

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 izvorna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Antolin, G., 2014. Analiza transformacijskih modelov med starim in novim državnim koordinatnim sistemom za potrebe izdelave geodetskega načrta. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Stopar, B., somentorja Urbančič, T., Kregar, K.): 44 str.

Datum arhiviranja:01-10-2014

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Antolin, G., 2014. Analiza transformacijskih modelov med starim in novim državnim koordinatnim sistemom za potrebe izdelave geodetskega načrta. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Stopar, P., co-supervisors Urbančič, T., Kregar, K.): 44 pp.

Archiving Date: 01-10-2014

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GEODEZIJA IN
GEOINFORMATIKA**

Kandidat:

Diplomska naloga št.: 75/GIG

Graduation thesis No.: 75/GIG

Mentor:

Predsednik komisije:

prof. dr. Bojan Stopar

Somentor:

Ljubljana, 25. 09. 2014

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

II

Antolin, G. 2014. Analiza transf. modelov med starim in novim državnim koordinatnim sistemom za potrebe izdelave geodetskega načrta.
Dipl. nal. Ljubljana, UL FGG, Univerzitetni študijski program I. stopnje Geodezija in geoinformatika

»Ta stran je namenoma prazna.«

IZJAVE

Podpisani **Gašper Antolin** izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »**Analiza transformacijskih modelov med starim in novim državnim koordinatnim sistemom za potrebe izdelave geodetskega načrta**«.

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

Izjavljam, da dovoljujemo objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, avgust 2014

Gašper Antolin

IV

Antolin, G. 2014. Analiza transf. modelov med starim in novim državnim koordinatnim sistemom za potrebe izdelave geodetskega načrta.
Dipl. nal. Ljubljana, UL FGG, Univerzitetni študijski program I. stopnje Geodezija in geoinformatika

»Ta stran je namenoma prazna.«

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.236(497.4)(043.2)
Avtor:	Gašper Antolin
Mentor:	prof. dr. Bojan Stopar
Somentor:	asist. Tilen Urbančič asist. Klemen Kregar
Naslov:	Analiza transformacijskih modelov med starim in novim državnim koordinatnim sistemom za potrebe izdelave geodetskega načrta
Tip dokumenta:	diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	44 str., 24 sl., 11 pregl., 5 graf., 4 pril.
Ključne besede:	transformacijski parametri, transformacija, koordinatni sistem, GNSS, D48/GK, D96/TM, ETRS89, geodetski načrt

Izvleček

V diplomski nalogi obravnavamo način določitve transformacijskih parametrov 3D-podobnostne transformacije med starim in novim državnim koordinatnim sistemom. Transformacijske parametre določamo za območje Bohinjske Bele. Na začetku naloge smo podali teoretično razlago o koordinatnih sistemih, opis posameznih koordinatnih sistemov (D48/GK, D96/TM in ETRS89) ter opis postopka transformacije med njimi. Ker je velik del izračunov potekal s pomočjo spletne aplikacije SiTraNet, sledi opis le te. V naslednjem delu smo opisali praktični del naloge. Najprej smo okvirno predstavili območje, sledi opis meritev s statično metodo GNSS in postopek, kako priti do končnih koordinat. Ko so zbrani vsi podatki, je mogoče opraviti izračun transformacijskih parametrov. Opravili smo primerjavo rezultatov transformacij s parametri, ki smo jih izračunali sami in tistimi, ki so podani v okviru spletne aplikacije SiTraNet. V zadnjem delu smo opisali postopek izdelave geodetskega načrta na območju dela vojašnice na Bohinjski Beli, ki je glavni razlog za izdelavo te diplomske naloge. Sledi še zaključek, v katerem smo predstavili ugotovitve in zaključke dela na nalogi.

»Ta stran je namenoma prazna.«

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	528.236(497.4)(043.2)
Author:	Gašper Antolin
Supervisor:	Prof. Bojan Stopar, PhD
Co-advisor:	Assist. Tilen Urbančič Assist. Klemen Kregar
Title:	Analysis of transformation models between the old and new national coordinate system for the creation of a survey plan
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Notes:	44 p., 24 fig., 11 tab., 5 graph., 4 ann.
Key words:	transformation parameters, transformations, coordinate system, GNSS, D48/GK, D96/TM, ETRS89, survey plan

Abstract

In the graduation thesis we will determine the relation between the new and old national coordinate system in Slovenia for the elaboration of the detailed survey plan. The survey plan has to be elaborated in the old national reference system but the measurement method used for the coordinate determination enables coordinates in the new one. For the establishment of the relation between the old and new national coordinate system we will deal with 3D-similarity transformations. In the beginning the brief theoretical presentation of individual coordinate systems (D48/GK, D96/TM and ETRS89) used in Slovenia is given, which is followed with the descriptions of basic relations between them. Following is the description of the internet application SiTraNet which is used in most of the calculations. The practical part is described next. Firstly we in short present the area under consideration and after we describe the methods of measurements for the coordinate determination. We will compare the transformation results with the parameters we calculated and the parameters that were found on SiTraNet application. The last part describes the practical procedure of the survey plan elaboration. The conclusion includes our findings at the end.

VIII

Antolin, G. 2014. Analiza transf. modelov med starim in novim državnim koordinatnim sistemom za potrebe izdelave geodetskega načrta.
Dipl. nal. Ljubljana, UL FGG, Univerzitetni študijski program I. stopnje Geodezija in geoinformatika

»Ta stran je namenoma prazna.«

ZAHVALA

Hvala mentorju prof. dr. Bojan Stopar za vso pomoč pri izdelavi diplomske naloge in ker mi je omogočil sodelovanje pri nekoliko večjem projektu izdelave spomenika vojakom gornikom na Bohinjski Beli, ki naj bi bil odkrit ob 100-letnici zaključka 1. svetovne vojne.

Zahvalil bi se tudi asist. Tilnu Urbančiču, ki mi je nudil stalno pomoč pri izdelavi diplomske naloge, veliko pa je prispeval tudi za uspešno izvedene meritve. Pomoč pri izdelavi same diplomske naloge in zlasti geodetskega načrta mi je nudil tudi asist. Klemen Kregar.

Zahvala gre tudi Albinu Mencinu za pomoč pri meritvah in nekaterih izračunih ter Luki Pretnarju za pomoč pri snemanju terena za potrebe geodetskega načrta.

X

Antolin, G. 2014. Analiza transf. modelov med starim in novim državnim koordinatnim sistemom za potrebe izdelave geodetskega načrta.
Dipl. nal. Ljubljana, UL FGG, Univerzitetni študijski program I. stopnje Geodezija in geoinformatika

»Ta stran je namenoma prazna.«

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA	I
IZJAVE	III
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	V
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	VII
ZAHVALA	IX
1 UVOD	1
2 KOORDINATNI SISTEM	3
2.1 Koordinatni sistem D48/GK in višinska osnova [2]	4
2.2 Koordinatna sistema ETRS89 ter D96/TM in višinska osnova [8].....	4
3 TRANSFORMACIJE KOORDINATNIH SISTEMOV [3]	6
3.1 Matematični model podobnostne transformacije trirazsežnih koordinatnih sistemov [3]	7
3.2 Izravnava transformacije [3]	8
3.3 Spletna aplikacija SiTraNet [4]	10
3.3.1 Potek transformacije v SiTraNet	11
4 PRIPRAVA PODATKOV IN ISKANJE GEODETSKIH TOČK NA TERENU	13
4.1 Iskanje in izmera trigonometričnih točk in poligonometričnih točk IV. reda	14
4.2 Iskanje in izmera navezovalnih točk in mestnih poligonometričnih točk	17
4.3 Iskanje poligonskih točk.....	20
4.4 Iskanje oslonilnih točk	21
5 IZMERA GNSS	22
5.1 Statična izmera GNSS.....	22
5.2 Praktična izvedba statične izmere GNSS	22
6 IZRAČUN TRANSFORMACIJSKIH PARAMETROV MED D96/TM IN D48/GK KOORDINATNIM SISTEMOM	25
6.1 Izračunani transformacijski parametri.....	25
6.2 Izračunani transformacijski parametri, brez upoštevanja višin	27

XII

Antolin, G. 2014. Analiza transf. modelov med starim in novim državnim koordinatnim sistemom za potrebe izdelave geodetskega načrta.
Dipl. nal. Ljubljana, UL FGG, Univerzitetni študijski program I. stopnje Geodezija in geoinformatika

6.3	Parametri celotne Slovenije	29
6.4	Parametri zahodne Slovenije	30
6.5	Parametri Gorenjske	31
7	IZDELAVA GEODETSKEGA NAČRTA	33
7.1	Meritve za potrebe izdelave geodetskega načrta	34
7.2	Izdelava geodetskega načrta	37
7.3	Določanje višine stojščnih točk s pomočjo nivelmana	37
7.4	Izmera ZK točk s statično metodo GNSS	39
8	ZAKLJUČEK	42
VIRI	44

KAZALO SLIK

Slika 1: Vojašnica na Bohinjski Beli.....	2
Slika 2: Grafični prikaz podobnostne transformacije med dvema koordinatnima sistemoma. Prvi koordinatni sistem zavrtimo okrog vsake izmed koordinatnih osi in opravimo premik enega koordinatnega izhodišča v drugega.	8
Slika 3: Postopek transformacije med starim in novim državnim koordinatnim sistemom v 3D prostoru [9].....	9
Slika 4: Vhodna stran v aplikacijo SiTraNet.....	11
Slika 5: Slika makro območja Bohinjske Bele [5]	13
Slika 6: Prikaz trigonometričnih točk in poligonometričnih točk IV. reda, pri čemer je rumeno območje del vojašnice na Bohinjski Beli	15
Slika 7: Podatki o točki 39 pridobljeni na GURS	16
Slika 8: Topografija točke 39 pridobljena na GURS	16
Slika 9: Prikaz točke 39 v naravi.....	17
Slika 10: Prikaz navezovalnih točk in mestnih poligonometričnih točk, pri čemer je rumeno območje del vojašnice na Bohinjski Beli.....	18
Slika 11: Podatki o točki 90051 pridobljeni na GURS	19
Slika 12: Topografija točke 90051 pridobljena na GURS	19
Slika 13: Prikaz točke 90051 v naravi.....	20
Slika 14: Topografija ene izmed poligonskih točk pridobljena na GURS	20
Slika 15: Izmera koordinat točke s pomočjo statične metode GNSS.....	23
Slika 16: Izmera koordinat točke s pomočjo statične metode GNSS.....	23
Slika 17: Podatki o katastru in gospodarski javni infrastrukturi prikazani v grafični obliki s pomočjo programa ArcMap (opozorilo: ta slika ni v navedenem merilu)	33
Slika 18: Meritve detajla za geodetski načrt	34
Slika 19: Meritve detajla za geodetski načrt	36
Slika 20: Meritve detajla za določitev oblike krošenj	36
Slika 21: Ekranski prikaz izdelanega geodetskega načrta v programu GeoPro	37

XIV

Antolin, G. 2014. Analiza transf. modelov med starim in novim državnim koordinatnim sistemom za potrebe izdelave geodetskega načrta.
Dipl. nal. Ljubljana, UL FGG, Univerzitetni študijski program I. stopnje Geodezija in geoinformatika

Slika 22: Prikaz reperja 5411 v naravi.....	38
Slika 23: Prikaz reperja 5411, pri čemer je rumeno območje del vojašnice na Bohinjski Beli	39
Slika 24: Izmera s statično metodo GNSS na točki MC.....	40

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Koordinate geodetskih točk v koordinatnem sistemu ETRS89 pridobljene s statičnimi GNSS meritvami in njihove standardne deviacije	24
Preglednica 2: Koordinate stabiliziranih točk v starem koordinatnem sistemu D48/GK pridobljene na Geodetski upravi RS	25
Preglednica 3: Transformacijski parametri, ki smo jih pridobili na osnovi naših meritev in podatkov z GURS	26
Preglednica 4: Numerični prikaz odstopanj danih in transformiranih koordinat v starem državnem koordinatnem sistemu D48/GK na podlagi izračunanih transformacijskih parametrov	26
Preglednica 5: Transformacijski parametri pridobljeni iz naših meritev in podatkov z GURS brez upoštevanja višin	27
Preglednica 6: Numerični prikaz odstopanj danih in transformiranih koordinat v starem državnem koordinatnem sistemu D48/GK na podlagi izračunanih transformacijskih parametrov brez upoštevanja višin	28
Preglednica 7: Transformacijski parametri celotne Slovenije	29
Preglednica 8: Transformacijski parametri zahodne Slovenije	30
Preglednica 9: Transformacijski parametri območja Gorenjske	32
Preglednica 10: Nadmorske višine reperja in dveh točk pridobljenih z metodo niveliranja	38
Preglednica 11: Koordinate točk merjenih s statično metodo GNSS podane v koordinatnem sistemu ETRS89	41

»Ta stran je namenoma prazna.«

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Grafični prikaz odstopanj danih in transformiranih koordinat v starem državnem koordinatnem sistemu D48/GK na podlagi izračunanih transformacijskih parametrov	27
Grafikon 2: Grafični prikaz odstopanj danih in transformiranih koordinat v starem državnem koordinatnem sistemu D48/GK na podlagi izračunanih transformacijskih parametrov brez upoštevanja višin	28
Grafikon 3: Grafični prikaz odstopanj danih in transformiranih koordinat v starem državnem koordinatnem sistemu D48/GK na podlagi parametrov celotne Slovenije	30
Grafikon 4: Grafični prikaz odstopanj danih in transformiranih koordinat v starem državnem koordinatnem sistemu D48/GK na podlagi parametrov zahodne Slovenije	31
Grafikon 5: Grafični prikaz odstopanj danih in transformiranih koordinat v starem državnem koordinatnem sistemu D48/GK na podlagi parametrov zahodne Slovenije	32

»Ta stran je namenoma prazna.«

SEZNAM KRATIC

3D	3 dimenzionalno, 3 razsežno
APKIM	Angl. Actual Plate KInematic Model, geodinamični model premikanja litosferskih plošč
D48/GK	Datum 1948 / Gauss-Krügerjeva projekcija – stari državni koordinatni sistem
D96/TM	Datum 1996 / Transverzalna Merkatorjeva projekcija – novi državni koordinatni sistem
ESRS	Angl. European Spatial Reference System
ETRS	Angl. European Terrestrial Reference System
EUREF	Angl. European Reference Frame
EVRS	Angl. European Vertical Reference System
GNSS	Angl. Global Navigation Satellite System
GPS	Angl. Global Positioning System
GURS	Geodetska uprava Republike Slovenije
NUVEL	Angl. Northwestern University VELOCITY, geodinamični model premikanja litosferskih plošč
NVN	Nivelman visoke natančnosti
UL FGG	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
ZK	Zemljiški kataster, zemljiško katastrski

»Ta stran je namenoma prazna.«

1 UVOD

Do 1.1.2008 je bil vsem geodetskim točkam, vsej gospodarski javni infrastrukturi in vsem nepremičninam določen položaj v starem državnem koordinatnem sistemu D48/GK. Od tedaj naprej pa je v Republiki Sloveniji za evidentiranje nepremičnin v veljavi novi državni horizontalni koordinatni sistem D96/TM, medtem ko se vsa druga stanja v prostoru še vedno evidentirajo v starem državnem horizontalnem koordinatnem sistemu D48/GK. Novi horizontalni sistem D96/TM se je razvil na podlagi evropskega horizontalnega koordinatnega sistema ETRS89. Ta koordinatni sistem je prišel v veljavo z namenom, da se za celotno Evropo poenoti način določanja in uporabe koordinat vseh pojavov in stanj v prostoru. Pojav tehnologij GNSS, interneta, mobilnih komunikacijskih sistemov in spremenjene politične okoliščine, danes zahtevajo določitev koordinat v enotnem koordinatnem sistemu, veljavnem za celotno Zemljo. To je razlog, da je pomembnost starega slovenskega državnega koordinatnega sistema postala manjša. Seveda pa se zaradi uvedbe novega sistema ne bo ponovno izvajalo vseh meritev, temveč se bodo obstoječe (stare) koordinate transformirale v nove kjer bo to le mogoče. Za določitev transformacijskih parametrov in izvedbo transformacije je potrebno pridobiti točke s koordinatami v obeh koordinatnih sistemih. Temeljnim geodetskim točkam višjih redov, ki so imele koordinate določene v D48/GK koordinatnem sistemu so tako določili koordinate tudi v koordinatnem sistemu D96/TM. Za večja območja so bili z uporabo obeh vrst koordinat določeni transformacijski parametri, kar pa za potrebe visoke natančnosti ni dovolj dobro. Transformacijski parametri se krajevno spreminjajo, zato jih je najbolje določiti za manjše območje. Če želimo na nekem območju opraviti kakovostno transformacijo, moramo sami določiti transformacijske parametre. Torej moramo poiskati dobro stabilizirane geodetske točke višjih redov, ki imajo znane koordinate v starem državnem koordinatnem sistemu, in jim z metodo GNSS določiti koordinate v novem državnem koordinatnem sistemu. Preveriti moramo kakovost transformacije, ki večinoma temelji na odstopanjih med podanimi in transformiranimi koordinatami. Če so odstopanja prevelika, imamo opravka s koordinatami točk preslabe kakovosti, zato moramo transformacijske parametre določiti z uporabo drugih identičnih točk.

V nalogi smo določili transformacijske parametre med D48/GK in D96/TM za območje Bohinjske Bele. V okolici smo poiskali dobro stabilizirane in označene točke geodetskih mrež, katerih koordinate v starem koordinatnem sistemu smo pridobili iz arhiva GURS-a. S statično metodo GNSS smo določili koordinate v koordinatnem sistemu ETRS89. Opravili smo izračun transformacijskih parametrov za to območje in analizirali odstopanja danih in transformiranih koordinat. Naredili smo tudi primerjavo s transformacijskimi parametri, ki smo jih pridobili na spletni aplikaciji SiTraNet. Izvedli smo tudi meritve s pomočjo katerih smo izdelali geodetski načrt dela vojašnice na Bohinjski Beli. Geodetski načrt smo sicer izdelali v lokalnem koordinatnem sistemu, na samem območju smo s

statično metodo GNSS določili koordinate 13 točkam za morebitni kasnejši vklop v star državni koordinatni sistem. Pomemben sestavni del geodetskega načrta je tudi višinska situacija, ki smo jo na obravnavanem območju zagotovili s pomočjo nivelmana.



Slika 1: Vojašnica na Bohinjski Beli

2 KOORDINATNI SISTEM

Ena izmed glavnih nalog geodezije je pridobitev in upravljanje s prostorskimi podatki. Če želimo te podatke locirati in povezovati, jih moramo obravnavati v koordinatnem sistemu.

Koordinatni sistem je skupek pravil, ki nam pove kako dodelujemo koordinate neki točki. Koordinata je eno izmed števil, ki nam podaja položaj točke v koordinatnem sistemu. Same točke predstavljajo objekte ali pojave iz narave. Koordinate so relativne količine, saj so odvisne od koordinatnega sistema. V geodeziji pridejo v poštev eno-, dvo- in tridimenzionalni koordinatni sistemi. Včasih se uporablja tudi četrta dimenzija, ki jo uporabimo za opis spreminjanja lege točke v prostoru.

Vzpostavitev koordinatnega sistema je sestavljena iz dveh korakov [10]:

- teoretične definicije koordinatnega sistema in
- povezave teoretično definirane koordinatnega sistema s fizičnim objektom.

Prvi korak vzpostavitve koordinatnega sistema predstavlja dogovor o [10]:

- razsežnosti koordinatnega sistema (eno-, dvo-, tri- ali večrazsežen koordinatni sistem),
- tipu koordinat (linijske, kotne, kotno-linijske,...),
- položaju izhodišča koordinatnega sistema (topocentričen, geocentričen,...),
- orientaciji koordinatnih osi in
- merilu (enoti) posameznih koordinat.

Ta teoretično definiran koordinatni sistem je potrebno še praktično realizirati in povezati s fizičnim telesom Zemlje. Koordinatni sistem praktično realiziramo s pomočjo trajno stabiliziranih geodetskih točk na površju Zemlje, ki jim določimo koordinate v koordinatnem sistemu. Tako praktično realiziran koordinatni sistem imenujemo koordinatni sestav.

Dodaten problem pa je, ker se te točke na zemeljskem površju nenehno premikajo. Za opis teh geodinamičnih dogajanj imamo določene globalne geodinamične modele, kot so NUVEL, APKIM ipd. Za opis lokalnih geodinamičnih dogajanj pa moramo poznati lokalno spreminjanje položajev točk.

V Sloveniji sta od 1. januarja 2008 v uporabi dva državna koordinatna referenčna sistema. Star državni koordinatni sistem Slovenije je nastal po 2. svetovni vojni kot del državnega koordinatnega sistema bivše Jugoslavije. Vzpostavljanje novega, kakovostnejšega koordinatnega referenčnega sistema se je začelo že v prvi polovici 90. let prejšnjega stoletja. Posledica vse večjih zahtev glede kakovosti georeferenciranja prostorskih podatkov in nove možnosti, ki so jih prinesle nove tehnologije izmere (GNSS), pa tudi zahteve po povezljivosti prostorskih podatkov na mednarodni ravni in njihove

interoperabilnosti so vodile v postopen prehod na skupen evropski prostorski referenčni sistem (ESRS) [2].

Slovenski državni koordinatni sistem je realiziran s tremi skupinami temeljnih geodetskih mrež [10]:

- položajna temeljna geodetska mreža, ki jo uporabljamo za določitev horizontalnih koordinat točk,
- višinska temeljna geodetska mreža, ki jo uporabljamo za določitev »nadmorske« višine točk,
- temeljna gravimetrična mreža, ki se uporablja za ustrezno obravnavo višin v okviru višinske temeljne geodetske mreže.

2.1 Koordinatni sistem D48/GK in višinska osnova [2]

Stari državni geodetski datum Slovenije je razdeljen na horizontalni in višinski sistem. Horizontalni sistem temelji na Besslovem elipsoidu iz leta 1841 ter koordinatah, določenih v okviru slovenske astro-geodetske mreže, določenih na osnovi geodetskih opazovanj do leta 1948. Besslov elipsoid je lokalni elipsoid, ki se optimalno prilega geoidu na območju srednje Evrope. Izhodiščna točka slovenske astro-geodetske mreže je izhodiščna točka astro-geodetske mreže Avstro-ogrske monarhije Hermannskogel pri Dunaju, Avstrija.

Stari horizontalni državni koordinatni sistem Slovenije je ravninski pravokotni koordinatni sistem v ravnini Gauß-Krügerjeve projekcije meridianskih con na Besslovem elipsoidu. Višinsko osnovo zagotavljata državna nivelmanska in gravimetrična mreža točk, ki se navezujeta na višinski datum Trst. Višine, ki se uporabljajo so normalne ortometrične višine (H).

Star horizontalni državni koordinatni sistem D48/GK je bil uraden koordinatni sistem za vse potrebe do uvedbe novega koordinatnega sistema D96/TM, ki je od 1. 1. 2008. Uraden koordinatni sistem za potrebe evidentiranja nepremičnin.

2.2 Koordinatna sistema ETRS89 ter D96/TM in višinska osnova [8]

Novi horizontalni državni koordinatni sistem D96/TM, predstavlja slovensko realizacijo evropskega koordinatnega sistema ETRS89, ki ga je definirala komisija EUREF. Koordinatni sistem ETRS je bil sprejet leta 1989 na podlagi prve enotne evropske izmere GPS. Ta koordinatni sistem naj bi predstavljal osnovo evropskim horizontalnim koordinatnim sistemom. Definirati pa je bilo potrebno tudi višinski koordinatni sistem, ki se imenuje EVRS. Oba sistema skupaj sestavljata ESRS, ki je homogena, natančna in stabilna osnova za vse geodetske in druge potrebe. Slovenska različica D96 je nastala v okviru mednarodne izmere GPS v letih 1994, 1995 in 1996. Srednji trenutek (epoha) opazovanj GPS v teh meritvah je bil 1995,55 od koder izhaja tudi ime koordinatnega sistema (D96). Za praktične potrebe, je potrebno površino referenčnega elipsoida preslikati na ravnino kartografske

projekcije. V tem primeru se je uporabila transverzalna (prečna) Mercatorjeva projekcija (od tod tudi polno ime D96/TM), ki ima centralni meridian, širino cone in faktor modulacije enak kot GK projekcija.

Kot referenčni elipsoid za koordinatni sistem ETRS89 in tudi D96/TM je bil izbran elipsoid GRS80. To je globalni elipsoid, katerega razsežnosti so določene tako, da kar najbolj aproksimira Zemljo v celoti. Posledica tega pa je, da ploskev tega elipsoida na območju Slovenije za več kot 40 metrov odstopa od ploskve geoida.

Zaradi globalnih geodinamičnih vzrokov so se položaji točk od časa izvedbe izmere v 1994, 1995 in 1996 do danes spremenili za pribl. 15 cm. Za večino aplikacij, kot tudi za običajno uporabo v geodetski praksi, pa lahko koordinate točk obravnavamo kot konstantne v času [10].

Trenutno se v Sloveniji v vzpostavlja novi višinski sistem. Izvajajo se meritve za vzpostavitev nove mreže nivelmanskih in gravimetričnih točk ter za določitev novega modela geoida in kvazigeoida.

3 TRANSFORMACIJE KOORDINATNIH SISTEMOV [3]

Ko govorimo o transformacijah med koordinatnimi sistemi, mislimo predvsem na transformacije med pravokotnimi koordinatnimi sistemi. V praksi se transformacije trirazsežnih koordinatnih sistemov izvajajo med terestričnimi in klasičnimi geodetskimi koordinatnimi sistemi. Te naloge so dobile velik pomen z uveljavitvijo tehnologije GNSS, s katero so postale naloge transformacij med globalnimi, regionalnimi in lokalnimi koordinatnimi sistemi vse pomembnejše. V transformacijah dvorazsežnih koordinatnih sistemov, se običajno uporabljajo pravokotne ravninske koordinate točk (y, x) GK projekcije ali horizontalne koordinate točk v lokalnih geodetskih koordinatnih sistemih. Ko pa govorimo o transformacijah trirazsežnih koordinatnih sistemov pa potrebujemo pravokotne trirazsežne koordinate (X, Y, Z) , ki jih pridobimo iz elipsoidnih koordinat (ϕ, λ, h) točk. Elipsoidne koordinate pridobimo z obdelavo meritev GNSS, lahko pa tudi z združitvijo ravninskih koordinat (ϕ, λ) in elipsoidne višine (h) . V geodeziji praviloma uporabljamo višine v težnostnem polju Zemlje, zato namesto elipsoidne višine uporabljamo ortometrične, normalne ortometrične ali normalne višine (H) .

Sama transformacija pomeni vzpostavitev matematične povezave med dvema koordinatnima sistemoma. Za transformacijo trirazsežnih koordinatnih sistemov obstaja več različnih modelov. Model izberemo na podlagi njegovih lastnosti in želenih lastnosti transformiranih koordinat točk. Te lastnosti nam opisujejo transformacijski parametri. Te parametre imamo lahko določene predhodno ali pa jih določimo sami na podlagi točk, s koordinatami danimi v obeh koordinatnih sistemih (vezne točke).

V geodeziji uporabljamo naslednje transformacije koordinatnih sistemov:

- **afina transformacija** transformira preme linije v preme linije in ohranja vzporednost. V splošnem pa se spremeni velikost, oblika, položaj in orientacija linij v koordinatnem sistemu. Merilo je odvisno od smeri linije v koordinatnem sistemu.
- **podobnostna transformacija** transformira preme linije v preme linije in ohranja kote. Merilo je neodvisno od smeri linije, dolžine linij in položaji točk v koordinatnem sistemu pa se lahko spremenijo.
- **ortogonalna transformacija** je podobnostna transformacija, pri kateri je merilo enako enoti. Koti in razdalje med točkami se ne spremenijo, spremenijo se položaji točk v koordinatnem sistemu.

Obstaja več različnih kriterijev, na podlagi katerih se odločimo za neko vrsto transformacije, ti pa večinoma temeljijo na predpostavkah. Za določeno transformacijo se pogosto odločimo na podlagi razmerja med številom transformacijskih parametrov in številom koordinat točk, ki imajo koordinate določene v obeh koordinatnih sistemih. Najbolj pogosta transformacija v geodeziji je med

koordinatnim sistemom ETRS89 oziroma D96/TM in državnim koordinatnim sistemom D48/GK. V tem primeru se uporablja podobnostna transformacija v dvo- ali trirazsežnem prostoru. To pomeni, da je v dvorazsežnem primeru povezava med obema koordinatnima sistemoma podana s štirimi, v primeru trirazsežnega prostora pa s sedmimi transformacijskimi parametri. Transformacijski parametri v dvo-razsežnem prostoru so:

- 2 premika (1 premik v smeri vsake izmed koordinatnih osi),
- 1 zasuk in
- ena enota merila, ki pove razmerje enot dolžin med koordinatnima sistemoma.

V tri-razsežnem prostoru pa:

- 3 premiki (1 premik v smeri vsake izmed koordinatnih osi),
- 3 zasuki (1 zasuk okoli vsake izmed koordinatnih osi) in
- Ena enota merila, ki pove razmerje enot dolžin med koordinatnima sistemoma.

Ta transformacija se uporablja, ker imata koordinatna sistema različni izhodišči, različno orientacijo koordinatnih osi in različno merilo. Seveda tu moramo predpostaviti, da v koordinatnih sistemih ni sistematičnih deformacij, saj podobnostna transformacija odstranjuje lokalne deformacije merila in orientacije, kar pa ni vedno možno predpostaviti.

3.1 Matematični model podobnostne transformacije trirazsežnih koordinatnih sistemov [3]

Funkcionalni model podobnostne transformacije med dvema trirazsežnima pravokotnima koordinatnima sistemoma je podan z izrazom (pri čemer transformiramo 2. koordinatni sistem v 1. koordinatni sistem):

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{bmatrix} + (1 + \varepsilon_S) \cdot R \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{bmatrix},$$

pri čemer so Δx , Δy in Δz premiki 1. koordinatnega sistema v smeri izbranih koordinatnih osi, ε_S kvocient spremembe merila 1. koordinatnega sistema ter R ortogonalna rotacijska matrika. Rotacijska matrika R je sestavljena kot produkt rotacijskih matrik okoli izbranih koordinatnih osi. V primeru, ko je koordinatni sistem desnosučen, je kot zasuka pozitiven v proti urni smeri. Obratno velja za levosučen koordinatni sistem (glej Sliko 2). Najpogostejša oblika rotacijske matrike je t.i. kardanska rotacijska matrika, ki jo dobimo z množenjem rotacijskih matrik v naslednjem vrstnem redu:

$$R = R_z(\omega) \cdot R_y(\psi) \cdot R_x(\varepsilon),$$

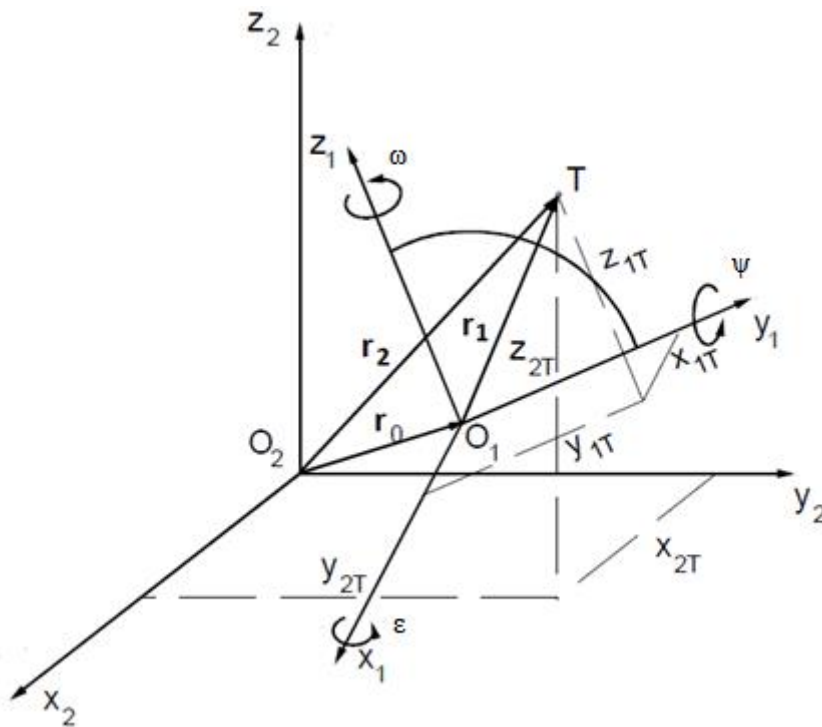
pri čemer je ω rotacija okoli osi z , ψ rotacija okoli osi y in ε rotacija okoli osi x .

Rotacijske matrike so definirane kot:

$$R_z(\omega) = \begin{bmatrix} \cos\omega & \sin\omega & 0 \\ -\sin\omega & \cos\omega & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; R_y(\psi) = \begin{bmatrix} \cos\psi & 0 & -\sin\psi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\psi & 0 & \cos\psi \end{bmatrix}; R_x(\varepsilon) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\varepsilon & \sin\varepsilon \\ 0 & -\sin\varepsilon & \cos\varepsilon \end{bmatrix}$$

Vrstni red rotacij okoli posameznih koordinatnih osi je pomemben, razen, če gre za majhne kote zasukov. V tem primeru se uporablja približna kardanska rotacijska matrika, ki se uporablja za vrednosti kotov zasukov do 10", ki jih obravnavamo v radianih.

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



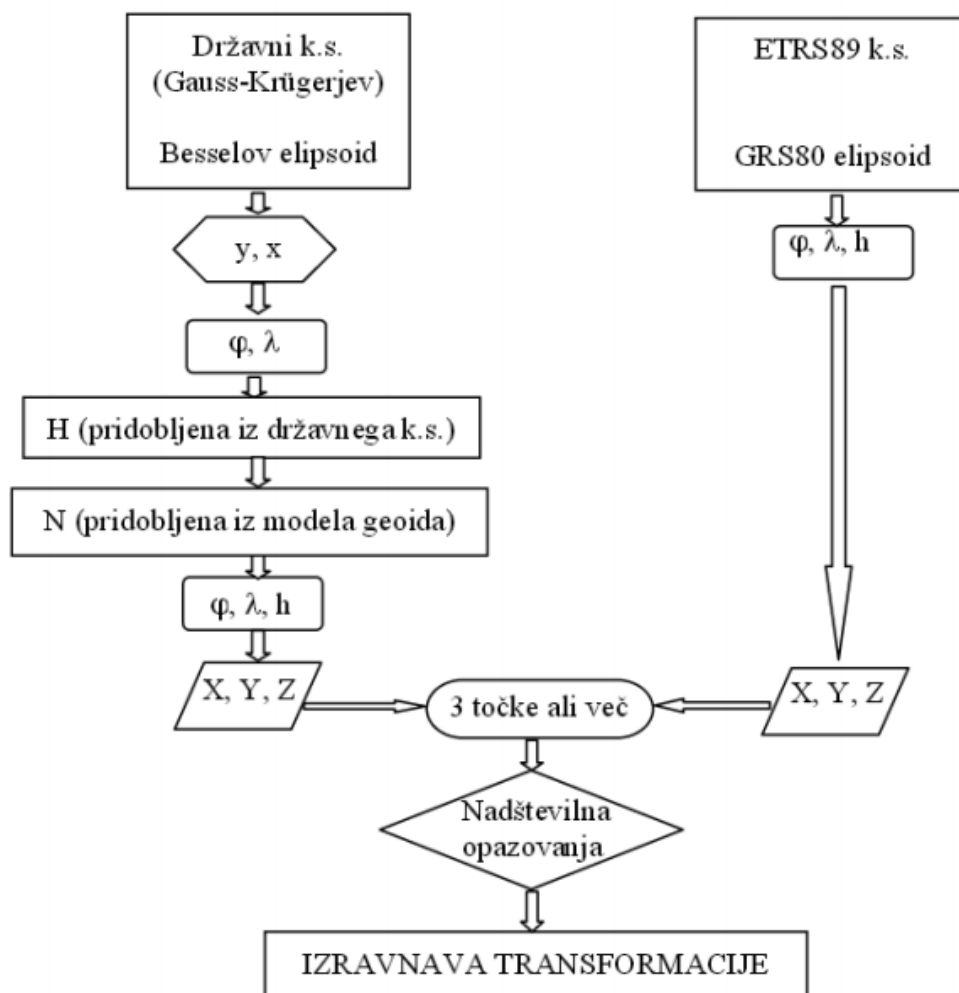
Slika 2: Grafični prikaz podobnostne transformacije med dvema koordinatnima sistemoma. Prvi koordinatni sistem zavrtimo okrog vsake izmed koordinatnih osi in opravimo premik enega koordinatnega izhodišča v drugega.

3.2 Izravnava transformacije [3]

Najbolj primeren za izravnavo transformacije je splošni model izravnave, saj omogoča ustrezno obravnavo opazovanj kot tudi neznanek. Koordinate točk, ki imajo koordinate, dane v obeh koordinatnih sistemih, obravnavamo kot opazovanja s podano informacijo o natančnosti, neznanke pa so transformacijski parametri.

Po izravnavi dobimo dva niza koordinat povezana z ocenjenimi vrednostmi transformacijskih parametrov. Pomembna in praktično zelo uporabna lastnost izravnave transformacije je, da se lastnosti

posameznega koordinatnega sistema vključenega v transformacijo ne spremenijo. Spremenijo pa se koordinate, ter dolžine in koti med točkami v koordinatnih sistemih.



Slika 3: Postopek transformacije med starim in novim državnim koordinatnim sistemom v 3D prostoru [9].

Postopek izračuna transformacijskih parametrov z izravnavo transformacije (glej Sliko 3):

- vhodni podatki morajo biti vsaj 3 točke s koordinatami v obeh koordinatnih sistemih; (y_{GK} , x_{GK}) za D48 koordinatni sistem in (ϕ , λ , h) za ETRS89 koordinatni sistem,
- iz koordinat y_{GK} , x_{GK} izračunamo koordinate točk na površini Besselovega elipsoida,
- iz elipsoidnih koordinat točk na površini Besselovega elipsoida in elipsoida GRS80 izračunamo trirazsežne kartezične koordinate (X , Y , Z),
- v sami izravnavi se določijo optimalni transformacijski parametri (3 premiki, 3 zasuki in 1 sprememba merila),

- z izračunanimi (ocenjenimi) vrednostmi transformacijskih parametrov se izračunajo transformirane koordinate točk v končnem koordinatnem sistemu,
- transformirane koordinate v končni koordinatni sistem se primerjajo z danimi v končnem koordinatnem sistemu,
- na osnovi razlik koordinat se odločimo o ustreznosti pridobljenih rezultatov izravnave transformacije.

3.3 Spletna aplikacija SiTraNet [4]

Zelo pomemben del pri izdelavi diplomske naloge je bil spletni portal SiTraNet, ki sta ga izdelala asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski in prof. dr. Bojan Stopar. Program se uporablja za izvedbo naslednjih nalog:

1. transformacijo koordinat 3- in 2- razsežnih koordinatnih sistemov v geodeziji, na osnovi predhodno določenih transformacijskih parametrov,
2. izravnavo transformacije med 3- in 2- razsežnimi koordinatnimi sistemi v geodeziji,
3. pretvorba med različnimi vrstami koordinat glede na različne referenčne elipsoide,
4. interpolacijo absolutnega modela geoida in preračun višin.

Spletna aplikacija omogoča transformiranje koordinat iz 1. koordinatnega sistema v 2. koordinatni sistem. Pri tem potrebujemo le koordinate v 1. koordinatnem sistemu in izbrati ustrezne transformacijske parametre iz nabora v programu ali pa pridobljene iz drugega vira.

Program potrebuje za izvajanje izravnave transformacije točke s koordinatami v obeh koordinatnih sistemih. Za izračun izravnave 7-parametrične 3D transformacije potrebuje vsaj 3 vezne točke (imajo koordinate v obeh sistemih). Če je transformacija ravninska (2D), potem potrebujemo več kot 2 vezni točki za 4- parametrični in več kot 3 točke za 6-parametrično transformacijo.

Pretvorba koordinat predstavlja preračun med različnimi vrstami koordinat v istem koordinatnem sistemu in glede na isti rotacijski elipsoid. V programu je mogoče izvajati pretvorbe med različnimi koordinatami na elipsoidih: GRS80 (ETRS89 – D96), WGS84 in Bessel. Pretvorbe omogočajo izračun pravokotnih, elipsoidnih in ravninskih koordinat.

V različnih praktičnih nalogah, se uporablja tako elipsoidna višina h kot tudi nadmorska višina H . Višini sta med seboj povezani z enačbo:

$$h = H + N,$$

kjer je N geoidna višina in predstavlja višino geoida nad elipsoidom v neki točki. Program izračuna geoidno višino na podlagi bilinearne interpolacije absolutnega modela geoida Republike Slovenije.



Slika 4: Vhodna stran v aplikacijo SiTraNet

3.3.1 Potek transformacije v SiTraNet

Transformacija v aplikaciji SiTraNet poteka v naslednjih korakih:

- I. Izberemo vrsto transformacije (7-, 4- ali 6-parametrična transformacija),
- II. izberemo začetni datum in končni datum transformacije,
- III. izbira vrste transformiranih koordinat,
- IV. nastavitve zelenih parametrov izračuna;

V programu lahko računamo transformacijske parametre, kot tudi transformirane koordinate.

Za izračun imamo 3 opcije:

- Izračun parametrov in koordinat: kjer določimo transformacijske parametre na podlagi veznih točk, transformirane koordinate vseh točk, merila kakovosti transformacije, ugotovitev prisotnosti grobih pogreškov, primerjavo danih in transformiranih koordinat, verjetnostno porazdelitev odstopanj.
- Izračun transformiranih koordinat: kjer dobimo transformirane koordinate na podlagi predhodno izračunanih in v program vključenih transformacijskih parametrov.
- Izračun samo transformacijskih parametrov: kjer dobimo samo transformacijske parametre na osnovi koordinat veznih točk.

- V. višine v transformaciji (le za primer 3D transformacije);

V tem primeru lahko upoštevamo višine veznih točk ali pa jih izenačimo z 0 ($h=0$, $H=0$).

Višine transformiranih točk lahko pridobimo s pomočjo modela geoida ali pa se izračunajo v postopku transformacije. Tako imamo naslednje možnosti:

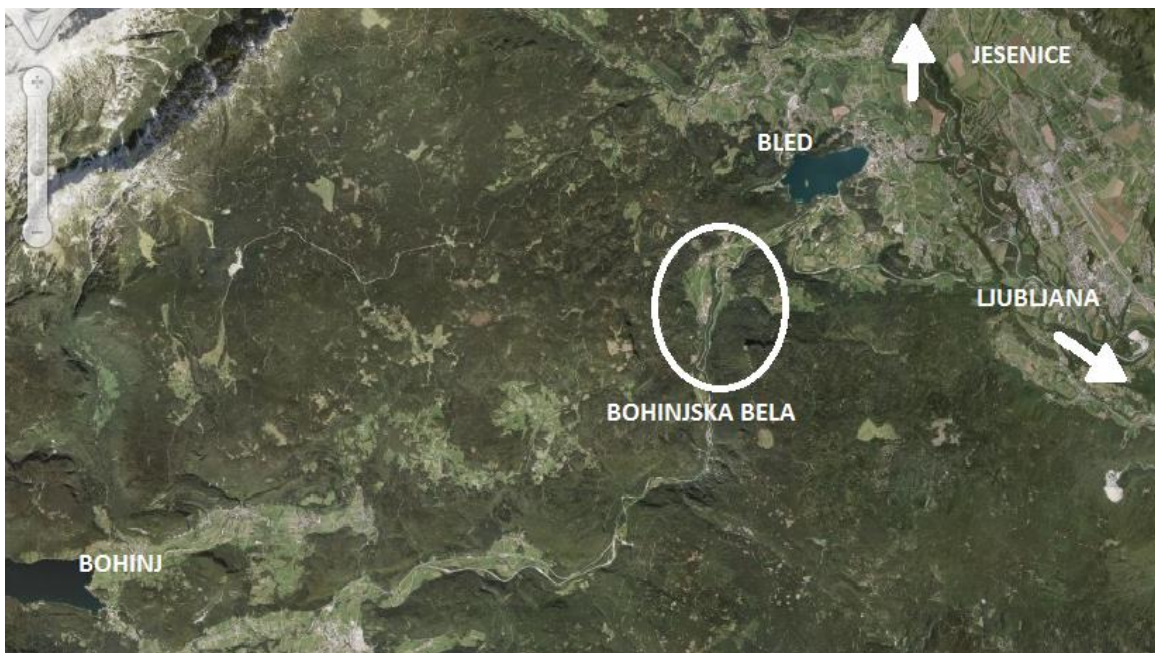
- $h=0, H=0 \mid H(\text{tr})=h-N$: Višine veznih točk se izenačijo z 0, nadmorske višine transformiranih točk se izračunajo z uporabo elipsoidnih višin in izračuna geoidne višine (N).
- $h, H \mid H(\text{tr})=h-N$: Upoštevajo se višine veznih točk, nadmorske višine transformiranih točk se izračunajo z uporabo elipsoidnih višin in izračunane geoidne višine (N).
- $h, H \mid H(\text{tr})$: Upoštevajo se višine veznih točk, nadmorske višine transformiranih točk se izračunajo v postopku transformacije.

VI. izračun in izpis rezultatov.

Spletna aplikacija nam je bila v veliko pomoč, saj nam ni bilo potrebno izdelati lastnih programov za transformacijo. V aplikacijo so tudi že vključeni različni nizi transformacijskih parametrov, ki smo jih lahko uporabili za primerjavo rezultatov.

4 PRIPRAVA PODATKOV IN ISKANJE GEODETSKIH TOČK NA TERENU

Naša primarna naloga je izračun optimalnih transformacijskih parametrov med starim in novim državnim koordinatnim sistemom za območje Bohinjske Bele. Za izračun parametrov so potrebne točke s poznanimi koordinatami v obeh koordinatnih sistemih. Z arhiva GURS smo pridobili topografije geodetskih točk, ki imajo podane horizontalne koordinate v starem koordinatnem sistemu D48/GK in nadmorske višine. Koordinate teh točk smo v novem koordinatnem sistemu smo pridobili s pomočjo izmere GNSS.



Slika 5: Slika makro območja Bohinjske Bele [5]

Izračunane transformacijske parametre smo nato uporabili za izdelavo geodetskega načrta na območju dela vojašnice na Bohinjski Beli. Geodetski načrt smo izdelali za potrebe načrtovanja spomenika vojaku gornikom, ki bo postavljen na območju vojašnice. Geodetski načrt je potrebno izdelati v starem državnem koordinatnem sistemu, zato smo izdelali seznam geodetskih točk, ki se nahajajo okoli obravnavanega območja. Z arhiva GURS smo dobili podatke o štirih različnih vrstah geodetskih točk v širši okolici območja izdelave geodetskega načrta:

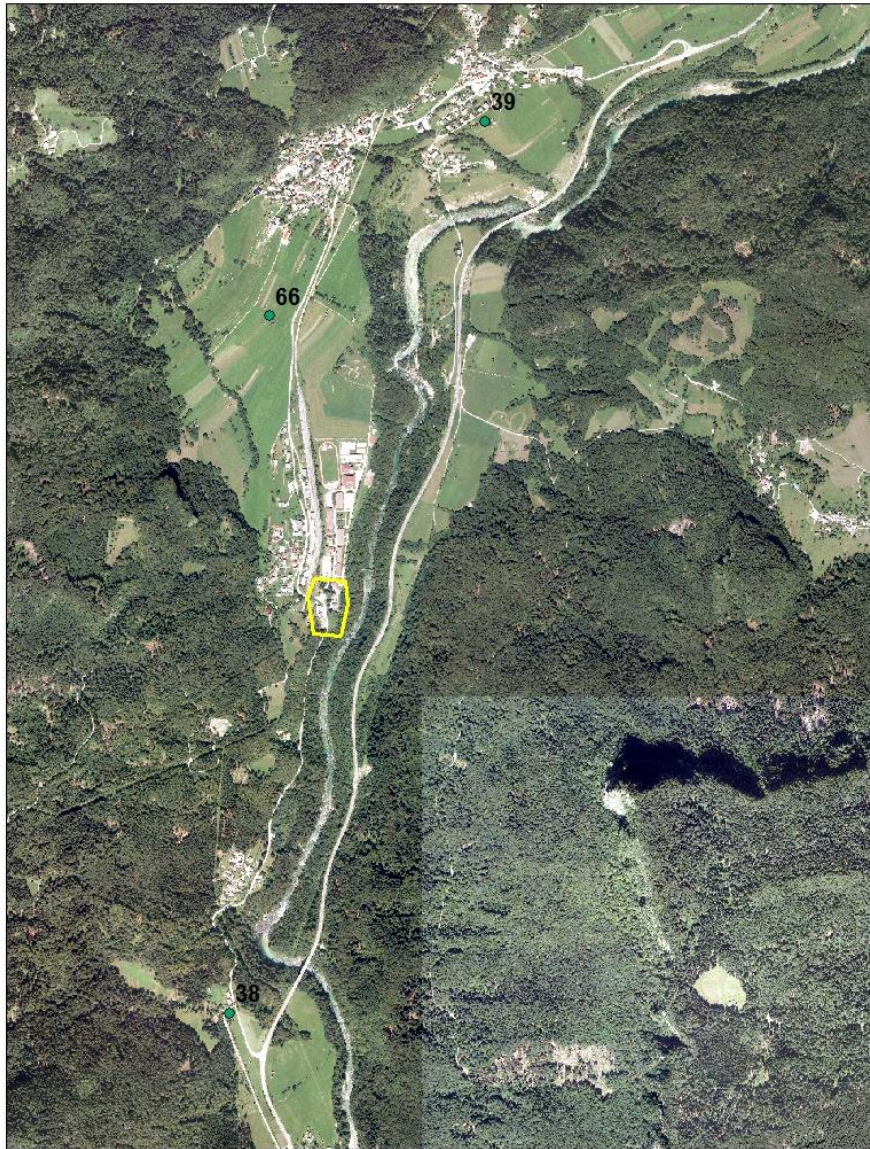
- trigonometrične in poligonometrične točke IV. reda,
- navezovalne točke in mestne poligonometrične točke,
- poligonske točke in
- oslonilne točke.

Naša naloga je bila vzpostavitev koordinatne osnove za potrebe izdelave geodetskega načrta. Potrebovali smo torej geodetske točke v starem koordinatnem sistemu na območju vojašnice Bohinjska Bela. Ker v neposredni bližini območja načrta ni bilo ohranjenih geodetskih točk s koordinatami v starem koordinatnem sistemu, smo se odločili, da opravimo izmero GNSS na obstoječih geodetskih točkah na širšem območju ter tako pridobili koordinate teh točk še v novem koordinatnem sistemu. Relacijo med obema sistemoma bi nato vzpostavili z uporabo koordinat točk, ki imajo koordinate določene v obeh sistemih. Za določitev relacije med obema koordinatnima sistemoma smo izbrali geodetske točke, ki so bile primerne za izvedbo transformacije in tudi za izmero GNSS.

Bohinjska Bela se nahaja znotraj doline. Kar nekaj geodetskih točk se nahaja na višje ležečih predelih nad dolino. Te točke za nas niso primerne, saj so težko dostopne in se nahajajo sredi gozda (težka izvedba meritev GNSS). Ko smo na osnovi topografij naredili izbor primernih točk, jih je bilo potrebno poiskati na terenu. Pri tem smo si pomagali s topografijami in instrumentom GNSS. Ker imamo podane koordinate v koordinatnem sistemu D48/GK, lahko s pomočjo funkcije »Zakoličba« z instrumentom najdemo približno lokacijo iskanih točk. Na osnovi opazovanj GNSS določamo koordinate v novem koordinatnem sistemu, zato je treba predhodno opraviti transformacijo iz starega v nov sistem. Pri tem uporabimo transformacijske parametre, ki so bili predhodno že pridobljeni. Ker točke zgolj odkrivamo, ne potrebujemo transformacijskih parametrov najboljše kakovosti. Za izračun lastnih transformacijskih parametrov moramo na terenu poiskati vsaj 3 točke, seveda pa je bolje, če najdemo več točk. S tem lahko opravimo izravnavo transformacije in naredimo oceno kakovosti podobnostne transformacije v tri-razsežnem prostoru.

4.1 Iskanje in izmera trigonometričnih točk in poligonometričnih točk IV. reda

Pred samim odhodom na teren smo določili, da bi za nadaljnjo uporabo lahko bile primerne 4 točke iz te skupine. To so točke 38, 39, 66 in 535. Prve 3 točke so bile stabilizirane leta 1947 z betonskimi kamni dimenzij 0,20 m x 0,20 m x 0,60 m, medtem ko je bila točka 535 stabilizirana leta 1965 z betonskim kamnom dimenzij 0,15 m x 0,15 m x 0,68 m. Po ogledu na terenu smo ugotovili, da sta točki 38 in 39 lepo ohranjeni ter primerni za izmero, pri točki 66 se je že nekoliko slabo videl križ, točka 535 pa se nahaja sredi gozda in je na neprimerni lokaciji za naše potrebe. S statično izmero GNSS smo torej opravili izmero točk 38, 39 in 66 (glej Sliko 6).



Slika 6: Prikaz trigonometričnih točk in poligonometričnih točk IV. reda, pri čemer je rumeno območje del vojašnice na Bohinjski Beli



Uporabnik: GSTEBE

Transakcijska številka:

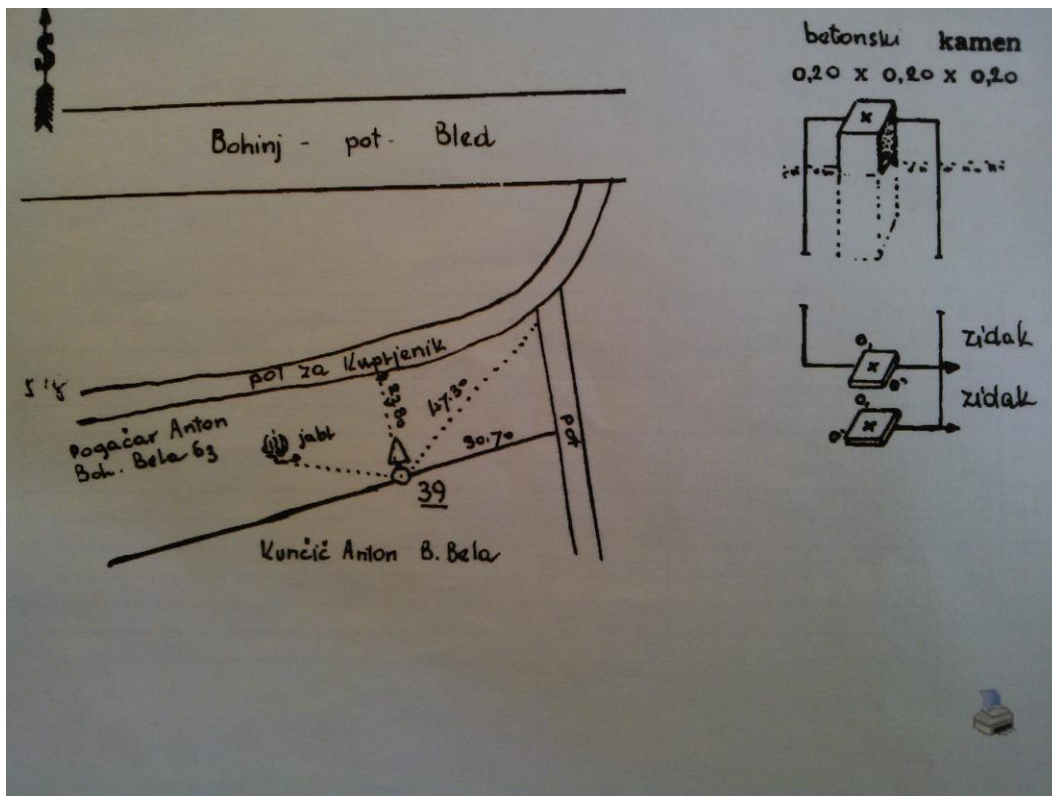
Ponedeljek, 25 Avgust, 2014
8:46:50

Katastrska občina: 2194
Št. točke: 39

Šifra katastrske občine	2194	Šifra statusa točke	0 - Brez posebnega statusa
Ime katastrske občine	BOHINSKA BELA	Šifra lastnosti točke	0 - Ni dodatne lastnosti
Šifra za red, vrsto mreže	4 - Trigonometrična in poligonometrična točka IV. reda	Šifra stabilizacije točke	1 - Betonski, granitni kamen
Št. točke	39	Šifra postavljalca točke	VGI - Betonski, granitni kamen
Oznaka točke	Z0	Leto določitve Y in X	1947
Ladinsko ime	-	Leto določitve H	1947
Sosednja katastrska občina	-	Ime točke	-
Šifra trigonometričnega okraja	4 - JESENICE	Datum zadnje uporabe	-
Koordinata Y	428564.27	Št. vloge	90112000011998
Koordinata X	134250.92	Datum vnosa v bazo	17.08.1998
Nadmorska višina H	475.405	Opomba	-
Metoda določitve Y in X	5 - Triangulacija	List TTN5	5 C 26-39
Metoda določitve H	1 - Niveliranje	List TK25	012-1-3
Podatki o topografiji	10002639		

Podatki o topografiji:

Slika 7: Podatki o točki 39 pridobljeni na GURS



Slika 8: Topografija točke 39 pridobljena na GURS





Slika 9: Prikaz točke 39 v naravi

4.2 Iskanje in izmera navezovalnih točk in mestnih poligonometričnih točk

Izmed točk iz te skupine smo ocenili, da bi lahko za naše potrebe ustrezali 2 točki. To sta točki 90051 in 90052. Stabilizirani sta bili leta 1990 kot betonska kamna dimenzij 0,12 m x 0,12 m x 0,50 m s čepoma in označeni z betonskima ploščama dimenzij 0,64 m x 0,64 m x 0,04 m. Po ogledu na terenu smo našli obe točki in na obeh opravili izmero GNSS (glej Sliko 10). Točka 90052 se nahaja med drevesi, vendar med meritvami na njej ni bilo težav.



Slika 10: Prikaz navezovalnih točk in mestnih poligonometričnih točk, pri čemer je rumeno območje del vojašnice na Bohinjski Beli.

Uporabnik: GSTEBE
 Transakcijska številka: 1100412976655

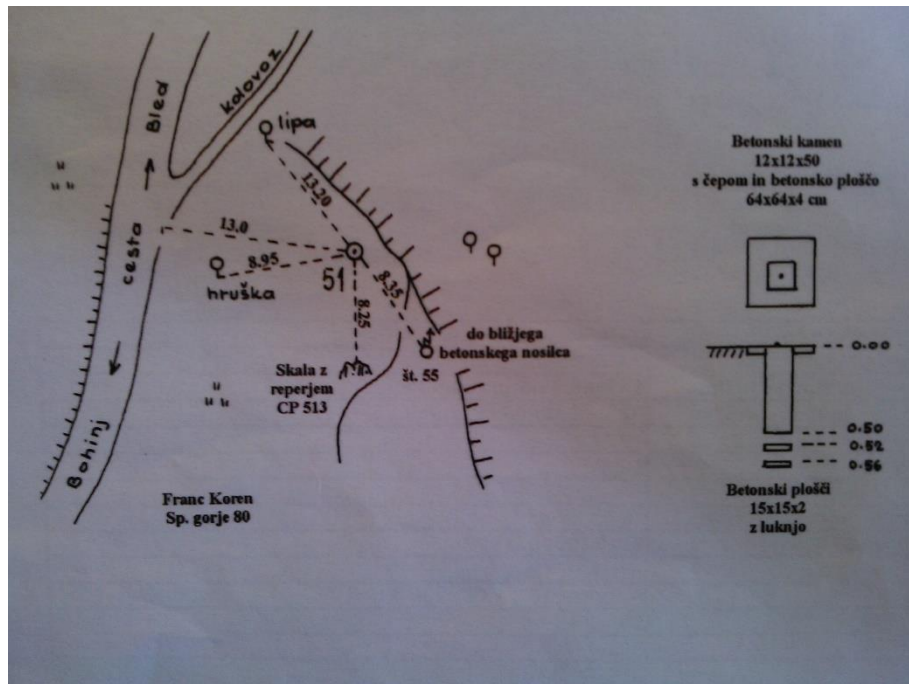
Ponedeljek, 25 Avgust, 2014
8:48:17

Katastrska občina: 2194
Št. točke: 90051

Sifra katastrske občine	2194	Sifra statusa točke	0 - Brez posebnega statusa
Ime katastrske občine	BOHINJSKA BELA	Sifra lastnosti točke	0 - Ni dodatne lastnosti
Sifra za red, vrsto mreže	5 - Navezovalna točka in mestna poligonometrična točka	Sifra stabilizacije točke	1 - Betonski, granitni kamen
Št. točke	90051	Sifra postavljalca točke	GZS - Betonski, granitni kamen
Oznaka točke	Z0	Leto določitve Y in X	1990
Letinsko ime	GOLIČE	Leto določitve H	1990
Sosednja katastrska občina	-	Ime točke	-
Sifra trigonometričnega okraja	4 - JESENICE	Datum zadnje uporabe	16.11.2005
Koordinata Y	429431.5	Št. vloge	90112000011998
Koordinata X	134569.38	Datum vnosa v bazo	-
Nadmorska višina H	459.096	Opomba	Odkrita, 16.11.05 OGU Kranj
Metoda določitve Y in X	5 - Triangulacija	List TTN5	5 C 26-39
Metoda določitve H	1 - Niveliranje	List TK25	012-1-3
Podatki o topografiji	10003229		

Podatki o topografiji:

Slika 11: Podatki o točki 90051 pridobljeni na GURS



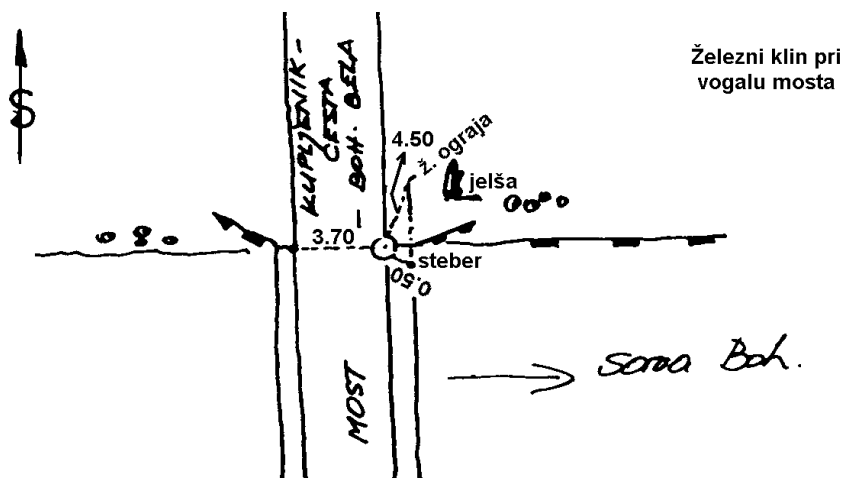
Slika 12: Topografija točke 90051 pridobljena na GURS



Slika 13: Prikaz točke 90051 v naravi

4.3 Iskanje poligonskih točk

Iz arhiva GURS smo pridobili topografije za nekaj več kot 20 poligonskih točk. Vse se nahajajo v bližini Bohinjske Bele in so bile stabilizirane leta 1986 z betonskimi kamni. Pri ogledu na terenu smo poskušali poiskati okoli 10 teh točk, vendar nismo odkrili nobene. Ena izmed točk se naj bi nahajala prav na robu mostu, vendar je nismo mogli odkriti (glej Sliko 14). Iz tega smo sklepali, da so te točke uničene.



Slika 14: Topografija ene izmed poligonskih točk pridobljena na GURS

4.4 Iskanje oslonilnih točk

V izboru za izmero smo imeli tudi eno oslonilno točko. Ta točka je sicer jabolko na vrhu zvonika in je bila kot taka že v osnovi za nas neprimerna. Kljub temu pa smo, ker je bil v topografiji naveden ekscenter te točke, izvedli terenski ogled te točke. Ekscentra nismo uspeli najti, zato smo točko preprosto opustili.

5 IZMERA GNSS

5.1 Statična izmera GNSS

Za izmero koordinat točk v koordinatnem sistemu ETRS89 smo uporabljali statično metodo izmere. Statična metoda izmere GNSS je najbolj natančna metoda, saj omogoča doseganje natančnosti koordinat točk, višjo od 1 cm. Položaj, ki je določen s to metodo je relativen. Metoda je zelo zanesljiva, vendar pa meritve trajajo od 30 minut do 120 minut. Običajno opazujemo z več instrumenti hkrati oz. uporabimo podatke opazovanj stalnih postaj GNSS, ki opazovanja izvajajo neprekinjeno.

Ko zaključimo z meritvami, je podatke potrebno obdelati, torej koordinat ne pridobimo v času izmere. Za pridobitev koordinat sprejemnika GNSS moramo poznati tudi tirnice satelitov oz. efemeride. Višja kakovost efemerid (precizne efemeride) omogoča določitev koordinat sprejemnika GNSS z višjo kakovostjo. Pri meritvah GNSS je potrebno določiti neznano število celih valov, katero je pri statični metodi zanesljivo določeno, zaradi daljšega trajanja meritev. Daljši interval omogoča tudi odstranitev nekaterih vplivov na opazovanja (npr. večpotja).

Rezultat obdelave opazovanj GNSS je bazni vektor med dvema točkama. Rezultat obdelave statičnih opazovanj GNSS vključujejo tudi osnovne informacije o kakovosti določitve baznega vektorja, zato se lahko na tej osnovi odločamo o nadaljnji uporabi ali izločitvi posameznih baznih vektorjev [3].

5.2 Praktična izvedba statične izmere GNSS

S statično metodo izmere GNSS smo opravili na 5 prej omenjenih odkritih geodetskih točkah (glej Poglavje 4). Za meritve smo uporabljali instrumenta Leica Viva. Na voljo smo imeli dva instrumenta in najbolje bi bilo če bi z obema izvajali opazovanja v istem času, vendar pa nam, zaradi dolgotrajnega iskanja točk, večkrat opazovanj ni uspelo hkrati. Instrument smo postavili nad točko in izmero izvedli v trajanju vsaj 30 minut. Minimalni višinski kot je bil nastavljen na 15° , interval registracije pa na 1 sekundo.



Slika 15: Izmera koordinat točke s pomočjo statične metode GNSS



Slika 16: Izmera koordinat točke s pomočjo statične metode GNSS

Podatke smo kasneje obdelali v programu Leica Geo Office. Pri obdelavi podatkov meritev s statično metodo GNSS potrebujemo podatke dveh hkrati delujočih instrumentov. V ta namen smo pridobili podatke meritev ene izmed stalnih postaj v bližini (v našem primeru smo uporabili stalno postajo omrežja SIGNAL v Radovljici), ki smo jih pridobili s spletnega portala omrežja SIGNAL [6]. Za obdelavo podatkov je potrebno pridobiti še podatke o preciznih efemeridah satelitov. Te smo pridobili preko temu namenjenega spletnega portala [1].

Rezultat obdelave so bili linearno neodvisni vektorji med točkami. Ker sta instrumenta GNSS večinoma izvajala izmero v različnem času, nismo imeli opravka z geodetsko mrežo z veliko nadštevilnimi opazovanji, vendar smo kljub temu opravili izravnavo vseh baznih vektorjev v mreži. Končne koordinate točk, določene z izmero GNSS so dane v Preglednici 1.

Točka	φ [° ' '']	σ_{φ} [m]	λ [° ' '']	σ_{λ} [m]	h [m]	σ_h [m]
38	46 19 27.19525	0.0011	14 03 26.62266	0.0010	547.8080	0.0036
39	46 20 54.78763	0.0009	14 04 01.39975	0.0005	523.2925	0.0014
66	46 20 35.53209	0.0008	14 03 31.23269	0.0004	551.4681	0.0014
90051	46 21 05.42701	0.0005	14 04 41.78898	0.0004	506.9647	0.0011
90052	46 21 23.17538	0.0009	14 05 29.62863	0.0006	529.4891	0.0016

Preglednica 1: Koordinate geodetskih točk v koordinatnem sistemu ETRS89 pridobljene s statičnimi GNSS meritvami in njihove standardne deviacije

6 IZRAČUN TRANSFORMACIJSKIH PARAMETROV MED D96/TM IN D48/GK KOORDINATNIM SISTEMOM

Za izračun transformacijskih parametrov potrebujemo vsaj 3 točke s koordinatami, določenimi v obeh koordinatnih sistemih (t.i. vezne točke, glej Poglavje 3). S statično metodo GNSS smo izmerili koordinate 5 točkam (glej Preglednico 1) z danimi koordinatami v starem koordinatnem sistemu pridobljenih na GURS (glej Preglednico 2).

Točka	y [m]	x [m]	H [m]
38	131555.49	427788.74	500.007
39	134250.92	428564.27	475.405
66	133664.21	427912.43	503.600
90051	134569.38	429431.50	459.096
90052	135105.50	430460.42	481.720

Preglednica 2: Koordinate stabiliziranih točk v starem koordinatnem sistemu D48/GK pridobljene na Geodetski upravi RS

Seznama koordinat v obeh koordinatnih sistemih smo prenesli na spletno aplikacijo SiTraNet. Izbrati smo morali vrsto transformacije (3D 7-parametrična transformacija), nastaviti podatke o izpisu in izbrati, ali naj aplikacija upošteva višine. Program nam poda datoteko z vsemi podatki, transformacijskimi parametri, transformiranimi koordinatami, odstopanji ipd.

Po končani transformaciji smo izvedli primerjavo danih koordinat in transformiranih koordinat veznih točk, preverili najmanjše ter največje odstopanje, srednji standardni odklon in s postopkom globalnega testa modela ter Tau-testa ugotovili morebitno prisotnost grobih pogreškov.

Po končanem izračunu smo torej pridobil transformirane koordinate veznih točk, ki smo jih nato primerjali še s transformiranimi koordinatami pridobljenimi na podoben način, le da pri izračunu transformacije parametrov nismo upoštevali višin točk. Transformirane koordinate, izračunane z našim izračunom transformacijskih parametrov, smo nato primerjal še s transformiranimi koordinatami na podlagi transformacijskih parametrov, ki smo jih pridobili s spletne aplikacije SiTraNet. Pri tem smo uporabili transformacijske parametre za celotno Slovenijo, Zahodno Slovenijo in Gorenjsko.

6.1 Izračunani transformacijski parametri

S spletne aplikacije SiTraNet smo na podlagi naših opazovanj (koordinate točk v D96/TM) in podatkov pridobljenih z GURS (koordinate točk v D48/GK) izračunali lastne transformacijske parametre. Za izračun je bila uporabljena 3D 7-parametrična transformacija, v izračunu so bile

upoštevane tudi ortometrične (nadmorske) višine H in elipsoidne višine h , povezane preko enačbe

$$H(tr) = h - N.$$

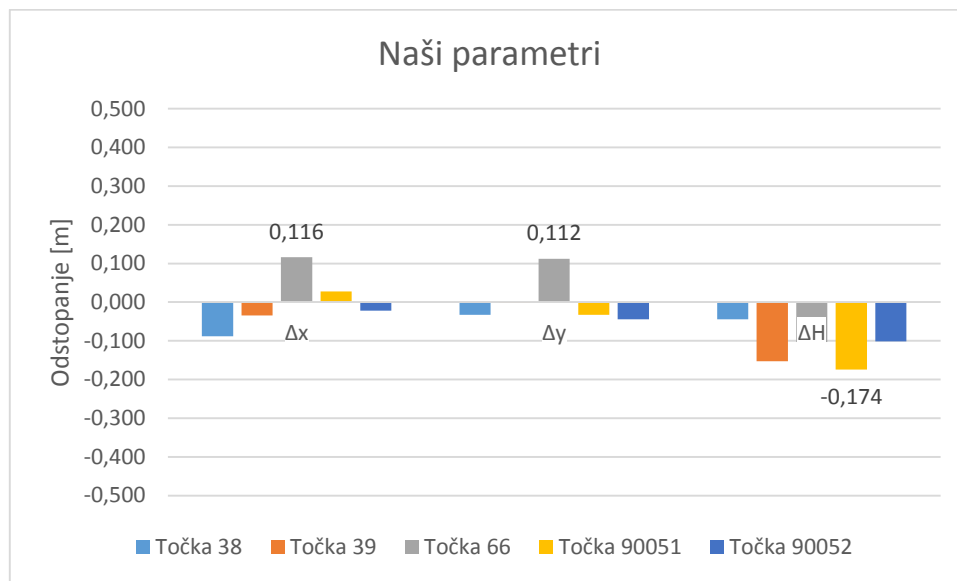
ΔX	-123.796254 m
ΔY	396.326236 m
ΔZ	-361.842521 m
α	- 12.298694 "
β	08.131854 "
γ	- 07.892428 "
merilo	-74.736551 ppm

Preglednica 3: Transformacijski parametri, ki smo jih pridobili na osnovi naših meritev in podatkov z GURS

Če primerjamo koordinatna odstopanja med koordinatami točk, danih v starem koordinatnem sistemu D48/GK in koordinatami določenimi v D96/TM ter nato transformiranimi s temi parametri, lahko ocenimo skladnost koordinat točk v obeh koordinatnih sistemih (glej Preglednico 4 in Graf 1).

Točka	x [m]	y [m]	H [m]	
38	131555.490	427788.740	500.007	dan
	131555.578	427788.773	500.051	transf.
	-0.088	-0.033	-0.044	dan - transf.
39	134250.920	428564.270	475.405	dan
	134250.954	428564.272	475.558	transf.
	-0.034	-0.002	-0.153	dan - transf.
66	133664.210	427912.430	503.600	dan
	133664.094	427912.318	503.703	transf.
	0.116	0.112	-0.103	dan - transf.
90051	134569.380	429431.500	459.096	dan
	134569.352	429431.533	459.270	transf.
	0.028	-0.033	-0.174	dan - transf.
90052	135105.500	430460.420	481.720	dan
	135105.522	430460.464	481.821	transf.
	-0.022	-0.044	-0.101	dan - transf.

Preglednica 4: Numerični prikaz odstopanj danih in transformiranih koordinat v starem državnem koordinatnem sistemu D48/GK na podlagi izračunanih transformacijskih parametrov



Grafikon 1: Grafični prikaz odstopanj danih in transformiranih koordinat v starem državnem koordinatnem sistemu D48/GK na podlagi izračunanih transformacijskih parametrov

Kot lahko vidimo odstopajo koordinate v horizontalni smeri do največ 11 cm, medtem ko v višinski smeri odstopajo do 17 cm (Preglednica 4 in Graf 1). Celoten rezultat te transformacije je priložen v Prilogi 1.

6.2 Izračunani transformacijski parametri, brez upoštevanja višin

Tako kot v prejšnjem primeru, smo transformacijske parametre pridobili na podlagi naših opazovanj (koordinate točk v D96/TM) in podatkov pridobljenih z GURS (koordinate točk v D48/GK) s pomočjo spletne aplikacije SiTraNet (glej Preglednico 5). Ponovno smo uporabili 3D 7-parametrično podobnostno transformacijo. Razlika od prejšnjega primera je le, da pri izračunu transformacijskih parametrov nismo upoštevali ortometričnih in elipsoidnih višin (vse višine so bile izenačene z 0).

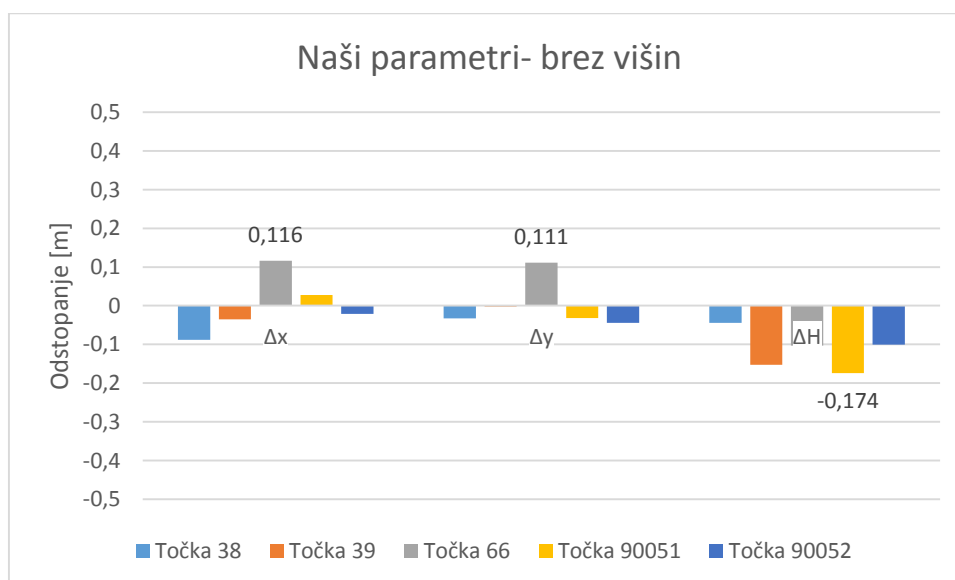
ΔX	-230.825569 m
ΔY	-58.046137 m
ΔZ	-155.055586 m
α	- 00.454849 "
β	01.159652 "
γ	- 17.090649 "
merilo	-67.337250 ppm

Preglednica 5: Transformacijski parametri pridobljeni iz naših meritev in podatkov z GURS brez upoštevanja višin

Če primerjamo koordinatna odstopanja med koordinatami točk, danih v starem koordinatnem sistemu D48/GK in koordinatami določenimi v D96/TM ter nato transformiranimi s temi parametri, lahko ocenimo skladnost koordinat točk v obeh koordinatnih sistemih (glej Preglednico 6 in Graf 2).

Točka	x [m]	y [m]	H [m]	
38	131555.490	427788.740	500.007	dan
	131555.578	427788.773	500.051	transf.
	-0.088	-0.033	-0.044	dan - transf.
39	134250.920	428564.270	475.405	dan
	134250.955	428564.272	475.558	transf.
	-0.035	-0.002	-0.153	dan - transf.
66	133664.210	427912.430	503.600	dan
	133664.094	427912.319	503.703	transf.
	0.116	0.111	-0.103	dan - transf.
90051	134569.380	429431.500	459.096	dan
	134569.352	429431.532	459.270	transf.
	0.028	-0.032	-0.174	dan - transf.
90052	135105.500	430460.420	481.720	dan
	135105.521	430460.464	481.821	transf.
	-0.021	-0.044	-0.101	dan - transf.

Preglednica 6: Numerični prikaz odstopanj danih in transformiranih koordinat v starem državnem koordinatnem sistemu D48/GK na podlagi izračunanih transformacijskih parametrov brez upoštevanja višin



Grafikon 2: Grafični prikaz odstopanj danih in transformiranih koordinat v starem državnem koordinatnem sistemu D48/GK na podlagi izračunanih transformacijskih parametrov brez upoštevanja višin

Opazimo lahko, da ne pride do bistvene razlike vrednosti razlik koordinat točk, če višin ne upoštevamo, glede na vrednosti transformiranih koordinat z uporabo višin točk. Odstopanje koordinat zopet znaša v horizontalni smeri do 11 cm, medtem ko v smeri višin znaša do 17 cm (glej Preglednico 6 in Graf 2). Celoten rezultat te transformacije je priložen v Prilogi 2.

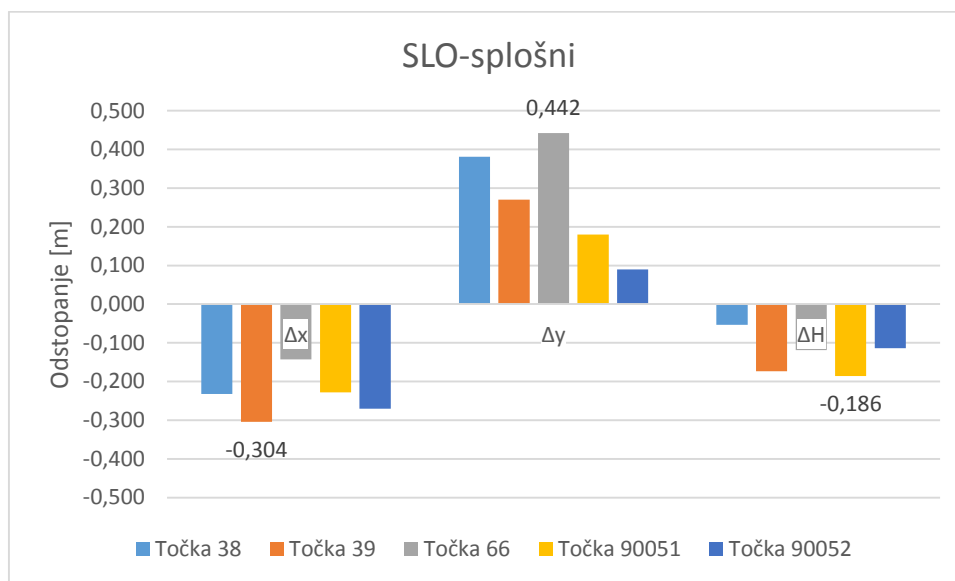
6.3 Parametri celotne Slovenije

Sledila je transformacija koordinat, določenih z izmero GNSS, s splošnimi transformacijskimi parametri za območje celotne Slovenije, ki so bili podani v okviru spletne aplikacije SiTraNet. Splošni transformacijski parametri za Slovenijo so podani v Preglednici 7.

ΔX	-409.520465 m
ΔY	-72.191827 m
ΔZ	-486.872387 m
α	03.08625 ''
β	05.468945 ''
γ	-11.02037 ''
merilo	-17.919456 ppm

Preglednica 7: Transformacijski parametri celotne Slovenije

Tudi tu smo izvedli primerjavo danih koordinat v starem koordinatnem sistemu D48/GK in transformiranih merjenih koordinat (glej Graf 3).



Grafikon 3: Grafični prikaz odstopanj danih in transformiranih koordinat v starem državnem koordinatnem sistemu D48/GK na podlagi parametrov celotne Slovenije

Kot lahko opazimo, so tu odstopanja precej večja kot v primeru naših transformacij, kar je seveda logično, glede na to, da se parametri nanašajo na območje celotne Slovenije. Gledano v smeri osi x so odstopanja do približno 30 cm, v smeri osi y pa skoraj do 45 cm. Edino v smeri višin ni tako bistvene razlike, saj je največje odstopanje le malo manjše od 19 cm (Graf 3).

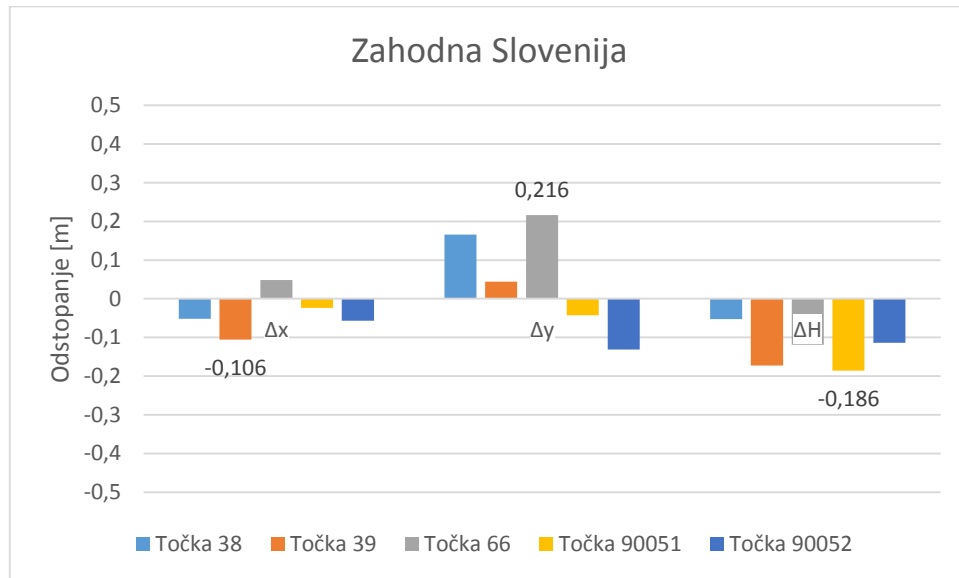
6.4 Parametri zahodne Slovenije

Nato je sledila transformacija naših koordinat s transformacijskimi parametri območja zahodne Slovenije, ki so bili podani v okviru spletne aplikacije SiTraNet. Transformacijski parametri za zahodno Slovenijo so podani v Preglednici 8.

ΔX	-315.352931 m
ΔY	-186.253842 m
ΔZ	-499.603434 m
α	06.446475 ''
β	8.131219 ''
γ	-13.208894 ''
merilo	-23.448627 ppm

Preglednica 8: Transformacijski parametri zahodne Slovenije

Tudi tu smo izvedli primerjavo danih koordinat v starem koordinatnem sistemu D48/GK in transformiranih koordinat določenih s statično metodo GNSS (glej Graf 4).



Grafikon 4: Grafični prikaz odstopanj danih in transformiranih koordinat v starem državnem koordinatnem sistemu D48/GK na podlagi parametrov zahodne Slovenije

Opazimo lahko, da je največje odstopanje v smeri osi x le malo manjše od 11 cm, kar je celo boljši rezultat od transformacijskih parametrov, ki smo jih pridobili sami. Vendar pa se pri ocenjevanju kakovosti vrednoti celotna horizontalna komponenta (smer x in smer y) položaja. Odstopanje v smeri osi y je precej večje (do skoraj 22 cm) in v višinski smeri (do skoraj 19 cm) (Graf 4).

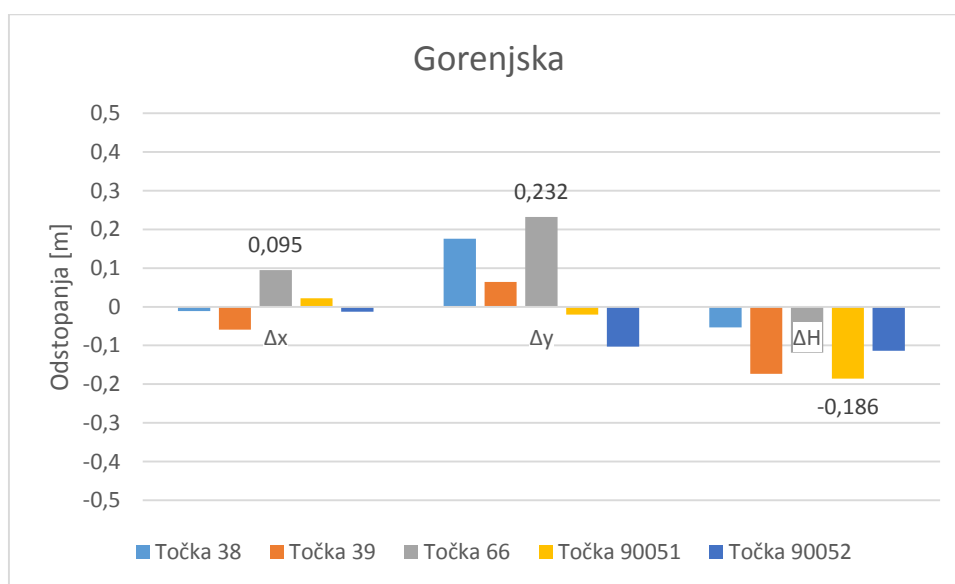
6.5 Parametri Gorenjske

Na koncu smo opravili še transformacijo naših koordinat s transformacijskimi parametri območja Gorenjske, ki so bili podani v okviru spletne aplikacije SiTraNet. Transformacijski parametri za Gorenjsko so podani v Preglednici 9.

ΔX	-281.493395 m
ΔY	-45.98263 m
ΔZ	-537.512746 m
α	02.57094 ''
β	09.648137 ''
γ	-10.759628 ''
merilo	-26.464974 ppm

Preglednica 9: Transformacijski parametri območja Gorenjske

Tudi tu smo izvedli primerjavo danih koordinat v starem koordinatnem sistemu D48/GK in transformiranih merjenih koordinat (glej Graf 5).



Grafikon 5: Grafični prikaz odstopanj danih in transformiranih koordinat v starem državnem koordinatnem sistemu D48/GK na podlagi parametrov zahodne Slovenije

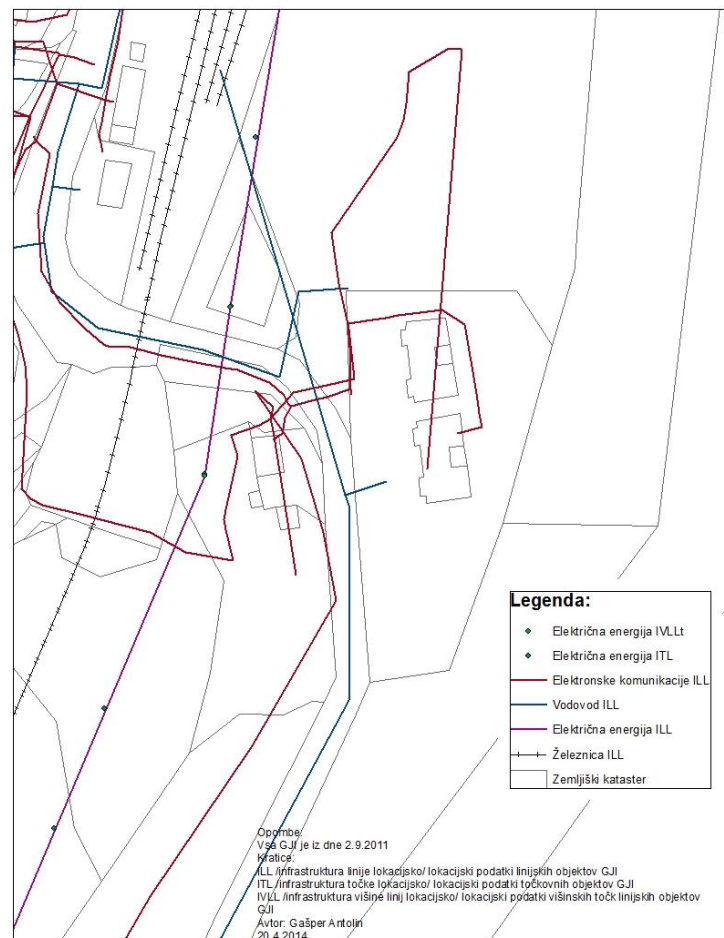
Rezultat je zelo podoben tistemu, ki smo ga dobili s parametri Zahodne Slovenije. Odstopanja v smeri osi x so tu celo najboljša, saj ne presežejo vrednosti 10 cm. Ponovno je nekoliko večje odstopanje v smeri osi y (do dobrih 23 cm) in v višinski smeri (do slabih 19 cm) (Graf 5).

7 IZDELAVA GEODETSKEGA NAČRTA

Drugi praktičen del diplomske naloge je bila izdelava geodetskega načrta. Geodetski načrt je končen rezultat dela v okviru te diplomske naloge.

Na območju vojašnice na Bohinjski Beli bo do leta 2017 postavljen spomenik vojakom gornikom, katerega odprtje je predvideno ob stoletnici preboja Soške fronte. Spomenik naj bi bil postavljen po zamislih študentov Fakultete za arhitekturo Univerze v Ljubljani. Pri izdelavi projektne dokumentacije sodeluje tudi UL FGG, ki naj bi med drugim izdelala geodetski načrt območja, ki je potreben za samo gradbeno projektiranje in postavitve spomenika.

S spletnega portala GURS smo na UL FGG pridobili podatke o zemljiškem katastru in katastru gospodarske javne infrastrukture na tem območju. Torej podatke o tem, kje potekajo meje parcel in kje vodi gospodarske javne infrastrukture. Vse je bilo prikazano na načrtu in opredeljeno s koordinatami. Sami smo zbrane podatke zbrali in prikazali s pomočjo programa ArcMap (glej Sliko 17, Priloga 3).



Slika 17: Podatki o katastru in gospodarski javni infrastrukturi prikazani v grafični obliki s pomočjo programa ArcMap (opozorilo: ta slika ni v navedenem merilu)

S podatkov je razvidno, da ob vojašnici poteka javna cesta, v bližini pa se nahaja tudi železnica. Na območju naj bi obstajali vodi elektronskih komunikacij, električne energije in vodovoda.

Ko so bili vsi podatki zbrani, smo se odpravili na predogled terena. Določili smo obseg območja geodetskega načrta in vse elemente geodetskega načrta. Na terenu smo identificirali nekatere ZK točke, katere smo tudi posneli s statično metodo GNSS in naj bi pripomogle k vklopu načrta v državni koordinatni sistem. Veliko pozornosti smo namenili tudi odkrivanju poteka podzemnih vodov, še zlasti vodovoda.

7.1 Meritve za potrebe izdelave geodetskega načrta

Geodetski načrt je potrebno vklopiti v državni koordinatni sistem D48/GK, kar je mogoče na osnovi transformacij, predstavljenih v predhodnih poglavjih.



Slika 18: Meritve detajla za geodetski načrt

Za meritve detajlnih točk je bila uporabljena klasična terestrična polarna izmera. Izmero smo opravljali trije; eden je vodil skico, drugi je upravljal z mersko prizmo in tretji z merskim instrumentom. Za izmero smo uporabljali elektronski tahimeter Leica TS06.

Za začetno stojišče in orientacijo smo uporabili 2 točki v neposredni bližini vojašnice, ki sta bili označeni s kovinskim klinom že od prej. Na teh točkah smo predhodno opravili tudi s statično izmero GNSS. Terestrična izmera za potrebe izdelave geodetskega načrta je vključevala naslednje točkovne objekte:

- mejne točke,
- telefonski drogovi,
- različne jaški in rešetke,
- drevesa,
- prometni znaki,
- peskolovi,
- zapirachi ter
- ulične svetilke.

V izmero smo vključili tudi objekte:

- zidane ograje,
- ograje iz zloženega kamenja,
- robove pločnikov,
- robove poti,
- robove cest,
- jeklene ograje,
- avtomatska vrata v zaprtem in odprtem položaju,
- potek vodov GJI,
- stavbe ter
- potek streh in nadstreškov objektov.

Snemali smo tudi točke samega terena, ki so pomembne za pridobitev višinske situacije na terenu. Na željo projektantov smo snemali tudi približne oblike krošenj dreves, ki so priloga izdelanemu geodetskemu načrtu.



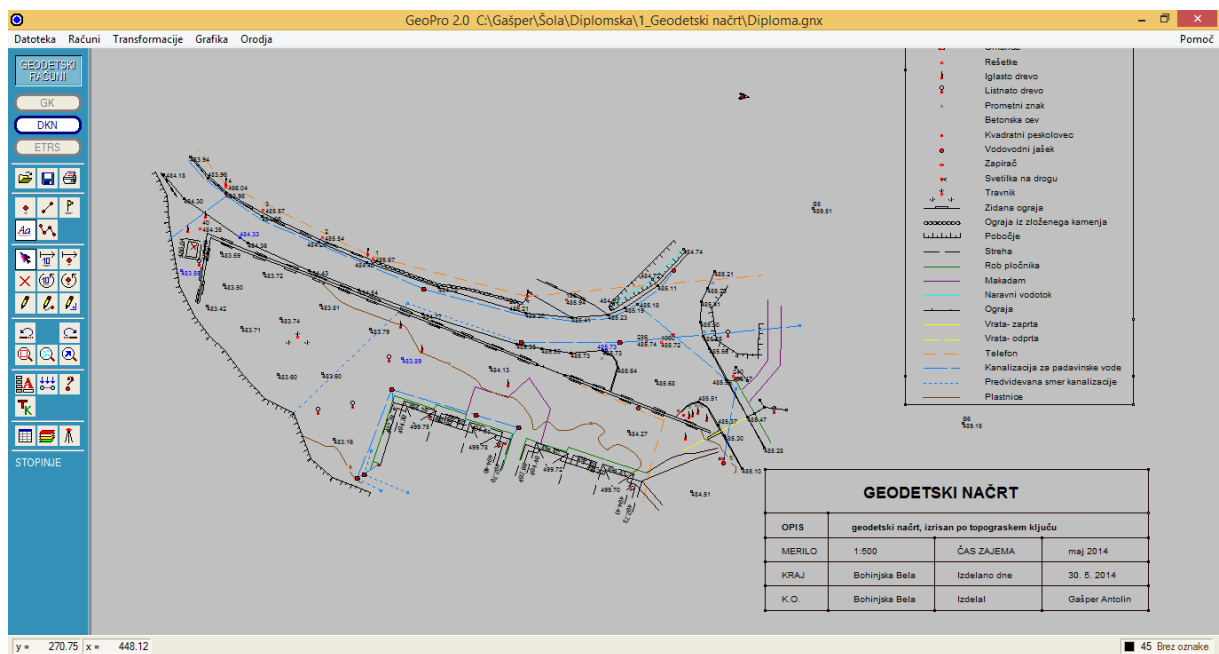
Slika 19: Meritve detajla za geodetski načrt



Slika 20: Meritve detajla za določitev oblike krošenj

7.2 Izdelava geodetskega načrta

Podatke meritev smo prenesli v program GeoPro in s pomočjo skice izdelali geodetski načrt. Na začetku še nismo imeli podanih koordinat stojiščnih in orientacijskih točk, zato smo načrt najprej izrisali v lokalnem koordinatnem sistemu. Pri izdelavi geodetskega načrta območja načrtovanega spomenika, položaj v državnem koordinatnem sistemu niti ni tako pomemben, je pa bistvenega pomena višinska situacija. Končni izdelek, torej geodetski načrt je priložen diplomski nalogi (glej Prilogo 4).



Slika 21: Ekranski prikaz izdelanega geodetskega načrta v programu GeoPro

7.3 Določanje višine stojiščnih točk s pomočjo nivelmana

Za geodetski načrt za potrebe projektiranja spomenika je pomembna višinska situacija. Eden izmed načinov za pridobitev višin je s pomočjo GNSS izmere, s čimer dobimo koordinate v koordinatnem sistemu ETRS89. Na ta način pridobimo elipsoidne višine, ki jih je potrebno preračunati v nadmorske višine s pomočjo modela geoida. Višine pridobljene na tak način trenutno še ne dosegajo najvišje natančnosti. Zaradi tega je bilo potrebno geodetski načrt v višinskem smislu navezati na državni višinski sistem. Podatke smo pridobili na GURS ter ugotovili, da se v bližini nahajata dva reperja mreže NVN ter po ogledu na terenu ugotovili, da je za našo uporabo primeren reper na bližnji železniški postaji, ki ima podano nadmorsko višino v starem državnem višinskem koordinatnem sistemu. Od reperja smo preko stojiščnih točk vzpostavili zaključeno nivelmansko zanko. Izmero smo opravili z obojestranskimi meritvami z enojnimi odčitki. Uporabljali smo digitalni nivelir Leica DNA03. Višine reperja in stojiščnih točk podajamo v Preglednici 10.

Ime točke	Nadmorska višina [m]
Reper 5411	489.6125
Stojišče S2	485,7411
Stojišče S1	484,3324

Preglednica 10: Nadmorske višine reperja in dveh točk pridobljenih z metodo niveliranja

Višinska natančnost instrumenta Leica DNA03 je 0.3 mm na kilometer dvojnega nivelmana. Razdalja, ki smo jo opravili z nivelmanom znaša približno 375m, kar pomeni, da je natančnost določitve višin na nivoju približno 1 mm.



Slika 22: Prikaz reperja 5411 v naravi



Slika 23: Prikaz reperja 5411, pri čemer je rumeno območje del vojašnice na Bohinjski Beli .

7.4 Izmera ZK točk s statično metodo GNSS

V istem času, ko se je izvajala detajlna izmera za potrebe izdelave geodetskega načrta, smo opravili tudi statične meritve GNSS na točkah v okolici vojašnice . Meritve smo izvajali na 13 točkah, od katerih je bilo 7 ZK točk, ostale pa so bile obstoječe geodetske točke, geodetske točke slovenskih železnic ipd. Podatke smo prenesli na računalnik in jih obdelali s pomočjo programa Leica Geo Office, pri čemer je postopek obdelave isti, kot smo ga opisali v Poglavju 5. Rezultat so koordinate teh točk v koordinatnem sistemu ETRS89. Z arhiva GURS smo pridobili podatke o ZK točkah s koordinatami v starem državnem koordinatnem sistemu D48/GK. Merjene točke smo nato s transformacijskimi parametri (glej Poglavje 8) transformirali v koordinatni sistem D48/GK. Ugotovili smo, da je 7 izmed 13 točk dejansko evidentiranih v evidencah GURS kot ZK točke.



Slika 24: Izmera s statično metodo GNSS na točki MC

Kakor vse druge meritve, lahko tudi te uporabimo za vklop geodetskega načrta v star državni koordinatni sistem. Pri izvajanju terestričnih meritev smo namreč za stojišče in orientacije uporabljali te točke, kar pomeni, da se vsem nadaljnjo merjenim točkam lahko določi koordinate v starem državnem koordinatnem sistemu. Rezultate izmere GNSS teh točk podajamo v Preglednici 11.

Ime točke	φ [° ' '']	λ [° ' '']	h [m]
MA	46 20 07.97834	14 03 38.97326	533.2922
MB	46 20 07.28799	14 03 39.00819	533.5749
MC	46 20 06.01040	14 03 39.48627	533.4865
MD	46 20 04.94157	14 03 39.97892	531.6107
ME	46 20 04.91535	14 03 39.50536	533.3380
MF	46 20 05.64371	14 03 39.52410	533.0339
MG	46 20 05.20957	14 03 39.54604	533.0963
P1	46 20 10.02289	14 03 38.36481	536.6889
P2	46 20 08.48458	14 03 37.16047	537.0368
P3	46 20 07.67512	14 03 39.27015	533.5102
P4	46 20 05.15329	14 03 39.88070	532.1272
RA	46 20 37.61069	14 10 17.57093	554.3034
SZ	46 20 08.50912	14 03 38.95462	533.7516

Preglednica 11: Koordinate točk merjenih s statično metodo GNSS podane v koordinatnem sistemu ETRS89

8 ZAKLJUČEK

Pri pridobivanju podatkov o geodetskih točkah smo ugotovili, da je bilo v okolici Bohinjske Bele stabiliziranih kar veliko geodetskih točk. Po ogledu na terenu pa smo lahko ugotovili, da je tudi veliko točk uničenih. Zlasti to velja za poligonske točke, ki jih je bilo več kot 20, pa nismo uspeli najti niti ene. Spet v drugih primerih smo naleteli na težave, ko je bila točka že v zelo slabem stanju in je bilo težko oceniti kam naj centriramo sam instrument. Tako smo imeli kar nekaj težav, da smo izbrali ustrezne točke za potrebe izvedbe transformacije med D96/TM in D48/GK. Načeloma bi bilo dovolj, če bi na območju izmere odkrili le 3 točke, vendar smo za zagotovitev nadštevilnih opazovanj in posledično izravnave izvedli izmero 5 točk. Na srečo je bila večina točk primernih za izvedbo meritev z metodo GNSS, saj so se nahajale na odprtem terenu in so bile lahko dostopne. Ko smo obdelovali podatke meritev, smo ugotovili, da smo pridobili rezultate ustrezne kakovosti za potrebe izdelave geodetskega načrta.

Sledila je izvedba transformacije, s katero smo pridobili transformacijske parametre ter ugotovili kakšna so odstopanja med danimi in transformiranimi koordinatami v starem koordinatnem sistemu. Transformacijo smo izvedli na dva načina, z upoštevanjem višin in brez upoštevanja višin točk. Sami transformacijski parametri so se za oba izračuna med seboj kar precej razlikovali, vendar pa so si bila odstopanja med danimi in transformiranimi koordinatami veznih točk zelo podobna. Če zgolj primerjamo največja odstopanja, je v obeh primerih znašalo odstopanje v horizontalni smeri za približno 11 cm in v smeri višine približno 17 cm. Za primerjavo smo zato privzeli še transformacijske parametre, ki so bili predhodno določeni. Pri rezultatih transformacije se hitro opazi, da so območja določitve transformacijskih parametrov bistveno večja in so zato tudi odstopanja precej večja. Opazimo lahko, da ne glede na izbiro transformacijskih parametrov, ostaja odstopanje v nadmorski višini podobno (razlika glede na različne parametre je največ 2 cm). Ocenili smo, da je natančnost transformacij za potrebe naloge dovolj dobra. Glede na stanje nekaterih geodetskih točk višjih redov v naravi bi bilo skoraj nemogoče zagotoviti boljšo kakovost transformacije. Če pa bi želeli boljšo kakovost transformacije od izračunane, pa bi potrebovali več točk z znanimi koordinatami v starem koordinatnem sistemu.

Del diplomske naloge je predstavljala izdelava geodetskega načrta območja vojašnice na Bohinjski Beli. Ta del naloge je s samimi transformacijami neposredno povezan, saj potrebujemo, za umestitev geodetskega načrta v državni koordinatni sistem kakovostne transformacije med koordinatnimi sistemi na katere se nanašajo različni podatki. Geodetsko izmero za potrebe izdelave geodetskega načrta smo opravili z uporabo tehnologije GNSS, ki nam omogoča določitev koordinat točk v D96/TM koordinatnem sistemu, geodetski načrt pa izdelamo v D48/GK koordinatnem sistemu. V višinskem smislu smo geodetski načrt navezali na nivelmansko mrežo v neposredni bližini, tako da smo vse

transformacije izvajali le z namenom določitve horizontalnih koordinat točk v D48/GK koordinatnem sistemu.

VIRI

- [1] Giel, B. 2014. GNSS Celendar.
<http://www.rvdi.com/freebies/gpscalendar.html> (Pridobljeno 26. 6. 2014.)
- [2] Kete, P., Berk, S. 2012. Stari in novi koordinatni sistem v Republiki Sloveniji ter koordinatni sistem zveze Nato : The Old and New Coordinate Systems in the Republic of Slovenia and the NATO Coordinate System. Geoprostorska podpora obrambnemu sistemu Republike Slovenije, str. 259-279.
- [3] Kogoj, D., Stopar, B. 2014. Geodetska izmera. Programska zasnova in priprava gradiv za izvedbo strokovnega dela izpita iz geodetske stroke, str. 22, 29-33.
http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/ogs/GEODETSKA_IZMERA.pdf (Pridobljeno 26. 7. 2014.)
- [4] Kozmus Trajkovski, K., Stopar B. 2014. SiTraNet 2.10. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za matematično in fizikalno geodezijo ter navigacijo.
<http://193.2.92.129/> (Pridobljeno 4. 8. 2014.)
- [5] Portal Geopedia. 2014.
<http://www.geopedia.si/> (Pridobljeno 17. 8. 2014.)
- [6] Portal Rinex. 2014. Omrežje Signal, Služba za GPS. Republika Slovenija, Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava Republike Slovenije.
<http://178.172.26.131/tr1/default.aspx> (Pridobljeno 26. 6. 2014.)
- [7] Rejec, A. 2014. Analiza določitve transformacijskih parametrov na območju Čepovanske doline. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Rejec).
- [8] Stopar, B. 2013. Predavanja pri predmetu GNSS v geodeziji. Naslov predavanja: Referenčni sistem. Neobjavljeno. Študijsko gradivo za univerzitetni študij geodezije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za matematično in fizikalno geodezijo ter navigacijo: loč. pag.
- [9] Stopar, B. 2013. Predavanja pri predmetu GNSS v geodeziji. Naslov predavanja: Transformacije med globalnimi (terestričnimi) in lokalnimi (državnimi) koordinatnim sistemi. Študijsko gradivo za univerzitetni študij geodezije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za matematično in fizikalno geodezijo ter navigacijo: loč. pag.
- [10] Stopar, B., Koler, B., Kuhar, M. 2014. Osnovni geodetski sistemi. Programska zasnova in priprava gradiv za izvedbo strokovnega dela izpita iz geodetske stroke, str. 4-23, 29-34.
http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/ogs/OSNOVNI_GEO_SISTEM.pdf (Pridobljeno 26. 7. 2014.)

PRILOGE

- PRILOGA A: Rezultat transformacije veznih točk višjih redov s pomočjo spletnega portala SiTraNet z upoštevanjem višin
- PRILOGA B: Rezultat transformacije veznih točk višjih redov s pomočjo spletnega portala SiTraNet brez upoštevanja višin
- PRILOGA C: Podatki o katastru in gospodarski javni infrastrukturi prikazani v grafični obliki s pomočjo programa ArcMap
- PRILOGA D: Geodetski načrt dela vojašnice na Bohinjski Beli

»Ta stran je namenoma prazna.«

PRILOGA A: Rezultat transformacije veznih točk višjih redov s pomočjo spletnega portala SiTraNet z upoštevanjem višin

PROSTORSKA TRANSFORMACIJA

SiTraNet v2.10

Avtorja: Klemen Kozmus Trajkovski & Bojan Stopar, UL FGG

Datum: 26.06.2014

Tip transformacije: 3R 7-parametrična podobnostna

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

Višine transformiranih točk: $H = h - N$

Helmertova transformacija: DA

Datoteka s podatki v začetnem datumu: ETRS.txt

Datoteka s podatki v končnem datumu: D48.txt

KOORDINATE TOČK V ZAČETNEM DATUMU - ETRS89 (elipsoidne)

točka	fi	la	h	s_fi	s_la	s_h
38	46 19 27.19525	14 03 26.62266	547.808	1.000	1.000	1.000
39	46 20 54.78763	14 04 01.39975	523.293	1.000	1.000	1.000
66	46 20 35.53209	14 03 31.23269	551.468	1.000	1.000	1.000
90051	46 21 05.42701	14 04 41.78898	506.965	1.000	1.000	1.000
90052	46 21 23.17538	14 05 29.62863	529.489	1.000	1.000	1.000

KOORDINATE TOČK V KONČNEM DATUMU - D48/GK

točka	x	y	H	s_x	s_y	s_H
38	131555.490	427788.740	500.007	1.000	1.000	1.000
39	134250.920	428564.270	475.405	1.000	1.000	1.000
66	133664.210	427912.430	503.600	1.000	1.000	1.000
90051	134569.380	429431.500	459.096	1.000	1.000	1.000
90052	135105.500	430460.420	481.720	1.000	1.000	1.000

Vezne točke za izračun transformacijskih parametrov:

38 39 66 90051 90052

TRANSFORMIRANE KOORDINATE TOČK - D48/GK

točka	x	y	H	N(int.)
38	131555.578	427788.773	500.051	47.757
39	134250.954	428564.272	475.558	47.734
66	133664.094	427912.318	503.703	47.765
90051	134569.352	429431.533	459.270	47.694
90052	135105.522	430460.464	481.821	47.668

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

točka	X	Y	Z	
38	4279890.405	1072024.442	4590132.432	dan
	4279890.337	1072024.458	4590132.494	transf.
	0.068	-0.016	-0.062	dan - transf.
	0.073	0.073	0.073	std.dev.transf.k.
	0.935	0.217	0.845	std.popr.
	0.387	0.090	0.350	tau test
39	4277795.220	1072266.253	4591982.001	dan
	4277795.204	1072266.251	4591982.033	transf.
	0.017	0.002	-0.032	dan - transf.
	0.073	0.073	0.073	std.dev.transf.k.
	0.227	0.028	0.442	std.popr.
	0.094	0.011	0.183	tau test
66	4278388.041	1071749.903	4591592.079	dan
	4278388.134	1071749.811	4591591.981	transf.
	-0.093	0.091	0.098	dan - transf.
	0.073	0.073	0.073	std.dev.transf.k.
	1.273	1.246	1.338	std.popr.
	0.527	0.515	0.554	tau test
90051	4277343.645	1073043.308	4592197.001	dan
	4277343.680	1073043.351	4592197.007	transf.
	-0.035	-0.043	-0.006	dan - transf.
	0.073	0.073	0.073	std.dev.transf.k.
	0.480	0.590	0.085	std.popr.
	0.198	0.244	0.035	tau test
90052	4276725.200	1073942.613	4592591.585	dan
	4276725.157	1073942.647	4592591.582	transf.
	0.043	-0.034	0.002	dan - transf.
	0.073	0.073	0.073	std.dev.transf.k.
	0.591	0.466	0.034	std.popr.
	0.245	0.193	0.014	tau test

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

točka	x	y	H	
38	131555.490	427788.740	500.007	dan
	131555.578	427788.773	500.051	transf.
	-0.088	-0.033	-0.044	dan - transf.
39	134250.920	428564.270	475.405	dan
	134250.954	428564.272	475.558	transf.
	-0.034	-0.002	-0.153	dan - transf.
66	133664.210	427912.430	503.600	dan
	133664.094	427912.318	503.703	transf.

	0.116	0.112	-0.103	dan - transf.
90051	134569.380	429431.500	459.096	dan
	134569.352	429431.533	459.270	transf.
	0.028	-0.033	-0.174	dan - transf.
90052	135105.500	430460.420	481.720	dan
	135105.522	430460.464	481.821	transf.
	-0.022	-0.044	-0.101	dan - transf.

TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI

deltaX	-123.796254	m
deltaY	396.326236	m
deltaZ	-361.842521	m
alfa	- 0 00 12.298694	"
beta	0 00 08.131854	"
gama	- 0 00 07.892428	"
merilo	-74.736551	ppm

Srednji stand. odklon (matrični racun): 0.055 m

Srednji stand. odklon (iz odstopanj): 0.073 m

Število iteracij: 2

Število veznih točk: 5

Število nadštevilčnosti: 8

Najmanjše in največje vrednosti odstopanj (v cm):

min	-8.8	-4.4	-17.4
max	11.6	11.2	-4.4

sr.v.	-0.0	-0.0	-11.5
sr.v.(abs)	5.8	4.5	11.5

PRILOGA B: Rezultat transformacije veznih točk višjih redov s pomočjo spletnega portala SiTraNet brez upoštevanja višin

PROSTORSKA TRANSFORMACIJA

SiTraNet v2.10

Avtorja: Klemen Kozmus Trajkovski & Bojan Stopar, UL FGG

Datum: 29.06.2014

Tip transformacije: 3R 7-parametriena podobnostna

Višine veznih točk v izračunu transf.par.: Reducirane na 0: h(ETRS89)=0,
H(D48/D96)=0

Višine transformiranih točk: $H = h - N$

Helmertova transformacija: DA

Datoteka s podatki v začetnem datumu: ETRS.txt

Datoteka s podatki v končnem datumu: D48.txt

KOORDINATE TOEK V ZAEETNEM DATUMU - ETRS89 (elipsoidne)

točka	fi	la	h	s_fi	s_la	s_h
38	46 19 27.19525	14 03 26.62266	547.808	1.000	1.000	1.000
39	46 20 54.78763	14 04 01.39975	523.293	1.000	1.000	1.000
66	46 20 35.53209	14 03 31.23269	551.468	1.000	1.000	1.000
90051	46 21 05.42701	14 04 41.78898	506.965	1.000	1.000	1.000
90052	46 21 23.17538	14 05 29.62863	529.489	1.000	1.000	1.000

KOORDINATE TOEK V KONENEM DATUMU - D48/GK

točka	x	y	H	s_x	s_y	s_H
38	131555.490	427788.740	500.007	1.000	1.000	1.000
39	134250.920	428564.270	475.405	1.000	1.000	1.000
66	133664.210	427912.430	503.600	1.000	1.000	1.000
90051	134569.380	429431.500	459.096	1.000	1.000	1.000
90052	135105.500	430460.420	481.720	1.000	1.000	1.000

Vezne točke za izračun transformacijskih parametrov:

38 39 66 90051 90052

TRANSFORMIRANE KOORDINATE TOEK - D48/GK

točka	x	y	H	N(int.)
38	131555.578	427788.773	500.051	47.757
39	134250.955	428564.272	475.558	47.734
66	133664.094	427912.319	503.703	47.765
90051	134569.352	429431.532	459.270	47.694
90052	135105.521	430460.464	481.821	47.668

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

točka	X	Y	Z	
38	4279555.461	1071940.545	4589770.796	dan
	4279555.392	1071940.561	4589770.856	transf.
	0.069	-0.016	-0.061	dan - transf.
	0.071	0.071	0.071	std.dev.transf.k.
	0.983	0.220	0.859	std.popr.
	0.406	0.091	0.355	tau test
39	4277476.912	1072186.466	4591638.018	dan
	4277476.887	1072186.462	4591638.042	transf.
	0.025	0.004	-0.024	dan - transf.
	0.071	0.071	0.071	std.dev.transf.k.
	0.352	0.062	0.340	std.popr.
	0.145	0.026	0.141	tau test
66	4278050.809	1071665.425	4591227.728	dan
	4278050.918	1071665.339	4591227.647	transf.
	-0.109	0.086	0.081	dan - transf.
	0.071	0.071	0.071	std.dev.transf.k.
	1.543	1.215	1.146	std.popr.
	0.638	0.502	0.474	tau test
90051	4277036.288	1072966.203	4591864.803	dan
	4277036.299	1072966.239	4591864.784	transf.
	-0.011	-0.036	0.019	dan - transf.
	0.071	0.071	0.071	std.dev.transf.k.
	0.159	0.508	0.265	std.popr.
	0.066	0.210	0.110	tau test
90052	4276402.745	1073861.640	4592242.987	dan
	4276402.719	1073861.679	4592243.002	transf.
	0.026	-0.039	-0.015	dan - transf.
	0.071	0.071	0.071	std.dev.transf.k.
	0.368	0.549	0.213	std.popr.
	0.152	0.227	0.088	tau test

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOEK V PROJ. RAVNINI KONENEGA
 DATUMA

točka	x	y	H	
38	131555.490	427788.740	500.007	dan
	131555.578	427788.773	500.051	transf.
	-0.088	-0.033	-0.044	dan - transf.
39	134250.920	428564.270	475.405	dan
	134250.955	428564.272	475.558	transf.
	-0.035	-0.002	-0.153	dan - transf.
66	133664.210	427912.430	503.600	dan
	133664.094	427912.319	503.703	transf.

	0.116	0.111	-0.103	dan - transf.
90051	134569.380	429431.500	459.096	dan
	134569.352	429431.532	459.270	transf.
	0.028	-0.032	-0.174	dan - transf.
90052	135105.500	430460.420	481.720	dan
	135105.521	430460.464	481.821	transf.
	-0.021	-0.044	-0.101	dan - transf.

TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI

deltaX	-230.825569	m
deltaY	-58.046137	m
deltaZ	-155.055586	m
alfa	- 0 00 00.454849	"
beta	0 00 01.159652	"
gama	- 0 00 17.090649	"
merilo	-67.337250	ppm

Srednji stand. odklon (matrični račun): 0.053 m
 Srednji stand. odklon (iz odstopanj): 0.071 m
 Število iteracij: 2
 Število veznih točk: 5
 Število nadštevilčnosti: 8

Najmanjše in največje vrednosti odstopanj (v cm):

min	-8.8	-4.4	-17.4
max	11.6	11.1	-4.4

sr.v.	-0.0	-0.0	-11.5
sr.v. (abs)	5.7	4.4	11.5

PRILOGA C: Bohinjska Bela M 1:1000

