

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:

Kocila, J., 2014. Vzpostavitev koordinatne osnove z GNSS ob uporabi omrežij signal in cropos na območju razkrižja, šafarskega in gibine. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Pavlovčič Prešeren, P.): 26 str.

Datum arhiviranja:03-10-2014

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:

Kocila, J., 2014. Vzpostavitev koordinatne osnove z GNSS ob uporabi omrežij signal in cropos na območju razkrižja, šafarskega in gibine. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Pavlovčič Prešeren, P.): 26 pp.

Archiving Date: 03-10-2014

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



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

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
PRVE STOPNJE GEODEZIJE
IN GEOINFORMATIKE**

Kandidat:

JAN KOČILA

**VZPOSTAVITEV KOORDINATNE OSNOVE Z GNSS
OB UPORABI OMREŽIJ SIGNAL IN CROPOS NA
OBMOČJU RAZKRIŽJA, ŠAFARSKEGA IN GIBINE**

Diplomska naloga št.: 60/GIG

**GNSS COORDINATE BASIS ESTABLISHMENT
USING SIGNAL AND CROPOS AT THE AREA OF
RAZKRIŽJE, ŠAFARSKO AND GIBINA**

Graduation thesis No.: 60/GIG

Mentorica:

doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

Predsednik komisije:

prof. dr. Bojan Stopar

Ljubljana, 11. 09. 2014

Ta stran je namenoma prazna.

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo
-----------------------	-------------------------	----------------	---------------

IZJAVE

Podpisani **JAN KOČILA** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
»VZPOSTAVITEV KOORDINATNE OSNOVE Z GNSS OB UPORABI OMREŽIJ SIGNAL IN CROPOS NA OBMOČJU RAZKRIŽJA, ŠAFARSKEGA IN GIBINE«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 1. 9. 2014

Jan Kočila

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

- UDK:** 528.2(497.4)(497.5)(043.2)
- Avtor:** Jan Kočila
- Mentorica:** doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren
- Naslov:** Vzpostavitev koordinatne osnove z GNSS ob uporabi omrežij SIGNAL in CROPOS na območju Razkrižja, Šafarskega in Gibine
- Tip dokumenta:** Diplomaska naloga – univerzitetni študij
- Obseg in oprema:** 26 str., 18 pregl., 17 sl.
- Ključne besede:** hitra statična izmera GNSS, RTK - metoda izmere, CROPOS, SiGNAL, VRS, 7-parametrična transformacija, Pomurje

IZVLEČEK

V nalogi obravnavamo določitev koordinat točk z GNSS-metodami izmere na območju, ki se nahaja v okolici slovensko-hrvaške državne meje, podrobneje v Razkrižju, v Šafarskem in v Gibini. Za vzpostavitev koordinatne osnove smo uporabili hitro statično izmero GNSS in RTK-metodo izmere. Opazovanja hitre statične metode izmere smo obdelali dvakrat neodvisno: najprej z navezavo na stalno delujočo postajo GNSS slovenskega omrežja SIGNAL v Lendavi, nato pa z navezavo na stalno delujočo postajo GNSS hrvaškega omrežja CROPOS v Čakovcu. Analizirali smo in primerjali delovanje omrežja stalnih postaj Hrvaške in Slovenije. V prvi fazi smo primerjali rezultate naknadne obdelave hitre statične metode izmere GNSS z navezavami na stalne postaje različnih državnih omrežij. V drugi fazi smo naredili RTK-metodo izmere GNSS na hrvaškem ozemlju, enkrat v okviru omrežja SIGNAL, drugič pa v okviru omrežja CROPOS, in pridobljene rezultate primerjali. Ker smo meritve izvajali na trajno stabiliziranih točkah z danimi koordinatami v koordinatnem sistemu D48/GK, smo na danem območju v Sloveniji naredili tudi hitro analizo kvalitete uradnih transformacijskih parametrov 7-parametrične transformacije za območje Pomurja.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

- UDC:** 528.2(497.4)(497.5)(043.2)
- Author:** Jan Kočila
- Supervisor:** Assist. Prof. Polona Pavlovčič Prešeren, Ph. D.
- Title:** GNSS coordinate basis establishment using SIGNAL and CROPOS at the area of Razkrižje, Šafarsko and Gibina
- Document type:** Graduation Thesis – University studies
- Notes:** 26 p., 18 tab., 17 fig.
- Key words:** fast static GNSS surveying, RTK-method, CROPOS, SiGNAL, VRS, 7-parametric transformation, Pomurje

ABSTRACT

The thesis deals with determining the coordinates of the points with GNSS surveying methods in the area located near the Slovenian - Croatian border, to be more specific in Razkrižje in Šafarsko and Gibina. To establish a coordinate basis, we have used fast static GNSS surveying and RTK measurement method. Measurements of fast static survey methods were analyzed independently twice: first, by connecting to the constantly active Slovenian GNSS network station SIGNAL in Lendava, and then by connecting to the constantly active Croatian GNSS station network CROPOS in Čakovec. We have analyzed and compared the performance of the networks of permanent GNSS stations in Croatia and Slovenia. In the first phase, we have compared the results of the post-processing of fast static GNSS measurement methods with a link to permanent reference stations of various national networks. In the second phase we have performed RTK-surveying method GNSS on Croatian territory, first with the network SIGNAL and second time in the context of network CROPOS, and obtained results were compared. Since the measurements were carried out on permanently stabilized points with given coordinates in a coordinate system D48/GK, we have made in selected area in Slovenia a quick analysis of the quality official transformation parameters 7-parametric transformation for the area of Pomurje.

ZAHVALE

Najprej iskrena in posebna zahvala cenjeni mentorici doc. dr. Poloni Pavlovčič Prešeren za motivacijo in moralno podporo, predvsem pa za strokovno pomoč, koristne nasvete pri izvajanju terenskih meritev in pridobivanju podatkov za mojo diplomsko nalogo.

Zahvaljujem se tudi g. Albinu Mencinu za praktično-strokovno pomoč pri izvajanju terenskih meritev.

Največja zahvala gre mojim staršem in bratu za potrpežljivost, spodbudne besede in nasvete, čustveno, moralno ter finančno podporo skozi vsa moja študijska leta.

Velika hvala še obema babicama, stricu in njegovi družini, ker so me sprejeli v svoj dom in mi s tem omogočili brezskrbno in prijetno bivanje v času mojega študija.

Hvala geodetskemu podjetju Mreža M d.o.o, ki mi je omogočilo opravljati obvezno praktično delo-prakso v letih študija. Omogočili so mi tudi izposojajo meritvenega instrumentarija, pomoč pri izvajanju terenskih meritev ter bili pripravljeni sodelovati pri pridobivanju podatkov, ki sem jih uporabil v diplomski nalogi, za kar se jim še enkrat zahvaljujem.

Hvala tudi vsem kolegicam in kolegom za kolegijalnost – pomoč, in prijetno – zabavna, nepozabna druženja, doživljanje v letih našega študija.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA	III
IZJAVE	IV
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	V
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	VI
ZAHVALE	VII
1 UVOD	1
2 METODE IZMERE IN OMREŽJA REFERENČNIH STALNIH POSTAJ	3
2.1 Hitra statična metoda izmere GNSS.....	3
2.2 RTK-metoda izmere GNSS.....	3
2.3 Slovensko omrežje stalnih postaj GNSS - SIGNAL	4
2.4 Hrvaško omrežje stalnih postaj GNSS - CROPOS	6
2.5 Virtualno referenčno stojišče VRS.....	7
2.6 Posredovanje podatkov uporabnikom	8
2.7 Podatki opazovanj v formatu RINEX.....	10
3 TERENSKA IZMERA IN OBDELAVA PODATKOV	11
3.1 Priprava na terensko izmero	11
3.1.1 Topografije trigonometričnih in poligonskih točk	11
3.1.2 Določitev območja in rekognosciranje terena.....	12
3.2 Terenska izmera	15
3.2.1 Uporabljen instrumentarij	15
3.2.2 Izvedba meritev.....	16
3.2.3 Potek obdelave podatkov v programu Leica GeoOffice	17
4 ANALIZA IN PRIMERJAVA REZULTATOV IZMERE	18
4.1 Test SIGNAL-a	18
4.1.1 Primerjava koordinat, pridobljenih s hitro statično metodo izmere – VRS in	
PP Lendava	18
4.1.1.1 Radialna metoda izmera	18

4.1.1.2	Ena točka navezana.....	19
4.1.1.3	Zaključene figure – izravnava.....	20
4.2	Test CROPOS-a	21
4.2.1	Primerjava koordinat, pridobljenih s hitro statično metodo izmere – navezava na	
	PP Čakovec in VRS	21
4.2.1.1	Radialna metoda.....	21
4.2.1.2	Ena točka navezana.....	21
4.2.1.3	Zaključene figure.....	22
4.3	Primerjava koordinat RTK-metode v SIGNAL-u in CROPOS-u	23
4.4	Izračun transformacijskih parametrov 7-parametrične transformacije	24
4.4.1	Ocena danih parametrov (ko je SLO razdeljena na 7 regij) – 7 parametrična	
	transformacija	24
4.4.2	Izračun lastnih parametrov	25
5	KOMENTAR K HIPOTEZAM	26
6	ZAKLJUČEK	28
	VIRI	30

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Radialna metoda izmere – navezava na PP Lendava	18
Preglednica 2: Radialna metoda izmere – navezava na VRS (Slovenija)	19
Preglednica 3: Ena točka navezana – navezava na PP Lendava	19
Preglednica 4: Ena točka navezana – navezava na VRS (Slovenija)	19
Preglednica 5: Zaključene figure – navezava na PP Lendava	20
Preglednica 6: Zaključene figure – navezava na VRS (Slovenija)	20
Preglednica 7: Radialna metoda izmere – navezava na PP Čakovec	21
Preglednica 8: Radialna metoda izmere – navezava na VRS (Hrvaška)	21
Preglednica 9: Ena točka navezana – navezava na PP Čakovec	21
Preglednica 10: Ena točka navezana – navezava na VRS (Hrvaška)	22
Preglednica 11: Zaključene figure – navezava na PP Čakovec	23
Preglednica 12: Zaključene figure – navezava na VRS (Hrvaška)	23
Preglednica 13: ETRS coordinate točk na Hrvaškem, pridobljene z RTK-metodo izmere z navezavo na CROPOS	24
Preglednica 14: ETRS coordinate točk na Hrvaškem, pridobljene z RTK-metodo izmere z navezavo na SIGNAL	24
Preglednica 15: Ocena kvalitete uradnih transformacijskih parametrov - Pomurje	24
Preglednica 16: Odstopanja transformiranih koordinat na podlagi uradnih transformacijskih parametrov za Pomurje od koordinat iz topografij	2
Preglednica 17: Primerjava koordinat pridobljenih iz topografij in transformiranih na podlagi lastnih transformacijskih parametrov	25
Preglednica 18: Odstopanja transformiranih koordinat na podlagi lastnih transformacijskih parametrov od koordinat iz topografij	25

KAZALO SLIK

Slika 1: Skica omrežja SIGNAL (Služba za GPS, 2014)	5
Slika 2: Državno omrežje referenčnih GNSS postaj Republike Hrvaške (Hrvatski pozicijski sustav, 2014)	6
Slika 3: Princip delovanja omrežja CROPOS	7
Slika 4: Princip delovanja VRS postaje.....	8
Slika 5: Primer topografije trigonometrične točke – točka RAZ1 (www.e-prostor.gov.si)	12
Slika 6: Razkrižje – državni ortofoto DOF050 v D96/TM	13
Slika 7: Gibina – državni ortofoto DOF050 v D96/TM	13
Slika 8: Čestijanec (Hrvaška) – državni ortofoto DOF050 v D96/TM	14
Slika 9: Stabilizacija poligonskih točk – točka 6000.....	14
Slika 10: Stabilizacija trigonometrične točke – točka RAZ1	15
Slika 11: Sprejemnik Trimble 4000Ssi.....	16
Slika 12: Antena	16
Slika 13: GPS sprejemnik Leica Viva.....	16
Slika 14: GPS sprejemnik Sokkia GSR 2700 ISX	16
Slika 15: Postavitev antene nad poligonsko točko pri hitri statični izmeri – točka 6000.....	17
Slika 16: Obdelava baznih vektorjev – radialna metoda	18
Slika 17: Obdelava baznih vektorjev – ena točka navezana.....	22

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

Ta stran je namenoma prazna.

1 UVOD

Koordinate danih ali novih točk lahko določimo z različnimi geodetskimi metodami izmere. Glede na območje in namen izvajanja meritev lahko izbiramo med klasično terestrično metodo izmere ali pa izberemo katero izmed GNSS (angl. Global Navigation Satellite System) metod izmere. Izbira metode je v veliki meri odvisna od razmer na terenu, zato je potrebno poznati vsako metodo, njene prednosti in slabosti ter na podlagi tega izbrati optimalno metodo za izvedbo opazovanj in nadaljnjo določitev položajev točk.

V diplomski nalogi predstavljamo določitev koordinat že obstoječih točk (poligonske in trigonometrične točke) na delu slovensko–hrvaške meje z uporabo dveh GNSS metod izmere in sicer s hitro statično metodo GNSS izmere ter z RTK (angl. Real Time Kinematic) metodo izmere GNSS.

Da bi pridobili ustrezne koordinate točk, moramo opazovanja, pridobljena s hitro statično metodo izmere GNSS, naknadno obdelati z ustreznim programskim orodjem, medtem ko pri RTK- metodi izmere dobimo koordinate v realnem času. Za naknadno obdelavo podatkov opazovanj, pridobljenih s hitro statično metodo izmere GNSS, smo uporabili program Leica GeoOffice.

Zanimalo nas je, v kolikšni meri se skladajo položaji točk, pridobljeni s hitro statično metodo izmere GNSS in RTK-metodo izmere GNSS. Po izvedeni terenski izmeri smo primerjali pridobljene koordinate točk na območju dveh držav Slovenije in Hrvaške z istimi metodami in istim inštrumentarijem, vendar z navezavo na omrežje stalnih (permanentnih) postaj posamezne države: v primeru Slovenije z navezavo na omrežje SIGNAL, v primeru Hrvaške pa z navezavo na omrežje CROPOS.

Najprej smo opazovanja, pridobljena s hitro statično metodo izmere, obdelali tako, da smo pri obdelavi uporabili navezavo na eno stalno postajo; v Sloveniji na najbližjo stalno postajo v Lendavi, na Hrvaškem pa na najbližjo stalno postajo v Čakovcu.

V drugem koraku smo obdelali ista opazovanja, vendar z navezavo na virtualno postajo VRS (angl. Virtual Reference System), ki se je nahajala najprej na območju Slovenije in nato na Hrvaškem.

Za oba načina obdelave opazovanj smo tekom naloge iskali najboljšo rešitev s pomočjo treh metod pridobitve optimalnih rezultatov: radialna metoda (vsaka točka navezana na permanentno oz. VRS postajo), odprte figure (samo ena točka navezana na permanentno oz. VRS postajo) ter metoda zaključenih figur, ki ji je sledila izravnava mreže GNSS.

V tretjem koraku smo primerjali koordinate točk, pridobljene z RTK-metodo izmere v navezavi na permanentne postaje SIGNAL (Slovenija) in CROPOS (Hrvaška). Koordinate, ki smo jih določili z RTK-metodo izmere, ni potrebno naknadno obdelati, saj dobimo koordinate že v realnem času.

Pričakovali smo, da bodo rezultati, pridobljeni z RTK-metodo, nekoliko slabši od koordinat, pridobljenih s hitro statično metodo izmere, saj je dosegljiva natančnost kinematičnih metod izmere GNSS, kamor spada tudi RTK, slabša od statične metode izmere GNSS. Zanimiva pa je primerjava koordinat istih točk, določenih na osnovi opazovanj s stalnih postaj različnih državnih omrežij – v primeru statične metode izmere gre tudi za obdelavo opazovanj v različnih državnih omrežjih stalnih postaj.

V diplomski nalogi bomo preverjali naslednje hipoteze:

- a) Položaji točk, določeni z isto metodo izmere GNSS, vendar z navezavo na stalni postaji različnih državnih omrežij, se med seboj razlikujejo.
- b) Položaji točk se v okviru posameznega omrežja med seboj razlikujejo, če so določeni z različnimi metodami izmere; v našem primeru je šlo za RTK-metodo izmere in hitro statično metodo izmere.
- c) Položaji točk, določeni z RTK-metodo izmere v različnih omrežjih (SIGNAL in CROPOS), se med seboj razlikujejo;
- č) Kvaliteta uradnih transformacijskih parametrov za območje Slovenije, ko je Slovenija razdeljena na 7-regij, je slabša od izračuna lastnih transformacijskih parametrov.

2 METODE IZMERE IN OMREŽJA REFERENČNIH STALNIH POSTAJ

2.1 Hitra statična metoda izmere GNSS

Hitra statična metoda izmere GNSS je v bistvenih lastnostih v osnovi enaka statični metodi izmere GNSS z izjemo krajšega časa trajanja opazovanj. Pojavila se je z razvojem algoritmov za učinkovito določitev neznanega začetnega števila celih valov ob uporabi različnih tipov opazovanj in različnih kombinacij teh opazovanj, kar omogoča relativno hitro in zanesljivo določitev neznanega števila celih valov, imenovanega tudi fazna nedoločenost. Čas trajanja opazovanj na točki je dosti krajši kot pri statični metodi izmere in navadno znaša od 10 do 30 minut (pri statični metodi izmere pa od 30 do 120 minut), odvisno od dolžine baznega vektorja in pogojev za izvedbo opazovanj GNSS. Določitev neznanek fazne nedoločenosti je najučinkovitejše ob sprejemanju signalov petih ali več satelitov (Kogoj, Stopar, 2009).

2.2 RTK-metoda izmere GNSS

RTK-metoda izmere je relativna metoda izmere GNSS, ki temelji na obdelavi faznih opazovanj v realnem času, kar omogoča hitro določitev položaja visoke natančnosti. V horizontalni ravnini lahko z uporabo te metode dosežemo natančnost do nekaj centimetrov.

RTK-metoda izmere je v osnovi kinematična metoda izmere, ki je lahko tudi Stop-and-Go metoda (na točki se za nekaj trenutkov ustavimo, potem se z instrumentom gibljemo) ali tudi kombinacija kinematične in hitre statične metode izmere GNSS, če z instrumentom na točki sprejemamo opazovanja dlje časa. RTK-metoda temelji na dodatni komunikacijski povezavi (radijska, GSM) med referenčnim in premičnim sprejemnikom GNSS in na uporabi ustrezne programske opreme za obdelavo faznih opazovanj z referenčnega in premičnega sprejemnika v času trajanja izmere. Metoda je primerna za najrazličnejše geodetske naloge, od detajlne izmere do nalog inženirske geodezije. Največja prednost te metode je med ostalim v tem, da med samo izmero pridobimo informacijo o količini in kakovosti opravljenega terenskega dela (Kogoj, Stopar, 2009), slabost pa v možnosti pojava vplivov na opazovanja, predvsem odboja signalov od objektov, ki ga tekom izmere ne moremo zaznati drugače, kot da izvedemo primerjavo koordinat iste točke, določenih z boljšimi metodami izmere oziroma z isto metodo izmere v različnih trenutkih izmere.

Z RTK-metodo izmere določimo kakovostni položaj v realnem času, pri ostalih metodah izmere GNSS pa je potrebno opazovanja naknadno obdelati, da pridobimo podatke o količini in kakovosti opravljenega terenskega dela ter končen rezultat – končne koordinate.

Priporočljivi parametri nastavitve in izvedbe RTK-metode izmere so (vir: Pravilnik o urejanju ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru) :

- interval registracije 1 s

- število meritev pri stop&go načinu zajema je vsaj 10
- najmanjši višinski kot satelitov je 10° ter
- faktor PDOP (angl. Position Dilution of Precision) je manjši od 6.

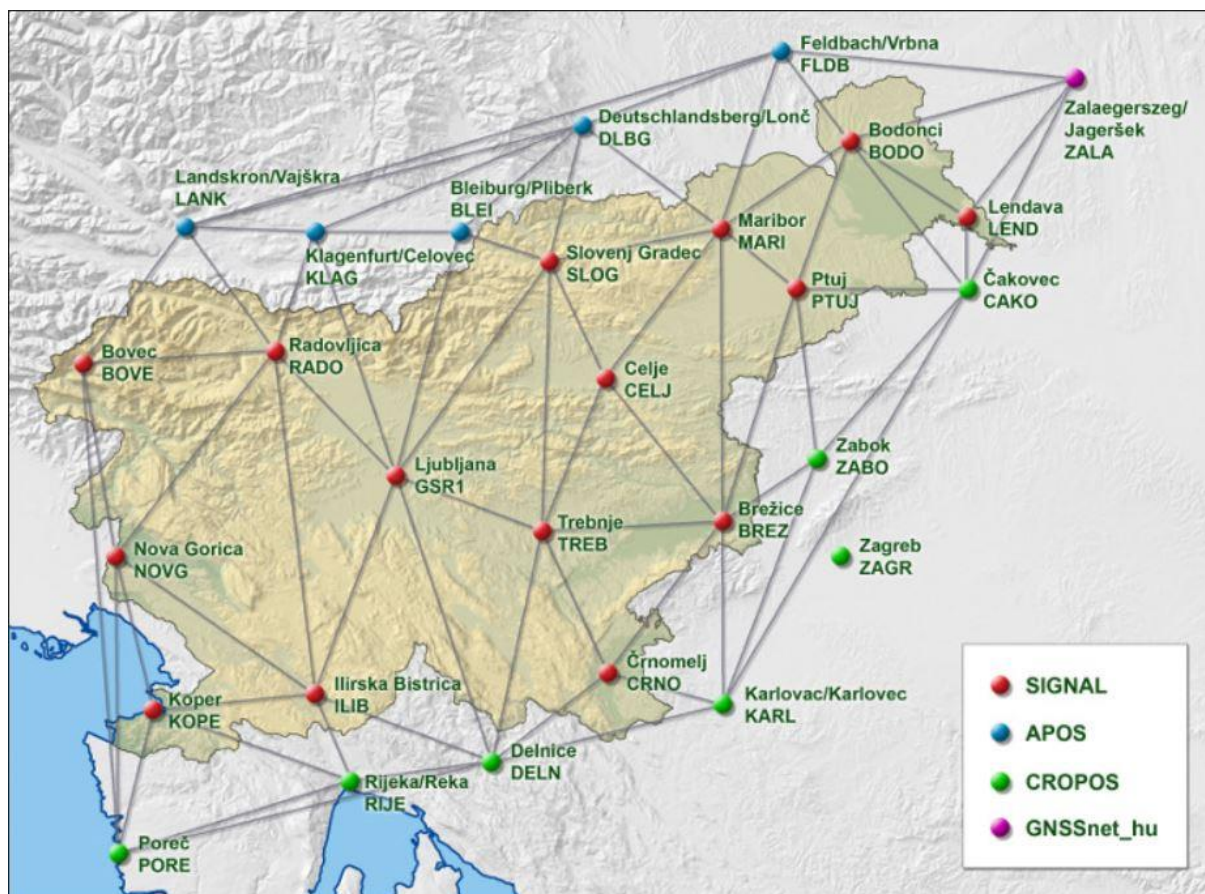
Priporočeno je tudi shranjevanje podatkov opazovanj, saj samo tako lahko morebitne nepravilnosti (višina antene, koordinate bazne postaje, filtriranje opazovanj ipd.) »popravimo« z naknadno obdelavo opazovanj v pisarni.

Kakovost koordinat, določenih v okviru RTK-metode izmere, je v veliki meri odvisna od postopka inicializacije, v katerem se na osnovi nekaj trenutkov opazovanj na začetku izmere določi neznano število celih valov. Zato je dobro opraviti inicializacijo na čim bolj odprtem terenu, kjer ni ovir za signal GNSS (Tehnično navodilo za uporabo novega koordinatnega sistema, 2007).

2.3 Slovensko omrežje stalnih postaj GNSS - SIGNAL

SIGNAL (SlovenIja – Geodezija – NAvigacija-Lokacija) je državno omrežje stalno delujočih GPS-postaj na območju Republike Slovenije. Omrežje tvori 15 stalnih postaj GNSS, enakomerno razporejenih po vsej državi, trenutno je v fazi vključevanja v omrežje tudi 16. stalna postaja v Idriji. Ljubljanska postaja GSR1 je vključena tudi v evropsko mrežo stalnih postaj EPN (angl. EUREF Permanent Network). Za to, da je z možnostjo uporabe podatkov omrežja SIGNAL pokrito celotno državno ozemlje, so v omrežje vključene tudi nekatere stalne postaje avstrijskega državnega omrežja APOS (5 postaj), madžarskega stalnega omrežja GNSSnet_hu (1 postaja) in 7 postaj hrvaškega omrežja CROPOS. Koordinate stalnih postaj sosednjih držav so bile preračunane v okviru izračuna položajev točk v omrežju SIGNAL. To pomeni, da se položaji točk sosednjega omrežja lahko razlikujejo, saj preračune posameznega omrežja države ne izvajajo istočasno. Omrežje SIGNAL služi kot ogrodje novega slovenskega državnega koordinatnega sistema D96/TM. Za njegovo delovanje skrbi Služba za GPS, ki deluje v okviru državne geodetske službe na Geodetskega inštituta Slovenije (Omrežje SIGNAL, 2014).

Na spletni strani omrežja SIGNAL najdemo bistvene informacije v zvezi s koordinatami točk za posamezno stalno postajo, podatke o instrumentu ter tipu antene in sprejemnika GNSS na stalni postaji ter ključne datume kot so: datum postavitve, menjave opreme in podobno. Vse omenjene informacije najdemo v datotekah s končnico *.log, ki so prosto dostopne na spletni strani. Log-datoteke so dostopne tudi za 6 hrvaških, 5 avstrijskih in od 1 madžarske postaje, ki so vključene v omrežje stalnih postaj Slovenije (Omrežje SIGNAL, 2014).



Slika 1: Skica omrežja SIGNAL (Služba za GPS, 2014, <http://www.gu-signal.si/sites/default/files/omrezje.jpg>)

Slika 3 prikazuje strukturo slovenskega omrežja SIGNAL v navezavi s stalnimi postajami sosednjih držav. S slike lahko vidimo, da na obmejnem pasu omrežje dopolnjujejo stalne postaje sosednjih držav, trenutno pa se sprejemajo podatki petih avstrijskih, ene madžarske in šestih hrvaških postaj.

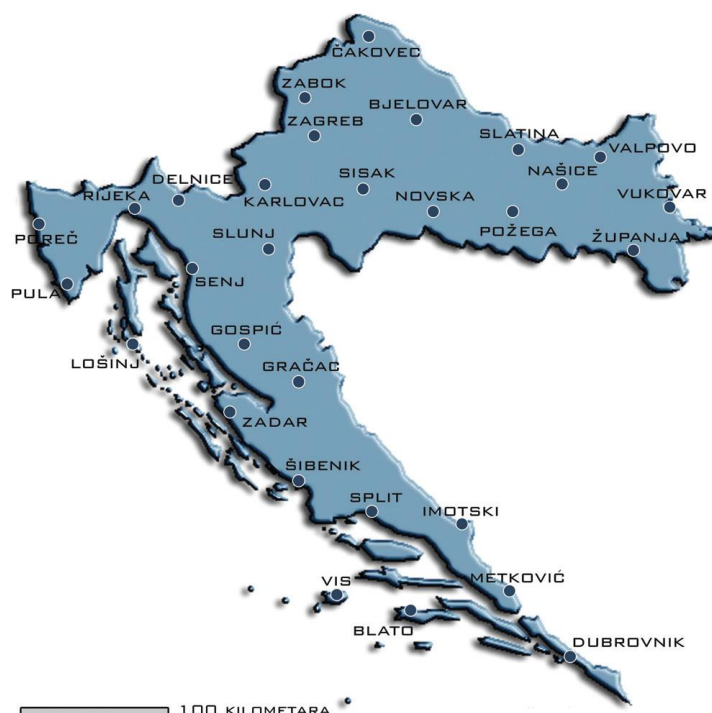
Omrežje postaj GNSS je za uporabnika pomembno zaradi določitve relativnega oz. diferencialnega položaja lastnega sprejemnika glede na izbrano postajo GNSS v omrežju. Tako določen položaj je neprimerljivo natančnejši od absolutnega položaja, določenega brez navezave na omrežje. Za navezavo opazovanj GNSS na fizično realizacijo koordinatnega sistema potrebujemo dva sprejemnika GNSS. Omrežje torej omogoča bolj racionalno izmero, saj uporabniku omogoča uporabo le enega sprejemnika GNSS, drugega pa nadomešča sprejemnik stalnega omrežja postaj, ki prevzame vlogo referenčnega sprejemnika (z znanim položajem v določenem koordinatnem sistemu, navadno v koordinatnem sistemu ETRS). (Omrežje SIGNAL, 2014).

Na vseh postajah omrežja stalnih postaj GNSS so postavljeni dvofrekvenčni fazni sprejemniki GNSS z antenami, ki izvajajo opazovanja neprekinjeno 24 ur na dan in 365 dni na leto. Instrumenti niso od istega proizvajalca, ampak do različnih in nekateri nudijo možnost sprejema le opazovanj GPS. Lokacija postaj je izbrana tako, da so le-te približno enakomerno razporejene po območju države in so maksimalne oddaljenosti med postajami manjše od 70 km, kar je osnovna zahteva programske opreme, na osnovi

katere se obdelujejo opazovanja v omrežju. S tako oddaljenostjo med stalnimi postajami GNSS lahko uporabnik doseže visoko natančnost določitve položaja na celotnem območju države (Omrežje SIGNAL, 2014).

2.4 Hrvaško omrežje stalnih postaj GNSS - CROPOS

CROPOS – (Hrvatski pozicijski sustav, angl. CRoatia POSition System) je državna mreža referenčnih stalnih postaj GNSS postaj Republike Hrvaške. Najpomembnejša naloga omrežja je omogočiti določitev položaja v realnem času z natančnostjo ± 2 cm v horizontalnem smislu ter ± 4 cm v vertikalnem smislu na območju celotne države.



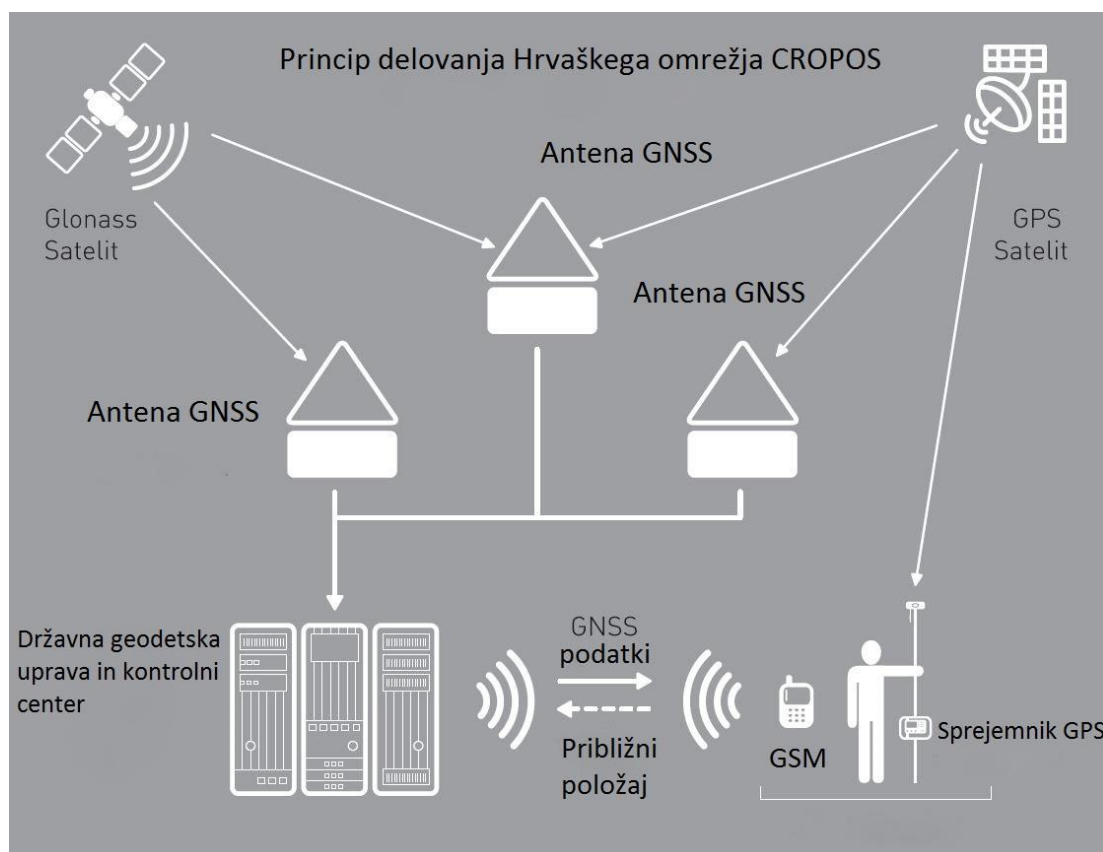
Slika 2: Državno omrežje referenčnih GNSS postaj Republike Hrvaške (Hrvatski pozicijski sustav, 2014)

CROPOS omrežje tvori 30 referenčnih postaj GNSS (prikazuje slika 4). Stalne postaje se nahajajo na medsebojni oddaljenosti do največ 70 km (zopet zahteva programske opreme, ki je vključena v delovanje omrežja), razporejene pa so tako, da je obdelava opazovanj GNSS z uporabo omrežja stalnih postaj CROPOS-a omogočena na celotnem območju Republike Hrvaške (Hrvatski pozicijski sustav, 2014).

Tudi v omrežju CROPOS poteka izmenjava podatkov opazovanj s stalnih postaj sosednjih omrežij, tako da omrežje v celoti vključuje obdelavo opazovanj 43 referenčnih postaj (7 slovenskih, 4 madžarske in 2 črnogorski). Omrežje uporabniku omogoča tako možnost izvedbe opazovanj v realnem času kot tudi

možnost pridobitve opazovanj za naknadno obdelavo in deluje tudi 24 ur/7 dni v tednu in 365 dni na leto.

V omrežju CROPOS sta z januarjem 2007 v evropsko mrežo stalnih postaj EPN vključeni stalna postaja v Dubrovniku (DUBR) in stalna postaja v Osijeku (OSJE). Kasneje, leta 2012, je bila postavljena še stalna postaja na Hvaru, ki je tudi vključena v evropsko mrežo stalnih postaj in ima zraven naloge, da izboljša sestavo EPN-a, zelo pomembno nalogo pri geodinamičnem raziskovanju Jadranske mirkoplošče.



Slika 3: Princip delovanja omrežja CROPOS

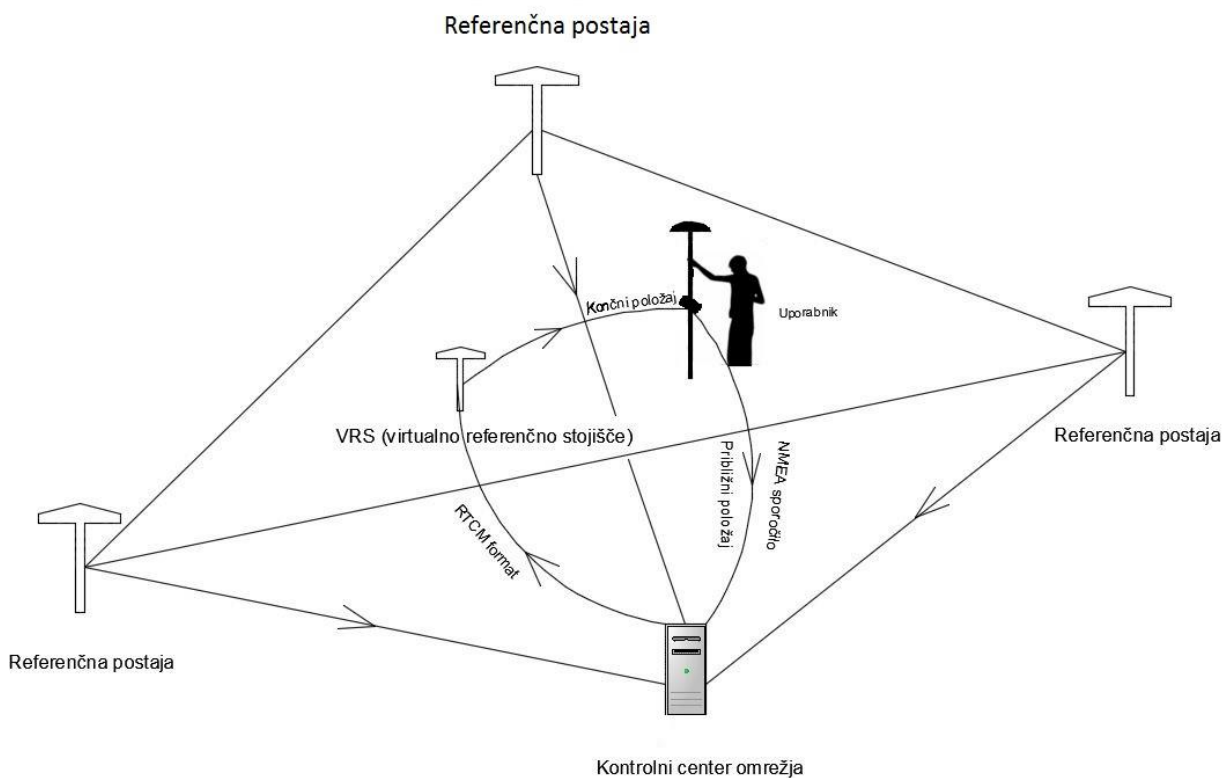
2.5 Virtualno referenčno stojišče VRS

VRS je kratica za virtualno referenčno postajo (angl. Virtual Reference Station). Gre za eno izmed tehnik za zagotavljanje omrežnih popravkov opazovanj in sicer glede na poljubno izbrano referenčno točko znotraj omrežja stalnih GNSS-postaj. VRS lahko uporabljamo v omrežju v realnem času, lahko pa opazovanja pridobimo tudi za naknadno obdelavo.

Koncept VRS deluje na principu računske določitve navideznih opazovanj, kot bi jih izvajala referenčna postaja v neposredni bližini uporabnika. Program za izračun VRS torej potrebuje približen položaj uporabnika, da lahko za to približno lokacijo določi opazovanja VRS. Podatki VRS se izračunajo ločeno

za vsakega uporabnika, saj se logično vsak nahaja na svoji lokaciji. Število simultanih VRS je na strani centra omrežja, ki izvaja preračune, običajno omejeno, in sicer programsko in strojno.

Če hočemo, da bo virtualna postaja delovala na enak način kot stalna postaja in nam omogočila določitev položaja sprejemnika, je potrebno med uporabnikom in centrom vzpostaviti dvosmerno povezavo (slika 6), s katero uporabnik sporoči svoj približni položaj. Obstaja ustrezna aplikacija, preko katere sprejemnik GNSS avtomatsko pošlje sporočilo, ki se mu reče NMEA (gre za stavek GGA standarda NMEA 0183) in vsebuje približen položaj sprejemnika, uporabniku pa se posredujejo opazovanja GNSS v obliki standarda RTCM SC 104 (različice standarda so različne). Na ta način se izmera s pomočjo virtualnega referenčnega stojišča (VRS) izvaja enako, kot da bi uporabnik imel referenčno postajo v neposredni bližini (Kozmus, Stopar, 2004).



Slika 4: Princip delovanja VRS-postaje

2.6 Posredovanje podatkov uporabnikom

Ena izmed pomembnejših nalog omrežja permanentnih postaj je posredovanje podatkov uporabnikom izmere v realnem času ali naknadno. Uporabnik, ki na terenu opravlja opazovanja GNSS z lastnim sprejemnikom, mora pri relativni določitvi položaja podatke opazovanj združiti s podatki opazovanj najbližje permanentne postaje ali s podatki navidezne postaje (VRS), kjer za obe predpostavljamo, da sta točki z znanim položajem. Preko obdelave opazovanj GNSS pridobimo najprej koordinatne razlike in pripadajoče natančnosti med dano in novo točko in naprej natančnosti opazovanj do nekaj

centimetrov, če izmero izvajamo v skladu s kriteriji posamezne metode izmere GNSS (predvsem je potrebno upoštevati oddaljenost med referenčno točko in točko opazovališča in omejeno zmogljivost programske opreme obdelave opazovanj GNSS). Uporabnik se lahko odloči za obdelavo opazovanj med izmero ali za naknadno obdelavo podatkov (angl. post-processing).

Za dostop do podatkov omrežja SIGNAL v realnem času, je potrebno pri pogodbenem distributerju aktivirati to storitev. Trenutno edini ponudnik te storitve na območju Slovenije je Telekom Slovenije d.d.. Do podatkov omrežja SIGNAL uporabniki v Sloveniji dostopajo preko t.i. storitve DGPS. Uporabnik za svoj instrument potrebuje kartico SIM, ki jo lahko kupi v Telekomovih centrih ali pri pooblaščenih prodajalcih, kjer lahko tudi izvede vklop storitve DGPS oz. sklene naročniško razmerje, odvisno od tega za kakšne namene bo uporabljal SIM-kartico. Naročniški paket, ki ga najpogosteje uporabljamo v geodeziji, vključuje SIM-kartico samo za uporabo storitev DGPS (naročniški paket Telemetrija + vključeno dodatno storitev DGPS), kar na mesečni ravni za en instrument uporabnika stane 101,66 € z DDV.

Obstaja tudi možnost, da uporabnik že ima svojo SIM-kartico in jo želi uporabiti za storitve DGPS. Takrat je potrebno izpolniti ustrezen obrazec in praviloma v dnevni ali dveh dni narejen vklop storitve DGPS.

Do podatkov omrežja SIGNAL v realnem času lahko dostopamo na dva načina in sicer:

- a) Klicni dostop – pri tem načinu dostopa gre za enak postopek kot pri klicanju z mobilnih telefonov. Uporabnik izbere mobilno telefonsko številko izbrane storitve, pokliče in na ta način vzpostavi povezavo in dostop do podatkov v realnem času.
- b) Spletna povezava – ta način pa omogoča dostop do podatkov v realnem času preko svetovnega spleta. Uporabnik ne kliče izbrane številke, vendar preko mobilnega interneta (GPRS, UMTS...) vzpostavi povezavo in omogoči storitev prenosa podatkov, zapisanih v standardni obliki RTCM, v realnem času.

Pri naknadni obdelavi opazovanj so nam podatki prosto na voljo na portalu RINEX. Potrebno se je brezplačno registrirati in na hiter način lahko pridobimo opazovanja celo za eno leto nazaj. Lahko pridobimo podatke tudi po enem letu, vendar je potrebno željo nasloviti na Službo za GPS. Lahko izbiramo med podatki stalne postaje ali podatki virtualne referenčne postaje.

Hrvaško omrežje stalnih postaj CROPOS opisane postopke urejene nekoliko drugače. Postopek pridobitve podatkov v realnem času je sicer enak, vendar je v CROPOS-u plačilo izključno na letni ravni in znaša za posamezen inštrument 1000 kn, kar je približno 133 €. Stroški prvotne registracije znašajo 300 kn, kar je okrog 40 €, plača pa se samo enkrat, ne glede na število inštrumentov ali zahtevano število uslug CROPOS.

Če ima posamezni registrirani uporabnik več instrumentov, s katerimi bi želel dostopati do omrežja CROPOS in podatkov v realnem času, plača za prvi inštrument zgoraj navedeno plačilo (133 €) za vsak naslednji instrument pa se plačilo pomnoži s koeficientom 0.9 glede na plačilo za predhodni instrument vendar brez stroškov registracije.

Zanimivost CROPOS-a gleda na SIGNAL je definitivno v tem, da so pri SIGNAL-u podatki za naknadno obdelavo zastoj in so dostopni eno leto ali več. Pri CROPOS-u se ti RINEX-podatki zaračunajo in sicer 1 min = 0.50 kn, kar je približno 7 centov, s tem da se tudi pri tej vrsti podatkov plačajo stroški registracije 40 €.

2.7 Podatki opazovanj v formatu RINEX

Glede na to, da nimajo vsi uporabniki enake programske opreme za obdelavo opazovanj in glede na to, da so podatki opazovanj stalnih postaj zapisani v binarnem formatu proizvajalca, se le-ta pretvori v standardni sprejemniško neodvisen format zapisa opazovanj RINEX (angl. Receiver Independent Exchange format). Uporabnik dobi opazovanja posamezne stalne ali VRS postaje v RINEX-obliki, kjer glava RINEX datoteke vključuje tudi najpomembnejše podatke (koordinate točk, tip sprejemnika in antene in višino antene, merjeno vertikalno do točke ARP (angl. Antenna Reference Point). Tako tvorjene datoteke se shranjujejo na arhivski strežnik, ki je stalno priključen na internet. Uporabniki arhiviranih datotek dostopajo do portala službe za GPS (GNSS), kjer se običajno najprej prijavijo, nato pa izberejo dan, čas in interval opazovanj. Ko uporabnik pridobi ustrezne datoteke RINEX, jih skupaj s svojimi podatki opazovanj obdela v programu obdelave opazovanj GNSS. (Kozmus, Stopar, 2004).

Surova opazovanja posameznih postaj, ki jih sprejema delovna postaja v centru, se pretvorijo v sprejemniško neodvisen format RINEX.

Omrežje stalnih postaj nudi tudi imenovane RINEX–storitve. Gre pravzaprav za možnosti pridobitve opazovanj GNSS v formatu RINEX, ki jih uporabimo za naknadno določitev kakovostnega položaja v okviru kinematične, statične ali hitre statične metode izmere, ki temelji na naknadni obdelavi opazovanj GNSS z ustreznim programskim paketom.

RINEX - datoteke vsebujejo podatke z opazovanj na:

- stalnih postajah GNSS državnega omrežja, vključno s podatki opazovanj stalnih postaj sosednjih držav, če so te vključene v državno omrežje;
- virtualnih referenčnih postajah (VRS), ki se kreirajo na zahtevo uporabnika, pri čemer ta sam določi položaj virtualne točke, ki naj bi se praviloma nahajala znotraj omrežja stalnih postaj (Omrežje SIGNAL, 2014).

3 TERENSKA IZMERA IN OBDELAVA PODATKOV

V prejšnjem poglavju smo podrobneje predstavili metode izmere GNSS (RTK in hitra statična metoda izmere), omrežja permanentnih postaj v Sloveniji (SIGNAL) in na Hrvaškem (CROPOS), način delovanja navidezne postaje (VRS) ter način in oblika posredovanja podatkov od centra permanentnih postaj do uporabnika.

V tem poglavju pa opisujemo pripravo na terensko izmero, ki je vsebovala naslednje korake (sam potek priprave pa podrobneje opisujemo naslednje podpoglavju):

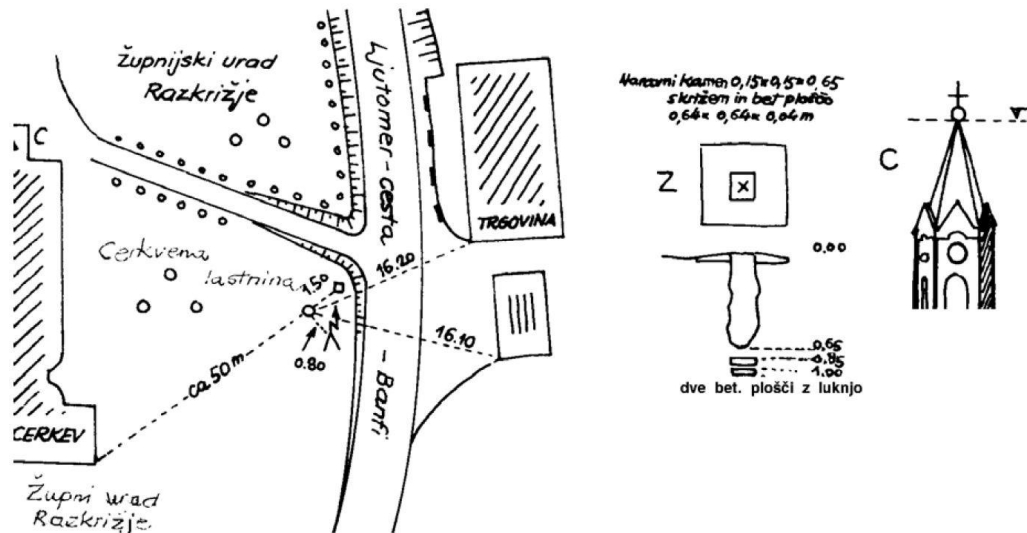
- analiza in izbira ustreznega območja za izvajanje meritev
- pridobitev podatkov o obstoječih trigonometričnih in poligonskih točkah na izbranem območju (topografije) z namenom izvedbe meritev na dobro trajno stabiliziranih točkah
- terenski ogled in iskanje točk na podlagi topografij (rekognosciranje terena)
- zasnova poteka terenskih meritev.

3.1 Priprava na terensko izmero

V tem podpoglavju predstavljamo podroben potek priprav za izvedbo terenske izmere, izbiri območja izmere, pridobitev koordinat danih trigonometričnih in poligonskih točk ter izkušnje pri rekognosciranju določenega območja.

3.1.1 Topografije trigonometričnih in poligonskih točk

Topografija pomeni opis položaja točke v pisni in grafični obliki. Trigonometrične točke so temena trikotnikov trigonometrične mreže starega državnega koordinatnega sistema D48/GK in so označene s trajno vidno stabilizacijo na fizični površini Zemlje. Ker so točke trigonometrične mreže med seboj preveč oddaljene, da bi jih uporabili kot osnovo za detajlno izmero, je potrebno trigonometrično mrežo zgostiti. Nove točke, s katerimi so ponavadi v preteklosti zgostili trigonometrično mrežo, so poligonske točke in tvorijo poligonsko mrežo. Obe vrsti točk sta na načrtih in kartah označeni s predpisanimi topografskimi znaki. Položaji trigonometričnih in poligonskih točk so bili določeni v izbranem koordinatnem sistemu, v našem primeru so vse koordinate točk na topografijah določene v D48/GK koordinatnemu sistemu.



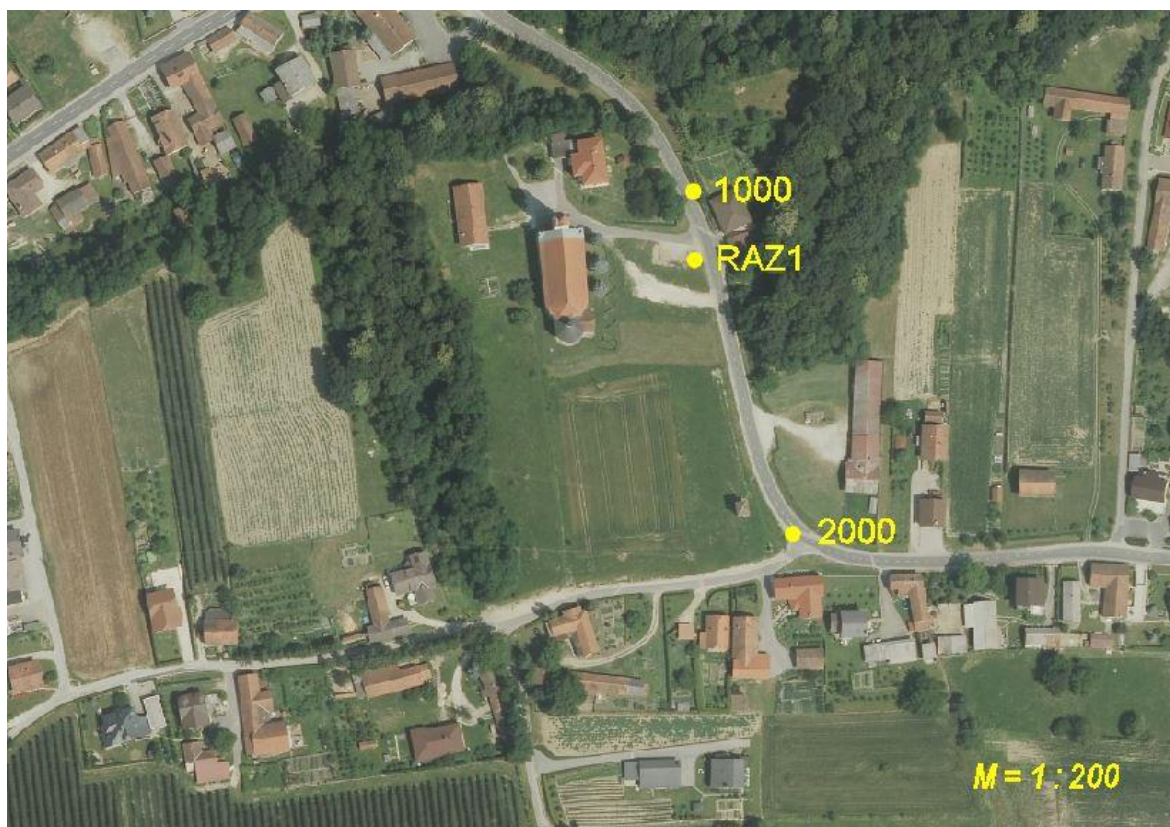
Slika 5: Primer topografije trigonometrične točke - točka RAZ1 (vir: www.e-prostor.gov.si).

Ker so trigonometrične točke fizično trajno dobro stabilizirane, hkrati pa z znanimi koordinatami v državnem koordinatnem sistemu D48/GK omogočajo kontrolo uradnih transformacijskih parametrov, smo se odločili izmero za nadaljnje analize izvesti kar na teh točkah.

3.1.2 Določitev območja in rekognosciranje terena

Po dogovoru o temi diplomske naloge in analizi poteka državne meje med Hrvaško in Slovenijo je padla odločitev o najprimernejših katastrskih občinah (K.O.) na območju Slovenije in sicer: k. o. Kapca, k. o. Kot pri Muri, k. o. Hotiza, ter za območje Hrvaške k. o. Sveti Martin na Muri. Območje izmere smo si izbrali tako, da je bila mogoča izvedba meritev v realnem času tako v omrežju stalnih postaj SIGNAL kot tudi CROPOS. Pridobili smo topografije za nekaj trigonometričnih in nekaj poligonskih točk v teh katastrskih občinah in sledil je terenski ogled in rekognosciranje terena z namenom ugotovitve, ali točke na terenu še vedno fizično obstajajo.

Koordinate točk s topografij smo (ker so v podane v starem koordinatnem sistemu D48/GK) najprej transformirali v novi koordinatni sistem D96/TM s pomočjo spletnega programa SiTRA in z uporabo splošnih transformacijskih parametrov za obravnavano območje (Prekmurje), potem smo na terenu točke poiskali.



Slika 6: Razkrižje ($\varphi = 46^{\circ}31'15,3''S$, $\lambda = 16^{\circ}16'48,8''V$) – državni ortofoto DOF050 v D96/TM

Po terenskem ogledu smo bili neugodno presenečeni, saj v naravi ni obstajala niti ena trajno stabilizirana točka (trigonometrična ali poligonska točka) za območje teh treh katastrskih občin, zato smo morali izbrati druge katastrske občine na obmejnem območju. Odločili za k. o. Razkrižje, k. o. Šafarsko in k. o. Gibina, kjer je še vedno mogoča izvedba opazovanj v realnem času tako v SIGNAL-u kot v CROPOS-u. Po opravljenem terenskem ogledu smo našli dve trigonometrični točki in deset poligonskih točk na območju k. o. Razkrižje in k. o. Gibina, medtem ko v katastrski občini Šafarsko ni bilo ohranjenih točk stare mreže. Na teh točkah smo izmero želeli narediti tudi zato, da ocenimo kvaliteto transformacijskih parametrov prostorske transformacije. Na hrvaški strani smo za k. o. Sveti Martin na Muri našli eno trigonometrično točko in dve poligonski točki.



Slika 7: Gibina ($\varphi = 46^{\circ}31'08,2''S$, $\lambda = 16^{\circ}17'49,8''V$) – državni ortofoto DOF050 v D96/TM



Slika 8: Čestijanec (Hrvaška) ($\varphi = 46^{\circ}31'12,8''S$, $\lambda = 16^{\circ}19'12,8''V$) – državni ortofoto DOF050 v D96/TM

Poligonske točke so bile na terenu stabilizirane s pomočjo kovinskih cevi ob robovih cest (slika 9), trigonometrične točke pa z betonskimi ali granitnimi kamni s križem (slika 10).



Slika 9: Stabilizacija poligonskih točk – točka 6000



Slika 10: Stabilizacija trigonometrične točke – točka RAZ1

Opazovanja GNSS smo izvajali na trajno stabiliziranih točkah tudi zato, da se izmera po potrebi lahko ponovi.

3.2 Terenska izmera

V tem poglavju predstavljamo postopek izvedbe meritev, uporabljene metode izmere, uporabljeno mersko opremo, potek GNSS izmere in postopek naknadne obdelave podatkov.

3.2.1 Uporabljen instrumentarij

Pri hitri statični metodi izmere smo uporabili:

- 4 x sprejemnik Trimble 4000Ssi (slika 11)
- 4 x antena (slika 12)
- 4 x stativ, podnožje, pecelj

RTK-metodo izmere z navezavo na SIGNAL smo opravili z instrumentom Leica Viva (slika 13), medtem ko smo RTK-metodo izmere z navezavo na CROPOS opravili z dvofrekvenčnim sprejemnikom GPS Sokkia GSR 2700 ISX (slika 14), ki nam ga je posodilo podjetje Mreža M d.o.o. iz Čakovca.



Slika 11: Sprejemnik Trimble 4000Ssi



Slika 12: Antena



Slika 13: GPS sprejemnik Leica Viva



Slika 14: GPS sprejemnik Sokkia GSR 2700 ISX

3.2.2 Izvedba meritev

Najprej smo na točkah izvedli opazovanja s hitro statično metodo izmere GNSS. Opazovanja smo izvedli s štirimi instrumenti GNSS istočasno, na vsaki točki pa smo opazovali v eni seriji po 30 min ob intervalu registracije 5 sekund in višinskem kotu 15° (slika 15). Na ta način smo opravili opazovanja na 8 točkah na slovenski strani in 2 točkah na hrvaški strani. Točkam smo z RTK-metodo izmere določili trikrat neodvisno koordinate tako v omrežju SIGNAL kot tudi v omrežju CROPOS. Neodvisne meritve smo opravili ob različnih inicializacijah po preteku časa vsaj 20 minut.

Na hrvaški strani smo z RTK-metodo izmere določili položaje petim točkam (s hitro statično metodo dve točki) zaradi boljše primerjave rezultatov, pridobljenih z navezavo na stalno postajo SIGNAL-a v Lendavi, ter rezultatov pridobljenih z navezavo na CROPOS permanentno postajo v Čakovcu. Oba načina povezave smo izvedli enako, v treh serijah neodvisno.



Slika 15: Postavitev antene nad poligonsko točko pri hitri statični izmeri – točka 6000

3.2.3 Potek obdelave podatkov v programu Leica GeoOffice

Po izvedenih meritvah je sledila obdelava podatkov hitre statične metode izmere GNSS v programu Leica GeoOffice (LGO). Za naknadno obdelavo podatkov smo kot vhodne podatke uporabili datoteke RINEX, kalibracije anten ter končne precizne efemeride službe IGS.

RINEX-datoteke smo pridobili za opazovane točke ter za permanentne postaje omrežja SIGNAL (Lendava) in CROPOS (Čakovec) ter za poljubno določeni VRS postaji na območju ene in druge države.

Podatke o kalibraciji anten in ostale podatke o antenah smo pridobili na spletni strani National Geodetic Survey (NGS).

Tekom obdelave hitre statične metode izmere GNSS so bili vsi parametri obdelave enaki (efemeride, Hopfieldov model refrakcije), spreminjali smo le podatke opazovanj referenčnega stojišča (dane točke).

4 ANALIZA IN PRIMERJAVA REZULTATOV IZMERE

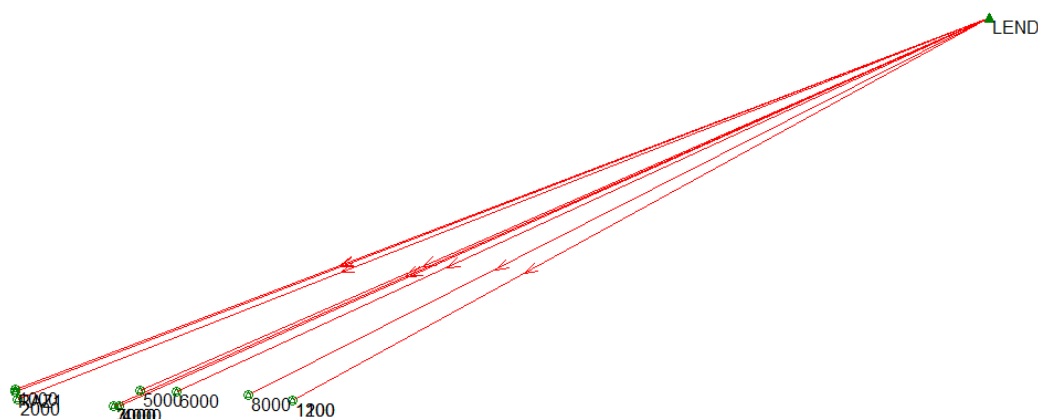
4.1 Test SIGNAL-a

Predstavljamo rezultate, pridobljene s hitro statično metodo izmere v navezavi na permanentno postajo SIGNAL-a v Lendavi in poljubno izbrano VRS postajo v bližini izmere na slovenski strani.

4.1.1 Primerjava koordinat, pridobljenih s hitro statično metodo izmere – VRS in PP Lendava

4.1.1.1 Radialna metoda izmera

V danem primeru smo naredili obdelavo tako, da so bili preračunani bazni vektorji, kjer je eno krajišče predstavljal stalna ali virtualna postaja, drugo krajišče pa nova točka, kjer smo izvajali opazovanja. V preglednicah predstavljamo rezultate v dveh oblikah in sicer z geografskimi koordinatami v koordinatnem sistemu ETRS89, kjer je zelo pomembna elipsoidna višina. Za lažjo primerjavo pridobljenih rezultatov pa smo geografske koordinate preračunali v ravninske koordinate D96/TM, kjer je bila pridobljena nadmorska višina preko lokalnega modela geoida Slovenije.



Slika 16: Obdelava baznih vektorjev – radialna metoda (oddaljenost od dane točke približno 14 km)

Točka	n	e	H	φ	λ	h
1000	154268.948	598224.245	182.945	46° 31' 15.26316"S	16° 16' 48.75245"V	228.077
2000	154133.714	598263.587	185.707	46° 31' 10.86358" S	16° 16' 50.49499" V	230.838
3000	154073.985	599523.390	186.603	46° 31' 08.26356" S	16° 17' 49.54321" V	231.712
4000	154079.408	599597.396	180.828	46° 31' 08.39978"S	16° 17' 53.01876" V	225.935
5000	154281.597	599863.586	173.871	46° 31' 14.80479"S	16° 18' 05.66124" V	218.972
6000	154270.538	600345.142	186.708	46° 31' 14.18901"S	16° 18' 28.24157" V	231.800
7000	154073.345	599528.829	186.544	46° 31' 08.23995"S	16° 17' 49.79782" V	231.653
8000	154244.364	601295.635	182.523	46° 31' 12.82921"S	16° 19' 12.80662" V	227.597
1200	154191.166	601868.224	187.377	46° 31' 10.79574"S	16° 19' 39.62325" V	232.442
RAZI	154241.846	598224.866	185.093	46° 31' 14.38527"s	16° 16' 48.76094" V	230.224

Preglednica 1: Radialna metoda izmere – navezava na PP Lendava

Točka	n	e	H	φ	λ	h
1000	154268.950	598224.257	182.922	46° 31' 15.26322"S	16° 16' 48.75299"V	228.053
2000	154133.716	598263.598	185.687	46° 31' 10.86363" S	16° 16' 50.49554"V	230.819
3000	154073.985	599523.392	186.607	46° 31' 08.26357" S	16° 17' 49.54328"V	231.716
4000	154079.407	599597.401	180.823	46° 31' 08.39972" S	16° 17' 53.01901"V	225.930
5000	154281.588	599863.573	173.869	46° 31' 14.80451" S	16° 18' 05.66062"V	218.970
6000	154270.538	600345.151	186.696	46° 31' 14.18900" S	16° 18' 28.24199"V	231.788
7000	154073.345	599528.838	186.531	46° 31' 08.23993" S	16° 17' 49.79823"V	231.640
8000	154244.361	601295.630	182.506	46° 31' 12.82911" S	16° 19' 12.80635"V	227.581
1200	154191.158	601868.220	187.364	46° 31' 10.79549" S	16° 19' 39.62307"V	232.429
RAZ1	154241.848	598224.877	185.069	46° 31' 14.38532" S	16° 16' 48.76147"V	230.201

Preglednica 2: Radialna metoda izmere – navezava na VRS

4.1.1.2 Ena točka navezana

V tem primeru smo točke med seboj povezali v odprte figure tako, da je ena točka bila navezana na stalno oziroma virtualno postajo, z drugimi točkami pa je bila povezana v odprti poligon. Na ta način so točke med seboj postale odvisne, vendar še vseeno nismo imeli nadštevilna opazovanja oz. bazne vektorje, da bi lahko izvedli izravnavo baznih vektorjev.

Točka	n	e	H	φ	λ	h
1000	154268.948	598224.245	182.945	46° 31' 15.26316"S	16° 16' 48.75245"V	228.077
2000	154133.718	598263.594	185.699	46° 31' 10.86369"S	16° 16' 50.49533"V	230.831
3000	154073.982	599523.415	186.621	46° 31' 08.26343"S	16° 17' 49.54437"V	231.730
4000	154079.403	599597.423	180.845	46° 31' 08.39959"S	16° 17' 53.02000"V	225.953
5000	154281.597	599863.588	173.872	46° 31' 14.80479"S	16° 18' 05.66130"V	218.973
6000	154270.532	600345.169	186.721	46° 31' 14.18879"S	16° 18' 28.24283"V	231.813
7000	154073.343	599528.857	186.560	46° 31' 08.23985"S	16° 17' 49.79915"V	231.669
8000	154244.364	601295.635	182.523	46° 31' 12.82921"S	16° 19' 12.80659"V	227.598
1200	154191.162	601868.224	187.377	46° 31' 10.79561"S	16° 19' 39.62329"V	232.442
RAZ1	154241.849	598224.873	185.078	46° 31' 14.38536"S	16° 16' 48.76128"V	230.209

Preglednica 3: Ena točka navezana – navezava na PP Lendava

Točka	n	e	H	φ	λ	h
1000	154268.950	598224.257	182.922	46° 31' 15.26322"S	16° 16' 48.75298"V	228.053
2000	154133.720	598263.605	185.676	46° 31' 10.86375"S	16° 16' 50.49586"V	230.808
3000	154073.973	599523.401	186.619	46° 31' 08.26316"S	16° 17' 49.54368"V	231.728
4000	154079.394	599597.408	180.843	46° 31' 08.39931"S	16° 17' 53.01931"V	225.950
5000	154281.588	599863.573	173.870	46° 31' 14.80451"S	16° 18' 05.66061"V	218.971
6000	154270.523	600345.155	186.718	46° 31' 14.18852"S	16° 18' 28.24214"V	231.811
7000	154073.334	599528.843	186.557	46° 31' 08.23957"S	16° 17' 49.79846"V	231.666
8000	154244.360	601295.630	182.506	46° 31' 12.82910"S	16° 19' 12.80636"V	227.581
1200	154191.158	601868.220	187.360	46° 31' 10.79550"S	16° 19' 39.62306"V	232.424
RAZ1	154241.851	598224.884	185.054	46° 31' 14.38542"S	16° 16' 48.76181"V	230.186

Preglednica 4: Ena točka navezana – navezava na VRS

4.1.1.3 Zaključene figure – izravnava

Pri tej metodi obdelave podatkov smo točke povezali v zaključene figure, to pa pomeni, da so vse točke povezane z najmanj dvema drugima točkama. Na ta način dobimo mrežo, kjer so točke med seboj odvisne, metoda pa nam omogoči tudi nadštevilnost, kar je pogoj za izvedbo izravnave baznih vektorjev.

Točka	n	e	H	φ	λ	h
1000	154268.946	598224.243	182.947	46° 31' 15.26311"S	16° 16' 48.75234"V	228.079
2000	154133.714	598263.588	185.707	46° 31' 10.86358"S	16° 16' 50.49506"V	230.839
3000	154073.986	599523.390	186.604	46° 31' 08.26360"S	16° 17' 49.54321"V	231.713
4000	154079.408	599597.398	180.829	46° 31' 08.39978"S	16° 17' 53.01883"V	225.937
5000	154281.592	599863.589	173.876	46° 31' 14.80461"S	16° 18' 05.66136"V	218.977
6000	154270.538	600345.144	186.705	46° 31' 14.18901"S	16° 18' 28.24166"V	231.797
7000	154073.348	599528.832	186.544	46° 31' 08.24005"S	16° 17' 49.79798"V	231.653
8000	154244.365	601295.634	182.523	46° 31' 12.82926"S	16° 19' 12.80656"V	227.598
1200	154191.164	601868.224	187.377	46° 31' 10.79568"S	16° 19' 39.62325"V	232.442
RAZ1	154241.846	598224.868	185.084	46° 31' 14.38527"S	16° 16' 48.76106"V	230.215

Preglednica 5: Zaključene figure – navezava na PP Lendava

Točka	n	e	H	φ	λ	h
1000	154268.948	598224.254	182.926	46° 31' 15.26317"S	16° 16' 48.75287"V	228.057
1200	154191.158	601868.220	187.362	46° 31' 10.79549"S	16° 19' 39.62307"V	232.427
2000	154133.716	598263.598	185.687	46° 31' 10.86364"S	16° 16' 50.49555"V	230.819
3000	154073.983	599523.395	186.595	46° 31' 08.26350"S	16° 17' 49.54344"V	231.704
4000	154079.405	599597.403	180.818	46° 31' 08.39967"S	16° 17' 53.01907"V	225.926
5000	154281.585	599863.576	173.863	46° 31' 14.80440"S	16° 18' 05.66074"V	218.964
6000	154270.535	600345.149	186.692	46° 31' 14.18889"S	16° 18' 28.24189"V	231.784
7000	154073.345	599528.837	186.532	46° 31' 08.23993"S	16° 17' 49.79822"V	231.641
8000	154244.360	601295.630	182.507	46° 31' 12.82910"S	16° 19' 12.80637"V	227.582
RAZ1	154241.848	598224.879	185.063	46° 31' 14.38533"S	16° 16' 48.76155"V	230.195

Preglednica 6: Zaključene figure – navezava na VRS

4.2 Test CROPOS-a

4.2.1 Primerjava koordinat, pridobljenih s hitro statično metodo izmere – navezava na PP Čakovec in VRS

4.2.1.1 Radialna metoda

Točka	n	e	H	φ	λ	h
1000	154268.947	598224.270	182.922	46° 31' 15.26314"S	16° 16' 48.75361"V	228.054
1200	154191.168	601868.235	187.341	46° 31' 10.79581"S	16° 19' 39.62377"V	232.405
2000	154133.720	598263.612	185.686	46° 31' 10.86375"S	16° 16' 50.49618"V	230.818
3000	154073.998	599523.399	186.611	46° 31' 08.26396"S	16° 17' 49.54360"V	231.720
4000	154079.412	599597.411	180.819	46° 31' 08.39989"S	16° 17' 53.01945"V	225.927
5000	154281.601	599863.577	173.908	46° 31' 14.80493"S	16° 18' 05.66083"V	219.009
6000	154270.545	600345.166	186.693	46° 31' 14.18920"S	16° 18' 28.24267"V	231.785
7000	154073.346	599528.850	186.520	46° 31' 08.23995"S	16° 17' 49.79879"V	231.629
8000	154244.364	601295.639	182.504	46° 31' 12.82920"S	16° 19' 12.80680"V	227.579
RAZ1	154241.837	598224.893	185.069	46° 31' 14.38495"S	16° 16' 48.76223"V	230.201

Preglednica 7: Radialna metoda izmere – navezava na PP Čakovec

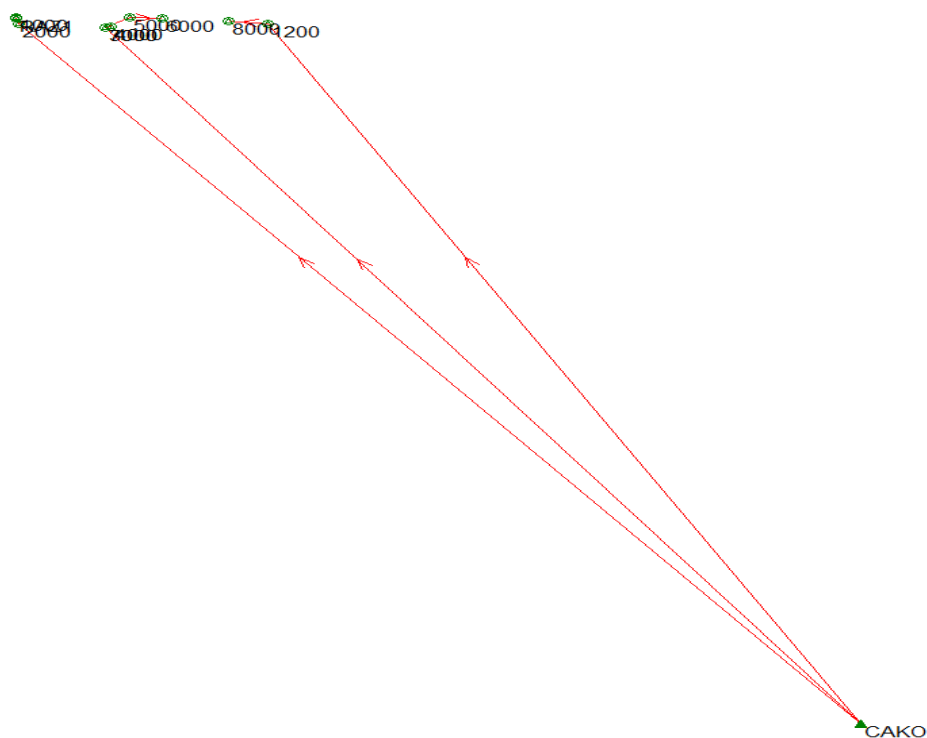
Točka	n	e	H	φ	λ	h
1000	154268.949	598224.251	182.932	46° 31' 15.26319"S	16° 16' 48.75272"V	228.063
2000	154133.715	598263.593	185.694	46° 31' 10.86360"S	16° 16' 50.49528"V	230.826
3000	154073.984	599523.392	186.599	46° 31' 08.26352"S	16° 17' 49.54329"V	231.708
4000	154079.406	599597.399	180.823	46° 31' 08.39969"S	16° 17' 53.01890"V	225.930
5000	154281.591	599863.571	173.870	46° 31' 14.80460" S	16° 18' 05.66050"V	218.971
6000	154270.536	600345.146	186.702	46° 31' 14.18892" S	16° 18' 28.24176"V	231.794
7000	154073.343	599528.833	186.536	46° 31' 08.23986" S	16° 17' 49.79801"V	231.645
8000	154244.363	601295.632	182.511	46° 31' 12.82920" S	16° 19' 12.80648"V	227.585
1200	154191.164	601868.221	187.367	46° 31' 10.79569" S	16° 19' 39.62314"V	232.432
RAZ1	154241.847	598224.872	185.079	46° 31' 14.38530" S	16° 16' 48.76123"V	230.210

Preglednica 8: Radialna metoda izmere – navezava na VRS

4.2.1.2 Ena točka navezana

Točka	n	e	H	φ	λ	h
1000	154268.950	598224.264	182.930	46° 31' 15.26323"S	16° 16' 48.75333"V	228.061
1200	154191.168	601868.235	187.341	46° 31' 10.79581"S	16° 19' 39.62377"V	232.405
2000	154133.720	598263.612	185.686	46° 31' 10.86375"S	16° 16' 50.49618"V	230.818
3000	154073.998	599523.399	186.611	46° 31' 08.26396"S	16° 17' 49.54360"V	231.720
4000	154079.419	599597.406	180.835	46° 31' 08.40011"S	16° 17' 53.01923"V	225.943
5000	154281.595	599863.598	173.879	46° 31' 14.80471"S	16° 18' 05.66179"V	218.980
6000	154270.549	600345.152	186.704	46° 31' 14.18935"S	16° 18' 28.24202"V	231.796
7000	154073.358	599528.841	186.550	46° 31' 08.24037"S	16° 17' 49.79838"V	231.659
8000	154244.370	601295.645	182.487	46° 31' 12.82941"S	16° 19' 12.80709"V	227.561
RAZ1	154241.851	598224.891	185.064	46° 31' 14.38542"S	16° 16' 48.76212"V	230.195

Preglednica 9: Ena točka navezana – navezava na PP Čakovec



Slika 17: Primer obdelave baznih vektorjev – ena točka navezana (oddaljenost od dane točke približno 20 km)

Točka	n	e	H	φ	λ	h
1000	154268.949	598224.251	182.932	46° 31' 15.26319"S	16° 16' 48.75272"V	228.063
1200	154191.161	601868.222	187.365	46° 31' 10.79560"S	16° 19' 39.62317"V	232.429
2000	154133.719	598263.600	185.686	46° 31' 10.86372"S	16° 16' 50.49561"V	230.818
3000	154073.975	599523.399	186.620	46° 31' 08.26324"S	16° 17' 49.54361"V	231.729
4000	154079.396	599597.407	180.844	46° 31' 08.39939"S	16° 17' 53.01924"V	225.951
5000	154281.591	599863.571	173.870	46° 31' 14.80459"S	16° 18' 05.66054"V	218.971
6000	154270.526	600345.153	186.719	46° 31' 14.18860"S	16° 18' 28.24207"V	231.811
7000	154073.336	599528.841	186.558	46° 31' 08.23965"S	16° 17' 49.79839"V	231.667
8000	154244.363	601295.632	182.511	46° 31' 12.82920"S	16° 19' 12.80647"V	227.586
RAZ1	154241.850	598224.879	185.064	46° 31' 14.38539"S	16° 16' 48.76155"V	230.195

Preglednica 10: Ena točka navezana – navezava na VRS

4.2.1.3 Zaključene figure

Pri naknadni obdelavi pridobljenih opazovanj lahko grobe pogreške kontroliramo z različnimi cenilkami kakovosti. S »Tau« testom smo preverili prisotnost grobih pogreškov na način, da če je rezultat empirične statistike Tau-testa manjši od tabelirane, opazovanja nimajo grobih pogreškov, če pa je rezultat Tau-testa večji, so prisotni grobi pogreški. Na ta način lahko spremenimo povezave vektorjem oz. kakšno povezavo tudi izpustimo (v primeru nadštevilnosti).

Kot cenilke kakovosti so pomembni tudi DOP (angl. Dilution Of Precision) faktorji. Vrednost faktorjev PDOP (angl. Position Dilution of Precision) je obratno sorazmerna z volumnom (normirana vrednost) štiristrane piramide, ki ga tvorijo sateliti in točka na Zemlji oz. lahko rečemo da so DOP faktorji odvisni

od geometrije satelitov. Če so sateliti med seboj malo oddaljeni, pomeni da bo natančnost slabša, če so sateliti med seboj zelo oddaljeni bo pa natančnost boljša. Faktorji DOP, ki jih poznamo so: PDOP (3D položaj), HDOP (horizontalni položaj), VDOP (višinska komponenta) in GDOP (pogrešek sprejemnikove ure).

DOP-faktorje lahko kontroliramo med samo obdelavo opazovanj in se na ta način grobo pogrešena opazovanja lahko takoj izločijo.

Točka	n	e	H	φ	λ	h
1000	154268.949	598224.268	182.925	46° 31' 15.26320"S	16° 16' 48.75350"V	228.056
2000	154133.719	598263.613	185.685	46° 31' 10.86371"S	16° 16' 50.49623"V	230.817
3000	154073.989	599523.410	186.591	46° 31' 08.26369"S	16° 17' 49.54415"V	231.700
4000	154079.411	599597.418	180.815	46° 31' 08.39986"S	16° 17' 53.01978"V	225.922
5000	154281.589	599863.593	173.855	46° 31' 14.80453"S	16° 18' 05.66154"V	218.956
6000	154270.542	600345.164	186.690	46° 31' 14.18911"S	16° 18' 28.24261"V	231.782
7000	154073.351	599528.853	186.528	46° 31' 08.24013"S	16° 17' 49.79893"V	231.637
8000	154244.366	601295.642	182.495	46° 31' 12.82928"S	16° 19' 12.80694"V	227.570
1200	154191.164	601868.232	187.348	46° 31' 10.79569"S	16° 19' 39.62366"V	232.413
RAZ1	154241.849	598224.877	185.049	46° 31' 14.38538"S	16° 16' 14.38538"V	230.194

Preglednica 11: Zaključene figure – navezava na PP Čakovec

Točka	n	e	H	φ	λ	h
1000	154268.947	598224.249	182.934	46° 31' 15.26314"S	16° 16' 48.75262"V	228.065
2000	154133.715	598263.594	185.694	46° 31' 10.86361"S	16° 16' 50.49532"V	230.826
3000	154073.984	599523.393	186.605	46° 31' 08.26351"S	16° 17' 49.54334"V	231.714
4000	154079.405	599597.401	180.828	46° 31' 08.39968"S	16° 17' 53.01898"V	225.936
5000	154281.593	599863.570	173.864	46° 31' 14.80467"S	16° 18' 05.66046"V	218.965
6000	154270.535	600345.147	186.703	46° 31' 14.18889"S	16° 18' 28.24180"V	231.795
7000	154073.345	599528.836	186.542	46° 31' 08.23994"S	16° 17' 49.79813"V	231.651
8000	154244.365	601295.632	182.512	46° 31' 12.82924"S	16° 19' 12.80646"V	227.587
1200	154191.163	601868.221	187.367	46° 31' 10.79566"S	16° 19' 39.62314"V	232.431
RAZ1	154241.847	598224.874	185.071	46° 31' 14.38530"S	16° 16' 48.76132"V	230.202

Preglednica 12: Zaključene figure – navezava na VRS

4.3 Primerjava koordinat RTK-metode v SIGNAL-u in CROPOS-u

Primerjali smo koordinate istih točk, pridobljene z RTK-metodo izmere na ta način, da smo isti točki določili položaj enkrat z inštrumentom, ki je navezan na omrežje stalnih postaj SIGNAL v Sloveniji, drugič pa smo tej točki določili položaj z inštrumentom, ki je bil povezan v omrežje stalnih postaj CROPOS na Hrvaškem. Pridobljene rezultate ni bilo potrebno naknadno obdelati, saj smo koordinate pridobili v realnem času.

Točka	n	e	H	φ	λ	h
8000	154244.347	601295.648	182.522	46° 31' 12.82865"S	16° 19' 12.80719"V	227.597
11000	154188.324	601869.468	187.539	46° 31' 10.70306"S	16° 19' 39.67937"V	232.604
12000	154191.169	601868.213	187.318	46° 31' 10.79584"S	16° 19' 39.62277"V	232.383
13000	153847.573	603290.849	186.461	46° 30' 58.89028"S	16° 20' 46.07893"V	231.501
14000	153842.125	603291.585	186.446	46° 30' 58.71345"S	16° 20' 46.10910"V	231.486

Preglednica 13: ETRS89-koordinate točk na Hrvaškem, pridobljene z RTK-metodo izmere z navezavo na CROPOS

Točka	n	e	H	φ	λ	h
80000	154244.367	601295.646	182.471	46° 31' 12.82930"S	16° 19' 12.80712"V	227.546
11000	154188.340	601869.458	187.539	46° 31' 10.70358"S	16° 19' 39.67892"V	232.604
12000	154191.171	601868.220	187.333	46° 31' 10.79590"S	16° 19' 39.62311"V	232.398
13000	153847.566	603290.832	186.469	46° 30' 58.89005"S	16° 20' 46.07813"V	231.509
14000	153842.124	603291.562	186.461	46° 30' 58.71344"S	16° 20' 46.10800"V	231.501

Preglednica 14: ETRS89- koordinate točk na Hrvaškem, pridobljene z RTK-metodo izmere z navezavo na SIGNAL

4.4 Izračun transformacijskih parametrov 7-parametrične transformacije

4.4.1 Ocena danih parametrov (ko je SLO razdeljena na 7 regij) – 7 parametrična transformacija

Za oceno kvalitete uradnih transformacijskih parametrov smo naredili 7-parametrično transformacijo (kjer je Slovenija razdeljena na 7 regij) v spletnem programu SiTraNet. Transformacijo smo naredili tako, da smo z izmero pridobljene ETRS89 koordinate točk transformirali z uradnimi transformacijskimi parametri za Pomurje v stari koordinatni sistem D48/GK, ter smo na ta način lahko naredili primerjavo transformiranih in že obstoječih koordinat v topografijah. To nam je omogočilo, da lahko ocenimo, če so uradni parametri dovolj dobri za celotno območje izmere, ali pa je treba za posamezne točke preračunati lastne transformacijske parametre.

Točka	Koordinate v D48 – transformirane			Koordinate v D48 – iz topografij		
	x	y	H	x	y	H
1000	153786.21	598592.92	182.95	153786.17	598592.86	182.96
2000	153650.98	598632.27	185.71	153650.96	598632.19	185.77
3000	153591.29	599892.08	186.61	153591.15	599892.05	186.74
4000	153596.72	599966.08	180.84	153596.56	599966.05	180.97
5000	153798.91	600232.27	173.88	153798.80	600232.28	174.21
6000	153787.87	600713.83	186.71	153787.78	600713.93	186.86
RAZ1	153759.11	598593.54	185.09	153759.06	598593.54	185.15

Preglednica 15: Ocena kvalitete uradnih transformacijskih parametrov – Pomurje

Točka	x	y	H
1000	0.04	0.06	0.01
2000	0.02	0.08	0.06
3000	0.14	0.03	0.13
4000	0.16	0.03	0.13
5000	0.11	0.01	0.33
6000	0.09	0.10	0.15
RAZ1	0.05	0.00	0.06

Preglednica 16: Odstopanja transformiranih koordinat na podlagi uradnih transformacijskih parametrov za Pomurje od koordinat iz topografij

4.4.2 Izračun lastnih parametrov

Naredili smo tudi izračun lastnih transformacijskih parametrov na danem območju, da lahko ocenimo ali je natančnost transformiranih koordinat boljša oz. ali je bolj smiselno izračunati lastne transformacijske parametre za določene točke ali pa so uradni transformacijski parametri dovolj.

Točka	Koordinate v D48 – transformirane			Koordinate v D48 – iz topografij		
	x	y	H	x	y	H
1000	153786.170	598592.862	182.948	153786.17	598592.86	182.96
2000	153650.931	598632.207	185.707	153650.96	598632.19	185.77
3000	153591.181	599892.078	186.604	153591.15	599892.05	186.74
4000	153596.603	599966.089	180.829	153596.56	599966.05	180.97
5000	153798.793	600232.298	173.876	153798.80	600232.28	174.21
6000	153787.732	600713.879	186.705	153787.78	600713.93	186.86
RAZ1	153759.069	598593.487	185.083	153759.06	598593.54	185.15

Preglednica 17: Primerjava koordinat pridobljenih iz topografij in transformiranih na podlagi lastnih transformacijskih parametrov

Točka	x	y	H
1000	0.000	0.002	0.012
2000	0.029	0.017	0.063
3000	0.031	0.028	0.136
4000	0.043	0.039	0.141
5000	0.007	0.018	0.334
6000	0.048	0.051	0.155
RAZ1	0.009	0.053	0.067

Preglednica 18: Odstopanja transformiranih koordinat na podlagi lastnih transformacijskih parametrov od koordinat iz topografij

5 KOMENTAR K HIPOTEZAM

Po opravljenem praktičnem delu in obdelavi opazovanj lahko komentiramo hipoteze, postavljene na začetku naloge:

- a) *Položaji točk, določeni z isto metodo izmere GNSS, vendar z navezavo na stalni postaji različnih državnih omrežij, se med seboj razlikujejo.*

Za obravnavano območje ne moremo trditi, da se položaji točk, določeni s hitro statično izmero GNSS z navezavo na stalne postaje različnih državnih omrežij, razlikujejo. Razlog se nahaja mogoče tudi v tem, da sta stalni postaji, ki smo jih uporabili kot dani točki, vključeni v obe omrežji. Tudi položaji točk stalnih postaj, ki smo jih uporabili, se trenutno ne razlikujejo, saj je bil preračun točk hrvaškega omrežja CROPOS, ki so vključene v SIGNAL, narejen istočasno kot preračun točk v omrežju SIGNAL. Mogoče pa je, da bo prišlo do odstopanj takrat, ko se bodo koordinate stalnih postaj posameznega omrežja ponovno preračunale, v drugem omrežju pa bodo ostale nespremenjene.

- b) *Položaji točk se v okviru posameznega omrežja med seboj razlikujejo, če so določeni z različnimi metodami izmere; v našem primeru je šlo za RTK-metodo izmere in hitro statično metodo izmere.*

Hipotezo, ki smo postavili, velja širše in se ne navezuje na posamezno omrežje. Glede na to, da je dosegljiva natančnost položajev točk, določenih z RTK-metodo izmere, slabša od statične metode izmere, je bilo tudi pričakovati, da se bodo koordinate razlikovale v nekaj centimetrih in ne glede na to, v katerem omrežju smo izvajali izmero. Hipotezi smo potrdili na praktičnem primeru izvedbe opazovanj v SIGNAL-u in CROPOS-u.

- c) *Položaji točk, določeni z RTK-metodo izmere v različnih omrežjih (SIGNAL in CROPOS) se med seboj razlikujejo.*

Položaji točk, pridobljeni z RTK-metodo izmere v okviru posameznih omrežij se razlikujejo, vendar so razlike v definicijskem območju natančnosti posamezne metode izmere (nekaj centimetrov). Od tod lahko zaključimo, da na obravnavanem območju lahko RTK-metodo izmere izvajamo tako v okviru omrežja SIGNAL kot v okviru omrežja CROPOS – za izbor omrežja pa se bi odločili pragmatično – glede cenejših stroškov izmere.

- d) *Kvaliteta uradnih transformacijskih parametrov 7-parametrične transformacije za območje Slovenije, ko je Slovenija razdeljena na 7-regij je slabša od izračuna lastnih transformacijskih parametrov.*

Ker so bile točke oddaljene več kilometrov, smo se odločili, da kvaliteto transformacijskih parametrov naredimo le za 7-parametrično transformacijo, čeprav ima Slovenija uradne tudi parametre 2D-transformacije, ko je razdeljena na 24 regij. Na tako veliki oddaljenosti ocena kvalitete parametrov 2D-transformacije ni primerna, ker so transformacijski parametri že zelo obremenjeni tudi s problemom projekcije.

Po primerjavi rezultatov 7-parametrične transformacije z uradnimi transformacijskimi parametri lahko potrdimo hipotezo, da je kvaliteta uradnih transformacijskih parametrov slabša od izračuna lastnih transformacijskih parametrov, saj smo dobili odstopanja tudi do 16 cm v horizontalnem položaju in do 33 cm v vertikalnem položaju. Če pa izračunamo lastne transformacijske parametre, pa so ta odstopanja največ 5 cm v horizontalnem položaju, vertikalni položaj pa odstopa približno enako kot pri uradnih parametrih.

6 ZAKLJUČEK

Za izvedbo meritev je bilo potrebno opraviti rekognosciranje terena in identifikacijo obstoječih točk na terenu. Od skupaj pridobljenih približno 70 topografij za 6 različnih katastrskih občin smo na terenu našli ohranjenih le 13 točk za slovensko območje in od 10 topografij le 3 točke na hrvaški strani. Prvi razlog temu je neažurnost in neskladnost topografij z dejanskim stanjem na terenu. Drugi razlog lahko najdemo v tem, da so nekatere topografije starejše tudi od 40 let, v tem času pa se je dosti cest (v katerih so bile točke stabilizirane) spremenilo, uničilo, ali obnovilo in se ni vodila skrb o tem, da se točke vrnejo na isto mesto in ponovno stabilizirajo s trajno vidno oznako. Veliko točk, ki se nahaja na njivah, pa so kmetje brezskrbno preorali in se jim je izgubila vsaka sled. To pripelje do pomembnega vprašanja: na osnovi katerih točk stare državne meje naj izhajamo, ko bo potrebno vzpostaviti staro stanje v naravi, nenazadnje tudi državno mejo.

Glede na obe uporabljeni metodi določitve položaja točk in glede na natančnost ter čas trajanja meritve lahko zaključimo, da bi se za hitro statično metodo izmere GNSS odločili takrat, ko potrebujemo koordinate točk z visoko natančnostjo in imamo dovolj časa za izvedbo opazovanj. Pri tej metodi meritve potekajo dlje časa, kar je slaba stran, zahteva obsežno obdelavo opazovanj v pisarni, ter nimamo možnosti kontrole končnih koordinat in natančnosti na terenu, ampak šele takrat, ko podatke opazovanj prenesemo na računalnik in obdelamo. Dobra stran metode je določitev koordinat točk z visoko natančnostjo in relativno nizka cena. Zato se v večini današnjih primerov odločimo kar za RTK-metodo izmere, ki je hitrejša. Glede na to, da nam je obravnavano območje omogočalo izvedbo izmere GNSS v dveh državnih omrežjih, smo pridobili tudi prve izkušnje o neodvisnem delovanju teh omrežij.

Pri primerjavi načinov plačil hrvaškega omrežja stalnih postaj CROPOS in slovenskega omrežja stalnih postaj SIGNAL smo lahko videli, da je pri izvedbi RTK-metode izmere in pridobitvi podatkov v realnem času CROPOS bistveno cenejši, saj je letno plačilo na instrument skoraj enako mesečnemu plačilu na instrument v SIGNAL-u, za vsak novi instrument pa je v CROPOS-u obračunan popust, ki je enak celotnemu plačilu za predhodni instrument pomnoženo s koeficientom 0.9, v SIGNAL-u pa za vsak instrument (ne glede koliko jih imaš) plačuješ enako mesečno plačilo. Je pa zato SIGNAL bistveno cenejši za naknadno obdelavo podatkom, kjer so podatki registriranim uporabnikom zastonj eno leto in več po izmeri, metem ko CROPOS te podatke zaračunava, obračunska enota pa je 0.07 €/1 minuta.

Koordinate, pridobljene v SIGNAL-u in CROPOS-u, so skorajda enake (odstopanje pri RTK-metodi izmere GNSS je zaradi tega, ker metoda omogoča nekaj centimetersko natančnost), tako da uporabniki tehnologije GNSS na danem območju lahko uporabljajo tudi omrežje sosednjih držav, če pride do težav delovanja omrežja, ki ga uporabljajo. Koordinate, pridobljene v SIGNAL-u in CROPOS-u, pa so enake zato, ker sta omrežji preko nekaterih skupnih stalnih postaj povezani, kar je dobro vedeti, saj trenutno v določitvi položaja ne prihaja do odstopanj.

Pri izvedbi 7-parametrične transformacije lahko rečemo, da je bolje narediti izračun lastnih transformacijskih parametrov, saj so natančnosti koordinat veliko boljše kot pa, če koordinate transformiramo z uradnimi transformacijskimi parametri za Pomurje. To je bilo tudi pričakovati, saj pri izračunu lastnih transformacijskih parametrov naredimo izračun za točno določene točke, pri uradnih parametrih pa se vse nanaša na večje območje oz. celotno regijo v našem primeru na regijo Pomurje.

VIRI

Hrvatski pozicijski sustav. Državna geodetska uprava Republike Hrvatske. 2014.

<http://www.cropos.hr> (Pridobljeno 24. 06. 2014.).

Kogoj, D., Stopar, B. 2009. Geodetska izmera: str. 21, 22

http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msgeo/Geodetska_izmera_2009.pdf

(Pridobljeno 22. 06. 2014.).

Kozmus, K., Stopar, B. 2004. Infrastruktura omrežij permanentnih postaj GPS: str. 85, 86

http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2004/SZGG_04_Kozmus_Stopar.pdf (Pridobljeno 24. 06. 2014.).

Omrežje SIGNAL. Geodetska uprava Republike Slovenije. 2014.

<http://www.gu-signal.si> (Pridobljeno 24. 06. 2014.).

Prostor – prostorski portal (podatki o položajnih geodetskih točkah). 2013.

www.e-prostor.gov.si (Pridobljeno 13. 12. 2013.).

Tehnično navodilo za uporabo novega koordinatnega sistemav zemljiškem katastru. 2007.

http://www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/ogs/razlicica1_0.doc (Pridobljeno 25.06.2014.).