

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:

Rejec, A., 2014. Analiza določitve transformacijskih parametrov na območju Čepovanske doline. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Pavlovčič Prešeren, P., somentor Sterle, O.): 58 str.

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:

Rejec, A., 2014. Analiza določitve transformacijskih parametrov na območju Čepovanske doline. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Pavlovčič Prešeren, P., co-supervisor Sterle, O.): 58 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
GEODEZIJE
SMER PROSTORSKA
INFORMATIKA

Kandidatka:

ANDREJA REJEC

**ANALIZA DOLOČITVE TRANSFORMACIJSKIH
PARAMETROV NA OBMOČJU ČEPOVANSKE DOLINE**

Diplomska naloga št.: 950/PI

**THE ANALYSIS OF THE DETERMINATION OF
TRANSFORMATION PARAMETERS IN THE REGION
ČEPOVAN VALLEY**

Graduation thesis No.: 950/PI

Mentorica:

doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

Predsednik komisije:

prof. dr. Bojan Stopar

Somentor:

asist. mag. Oskar Sterle

Član komisije:

doc. dr. Dušan Petrovič

Ljubljana, 26. 03. 2014

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisana **Andreja Rejec** izjavljam, da sem avtorica diplomskega dela z naslovom »**Analiza določitve transformacijskih parametrov na območju Čepovanske doline**«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, marec 2014

Andreja Rejec

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 528.236(043.2)
Avtorica: Andreja Rejec
Mentorica: doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren
Somentor: asist. mag. Oskar Sterle
Naslov: Analiza določitve transformacijskih parametrov na območju Čepovanske doline
Tip dokumenta: diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema: 58 str., 25 pregl., 28 sl., 11 pril.
Ključne besede: GPS, transformacijski parametri, transformacija, D48/GK, D96/TM, ETRS89/TM, koordinate točk, točka, koordinatni sistem, izmera

Izvleček

Diplomska naloga obravnava določitev transformacijskih parametrov 3D-podobnostne transformacije na lokalnem območju Čepovanske doline. Prvi del naloge vključuje teoretično razlago dveh koordinatnih sistemov, koordinatnih sistemov D48/GK in D96/TM, ter transformacijo koordinat med njima. Opisani so načini določitve koordinat točk v koordinatnem sistemu, vezanem na GNSS, in za to potrebne merske opreme. Podrobneje je predstavljeno delovanje sistema GNSS, opisane so metode izmere GNSS ter vplivi na opazovanja GNSS. Drugi del naloge je praktične narave, zajema predstavitev območja izmere, potek izmere GNSS ter obdelavo opazovanj do izračuna koordinat točk. Ciljna naloga je izračun različnih transformacijskih parametrov med starim D48/GK koordinatnim sistemom in koordinatnim sistemom, vezanim na GNSS in medsebojna primerjava ter določitev oziroma izbira najboljših lokalnih transformacijskih parametrov. Zaključek povzema pridobljene ugotovitve tekom izvedbe naloge in priporoča, kako opraviti izmero in 3D-transformacijo na obravnavanem območju.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 528.236(043.2)
Author: Andreja Rejec
Supervisor: Assist. Prof. Polona Pavlovčič Prešeren, Ph. D.
Co-advisor: Assist. Oskar Sterle, M. Sc.
Title: The analysis of the determination of transformation parameters in the region of Čepovan valley
Document type: Graduation Thesis – University studies
Notes: 58 p., 25 tab., 28 fig., 11 ann.
Key words: GPS, transformation parameters, transformation, D48/GK, D96/TM, ETRS89/TM, coordinates, points, coordinate system, survey

Abstract

The graduation thesis deals with the 3D-similarity transformation parameter determination in the local area of Čepovan valley. The first part includes the theoretical explanation of two coordinate systems, namely the coordinate system D48/GK and D96/TM and the transformation of coordinates from one coordinate system to another. Description of methods for GNSS point determination is given with further explanation which measurement equipment could be used. GNSS system usage for surveying is presented in detail, as well as GNSS surveying methods and GNSS impacts. The second part of the thesis is practical, covering the topics of GNSS surveying presentation, GNSS methods and further observation processing with the aim of calculating coordinates of the specific points. The target task is the determination of various 3D-transformation parameters and their mutual comparison and the determination or selection of the best local transformation parameters. The conclusion summarizes the findings obtained during the realization of the task and recommends how to deal with the specific measurement method and 3D-transformation in the selected area.

ZAHVALA

Hvala mentorici doc. dr. Poloni Pavlovčič Prešeren za vso pomoč pri ustvarjanju diplomskega dela, za prihod v moj domači kraj na izvedbo meritev ter napotke za oblikovanje naloge. Zahvaljujem se tudi asistentu Gašperju Štebetu za pomoč in izvedbo izmere GNSS.

Hvala vsem sovaščanom, ki so mi dovolili meritve na svojih parcelah in mi pokazali znane stabilizirane točke.

Najlepša hvala staršem in najbližjim ter prijateljem, ki so me spremljali in vzpodbujali tekom celotnega študija in pisanja diplomske naloge. Hvala mami za vse dobre misli, vsako pohvalo in moč za nadaljnji zagon.

KAZALO VSEBINE

Izjave	II
Bibliografsko-dokumentacijska stran in izvleček	III
Bibliographic-documentalistic information and abstract	IV
Zahvala	V
1 UVOD	1
2 SPLOŠNO O GNSS (angl. Global Navigation Satellite System)	2
2.1. Segmenti GPS	3
2.1.1 Vesoljski segment	3
2.1.2 Kontrolni segment	4
2.1.3 Uporabniški segment	4
2.2 Struktura GPS-signala	4
2.3 Vplivi na opazovanja GPS	6
2.3.1 Vplivi z izvorom v satelitu	6
2.3.1.1 Vpliv efemerid	6
2.3.1.2 Vpliv satelitovih ur	7
2.3.2 Vplivi z izvorom v mediju	7
2.3.2.1 Vpliv ionosfere	7
2.3.2.2 Vpliv troposfere	8
2.3.3 Vplivi z izvorom v sprejemniku so	8
2.3.3.1 Vpliv sprejemnikove ure	8
2.3.3.2 Spreminjanje faznega centra antene	9
2.3.3.3 Večpotje (angl. multipath)	9
2.4 Načela določanja položaja in metode geodetske izmere GNSS	10
2.4.1 Statična izmera GNSS	11
2.4.2 Hitra statična metoda izmere GNSS	11
2.4.3 Kinematična metoda izmere GNSS	11
2.4.4 RTK metoda izmere GNSS	12
2.5 Koordinatni sistemi	14
2.5.1 Koordinatni sistem D48/GK	14
2.5.2 ETRS89 in D96/TM koordinatni sistem	15
3 PRIPRAVA PODATKOV	17
3.1. Trigonometrične točke	18
3.2. Poligonske točke	20
4 GNSS-IZMERA IN OBDELAVA OPAZOVANJ	23
4.1. Statična izmera	23
4.1.1 GNSS mreža – dana točka stalna postaja omrežja SIGNAL Nova Gorica	24
4.1.2 GNSS mreža – dana točka VRS	25
4.2. Kinematična izmera	27

5	IZRAČUN 3D-TRANSFORMACIJSKIH PARAMETROV	30
5.1.	Splošno o transformacijah	30
5.1.1	Afina transformacija	30
5.1.2	Podobnostna transformacija	30
5.1.2.1	Matematični model podobnostne transformacije	30
5.1.2.2	Izravnavna transformacije	32
5.2.	Izračun transformacijskih parametrov v programu SiTraNet	34
5.2.1	Izračun transformiranih koordinat na osnovi danih transformacijskih parametrov	34
5.2.2	Izračun transformacijskih parametrov na osnovi trigonometrov	36
6	OBDELAVA DETAJLA – ZEMLJIŠKO-KATASTRSKIH TOČK	39
6.1.	Pridobitev podatkov	39
6.1.1	Delovišče 1 – Vrata	40
6.1.2	Delovišče 2 – Drnulk	42
6.2	Kombinirana GNSS in klasična terestrična izmera	43
6.3	Transformacija detajlnih točk	46
6.3.1	Transformacija detajlnih točk – Vrata	46
6.3.2	Transformacija detajlnih točk – Drnulk	50
7	ZAKLJUČEK	54
	VIRI	56

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	<i>Dobljene koordinate merjenih točk v koordinatnem sistemu ETRS89</i>	24
Preglednica 2:	<i>Primerjava koordinat točk, pridobljenih z navezavo na stalno postajo Nova Gorica in virtualno postajo VRS</i>	25
Preglednica 3:	<i>Primerjava koordinat točk, pridobljenih z navezavo na stalno postajo Nova Gorica in VRS-točko na lokaciji Šentviška Gora</i>	25
Preglednica 4:	<i>ETRS89- koordinate merjenih trigonometričnih točk z rešitvijo mreže VRS Šentviška Gora</i>	26
Preglednica 5:	<i>D96/TM koordinate merjenih trigonometričnih točk (normalna-ortometrična višina H je pridobljena z uporabo modela geoida Slovenije iz leta 2000, ki je vključen v program SiTra)</i>	26
Preglednica 6:	<i>Koordinate poligonskih točk, pridobljene z RTK-GPS metodo izmere</i>	27
Preglednica 7:	<i>Utežene koordinate poligonskih točk v D96/TM koordinatnem sistemu (normalna-ortometrična višina H je izračunana z uporabo modela geoida Slovenije iz leta 2000)</i>	29
Preglednica 8:	<i>Primerjava koordinat, pridobljenih z RTK-meritvami in naknadno obdelavo z VRS Šentviška Gora</i>	29
Preglednica 9:	<i>Koordinate poligonskih točk z navezavo na VRS Šentviška Gora</i>	29
Preglednica 10:	<i>Primerjava danih in transformiranih koordinat veznih točk v 3R pravokotnem koordinatnem sistemu, dobljeni transformacijski parametri ter transformirane koordinate točk - D96/TM (izsek izpisa iz programa SiTra)</i>	36
Preglednica 11:	<i>D48/GK koordinate zemljiško-katastrskih točk na delovišču 1 - Vrata (koordinate mejnih točk parcel smo pridobili iz Geodetske uprave Republike Slovenije)</i>	41
Preglednica 12:	<i>D48/GK koordinate zemljiško-katastrskih točk na delovišču 2 - Drnulk</i>	42
Preglednica 13:	<i>D96/TM koordinate detajlnih točk, pridobljene z izmero na delovišču 1 – Vrata (leva tabela) in delovišču 2 – Drnulk (desna tabela)</i>	44
Preglednica 14:	<i>Koordinate detajlnih točk, pridobljene s transformacijo z uporabo transformacijskih parametrov za Primorsko - Vrata</i>	46
Preglednica 15:	<i>Primerjava koordinat iz meritev in transformiranih koordinat s parametri za Primorsko - Vrata</i>	46
Preglednica 16:	<i>Primerjava koordinat iz meritev in transformiranih koordinat s tremi najbližjimi veznimi točkami višjega reda - Vrata</i>	47
Preglednica 17:	<i>Primerjava koordinat iz meritev in transformiranih koordinat z veznimi trigonometričnimi točkami - Vrata</i>	48

<i>Preglednica 18: Primerjava koordinat trigonometričnih točk iz meritev in s parametri za Primorsko - Vrata</i>	48
<i>Preglednica 19: Primerjava koordinat točk iz meritev in s transformacijo veznih detajlnih točk - Vrata</i>	49
<i>Preglednica 20: Primerjava koordinat točk iz meritev in s transformacijo veznih detajlnih točk brez višin - Vrata</i>	50
<i>Preglednica 21: Koordinate detajlnih točk, pridobljene s transformacijo z uporabo transformacijskih parametrov za Primorsko - Drnulk</i>	50
<i>Preglednica 22: Primerjava koordinat iz meritve in transformiranih koordinat s parametri za Primorsko - Drnulk</i>	51
<i>Preglednica 23: Primerjava koordinat iz meritve in transformiranih koordinat s tremi najbližjimi veznimi točkami višjega reda - Drnulk</i>	52
<i>Preglednica 24: Primerjava koordinat iz meritev in transformiranih koordinat z veznimi trigonometričnimi točkami - Drnulk</i>	52
<i>Preglednica 25: Primerjava koordinat točk iz meritev in s transformacijo veznih detajlnih točk - Drnulk</i>	53

KAZALO SLIK

<i>Slika 1:</i>	<i>Segmenti GPS (http://www.geoservis.si/uporabno/info/o_gps.htm) (30.3.2011)</i>	3
<i>Slika 2:</i>	<i>Modulacija signala</i>	5
<i>Slika 3:</i>	<i>Potovanje signalov GPS skozi atmosfero (Gajšek, 2007)</i>	8
<i>Slika 4:</i>	<i>Večpotje</i>	9
<i>Slika 5:</i>	<i>Sprejemanje signalov z enim sprejemnikom (Kozmus, Stopar, 2003)</i>	10
<i>Slika 6:</i>	<i>Povezava na lastno bazo (Košorok, 2006)</i>	12
<i>Slika 7:</i>	<i>Povezava na stalno delujočo postajo GPS – permanentno postajo (Košorok, 2006)</i>	13
<i>Slika 8:</i>	<i>Povezava na omrežje stalno delujočih postaj (Košorok, 2006)</i>	13
<i>Slika 9:</i>	<i>Prikaz referenčnih postaj v Sloveniji – omrežje SIGNAL</i>	14
<i>Slika 10:</i>	<i>Shematični prikaz lokalnega in globalnega elipsoida</i>	16
<i>Slika 11:</i>	<i>Prikaz območja obravnave</i>	17
<i>Slika 12:</i>	<i>Primer topografije trigonometrične točke</i>	19
<i>Slika 13:</i>	<i>Prikaz stabilizirane trigonometrične točke</i>	20
<i>Slika 14:</i>	<i>Prikaz razporejenosti trigonometričnih točk</i>	20
<i>Slika 15:</i>	<i>Primer topografije poligonske točke</i>	21
<i>Slika 16:</i>	<i>Prikaz razporejenosti in stabilizacij poligonskih točk</i>	22
<i>Slika 17:</i>	<i>Prikaz razporejenosti izmerjenih trigonometričnih in poligonskih točk ter VRS-točka</i>	23
<i>Slika 18:</i>	<i>G in CT koordinatni sistem (Stopar, Pavlovčič Prešeren, 2011)</i>	32
<i>Slika 19:</i>	<i>Shema izravnave podobnostne transformacije v 3D prostoru</i>	33
<i>Slika 20:</i>	<i>Razdelitev državnega območja na 7 regij, 3 pokrajine in enotna državna transformacija</i>	35
<i>Slika 21:</i>	<i>Zemljiško-katastrski načrt delovišča 1 - Vrata</i>	40
<i>Slika 22:</i>	<i>Prikaz stabiliziranih zemljiško-katastrskih točk na delovišču 1</i>	41
<i>Slika 23:</i>	<i>Zemljiško-katastrski načrt delovišča 2 – Drnulk</i>	42
<i>Slika 24:</i>	<i>Prikaz stabiliziranih zemljiško-katastrskih točk na delovišču 2</i>	43
<i>Slika 25:</i>	<i>Izmera detajla</i>	44
<i>Slika 26:</i>	<i>Prikaz izmerjenih detajlnih točk z orientacijami na obeh deloviščih</i>	45
<i>Slika 27:</i>	<i>Tri najbližje vezne točke za transformacijo ob detajlu; delovišču 1</i>	47
<i>Slika 28:</i>	<i>Tri najbližje vezne točke za transformacijo ob detajlu; delovišču 2</i>	51

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

C/A	angl. Coarse/Acquisition
CT	angl. Conventional Terrestrial
D48/GK	Datum 1948 / Gauss-Krügerjeva projekcija – državni koordinatni sistem v veljavi do 31.12.2007 (velja za zemljiški kataster)
D96/TM	Datum 1996 / Transverzalna merkatorjeva projekcija – državni koordinatni sistem v veljavi od 01.01.2008
DOD	angl. Department of Defense
DOP	angl. Dilution of precision
EMV	Elektromagnetno valovanje
ESRS	angl. European Spatial Reference System
ETRS89/TM	angl. European Terrestrial Reference System 1989 / Transversal Mercator
EUREF	angl. European Reference Frame
EVRS	angl. European Vertical Reference System
GDOP	angl. Geometric dilution of precision
GNSS	angl. Global Navigation Satellite System
GPS	angl. Global Positioning System
GRS80	angl. Global Reference System 1980
GSM	angl. Global System for Mobile
HDOP	angl. Horizontal dilution of precision
IAG	angl. International Association of Geodesy
IGR	angl. IGS rapid (orbit)
IGS	angl. International GNSS Service
KS	Koordinatni sistem
PDOP	angl. Positional dilution of precision
PISO	Prostorski informacijski sistem občin
PRN	angl. Pseudo-random Noise
RINEX	angl. Receiver INdependent EXchange
RTK	angl. Real Time Kinematic
SIGNAL	Slovenija-Geodezija-Navigacija-Lokacija
TDOP	angl. Time dilution of precision

TEC	angl. Total Electron Content
TOA	angl. Time Of Arrival
UV	ultravijolično
VDOP	angl. Vertical dilution of precision
VRS	angl. Virtual Reference Station
ZDA	Združene države Amerike

1 UVOD

Vse obstoječe geodetske točke, gospodarska javna infrastruktura kot tudi zemljiški kataster, izmerjene pred 1.1.2008, imajo položaj oziroma koordinate podane v t.i. starem oziroma D48/GK koordinatnem sistemu, ki je bil do tedaj uradni državni koordinatni sistem v zemljiškem katastru. S 1.1.2008 pa je v Republiki Sloveniji začel veljati novi kooordinatni sistem D96/TM, ki se navezuje na ETRS89 koordinatni sistem. Določitev položaja v ETRS89 koordinatnem sistemu nam omogoča, da poenotimo določitev koordinat točk po vsej Evropi, saj je enoten za področje Evrope. Problem nastane pri transformaciji obstoječih točk iz starega v novi koordinatni sistem. Temeljne točke višjih redov so ponovno izmerili z metodo GPS in zagotovili njihove koordinate v novem ETRS89 koordinatnem sistemu. Na osnovi koordinat točk v obeh koordinatnih sistemih lahko izračunamo transformacijske parametre za prehod iz enega v drugi koordinatni sistem in obratno. Za lokalno območje oziroma za izmero detajla pa je potrebno izvesti kontrolo kakovosti transformacije in sicer tako, da poiščemo obstoječe stabilizirane točke (navezovalne, poligonske, zemljiško-katastrske točke) s položaji v stari koordinatni osnovi, na katerih preverimo kakovost izvedene transformacije. Če so odstopanja med danimi in izračunanimi koordinatami s transformacijo prevelika, pomeni, da transformacijski parametri ne ustrezajo zahtevani natančnosti in je treba določiti nove, lokalne transformacijske parametre.

V nalogi bomo analizirali transformacijske parametre za območje Čepovanske doline, konkretno za detajl, ki ga predstavljajo zemljiško-katastrske parcele. S ponovno izmero (GNSS izmero) trigonometričnih, poligonskih in zemljiško-katastrskih točk bomo pridobili koordinate le-teh v novem koordinatnem sistemu ETRS89 in nadalje v koordinatnem sistemu D96/TM. Podane koordinate točk v starem, D48/GK koordinatnem sistemu, bomo transformirali s podanimi transformacijskimi parametri, izračunanimi za območje Slovenije in transformirane koordinate primerjali s koordinatami, pridobljenimi direktno z izmero. Primerjali bomo odstopanje med koordinatami identičnih točk in z lastnimi transformacijami zagotovili transformacijske parametre, primerne za detajl oziroma primerne za doseganje potrebne natančnosti.

2 SPLOŠNO O GNSS (angl. Global Navigation Satellite System)

GNSS je kratica skupnega imena za globalne navigacijske satelitske sisteme (iz angl. Global Navigation Satellite System), torej sisteme za določanje koordinat točk s pomočjo satelitov na podlagi opazovanih razdalj od satelitov, in sicer kjerkoli na Zemlji. Imamo več takšnih sistemov, in sicer:

- ameriški GPS (angl. Global Positioning System)
- ruski GLONASS (rus. Globalnaya navigatsionnaya Sputnikovaya sistema)
- evropski Galileo
- kitajski Beidou

V začetku 70. let je bil v ZDA predlagan projekt GPS. Njegov koncept je ustrezal vsem zahtevam ameriške vlade - da lahko v vsakem trenutku, na katerem koli koncu Zemlje in v vsakem vremenu določiš svoj položaj. Zasnovalo ga je ameriško Ministrstvo za obrambo (angl. Department of Defense, DOD). Sprva je bil vzpostavljen za vojaške namene, kasneje je bil dostop do sistema omogočen tudi civilnim uporabnikom, vendar z določenimi omejitvami.

Določitev položaja na osnovi GPS-opazovanj temelji na opazovanju razdalj med danimi in novimi točkami. Dane točke so sateliti, katerih položaj je v vsakem trenutku znan. Osnova za določitev razdalje pa je časovni interval, ki ga signal (EMV) potrebuje za pot od oddajnika do sprejemnika. Časovni interval, potreben za pot signala od oddajnika do sprejemnika, je določen kot razlika časovnih trenutkov oddaje in sprejema signala. Časovni interval je pridobljen na osnovi trenutka oddaje signala s satelitovim sistemom ur in trenutka sprejema signala, pridobljenim s sprejemnikovo uro.

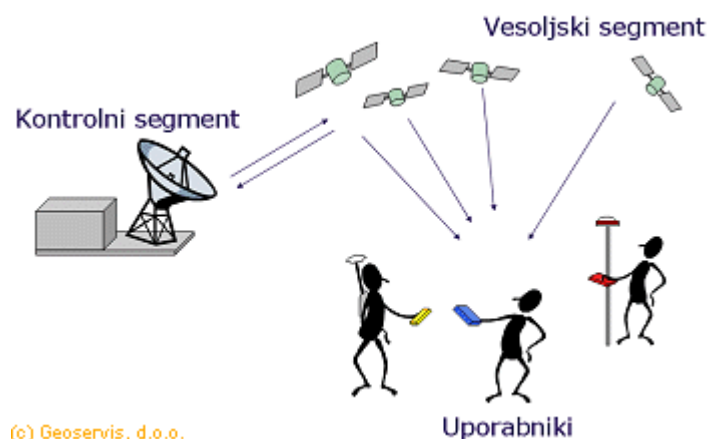
Določitev položaja novih točk temelji na koordinatah znanih točk. V GPS so točke z znanimi koordinatami sateliti. To pomeni, da mora GPS-signal vsebovati tudi informacije o položajih satelitov, na osnovi katerih lahko izračunamo položaj satelita v trenutku oddaje signala. GPS-signal potuje od oddajnika do sprejemnika v Zemljini atmosferi, zato morajo biti vplivi Zemljine atmosfere na GPS-signal vsaj delno vsebovani v GPS-signalu.

Določitev položaja na osnovi GPS-opazovanj temelji torej na prenosu dokaj obsežnih količin informacij od satelita do sprejemnika. Tako mora GPS-signal vsebovati: podatke za identifikacijo posameznega satelita, podatek o urnem stanju satelitovih ur, podatke za izračun položaja satelita in delne informacije o stanju Zemljine atmosfere (ionosfere). Prenos velike množice informacij od satelita do sprejemnika je mogoč samo s pomočjo ustreznih kod.

2.1. Segmenti GPS

GPS je sestavljen iz treh segmentov:

- vesoljski segment (sateliti)
- kontrolni segment (nadzorni del sistema)
- uporabniški segment (uporabniki)



Slika 1: Segmenti GPS (http://www.geoservis.si/uporabno/info/o_gps.htm) (30.3.2011)

2.1.1 Vesoljski segment

Vesoljski segment predstavljajo delujoči GPS-sateliti, ki uporabnikom posredujejo informacije. Teh je v osnovi 24 (trenutno stanje je 31) in so razdeljeni v tako imenovane generacije oziroma bloke.

Prva generacija – Block I Sateliti so bili izstreljeni leta 1978. Ravnina tirnice je bila nagnjena glede na ekvator za inklinacijo/naklon 63° . Samostojno delujoči so bili 3 do 4 dni.

Druga generacija – Block II Izstreljeni leta 1989, inklinacija je bila 55° glede na ekvator, samostojno delujoči so bili do 14 dni.

Nadalje leta 1990 Block IIA sateliti, samostojno delujoči tudi do 180 dni.

Leta 1995 Block IIR in nazadnje Block IIF.

Sateliti se nahajajo na šestih ravninah, označenih od A do F. Na vsaki ravnini so štiri sateliti, oštevilčeni od 1 do 4. Torej gredo oznake satelitov od A1 do F4.

Obhodni čas satelitov, ki krožijo na višini približno 20200 km nad zemeljskim površjem, je polovico zvezdnega dne oziroma 11 h 58 min Sončevega časa.

2.1.2 Kontrolni segment

Kontrolni segment sistema GPS sestavlja 16 sledilnih postaj (angl. tracking stations), razporejenih vzdolž ekvatorja. Glavna kontrolna postaja pa je locirana v Colorado Springsu.

Naloga kontrolnega segmenta je nadzor delovanja sistema ter spremljanje signala GPS, ugotavljanje kakovosti podatkov v okviru signala, določevanje parametrov tirnic satelitov (efemerid), določevanje stanja ionosfere (določevanje parametrov Klobucharjevega modela ionosfere) in spremljanje urinega teka satelitovih ur.

Kakovost signala posameznega satelita mora ustrezati sistemskim zahtevam. Komunikacija s sateliti ter nadzor sistema v celoti je voden z glavne kontrolne postaje.

2.1.3 Uporabniški segment

Uporabniški segment predstavljamo uporabniki sistema.

2.2 Struktura GPS-signala

Vsak satelit oddaja unikaten navigacijski signal. Ta signal je postavljen na elektromagnetno valovanje dveh nosilnih frekvenc:

L1; $f_{L1}=1575,42$ MHz

L2; $f_{L2}= 1227,60$ MHz

Novejši sateliti oddajajo signale na treh frekvencah, tudi na L5, $f_{L5}= 1176,45$ MHz. EMV takih frekvenc je izbrano tako, ker prehaja ionosfero, oblake, odbije se od reflektivnih površin, zaustavi ga fizična ovira.

Satelitski signal je sestavljen iz :

- dveh nosilnih valovanj (L1 in L2, tudi L5)
- dveh merskih kod, moduliranih na dve nosilni valovanji
- navigacijskega sporočila

Nosilno valovanje je sredstvo za prenos merskih kod in navigacijskega sporočila do uporabnika. Njegova primarna naloga je s pomočjo merskih kod in navigacijskega sporočila omogočiti uporabnikom pridobitev podatka za določitev položaja sprejemnika.

Vse informacije v signalu GPS slonijo na nosilnem valovanju, ki ga zagotavljajo visoko stabilne ure na krovu satelita. Te ure generirajo čisto sinusno valovanje osnovne frekvence $f_0=10,23$ MHz. Nosilni valovanji L1 in L2 sta izvedeni iz osnovne frekvence f_0 :

$$f_{L1} = f_0 * 154 = 1575,42 \text{ MHz}$$

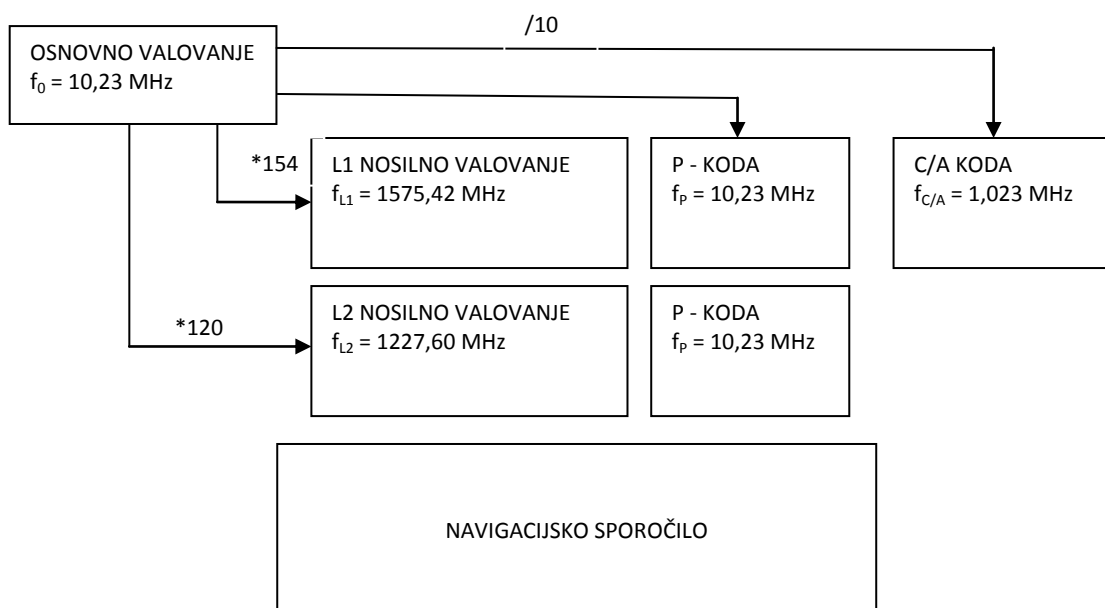
$$f_{L2} = f_0 * 120 = 1227,60 \text{ MHz}$$

Za prenos informacij s satelita do uporabnika je potrebno signal preoblikovati, predelati oziroma modulirati. Modulacija poteka v dveh nivojih:

- merska koda
- navigacijsko sporočilo

L1 moduliramo z dvema PRN merskima kodama (C/A koda = civilna in P koda = vojaška) in navigacijskim sporočilom.

L2 moduliramo z mersko kodo- P kodo in navigacijskim sporočilom.



Slika 2: Modulacija signala

Ti dve PRN merski kodi predstavljata neko binarno zaporedje, ki naj omogoči določitev razdalje med satelitom in sprejemnikom. Obe imata lastnosti slučajnega šuma, pripravljeni sta na osnovi matematičnih algoritmov. Za enostransko izmero razdalje mora sprejemnik poznati merske kode in razlikovati mora PRN kode posameznih satelitov. Tako lahko vzpostavi interno kopijo kode. Interna kopija kode bo primerjana s sprejeto kodo. Primerjava obeh kod omogoča določitev časovnega

intervala zamika, to je čas potovanja signala od oddajnika do sprejemnika TOA (angl. Time Of Arrival). Postopek primerjave obeh kod se imenuje avtokorelacija.

Navigacijsko sporočilo je tisti del vsebine, ki omogoča izvedbo navigacije v realnem času ter obdelavo podatkov opazovanj v obliki, potrebni za analizo po zaključku opazovanj. Navigacijsko sporočilo je modulirano na obe nosilni valovanji L1 in L2.

Podatki v navigacijskem sporočilu:

- vnaprej določene efemeride satelitov
- vnaprej določen urin tek satelitovih ur
- informacije o razmerah v ionosferi (Klobucharjev model ionosferske refrakcije)
- podatki o stanju sistema

Navigacijsko sporočilo pripravlja kontrolni segment sistema in je razdeljeno na pet okvirjev. Vsebina teh okvirjev je vezana na vsebine:

- 1.-4. okvir; specifične vsebine za vsak posamezen satelit
- 5. okvir; vsebine celotnega sistema GPS

Signal, ki zapusti anteno satelita GPS, je kombinacija treh komponent: nosilnega valovanja, merskih kod in navigacijskega sporočila. Signal je oddan z močjo, ki zagotavlja minimalno potrebno moč signala na zemeljskem površju. Priprava signala za oddajo je izvedena v številnih časovno natančno usklajenih korakih.

2.3 Vplivi na opazovanja GPS

Vplive na opazovanja GPS delimo glede na izvor na:

- vplivi z izvorom v satelitu
- vplivi z izvorom v mediju
- vplivi z izvorom v sprejemniku

2.3.1 Vplivi z izvorom v satelitu

2.3.1.1 Vpliv efemerid

Obravnavamo ga kot odstopanje med dejanskim položajem satelita in položajem satelita, določenim na osnovi efemerid satelitov. Obravnavanje odstopanja vodi do določitve treh komponent odstopanja položaja satelita, in sicer vzdolžno, prečno in radialno odstopanje glede na tirnico satelita. V splošnem

je odstopanje v vzdolžni smeri največje, v radialni smeri pa najmanjše. S satelita oddane efemeride so vse točnejše, danes velja, da je to odstopanje veliko do nekaj metrov. Uporaba s satelita oddanih efemerid omogoča določitev položaja v času izmere, za naknadno obdelavo podatkov opazovanj pa uporabljamo precizne efemeride, ki trenutno predstavljajo najnatančnejše tirnice satelita. Te pripravlja več služb v okviru mednarodne neprofitne službe IGS (angl. International GNSS Service), ki so določene s centimetrsko natančnostjo in točnostjo.

2.3.1.2 Vpliv satelitovih ur

Razdelimo ga na vpliv urinega stanja in vpliv urinega teka in predstavlja odstopanje ure satelita glede na pravi čas GPS. Oba vpliva sta vključena v efemeride satelita. Obnašanje urinega teka satelitovih ur je nadzorovano glede na sistemski GPS-čas. Parametri urinega teka satelitovih ur so vključeni v navigacijsko sporočilo/efemeride GPS satelitov. Pri relativni določitvi položaja vpliv nepravilnega urinega stanja in teka ur odstranimo z enojnimi faznimi razlikami, pri absolutni določitvi položaja pa se nepravilno urino stanje in tek satelitovih ur neposredno prenese v absolutni položaj sprejemnika.

2.3.2 Vplivi z izvorom v mediju

2.3.2.1 Vpliv ionosfere

Ionosfera je del atmosfere med 50 in 1500 km višine. Ime izhaja iz prisotnosti ionov, t.j. atomov in molekul atmosferskih plinov s pozitivnim ali negativnim nabojem. Ionizacija je posledica delovanja UV sevanja Sonca, ki izbija elektrone iz atmosferskih plinov. Za obravnavo vplivov ionosfere na GPS signal je pomembna prisotnost nabitih elektronov. Ionosfero prehajajo samo EMV frekvenc, višjih od 30 MHz, EMV nižjih frekvenc se od ionosfere odbijejo. Valovanja višjih frekvenc so manj obremenjena z vplivom ionosfere. EMV je ne glede na frekvenco vedno podvrženo vplivom medija, skozi katerega se širi, njegova hitrost v atmosferi ni nikoli enaka hitrosti EMV v vakuumu. Vpliv ionosfere na EMV se v primeru GNSS-opazovanj izraža kot:

- EMV potuje od satelita do sprejemnika po krivulji, torej valovanje opravi daljšo pot od poti v vakuumu;
- kodirano (modulirano) valovanje se razširja z zmanjšano hitrostjo glede na hitrost razširjanja v vakuumu;
- nosilno valovanje je obremenjeno s t. i. prehitevanjem faze valovanja.

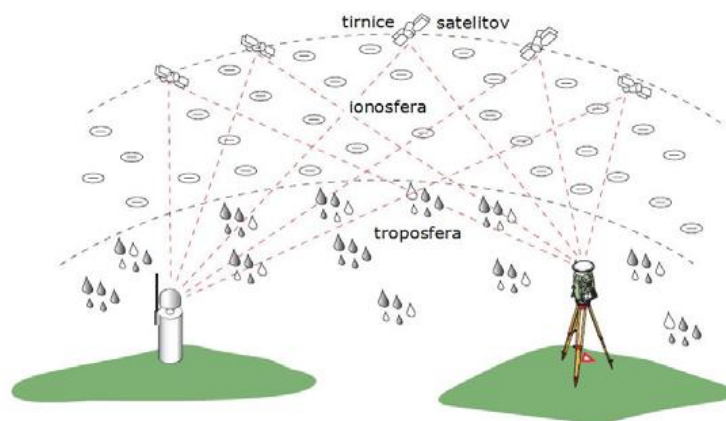
Razlika med izmerjeno razdaljo in pravo geometrijsko razdaljo med satelitom in sprejemnikom je tudi posledica delovanja ionosfere. Ionosferska refrakcija je odvisna od vsebnosti elektronov, ki ga opisujemo s številom TEC (angl. Total Electron Content). TEC definira število prostih elektronov na površini 1m^2 . Je zapletena količina, odvisna od Sončeve aktivnosti, letnih in dnevnih sprememb,

azimuta in zenitne razdalje satelita ter položaja opazovalca. Najugodnejši čas za opazovanja glede ionosferske refrakcije je od polnoči do 4 h zjutraj, ko je satelit v senci oz. plosenci. Za naloge določanja položaja na razdaljah 20-30 km vpliv ionosfere odstranimo z opazovanji nosilnih valovanj dveh frekvenc in s tvorjenjem ionosfersko-proste t. i. iono- linearne kombinacije opazovanj L3.

2.3.2.2 Vpliv troposfere

Troposfera je prva plast atmosfere nad zemeljskim površjem. Nahaja se do višine 8 km (v literaturi zaznamo podatek tudi do 18 km) nad površjem. V tej plasti atmosfere nastaja vreme z oblaki in padavinami. Vpliv troposfere na opazovanja GPS imenujemo troposferska refrakcija. Troposfera je nevtralna / neionizirana plast atmosfere, kjer je razširjanje EMV neodvisno od frekvence valovanja, torej vpliva atmosfere ni mogoče oceniti ali odstraniti z opazovanji EMV različnih frekvenc.

Troposfersko refrakcijo sestavljata vpliva mokre in suhe komponente. Prve je 10%, druge pa 90%. Troposfersko refrakcijo delimo tudi na zenitno in projekcijsko komponento. Za vse komponente troposferske refrakcije obstajajo modeli. Opazovana razdalja med satelitom in sprejemnikom je brez upoštevanja troposferske refrakcije daljša od geometrijske razdalje. V uporabi je več modelov troposferske refrakcije: Hopfield, modificiran Hopfield, Goad & Goodman, Saastamoinen ... za zenitno troposfersko refrakcijo ter modeli Neil, Lanyi, kosinusni model ... za projekcijsko komponento troposferske refrakcije. Modeli slonijo na podatkih standardne atmosfere.



Slika 3: Potovanje signalov GPS skozi atmosfero (Gajšek, 2007)

2.3.3 Vplivi z izvorom v sprejemniku so

2.3.3.1 Vpliv sprejemnikove ure

Sprejemniki GPS vsebujejo cenene kvarčne ure, ki so precej manj stabilne od satelitskih ur, zato pogrešek ure sprejemnika vedno dodamo kot dodatno neznanko v postopku obdelave opazovanj GPS.

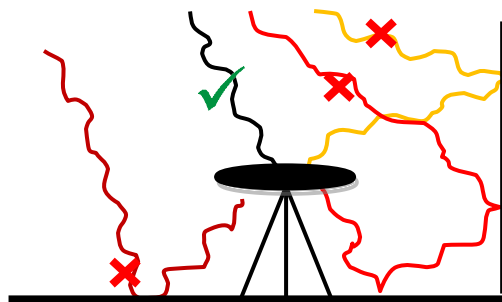
2.3.3.2 Spreminjanje faznega centra antene

Opazovanja se opravijo v okviru sprejemnika GPS glede na t. i. fazni center antene. To ni geometrijsko definirana stalna točka, ampak se spreminja v odvisnosti od jakosti, azimuta in višinskega kota satelitskega signala. Ti položaji se lahko spreminjajo glede na geometrični center antene za več centimetrov. Za redukcijo opazovanj s faznega centra na geometrijski center antene uporabimo rezultate kalibracije antene, ki določajo lego faznega centra glede na geometrijski center kot funkcijo azimuta in višinskega kota signala posameznega satelita.

2.3.3.3 Večpotje (angl. multipath)

Večpotje je posledica odboja signala od odbojnih površin v bližini sprejemnika GPS. Pri tem vplivu pride do podaljšanja izmerjene razdalje. Izmerjena razdalja satelit-sprejemnik je daljša od geometrijske razdalje satelit-sprejemnik. Vpliv odboja signala je odvisen od jakosti signala, višinskega kota satelita, lastnosti antene, načina obdelave signala ter metode izmere. Pri odboju signala od odbojnih površin se spremeni polarizacija nosilnega valovanja iz desnosučnega krožno polariziranega valovanja v levosučno krožno polarizirano valovanje. Antena lahko razlikuje desnosučno od levosučnega valovanja. Problem je le dvojni odboj. Prisotnost večpotja v opazovanjih GPS se kaže v popravkih opazovanj, ki imajo očitno periodičnost od nekaj minut do nekaj ur. Pojav večpotja je odvisen od geometrije odbojnih površin in se spreminja s spreminjanjem geometrijske razporeditve satelitov. Njegov vpliv zmanjšamo s:

- skrbno izbiro lokacij točk (izogibanje ravnih površin-tal in fasad, kovinskih konstrukcij, postavljanje točke nizko nad tlemi itd.)
- z izogibanjem opazovanj na majhnih višinskih kotih
- podaljšanjem časa opazovanj (večkratna določitev položaja točke ob različni geometrijski razporeditvi satelitov)
- uporabo anten, odpornih na večpotje



Slika 4: Večpotje

2.4 Načela določanja položaja in metode geodetske izmere GNSS

Položaj je absolutna kategorija, ki ga lahko opišemo opisno ali s koordinatami. Koordinate pa so relativne količine, saj so odvisne od definicije uporabljenega koordinatnega sistema. V GNSS določamo absolutni položaj oziroma absolutne koordinate ter relativni položaj/-koordinate. Absolutni položaj je določen v koordinatnem sistemu na osnovi opazovanj na točki, katere položaj oziroma koordinate določamo. Relativni položaj je določen v koordinatnem sistemu, vendar relativno na eno ali več točk s predhodno določenimi koordinatami v ustreznem koordinatnem sistemu na osnovi opazovanj na danih in točkah, katerim položaj določamo. Torej je absolutni položaj določen samo na osnovi danih položajev satelitov GNSS v izbranem koordinatnem sistemu v času opazovanj in opazovanih razdalj med satelitom in sprejemnikom.



Slika 5: Sprejemanje signalov z enim sprejemnikom (Kozmus, Stopar, 2003)

Relativni položaj je določen relativno na znani položaj ene ali več točk. V obeh primerih je osnova za določitev položaja geometrijska razdalja med satelitom in sprejemnikom (Stopar, B. in Pavlovčič Prešeren, P., 2011).

Vse metode izmere GNSS, ki jih uporabljamo v geodeziji, so metode za določanje relativnega položaja, saj le te omogočajo doseganje primerne natančnosti.

Metode izmere GNSS pa delimo tudi glede na način izvedbe meritev; ali sprejemnik med izmero miruje ali se premika. Po dej delitvi ločimo statične in kinematične metode izmere.

2.4.1 Statična izmera GNSS

Statična izmera GNSS je osnovna metoda za določanje relativnega položaja. Opazovanja tipično trajajo od 30 do 120 minut in temeljijo na spremembi geometrijske razporeditve satelitov v času opazovanj. Izmero običajno izvajamo z večjim številom inštrumentov, a največkrat je teh manj kot opazovanih točk, zato izmero opravimo v več serijah. Rezultat statične izmere so bazni vektorji med točkami. Ob upoštevanju zanesljivih modelov in algoritmov pridobimo bazne vektorje z relativno natančnostjo do $10^{-6} \cdot D$ (D je dolžina baznega vektorja). V primeru uporabe natančnih efemerid satelitov tudi do $10^{-7} \cdot D$ in več. Za doseganje tako visoke natančnosti je poleg kakovostne izvedbe opazovanj in uporabe tirnic satelitov ustrezne kakovosti potrebno še ustrezno obdelati opazovanja. Končni rezultat statične izmere predstavljajo koordinate točk in jih pridobimo z izravnavo baznih vektorjev v mreži GNSS.

2.4.2 Hitra statična metoda izmere GNSS

Hitra statična metoda izmere GNSS je v vseh bistvenih lastnostih enaka statični izmeri, le da je pri njej krajši čas trajanja opazovanj. Metoda se je pojavila z razvojem algoritmov za učinkovito, hitro in zanesljivo določitev neznanega začetnega števila celih valov. Določitev teh neznank je najučinkovitejša ob sprejemanju signalov vsaj štirih satelitov.

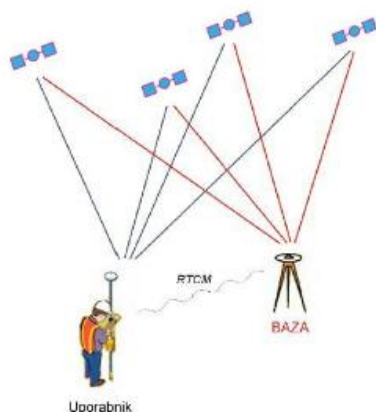
2.4.3 Kinematična metoda izmere GNSS

Kinematična metoda izmere GNSS temelji na določitvi relativnih položajev premičnega sprejemnika glede na mirujoč referenčni sprejemnik. Običajna kinematična metoda izmere GNSS je v geodeziji le izjemoma uporabna, bolj uporabna je t.i. Stop-and-Go metoda, kjer izvajamo opazovanja na enak način kot pri statični izmeri GNSS, le da se na točkah, katerih položaj nas zanima, zaustavimo za nekaj sekund do nekaj minut. Pri kinematični metodi je najpomembnejša inicializacija, to je določitev neznanih začetnih vrednosti za število celih valov med posameznimi sateliti in obema sprejemnikoma (uporabljamo tudi termin fazne nedoločenosti). Temelj metode je tudi zagotovljen neprekinjen sprejem signala najmanj petih satelitov v času inicializacije, nadalje so dovolj štirje sateliti.

2.4.4 RTK metoda izmere GNSS

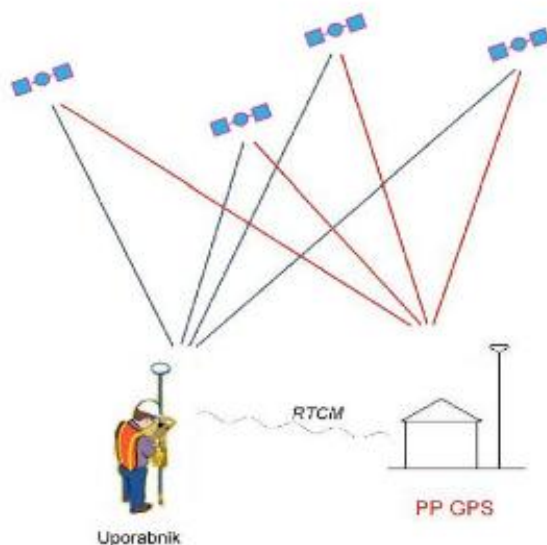
RTK-GNSS metoda izmere je v osnovi kinematična metoda, ki je lahko tudi Stop-and-Go metoda ali kombinacija kinematične in hitre statične metode GNSS-izmere. Kratica metode RTK izvira iz angleškega imena »ReaT Time Kinematic«, kar bi pomenilo kinematična metoda z rezultati v času izmere. Ta metoda potrebuje radijsko ali GSM povezavo med referenčnim in premičnim GNSS-sprejemnikom in ustrezno programsko opremo za obdelavo opazovanj obeh sprejemnikov v času trajanja izmere. RTK GNSS sprejemnik poleg podatkov s satelitov sočasno sprejema tudi podatke, ki mu jih pošilja referenčni sprejemnik, postavljen na dani točki. Bazni in mobilni sprejemnik morata biti pri tem v stalni komunikacijski zvezi. Podatki se lahko prenašajo z baznega do mobilnega sprejemnika preko ustrezne komunikacijske naprave (Gajšek, S., 2007).

V osnovi imamo dva sprejemnika, torej dva inštrumenta: prvi je referenčni, postavljen na točki z znanimi koordinatami v koordinatnem sistemu, vezanem na GNSS, drugi inštrument pa premični, kateri sprejema podatke tako od satelitov kot od baznega sprejemnika preko komunikacijske povezave.



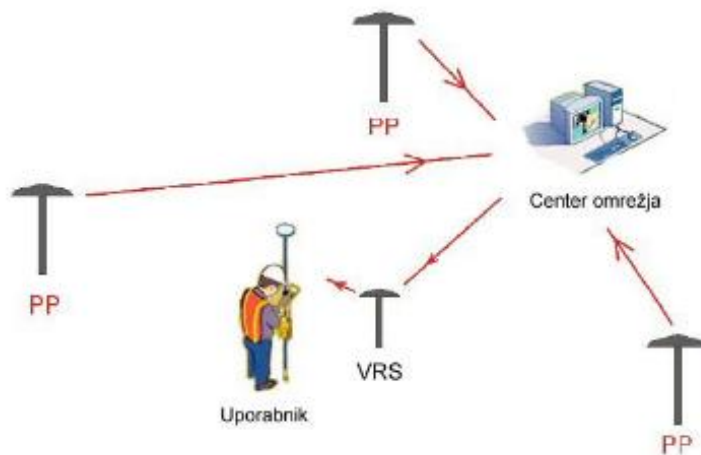
Slika 6: Povezava na lastno bazo (Košorok, 2006)

Nadgradnja te metode je zamenjava baznega/referenčnega sprejemnika s stalno postajo, ki je na voljo vsem uporabnikom v okolici. Tako potrebujemo na terenu le en sprejemnik – imenovan tudi rover. Vendar za doseganje nekaj centimetrске natančnosti od stalne postaje ne smemo biti oddaljeni več kot 5-10 km.



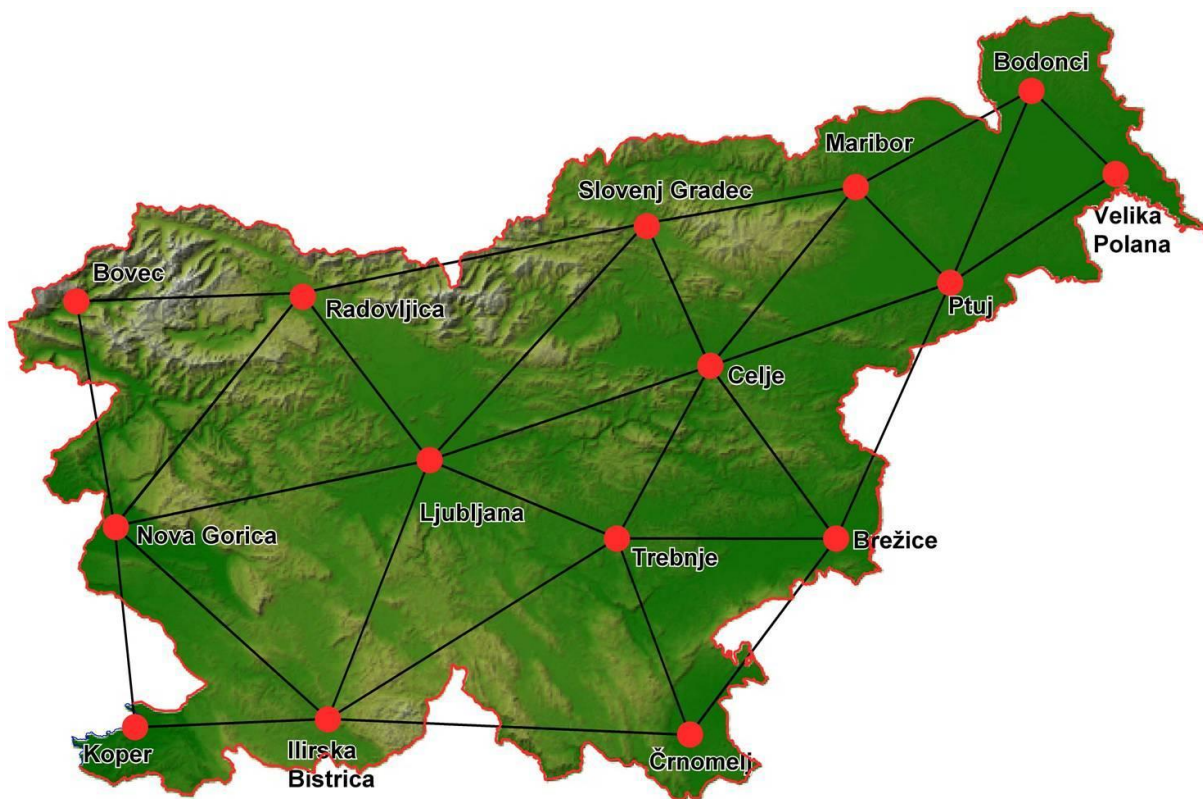
Slika 7: Povezava na stalno delujočo postajo GPS – permanentno postajo (Košorok, 2006)

Najvišja stopnja je povezava na omrežje stalno delujočih postaj GNSS. V Sloveniji imamo omrežje SIGNAL, ki ga tvori 15 stalno delujočih postaj, razporejenih po vsej državi. Popravki GNSS se izračunavajo na več postajah hkrati in s tem dosežemo centimetrsko natančnost na območju celotne države. Pri tem je dovolj, da so stalne postaje med seboj oddaljene do 70 km. V centru se na podlagi opazovanj vseh stalnih postaj GNSS generira model vplivov na opazovanja in na podlagi teh se izračunajo interpolirane vrednosti vplivov za položaj uporabnika. Na podlagi modeliranih vplivov se izračunajo vrednosti opazovanj, ki bi jih izvedel fizični sprejemnik na lokaciji v bližini uporabnika. Ta opazovanja imenujemo opazovanja točke VRS (angl. Virtual Reference Station), položaj za katerega so opazovanja generirana pa virtualna točka VRS.



Slika 8: Povezava na omrežje stalno delujočih postaj (Košorok, 2006)

Največja prednost te metode je v tem, da med samo izmero pridobimo informacijo o količini in kakovosti opravljenega terenskega dela.



Slika 9: Prikaz referenčnih postaj v Sloveniji – omrežje SIGNAL

(http://www.e-prostor.gov.si/zbirke_prostorskih_podatkov/drzavni_koordinatni_sistem/horizontalni_drzavni_koordinatni_sistem_d96tm/#jfmulticontent_c325-9) (3.3.2014)

2.5 Koordinatni sistemi

Koordinatni sistem predstavlja temelj prostorske umestitve objektov ali pojavov v prostoru. V okviru koordinatnega sistema prostorsko umestimo točke, ki opisujejo objekte ali pojave iz narave. Uradno veljavni koordinatni sistem na območju države se imenuje državni koordinatni sistem (Berdajs, A. in Ulbl, M., 2010).

Državni koordinatni sistem je matematična osnova za meritve, opisovanje in kartiranje stanj ter posegov v prostor na območju države. Realiziran je z geodetskimi točkami (Gajšek, S., 2007).

2.5.1 Koordinatni sistem D48/GK

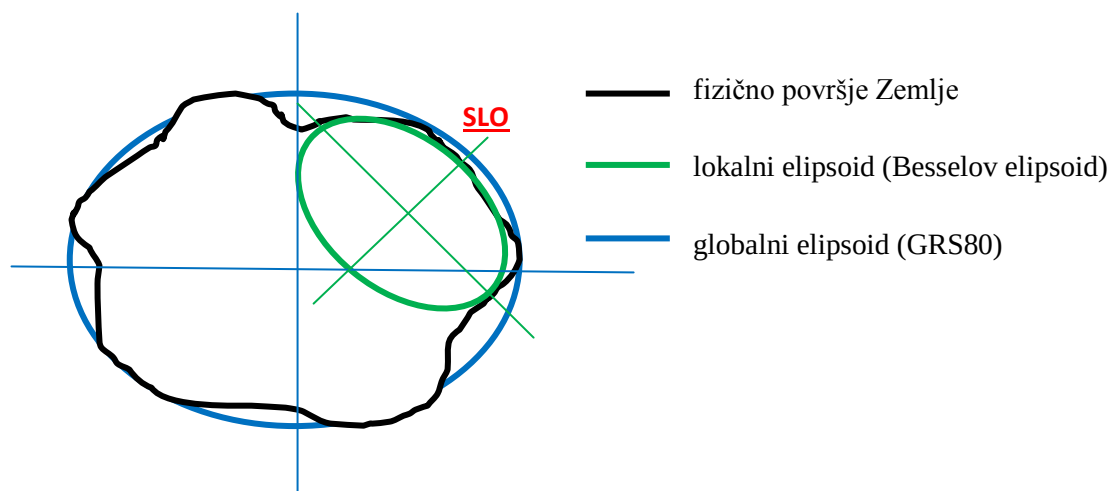
Uradni državni koordinatni sistem v Sloveniji do uvedbe novega D96/TM koordinatnega sistema, ki je začel uradno veljati 1.1.2008, je bil D48/GK koordinatni sistem. Stari državni geodetski datum temelji na Besselovem referenčnem elipsoidu. Besselov elipsoid je lokalni elipsoid, ki se najbolje prilega

Zemlji na območju srednje Evrope in s tem tudi Slovenije. Izhodiščna točka je astronomska točka Hermannskogel v Avstriji.

Položaj točke na elipsoidu določata geografska širina in dolžina točke. Navidezne črte, ki povezujejo točke z enako geografsko širino imenujemo vzporedniki. Črte povezave točk enake geografske dolžine pa imenujemo poldnevnik ali meridiani. Izhodiščni vzporednik je ekvator, izhodiščni meridian pa meridian, ki poteka skozi Greenwich v bližini Londona. Zaradi praktičnih razlogov so položaji točk z elipsoida projicirani na ravnino. Za transformacijo je uporabljena Gauß-Krügerjeva projekcija. Ta je prečna, cilindrična in konformna. Tu je površje Zemlje razdeljeno v cone, širine 3° (v Sloveniji smo cono razširili na $3^\circ 15'$, da se celotno območje države nahaja v isti coni), ki se štejejo od Greenwicha proti vzhodu. Slovenija se nahaja v peti coni, torej se dotika elipsoida v meridianu 15° . Zaradi zmanjšanja deformacije na robu cone so ravninske koordinate modulirane, to je pomnožene s faktorjem (modulom) $m=0,9999$. Koordinata y predstavlja oddaljenost določene točke od projekcije srednjega meridiana, koordinata x pa oddaljenost določene točke od projekcije ekvatorja. Višinsko osnovo zagotavlja državna nivelmanska mreža točk, ki je navezana na reper v Rušah, katerega višina je določena v višinskem datumu Trst. Višine točk v državnem koordinatnem sistemu predstavljajo normalne ortometrične višine. Točke v starem koordinatnem sistemu D48/GK so bile torej podane z moduliranimi GK koordinatami x, y in normalno ortometrično višino H .

2.5.2 ETRS89 in D96/TM koordinatni sistem

Novi slovenski horizontalni koordinatni sistem temelji na skupnem evropskem koordinatnem sistemu ETRS89, ki ga je za področje Evrope definirala komisija EUREF. Države članice IAG so kot rezultat prve enotne evropske izmere GPS leta 1989 sprejele koordinatni sistem ETRS89. Glede na leto GPS izmere se koordinatni sistem imenuje ETRS89. ETRS koordinatni sistem je osnova horizontalnim koordinatnim sistemom. Višinski koordinatni sistem pa se imenuje EVRS, katerega težnostni potencial na višinski referenčni ploskvi (geoidu) je enak težnostnemu potencialu referenčnega elipsoida GRS80. Višina točke nad geoidom je ortometrična višina. Oba sistema skupaj sestavljata ESRS, ki predstavlja homogeno, natančno in stabilno osnovo za vse geodetske in druge potrebe. Tak koordinatni sistem omogoča poenotenje koordinat po vsej Evropi. V okviru mednarodne izmere GPS v letih 1994, 1995 in 1996 smo v Sloveniji pridobili položaj točk v ETRS89 koordinatnem sistemu. Srednji trenutek (epoha) opazovanj GPS v omenjenih kampanjah je bil 1995,55, zato realizacijo novega koordinatnega sistema označujemo tudi s kratico D96. Izbran referenčni elipsoid je GRS80, ki je geocentričen. Uporabljena kartografska projekcija je transverzalna Mercatorjeva projekcija, pri kateri so centralni meridian, širina cone ter faktor modulacije enaki kot pri Gauß-Krügerjevi projekciji.



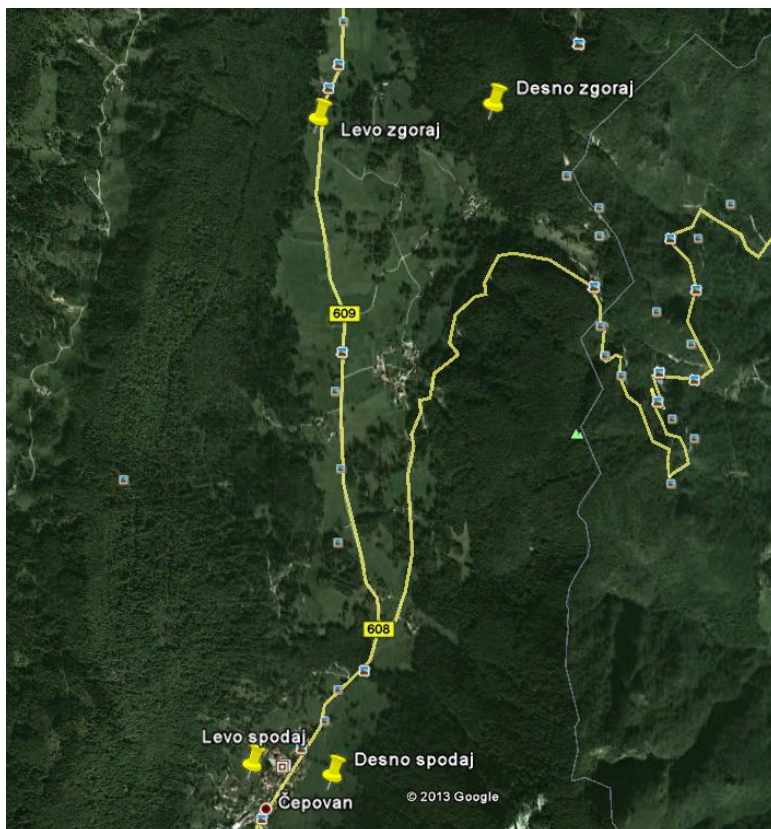
Slika 10: Shematični prikaz lokalnega in globalnega elipsoida

3 PRIPRAVA PODATKOV

Za izračun transformacijskih parametrov med dvema koordinatnima sistemoma potrebujemo koordinate točk, določene v obeh koordinatnih sistemih. Podatki o stabiliziranih točkah, izmerjenih v starem koordinatnem sistemu D48/GK, se nahajajo v bazi topografij točk, ki jih hrani Geodetska uprava Republike Slovenije. Koordinate istih točk v novem koordinatnem sistemu D96/TM pa pridobimo z izvedbo izmere GNSS.

Za konkreten primer je postopek potekal po opisanih korakih. Najprej smo določili približno območje obravnave; določili smo koordinate vogalov območja obdelave. Analizo smo izvedli na lokalnem območju v okolici vasi Čepovan.

Vogal levo zgoraj:	$\varphi = 46^{\circ}04'20''S$ $\lambda = 13^{\circ}47'40''V$
Vogal desno zgoraj:	$\varphi = 46^{\circ}04'21''S$ $\lambda = 13^{\circ}48'12''V$
Vogal levo spodaj:	$\varphi = 46^{\circ}02'57''S$ $\lambda = 13^{\circ}47'29''V$
Vogal desno spodaj:	$\varphi = 46^{\circ}02'56''S$ $\lambda = 13^{\circ}47'44''V$



Slika 11: Prikaz območja obravnave

Za določeno območje smo pridobili topografije stabiliziranih točk v stari koordinatni osnovi, ki se na območju nahajajo. Pridobili smo podatke o trigonometričnih in poligonskih točkah, za zaključek pa smo meritve izvedli še na detajlu, in sicer na zemljiško-katastrskih točkah. Postopek smo naredili po principu iz velikega v malo.

Po pridobitvi podatkov smo ugotovili, da bo potrebno območje obdelave nekoliko razširiti, saj se je znotraj danega območja nahajalo premalo točk za obravnavo. Zato smo delo prilagoditi glede na pridobljene podatke, proti smerem, kjer se točke nahajajo. Te so vzdolž doline proti severu in jugu, kjer je tudi največja poselitev in najmanj poraščen teren. Levo in desno sta poraščeni pobočji doline, ki predstavljata oviro za izmero GNSS. Sledil je terenski ogled z iskanjem trajno stabiliziranih točk. Za izračun transformacijskih parametrov namreč potrebujemo minimalno tri točke, dobro je, če je le-teh več, da lahko naredimo oceno kvalitete podobnostne 3R-transformacije.

3.1. Trigonometrične točke

Pridobili smo topografije šestnajstih trigonometričnih točk, vendar smo že v začetni fazi izločili tiste, ki so bile za izmero GNSS neprimerne, na primer cerkveni zvoniki. V topografijah so torej koordinate točk podane v koordinatnem sistemu D48/GK. Vse koordinate smo transformirali s programom SiTraNet v koordinatni sistem D96/TM. Ker georeferenciranje na veliko kartografskih podlagah poteka na osnovi geografskih koordinat, smo ravninske koordinate (e, n v D96/TM) pretvorili v geografske (φ, λ) z lastnim programskim orodjem, napisanim v programskem jeziku MatLab. Sledilo je terensko delo, to je iskanje točk v naravi z merskim trakom in motiko.

Podatki o položajni geodetski točki

https://prostor.gov.si/preg/detail_gtoc_polozejnal.jsp?SIFKO=2297&...



Uporabnik: PPAVLOVIC

Torek, 15. Oktobra, 2013

14:21:35

Transakcijska številka: 1200081731456

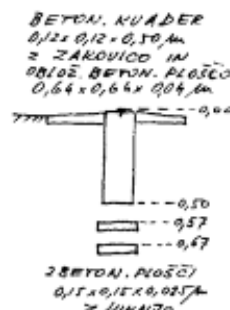
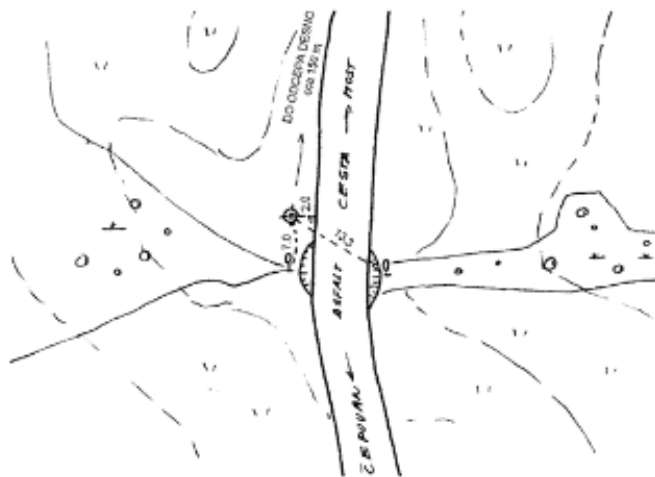
Podatki o horizontalni temeljni točki

Katastrska občina: 2297

Št. točke: 90270

Šifra katastrske občine	2297	Šifra statusa točke	0 - Brez posebnega statusa
Ime katastrske občine	ČEPOVAN	Šifra lastnosti točke	0 - Ni dodatne lastnosti
Šifra za red, vrsto mreže	5 - Navezovalna točka in mestna poligonometrična točka	Šifra stabilizacije točke	1 - Betonski, granitni kamen
Št. točke	90270	Šifra postavljavca točke	GZS - Betonski, granitni kamen
Oznaka točke	Z0	Leto določitve Y in X	1997
Ledinsko ime	PODCEPOVAN	Leto določitve H	1997
Sosednja katastrska občina	-	Ime točke	-
Šifra trigonometričnega okraja	14 - NOVA GORICA	Datum zadnje uporabe	-
Koordinata Y	407122.05	Št. vloge	90112000011998
Koordinata X	103575.35	Datum vnosa v bazo	17.08.1998
Nadmorska višina H	640.59	Opomba	-
Metoda določitve Y in X	5 - Triangulacija	List TTNS	5 B 24-39
Metoda določitve H	2 - Trigonometrija	List TK25	011-4-3
Podatki o topografiji	10017379		

Podatki o topografiji:



Slika 12: Primer topografije trigonometrične točke

Našli smo pet trigonometričnih točk, primernih za izmero GNSS, in sicer lepo razporejenih vzdolž doline. Vse so bile lepo ohranjene, stabilizirane z betonskim kvadrom dimenzije $0,12\text{ m} \times 0,12\text{ m} \times 0,50\text{ m}$ s kovinskim čepom in obložno betonsko ploščo dimenzije $0,64\text{ m} \times 0,64\text{ m} \times 0,04\text{ m}$.



Slika 14: Prikaz razporejenosti trigonometričnih točk



Slika 13: Prikaz stabilizirane trigonometrične točke

3.2. Poligonske točke

Po enakem postopku smo poiskali tudi poligonske točke. Na območju naj bi jih po evidenci bilo 30, vendar smo ugotovili, da je precej uničenih in neuporabnih. Stabilizirane so bile na različne načine; z betonskimi kvadri, vklesanimi križi v skale, najpogosteje pa s kovinskimi mejniki, kar je olajšalo iskanje, saj smo uporabili detektor kovin. Izmed vseh najdenih točk jih je bilo za izmero GNSS primernih 5. Primer topografije:

Podatki o položajni geodetski točki

https://prostor.gov.si/preg/detail_gtoc_poloajnal.jsp?SIFKO=2297&



REPUBLIKA SLOVENIJA URAVNAVALNO AGENCIJO ZA PROSTOR GEODETSKA UPRAVA REPUBLIKE SLOVENIJE



Uporabnik: PPAVLOVIC

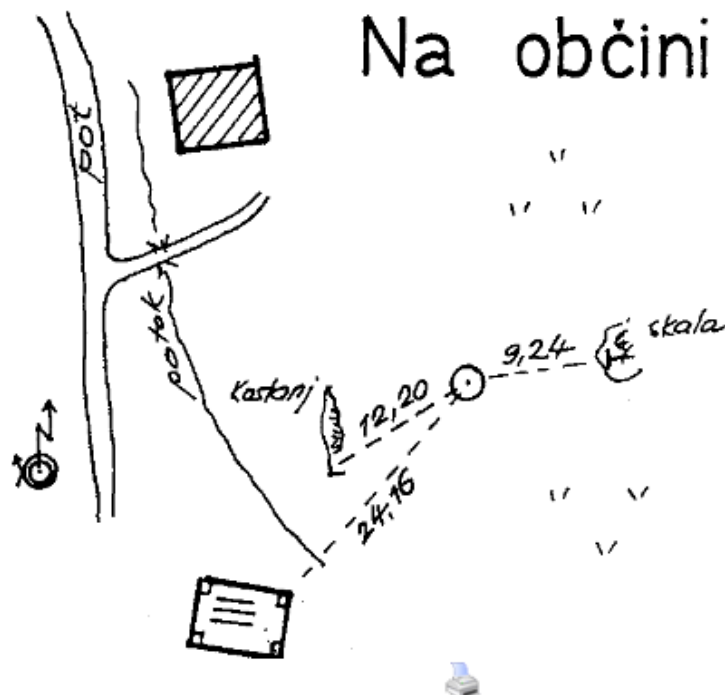
Sreda, 09 Oktober, 2013
8:18:06

Transakcijska številka:

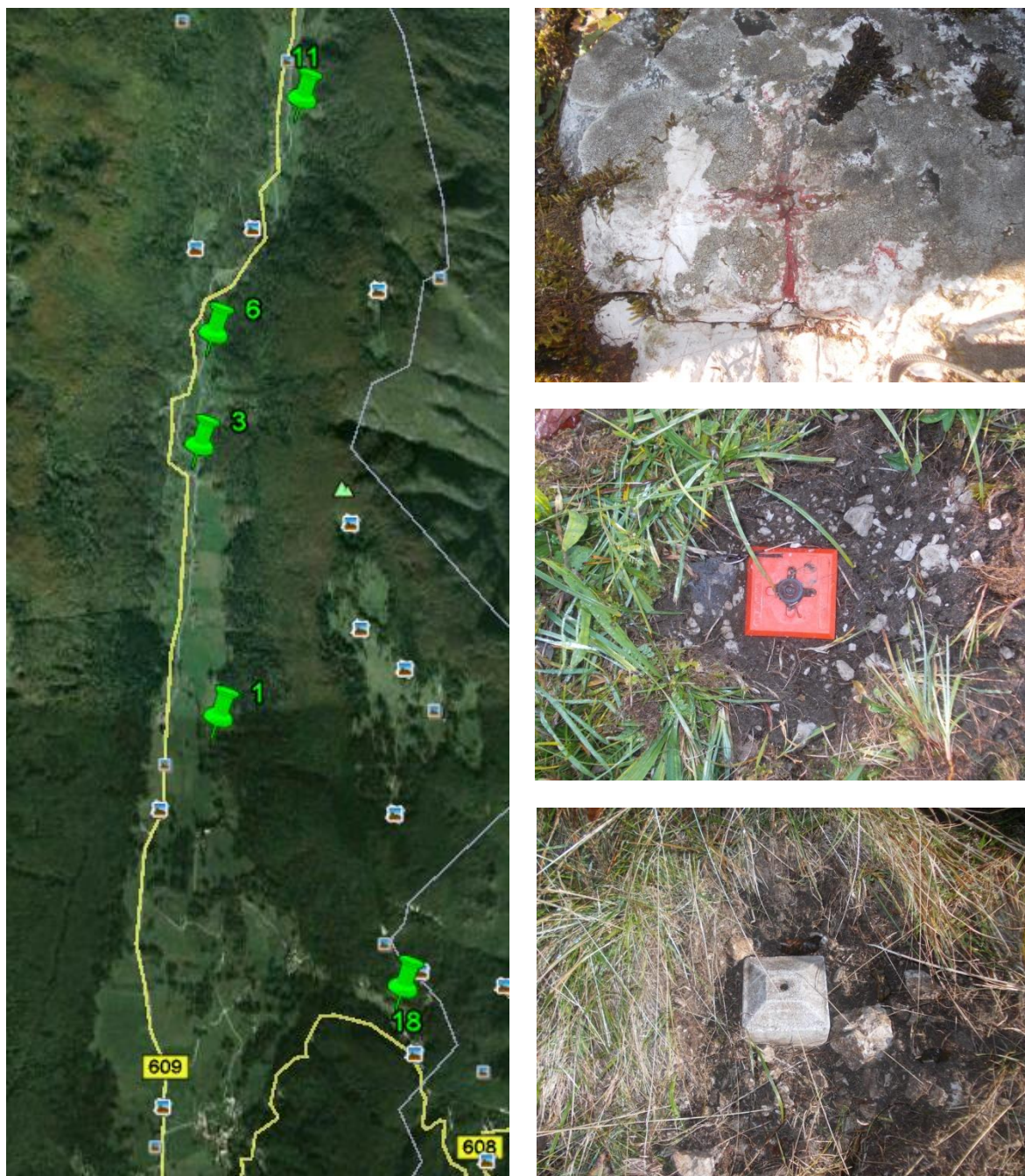
Podatki o horizontalni izmeritveni točki
Katastrska občina: 2297
Št. točke: 1

Šifra katastrske občine	2297	Šifra statusa točke	0 - Brez posebnega statusa
Ime katastrske občine	ČEPOVAN	Šifra lastnosti točke	0 - Ni dodatne lastnosti
Šifra za red, vrsto mreže	6 - Poligonska točka	Šifra stabilizacije točke	20 - Kovinski mejnik
Št. točke	1	Šifra postavljalca točke	- - Kovinski mejnik
Oznaka točke	00	Leto določitve Y in X	1993
Ledinsko ime	-	Leto določitve H	1993
Sosednja katastrska občina	-	Ime točke	-
Šifra trigonometričnega okraja	14 - NOVA GORICA	Datum zadnje uporabe	-
Koordinata Y	407416.34	Št. vloge	90112000002000
Koordinata X	104368.45	Datum vnosa v bazo	02.02.2000
Nadmorska višina H	648.03	Opomba	-
Metoda določitve Y in X	7 - Poligonizacija	List TTN5	5 B 24-39
Metoda določitve H	2 - Trigonometrija	List TK25	011-4-3
Podatki o topografiji	10157064		

Podatki o topografiji:



Slika 15: Primer topografije poligonske točke



Slika 16: Prikaz razporejenosti in stabilizacij poligonskih točk

4 GNSS-IZMERA IN OBDELAVA OPAZOVANJ

4.1. Statična izmera

Z metodo statične izmere GNSS smo izvedli opazovanja na vseh petih trigonometričnih točkah ter na dveh izbranih poligonskih točkah. Ker smo imeli na voljo več instrumentov, smo lahko meritve istočasno izvajali na več točkah. Na vsaki točki smo izvajali meritve približno 30 minut. Višinski kot opazovanj je bil 15° , interval registracije pa 1 sekunda, pri naknadni obdelavi pa smo nastavili interval registracije 5 sekund.

Po izvedenih opazovanjih na točkah je sledila obdelava le-teh v programskem orodju Leica Geo Office. Predhodno smo si pripravili opazovanja GNSS od najbližje stalne postaje – Nova Gorica, opazovanja VRS in precizne efemeride službe IGS. Na spletni strani Omrežje SIGNAL smo naročili podatke opazovanj GNSS za stalno delujočo postajo. Prav tako smo pridobili opazovanja za virtualno točko VRS, katere približen položaj smo določili na območju izmere.



Virtualna točka

$\varphi = 46^\circ 03' 57,42''S$

$\lambda = 13^\circ 47' 46,47''V$

Slika 17: Prikaz razporejenosti izmerjenih trigonometričnih in poligonskih točk ter VRS-točka

Precizne efemeride službe IGS smo pridobili na spletni strani <ftp://igscb.jpl.nasa.gov/igscb/product/>.

Pred začetkom obdelave opazovanj je potrebno urediti tipe in višine anten, nato pa uvoziti vsa opazovanja GNSS vseh točk GNSS in precizne efemeride. Kot troposferski model smo uporabili Hopfieldov model, obvezno pa je potrebno nastaviti, da je neznano število celih valov določeno v območju celih števil (angl. Fixed Solution).

4.1.1 GNSS mreža – dana točka stalna postaja omrežja SIGNAL Nova Gorica

Pri obdelavi mreže GNSS je potrebno upoštevati, da so vektorji med točkami linearno neodvisni. Ena točka je dana točka, in sicer v primeru te izravnave je to stalna postaja. Oblikovali smo vektorje med točkami in nadalje nadštevilske količine izravnavali. V poročilu izravnave smo preverili, če je rezultat zadovoljiv, kar smo preverili s statističnim testom Tau-test. Tau-test je namenjen odkrivanju grobih pogreškov v opazovanjih. Merilo prisotnosti grobih pogreškov opazovanj je vrednost kvocienta empirične (izračunane) vrednosti τ_i za i -ti popravek v_i in statistično določene vrednosti ob ustreznih prostostnih stopnjah r in dani stopnji značilnosti α . Določene vektorje, kjer Tau-test ne ustreza, izključimo in izravnavo zopet poženemo, dokler rezultat ni zadovoljiv.

Preglednica 1: Dobljene koordinate merjenih točk v koordinatnem sistemu ETRS89

Točka	φ [° ' '']	λ [° ' '']	h[m]
18	46 04 05,367447 S	13 48 27,585604 V	793,894
CP01	46 02 24,682796 S	13 47 18,066698 V	647,777
CP02	46 02 48,225259 S	13 47 35,617418 V	653,951
CP03	46 03 21,233205 S	13 47 42,395394 V	718,830
CP04	46 03 51,582052 S	13 47 48,626134 V	693,189
CP05	46 04 12,004467 S	13 47 40,430266 V	686,936
CPP6	46 05 25,668944 S	13 47 51,344741 V	652,337
NOVG	45 53 46,841586 S	13 37 28,937299 V	110,114

4.1.2 GNSS mreža – dana točka VRS

GNSS mrežo oblikujemo tudi na način, kjer je dana točka VRS-točka. Koordinate točk po izravnavi so po položaju primerljive s koordinatami točk, pridobljenih z GNSS-mrežo ob dani točki s stalne postaje, po višini pa je odstopanje nekoliko večje.

Preglednica 2: Primerjava koordinat točk, pridobljenih z navezavo nastalno postajo Nova Gorica in virtualno postajo VRS

Primerjava: Prosta mreža NG - Prosta mreža VRS			
18	0,008	-0,002	0,013
CP01	0,007	-0,004	0,014
CP02	0,007	-0,004	0,014
CP03	0,007	-0,004	0,014
CP04	0,007	-0,004	0,013
CP05	0,002	-0,009	0,014
CPP6	0,001	-0,009	0,001
	Δn [m]	Δe [m]	ΔH [m]

Razlog za višinsko odstopanje je v veliki višinski razliki med Novo Gorico in deloviščem, ki znaša ca. 550 m. Zato smo poizkusili še z generirano VRS-postajo, ki se nahaja desno od vasi, na Šentviški Gori. Ta točka je na nadmorski višini 650 m. Rezultat pokaže, da so merjene točke položajno boljše določene tedaj, ko je dana točka Nova Gorica, višinsko pa boljše v primeru VRS točke Šentviška Gora.

Preglednica 3: Primerjava koordinat točk, pridobljenih z navezavo na stalno postajo Novo Gorico in VRS-točko na lokaciji Šentviška Gora

Primerjava: Prosta mreža NG - Prosta mreža VRS_SEGO			
18	0,010	-0,004	0,001
CP01	0,006	-0,007	0,013
CP02	0,006	-0,007	0,013
CP03	0,008	-0,007	0,014
CP04	0,007	-0,008	0,014
CP05	0,001	-0,017	0,019
CPP6	-0,001	-0,008	0,019
	Δn [m]	Δe [m]	ΔH [m]

Ugotovili smo, da lahko izbira položaja VRS točke v določenih primerih vpliva na kvaliteto določitve višinske komponente.

Poleg omenjenih dveh izravnav mreže smo izravnavo izvedli še na način, kjer je dana točka stalna postaja Bovec (druga najbližja postaja za Novo Gorico in po nadmorski višini višja) ter še kot radialno

mrežo, enkrat za Novo Gorico, drugič za postajo VRS. Iz vseh kombinacij pa je bila najboljša rešitev prosta mreža VRS Šentviška Gora. Tako smo pridobili koordinate merjenih trigonometričnih točk v koordinatnem sistemu ETRS89.

Preglednica 4: ETRS89- koordinate merjenih trigonometričnih točk z rešitvijo mreže VRS Šentviška Gora

Točka	φ [° ' '']	λ [° ' '']	h [m]
CP01	46 02 24,682590 S	13 47 18,066920 V	647,765
CP02	46 02 48,225053 S	13 47 35,617642 V	653,938
CP03	46 03 21,232989 S	13 47 42,395632 V	718,816
CP04	46 03 51,581831 S	13 47 48,626378 V	693,176
CP05	46 04 12,004451 S	13 47 40,430825 V	686,917

Končni koordinatni sistem naše obravnave je koordinatni sistem D96/TM, zato moramo dobljene koordinate v ETRS89 pretvoriti, in sicer zopet uporabimo lasten Matlab-ov program za pretvorbo iz elipsoidnih v koordinate D96/TM. To možnost pretvorbe pa omogoča tudi SiTraNet. Končne koordinate D96/TM trigonometričnih točk, dobljenih iz meritev so:

Preglednica 5: D96/TM koordinate merjenih trigonometričnih točk (normalna-ortometrična višina H je pridobljena z uporabo modela geoida Slovenije iz leta 2000, ki je vključen v program SiTra)

Točka	n [m]	e [m]	H [m]
CP01	100756,849	406219,342	647,765
CP02	101477,925	406607,699	653,938
CP03	102494,748	406768,837	718,816
CP04	103429,662	406916,927	693,176
CP05	104062,824	406750,356	686,917

Naj omenimo, da so označbe trigonometričnih točk iz meritev drugačne kot iz topografij, saj smo pri izmeri v instrument vnašali imena točk zaporedno, kot smo meritve izvajali;

CP01 = TRIG_12
CP02 = TRIG_3
CP03 = TRIG_13
CP04 = TRIG_15
CP05 = TRIG_16

Detajlni točki 6 in 18, ki sta bili ravno tako merjeni s statično izmero GNSS, uporabimo za primerjavo med koordinatami, dobljenimi s statično in kinematično metodo izmere. Njune koordinate bomo podali v nadaljevanju, kjer bo obravnava kinematične izmere detajlnih točk.

4.2. Kinematična izmera

Na poligonskih točkah smo izvedli RTK-GPS metodo izmere (delali smo le z GPS sateliti). Na vseh petih poligonskih točkah smo meritve izvajali minimalno trikrat neodvisno, z določenim časovnim zamikom. Začetek meritev je bil precej neobetaven, saj je primanjkovalo satelitov. Malo smo počakali in kmalu se je njihova geometrija spremenila, pojavilo se je dovolj satelitov. Minimalno število vidnih satelitov za izvedbo meritev je 4, vendar tu nimamo nadštevilnosti in ni mogoča izravnava. Zato je za izvajanje meritev potrebno 5 ali več satelitov GPS (za izvedbo inicializacije). Višinski kot smo nastavili na 15°, interval registracije pa na 1 sekundo. Na vsaki točki smo izvajali meritve 60 sekund. Kot je že v poglavju 2.4.4 opisano, dobimo pri RTK-GPS metodi izmere rezultate v času izmere.

Preglednica 6: Koordinate poligonskih točk, pridobljene z RTK-GPS metodo izmere

Točka	E	N	H	lon	lan	h	SAT	GDOP	PDOP	HDOP	VDOP	TDOP	CAS
1	407045,30380	104855,83683	647,84238	0,00721	0,00590	0,01944	5	3,6	3,1	1,3	2,8	1,8	9 55 11,0
1	407045,31199	104855,83533	647,81843	0,00877	0,00718	0,02334	5	3,6	3,1	1,3	2,8	1,8	9 57 17,0
1	407045,27976	104855,80649	647,91635	0,04467	0,03079	0,05386	7	6,3	5,4	3,8	3,9	3,1	11 15 8,0
1	407045,27132	104855,79362	647,90294	0,04456	0,03051	0,05505	7	6,1	5,3	3,7	3,8	3,0	11 17 11,0
1	407045,29604	104855,81848	647,82706	0,00738	0,00531	0,02102	8	3,4	2,8	1,3	2,5	1,9	12 29 13,0
1	407045,29894	104855,84363	647,85633	0,00656	0,00564	0,01541	7	3,9	3,1	1,5	2,7	2,3	13 22 35,0
3	406965,67740	105899,59165	609,17874	0,00928	0,00765	0,02324	5	3,3	2,9	1,2	2,6	1,7	10 4 0,0
3	406965,67437	105899,61981	609,14691	0,02944	0,01859	0,04348	6	9,0	7,6	4,5	6,1	4,8	11 23 19,0
3	406965,66745	105899,57346	609,17416	0,00747	0,00532	0,02085	8	3,5	2,9	1,3	2,6	2,0	12 35 7,0
3	406965,66849	105899,58716	609,16180	0,00650	0,00570	0,01417	7	3,6	2,9	1,5	2,5	2,1	13 30 58,0
6	407019,26385	106333,44426	605,65397	0,00879	0,00727	0,02118	5	3,2	2,8	1,2	2,5	1,6	10 8 35,0
6	407019,26911	106333,47222	605,68704	0,02422	0,01628	0,03546	7	5,0	4,3	2,8	3,3	2,6	11 28 7,0
6	407019,26036	106333,44027	605,67448	0,01008	0,00713	0,02731	8	3,6	2,9	1,3	2,6	2,1	12 40 25,0
6	407019,27870	106333,49773	605,63397	0,01565	0,01637	0,03779	6	7,7	5,9	3,0	5,1	4,9	13 35 27,0
11	407349,30969	107245,09449	569,67934	0,15098	0,10809	0,28122	4	3,3	2,9	1,4	2,5	1,7	10 33 7,0
11	407349,29001	107245,17868	569,61381	0,01594	0,01106	0,03470	7	4,3	3,6	1,8	3,1	2,4	11 50 2,0
11	407349,28491	107245,17898	569,61155	0,01307	0,00909	0,02903	7	4,3	3,5	1,7	3,1	2,4	11 50 38,0
11	407349,27256	107245,18208	569,52740	0,01027	0,00725	0,02641	8	3,6	2,9	1,3	2,6	2,1	12 47 51,0
11	407349,27996	107245,18782	569,58561	0,00647	0,00589	0,01305	7	3,3	2,7	1,5	2,2	1,9	13 41 53,0
18	407760,56332	103842,64027	747,25468	0,01479	0,00828	0,01724	7	2,5	2,3	1,6	1,6	1,0	10 56 39,0
18	407760,56303	103842,64048	747,26257	0,01710	0,00951	0,01916	7	2,5	2,3	1,6	1,7	1,0	10 58 43,0
18	407760,56840	103842,66205	747,27295	0,00859	0,00628	0,02270	8	3,0	2,5	1,4	2,1	1,6	12 9 0,0
18	407760,58008	103842,64948	747,19403	0,00849	0,00716	0,02278	7	4,4	3,4	1,5	3,1	2,7	13 5 43,0

Večkrat neodvisno določenim koordinatam je bilo potrebno zaradi nadštevilnosti izračunati utežene sredine. To storimo po enačbi:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i \times \frac{1}{\sigma_i^2}}{\sum \frac{1}{\sigma_i^2}}$$

kjer so:

$\bar{x}$ = povprečna vrednost koordinat

x = posamezna vrednost koordinate

σ = standardni odklon (deviacija) posamezne koordinate

i = zaporedna številka vrednosti ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)

Preden izračunamo sredine, moramo izločiti neprimerne meritve, in sicer;

- poligonska točka 1 je bila merjena šestkrat neodvisno, vendar lahko drugo in četrto meritev izločimo, saj je bila razlika v času meritve med prejšnjo in naslednjo meritvijo majhna (ca. 2 minuti);
- točka 3 je bila merjena štirikrat neodvisno, a tu izločimo drugo meritev, saj je bil faktor GDOP prevelik.

Faktor DOP (angl. Dilution of precision) ali GDOP (angl. geometric dilution of precision) prevedeno pomeni geometrijsko razredčenje natančnosti, ki podrobno označuje dodaten multiplikativen učinek geometrije navigacijskih satelitov na položajno mersko natančnost. Ostale vrednosti DOP so še HDOP (horizontalno), VDOP (vertikalno), PDOP (položajno), TDOP (časovno). Vrednost DOP mora biti čim nižja, idealno je vrednost 1, odlično 1-2, dobro 2-5, zmerno 5-10, višje vrednosti pa niso več primerne. V praksi upoštevamo vrednosti PDOP nekje do vrednosti 6.

- pri poligonski točki 6 uporabimo vse štiri meritve
- poligonska točka 11 je bila merjena petkrat neodvisno, a upoštevati smo le tri meritve; prvo meritev smo odstranili zaradi prisotnosti le štirih satelitov, tretjo pa zaradi zaporednega časa opazovanja,
- pri točki 18 smo od štirih meritev uporabili tri, saj je zopet druga meritev zaporedno izvedena, dve minuti za prvo.

Izračunane utežene koordinate poligonskih točk, izmerjenih z RTK-GPS metodo izmere, so:

Preglednica 7: Utežene koordinate poligonskih točk v D96/TM koordinatnem sistemu (normalna-ortometrična višina H je izračunana z uporabo modela geoida Slovenije iz leta 2000)

Točka	e_povp[m]	n_povp[m]	H_povp[m]
1	407045,299	104855,832	647,848
3	406965,670	105899,582	609,168
6	407019,265	106333,449	605,662
11	407349,279	107245,185	569,578
18	407760,573	103842,653	747,243

Koordinate poligonskih točk pa smo z naknadno obdelavo izravnali tudi v programu Leica Geo Office, po enakem postopku kot smo to storili za statično izmerjene točke. Tudi tu smo mrežo navezali najprej na stalno postajo Nova Gorica, nato na VRS postajo Čepovan in VRS postajo Šentviška Gora. Kot najboljše smo privzeli koordinate, pridobljene s prosto mrežo navezave na VRS Šentviška Gora, saj pri RTK v realnem času ne moremo spreminjati VRS-položaja, ker nam ga določi instrument. Pri naknadni obdelavi pa položaj VRS lahko spreminjamo ter dodatno vključimo precizne efemeride. Primerjava med koordinatami RTK in naknadno obdelavo (VRS je bila določena na Šentviški Gori):

Preglednica 8: Primerjava koordinat, pridobljenih z RTK-meritvami in naknadno obdelavo z VRS Šentviška Gora

Primerjava: RTK - kinematika VRS_SEGO		
1	0,002	-0,005
3	-0,005	0,005
6	-0,011	0,009
11	0,022	0,003
18	0,009	0,021
	Δn [m]	Δe [m]

Preglednica 9: Koordinate poligonskih točk z navezavo na VRS Šentviška Gora

Točka	n [m]	e [m]	H [m]
1	104855,830	407045,304	694,469
3	105899,587	406965,665	655,834
6	106333,460	407019,256	652,345
11	107245,163	407349,276	616,282
18	103842,643	407760,552	793,883

5 IZRAČUN 3D-TRANSFORMACIJSKIH PARAMETROV

5.1. Splošno o transformacijah

Z uveljavljanjem tehnologije GNSS se je pojavila potreba po novem koordinatnem sistemu in s tem po transformacijah med globalnimi, regionalnimi in lokalnimi koordinatnimi sistemi. Transformacija označuje preračun koordinat med dvema koordinatnima sistemoma, ki se nanašata na dva različna geodetska datuma oziroma predstavlja nalogo vzpostavitve matematične povezave položajev točk v dveh koordinatnih sistemih. Transformacija je lahko linearna ali nelinearna, v 1D, 2D ali 3D prostoru. Obstaja veliko modelov transformacij 3D koordinatnih sistemov. Izbira modela transformacije je odvisna od tega, katere lastnosti želimo pri prehodu med koordinatnima sistemoma ohraniti. Lastnost modela transformacije določi število in obliko transformacijskih parametrov. Transformacijske parametre izračunamo na osnovi identičnih točk v obeh koordinatnih sistemih, imenovanih vezne točke. Lahko pa so transformacijski parametri vnaprej znani. Poznamo več tipov transformacij z različnimi lastnostmi, v geodeziji pa najpogosteje uporabljamo afino in podobnostno transformacijo.

5.1.1 Afina transformacija

Afina transformacija je najsplošnejši model linearne transformacije. Preme linije se transformirajo v preme linije, ohrani se vzporednost. V splošnem pa se spremeni velikost, oblika, položaj in orientacija linij v koordinatnem sistemu. Merilo je odvisno od smeri linije v koordinatnem sistemu.

5.1.2 Podobnostna transformacija

3D konformna transformacija, znana kot 3D podobnostna transformacija ali Helmertova transformacija oziroma 7-parametrična transformacija je ena izmed najpogosteje uporabljenih transformacijskih metod v geodeziji. Tudi ta transformacija transformira preme linije v preme linije in ohranja kote. Merilo je neodvisno od smeri in dolžine linij, položaji točk v mreži pa se lahko spremenijo (Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P., 2007).

5.1.2.1 Matematični model podobnostne transformacije

Funkcionalni model podobnostne transformacije med npr. G -astrogeodetskim (klasičnim geodetskim) in CT -terestričnim (vzpostavljenim na osnovi GPS opazovanj) koordinatnim sistemom, oziroma vektorjema koordinat X_G in X_{CT} , je dan z izrazom:

$$\begin{bmatrix} x_{CT} \\ y_{CT} \\ z_{CT} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{bmatrix} + (1 + \varepsilon_s) \mathbf{R} \begin{bmatrix} x_G \\ y_G \\ z_G \end{bmatrix}$$

Gornji model imenujemo Burša-Wolf model. Z modelom Burša-Wolf 3D podobnostne transformacije sta trirazsežna pravokotna koordinatna sistema ob zadostnem številu veznih točk lahko povezana.

Zveza med koordinatnima sistemoma je dana s 7 transformacijskimi parametri;

- trije premiki med koordinatnima sistemoma
- trije zasuki med koordinatnima sistemoma
- sprememba merila oziroma eno razmerje enote dolžin med koordinatnima sistemoma.

Alternativa temu modelu je t.i. Molodensky-Badekaš model:

$$\begin{bmatrix} x_{CT} \\ y_{CT} \\ z_{CT} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_m \\ y_m \\ z_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x' \\ \Delta y' \\ \Delta z' \end{bmatrix} + (1+\varepsilon_s)\mathbf{R} \begin{bmatrix} x_G - x_m \\ y_G - y_m \\ z_G - z_m \end{bmatrix}$$

kjer so $x_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{G_i}$, $y_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{G_i}$, $z_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_{G_i}$ koordinate težišča mreže

astrogeodetskega koordinatnega sistema, $\mathbf{R}$ je ortogonalna rotacijska matrika, m kvocient enote merila sistema G glede na sistem CT , $[\Delta x \ \Delta y \ \Delta z]^T$ je vektor premika izhodišča G koordinatnega sistema glede na CT koordinatni sistem. Rotacijska matrika $\mathbf{R}$ je sestavljena iz produkta rotacijskih matrik, ki predstavljajo zasuke okrog posameznih koordinatnih osi G koordinatnega sistema do lege, ko so vzporedne s koordinatnimi osmi CT sistema. Ker sta oba koordinatna sistema desnosučna, je kot zasuka pozitiven v protiurni smeri. Rotacijsko matriko lahko pridobimo na več načinov. V praksi je najpogostejše v uporabi t.i. kardanska rotacijska matrika, ki jo dobimo z množenjem rotacijskih matrik v naslednjem vrstnem redu:

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_z(\omega)\mathbf{R}_y(\psi)\mathbf{R}_x(\varepsilon)$$

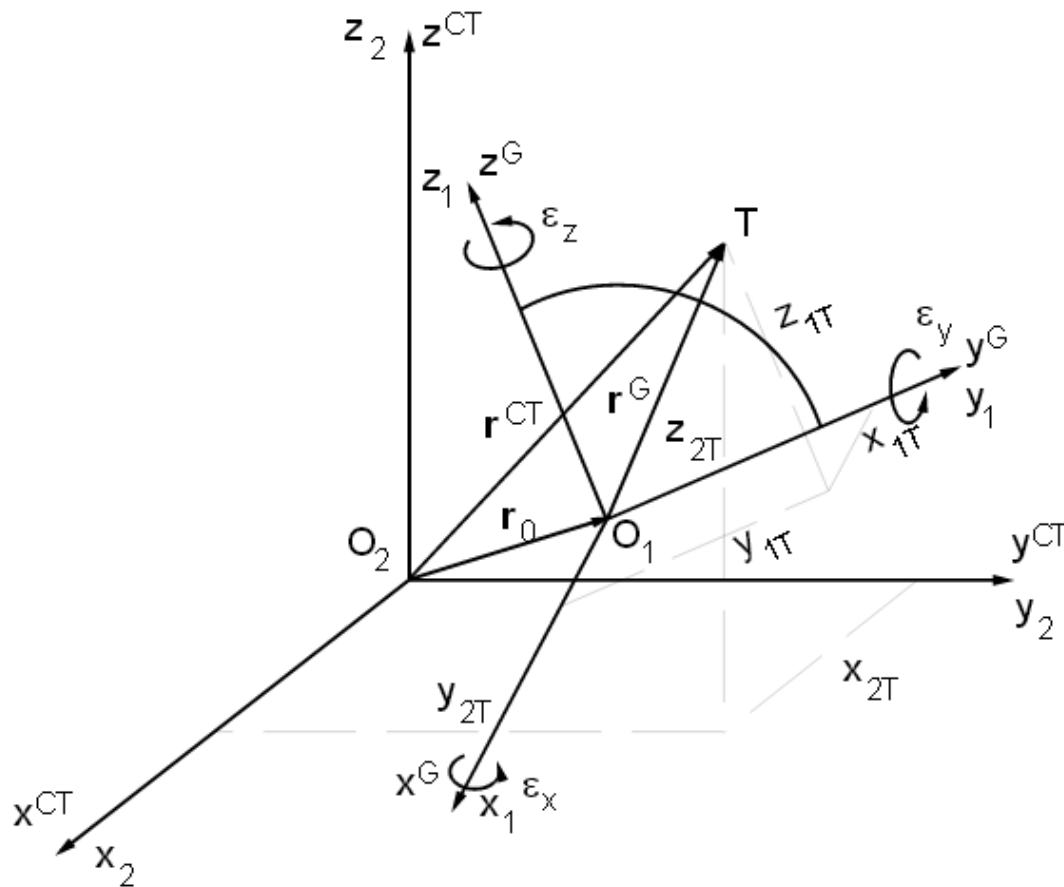
Rotacijske matrike za kote rotacij ε_x , ψ_y , ω_z okrog osi x_G , y_G , z_G so:

$$\mathbf{R}_z(\omega) = \begin{bmatrix} \cos \omega & \sin \omega & 0 \\ -\sin \omega & \cos \omega & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \mathbf{R}_y(\psi) = \begin{bmatrix} \cos \psi & 0 & -\sin \psi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \psi & 0 & \cos \psi \end{bmatrix}; \mathbf{R}_x(\varepsilon) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varepsilon & \sin \varepsilon \\ 0 & -\sin \varepsilon & \cos \varepsilon \end{bmatrix}$$

Vrstni red rotacij je v splošnem pomemben, razen v primeru, ko so koti rotacij majhni. Za majhne vrednosti kotov rotacij lahko uporabimo približno kardansko rotacijsko matriko, ki jo lahko uporabimo za vrednosti kotov zasukov do velikosti $10''$ in le-te obravnavamo v radianih:

$$\mathbf{R} \approx \begin{bmatrix} 1 & \omega & -\psi \\ -\omega & 1 & \varepsilon \\ \psi & -\varepsilon & 1 \end{bmatrix}$$

Na vrednost faktorja merila m vplivajo spremembe položajev med točkami po transformaciji in oddaljenost točke od koordinatnega izhodišča.



Slika 18: G in CT koordinatni sistem (Stopar, Pavlovčič Prešeren, 2011)

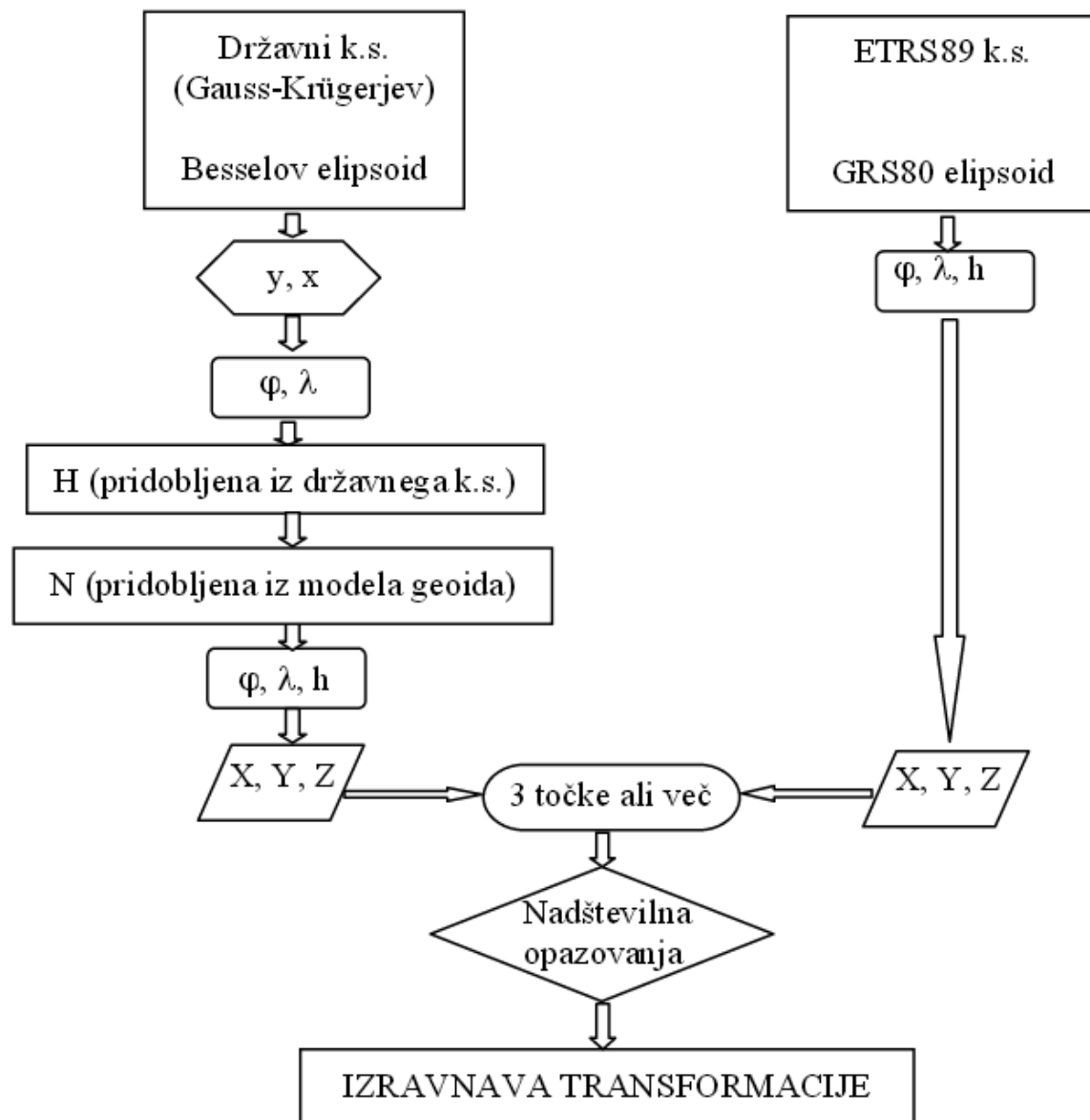
V splošnem transformacijo med koordinatnima sistemoma lahko izvedemo na osnovi:

- uporabe vnaprej danih transformacijskih parametrov,
- z izravnavo ocenjenih transformacijskih parametrov med sistemoma na osnovi identičnih točk, danih v obeh sistemih.

5.1.2.2 Izravnavna transformacije

Za izravnavo transformacije je primeren splošni model izravnavne. V primeru transformacije obravnavamo koordinate točk dane v obeh koordinatnih sistemih kot opazovanja s pripadajočo informacijo o natančnosti; neznanke so transformacijski parametri. Rezultat izravnavne transformacije sta dva niza koordinat točk, ki ju povezujejo ocenjene vrednosti transformacijskih parametrov. Merilo, orientacija in položaj posameznega koordinatnega sistema v prostoru ostanejo po transformaciji nespremenjeni. Spremenijo pa se koordinate, dolžine in koti med točkami v posameznem

koordinatnem sistemu. Premiki točk v mreži so običajno majhni in ne spreminjajo narave transformiranega lika (geodetske mreže) (Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P., 2007).



Slika 19: Shema izravnave podobnostne transformacije v 3D prostoru

(Stopar, Pavlovčič Prešeren, 2011)

Potek izračuna transformacijskih parametrov:

- vhodni podatki so vsaj tri točke s koordinatami v obeh koordinatnih sistemih; (y_{GK} , x_{GK}) za Gauß-Krügerjev koordinatni sistem, (φ, λ, h) za koordinatni sistem ETRS89.
- Iz koordinat y_{GK} , x_{GK} v ravnini Gauß-Krügerjeve kartografske projekcije izračunamo koordinate točk na nivoju Besselovega elipsoida.
- Iz elipsoidnih koordinat točk na nivoju Besselovega elipsoida in elipsoida GRS80 izračunamo trirazsežne kartezične koordinate (X, Y, Z).
- Enačbe 7-parametrične podobnostne transformacije podajajo zvezo med danimi koordinatami v obeh koordinatnih sistemih in parametri transformacije
- V postopku izravnavo določimo optimalne transformacijske parametre (3 pomiki, 3 zasuki, 1 sprememba merila).

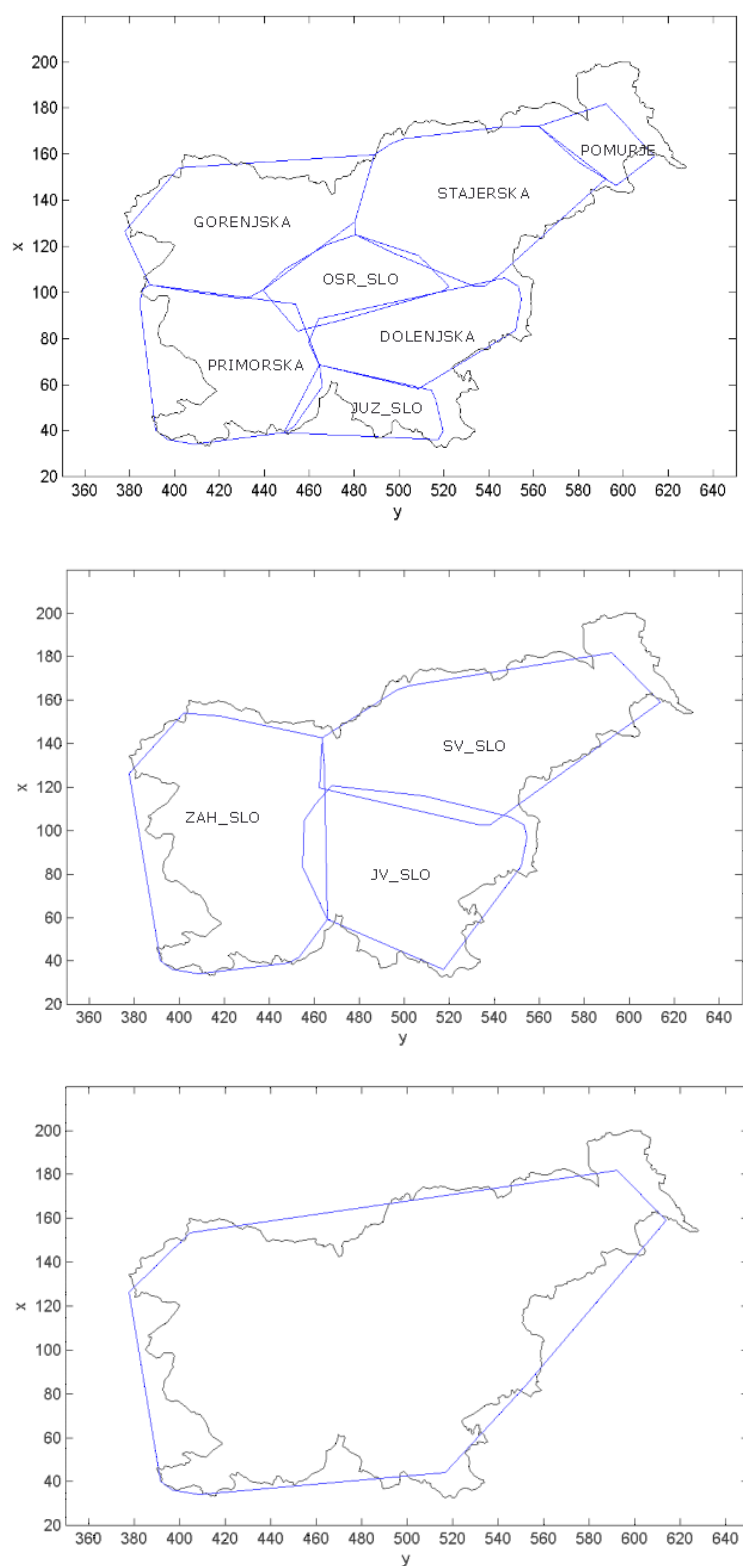
5.2. Izračun transformacijskih parametrov v programu SiTraNet

Za izračun transformacijskih parametrov smo uporabili program SiTraNet. Program omogoča izračun transformacije med koordinatnima sistemoma D48/GK in koordinatnim sistemom D96/TM oziroma ETRS89. Za izračun 7-parametrične prostorske (3R) transformacije so potrebne vsaj tri vezne točke, ki imajo določen položaj v obeh datumih. Poleg izračuna transformacijskih parametrov na osnovi koordinat veznih točk omogoča program tudi izračun transformiranih koordinat na osnovi danih transformacijskih parametrov (državni, regionalni) ter pretvorbo elipsoidnih koordinat ETRS89 v ravninske koordinate D96/TM. Trirazsežna transformacija v programu temelji na modelu Burša-Wolf, opisanem v poglavju 5.1.2.1.

5.2.1 Izračun transformiranih koordinat na osnovi danih transformacijskih parametrov

Ko imamo koordinate točk podane le v enem koordinatnem sistemu, želeli pa bi pridobiti koordinate točk še v drugem koordinatnem sistemu, uporabimo določene transformacijske parametre. Za Slovenijo imamo štiri nivoje oziroma tri različne nize transformacijskih parametrov: za celotno ozemlje Slovenije, za 3 pokrajine, za 7 regij in za 24 regij (SiTra vključuje le prve tri).

Transformacijski parametri so bili določeni na osnovi izbora približno 2000 točk na ozemlju Slovenije, katerim so določili koordinate v obeh koordinatnih sistemih. Z uporabo transformacijskih parametrov za območje cele Slovenije dosežemo natančnost ca. 1 m, z razdelitvijo Slovenije na tri pokrajine (zahodna, severovzhodna in jugovzhodna Slovenija) smo v natančnosti 0,5 metra, z razdelitvijo Slovenije na 7 pokrajin (Gorenjska, Primorska, Osrednja Slovenija, Južna Slovenija, Dolenjska, Štajerska, Pomurska) pa dosežemo natančnost okoli 30 cm.



Slika 20: Razdelitev državnega območja na 7 regij, 3 pokrajine in enotna državna transformacija
(http://www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/ogs/transformacijski_parametri.pdf)(
14.01.2014)

Za vzdrževanje zbirk prostorskih podatkov, ki zahtevajo najvišjo natančnost prehoda med koordinatnima sistemoma, pa je primerna transformacija na detajlu. Govorimo o podatkih za potrebe zemljiškega katastra in upravne postopke, ki skrbijo za pravno varnost lastnikov (urejene meje).

5.2.2 Izračun transformacijskih parametrov na osnovi trigonometrov

Za izračun 3D-transformacijskih parametrov potrebujemo najmanj tri identične točke (vezne točke) v obeh koordinatnih sistemih. Naredili smo simulacije izbora treh, štirih in petih (vseh trigonometrični točk) veznih točk v različnih kombinacijah. Pri izbiri veznih točk je pomembna razporeditev le-teh. Vezne točke izbiramo tako, da je pokrito čim večje območje za pridobitev lokalnih transformacijskih parametrov. Po izvedbi transformacije primerjamo koordinate danih in transformiranih veznih točk, največje in najmanjše vrednosti odstopanj, srednji standardni odklon ter pregledamo morebitno prisotnost grobih pogreškov s postopkom globalnega testa modela in Tau-testa.

Pri enem izmed izračunov transformacijskih parametrov smo vzeli vseh pet trigonometričnih točk za vezne točke, nadalje pa smo transformirali tudi vseh pet poligonskih točk. Torej so vhodni podatki za transformacijo: koordinate vseh desetih točk v začetnem datumu (D48/GK) in koordinate vseh petih trigonometričnih točk v končnem koordinatnem sistemu ETRS89. Rezultat so transformirane koordinate točk v koordinatnem sistemu D96/TM ter transformacijski parametri.

Preglednica 10: Primerjava danih in transformiranih koordinat veznih točk v 3R pravokotnem koordinatnem sistemu, dobljeni transformacijski parametri ter transformirane koordinate točk - D96/TM (izsek izpisa iz programa SiTra)

točka	X	Y	Z	
TRIG_3	4307140.750	1057395.394	4569324.868	dan
	4307140.737	1057395.401	4569324.864	transf.
	0.013	-0.008	0.004	dan - transf.
TRIG_12	4307734.780	1057152.606	4568815.831	dan
	4307734.785	1057152.611	4568815.833	transf.
	-0.005	-0.004	-0.002	dan - transf.
TRIG_13	4306437.074	1057372.685	4570078.952	dan
	4306437.085	1057372.663	4570078.953	transf.
	-0.011	0.021	-0.001	dan - transf.
TRIG_15	4305732.514	1057337.600	4570710.778	dan
	4305732.517	1057337.598	4570710.777	transf.
	-0.003	0.002	0.000	dan - transf.
TRIG_16	4305329.253	1057057.195	4571143.812	dan
	4305329.247	1057057.205	4571143.813	transf.
	0.006	-0.011	-0.001	dan - transf.

Transformacijski parametri

deltaX	75,801255 m
deltaY	1412,087540 m
deltaZ	419,185713 m
alfa	- 0° 00' 34,620758 "
beta	- 0° 00' 11,759218 "
gama	0° 00' 42,157044 "
merilo	26,016563 ppm

deltaX, deltaY, deltaZ ... tri translacije v 3D prostoru

alfa, beta, gama ... tri rotacije v 3D prostoru

merilo ... sprememba merila

Točka	n [m]	e[m]	H[m]
TRIG_3	101477,930	406607,709	607,650
TRIG_12	100756,845	406219,345	601,580
TRIG_13	102494,745	406768,814	672,500
TRIG_15	103429,660	406916,925	646,820
TRIG_16	104062,827	406750,369	640,590
1	104855,935	407044,682	648,030
3	105899,688	406965,275	609,340
6	106333,525	407019,057	605,850
11	107245,135	407349,304	569,810
18	103843,027	407761,170	747,640

Z izračunom takšnih lokalnih transformacijskih parametrov se nahajamo v centimetrski natančnosti koordinat, določenih s transformacijo v primerjavi z merjenimi koordinatami.

Poleg transformacije, kjer smo uporabili 5 veznih točk, smo za nadaljnjo obdelavo detajla uporabili še izračunane transformacijske parametre s tremi veznimi točkami (TRIG_3_13_15) in štirimi veznimi točkami (TRIG_3_13_15_16) ter (TRIG_12_13_15_16). Tu je natančnost primerljiva z zgoraj prikazanim primerom.

Transformacijo smo izvedli tudi tako, da smo za vezne točke dodali poligonski točki (točki 6 in 18, ki sta tudi bili izmerjeni s statično metodo izmere), torej točki nižjega reda od trigonometričnih točk.

Rezultati transformacij, kjer so vezne točke tako trigonometrične kot poligonske točke, so precej slabši in nižje natančnosti. Tu so bile razlike med danimi in transformiranimi koordinatami do 0,5 m. Torej poligonske točke ne sovpadajo s trigonometrično mrežo. Za ugotovitev vzroka odstopanja med trigonometri in poligonkami gremo korak dalje; na detajl, katerega predstavljajo zemljiško-katastrske točke.

6 OBDELAVA DETAJLA – ZEMLJIŠKO-KATASTRSKIH TOČK

6.1. Pridobitev podatkov

Za detajl smo obravnavali zemljiško-katastrske točke, ki so se nahajale na območju izmere trigonometričnih in poligonskih točk. Ker nismo imeli podatka, katere meje so bile urejene, smo povprašali sovaščane in lastnike parcel, kdo ima urejene meje, in sicer tako, da so koordinate zemljiško-katastrskih točk še v starem, D48/GK koordinatnem sistemu. Vedeli pa smo tudi za urejeno mejo vzdolž ceste, saj poteka preko domače parcele in so ob cesti še vedno vidni stabilizirani mejniki.

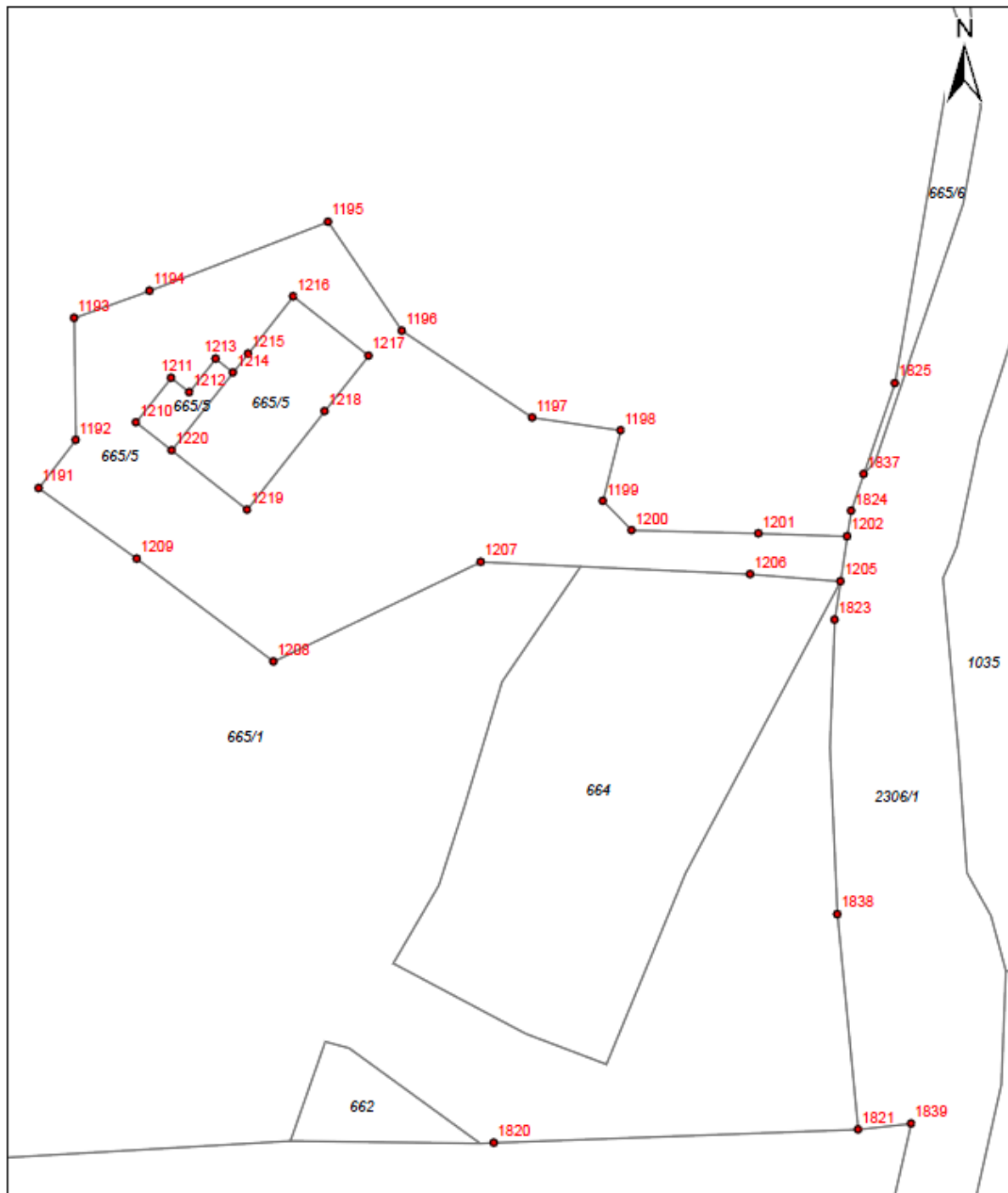
Najprej smo pridobili dovoljenje lastnika urejene parcele, na kateri stoji njegova hiša, da lahko mejnike ponovno izmerimo z metodo GNSS, oziroma uporabimo kombinirano GNSS in klasično terestrično metodo izmere, saj vogalov hiše z metodo GNSS nismo direktno mogli določiti. To smo v nadaljevanju obravnavali kot delovišče 1.

Delovišče 2 je predstavljalo 5 zemljiško-katastrskih točk vzdolž ceste ter en mejnik med privatnima parcelama, katerega nam je pokazal sosed in nam dal dovoljenje za ponovno izmero.

Na spletnem portalu PISO-Prostorski informacijski sistem občin smo pridobili podatke o številkah parcel, nadalje smo iz Geodetske uprave Republike Slovenije pridobili koordinate mejnih točk parcel ter zemljiško-katastrski načrt.

Delovišče 1 se je nahajalo v bližini poligonske točke 3 v zaselku Vrata, delovišče 2 pa v bližini poligonske točke 18 na prelazu Drnulk.

6.1.1 Delovišče 1 – Vrata



Slika 21: Zemljiško-katastrski načrt delovišča I - Vrata

Na Vratih smo v D96/TM koordinatnem sistemu določili položaje naslednjim zemljiško-katastrskim točkam, z D48/GK koordinatami:

Preglednica 11: D48/GK koordinate zemljiško-katastrskih točk na delovišču 1 – Vrata (koordinate mejnih točk parcel smo pridobili iz Geodetske uprave Republike Slovenije)

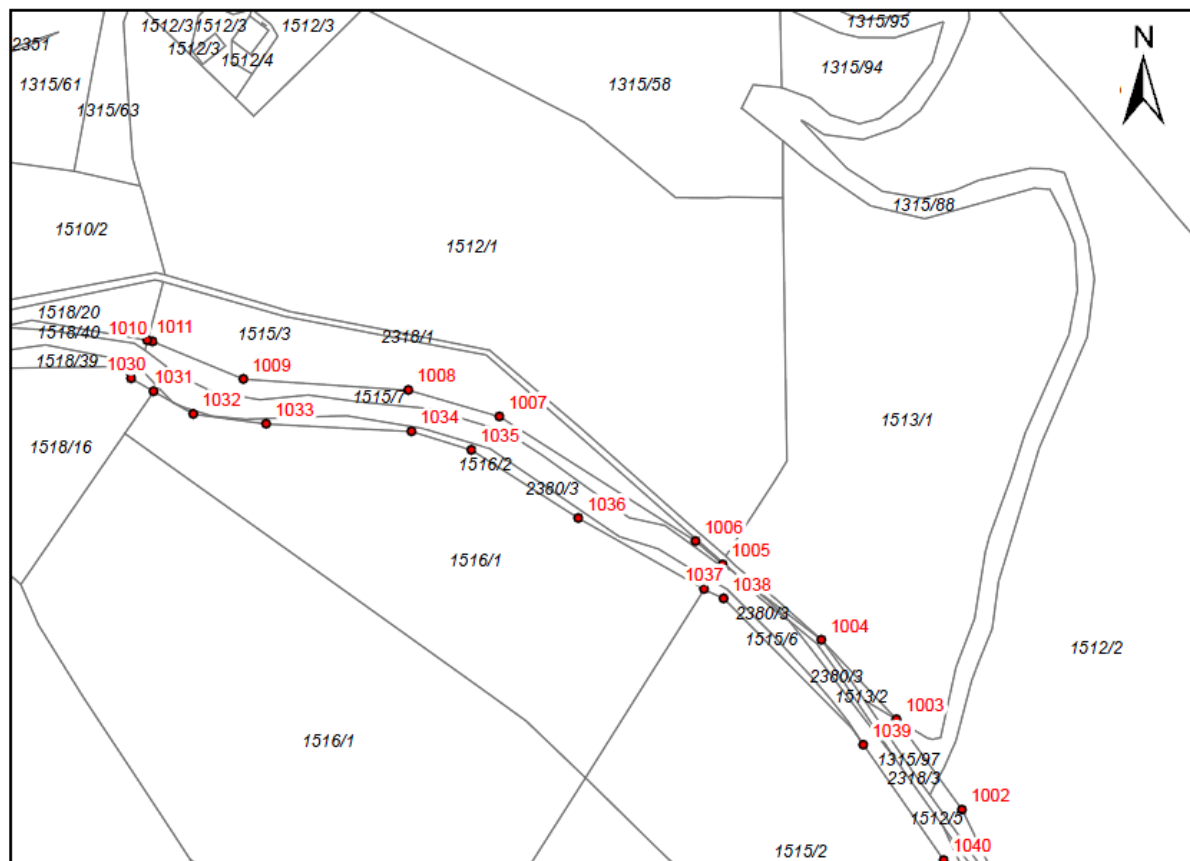
Točka	y_{GK} [m]	x_{GK} [m]	H [m]
1821	105346,680	407347,210	603,160
1820	105345,640	407319,460	603,780
1210	105397,710	407293,400	604,060
1211	105401,500	407296,260	606,150
1212	105400,510	407297,510	0,000
1213	105403,160	407299,600	606,210
1214	105401,990	407301,150	0,000
1216	105407,400	407305,210	608,640
1217	105402,610	407311,290	608,630
1219	105391,100	407302,210	604,690

Razlog, zakaj smo izmerili le omenjene točke, je, ker so le-te stabilizirane in dobro definirane (vogali hiše), ostale v naravi niso označene. Točke 1210 do 1219 so vogali hiše, točka 1821 je stabilizirana s kovinskim mejnikom, točko 1820 pa označuje v skalo vklesan križ.



Slika 22: Prikaz stabiliziranih zemljiško-katastrskih točk na delovišču 1

6.1.2 Delovišče 2 – Drnulk



Slika 23: Zemljiško-katastrski načrt delovišča 2 – Drnulk

Na Drnulku smo v koordinatnem sistemu D96/TM določili položaje naslednjim zemljiško-katastrskim točkam, z D48/GK koordinatami:

Preglednica 12: D48/GK koordinate zemljiško-katastrskih točk na delovišču 2 - Drnulk

Točka	y _{GK} [m]	x _{GK} [m]	H [m]
1037	103286,390	408148,840	756,990
1035	103332,110	408074,030	752,580
1007	103341,990	408082,940	747,480
1008	103351,590	408054,910	745,020
1030	103360,100	407961,440	743,160
1010	103367,790	407973,110	740,650

Točka 1037 je bila stabilizirana kot betonski mejnik z vklesanim križem med dvema parcelama, ostalih 5 točk se je nahajalo ob meji med cesto in privatnimi zemljišči, stabilizirane so bile z rumenimi betonskimi mejniki s kovinskim sidrom v sredini.



Slika 24: Prikaz stabiliziranih zemljiško-katastrskih točk na delovišču 2

6.2 Kombinirana GNSS in klasična terestrična izmera

Pri izmeri detajla - zemljiško-katastrskih točk smo uporabili kombinirano metodo klasične in GNSS-metode izmere. Na vsakem delovišču smo z metodo RTK-GPS izmerili tri orientacijske točke, ki smo jih stabilizirali z lesenimi količki. Nato smo s klasično metodo izmere, polarno metodo, postavili prosto stojišče, katerega smo določili z izmero na omenjene tri orientacijske točke. Detajl smo nato merili s klasično metodo izmere, s tahimetrom (koti in dolžine). Na delovišču 1 smo s klasično metodo izmere določili položaje vogalov hiše, in sicer z dveh stojišč (označeni 1000 in 2000). Ostali dve stabilizirani točki, točki 1820 in 1821 pa smo določili z RTK-GPS metodo izmere. Dodatno smo določili položaje še trem točkam (imenovane TPS0001, TPS0003, TPS0004), ki nam jih je pokazal lastnik zemljišča, in sicer označene z vklesanim križem na skalah. Vendar jih nismo vključili v analizo, saj zanje nismo imeli na voljo D48/GK koordinat.

Na delovišču 2 - Drnulk smo prav tako z metodo RTK-GPS postavili tri orientacijske točke in nato prosto stojišče (3000), od koder smo s tahimetrom izmerili zemljiško-katastrske točke.



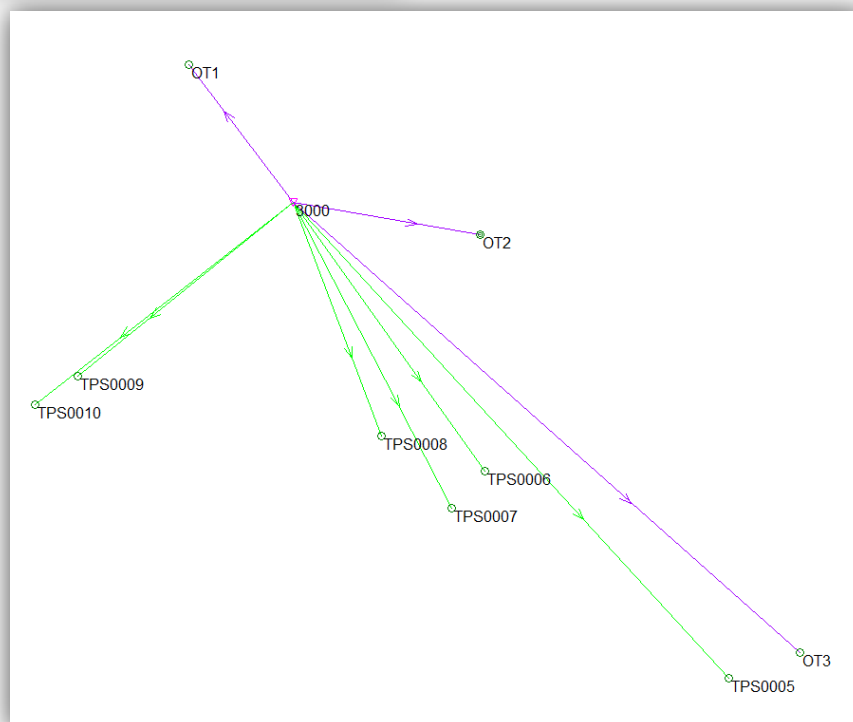
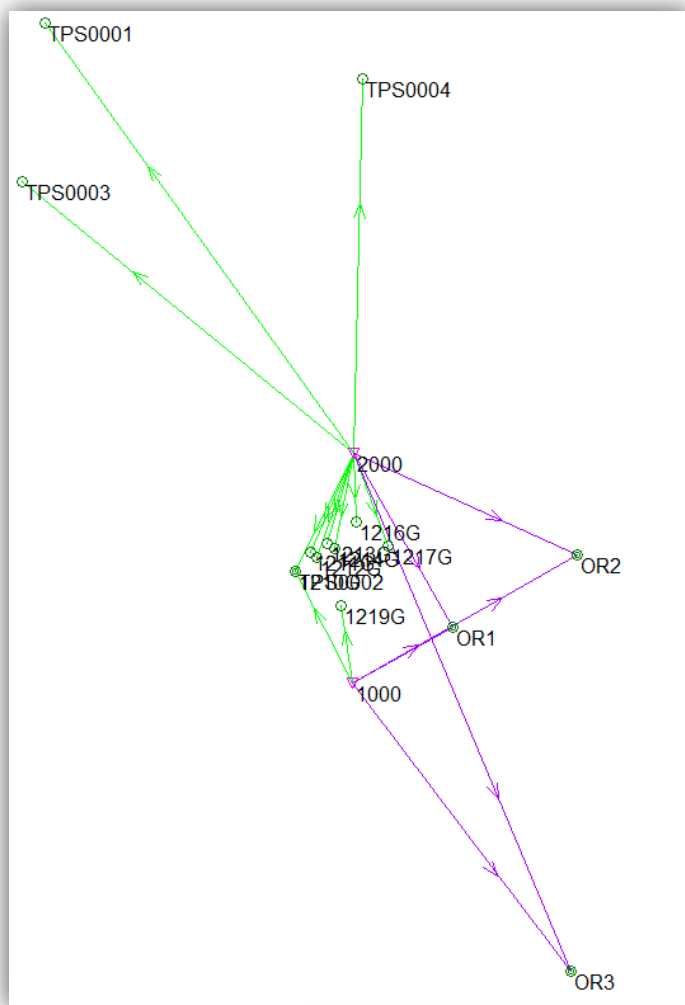
Slika 25: Izmera detajla

Po izvedbi opazovanj smo le-ta obdelali v programskem orodju Leica Geo Office. Uvozili smo opazovanja, označili stojišče in ga nastavili na prosto stojišče. Prav tako smo označili orientacije in nadalje izračunali potrebno. Izhodna datoteka je datoteka z ETRS89 koordinatami izmerjenih zemljiško-katastrskih točk. Za nadaljnjo obdelavo smo koordinate v ETRS89 pretvorili v D96/TM koordinate v programu SiTraNet. Sedaj imamo na voljo koordinate detajlnih točk v obeh obravnavanih koordinatnih sistemih.

Preglednica 13: D96/TM koordinate detajlnih točk, pridobljene z izmero na delovišču 1 – Vrata (leva tabela) in delovišču 2 – Drnulk (desna tabela)

Točka	n [m]	e [m]	H [m]
1821	105834,104	406976,008	603,016
1820	105833,048	406948,250	603,597
1210	105885,131	406922,196	603,790
1211	105888,839	406925,037	606,040
1212	105887,877	406926,272	606,119
1213	105890,531	406928,363	606,138
1214	105889,427	406929,781	606,145
1216	105894,761	406933,974	608,473
1217	105889,963	406940,066	608,465
1219	105878,440	406930,974	604,678

Točka	n [m]	e [m]	H [m]
1037	103773,397	407776,582	756,647
1035	103819,079	407701,752	752,228
1007	103829,051	407710,629	747,157
1008	103838,725	407682,628	744,573
1030	103847,028	407589,054	742,866
1010	103854,805	407600,792	740,328



Slika 26: Prikaz izmerjenih detajlnih točk z orientacijami na obeh deloviščih

6.3 Transformacija detajlnih točk

Detajlne točke oziroma zemljiško-katastrske točke smo transformirali z različnimi transformacijskimi parametri in transformirane koordinate med seboj primerjali. Prav tako smo transformirane koordinate primerjali z izmerjenimi koordinatami in skušali določiti najboljše transformacijske parametre za obravnavani detajl.

6.3.1 Transformacija detajlnih točk – Vrata

Najprej smo izvedli transformacijo detajlnih točk z uporabo v SiTra pripravljenih transformacijskih parametrov, kjer je Slovenija razdeljena na sedem regij, uporabili smo parametre za Primorsko in dobili koordinate detajlnih točk:

Preglednica 14: Koordinate detajlnih točk, pridobljene s transformacijo z uporabo transformacijskih parametrov za Primorsko - Vrata

Točka	n [m]	e [m]	H [m]
1821	105834,068	406975,476	603,160
1820	105833,029	406947,725	603,780
1210	105885,100	406921,666	604,060
1211	105888,890	406924,526	606,150
1212	105887,908	406925,793	0,000
1213	105890,550	406927,866	606,210
1214	105889,388	406929,433	0,000
1216	105894,790	406933,476	608,640
1217	105890,000	406939,556	608,630
1219	105878,490	406930,476	604,690

Te smo primerjali z merjenimi koordinatami:

Preglednica 15: Primerjava koordinat iz meritev in transformiranih koordinat s parametri za Primorsko - Vrata

Točka	Δn [m]	Δe [m]	ΔH [m]
1821	0,036	0,532	-0,144
1820	0,019	0,525	-0,183
1210	0,031	0,530	-0,270
1211	-0,051	0,511	-0,110
1212	-0,031	0,479	
1213	-0,019	0,497	-0,072
1214	0,039	0,348	
1216	-0,029	0,498	-0,167
1217	-0,037	0,510	-0,165
1219	-0,050	0,498	-0,012

Iz rezultatov je razvidno, da se koordinate, pridobljene z meritvami, razlikujejo glede na koordinate, pridobljene s transformacijo s transformacijskimi parametri za Primorsko. Po n-osi smo v 5 cm velikostnem redu odstopanja, po osi e pa je odstopanje ca. 0,5 m. Višine odstopajo 20 cm.

Nadalje smo izvedli transformacijo detajla tako, da smo kot vezne točke izbrali tri najbližje točke višjega reda; poligonske in trigonometrične točke. Te so poligonske točke 1, 3, 6. Zopet naredimo primerjavo z izmerjenimi koordinatami:



Preglednica 16: Primerjava koordinat iz meritev in transformiranih koordinat s tremi najbližjimi veznimi točkami višjega reda - Vrata

Točka	Δn [m]	Δe [m]	ΔH [m]
1821	0,013	0,063	-0,144
1820	0,003	0,056	-0,183
1210	0,020	0,075	-0,270
1211	-0,062	0,057	-0,110
1212	-0,059	0,092	
1213	-0,031	0,043	-0,072
1214	0,010	-0,039	
1216	-0,043	0,045	-0,167
1217	-0,052	0,055	-0,165
1219	-0,062	0,041	-0,012

Tu smo pridobili precej boljše ujemanje merjenih in transformiranih koordinat. Položajne natančnosti so v decimetrski natančnosti.

Slika 27: Tri najbližje vezne točke za transformacijo ob detajlu; delovišču 1

Sledijo transformacije detajlnih točk z uporabo lastnih izračunanih transformacijskih parametrov, kjer so vezne točke trigonometrične točke (glej poglavje 5.2.2). Transformacije detajlnih točk smo izvedli v enakih kombinacijah kot v poglavju 5.2.2, torej s tremi, štirimi in petimi veznimi točkami. Prikazujemo rezultate transformacije s petimi, torej vsemi trigonometričnimi veznimi točkami.

Preglednica 17: Primerjava koordinat iz meritev in transformiranih koordinat z veznimi trigonometričnimi točkami - Vrata

Točka	Δn [m]	Δe [m]	ΔH [m]
1821	-0,082	0,423	-0,144
1820	-0,099	0,416	-0,183
1210	-0,087	0,421	-0,270
1211	-0,169	0,403	-0,110
1212	-0,145	0,259	
1213	-0,137	0,389	-0,072
1214	-0,075	0,128	
1216	-0,147	0,390	-0,167
1217	-0,155	0,402	-0,165
1219	-0,168	0,390	-0,012

Iz rezultatov je vidno, da so odstopanja po n-osi reda velikosti 15 cm, po e-osi pa ca. 0,4 m. Podobne rezultate smo dobili z vsemi ostalimi kombinacijami veznih trigonometričnih točk. To je v rangi natančnosti, pridobljeni z uporabo transformacijskih parametrov za Primorsko, kjer je odstopanje po n-osi 5 cm, po e-osi pa 0,5 metra. Torej v primerjavi z gornjimi rezultati odstopa ca. 10 cm po obeh oseh. Naredimo primerjavo med merjenimi koordinatami trigonometričnih točk in transformiranimi koordinatami s SiTro.

Preglednica 18: Primerjava koordinat trigonometričnih točk iz meritev in s parametri za Primorsko - Vrata

Točka	Δn [m]	Δe [m]
TRIG_3	0,094	0,057
TRIG_12	0,103	0,057
TRIG_13	0,106	0,089
TRIG_15	0,108	0,081
TRIG_16	0,108	0,072

Vidi se, da se ta razlika ca. 10 cm prenese ravno iz razlike med merjenimi in transformiranimi koordinatami trigonometričnih točk. Kot je v poglavju 5.2.1 opisano, dosežemo z uporabo transformacijskih parametrov, kjer je Slovenija razdeljena na 7 regij, natančnost 30 cm. Torej smo s transformacijo v mejah pričakovanega, v decimetrski natančnosti. Od tod sklepamo, da so transformacijski parametri v SiTri izračunani na podlagi merjenih trigonometrov.

Poskusili pa smo izvesti še transformacijo v obratni smeri; iz malega v veliko. To pomeni, da bom za vezne točke izbrala zemljiško-katastrske točke. Tudi tu smo naredili več kombinacij veznih točk;

- Vezne 1216, 1217, 1219
- Vezne 1821, 1820, 1216
- Vezne 1821, 1820, 1217
- Vezne 1821, 1820, 1219

Poleg detajlnih točk smo transformirali še poligonske točke, to pa zato, da smo videli, katera poligonska točka ima podobno natančnost kot detajl. Od tu smo sklepali, s katere poligonske točke je bil merjen detajl.

Vse kombinacije so nas vodile do podobnih rezultatov. Prikazujemo primerjavo med merjenimi koordinatami točk in transformiranimi koordinatami z veznimi točkami 1821, 1820, 1216:

Preglednica 19: Primerjava koordinat točk iz meritev in s transformacijo veznih detajlnih točk - Vrata

Točka	Δn [m]	Δe [m]	ΔH [m]
1821	0,001	0,009	-0,144
1820	0,003	-0,011	-0,183
1210	0,056	0,016	-0,270
1211	-0,024	0,004	-0,110
1212	-0,384	-0,850	
1213	0,006	-0,008	-0,072
1214	-0,315	-0,978	
1216	-0,004	0,002	-0,167
1217	-0,018	0,014	-0,165
1219	-0,033	-0,015	-0,012
1	-0,508	-0,351	
3	0,025	0,022	
6	0,231	0,138	
11	0,516	0,628	
18	-1,681	-1,798	

Iz tabele je razvidno, da smo v nekaj centimetrski ali celo centimetrskem velikostnem redu odstopanja. Podobno natančnost, ca. 2 cm ima tudi poligonska točka 3, torej je bil detajl merjen in navezan na poligonsko točko 3. Tu je to računsko preverjeno, ugotovitev pa nam je potrdil tudi lastnik zemljišča, saj nam je pokazal in opisal potek merjenja geodetov.

Iz vseh izračunanih kombinacij pa po natančnosti izstopata točki 1212 in 1214. Razlog smo iskali v tem, da edino ti dve točki nimata podanih višin v D48/GK koordinatnem sistemu, zato smo transformacijo ponovili tako, da smo nastavili vsem točkam višine 0. Pridobili smo

rezultate, kjer so razlike med merjenimi in transformiranimi točkami za vse točke približno enake:

Preglednica 20: Primerjava koordinat točk iz meritev in s transformacijo veznih detajlnih točk brez višin - Vrata

Točka	Δn [m]	Δe [m]
1821	0,000	0,010
1820	0,004	-0,012
1210	0,060	0,021
1211	-0,022	0,006
1212	0,004	-0,009
1213	0,008	-0,005
1214	0,072	-0,137
1216	-0,004	0,002
1217	-0,019	0,013
1219	-0,030	-0,012
1	-0,541	-0,515
3	0,021	0,020
6	0,222	0,186
11	0,497	0,820
18	-1,849	-2,209

6.3.2 Transformacija detajlnih točk – Drnulk

Tudi za delovišče 2 – Drnulk smo izvedli več transformacij z različnimi transformacijskimi parametri. Kot prvo smo uporabili transformacijske parametre za Primorsko in v SiTri izvedli transformacijo. Pridobili smo koordinate točk:

Preglednica 21: Koordinate detajlnih točk, pridobljene s transformacijo z uporabo transformacijskih parametrov za Primorsko - Drnulk

Točka	n[m]	e[m]	H[m]
1037	103773,734	407777,081	756,99
1035	103819,456	407702,27	752,58
1007	103829,336	407711,181	747,48
1008	103838,936	407683,151	745,02
1030	103847,448	407589,679	743,16
1010	103855,138	407601,35	740,65

Te smo nadalje primerjali z izmerjenimi koordinatami:

Preglednica 22: Primerjava koordinat iz meritve in transformiranih koordinat s parametri za Primorsko - Drnulk

Točka	Δn [m]	Δe [m]	ΔH [m]
1037	-0,337	-0,499	-0,343
1035	-0,377	-0,518	-0,352
1007	-0,285	-0,552	-0,323
1008	-0,211	-0,523	-0,447
1030	-0,42	-0,625	-0,294
1010	-0,333	-0,558	-0,322

Iz tabele je razvidno, da so odstopanja med izmerjenimi in transformiranimi koordinatami po n-osi v okviru natančnosti 0,4 m, po e-osi v rangi 0,6 m, po višini pa se razlikujejo do 0,4 m.

Nadalje smo izvedli transformacijo tako, da smo kot vezne točke med starim in novim koordinatnim sistemom nastavili tri točke višjega reda, ki se nahajajo najbližje delovišču. To sta trigonometrični točki 15 in 16 ter poligonska točka 18.



Slika 28: Tri najbližje vezne točke za transformacijo ob detajlu; delovišču 2

Po pridobitvi koordinat smo te zopet primerjali z izmerjenimi koordinatami:

Preglednica 23: Primerjava koordinat iz meritve in transformiranih koordinat s tremi najbližjimi veznimi točkami višjega reda - Drnulk

Točka	Δn [m]	Δe [m]	ΔH [m]
1037	-0,159	-0,035	-0,343
1035	-0,193	-0,105	-0,352
1007	-0,094	-0,136	-0,323
1008	-0,022	-0,124	-0,447
1030	-0,25	-0,278	-0,294
1010	-0,156	-0,206	-0,322

Pridobili smo boljše ujemanje koordinat, in sicer po položajni natančnosti v okviru 0,2 m, po višini do 0,4 m. Se pa razlike med posameznimi točkami ne obnašajo podobno, imajo različna odstopanja. Na delovišču 1 – Vrata je bila podobnost med točkami in razlikami njihovih koordinat večja. Sklepamo, da je temu tako zato, ker smo tu uporabili dve trigonometrični točki in eno poligonsko, ki so določene z različnimi natančnostmi. Na Vratih so bile vse tri najbližje točke poligonske točke, določene istočasno z enako metodo meritev in natančnosti.

Sledijo transformacije z uporabo izračunanih transformacijskih parametrov, določenih na osnovi izmere trigonometričnih točk in transformacijo teh z različnimi kombinacijami, kot je opisano v poglavju 5.2.2. Prikazujemo rezultate transformacije z uporabo vseh petih trigonometričnih točk kot veznih točk. Primerjava med merjenimi in transformiranimi koordinatami je po natančnosti podobna za vse različne kombinacije veznih točk.

Preglednica 24: Primerjava koordinat iz meritev in transformiranih koordinat z veznimi trigonometričnimi točkami - Drnulk

Točka	Δn [m]	Δe [m]	ΔH [m]
1037	-0,438	-0,565	-0,343
1035	-0,479	-0,585	-0,352
1007	-0,387	-0,62	-0,323
1008	-0,314	-0,591	-0,447
1030	-0,523	-0,694	-0,294
1010	-0,436	-0,627	-0,322

Vidi se, da je odstopanje med merjenimi in transformiranimi koordinatami po n-osi reda velikosti 0,5 m, po e-osi do 0,7 m, po višini do 0,5 m. To je v rangi natančnosti, pridobljeni z uporabo transformacijskih parametrov za Primorsko, kjer je odstopanje po n-osi 0,4 m, po e-osi pa 0,6 metra. Torej v primerjavi z gornjimi rezultati odstopa ca. 10 cm po obeh oseh. Že v primeru delovišča 1 –

Vrata smo pridobili takšne rezultate, z zamikom 10 cm med koordinatami, pridobljenimi z uporabo transformacijskih parametrov za Primorsko v primerjavi z uporabo lastnih parametrov.

Kot zadnjo transformacijo točk smo izvedli transformacijo »iz malega v veliko«, torej kot vezne točke smo izbrali zemljiško-katastrske točke. Transformacije smo zopet izvedli z različnimi kombinacijami veznih točk:

- Vezne točke 1037, 1007, 1030
- Vezne točke 1037, 1008, 1010
- Vezne točke 1037, 1035, 1030

Prikazujemo rezultate transformacije z veznimi točkami 1037, 1008, 1010, naj pa povemo, da so rezultati vseh kombinacij transformacij podobni.

Pridobljene koordinate zemljiško-katastrskih in poligonskih točk primerjamo z izmerjenimi koordinatami točk:

Preglednica 25: Primerjava koordinat točk iz meritev in s transformacijo veznih detajlnih točk - Drnulj

Točka	Δn [m]	Δe [m]	ΔH [m]
1037	-0,035	-0,011	-0,343
1035	-0,099	-0,008	-0,352
1007	0,015	-0,037	-0,323
1008	0,086	0,005	-0,447
1030	-0,15	-0,06	-0,294
1010	-0,051	0,006	-0,322
1	0,127	1,362	
3	-0,114	0,918	
6	-0,206	0,576	
11	-0,187	0,018	
18	0,028	-0,058	

Vidi se, da so koordinate točk, primerjane med merjenimi in na podlagi detajlnih točk transformiranimi koordinatami, med seboj v razlikujejo v nekaj centimetrih. Podobno odstopanje ima tudi poligonska točka 18, s katere je bil detajl merjen.

7 ZAKLJUČEK

Iz prikazov vseh pridobljenih koordinat točk z različnimi transformacijskimi parametri je razvidno, da se detajl glede na trigonometrično mrežo razlikuje oziroma odstopa v različnih smereh do 0,5 m. Če zopet povzamemo potek dela iz velikega v malo, to je iz trigonometrov preko poligonskih točk do detajla: pri izmeri trigonometričnih točk in izračunu transformacijskih parametrov iz le-teh kot veznih točk, pridobimo njihove koordinate v pričakovanih mejah, v primerjavi s parametri za Primorsko smo v decimetrskem odstopanju koordinat. Te točke nam predstavljajo mrežo, na katero se navezujejo vse točke nižjih redov. Ob poskusu izbire veznih točk, ki so kombinacija trigonometričnih in poligonskih točk, se stvar ne izide v takih mejah, primerjava med danimi in transformiranimi točkami je slabša, odstopanja so večja. Torej so poligonske točke drugače (slabše) določene oziroma odstopajo v položaju relativno glede na trigonometrične točke. Razlog temu je prenos pogreškov; poligon je izpeljan in navezan na trigonometrične točke, med definiranjem poligonskih točk je očitno prišlo do napake, ki se je prenesla čez celoten poligon oziroma na vse poligonske točke, zato te glede na trigonometrično mrežo odstopajo. Da smo te ugotovitve lahko potrdili, je bila potrebna še obdelava točk nižjega reda, zemljiško-katastrskih točk, ki so običajno merjene s poligonskih točk. Namreč do posamezne parcele je potrebno pripeljati poligon s trigonometričnih točk. Če drži, da je poligon pogrešen, bodo pogrešene tudi zemljiško-katastrske točke. Za to smo izvedli transformacije detajlnih točk z različnimi transformacijskimi parametri, s transformacijami iz velikega v malo ter obratno, iz malega v veliko. Pri transformaciji zemljiško-katastrskih točk, kjer so bile vezne točke trigonometri, se izračunane koordinate detajlnih točk v primerjavi z merjenimi razlikujejo oziroma odstopajo tako kot poligonske točke. Podobna zgodba je pri uporabi transformacijskih parametrov za Primorsko. Transformacija se izboljša z uporabo najbližjih točk višjega reda. Če pa na danem območju detajl transformiramo z uporabo veznih točk, ki so zemljiško-katastrske točke, je natančnost določitve detajla nekaj centimetrska.

Torej je detajl lokalno dobro določen, razmerja med detajlnimi točkami so pravilna, glede na trigonometrično mrežo pa obstaja zamik. V konkretnem primeru bi to pomenilo, da je na terenu zemljiška parcela pravilne oblike, pravilno določena, vendar nekoliko zamaknjena glede na mrežo. Če jo obravnavamo posamezno je v redu, v primerjavi in odnosu z drugimi, sosednjimi parcelami, pa lahko pride do težav. Če pri določitvi sosednje parcele ne upoštevamo mejnih točk že določene parcele in uporabimo transformacijo na podlagi trigonometričnih točk, bo prišlo do prekrivanja med tema dvema parcelama, oziroma bo med njima ostal nedoločen pas.

Iz analize, predstavljene tekom diplomske naloge, je razvidno, da z upoštevanjem vnaprej določenih transformacijskih parametrov za območje Slovenije na lokalnem območju dosežemo natančnost transformacije do 0,5 m. Za določene naloge ta natančnost zadošča, pri nalogah v geodeziji, ki

zahtevajo določitev koordinat točk natančneje, pa je potrebno določiti lokalne transformacijske parametre, torej je potrebna ponovna izmera obstoječih točk na območju obravnave na način, kot smo ga izvedli v nalogi.

Pri konkretni izmeri na terenu za potrebe zemljiškega katastra, gospodarske javne infrastrukture in podobnih nalog je torej potrebna določitev detajlnih transformacijskih parametrov. Vhodni podatek za izračun detajlnih transformacijskih parametrov so najmanj 3 vezne točke, ki imajo dane koordinate v obeh koordinatnih sistemih D48/GK in ETRS89. Vezne točke za izračun detajlnih transformacijskih parametrov naj ležijo v neposredni bližini točk, ki jih želimo transformirati. S kakovostno transformacijo na nivoju detajla lahko odpravimo napake zaradi slabih absolutnih koordinat v D48/GK, vendar le ob predpostavki, da so relativni položaji točk dobri in da so izračunani kakovostni detajlni transformacijski parametri.

VIRI

- Bardajs, A., Ulbl, M. 2010. Inženirska geodezija. Ljubljana, Konzorcij višjih strokovnih šol za izvedbo projekta IMPLETUM: 97 str.
- Berk, S., Duhovnik, M. 2007. Transformacija podatkov geodetske uprave Republike Slovenije v novi državni koordinatni sistem. Geodetski vestnik 51, 4:803-826.
- Berk, S. 2008. Stari in novi državni horizontalni koordinatni sistem ter stara in nova državna kartografska projekcija.
http://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.gu.gov.si%2Ffileadmin%2Fgu.gov.si%2Fpageuploads%2Fogs%2FNova_drz_karto_projekcija.doc&ei=AaVmUpa0LYmF4ASgjYHIDQ&usg=AFQjCNG8eMrHF2PjiaYupueIFtFGrmCQ7A&bvm=bv.55123115,d.bGE (Pridobljeno 22.10. 2013.)
- Določitev transformacijskih parametrov za Slovenijo, 2014
http://www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/ogs/transformacijski_parametri.pdf
(Pridobljeno 14.01.2014)
- Društvo viharik/GPS. 2013
<http://www.drustvo-viharnik.si/gps.htm> (Pridobljeno 21.10. 2013.)
- Gajšek, S. 2007. Zmožnost in uporabnost instrumenta Leica SmartStation. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba S. Gajšek): 95 str.
- Kelenc, D. 2008. Določitev transformacijskih parametrov med koordinatnima sistemoma D48 in D96 na območju mesta Ormož. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba D. Kelenc): 142 str.
- Kocen, J. 2006. Analiza rezultatov transformacij med ETRS89 in državnim koordinatnim sistemom. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba J. Kocen): 128 str.
- Košorok, A. 2006. Uporaba spletnega strežnika pri geodetski RTK GPS izmeri. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Košorok): 61 str.
- Kozmus, K., Stopar, B. 2003. Načini določanja položaja s satelitskimi tehnikami. Geodetski vestnik 47, 4:404-413.

Kozmus Trajkovski, K., Stopar, B. 2008. Navodila za uporabo spletne aplikacije za transformacije koordinatnih sistemov: aplikacija SiTraNet. Ljubljana, UL FGG.

Mušič, S. 2008. Transformacija med ETRS89 in D48 na primeru parcelacije. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba S. Mušič): 82 str.

Omrežje SIGNAL. 2013

http://www.gu-signal.si/index.php?option=com_content&view=article&id=93&Itemid=58#2

(Pridobljeno 21.10. 2013.)

Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P. 2011. Višja geodezija II. Študijsko gradivo za univerzitetni študij geodezije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za matematično in fizikalno geodezijo ter navigacijo: 32 str.

Stopar, B. 2010. Višja geodezija II. Osebna komunikacija (2010)

Viler, B. 2007. Analiza rezultatov transformacij med koordinatnima sistemoma ETRS89 in D48 na območju Slovenske obale. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba B. Viler): 75 str.

Dilution of precision (GPS). 2014

http://en.wikipedia.org/wiki/Dilution_of_precision_%28GPS%29

(Pridobljeno 10.01. 2014.)

PRILOGE

PRILOGE A: Prostorske transformacije trigonometričnih točk

A.1: Pet veznih trigonometričnih točke

PRILOGE B: Transformacija detajlnih točk - Vrata

B.1: Transformacija z uporabo transformacijskih parametrov za Primorsko – Vrata

B.2: Transformacija koordinat s tremi najbližjimi veznimi točkami višjega reda - Vrata

B.3: Transformacija koordinat z veznimi petimi trigonometričnimi točkami - Vrata

B.4: Transformacija z veznimi detajlnimi točkami 1821, 1820, 1216

B.5: Transformacija z veznimi detajlnimi točkami 1821, 1820, 1216 brez višin

PRILOGE C: Transformacija detajlnih točk - Drnulk

C.1: Transformacija z uporabo transformacijskih parametrov za Primorsko – Drnulk

C.2: Transformacija koordinat s tremi najbližjimi veznimi točkami višjega reda - Drnulk

C.3: Transformacija koordinat z veznimi petimi trigonometričnimi točkami - Drnulk

C.4: Transformacija z veznimi detajlnimi točkami 1037, 1008, 1010

PRILOGA D: Transformacija trigonometričnih točk s parametri za Primorsko

PRILOGE A: PROSTORSKE TRANSFORMACIJE TRIGONOMETRIČNIH TOČK

A.1: Pet veznih trigonometričnih točke

PROSTORSKA TRANSFORMACIJA

SiTraNet v2.10

Avtorja: Klemen Kozmus Trajkovski & Bojan Stopar, UL FGG

Datum: 15.01.2014

Tip transformacije: 3R 7-parametrična podobnostna

Višine veznih točk v izračunu transf.par.: Upošteevane: h(ETRS89), H(D48/D96)

Višine transformiranih točk: Identične točkam v začetnem datumu

Helmertova transformacija: DA

Datoteka s podatki v začetnem datumu: TRIG_poligonke_GK.txt

Datoteka s podatki v končnem datumu: Vezne brez 6_18.txt

KOORDINATE TOČK V ZAČETNEM DATUMU - D48/GK

točka	x	y	H	s_x	s_y	s_H
TRIG_3	100990.500	406979.450	607.650	1.000	1.000	1.000
TRIG_12	100269.420	406591.110	601.580	1.000	1.000	1.000
TRIG_13	102007.300	407140.540	672.500	1.000	1.000	1.000
TRIG_15	102942.200	407288.620	646.820	1.000	1.000	1.000
TRIG_16	103575.350	407122.050	640.590	1.000	1.000	1.000
1	104368.450	407416.340	648.030	1.000	1.000	1.000
3	105412.180	407336.900	609.340	1.000	1.000	1.000
6	105846.010	407390.670	605.850	1.000	1.000	1.000
11	106757.610	407720.880	569.810	1.000	1.000	1.000
18	103355.580	408132.860	747.640	1.000	1.000	1.000

KOORDINATE TOČK V KONČNEM DATUMU - ETRS89 (elipsoidne)

točka	fi	la	h	s-fi	s-la	s-h
TRIG_3	46 02 48.22505	13 47 35.61764	653.938	1.000	1.000	1.000
TRIG_12	46 02 24.68259	13 47 18.06692	647.765	1.000	1.000	1.000
TRIG_13	46 03 21.23299	13 47 42.39563	718.816	1.000	1.000	1.000
TRIG_15	46 03 51.58183	13 47 48.62638	693.176	1.000	1.000	1.000
TRIG_16	46 04 12.00445	13 47 40.43082	686.917	1.000	1.000	1.000

Vezne točke za izračun transformacijskih parametrov:

TRIG_3 TRIG_12 TRIG_13 TRIG_15 TRIG_16

TRANSFORMIRANE KOORDINATE TOČK - D96/TM

točka	N	E	H
TRIG_3	101477.930	406607.709	607.650
TRIG_12	100756.845	406219.345	601.580
TRIG_13	102494.745	406768.814	672.500
TRIG_15	103429.660	406916.925	646.820
TRIG_16	104062.827	406750.369	640.590
1	104855.935	407044.682	648.030
3	105899.688	406965.275	609.340
6	106333.525	407019.057	605.850
11	107245.135	407349.304	569.810
18	103843.027	407761.170	747.640

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOČK V 3R PRAVOKOTNEM KOORDINATNEM SISTEMU

točka	X	Y	Z	
TRIG_3	4307140.750	1057395.394	4569324.868	dan
	4307140.737	1057395.401	4569324.864	transf.
	0.013	-0.008	0.004	dan - transf.
	0.011	0.011	0.011	std.dev.transf.k.
	1.145	0.672	0.323	std.popr.
	0.474	0.278	0.134	tau test

TRIG_12	4307734.780	1057152.606	4568815.831	dan
	4307734.785	1057152.611	4568815.833	transf.
	-0.005	-0.004	-0.002	dan - transf.
	0.011	0.011	0.011	std.dev.transf.k.
	0.478	0.396	0.161	std.popr.
	0.198	0.164	0.067	tau test
TRIG_13	4306437.074	1057372.685	4570078.952	dan
	4306437.085	1057372.663	4570078.953	transf.
	-0.011	0.021	-0.001	dan - transf.
	0.011	0.011	0.011	std.dev.transf.k.
	0.930	1.880	0.059	std.popr.
	0.385	0.778	0.025	tau test
TRIG_15	4305732.514	1057337.600	4570710.778	dan
	4305732.517	1057337.598	4570710.777	transf.
	-0.003	0.002	0.000	dan - transf.
	0.011	0.011	0.011	std.dev.transf.k.
	0.272	0.149	0.012	std.popr.
	0.113	0.061	0.005	tau test
TRIG_16	4305329.253	1057057.195	4571143.812	dan
	4305329.247	1057057.205	4571143.813	transf.
	0.006	-0.011	-0.001	dan - transf.
	0.011	0.011	0.011	std.dev.transf.k.
	0.535	0.960	0.115	std.popr.
	0.221	0.397	0.047	tau test

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOČK V PROJ. RAVNINI KONČNEGA DATUMA

točka	N	E	
TRIG_3	101477.925	406607.699	dan
	101477.930	406607.709	transf.
	-0.005	-0.011	dan - transf.
TRIG_12	100756.849	406219.342	dan
	100756.845	406219.345	transf.
	0.003	-0.003	dan - transf.
TRIG_13	102494.748	406768.837	dan
	102494.745	406768.814	transf.
	0.003	0.023	dan - transf.
TRIG_15	103429.662	406916.927	dan
	103429.660	406916.925	transf.
	0.002	0.002	dan - transf.
TRIG_16	104062.824	406750.356	dan
	104062.827	406750.369	transf.
	-0.003	-0.012	dan - transf.

TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI

deltaX	75.801255 m
deltaY	1412.087540 m
deltaZ	419.185713 m
alfa	- 0 00 34.620758 "
beta	- 0 00 11.759218 "
gama	0 00 42.157044 "
merilo	26.016563 ppm

Srednji stand. odklon (matrični racun): 0.008 m
Srednji stand. odklon (iz odstopenj): 0.011 m
?tevilov iteracij: 3
?tevilov veznih točk: 5
?tevilov nad?tevilčnosti: 8

Najmanjše in največje vrednosti odstopenj (v cm):

min	-0.5	-1.2
max	0.3	2.3

sr.v.	-0.0	-0.0
sr.v. (abs)	0.3	0.0

PRILOGE B: TRANSFORMACIJA DETAJLNIH TOČK – VRATA

B.1: Transformacija z uporabo transformacijskih parametrov za Primorsko – Vrata

TRANSFORMIRANE KOORDINATE

	N	E	H
1821	105834.068	406975.476	603.160
1820	105833.029	406947.725	603.780
1210	105885.100	406921.666	604.060
1211	105888.890	406924.526	606.150
1212	105887.908	406925.793	0.000
1213	105890.550	406927.866	606.210
1214	105889.388	406929.433	0.000
1216	105894.790	406933.476	608.640
1217	105890.000	406939.556	608.630
1219	105878.490	406930.476	604.690

Koordinate so izracunane na osnovi skupine parametrov: Primorska

Transformacijski parametri:

[355.845036 274.281726 462.979277 -9.086933 -6.491055 14.502181 20.888647]

B.2: Transformacija koordinat s tremi najbližjimi veznimi točkami višjega reda - Vrata

PROSTORSKA TRANSFORMACIJA

SiTraNet v2.10

Avtorja: Klemen Kozmus Trajkovski & Bojan Stopar, UL FGG

Datum: 20.01.2014

Tip transformacije: 3R 7-parametrična podobnostna

Višine veznih točk v izračunu transf.par.: Upoštewane: h(ETRS89), H(D48/D96)

Višine transformiranih točk: Identične točkam v začetnem datumu

Helmertova transformacija: DA

Datoteka s podatki v začetnem datumu: Mejniki_TRIG_poligonke_GK_Vrata.txt

Datoteka s podatki v končnem datumu: Vezne_1_3_6_VRS_SEGO.txt

KOORDINATE TOČK V ZAČETNEM DATUMU - D48/GK

točka	x	y	H	s_x	s_y	s_H
1821	105346.680	407347.210	603.160	1.000	1.000	1.000
1820	105345.640	407319.460	603.780	1.000	1.000	1.000
1210	105397.710	407293.400	604.060	1.000	1.000	1.000
1211	105401.500	407296.260	606.150	1.000	1.000	1.000
1212	105400.510	407297.510	0.000	1.000	1.000	1.000
1213	105403.160	407299.600	606.210	1.000	1.000	1.000
1214	105401.990	407301.150	0.000	1.000	1.000	1.000
1216	105407.400	407305.210	608.640	1.000	1.000	1.000
1217	105402.610	407311.290	608.630	1.000	1.000	1.000
1219	105391.100	407302.210	604.690	1.000	1.000	1.000
TRIG_3	100990.500	406979.450	607.650	1.000	1.000	1.000
TRIG_12	100269.420	406591.110	601.580	1.000	1.000	1.000
TRIG_13	102007.300	407140.540	672.500	1.000	1.000	1.000
TRIG_15	102942.200	407288.620	646.820	1.000	1.000	1.000
TRIG_16	103575.350	407122.050	640.590	1.000	1.000	1.000
1	104368.450	407416.340	648.030	1.000	1.000	1.000
3	105412.180	407336.900	609.340	1.000	1.000	1.000
6	105846.010	407390.670	605.850	1.000	1.000	1.000
11	106757.610	407720.880	569.810	1.000	1.000	1.000
18	103355.580	408132.860	747.640	1.000	1.000	1.000

KOORDINATE TOČK V KONČNEM DATUMU - ETRS89 (elipsoidne)

točka	fi	la	h	s_fi	s_la	s_h
1	46 04 37.82966	13 47 53.59631	694.469	1.000	1.000	1.000
3	46 05 11.59160	13 47 49.15580	655.834	1.000	1.000	1.000
6	46 05 25.66833	13 47 51.34461	652.345	1.000	1.000	1.000

Vezne točke za izračun transformacijskih parametrov:

1 3 6

TRANSFORMIRANE KOORDINATE TOČK - D96/TM

točka	N	E	H
1821	105834.091	406975.945	603.160
1820	105833.045	406948.194	603.780
1210	105885.111	406922.121	604.060
1211	105888.901	406924.980	606.150
1212	105887.936	406926.180	0.000
1213	105890.562	406928.320	606.210
1214	105889.417	406929.820	0.000
1216	105894.804	406933.929	608.640
1217	105890.015	406940.011	608.630
1219	105878.502	406930.933	604.690
TRIG_3	101477.621	406609.216	607.650
TRIG_12	100756.414	406221.031	601.580
TRIG_13	102494.504	406770.075	672.500
TRIG_15	103429.484	406917.935	646.820
TRIG_16	104062.624	406751.204	640.590
1	104855.831	407045.318	648.030
3	105899.592	406965.620	609.340
6	106333.455	407019.288	605.850
11	107245.178	407349.291	569.810

18 103843.082 407762.123 747.640

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOČK V 3R PRAVOKOTNEM KOORDINATNEM SISTEMU

točka	X	Y	Z	
1	4304709.082	1057196.257	4571702.476	dan
	4304709.079	1057196.270	4571702.478	transf.
	0.002	-0.013	-0.002	dan - transf.
	0.041	0.041	0.041	std.dev.transf.k.
	0.060	0.323	0.047	std.popr.
	0.042	0.228	0.033	tau test
3	4303976.510	1056918.099	4572397.781	dan
	4303976.513	1056918.053	4572397.779	transf.
	-0.004	0.046	0.002	dan - transf.
	0.041	0.041	0.041	std.dev.transf.k.
	0.089	1.117	0.052	std.popr.
	0.063	0.790	0.037	tau test
6	4303658.834	1056888.512	4572696.735	dan
	4303658.833	1056888.544	4572696.735	transf.
	0.001	-0.033	-0.000	dan - transf.
	0.041	0.041	0.041	std.dev.transf.k.
	0.029	0.794	0.005	std.popr.
	0.020	0.562	0.003	tau test

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOČK V PROJ. RAVNINI KONČNEGA DATUMA

točka	N	E	
1	104855.830	407045.304	dan
	104855.831	407045.318	transf.
	-0.001	-0.013	dan - transf.
3	105899.587	406965.665	dan
	105899.592	406965.620	transf.
	-0.005	0.045	dan - transf.
6	106333.460	407019.256	dan
	106333.455	407019.288	transf.
	0.005	-0.032	dan - transf.

TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI

deltaX 285.644663 m
deltaY -486.547828 m
deltaZ 423.127644 m
alfa - 0 00 27.259499 "
beta - 0 00 16.006553 "
gama - 0 00 39.679241 "
merilo 52.788705 ppm

Srednji stand. odklon (matrični racun): 0.029 m
Srednji stand. odklon (iz odstopanj): 0.041 m
?tevilov iteracij: 3
?tevilov veznih točk: 3
?tevilov nad?tevilčnosti: 2

Najmanjše in največje vrednosti odstopanj (v cm):
min -0.5 -3.2
max 0.5 4.5

sr.v. -0.0 0.0
sr.v. (abs) 0.3 0.0

B.3: Transformacija koordinat z veznimi petimi trigonometričnimi točkami - Vrata

PROSTORSKA TRANSFORMACIJA

SiTraNet v2.10

Avtorja: Klemen Kozmus Trajkovski & Bojan Stopar, UL FGG

Datum: 06.12.2013

Tip transformacije: 3R 7-parametrična podobnostna

Višine veznih točk v izračunu transf.par.: Upoštevane: h(ETRS89), H(D48/D96)

Višine transformiranih točk: Identične točkam v začetnem datumu

Helmertova transformacija: DA

Datoteka s podatki v začetnem datumu: brez 6_18_GK.txt

Datoteka s podatki v končnem datumu: koodrinat_ETRS_SEGO_brez 6_18.txt

KOORDINATE TOČK V ZAČETNEM DATUMU - D48/GK

točka	x	y	H	s_x	s_y	s_H
TRIG_3	100990.500	406979.450	607.650	1.000	1.000	1.000
TRIG_12	100269.420	406591.110	601.580	1.000	1.000	1.000
TRIG_13	102007.300	407140.540	672.500	1.000	1.000	1.000
TRIG_15	102942.200	407288.620	646.820	1.000	1.000	1.000
TRIG_16	103575.350	407122.050	640.590	1.000	1.000	1.000
1821	105346.680	407347.210	603.160	1.000	1.000	1.000
1820	105345.640	407319.460	603.780	1.000	1.000	1.000
1210	105397.710	407293.400	604.060	1.000	1.000	1.000
1211	105401.500	407296.260	606.150	1.000	1.000	1.000
1212	105400.510	407297.510	0.000	1.000	1.000	1.000
1213	105403.160	407299.600	606.210	1.000	1.000	1.000
1214	105401.990	407301.150	0.000	1.000	1.000	1.000
1216	105407.400	407305.210	608.640	1.000	1.000	1.000
1217	105402.610	407311.290	608.630	1.000	1.000	1.000
1219	105391.100	407302.210	604.690	1.000	1.000	1.000

KOORDINATE TOČK V KONČNEM DATUMU - ETRS89 (elipsoidne)

točka	fi	la	h	s-fi	s-la	s-h
TRIG_3	46 02 48.22505	13 47 35.61764	653.938	1.000	1.000	1.000
TRIG_12	46 02 24.68259	13 47 18.06692	647.765	1.000	1.000	1.000
TRIG_13	46 03 21.23299	13 47 42.39563	718.816	1.000	1.000	1.000
TRIG_15	46 03 51.58183	13 47 48.62638	693.176	1.000	1.000	1.000
TRIG_16	46 04 12.00445	13 47 40.43082	686.917	1.000	1.000	1.000

Vezne točke za izračun transformacijskih parametrov:

TRIG_3 TRIG_12 TRIG_13 TRIG_15 TRIG_16

TRANSFORMIRANE KOORDINATE TOČK - D96/TM

točka	N	E	H
TRIG_3	101477.930	406607.709	607.650
TRIG_12	100756.845	406219.345	601.580
TRIG_13	102494.745	406768.814	672.500
TRIG_15	103429.660	406916.925	646.820
TRIG_16	104062.827	406750.369	640.590
1821	105834.186	406975.585	603.160
1820	105833.147	406947.834	603.780
1210	105885.218	406921.775	604.060
1211	105889.008	406924.634	606.150
1212	105888.022	406926.013	0.000
1213	105890.668	406927.974	606.210
1214	105889.502	406929.653	0.000
1216	105894.908	406933.584	608.640
1217	105890.118	406939.664	608.630
1219	105878.608	406930.584	604.690

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOČK V 3R PRAVOKOTNEM KOORDINATNEM SISTEMU

točka	X	Y	Z	
TRIG_3	4307140.750	1057395.394	4569324.868	dan

	4307140.737	1057395.401	4569324.864	transf.
	0.013	-0.008	0.004	dan - transf.
	0.011	0.011	0.011	std.dev.transf.k.
	1.145	0.672	0.323	std.popr.
	0.474	0.278	0.134	tau test
TRIG_12	4307734.780	1057152.606	4568815.831	dan
	4307734.785	1057152.611	4568815.833	transf.
	-0.005	-0.004	-0.002	dan - transf.
	0.011	0.011	0.011	std.dev.transf.k.
	0.478	0.396	0.161	std.popr.
	0.198	0.164	0.067	tau test
TRIG_13	4306437.074	1057372.685	4570078.952	dan
	4306437.085	1057372.663	4570078.953	transf.
	-0.011	0.021	-0.001	dan - transf.
	0.011	0.011	0.011	std.dev.transf.k.
	0.930	1.880	0.059	std.popr.
	0.385	0.778	0.025	tau test
TRIG_15	4305732.514	1057337.600	4570710.778	dan
	4305732.517	1057337.598	4570710.777	transf.
	-0.003	0.002	0.000	dan - transf.
	0.011	0.011	0.011	std.dev.transf.k.
	0.272	0.149	0.012	std.popr.
	0.113	0.061	0.005	tau test
TRIG_16	4305329.253	1057057.195	4571143.812	dan
	4305329.247	1057057.205	4571143.813	transf.
	0.006	-0.011	-0.001	dan - transf.
	0.011	0.011	0.011	std.dev.transf.k.
	0.535	0.960	0.115	std.popr.
	0.221	0.397	0.047	tau test

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOČK V PROJ. RAVNINI KONČNEGA DATUMA

točka	N	E	
TRIG_3	101477.925	406607.699	dan
	101477.930	406607.709	transf.
	-0.005	-0.011	dan - transf.
TRIG_12	100756.849	406219.342	dan
	100756.845	406219.345	transf.
	0.003	-0.003	dan - transf.
TRIG_13	102494.748	406768.837	dan
	102494.745	406768.814	transf.
	0.003	0.023	dan - transf.
TRIG_15	103429.662	406916.927	dan
	103429.660	406916.925	transf.
	0.002	0.002	dan - transf.
TRIG_16	104062.824	406750.356	dan
	104062.827	406750.369	transf.
	-0.003	-0.012	dan - transf.

TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI

deltaX 75.801255 m
deltaY 1412.087540 m
deltaZ 419.185713 m
alfa - 0 00 34.620758 "
beta - 0 00 11.759218 "
gama 0 00 42.157044 "
merilo 26.016563 ppm

Srednji stand. odklon (matrični racun): 0.008 m
Srednji stand. odklon (iz odstopenj): 0.011 m
Število iteracij: 3
Število veznih točk: 5
Število nadštevilčnosti: 8

Najmanjše in največje vrednosti odstopanj (v cm):

min	-0.5	-1.2
max	0.3	2.3

sr.v.	-0.0	-0.0
sr.v.(abs)	0.3	0.0

B.4: Transformacija z veznimi detajlnimi točkami 1821, 1820, 1216

PROSTORSKA TRANSFORMACIJA

SiTraNet v2.10

Avtorja: Klemen Kozmus Trajkovski & Bojan Stopar, UL FGG

Datum: 15.01.2014

Tip transformacije: 3R 7-parametrična podobnostna

Višine veznih točk v izračunu transf.par.: Upoštewane: h(ETRS89), H(D48/D96)

Višine transformiranih točk: Identične točkam v začetnem datumu

Helmertova transformacija: DA

Datoteka s podatki v začetnem datumu: Mejniki_TRIG_poligonke_GK_Vrata.txt

Datoteka s podatki v končnem datumu: Vezne 1821_1820_1216 ETRS_Vrata.txt

KOORDINATE TOČK V ZAČETNEM DATUMU - D48/GK

točka	x	y	H	s_x	s_y	s_H
1821	105346.680	407347.210	603.160	1.000	1.000	1.000
1820	105345.640	407319.460	603.780	1.000	1.000	1.000
1210	105397.710	407293.400	604.060	1.000	1.000	1.000
1211	105401.500	407296.260	606.150	1.000	1.000	1.000
1212	105400.510	407297.510	0.000	1.000	1.000	1.000
1213	105403.160	407299.600	606.210	1.000	1.000	1.000
1214	105401.990	407301.150	0.000	1.000	1.000	1.000
1216	105407.400	407305.210	608.640	1.000	1.000	1.000
1217	105402.610	407311.290	608.630	1.000	1.000	1.000
1219	105391.100	407302.210	604.690	1.000	1.000	1.000
TRIG_3	100990.500	406979.450	607.650	1.000	1.000	1.000
TRIG_12	100269.420	406591.110	601.580	1.000	1.000	1.000
TRIG_13	102007.300	407140.540	672.500	1.000	1.000	1.000
TRIG_15	102942.200	407288.620	646.820	1.000	1.000	1.000
TRIG_16	103575.350	407122.050	640.590	1.000	1.000	1.000
1	104368.450	407416.340	648.030	1.000	1.000	1.000
3	105412.180	407336.900	609.340	1.000	1.000	1.000
6	105846.010	407390.670	605.850	1.000	1.000	1.000
11	106757.610	407720.880	569.810	1.000	1.000	1.000
18	103355.580	408132.860	747.640	1.000	1.000	1.000

KOORDINATE TOČK V KONČNEM DATUMU - ETRS89 (elipsoidne)

točka	fi	la	h	s-fi	s-la	s-h
1821	46 05 09.47608	13 47 49.68328	649.655	1.000	1.000	1.000
1820	46 05 09.42826	13 47 48.39216	650.236	1.000	1.000	1.000
1216	46 05 11.41978	13 47 47.68425	655.112	1.000	1.000	1.000

Vezne točke za izračun transformacijskih parametrov:

1821 1820 1216

TRANSFORMIRANE KOORDINATE TOČK - D96/TM

točka	N	E	H
1821	105834.103	406975.999	603.160
1820	105833.045	406948.261	603.780
1210	105885.075	406922.180	604.060
1211	105888.863	406925.033	606.150
1212	105888.261	406927.122	0.000
1213	105890.525	406928.371	606.210
1214	105889.742	406930.759	0.000
1216	105894.765	406933.972	608.640
1217	105889.981	406940.052	608.630
1219	105878.473	406930.989	604.690
TRIG_3	101479.689	406611.166	607.650
TRIG_12	100758.698	406223.471	601.580
TRIG_13	102496.083	406771.447	672.500
TRIG_15	103430.664	406918.901	646.820
TRIG_16	104063.421	406752.014	640.590
1	104856.338	407045.655	648.030
3	105899.562	406965.643	609.340
6	106333.229	407019.118	605.850
11	107244.641	407348.648	569.810

18 103844.324 407762.350 747.640

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOČK V 3R PRAVOKOTNEM KOORDINATNEM SISTEMU

točka	X	Y	Z	
1821	4304015.346	1056939.307	4572348.022	dan
	4304015.350	1056939.298	4572348.021	transf.
	-0.004	0.009	0.001	dan - transf.
	0.011	0.011	0.011	std.dev.transf.k.
	0.330	0.815	0.108	std.popr.
	0.234	0.576	0.077	tau test
1820	4304023.387	1056912.715	4572347.416	dan
	4304023.385	1056912.727	4572347.415	transf.
	0.001	-0.011	0.002	dan - transf.
	0.011	0.011	0.011	std.dev.transf.k.
	0.133	1.011	0.162	std.popr.
	0.094	0.715	0.114	tau test
1216	4303987.276	1056888.186	4572393.581	dan
	4303987.274	1056888.184	4572393.584	transf.
	0.002	0.002	-0.003	dan - transf.
	0.011	0.011	0.011	std.dev.transf.k.
	0.197	0.195	0.270	std.popr.
	0.139	0.138	0.191	tau test

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOČK V PROJ. RAVNINI KONČNEGA DATUMA

točka	N	E	
1821	105834.104	406976.008	dan
	105834.103	406975.999	transf.
	0.002	0.010	dan - transf.
1820	105833.048	406948.250	dan
	105833.045	406948.261	transf.
	0.002	-0.011	dan - transf.
1216	105894.761	406933.974	dan
	105894.765	406933.972	transf.
	-0.004	0.002	dan - transf.

TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI

deltaX -2493.478288 m
deltaY 8374.909823 m
deltaZ 5486.760981 m
alfa - 0 04 21.756670 "
beta - 0 03 25.239098 "
gama 0 01 50.303997 "
merilo -453.110650 ppm

Srednji stand. odklon (matrični racun): 0.008 m
Srednji stand. odklon (iz odstopanj): 0.011 m
?tevilov iteracij: 3
?tevilov veznih točk: 3
?tevilov nad?tevilčnosti: 2

Najmanjše in največje vrednosti odstopanj (v cm):

min	-0.4	-1.1
max	0.2	1.0

sr.v.	-0.0	-0.0
sr.v.(abs)	0.3	0.0

B.5: Transformacija z veznimi detajlnimi točkami 1821, 1820, 1216 brez višin

PROSTORSKA TRANSFORMACIJA

SiTraNet v2.10

Avtorja: Klemen Kozmus Trajkovski & Bojan Stopar, UL FGG

Datum: 16.01.2014

Tip transformacije: 3R 7-parametrična podobnostna

Višine veznih točk v izračunu transf.par.: Upoštewane: h(ETRS89), H(D48/D96)

Višine transformiranih točk: Identične točkam v začetnem datumu

Helmertova transformacija: DA

Datoteka s podatki v začetnem datumu: Mejniki TRIG_poligonke_GK_Vrata_brez_visin.txt

Datoteka s podatki v končnem datumu: Vezne 1821_1820_1216 ETRS_Vrata_brez_visin.txt

KOORDINATE TOČK V ZAČETNEM DATUMU - D48/GK

točka	x	y	H	s_x	s_y	s_H
1821	105346.680	407347.210	0.000	1.000	1.000	1.000
1820	105345.640	407319.460	0.000	1.000	1.000	1.000
1210	105397.710	407293.400	0.000	1.000	1.000	1.000
1211	105401.500	407296.260	0.000	1.000	1.000	1.000
1212	105400.510	407297.510	0.000	1.000	1.000	1.000
1213	105403.160	407299.600	0.000	1.000	1.000	1.000
1214	105401.990	407301.150	0.000	1.000	1.000	1.000
1216	105407.400	407305.210	0.000	1.000	1.000	1.000
1217	105402.610	407311.290	0.000	1.000	1.000	1.000
1219	105391.100	407302.210	0.000	1.000	1.000	1.000
TRIG_3	100990.500	406979.450	0.000	1.000	1.000	1.000
TRIG_12	100269.420	406591.110	0.000	1.000	1.000	1.000
TRIG_13	102007.300	407140.540	0.000	1.000	1.000	1.000
TRIG_15	102942.200	407288.620	0.000	1.000	1.000	1.000
TRIG_16	103575.350	407122.050	0.000	1.000	1.000	1.000
1	104368.450	407416.340	0.000	1.000	1.000	1.000
3	105412.180	407336.900	0.000	1.000	1.000	1.000
6	105846.010	407390.670	0.000	1.000	1.000	1.000
11	106757.610	407720.880	0.000	1.000	1.000	1.000
18	103355.580	408132.860	0.000	1.000	1.000	1.000

KOORDINATE TOČK V KONČNEM DATUMU - ETRS89 (elipsoidne)

točka	fi	la	h	s-fi	s-la	s-h
1821	46 05 09.47608	13 47 49.68328	0.000	1.000	1.000	1.000
1820	46 05 09.42826	13 47 48.39216	0.000	1.000	1.000	1.000
1216	46 05 11.41978	13 47 47.68425	0.000	1.000	1.000	1.000

Vezne točke za izračun transformacijskih parametrov:

1821 1820 1216

TRANSFORMIRANE KOORDINATE TOČK - D96/TM

točka	N	E	H
1821	105834.104	406975.998	0.000
1820	105833.044	406948.262	0.000
1210	105885.071	406922.175	0.000
1211	105888.861	406925.031	0.000
1212	105887.873	406926.281	0.000
1213	105890.523	406928.368	0.000
1214	105889.355	406929.918	0.000
1216	105894.765	406933.972	0.000
1217	105889.982	406940.053	0.000
1219	105878.470	406930.986	0.000
TRIG_3	101479.639	406611.623	0.000
TRIG_12	100758.601	406223.993	0.000
TRIG_13	102496.094	406771.889	0.000
TRIG_15	103430.677	406919.211	0.000
TRIG_16	104063.415	406752.249	0.000
1	104856.371	407045.819	0.000
3	105899.566	406965.645	0.000
6	106333.238	407019.070	0.000

11	107244.666	407348.456	0.000
18	103844.492	407762.761	0.000

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOČK V 3R PRAVOKOTNEM KOORDINATNEM SISTEMU

točka	X	Y	Z	
1821	4303577.761	1056831.849	4571880.023	dan
	4303577.764	1056831.839	4571880.022	transf.
	-0.003	0.010	0.001	dan - transf.
	0.012	0.012	0.012	std.dev.transf.k.
	0.256	0.847	0.045	std.popr.
	0.181	0.599	0.032	tau test
1820	4303585.409	1056805.164	4571878.999	dan
	4303585.409	1056805.176	4571878.996	transf.
	0.000	-0.012	0.002	dan - transf.
	0.012	0.012	0.012	std.dev.transf.k.
	0.018	1.009	0.215	std.popr.
	0.013	0.714	0.152	tau test
1216	4303546.018	1056779.830	4571921.646	dan
	4303546.015	1056779.829	4571921.649	transf.
	0.003	0.002	-0.003	dan - transf.
	0.012	0.012	0.012	std.dev.transf.k.
	0.238	0.162	0.260	std.popr.
	0.168	0.115	0.184	tau test

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOČK V PROJ. RAVNINI KONČNEGA DATUMA

točka	N	E	
1821	105834.104	406976.008	dan
	105834.104	406975.998	transf.
	0.001	0.010	dan - transf.
1820	105833.048	406948.250	dan
	105833.044	406948.262	transf.
	0.004	-0.011	dan - transf.
1216	105894.761	406933.974	dan
	105894.765	406933.972	transf.
	-0.004	0.001	dan - transf.

TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI

deltaX	2490.264374 m
deltaY	594.039141 m
deltaZ	2549.184352 m
alfa	- 0 01 50.494749 "
beta	- 0 00 28.330587 "
gama	- 0 01 41.747801 "
merilo	-456.539247 ppm

Srednji stand. odklon (matrični racun): 0.008 m
Srednji stand. odklon (iz odstopanj): 0.012 m
?tevilov iteracij: 3
?tevilov veznih točk: 3
?tevilov nad?tevilčnosti: 2

Najmanjše in največje vrednosti odstopanj (v cm):

min	-0.4	-1.1
max	0.4	1.0

sr.v.	0.0	-0.0
sr.v. (abs)	0.3	0.0

PRILOGE C: TRANSFORMACIJA DETAJLNIH TOČK – DRNULK

C.1: Transformacija z uporabo transformacijskih parametrov za Primorsko – Drnulk

TRANSFORMIRANE KOORDINATE

	N	E	H
1037	103773.734	407777.081	756.990
1035	103819.456	407702.270	752.580
1007	103829.336	407711.181	747.480
1008	103838.936	407683.151	745.020
1030	103847.448	407589.679	743.160
1010	103855.138	407601.350	740.650

Koordinate so izracunane na osnovi skupine parametrov: Primorska
Transformacijski parametri:
[355.845036 274.281726 462.979277 -9.086933 -6.491055 14.502181 20.888647]

C.2: Transformacija koordinat s tremi najbližjimi veznimi točkami višjega reda - Drnulk

PROSTORSKA TRANSFORMACIJA

SiTraNet v2.10

Avtorja: Klemen Kozmus Trajkovski & Bojan Stopar, UL FGG

Datum: 20.01.2014

Tip transformacije: 3R 7-parametrična podobnostna

Višine veznih točk v izračunu transf.par.: Upošteevane: h(ETRS89), H(D48/D96)

Višine transformiranih točk: Identične točkam v začetnem datumu

Helmertova transformacija: DA

Datoteka s podatki v začetnem datumu: Mejniki_TRIG_poligonke_GK_Drnulk.txt

Datoteka s podatki v končnem datumu: Vezne_TRIG_15_TRIG_16_18_ETRS_SEGO.txt

KOORDINATE TOČK V ZAČETNEM DATUMU - D48/GK

točka	x	y	H	s_x	s_y	s_H
1037	103286.390	408148.840	756.990	1.000	1.000	1.000
1035	103332.110	408074.030	752.580	1.000	1.000	1.000
1007	103341.990	408082.940	747.480	1.000	1.000	1.000
1008	103351.590	408054.910	745.020	1.000	1.000	1.000
1030	103360.100	407961.440	743.160	1.000	1.000	1.000
1010	103367.790	407973.110	740.650	1.000	1.000	1.000
TRIG_3	100990.500	406979.450	607.650	1.000	1.000	1.000
TRIG_12	100269.420	406591.110	601.580	1.000	1.000	1.000
TRIG_13	102007.300	407140.540	672.500	1.000	1.000	1.000
TRIG_15	102942.200	407288.620	646.820	1.000	1.000	1.000
TRIG_16	103575.350	407122.050	640.590	1.000	1.000	1.000
1	104368.450	407416.340	648.030	1.000	1.000	1.000
3	105412.180	407336.900	609.340	1.000	1.000	1.000
6	105846.010	407390.670	605.850	1.000	1.000	1.000
11	106757.610	407720.880	569.810	1.000	1.000	1.000
18	103355.580	408132.860	747.640	1.000	1.000	1.000

KOORDINATE TOČK V KONČNEM DATUMU - ETRS89 (elipsoidne)

točka	fi	la	h	s-fi	s-la	s-h
TRIG_15	46 03 51.58183	13 47 48.62638	693.176	1.000	1.000	1.000
TRIG_16	46 04 12.00445	13 47 40.43082	686.917	1.000	1.000	1.000
18	46 04 05.36712	13 48 27.58551	793.893	1.000	1.000	1.000

Vezne točke za izračun transformacijskih parametrov:

TRIG_15 TRIG_16 18

TRANSFORMIRANE KOORDINATE TOČK - D96/TM

točka	N	E	H
1037	103773.556	407776.617	756.990
1035	103819.272	407701.857	752.580
1007	103829.145	407710.765	747.480
1008	103838.747	407682.752	745.020
1030	103847.278	407589.332	743.160
1010	103854.961	407600.998	740.650
TRIG_3	101479.152	406607.206	607.650
TRIG_12	100758.545	406218.871	601.580
TRIG_13	102495.390	406768.488	672.500
TRIG_15	103429.771	406916.743	646.820
TRIG_16	104062.642	406750.428	640.590
1	104855.257	407044.781	648.030
3	105898.474	406965.661	609.340
6	106332.067	407019.520	605.850
11	107243.111	407349.806	569.810
18	103842.715	407760.663	747.640

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOČK V 3R PRAVOKOTNEM KOORDINATNEM SISTEMU

točka	X	Y	Z	
TRIG_15	4305732.514	1057337.600	4570710.778	dan

	4305732.472	1057337.397	4570710.838	transf.
	0.042	0.202	-0.060	dan - transf.
	0.227	0.227	0.227	std.dev.transf.k.
	0.185	0.891	0.267	std.popr.
	0.131	0.630	0.189	tau test
TRIG_16	4305329.253	1057057.195	4571143.812	dan
	4305329.364	1057057.298	4571143.690	transf.
	-0.112	-0.104	0.122	dan - transf.
	0.227	0.227	0.227	std.dev.transf.k.
	0.493	0.458	0.539	std.popr.
	0.349	0.324	0.381	tau test
18	4305302.897	1058094.359	4571078.656	dan
	4305302.827	1058094.458	4571078.718	transf.
	0.070	-0.098	-0.062	dan - transf.
	0.227	0.227	0.227	std.dev.transf.k.
	0.307	0.433	0.273	std.popr.
	0.217	0.306	0.193	tau test

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOČK V PROJ. RAVNINI KONČNEGA DATUMA

točka	N	E	
TRIG_15	103429.662	406916.927	dan
	103429.771	406916.743	transf.
	-0.109	0.185	dan - transf.
TRIG_16	104062.824	406750.356	dan
	104062.642	406750.428	transf.
	0.182	-0.071	dan - transf.
18	103842.641	407760.550	dan
	103842.715	407760.663	transf.
	-0.073	-0.113	dan - transf.

TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI

```

deltaX      2829.884275 m
deltaY      605.333830 m
deltaZ      2723.069719 m
alfa       0 00 30.697098 "
beta       0 00 10.221521 "
gamma      0 00 45.952997 "
merilo     -505.179120 ppm
    
```

```

Srednji stand. odklon (matrični racun):  0.160 m
Srednji stand. odklon (iz odstopanj):    0.227 m
?tevilov iteracij: 3
?tevilov veznih točk: 3
?tevilov nad?tevilčnosti: 2
    
```

```

Najmanjše in največje vrednosti odstopanj (v cm):
min      -10.9   -11.3
max       18.2   18.5
-----
sr.v.      0.0    0.0
sr.v. (abs) 12.1   0.1
    
```

C.3: Transformacija koordinat z veznimi petimi trigonometričnimi točkami - Drnulk

PROSTORSKA TRANSFORMACIJA
 SiTraNet v2.10
 Avtorja: Klemen Kozmus Trajkovski & Bojan Stopar, UL FGG
 Datum: 09.12.2013

 Tip transformacije: 3R 7-parametrična podobnostna
 Višine veznih točk v izračunu transf.par.: Upoštewane: h(ETRS89), H(D48/D96)
 Višine transformiranih točk: Identične točkam v začetnem datumu
 Helmertova transformacija: DA

 Datoteka s podatki v začetnem datumu: brez 6_18_GK.txt
 Datoteka s podatki v končnem datumu: koodrinat_ETRS_SEGO_brez 6_18.txt

KOORDINATE TOČK V ZAČETNEM DATUMU - D48/GK

točka	x	y	H	s_x	s_y	s_H
TRIG_3	100990.500	406979.450	607.650	1.000	1.000	1.000
TRIG_12	100269.420	406591.110	601.580	1.000	1.000	1.000
TRIG_13	102007.300	407140.540	672.500	1.000	1.000	1.000
TRIG_15	102942.200	407288.620	646.820	1.000	1.000	1.000
TRIG_16	103575.350	407122.050	640.590	1.000	1.000	1.000
1037	103286.390	408148.840	756.990	1.000	1.000	1.000
1035	103332.110	408074.030	752.580	1.000	1.000	1.000
1007	103341.990	408082.940	747.480	1.000	1.000	1.000
1008	103351.590	408054.910	745.020	1.000	1.000	1.000
1030	103360.100	407961.440	743.160	1.000	1.000	1.000
1010	103367.790	407973.110	740.650	1.000	1.000	1.000

KOORDINATE TOČK V KONČNEM DATUMU - ETRS89 (elipsoidne)

točka	fi	la	h	s_fi	s_la	s_h
TRIG_3	46 02 48.22505	13 47 35.61764	653.938	1.000	1.000	1.000
TRIG_12	46 02 24.68259	13 47 18.06692	647.765	1.000	1.000	1.000
TRIG_13	46 03 21.23299	13 47 42.39563	718.816	1.000	1.000	1.000
TRIG_15	46 03 51.58183	13 47 48.62638	693.176	1.000	1.000	1.000
TRIG_16	46 04 12.00445	13 47 40.43082	686.917	1.000	1.000	1.000

Vezne točke za izračun transformacijskih parametrov:
 TRIG_3 TRIG_12 TRIG_13 TRIG_15 TRIG_16

TRANSFORMIRANE KOORDINATE TOČK - D96/TM

točka	N	E	H
TRIG_3	101477.930	406607.709	607.650
TRIG_12	100756.845	406219.345	601.580
TRIG_13	102494.745	406768.814	672.500
TRIG_15	103429.660	406916.925	646.820
TRIG_16	104062.827	406750.369	640.590
1037	103773.835	407777.147	756.990
1035	103819.558	407702.337	752.580
1007	103829.438	407711.249	747.480
1008	103839.039	407683.219	745.020
1030	103847.551	407589.748	743.160
1010	103855.241	407601.419	740.650

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOČK V 3R PRAVOKOTNEM KOORDINATNEM SISTEMU

točka	X	Y	Z	
TRIG_3	4307140.750	1057395.394	4569324.868	dan
	4307140.737	1057395.401	4569324.864	transf.
	0.013	-0.008	0.004	dan - transf.
	0.011	0.011	0.011	std.dev.transf.k.
	1.145	0.672	0.323	std.popr.
	0.474	0.278	0.134	tau test
TRIG_12	4307734.780	1057152.606	4568815.831	dan
	4307734.785	1057152.611	4568815.833	transf.

	-0.005	-0.004	-0.002	dan - transf.
	0.011	0.011	0.011	std.dev.transf.k.
	0.478	0.396	0.161	std.popr.
	0.198	0.164	0.067	tau test
TRIG_13	4306437.074	1057372.685	4570078.952	dan
	4306437.085	1057372.663	4570078.953	transf.
	-0.011	0.021	-0.001	dan - transf.
	0.011	0.011	0.011	std.dev.transf.k.
	0.930	1.880	0.059	std.popr.
	0.385	0.778	0.025	tau test
TRIG_15	4305732.514	1057337.600	4570710.778	dan
	4305732.517	1057337.598	4570710.777	transf.
	-0.003	0.002	0.000	dan - transf.
	0.011	0.011	0.011	std.dev.transf.k.
	0.272	0.149	0.012	std.popr.
	0.113	0.061	0.005	tau test
TRIG_16	4305329.253	1057057.195	4571143.812	dan
	4305329.247	1057057.205	4571143.813	transf.
	0.006	-0.011	-0.001	dan - transf.
	0.011	0.011	0.011	std.dev.transf.k.
	0.535	0.960	0.115	std.popr.
	0.221	0.397	0.047	tau test

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOČK V PROJ. RAVNINI KONČNEGA DATUMA

točka	N	E	
TRIG_3	101477.925	406607.699	dan
	101477.930	406607.709	transf.
	-0.005	-0.011	dan - transf.
TRIG_12	100756.849	406219.342	dan
	100756.845	406219.345	transf.
	0.003	-0.003	dan - transf.
TRIG_13	102494.748	406768.837	dan
	102494.745	406768.814	transf.
	0.003	0.023	dan - transf.
TRIG_15	103429.662	406916.927	dan
	103429.660	406916.925	transf.
	0.002	0.002	dan - transf.
TRIG_16	104062.824	406750.356	dan
	104062.827	406750.369	transf.
	-0.003	-0.012	dan - transf.

TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI

deltaX 75.801255 m
deltaY 1412.087540 m
deltaZ 419.185713 m
alfa - 0 00 34.620758 "
beta - 0 00 11.759218 "
gama 0 00 42.157044 "
merilo 26.016563 ppm

Srednji stand. odklon (matrični racun): 0.008 m
Srednji stand. odklon (iz odstopanj): 0.011 m
?tevilov iteracij: 3
?tevilov veznih točk: 5
?tevilov nad?tevilčnosti: 8

Najmanjše in največje vrednosti odstopanj (v cm):
min -0.5 -1.2
max 0.3 2.3

sr.v. -0.0 -0.0
sr.v. (abs) 0.3 0.0

C.4: Transformacija z veznimi detajlnimi točkami 1037, 1008, 1010

PROSTORSKA TRANSFORMACIJA

SiTraNet v2.10

Avtorja: Klemen Kozmus Trajkovski & Bojan Stopar, UL FGG

Datum: 20.01.2014

 Tip transformacije: 3R 7-parametrična podobnostna

Višine veznih točk v izračunu transf.par.: Upošteevane: h(ETRS89), H(D48/D96)

Višine transformiranih točk: Identične točkam v začetnem datumu

Helmertova transformacija: DA

Datoteka s podatki v začetnem datumu: Mejniki_TRIG_poligonke_GK_Drnulk.txt

Datoteka s podatki v končnem datumu: Vezne 1037_1008_1010_Drnulk.txt

KOORDINATE TOČK V ZAČETNEM DATUMU - D48/GK

točka	x	y	H	s_x	s_y	s_H
1037	103286.390	408148.840	756.990	1.000	1.000	1.000
1035	103332.110	408074.030	752.580	1.000	1.000	1.000
1007	103341.990	408082.940	747.480	1.000	1.000	1.000
1008	103351.590	408054.910	745.020	1.000	1.000	1.000
1030	103360.100	407961.440	743.160	1.000	1.000	1.000
1010	103367.790	407973.110	740.650	1.000	1.000	1.000
TRIG_3	100990.500	406979.450	607.650	1.000	1.000	1.000
TRIG_12	100269.420	406591.110	601.580	1.000	1.000	1.000
TRIG_13	102007.300	407140.540	672.500	1.000	1.000	1.000
TRIG_15	102942.200	407288.620	646.820	1.000	1.000	1.000
TRIG_16	103575.350	407122.050	640.590	1.000	1.000	1.000
1	104368.450	407416.340	648.030	1.000	1.000	1.000
3	105412.180	407336.900	609.340	1.000	1.000	1.000
6	105846.010	407390.670	605.850	1.000	1.000	1.000
11	106757.610	407720.880	569.810	1.000	1.000	1.000
18	103355.580	408132.860	747.640	1.000	1.000	1.000

KOORDINATE TOČK V KONČNEM DATUMU - ETRS89 (elipsoidne)

točka	fi	la	h	s-fi	s-la	s-h
1037	46 04 03.13248	13 48 28.37967	803.231	1.000	1.000	1.000
1008	46 04 05.20246	13 48 23.96287	791.159	1.000	1.000	1.000
1010	46 04 05.68342	13 48 20.14421	786.915	1.000	1.000	1.000

Vezne točke za izračun transformacijskih parametrov:

1037 1008 1010

TRANSFORMIRANE KOORDINATE TOČK - D96/TM

točka	N	E	H
1037	103773.432	407776.593	756.990
1035	103819.178	407701.760	752.580
1007	103829.036	407710.666	747.480
1008	103838.639	407682.623	745.020
1030	103847.178	407589.114	743.160
1010	103854.856	407600.786	740.650
TRIG_3	101476.424	406605.624	607.650
TRIG_12	100755.177	406216.868	601.580
TRIG_13	102493.840	406767.269	672.500
TRIG_15	103428.939	406915.676	646.820
TRIG_16	104062.367	406749.245	640.590
1	104855.703	407043.942	648.030
3	105899.701	406964.747	609.340
6	106333.666	407018.680	605.850
11	107245.350	407349.258	569.810
18	103842.615	407760.610	747.640

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOČK V 3R PRAVOKOTNEM KOORDINATNEM SISTEMU

točka	X	Y	Z	
1037	4305353.373	1058124.342	4571037.505	dan
	4305353.342	1058124.346	4571037.526	transf.

	0.031	-0.003	-0.021	dan - transf.
	0.076	0.076	0.076	std.dev.transf.k.
	0.404	0.042	0.274	std.popr.
	0.286	0.030	0.194	tau test
1008	4305323.194	1058019.166	4571073.160	dan
	4305323.264	1058019.179	4571073.110	transf.
	-0.070	-0.013	0.050	dan - transf.
	0.076	0.076	0.076	std.dev.transf.k.
	0.916	0.173	0.659	std.popr.
	0.648	0.122	0.466	tau test
1010	4305329.534	1057936.205	4571080.408	dan
	4305329.495	1057936.189	4571080.437	transf.
	0.039	0.016	-0.029	dan - transf.
	0.076	0.076	0.076	std.dev.transf.k.
	0.512	0.215	0.385	std.popr.
	0.362	0.152	0.272	tau test

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOČK V PROJ. RAVNINI KONČNEGA DATUMA

točka	N	E	
1037	103773.397	407776.582	dan
	103773.432	407776.593	transf.
	-0.035	-0.011	dan - transf.
1008	103838.725	407682.628	dan
	103838.639	407682.623	transf.
	0.086	0.005	dan - transf.
1010	103854.805	407600.792	dan
	103854.856	407600.786	transf.
	-0.051	0.006	dan - transf.

TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI

deltaX 21335.456289 m
deltaY -8492.433230 m
deltaZ -20566.599413 m
alfa 0 02 09.664990 "
beta 0 15 53.280110 "
gama - 0 03 59.843412 "
merilo 404.539192 ppm

Srednji stand. odklon (matrični racun): 0.054 m
Srednji stand. odklon (iz odstopanj): 0.076 m
?tevilov iteracij: 4
?tevilov veznih točk: 3
?tevilov nad?tevilčnosti: 2

Najmanjše in največje vrednosti odstopanj (v cm):

min	-5.1	-1.1
max	8.6	0.6

sr.v.	0.0	0.0
sr.v. (abs)	5.7	0.0

PRILOGA D: TRANSFORMACIJA TRIGONOMETRIČNIH TOČK S PARAMETRI ZA PRIMORSKO

TRANSFORMIRANE KOORDINATE

	N	E	H
1	104419.243	407667.595	898.430
3	101477.831	406607.642	607.650
4	101844.575	406679.269	606.510
5	105548.250	407671.593	883.810
6	108191.241	406821.613	874.070
7	107475.376	407807.028	806.480
8	107428.486	407810.397	815.150
9	97751.270	402935.203	852.210
10	103140.662	407770.926	929.050
11	105508.279	406366.993	920.860
12	100756.746	406219.285	601.580
13	102494.642	406768.748	672.500
14	103649.270	407884.910	768.130
15	103429.554	406916.846	646.820
16	104062.716	406750.284	640.590

Koordinate so izracunane na osnovi skupine parametrov: Primorska
Transformacijski parametri:
[355.845036 274.281726 462.979277 -9.086933 -6.491055 14.502181 20.888647]