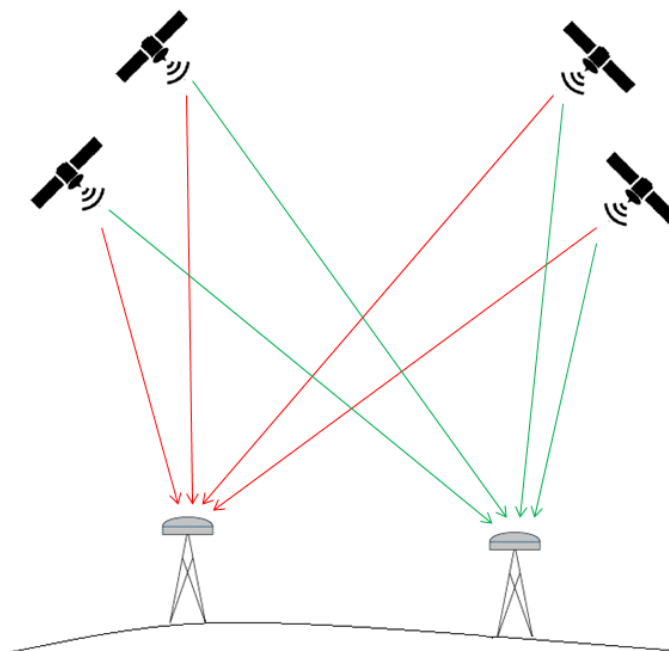
- geodinamične naloge (posedanja, plazovi, razni premiki...),
- naloge v geodeziji v inženirstvu (spremljanje stabilnosti objektov, zakoličbe...)

Osnovni rezultat statične metode so bazni vektorji med posameznimi točkami z informacijo o kakovosti koordinate točk v globalnem koordinatnem sistemu. Končne rezultate po navadi dobimo z naknadno obdelavo v pisarni in sicer tako, da izravnamo bazne vektorje v GNSS mreži. Poznamo dve rešitvi obdelave:

- radialna izmera (ni izravnave, ker nimamo nadštevilnih vektorjev),
- mrežna rešitev (opazovanja delamo v serijah in na koncu izravnamo mrežo GNSS).

Prednost statične izmere je ta, da je zelo zanesljiva metoda in z njo dosežemo najboljše rezultate, saj lahko uporabimo zelo kakovostne podatke preciznih efemerid. Slabost je, da je časovno zelo zamudna, da moramo naknadno obdelovati podatke opazovanj in da moramo čakati na efemeride. Le-te pridobimo od službe IGS (angl. International GNSS Service) v različnih časovnih intervalih:

- najhitrejše efemeride IGU (angl. UltraRapid) – na voljo takoj,
- hitre efemeride IGR (angl. Rapid) – z nekaj dnevnim zamikom,
- končne efemeride IGS (angl. Final) – po nekaj tednih.



Slika 10: GNSS - opazovanja pri relativnem določanju položaja

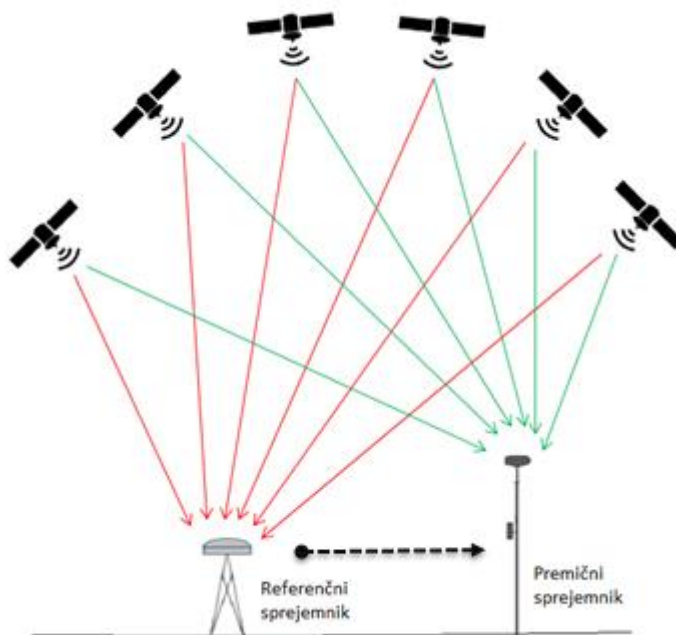
2.2.2 RTK-izmera

RTK (angl. Real-time Kinematic) metoda izmere je kinematična metoda izmere v realnem času in prav tako kot statična metoda spada med relativne metode določitve položaja. Razvoj RTK-metode sega v sredino 90. let prejšnjega stoletja. RTK-metoda temelji na uporabi dveh sprejemnikov, ki sprejemata opazovanja istih satelitov in poleg tega sta medsebojno komunikacijsko povezana, da lahko prenašata podatke z referenčnega v premični sprejemnik (slika 11).

Pri RTK-metodi izmere se od referenčnega in statičnega instrumenta proti premikajočemu prenašajo fazna opazovanja, ki so sprejeta na baznem stojišču, v preveč oddaljenih predelih pa je lahko to VRS bazna postaja, v kolikor se lahko povežemo z omrežjem stalnih postaj. Dosegljiva točnost te metode je nekaj cm. Razdalja med bazo in premikajočim instrumentom (roverjem) je okrog 5 do 10 km, v nekaterih primerih celo do 20 km (Ermenc, 2015). Za inicializacijo je potrebno, da je omogočen sprejem opazovanj vsaj 5 satelitov. Metoda RTK za vzpostavitev potrebuje komunikacijsko povezavo (radijsko ali GSM) med premičnim in referenčnih GNSS sprejemnikom. Problematici so predvsem stroški pretoka podatkov, na območju s slabim omrežjem GSM.

Ta metoda je zelo hitra, saj omogoča določitev položaja in pridobitev podatkov v realnem času in to je njena prednost pred statično metodo. Hkrati nam ni potrebno imeti na voljo dveh sprejemnikov in ni nam potrebno zagotavljati dobrega položaja baznega stojišča, saj se lahko navežemo na stalno postajo GNSS ali na omrežje stalnih postaj GNSS. Slabost je, da obdelava temelji na uporabi s satelita oddanih efemerid (angl. broadcast), katerih točnost se v času slabša. To sicer danes, ko se je izboljšala kakovost oddanih efemerid in na kratkih razdaljah ne predstavlja večjega problema, pri večjih razdaljah pa se slabost uporabe oddanih efemerid že pozna.

RTK-metoda se v praksi največ uporablja, saj je hitra, tako da koordinate točk dobimo v realnem času in nam ni potrebno naknadno obdelovati podatkov opazovanj GNSS. Uporablja se za različne geodetske naloge kot so: detajlna izmera, zakoličevanje in druge naloge inženirske geodezije.

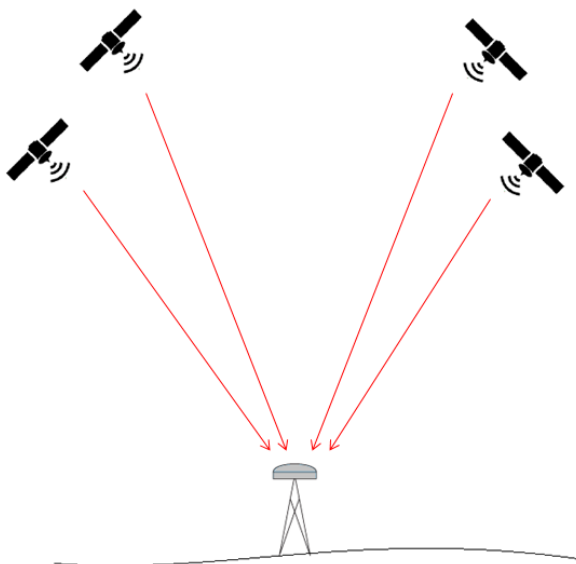


Slika 11: RTK-izmera v realnem času z eno referenčno bazo

2.2.3 Metoda PPP

Fazna opazovanja, pridobljena s statično metodo izmere GNSS, lahko obdelamo na relativni ali absolutni način. Slednji je znan pod kratico PPP (angl. Precise Point Positioning) in je vezan na absolutno določitev položaja s faznimi instrumenti GNSS. PPP je metoda, ki nam omogoča, da lahko zelo kakovostno pridobimo položaj na podlagi GNSS-opazovanj samo

enega sprejemnika. Kakovost rezultatov z metodo PPP se je z izboljšavo kakovosti produktov preciznih efemerid in ur satelitov, predvsem službe IGS (angl. International GNSS Service), ter razvojem modelov vplivov na opazovanja zelo izboljšala (Sterle in sod., 2014).



Slika 12: GNSS-opazovanja pri absolutnem določanju položaja

Z metodo PPP lahko z obdelavo statičnih opazovanj pridobimo položaj z nekaj centimetrsko točnostjo, medtem ko pri kinematični metodi izmere z decimetrsko točnostjo absolutnega položaja. Prednost metode PPP je, da za opazovanje potrebujemo samo en sprejemnik in posledično ne potrebujemo opazovanj z referenčne bazne postaje, ker je to absolutna metoda določitve položaja (slika 12). To pomeni, da nimamo stroškov s pridobivanjem opazovanj z referenčne bazne postaje. Ena od pomembnih prednosti je tudi ta, da PPP-metoda zmanjša količino potrebne merske opreme.

Slabost uporabe metode PPP je, da se v nasprotju z relativnimi metodami osnovni pogreški in ostali vplivi na GNSS opazovanja ne odpravijo. Zato moramo, če želimo zagotoviti največje kakovost koordinat točk, odstraniti in modelirati vse vplive in pogreške, ki so po velikosti večji od milimetra. Ti vplivi so (Sterle in sod., 2014):

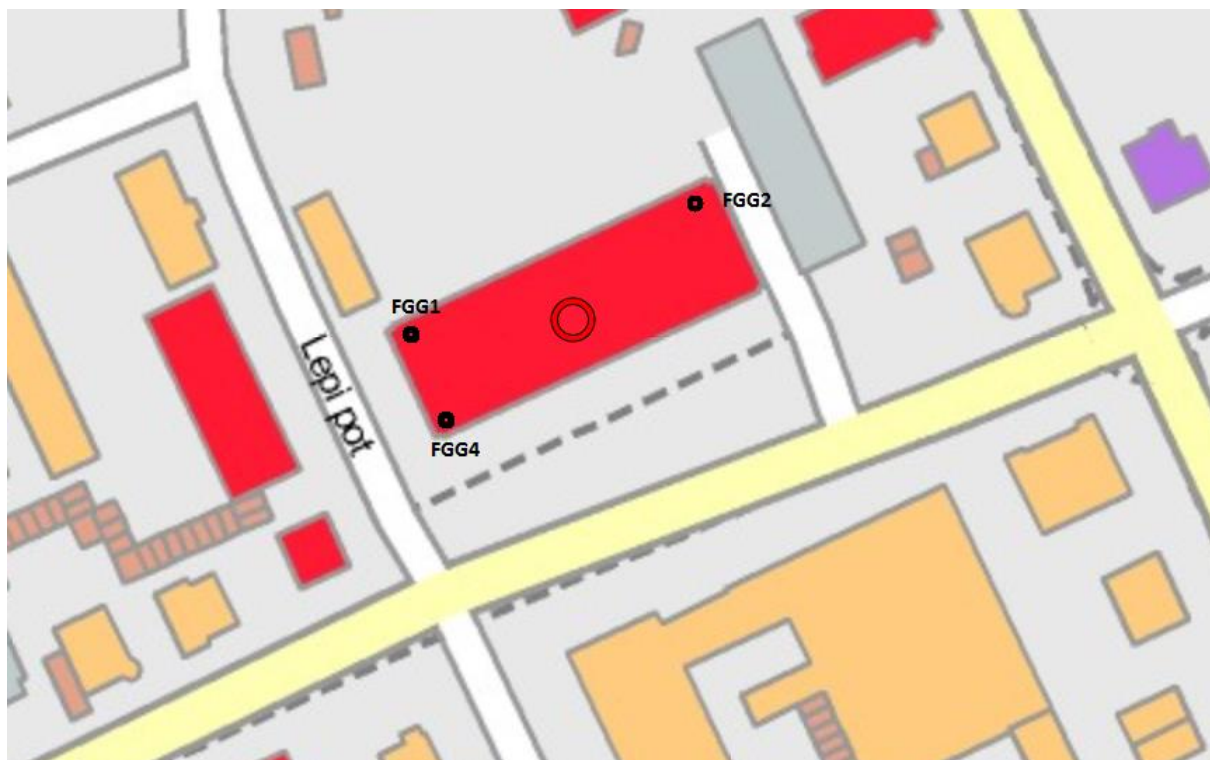
- premiki tektonskih plošč,
- plimovanje oceano in Zemljine skorje,
- vpliv troposfere in ionosfere,
- pogrešek satelitivih ur in tirnic, položaja satelitov in parametrov vrtenja Zemlje,
- vpliv relativnosti,

- vpliv plimovanja,
- pogrešek faznega in geometričnega centra antene satelita in sprejemnika,
- pogrešek konca faze antene satelita in sprejemnika (angl. phase wind-up),
- vpliv podaljšanja poti razširjanja signala zaradi odboja (angl. multipath).

Vsi naštetih vplivi imajo različno velikost in izvor in vsak po svoje vplivajo na kakovost določitve koordinat. Tehnika PPP se še vedno ni tako utrdila kot RTK, saj obdelava do končnih rezultatov ne more potekati tako hitro kot pri RTK, saj določitev koordinat zahteva daljši konvergenčni čas (Sterle in sod., 2014).

3 TERENSKO DELO

3.1 Opis delovišča in izmer



Slika 13: Slika strehe – stojiščne točke na strehi

Terensko izmero smo izvedli na strehi FGG na treh različnih stebrih (FGG1, FGG2 in FGG4), ki so prikazani na sliki 13. Razdalja med stebroma FGG1 in FGG4 znaša nekaj več ko 20 m. Opazovanja smo izvajali v več terminih.

1. termin je bil 17. decembra 2015, ko smo najprej postavili instrumente na stebre FGG1, FGG2 in FGG4 in sicer v naslednjem vrstnem redu: na steber FGG1 smo postavili JAVAD TRIUMPH-LS, na stebru FGG2 je bil Trimble 4000 SSI in na steber FGG4 smo postavili Leico Vivo GS15. Izvedli smo 24-urna opazovanja.

2. termin je bil 21. decembra 2015, ko smo na stebre fakultete postavili instrumente v drugačnem vrstnem redu in sicer: na steber FGG1 smo postavili Leico Vivo GS15, na steber FGG2 JAVAD TRIUMPH-LS in na steber FGG4 Trimble 4000 SSI. Tudi tu smo izvedli 24-urna opazovanja.

3. termin je bil 12. januarja 2016 , ko smo na vse tri stebre (FGG1, FGG2 in FGG4) postavili instrument Leica Viva GS15.

4. termin je bil 13. januarja 2016 , ko smo na vse tri stebre (FGG1, FGG2 in FGG4) postavili instrument JAVAD TRIUMPH-LS.

5. termin je bil 14. januarja 2016 , ko smo na vse tri stebre (FGG1, FGG2 in FGG4) postavili instrument Trimble 4000 SSI.

6. termin pa je bil 10. junija 2016, ko smo dodatno preverjali še, kako dober inklinometer ima vgrajen JAVAD TRIUMPH-LS in pa, če pri RTK-metodi izmere instrument avtomatično upošteva pri določitvi višine nastavek, ki so ga vključili v kalibracijski protokol.

Uporabili smo torej tri različne sprejemnike: Leica Viva GS15, Trimble 4000 SSI in pa JAVAD TRIUMPH-LS, ki smo jih s tehničnimi značilnostmi opisali že zgoraj.

4 OBDELAVA OPAZOVANJ IN IZRAČUNI

4.1 Obdelava podatkov opazovanj GNSS s programom Leica Geo Office

Za obdelavo podatkov opazovanj GNSS smo uporabili računalniški program Leica Geo Office (v nadaljevanju LGO). Pri obdelavi smo uporabili:

- opazovanja GNSS-stalne referenčne postaje GSR1 v Ljubljani,
- opazovanja GNSS na stebrih fakultete FGG (3 stebri),
- precizne efemeride službe IGS,
- kalibracijske parametre anten službe NGS.

Opazovanja GNSS stalne referenčne postaje GSR1 (RINEX-datoteke) smo pridobili s spletne strani omrežja SIGNAL (SIGNAL, 2016). Kalibracijske parametre anten smo dobili s spletne strani službe NGS (NGS, 2016). Končne oz. precizne efemeride službe IGS pa smo dobili na spletni strani službe IGS (IGS, 2016). Iz teh podatkov smo privzeli končne precizne efemeride datotek igs*.sp3, na katere smo čakali 12 dni.

Predno smo obdelovali podatke, smo morali v program LGO uvoziti najprej podatke o vrsti anten, opazovanja (naša opazovanja in opazovanja od točke GSR1) in končne oz. precizne efemeride v igs*.sp3 formatu. Pri obdelavi smo uporabili nastavitve za:

- minimalni višinski kot 15° nad horizontom,
- interval registracije signala GNSS se je beležil na 5 sekund,
- model troposferske refrakcije Hopfield.

. Rezultat obdelave podatkov so bazni vektorji med stalno referenčno točko GSR1 in točko, ki smo jo določali, v našem primeru točke FGG1, FGG2 in FGG4.

4.2 Seznam koordinat točk, pridobljenih z obdelavo

S pomočjo programa LGO smo z izravnavo nadštevilnih baznih vektorjev pridobili koordinate stojščnih točk FGG1, FGG2 in FGG4.

Iz preglednice 1 je razvidno, da se višini na točki FGG2 in FGG4, kjer sta bila nameščena instrumenta Trimble 4000 SSI in Leica Viva GS15 v dveh serijah ne razlikujeta veliko, na točki FGG1, kjer pa se je nahajal JAVAD TRIUMPH-LS, pa se razlikuje za 2,01 cm, s čimer sklepamo, da pride do odstopanja zaradi nastavka 2,5 cm. Glede na to, da je pri GNSS

višina določena za faktor dve slabše kot položaj, lahko v določitvi elipsoidne višine pride do odstopanj nekaj mm.

Preglednica 1: Izravnane koordinate stojliščnih točk v ETRS 89 (na točki FGG1 je bil postavljen JAVAD TRIUMPH-LS).

1.serija	JAVAD – brez upoštevanega nastavka				
	Točka	φ	λ	h [m]	razlika [m]
	GSR1	46° 02' 53.27068" S	14° 32' 37.36199" V	351,6620	0,0000
	FGG2	46° 02' 45.56637" S	14° 29' 42.96274" V	367,5523	- 0,0008
	FGG4	46° 02' 44.00715" S	14° 29' 40.66094" V	367,5465	- 0,0015
	Fgg1	46° 02' 44.66692" S	14° 29' 40.21301" V	367,5457	+0,0201
	JAVAD – z upoštevanim nastavkom				
	Točka	φ	λ	h [m]	
	GSR1	46° 02' 53.27068" S	14° 32' 37.36199" V	351,6620	
	FGG2	46° 02' 45.56638" S	14° 29' 42.96277" V	367,5315	
	FGG4	46° 02' 44.00715" S	14° 29' 40.66094" V	367,5450	
	Fgg1	46° 02' 44.66695" S	14° 29' 40.21297" V	367,5658	

Višina točke FGG1 je določena višje, kot bi dejansko morala biti. Enako je razvidno iz preglednice 2, kjer pride do največjega odstopanja na točki FGG2, kjer je tudi bil postavljen JAVAD TRIUMPH-LS. Odstopanje na tej točki je 2,39 cm in tudi tukaj lahko sklepamo, da pride do odstopanja zaradi nastavka 2,5 cm.

Preglednica 2: Izravnane koordinate stojliščnih točk v ETRS 89 (na točki FGG2 je bil postavljen JAVAD TRIUMPH-LS)

2.serija	JAVAD – brez upoštevanega nastavka				
	Točka	φ	λ	h [m]	razlika [m]
	GSR1	46° 02' 53.27068" S	14° 32' 37.36199" V	351,6620	0,0000
	FGG1	46° 02' 44.66687" S	14° 29' 40.21298" V	367,5513	- 0,0015
	FGG4	46° 02' 44.00706" S	14° 29' 40.66094" V	367,5431	- 0,0017
	Fgg2	46° 02' 45.56638" S	14° 29' 42.96270" V	367,5448	+0,0239
	JAVAD – z upoštevanim nastavkom				
	Točka	φ	λ	h [m]	
	GSR1	46° 02' 53.27068" S	14° 32' 37.36199" V	351,6620	
	FGG1	46° 02' 44.66687" S	14° 29' 40.21296" V	367,5498	
	FGG4	46° 02' 44.00706" S	14° 29' 40.66091" V	367,5414	
	Fgg2	46° 02' 45.56639" S	14° 29' 42.96269" V	367,5687	

V preglednici 3 in 4 so s pomočjo spletnega programa SiTraNet (SitraNet, 2016) pretvorjene koordinate iz geografskih koordinat v ravninske v koordinatnem sistemu D96/TM in v nadmorsko višino s pomočjo modela geoida Slovenije SLOG200 (Pribičević, 2000).

Preglednica 3: Pretvorjene koordinate točk iz ETRS89 v D96/TM (1. serija)

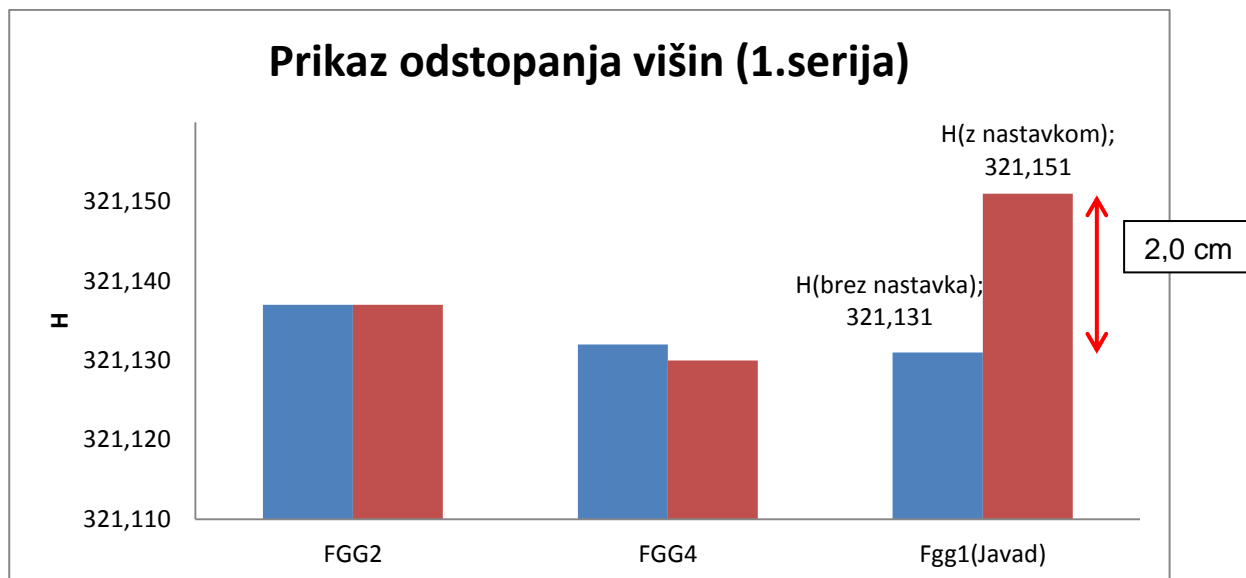
1. serija	JAVAD – brez upoštevanega nastavka			
Točka	n [m]	e [m]	H [m]	razlika [m]
FGG2	100.811,612	460.938,080	321,137	0,000
FGG4	100.763,789	460.888,291	321,132	-0,002
Fgg1	100.784,218	460.878,791	321,131	+0,020
JAVAD – brez upoštevanega nastavka				
Točka	n [m]	e [m]	H [m]	
FGG2	100.811,612	460.938,081	321,137	
FGG4	100.763,789	460.888,291	321,130	
Fgg1	100.784,219	460.878,790	321,151	

Preglednica 4: Pretvorjene koordinate točk iz ETRS 89 v D96/TM (2. serija)

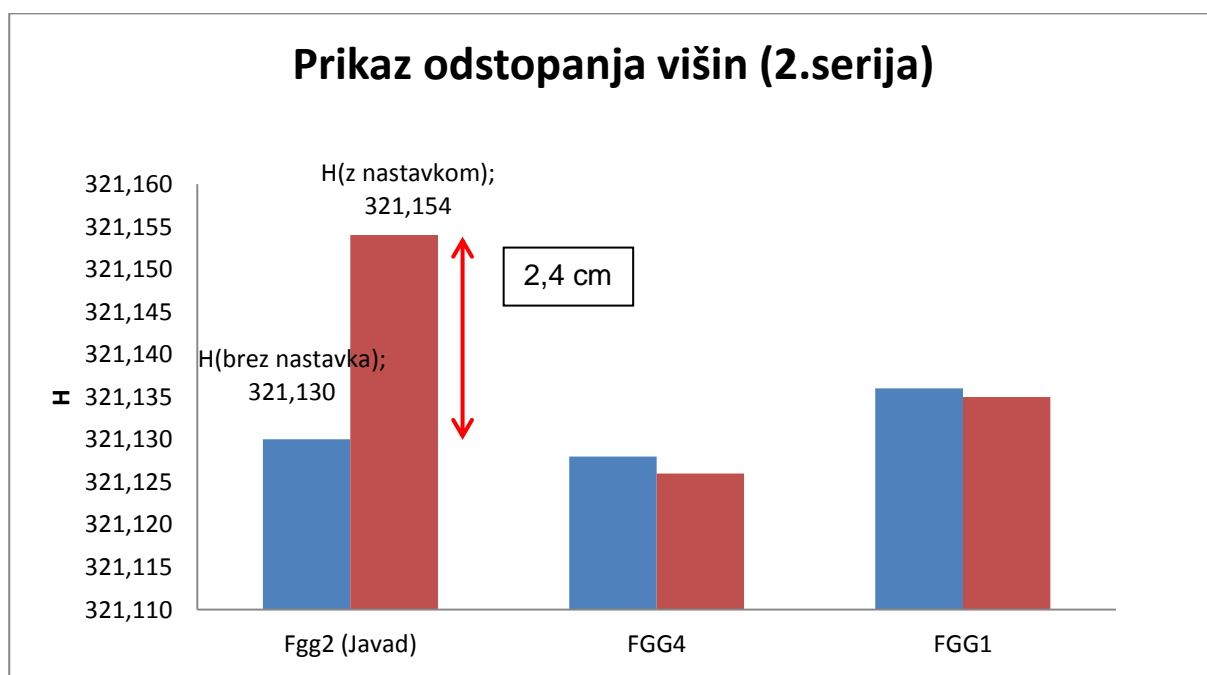
2.serija	JAVAD – brez upoštevanega nastavka			
Točka	n [m]	e [m]	H [m]	razlika [m]
FGG1	100.784,217	460.878,791	321,136	-0,001
FGG4	100.763,786	460.888,291	321,128	-0,002
Fgg2	100.811,612	460.938,079	321,130	+0,024
JAVAD – z upoštevanim nastavkom				
Točka	n [m]	e [m]	H [m]	
FGG1	100.784,217	460.878,790	321,135	
FGG4	100.763,786	460.888,291	321,126	
Fgg2	100.811,612	460.938,079	321,154	

4.3 Grafični prikaz odstopanj

Na grafikonih 1 in 2 grafično prikazujemo višine (modro), ko smo instrument JAVAD TRIUMPH-LS namestili brez nastavka in višine točk (rdeče), ko je bil instrument JAVAD TRIUMPH-LS nameščen z 2,5 cm nastavkom. Odstopanja na točki FGG1 znašajo okoli 2 cm.



Grafikon 1: Prikaz odstopanja višin (1. serija), če uporabljamo nastavek 2,5 cm in brez njega



Grafikon 2: Prikaz odstopanja višin (2. serija), če uporabljamo nastavek 2,5 cm in brez njega

Z grafikonov 1 in 2 je razvidno, na katerem stebru je največja razlika med višinama. Na prvem grafikonu se to vidi pri stebru FGG1, na drugem pa pri stebru FGG2.

Od tod lahko zaključimo, da moramo pri statični izmeri GNSS višino instrumenta meriti do oznak na instrumentu, četudi instrument namestimo na 2,5 cm nastavek.

4.4 Preizkus kakovosti koordinat, določenih z nagibom JAVAD TRIUMPH-LS

Nadalje smo 10. junij 2016 preizkušali kakovost določitve položaja točk pri RTK izmeri pri različnih nagibih instrumenta (od 15° do 45°) in pa trditev ali pri RTK izmeri instrument avtomatično upošteva nastavek 2,5 cm.

Meritve smo izvedli z instrumentom JAVAD TRIUMPH-LS, ki smo ga pritrdili na nastavljivo karbonsko palico, zraven pa smo uporabili še dvonožno stojalo, s katerim smo horizontirali instrument na točko. Za orientacijo smo si iz kartona naredili vetrovnico, ki nam je kazala strani neba in nam služila za hitro in približno orientacijo (slika 14). Bolj natančno smo nagib in orientacijo odčitali na instrumentu (slika 15). Določali smo koordinate točke (čepa) na strehi FGG, ki smo jo poimenovali CEP7. RTK-meritve smo izvajali v eno-minutnih intervalih. Ker smo opazovanja izvajali z RTK-metodo izmere, nam ni bilo potrebno naknadno obdelovati podatkov, ampak smo dobili koordinate točk v realnem času, kar je tudi prednost te metode pred statično. Poizkušali smo z različnimi nagibi 15° , 30° , 45° (slika 15), vendar nam instrument pri nagibu, večjem od 30° , ni uspel več določiti položaja točke.



Slika 14: Instrument JAVAD TRIUMPH-LS z dvonožnim stojalom in vetrovnico, ki nam je služila za hitro orientacijo

V preglednici 5 lahko vidimo, kako se odčitane koordinate spreminjajo glede na azimut in pa glede na nagib. Iz preglednice 6 pa je razvidno, da se položaj koordinat že pri nagibu 15° zelo razlikuje od vertikalnega in sicer okrog 8 cm, pri nagibu 30° je kakovost že zelo slaba, kar 17 cm in kar je za potrebe geodezije preveliko odstopanje.



Slika 15: Prikaz postavitve instrumenta na točko CEP7 pri nagibu 15° in 30°

Preglednica 5: Koordinate točke CEP7 pri različnih nagibih

nagib 0°	n [m]	e [m]	H [m]	Azimut	Nagib	Višina	Δn [m]	Δe [m]	ΔH[m]
Cep7 1	100.787,974	460.938,841	319,738	0°	-0,2	1,65	-0,023	-0,024	-0,002
Cep7 2	100.787,934	460.938,824	319,745	90°	-0,7	1,65	0,017	-0,007	-0,009
Cep7 3	100.787,929	460.938,796	319,727	180°	1	1,65	0,022	0,021	0,009
Cep7 4	100.787,967	460.938,808	319,735	270°	0	1,65	-0,016	0,009	0,001
povprečje	100.787,951	460.938,817	319,736						

nagib 15°	n [m]	e [m]	H [m]	Azimut	Nagib	Višina	Δn [m]	Δe [m]	ΔH[m]
Cep7 5	100.787,966	460.939,071	319,740	0°	-14	1,65	0,067	-0,179	-0,001
Cep7 6	100.788,084	460.938,774	319,738	90°	-14	1,65	-0,051	0,118	0,001
Cep7 7	100.787,984	460.938,943	319,732	180°	-14	1,65	0,049	-0,051	0,007
Cep7 8	100.788,099	460.938,782	319,746	270°	-14	1,65	-0,066	0,110	-0,007
povprečje	100788,033	460938,893	319,739						

nagib 30°	n [m]	e [m]	H [m]	Azimut	Nagib	Višina	Δn [m]	Δe [m]	ΔH[m]
Cep7 9	100.787,872	460.939,328	319,757	0°	-29	1,65	0,251	-0,343	0,000
Cep7 10	100.788,211	460.938,695	319,758	90°	-29	1,65	-0,088	0,290	-0,001
Cep7 11	100.788,218	460.939,094	319,755	180°	-29	1,65	-0,095	-0,109	0,002
Cep7 12	100.788,193	460.938,824	319,759	270°	-29	1,65	-0,070	0,161	-0,002
povprečje	100788,124	460938,985	319,757						

Preglednica 6: Prikaz odstopanj koordinat pri različnih nagibih (15° in 30°)

	razlika		
	Δn [m]	Δe [m]	ΔH [m]
nagib 15°	0,082	0,075	0,003
nagib 30°	0,172	0,168	0,021

Iz rezultatov v preglednici 6 vidimo, da so v primeru nagiba instrumenta za 15° odstopanja v posamezni komponenti horizontalnega položaja okoli 8 cm, po višini so odstopanja manjša, pri nagibu 30° so odstopanja glede na nagib pri 15° dvakrat večja.

Ko smo praktično preverjali dopustna odstopanja pri različnih nagibih instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS, smo v članku (The American Surveyor, 2010) zasledili navedbo, da instrument JAVAD TRIUMPH-LS po privzetih nastavitvah prične z opazovanji, ko je le-ta nagnjen za manj kot 15° od navpičnice. Zato pri uporabi instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS velja pravilo, da pri nagibih, večjih kot 15°, določitev položaja ni več kakovostna in zadovoljiva za geodetsko določanje položaja visoke kakovosti. Dodatno velja poudariti, da je pri bolj zahtevnih nalogah določitev položaja tudi pri manjših nagibih potrebno premisliti o smiselnosti uporabe inklinometra. Po naših izkušnjah je za optimalno določitev koordinat točk z instrumentom JAVAD TRIUMPH-LS še vedno dobro uporabiti postavitve instrumenta s pomočjo kakovostnih libel. Takrat redukcij koordinat za odčitke na inklinometru ne upoštevamo oziroma jih upoštevamo z določeno mero previdnosti.

5 ZAKLJUČEK

Opazovanja z instrumentom JAVAD TRIUMPH-LS in dodatne analize smo uspešno zaključili. Osnovno vodilo diplomske naloge je bil preizkus, kako izmeriti višino antene instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS oziroma odgovoriti na vprašanje, ali je nastavek v velikosti 2,5 cm vključen v osnovno kalibracijo ali ne. Dodatno smo preizkušali še kakovost določitve položaja točke pri RTK-metodi izmere pri različnih nagibih instrumenta.

V povezavi s prvo postavljeno hipotezo lahko zaključimo, da moramo pri statični izmeri GNSS višino instrumenta meriti do oznak na instrumentu (zelena puščica ob strani – slika 6), kljub temu, da instrument namestimo na 2,5 cm nastavek. To pomeni, da je nastavek vključen v izmero višine antene GNSS.

V drugi hipotezi smo predpostavili, da pri RTK-metodi izmere, kjer na grezilu ni nameščenega nastavka, v instrument vnesemo le višino grezila in dodatno ne upoštevamo nastavka velikost 2,5 cm. Ta hipoteza drži in jo lahko sprejmemo.

Pri zadnji hipotezi nas je zanimal največji možen nagib instrumenta JAVAD TRIUMPH-LS od navpičnice, da lahko kakovostno določimo položaj. V dani nalogi instrument preizkušali pri treh velikih nagibih in sicer 15° , 30° in 45° in pokazali, da pri nagibih, večjih od 15° ne moremo več kakovostno določiti koordinat točk, saj le-ta odstopa več, kot je potrebna točnost določitve položaje zemljiško-katastrskih točk, ki je zapisana v 35. členu *Pravilnika o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru* (UL RS, št. 8/2007). Da je temu res tako, zaznamo tudi v članku (The American Surveyor, 2010), ki pravi, da pri nagibu nad 15° določitev položaja ni več kakovostna. Tudi to hipotezo lahko sprejmemo, saj smo dokazali, da je že pri naklonu 30° odstopanje skoraj 20 cm, kar je preveč za določanje položaja za potrebe kakovostne geodetske izmere. Na danem mestu velja še enkrat poudariti, da je uporaba inklinometra zelo uporabna, vendar moramo pri bolj zahtevnih geodetskih nalogah določitve koordinat točk, uporabljati inklinometer z določeno mero previdnosti oziroma za horizontiranje instrumenta uporabiti znane postopke horizontiranja instrumenta z uporabo kakovostnih libel.

6 VIRI

Bilban, G. 2014. Analiza kakovosti določitve položaja v omrežjih postaj GNSS. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (samozaložba G. Bilban): 215 str.

http://drugg.fgg.uni-lj.si/4569/1/GEM052_Bilban.pdf (Pridobljeno 21. 6. 2016.)

Ermenc, N. 2015. Vpliv horizontalne oddaljenosti od stalne postaje GNSS na točnost določitve položaja. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba N. Ermenc): 28 str.

http://drugg.fgg.uni-lj.si/5313/1/BGG104_Ermenc.pdf (Pridobljeno 21. 6. 2016.)

Geoservis. 2016.

<http://www.geoservis.si/novosti/22-leica-viva-gs15-gnss> (Pridobljeno 21. 6. 2016.)

IGS. 2016.

<ftp://igs.ensg.ign.fr/pub/igs/products/> (Pridobljeno 25. 5. 2016.)

Javad. 2016.

<https://www.javad.com/jgnss/products/receivers/triumph-ls.html> (Pridobljeno 18. 7. 2016.)

JAVAD TRIUMPH-LS. 2016.

http://www.allsat.de/fileadmin/Dateien/Produktdatenblaetter_PDFs/JAVAD_Produkte/TRIUMPH-LS/TRIUMPH-LS_Datasheet.pdf (Pridobljeno 14. 7. 2016.)

JAVAD TRIUMPH-LS. 2016. Users Guide: str. 165-167.

<https://www.javad.com/downloads/javadgnss/manuals/hardware/Triumph-LS-Users-Guide.pdf> (Pridobljeno 14. 7. 2016.)

NGS. 2016.

<http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/> (Pridobljeno 18. 7. 2016.)

NovAtel. USING ANTENNA PROFILES IN WAYPOINT SOFTWARE, 2009.

http://www.novatel.com/assets/Documents/Waypoint/faqs/Antenna_Profiles.pdf (Pridobljeno 9.8.2016.)

Omrežje SIGNAL. 2016.

<http://www.qu-signal.si/> (Pridobljeno 25. 5. 2016.)

35. člen Pravilnika o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru (UL RS, št. 8/2007).

<https://www.uradni-list.si/1/content?id=78071> (Pridobljeno 9. 8. 2016.)

Sitranet. 2016.

<http://193.2.92.129/> (Pridobljeno 25. 5. 2016.)

Sterle, O., Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P. Metoda PPP pri statični izmeri GNSS. Geodetski vestnik 58, 3: 466-481.

http://www.geodetski-vestnik.com/58/3/qv58-3_sterle.pdf (Pridobljeno 17. 7. 2016.)

The American Surveyor, 2011. Vol. 8 No. 6: The Javad GNSS Triumph V.S.

http://www.amerisurv.com/PDF/TheAmericanSurveyor_Ogden-JavadTriumphVS_Vol8No6.pdf (Pridobljeno 2. 8. 2016.)