

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

ODDELEK ZA
GEODEZIJO



*VISOKOŠOLSKI
STROKOVNI ŠTUDIJ
GEODEZIJE
SMER PROSTORSKA
INFORMATIKA*

Kandidatka:

MARTINA DORNIK SNOJ

**DOLOČITEV LOKALNIH TRANSFORMACIJSKIH
PARAMETROV MED KOORDINATNIMA SISTEMOMA D-48
IN D-96 NA OBMOČJU CELJA**

Diplomska naloga št.: 329

**DETERMINATION OF THE LOCAL TRANSFORMATION
PARAMETERS BETWEEN COORDINATE SYSTEMS D-48
AND D-96 IN THE AREA OF CELJE**

Graduation thesis No.: 329

Mentor:

izr. prof. dr. Bojan Stopar

Predsednik komisije:

viš. pred. mag. Samo Drobne

Somentor:

Danijel Majcen, univ.dipl.inž.geod.

Ljubljana, 2011

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana **MARTINA DORNIK SNOJ** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z
naslovom:

**„DOLOČITEV LOKALNIH TRANSFORMACIJSKIH PARAMETROV MED
KOORDINATNIMA SISTEMOMA D48 IN D96 na območju Celja“**

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske
separatoteke FGG.

Ljubljana, februar 2011

(podpis avtorja)

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali učitelji geodetske smeri:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 528.1/3(043.2)
Avtor: Martina Dornik Snoj
Mentor: izr. prof. dr. Bojan Stopar
Somentor: Danijel Majcen univ.dipl.ing.geod.
Naslov: Določitev lokalnih transformacijskih parametrov med koordinatnima sistemoma D48 in D96 na območju Celja
Obseg in oprema: 62 str., 18 pregl., 26 sl., 9 pril.
Ključne besede: ETRS89, Gauss-Krüger, GNSS, transformacija, lokalni transformacijski parametri;

Izvleček:

Diplomska naloga obravnava določitev lokalnih transformacijskih parametrov za manjše območje oziroma na območju konkretne parcele. Obstoječim mejnikom smo na osnovi hitre statične in RTK-GNSS metode izmere določili koordinate v aktualnem ETRS89 koordinatnem sistemu in koordinate na koncu primerjali s tistimi v bazah GURS. V bližnji okolici smo točkam državne geodetske mreže z znanimi G-K koordinatami določili ETRS89 koordinate ter določili lokalne transformacijske parametre med D-96/TM in D-48/GK. Na koncu smo analizirali kakovost več nizov lokalnih transformacijskih parametrov in njihovo uporabnost glede na regionalne transformacijske parametre ter ocenili kakovost na različne načine transformiranih koordinat točk.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 528.1/.3(043.2)
Author: Martina Dornik Snoj
Supervisor: Assoc. Prof. Ph. D. Bojan Stopar
Co-Supervisor: Danijel Majcen B.S. in geodesy
Title: Determination of the local transformation parameters between coordinate systems D48 and D96 in the area of Celje
Notes: 62 p., 18 tab., 26 fig., 9 ann.
Key words: ETRS89, Gauss-Krüger, GNSS, transformation, local transformation parameters;

Abstract:

The graduation thesis discusses the definition of local transformation parameters for a small area or specific parcels in the area. To the boundary stones coordinates were determined on the basis on rapid-static and RTK-GNSS surveying methods in the ETRS89 coordinate system. These coordinates were compared with those in databases of Surveying and Mapping Authorities of Slovenia. Nearby we determined coordinates of geodetic points with known Gauss-Krüger coordinates also in ETRS89 coordinate system, Sets of coordinates, determined in D-96/TM and D-48/GK were used to determine the local transformation parameters between both systems. Finally, we analyzed the quality of several sets of local transformation parameters and their practical value in relation to regional transformation parameters and assess the quality of the different procedures of determination of transformed coordinates of geodetic network points.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju izr. prof. dr.
Bojanu Stoparju in somentorju Danijelu Majcnu.

Zahvala gre tudi staršem, sošolcem in prijateljem, ki so mi skozi vsa leta študija in po njem
nudili pomoč ter mi pomagali vsak dan narediti lepši.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
2	ETRS89 IN GAUSS-KRUGERJEV KOORDINATNI SISTEM	4
2.1	Državni koordinatni sistem	4
2.2	ETRS89 (ang.: European Terrestrial Reference System 1989) koordinatni sistem	5
2.2.1	Mreža točk v ETRS89 koordinatnem sistemu.....	5
2.2.2	Referenčni elipsoid koordinatnega sistema ETRS89.....	6
2.2.3	Višinski sistem	7
2.2.4	Prečna – transverzalna Mercatorjeva projekcija	7
2.3	Gauss – Krügerjev koordinatni sistem.....	8
2.3.1	Mreža točk v GK koordinatnem sistemu	8
2.3.2	Sistem višin	9
2.3.3	Gauss - Krügerjeva projekcija.....	10
2.4	Razlika med ESRS in D48 – koordinatnima sistemoma	11
3	GLOBALNI NAVIGACIJSKI SATELITSKI SISTEMI - GNSS.....	12
3.1	Splošno o GNSS.....	12
3.2	Segmenti GNSS sistema.....	12
3.2.1	Vesoljski segment	13
3.2.2	Kontrolni segment.....	13
3.2.3	Uporabniški segment	14
3.3	Določitev položaja na osnovi GNSS opazovanj	14
3.3.1	Absolutna določitev položaja	17
3.3.2	Diferencialni GPS (DGPS)	17
3.3.3	Fazna relativna določitev položaja	18
3.4	Natančnost določitve položaja v okviru GNSS.....	18
3.4.1	Nivoji natančnosti GNSS	19
3.4.2	Grafična primerjava natančnosti metod.....	21
3.5	Prednosti in slabosti določitve položaja v okviru GNSS	22

3.6 Geodetska navezava na ETRS89 sistem	22
3.6.1 Navezava na ETRS - točko	23
3.6.2 Stalno delujoča GNSS postaja	24
3.6.3 Omrežje stalno delujočih GNSS postaj	24
3.6.3.1 Virtualna referenčna postaja (VRS)	26
3.7 Terenske metode izmere	27
3.7.1 GNSS metoda izmere	28
3.7.1.1 RTK – metoda izmere	29
3.7.1.2 Kinematična metoda izmere	32
3.7.1.3 Hitra statična metoda izmere	32
3.7.2 Klasična metoda izmere	32
3.7.3 Kombinirana metoda izmere	33
3.7.4 Primerjava metod izmere	33
4 IZVEDBA GNSS IZMERE	35
4.1 Območje izmere	36
4.2 Uporabljen inštrumentarij ter opazovanja na terenu	37
4.3 Terenske metode izmere	39
4.3.1 Hitra statična metoda izmere na terenu	39
4.3.1.1 Obdelava opazovanj	39
4.3.1.2 Določitev koordinat novim točkam	40
4.3.2 RTK metoda izmere	41
4.4 Analiza rezultatov	42
4.5 Določitev lokalnih transformacijskih parametrov med koordinatnima sistemoma D48/GK in D96/TM	48
4.5.1 7 – parametrična transformacija	51
4.5.2 4 – parametrična transformacija	54
4.5.3 Transformacija z regionalnimi parametri	56
5 ZAKLJUČEK	59
VIRI	61

KAZALO PREGLEDNIC

<i>Preglednica 1: Prednosti in slabosti pri navezavi na ETRS- točko.....</i>	<i>23</i>
<i>Preglednica 2: Prednosti in slabosti pri navezavi na stalno GNSS postajo.....</i>	<i>24</i>
<i>Preglednica 3: Prednosti in slabosti pri navezavi na omrežje stalno delujočih GNSS- postaj.....</i>	<i>26</i>
<i>Preglednica 4: Primerjava različnih metod GPS izmere.....</i>	<i>34</i>
<i>Preglednica 5: Vrednosti višin instrumenta na izmeritvenih točkah.....</i>	<i>38</i>
<i>Preglednica 6: Tehnične lastnosti GNSS postaje Celje (www.gu-signal.si, 2010).....</i>	<i>42</i>
<i>Preglednica 7: Rezultati baznih vektorjev pri navezavi na permanentno postajo Celje.....</i>	<i>43</i>
<i>Preglednica 8: Koordinate točk v ETRS89/TM koordinatnem sistemu (višina h je elipsoidna višina) pri navezavi na permanentno postajo Celje – referenčne koordinate.</i>	<i>43</i>
<i>Preglednica 9: Koordinate točk v ETRS89/TM koordinatnem sistemu (višina h je elipsoidna višina) določenimi z VRS (SIGNAL).</i>	<i>44</i>
<i>Preglednica 10: Koordinate točk v ETRS89/TM koordinatnem sistemu (višina h je elipsoidna višina) določenimi z RTK-metodo izmere (2008).....</i>	<i>45</i>
<i>Preglednica 11: Koordinate točk v ETRS89/TM koordinatnem sistemu (višina h je elipsoidna višina) določenimi z RTK-metodo izmere (2010).....</i>	<i>45</i>
<i>Preglednica 12: Odstopanja meritev v posamezni točki glede na izbrane referenčne koordinate</i>	<i>46</i>
<i>Preglednica 13: Lokalni transformacijski parametri – naselje Zadobrova Celje.....</i>	<i>52</i>
<i>Preglednica 14: Odstopanja na kontrolnih točkah po izvedeni 7-parametrični transformaciji</i>	<i>52</i>
<i>Preglednica 15: Transformacijski parametri 4-parametrične transformacije - naselje Zadobrova Celje.....</i>	<i>55</i>
<i>Preglednica 16: Odstopanja na kontrolnih točkah po izvedeni 4-parametrični transformaciji</i>	<i>55</i>
<i>Preglednica 17: Regionalni transformacijski parametri.....</i>	<i>57</i>
<i>Preglednica 18: Odstopanja na kontrolnih točkah po izvedeni 4-parametrični transformaciji z geodetskim programom Geos7 ter uporabljenimi regionalnimi transformacijskimi parametri.</i>	<i>57</i>

KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Upodobitev ukrivljene Zemeljske ploskve v ravnini</i>	8
<i>Slika 2: Grafična primerjava Besselovega elipsoida in elipsoida GRS-80</i>	9
<i>Slika 3: Sistem višin (vir: Geoservis d.o.o., 2011)</i>	9
<i>Slika 4: Gauss-Krügerjeva projekcija</i>	11
<i>Slika 5: Segmenti GNSS sistema (vir: www.navigators.si, 2010)</i>	12
<i>Slika 6: Satelit sistema NAVSTAR-GPS (vir: http://sl.wikipedia.org/wiki/GPS, 2009)</i>	13
<i>Slika 7: Prikaz kontrolnih postaj na Zemlji (vir: www.fiz.uni-lj.si/, 2009)</i>	14
<i>Slika 8: 3D koordinatni sistem - določitev položaja (vir: http://www.scribd.com/doc/4533298/GPS-Basics-GPSX02007, 2009)</i>	15
<i>Slika 9: Merjenje s pomočjo kode (vir: drustvo-viharnik.si, 2009)</i>	15
<i>Slika 10: Merjenje s pomočjo faze 1 (vir: drustvo-viharnik.si, 2009)</i>	17
<i>Slika 11: Merjenje s pomočjo faze 2 (vir: drustvo-viharnik.si, 2009)</i>	17
<i>Slika 12: Grafična primerjava natančnosti metod</i>	21
<i>Slika 13: Permanentne postaje v Sloveniji (vir: http://www.gu-signal.si, 2010)</i>	25
<i>Slika 14: Princip VRS delovanja (vir: http://www.geodetski-vestnik.com/47/4/gv47-4_404-413.pdf, 2010)</i>	27
<i>Slika 15: RTK – metoda izmere</i>	29
<i>Slika 16: Območje uporabe navezave na VRS (znotraj poligona) ter navezave na stalno GNSS – postajo (znotraj krogov), (vir: Geodetski vestnik 52/2008-4, str. 735, 2011)</i>	31
<i>Slika 17: Terenska izmera</i>	32
<i>Slika 18: Območje izmere, naselje Zadobrova</i>	36
<i>Slika 19: Leica SmartStation</i>	37
<i>Slika 20: Način določitve višine inštrumenta (vir: http://www.geoservis.si/instrumenti/leica/heightmeter.htm, 2010)</i>	37
<i>Slika 21: stalno delujoča GNSS postaja (vir: www.gu-signal.si, 2010)</i>	41
<i>Slika 22: Izbira veznih točk na območju izmere – Zadobrova Celje</i>	49
<i>Slika 23: Primerjava danih in transformiranih koordinat veznih točk v končnem datumu (Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu) pri 7-parametrični transformaciji.</i>	51

<i>Slika 24: Primerjava danih in transformiranih koordinat veznih točk v končnem datumu (Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu) pri 4-parametrični transformaciji.....</i>	<i>54</i>
<i>Slika 25: Primerjava danih in transformiranih koordinat veznih točk v končnem datumu (Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu) pri 4-parametrični transformaciji (Geos7).....</i>	<i>56</i>
<i>Slika 26: Območje uporabe Zasavje s širšim območjem Celja (GURS, 2011).....</i>	<i>57</i>

1 UVOD

Določanje položaja objektov in pojavov v prostoru je tradicionalno povezano z geodezijo. Do pojava satelitsko podprtih metod izmere, v okviru globalnega navigacijskega sistema GPS (ang.: Global Positioning System), so natančno zmogli določiti položaj na Zemlji le geodeti. Za določevanje položaja so uporabljali metode sferne astronomije, triangulacije, trilateracije, poligonometrije, tahimetrije in ortogonalne izmere. Za določitev višin (nadmorskih višin) v težnostnem polju Zemlje je bila in je še vedno najpomembnejša metoda geometrični nivelman, povezan z gravimetričnimi meritvami. Vse metode pa so povezane s poznavanjem geodetskega inštrumentarija, metod izmere, obdelave podatkov meritev ter teorije pogreškov in metod izravnalnega računa. Geodetski postopki so bili v preteklosti povezani z dolgotrajnimi in zapletenimi merskimi ter računskimi postopki.

S pojavom GPS je za natančno določanje položaja potrebno geodetsko znanje, vendar pa sta vseeno zaradi stalne, brezplačne in svetovne razpoložljivosti satelitskih signalov določanje položaja in navigacija z manjšo natančnostjo postali dostopni tudi vsem uporabnikom brez geodetskega znanja (Radovan, 2007), kar zagotovo vpliva in bo v prihodnosti še bolj tudi na našo stroko.

V celotni zgodovini zemljiškega katastra je prihajalo do sporov med ljudmi tudi zaradi slabo, predvsem pa nenatančno, določenih in evidentiranih mej. Danes je zelo pomembno, da geodeti izkoristimo vse prednosti sodobne tehnologije, to je, da določimo prave vrednosti koordinate točke, vendar pa ohranimo načela dobre strokovne prakse, kakor so se oblikovala v stroki skozi čas. S takim ravnanjem bi lahko rešili mnogo sosedskih zapletov.

Menjava oziroma vzpostavitev novega državnega koordinatnega sistema je obsežen projekt, ki ga država izvede kvečjemu na vsakih nekaj desetletij. Vsaka menjava pa prinese določene novosti. Vse pretvorbe med komponentami znotraj istega koordinatnega sistema so odvisne od definicije koordinatnega sistema ter vrste kartografske projekcije. Težavo predstavlja transformacija koordinatnih sistemov oziroma t.i. datumsko transformacija, ki predstavlja nalogo preračuna koordinat točk, danih v dveh koordinatnih sistemih v enega izmed njiju.

Transformacija je lahko izvedena v dvorazsežnem ali trirazsežnem koordinatnem sistemu in lastnosti transformacije so lahko zelo različne. Za transformacijo koordinatnih sistemov v geodeziji se najširše uporablja prostorska podobnostna transformacija. Transformacija iz enega v drug koordinatni sistem, v tri razsežnem prostoru, zahteva premik vzdolž treh koordinatnih osi, zasuke vzdolž treh koordinatnih osi in spremembo merila. Takšno transformacijo imenujemo tudi 7-parametrična podobnostna transformacija.

Cilj diplomske naloge je bil določiti lastne, to je lokalne transformacijske parametre med D96/TM in D48/GK koordinatnim sistemom za uporabo v zemljiškem katastru.

Naloga geodetske znanosti in stroke ter na operativnem nivoju državne geodetske službe je zagotovitev referenčne osnove za enolično in nedvoumno lociranje stanj in pojavov v fizičnem prostoru. Takšna referenčna osnova je koordinatni sistem (Stopar et al., 2008).

V nalogi predstavimo značilnosti novega in starega koordinatnega sistema ter na koncu definiramo bistvene razlike med njima.

Povzamemo značilnosti globalnih navigacijskih satelitskih sistemov, prednosti in slabosti določanja položaja in natančnost v okviru GNSS-izmere.

Pri GPS meritvah predstavlja pomembno vlogo izhodišče, iz katerega izhajamo pri meritvah, zato smo opisali možnosti, značilnosti, prednosti ter slabosti posameznih možnosti navezovanja na predhodno določene geodetske točke, ki predstavljajo osnovo za navezavo geodetskih meritev oziroma novodoločenih točk v izbran oziroma državni koordinatni sistem. Nekaj besed namenimo tudi terenskim metodam izmere, saj smo koordinate točk na terenu določili z dvema različnima metodama izmere.

S pojavom ETRS89 koordinatnega sistema se je v praksi pojavilo veliko težav. Opravka imamo z dvema koordinatna sistema, katera povezujemo s ustreznimi transformacijami oziroma transformacijskimi parametri. Nekaj množic transformacijskih parametrov je bilo pripravljenih s strani Geodetske uprave RS, vendar le-te ne ustrezajo vsem praktičnim potrebam. V zemljiškem katastru je smiselno zaradi večje natančnosti ter umestitve v

zemljiško-katastrske prikaze oziroma načrte določati lokalne oziroma lastne transformacijske parametre. V nalogi smo takšne parametre določili za območje manjšega delovišča.

2 ETRS89 IN GAUSS-KRUGERJEV KOORDINATNI SISTEM

2.1 Državni koordinatni sistem

Vsaka država na svojem ozemlju vzpostavi koordinatni sistem (DKS), v katerem lahko določa lego, prikazuje površje Zemlje ter objekte, pojave in stanja na njem ali v njegovi bližini. DKS je dogovorjena skupna osnova za določitev horizontalne lege in nadmorskih višin točk. V njem so prikazani vsi uradni in tehnični prostorski podatki o objektih, pojavih ter stanjih v prostoru. Podatki v uporabniških geografskih informacijskih sistemih, evidencah, registrih, katastrih in drugih zbirkah podatkov so zato na ozemlju države med seboj primerljivi. Sem spadajo tudi podatki o nepremičninah, gospodarski infrastrukturi in topografiji (GURS, 2007).

Slovenija je del Evropske unije (EU). Pridružitvev ima za posledico tudi upoštevanje evropskih usmeritev glede povezovanja in izmenjave prostorskih podatkov v skupnem koordinatnem sistemu.

Naša država je tudi članica zveze NATO in s tem uporablja vojaške standarde na področjih določanja položaja in topografskega kartiranja. Z enotnim koordinatnim sistemom omogočimo skupne prostorske osnove za podporo tem nalogam (GURS, 2007).

Slovenija je s 1.1.2008, za potrebe evidentiranja nepremičnin, poleg obstoječega Gauss-Krügerevega koordinatnega sistema (D48/GK), ki izhaja še iz časa Avstro-Ogrske, uvedla nov državni koordinatni sistem ETRS89/TM (D96/TM). Višinski koordinatni sistem je za sedaj ostal nespremenjen. Uvedba novega koordinatnega sistema ima najbolj očiten razlog v vse bolj množični uporabi GNSS tehnologij. Ravninski koordinatni sistem v okviru starega (D48/GK) koordinatnega sistema, ki se nanaša na Besselov elipsoid in ni združljiv s koordinatnim sistemom ETRS89 oziroma D96/TM koordinatnim sistemom, v okviru katerega je referenčni elipsoid GRS-80.

2.2 ETRS89 (ang.: European Terrestrial Reference System 1989) koordinatni sistem

Podkomisija EUREF (ang.: EUropean REference Frame) je na podlagi prve enotne evropske GPS izmere leta 1989 za območje Evrope definirala ETRS, ki ga uvrščamo med regionalne koordinatne sisteme. Praktična realizacija koordinatnega sistema je koordinatni sestav EUREF. Koordinatni sistem, ki ga je privzela podkomisija EUREF, sovпада z ITRS koordinatnim sistemom v začetku leta 1989 in je »pritrjen« na stabilni del Evrazijske plošče (Stopar et. al., 2003).

2.2.1 Mreža točk v ETRS89 koordinatnem sistemu

Koordinatni sistem ETRS89 smo na našem ozemlju realizirali v okviru 3 EUREF izmer v letih 1994, 1995 in 1996. GPS-opazovanja, opravljena v okviru teh 3 izmer na območju Slovenije, so bila dokončno obdelana v letih 2002 in 2003. Obdelava je bila že peta po vrsti, bila pa je prva in edina, ki je bila v celoti opravljena v Sloveniji.

ETRS89 je od operativne realiziran z EUREF točkami in s stalno delujočimi GNSS postajami državnega omrežja SIGNAL in ga v praksi obravnavamo kot horizontalni koordinatni sistem. Višinski evropski koordinatni sistem je EVRS (ang.: European Vertical Reference System). Oba sistema skupaj tvorita ESRS (ang.: European Spatial Reference System).

Rezultati izmer in obdelav podatkov so koordinate 5 uradnih EUREF-točk in koordinate dodatnih 41 točk v Sloveniji (Berk et al., 2003). 46 geodetskih točk s koordinatami, določenimi v koordinatnem sistemu ETRS89, veljavnimi za leto 1995, 55, določenimi na osnovi GPS-opazovanj v okviru 3 EUREF-izmer na območju Slovenije predstavlja realizacijo horizontalne komponente novega državnega koordinatnega sistema (Stopar, Kuhar, Koler, 2008).

Za realizacijo koordinatnega sistema, ki bo široko praktično uporaben, je Geodetska uprava Republike Slovenije sistematično izvedla zgostitev mreže EUREF-točk do gostote približno 1 točka/ 100 km², ki so razporejene po celotnem ozemlju naše države. Gostota točk je manjša na območjih, ki so težko dostopna in neobljudena.

Pomen zgostitve EUREF-točk s koordinatami v koordinatnem sistemu ETRS89 je tudi v vzpostavitvi povezave med starim in obstoječim koordinatnim sistemom. Na osnovi točk, s koordinatami danimi v obeh sistemih, lahko izvajamo transformacijo med koordinatnima sistemoma.

2.2.2 Referenčni elipsoid koordinatnega sistema ETRS89

Referenčni elipsoid je del površine nekega rotacijskega elipsoida določenega s parametri, na kateri se upodablja ozemlje ene ali več držav.

Horizontalno komponento državnega koordinatnega sistema predstavlja realizacija ETRS89 koordinatnega sistema v Sloveniji, ki je potekala v 90-ih letih prejšnjega stoletja. Rezultati izmer so koordinate točk v koordinatnem sistemu ETRS89 ter predstavljajo ogrodje novega horizontalnega sistema. Z uvedbo novega horizontalnega koordinatnega sistema pa se je spremenila tudi referenčna ploskev.

ETRS89/TM je transverzalni Mercatorjev koordinatni sistem položen preko elipsoida GRS 80, uporabljen pa je na ETRS89 baziran geodetski datum SITRS 96 (<http://www.mkx.si/geoconv/>).

Fundamentalni parametri GRS80:

- Velika polos elipsoida: $a = 6\,378\,137\text{ m}$
- Geocentrična gravitacijska konstanta: $GM = 3986\,005 \times 10^8\text{ m}^3\text{s}^{-2}$
- Dinamični faktor oblike Zemlje: $J_2 = 108\,263 \times 10^{-8}$
- Kotna hitrost Zemljine rotacije: $\omega = 7\,292\,115 \times 10^{-11}\text{ rad s}^{-1}$

2.2.3 Višinski sistem

Nov državni višinski sistem Slovenije je višinski sistem, ki temelji na težnostnem polju Zemlje. Definiran je s težnostnim potencialom srednjega elipsoida Zemlje. Višine v sistemu pa so razlike dejanskega težnostnega potenciala obravnavane točke in potenciala referenčne ploskve EVRS.

Zadnja realizacija sistema EVRS je EVRF2000 (ang.: European Vertical Reference Frame), ki ima izhodišče v NAP (Normaal Amsterdams Peil). Višine v EVRF2000 so normalne višine. Končne odločitve o tipu višin v slovenskem višinskem sistemu še nismo sprejeli. Kot vemo, pa so geopotencialne kote osnova za njihov preračun v kateri koli tip višin (Stopar e tal 2003).

2.2.4 Prečna – transverzalna Mercatorjeva projekcija

Oznaka:

TM = transverzalna Mercatorjeva projekcija

Matematično je nova državna kartografska projekcija enaka G-K projekciji. Razlikujejo se parametri, ki izhajajo iz definicije referenčnega elipsoida. Novo ime za novo kartografsko projekcijo je uvedeno tudi zato, da že iz poimenovanja vemo, za kateri ravninski koordinatni sistem gre.

Parametri projekcije:

- Rotacijski elipsoid je GRS 80, ki je geocentričen.
- Izhodiščni vzporednik: 0°
- Srednji poldnevnik projekcije: 15°
- Širina cone: 3°
- Modul projekcije: 0,9999
- Pomik proti severu za $-5\,000\,000$ m

- Pomik prot vzhodu za 500 000 m

Poleg te kartografske projekcije sta za kartiranje ozemlja Slovenije v manjših merilih (1:250.000 in manjša) v rabi še dve kartografski projekciji. Gre zgoj za kartografski projekciji za analogne izdelke (tiskane karte), medtem ko se digitalni podatki za te karte trenutno vodijo v aktualnem državnem ravninskem koordinatnem sistemu (D48/GK).

2.3 Gauss – Krügerjev koordinatni sistem

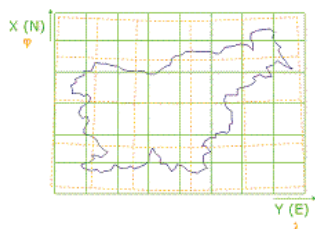
Gauss-Krügerjev koordinatni sistem so zasnovali, vzpostavili in vzdrževali štiri države: Avstro-Ogrska monarhija, Kraljevina Jugoslavija, Socialistična federativna republika Jugoslavija in Republika Slovenija. Pestra zgodovina nastajanja koordinatnega sistema je razlog, da bi bila popolna rekonstrukcija praktično nemogoča, saj se je uničilo veliko podatkov (Stopar et.al., 2008).

2.3.1 Mreža točk v GK koordinatnem sistemu

Mrežo točk v G-K koordinatnem sistemu sestavljata astrogeodetska in položajna (horizontalna) geodetska mreža. Koordinate točkam določamo z različnimi metodami, kot sta astronomska opazovanja ter klasična geodetska izmera (triangulacija, trilateracija).

Koordinate točk so definirane kot:

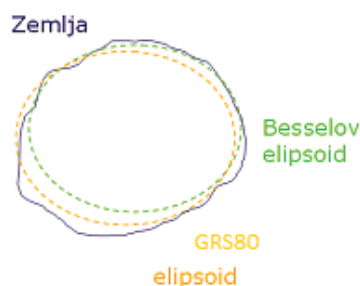
- ravninske koordinate, izražene v metrih; $P(y, x)$,
- elipsoidne oziroma geografske koordinate; $P(\varphi, \lambda)$.



Slika 1: Upodobitev ukrivljene Zemeljske ploskve v ravnini

(vir: http://www.geoservis.si/uporabno/info/koordinatni_sistemi.htm, 2011)

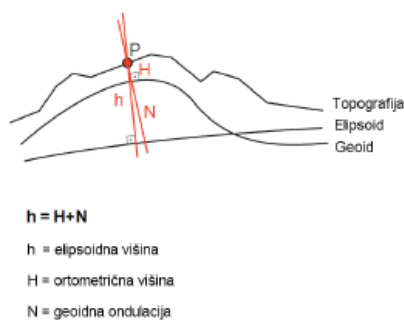
Gauss-Krügerjev koordinatni sistem je definiran z Besselovim elipsoidom, ki najbolj aproksimira Zemljo na področju Srednje Evrope in Slovenije. GRS80 je globalni elipsoid in najbolj aproksimira celotno Zemljo.



Slika 2: Grafična primerjava Besselovega elipsoida in elipsoida GRS-80
(vir: http://www.geoservis.si/uporabno/info/koordinatni_sistemi.htm, 2011)

2.3.2 Sistem višin

V tem koordinatnem sistemu je veljal sistem ortometričnih višin (nadmorska višina – H). Izhodišče tem višinam je geoid, ki odraža značilnosti fizičnega površja in gostote zemeljskih mas.



Slika 3: Sistem višin (vir: Geoservis d.o.o., 2011)

Višinska komponenta koordinatnega sistema je sestavljena iz nivelmanske in gravimetrične geodetske mreže. Z geometričnim nivelmanom določamo geometrično višinsko razliko med poljubno točko v prostoru in izbrano izhodiščno točko.

Vse mreže skupaj (horizontalna in višinska) zagotavljajo referenčno osnovo za določitev položaja v 3-razsežnem prostoru in jih imenujemo tudi klasične geodetske mreže (Stopar et. al., 2008).

Koordinate točkam določamo z gravimetričnimi opazovanji ter trigonometričnim višinomerstvom, nivelmanom... (Stopar et. al., 2008).

2.3.3 Gauss - Krügerjeva projekcija

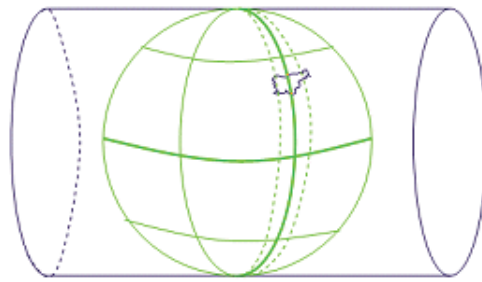
Oznaka:

GK = Gauss-Krügerjeva projekcija

Gauss-Krügerjeva projekcija je projekcija meridijanskih con, pri kateri je referenčni elipsoid enak referenčnemu elipsoidu položajne geodetske mreže. G-K projekcija spada med projekcije TM, torej je konformna, cilindrična, prečna in centralna projekcija.

Parametri kartografske projekcije:

- Lokalno orientiran Besslov elipsoid iz leta 1841
- Izhodiščni vzporednik 0°
- Centralni meridian: 15°
- Širina cone: 3°
- Modul projekcije: 0,9999
- Pomik proti severu za $-5\,000\,000$ m
- Pomik prot vzhodu za $500\,000$ m



Slika 4: Gauss-Krügerjeva projekcija

(vir: http://www.geoservis.si/uporabno/info/koordinatni_sistemi.htm, 2011)

2.4 Razlika med ESRS in D48/GK – koordinatnima sistemoma

Bistveni razliki med starim in novim slovenskim horizontalnim koordinatnim sistemom sta torej v geometrijskih in fizikalnih parametrih, ki opisujejo Zemljo kot planet (geodetski referenčni sistem), ter v pritrditvi teoretično definiranega koordinatnega sistema na Zemljo kot planet, torej v datumskih parametrih (geodetski datum).

V Republiki Sloveniji je uradno veljaven koordinatni sistem z oznako D48, ki temelji na astrogeodetski mreži in nivelmanski mreži visoke natančnosti, ki pa ne ustreza več sodobnim zahtevam. Položaj astrogeodetske mreže je napačen za več sto metrov, mreža je zasukana, merilo v mreži ima velike deformacije. Nivelmanska mreža ni absolutno orientirana, geopotencialne kote v mreži so izračunane na osnovi nezanesljivih gravimetričnih opazovanj.

Pomembna je tudi transformacija med koordinatnimi sistemi. Ker D48/GK ni homogena natančnosti, so za lokalna ali regionalna območja transformacijski parametri različni.

3 GLOBALNI NAVIGACIJSKI SATELITSKI SISTEMI – GNSS

3.1 Splošno o GNSS

V začetku praktične uporabe GNSS se je za geodezijo začelo novo obdobje, ki močno spreminja običajne geodetske naloge določitve položaja. Podobne spremembe, kot jih prinaša uporaba GNSS, sta v preteklosti prinesla pojav elektronskih razdaljemerov in elektronskih računalnikov.

Kratica GNSS ja kratica skupnega imena za globalne navigacijske satelitske sisteme za določevanje položaja na osnovi opazovanih razdalj do satelitov.

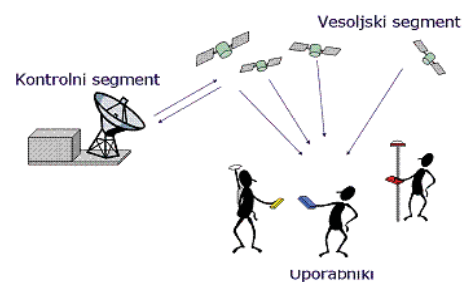
Imamo več takšnih sistemov, in sicer:

- **ameriški GPS** - *GPS* je kratica za Global Positioning System; imena se ne prevaja. Gre za sistem, ki se uporablja za določanje natančnega položaja in časa kjerkoli na Zemlji. Zasnovalo ga je obrambno ministrstvo ZDA, ki ga tudi upravlja. Uporablja ga lahko vsakdo, ki ima ustrezen sprejemnik;
- **ruski GLONASS**,
- **evropski Galileo** in
- **kitajski Beidou**.

3.2 Segmenti GNSS sistema

GNSS sistem sestavljajo 3 segmenti:

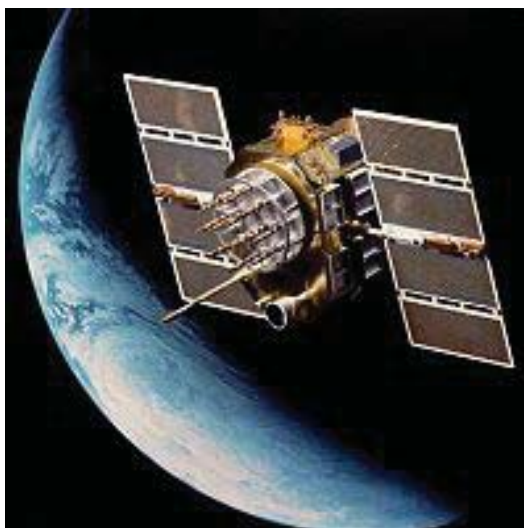
- vesoljski segment,
- kontrolni segment in
- uporabniški segment.



Slika 5: Segmenti GNSS sistema (vir: www.navigators.si, 2010)

3.2.1 Vesoljski segment

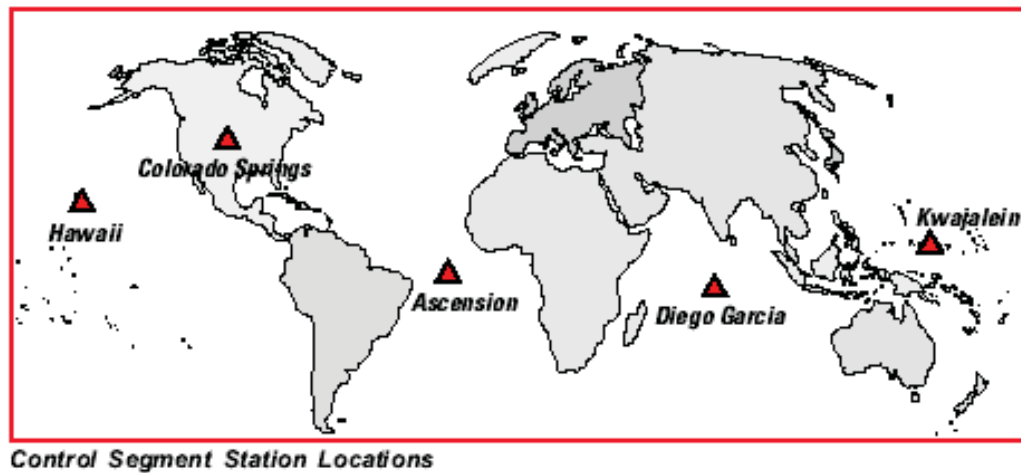
Vesoljski segment sestavljajo navigacijski sateliti. Sateliti GPS krožijo okrog Zemlje na 4 ravninah, na višini približno 20.200 km in so med seboj, v eni ravnini, razmaknjeni za 90° . Ravnine tirnic so nagnjene za 55° glede na ekvatorialno ravnino. Njihova hitrost je 4 km/s glede na središče Zemlje, vendar upoštevajoč vrtenje Zemlje je njihova relativna hitrost v primerjavi z opazovalcem na površju Zemlje približno 1 km/s. Obhodni čas satelitov znaša 11 ur in 58 minut. Tirnice satelitov so konstantne, kar pomeni, da se satelit pojavi vsak naslednji dan nad isto točko na zemeljskem površju 4 minute prej kot predhodnega dne. Satelite delimo na skupine oziroma bloke, glede na čas njihove izdelave.



Slika 6: Satelit sistema NAVSTAR-GPS (vir: <http://sl.wikipedia.org/wiki/GPS>, 2009)

3.2.2 Kontrolni segment

Kontrolni segment sestavljajo kontrolne postaje na Zemlji, razporejene vzdolž ekvatorja. Te postaje spremljajo delovanje satelitov, izračunavajo parametre satelitovih tirnic za izračun položajev satelitov v poljubnem trenutku in modelirajo urin tek satelitovih ur.



Slika 7: Prikaz kontrolnih postaj na Zemlji (vir: www.fiz.uni-lj.si/, 2009)

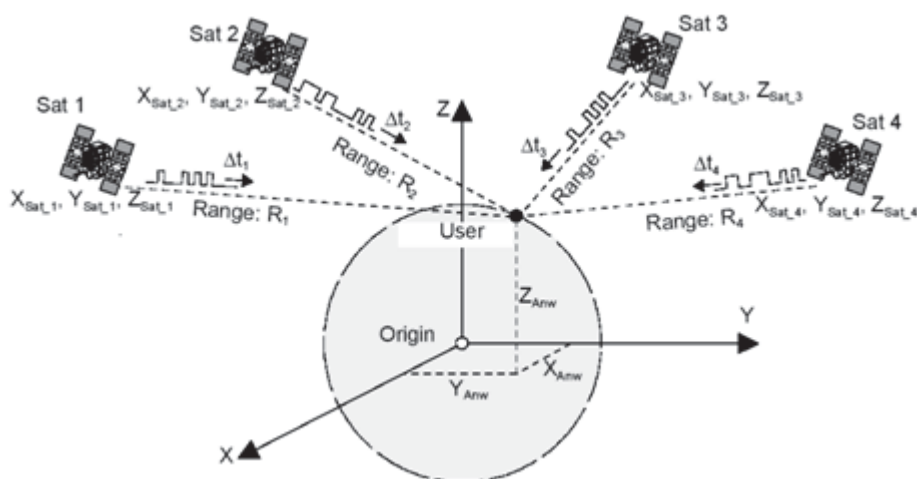
3.2.3 Uporabniški segment

Uporabniški segment smo uporabniki informacij posredovanih v okviru GPS sistema.

3.3 Določitev položaja na osnovi GNSS opazovanj

V osnovi lahko GNSS določitev položaja primerjamo s trilateracijo. Obe tehniki omogočata določitev položaja nove točke na osnovi izmerjenih razdalj med danimi in novo točko. Pri trilateraciji so točke z znanimi položaji locirane na površini Zemlje, pri GPS pa te točke predstavljajo sateliti.

Osnova za določitev položaja nove točke je izmera razdalj od sprejemnika do vsaj 4 satelitov. Satelit predstavlja točko v prostoru, z znanimi koordinatami. Razdaljo do satelita sprejemnik določi na osnovi časa potovanja signala, ki ga satelit oddaja, do sprejemnika. Ta čas pomnožen s hitrostjo potovanja signala, to je svetlobno hitrostjo, predstavlja razdaljo do satelita.



Slika 8: 3D koordinatni sistem - določitev položaja (vir: <http://www.scribd.com/doc/4533298/GPS-Basics-GPSX02007>, 2009)

Na osnovi kodnih ali faznih opazovanj v GPS lahko pridobimo absolutni ter relativni položaj GPS sprejemnika.

Absolutni položaj je določen na osnovi danih položajev GPS satelitov v izbranem koordinatnem sistemu v času opazovanj in opazovanih razdalj med satelitom in sprejemnikom.

Relativni položaj je določen relativno na znani položaj ene ali več točk, danih v privzetem koordinatnem sistemu ob danih položajih satelitov in opazovanih razdaljah med satelitom in sprejemnikom.

Določitev razdalje med sateliti in sprejemnikom temelji na dveh postopkih:

- korelacija kode nosilnega valovanja z valovanjem, generiranim v sprejemniku, t.i. **kodni način**.



Slika 9: Merjenje s pomočjo kode (vir: drustvo-viharnik.si, 2009)

Opazovanje kode poteka z izmero časovnega intervala od trenutka oddaje do trenutka sprejema kode oz. s primerjanjem dveh kod. Za enostavno določitev razdalje med satelitom in sprejemnikom bi morali biti uri satelita in sprejemnika popolnoma usklajeni, kar pa je fizično nemogoče. Sprejemnik sprejme kodo oddano s satelita, sam pa generira interno kodo, ki jo primerja s sprejeto kodo. Izmerjeni časovni interval ima napako satelitove in sprejemnikove ure, ki je izražena v geometrijski razdalji med satelitom in sprejemnikom - psevdorazdalja.

Določitev položaja na osnovi meritev časa potovanja signala s pomočjo kode je bolj natančna, če opazujemo več satelitov, saj nam to ponuja več možnosti za korekcijo posameznih psevdorazdalj.

- primerjava faze sprejetega in v sprejemniku vzpostavljenega valovanja, t.i. **fazni način**.

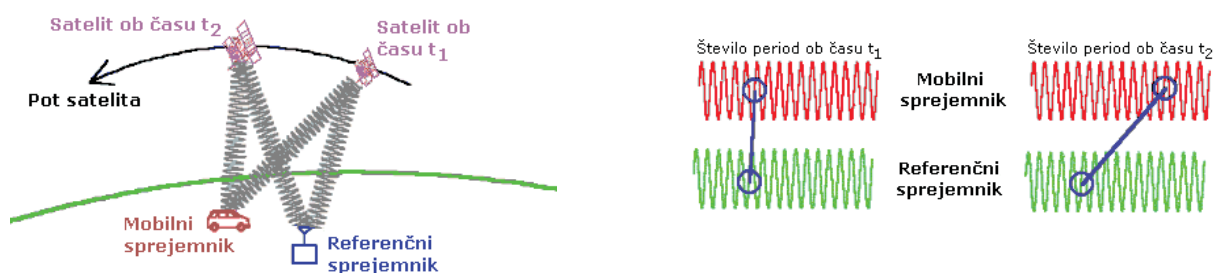
Uporabljeni sta nosilni valovanji L1 in/ali L2. Z merjenjem faze teh valovanj lahko dosežemo milimetrsko natančnost, saj merilna metoda temelji na štetju period nosilnega valovanja preko časa. Sprejemnik spremlja sprejeto valovanje ter v naprej predvidenih časovnih intervalih izvaja opazovanja faze sprejetega valovanja. Vrednosti števila celih valov med satelitom in sprejemnikom, v začetnem trenutku opazovanj, sprejemnik ne more zaznati. Če predpostavimo, da v času izmere ni prišlo do prekinitve sprejemanja valovanja, je vrednost števila celih valov ostala nespremenjena. GPS sprejemnik izvaja opazovanja faze v okviru ene valovne dolžine in beleži njene spremembe za vrednost cele valovne dolžine od začetnega trenutka opazovanj do trenutka izvedbe posameznega opazovanja. Razdaljo med satelitom in sprejemnikom lahko pridobimo, če poznamo valovno dolžino, število celih valov med satelitom in sprejemnikom v začetnem trenutku opazovanj, fazo sprejetega valovanja in fazo vzpostavljenega valovanja v sprejemniku.

Osnova za izračun razdalje med satelitom in sprejemnikom je zopet čas potovanja signala med njima.

Enojno fazno razliko imenujemo razliko opazovanih faz valovanja oddanega z enega satelita in sprejetega istočasno z dvema sprejemnikoma.

Dvojna fazna razlika predstavlja razliki enojnih faznih razlik za valovanje, oddano z dveh satelitov.

Trojna fazna razlika je razlika dvojnih faznih razlik, sestavljena za dva trenutka opazovanj, ki se uporablja za odstranitev neznanega števila celih valov v začetnem trenutku opazovanj in za pridobitev prvega približka komponent baznega vektorja.



Slika 10: Merjenje s pomočjo faze 1 (vir: drustvo-viharnik.si, 2009)

Slika 11: Merjenje s pomočjo faze 2 (vir: drustvo-viharnik.si, 2009)

Fazni način je bolj natančen od kodnega. Natančnost položaja nove točke je odvisna od števila satelitov, ki jih sprejemnik sledi, njihove geometrijske razporeditve, stanja atmosfere ter drugih virov napak (odboji signalov, prekinitve, ...).

3.3.1 Absolutna določitev položaja

Opazovanja izvajamo z enim sprejemnikom. Natančnost položaja, ki jo dosežemo s to metodo, je okrog 10 m, višinska natančnost pa dvakrat slabša. Absolutna metoda služi za navigacijo plovil, vozil, letal, popotnikov, padalcev, ...

3.3.2 Diferencialni GPS (DGPS)

Za potrebe določitve položaja na nekaj dm natančno so bile razvite metode diferencialne določitve položaja. Pri diferencialni soločitvi položaja sta potrebna dva sprejemnika, ki hkrati

izvajata opazovanja količin oddanih z istih satelitov. Referenčni sprejemnik se nahaja na znani točki in pošilja popravke mobilnemu sprejemniku, pri čemer njuna medsebojna oddaljenost ne sme biti prevelika – do 100 km. Bazni sprejemnik na osnovi prejetih signalov s satelitov določa trenutni položaj. Ta položaj zaradi vplivov in pogreškov ne sovpada z danim položajem. Na podlagi odstopanj v položaju se določijo popravki psevdorazdalj med referenčnim sprejemnikom in sateliti. Popravki psevdorazdalj, ki so izračunani na baznem stojišču, se lahko zaradi podobnih vplivov na opazovanja obeh sprejemnikov upoštevajo kot popravki merjenih psevdorazdalj na premičnem sprejemniku, ki z uporabo teh popravkov določi svoj položaj. Dosežena natančnost premičnega sprejemnika večinoma zadošča zahtevam za potrebe kartografije, ne pa tudi za potrebe različnih GIS-ov.

3.3.3 Fazna relativna določitev položaja

Relativna določitev položaja na osnovi faznih opazovanj je edina metoda določitve položaja, ki zagotavlja doseganje točnosti položaja za potrebe geodezije. Določitev položaja temelji na sestavi faznih razlik, kjer se izločajo pogreški satelitovih in sprejemnikovih ur, kombinaciji opazovanj na frekvencah L1 in L2 na odstranitev vpliva ionosfere ter možnosti uporabe najbolj točnih podatkov o tirnicah satelitov. Glavnega pomena za kvaliteto določitve položaja je zanesljiva določitev neznank začetnega števila celih valov.

Relativna opazovanja lahko izvajamo z geodetskimi sprejemniki, ki obdelujejo signale na kodni in fazni način. Uporabljamo lahko enofrekvenčne sprejemnike ali dvofrekvenčne sprejemnike (priporočljivi), saj se lahko moteči vpliv ionosfere s kombinacijo opazovanj L1 in L2 odpravi.

3.4 Natančnost določitve položaja v okviru GNSS

Izbira ustrezne merske opreme je odvisna od želene položajne natančnosti in je stvar presoje geodeta.

Visoko natančnost določitve položaja v okviru GNSS omogočajo:

- kakovosten merski instrumentarij oziroma oprema,
- ustrezna metoda izmere,
- prefinjeni algoritmi za obdelavo opazovanj ter
- kakovostna obdelava opazovanj.

V pripravi, izvedbi in vrednotenju rezultatov geodetske izmere v okviru kateregakoli GNSS je potrebno kot v vsakem drugem postopku geodetske izmere:

- pridobiti podatke, ki ustrezajo zahtevi o določanju položajev;
- izvesti izmero s specificiranimi postopki izmere in obdelave opazovanj;
- odstraniti ali zmanjšati znane ali možne vplive na opazovanja;
- zagotoviti zadostno nadštevilnost opazovanj z zanesljivo oceno točnosti opazovanj;
- ustrezno obdelati in analizirati podatke opazovanj;
- zadostno dokumentirati postopke izmere in obdelave.

3.4.1 Nivoji natančnosti GNSS

Nekajmetrski nivo natančnosti: dosežemo z uporabo ročnih GNSS sprejemnikov pri določanju položaja v enem od satelitskih sistemov (WASS ali EGNOS). Na območju Evrope je priporočljivo uporabiti sistem EGNOS. Ta nivo natančnosti se uporablja za navigacijo (SIGNAL, 2010).

Podmetrski nivo natančnosti: dosežemo z uporabo enofrekvenčnih GNSS sprejemnikov pri določanju relativnega položaja glede na stalno GNSS postajo ali v omrežju GNSS postaj. Metoda izmere je diferencialni GPS (DGPS). Ta nivo natančnosti se uporablja za zajem podatkov za kartografijo ali GIS, precizno navigacijo, lokacijske storitve, ipd. (SIGNAL, 2010).

Nekajdecimetrski nivo natančnosti: dosežemo z uporabo enofrekvenčnih GPS sprejemnikov, zunanje antene in z možnostjo določitve baznih vektorjev z natančnostjo boljšo od nekaj decimetrov (angl. subfeet accuracy). Položaj je potrebno določati relativno glede na stalno GNSS postajo ali v omrežju GNSS postaj. Metoda izmere je diferencialni GPS (DGPS). Ta nivo natančnosti se uporablja na naslednjih področjih: geoinformacijske storitve, lokacijske storitve, varstvo kulturne dediščine, urbanizem, hidrografija in še zelo veliko področij... (SIGNAL, 2010).

Nekajcentimetrski nivo natančnosti: dosežemo z uporabo dvofrekvenčnih GPS sprejemnikov, zunanje antene in z možnostjo določitve baznih vektorjev z natančnostjo boljšo od nekaj centimetrov (angl. cm accuracy). Položaj je potrebno določati relativno glede na stalno GNSS postajo ali v omrežju GNSS postaj (npr. storitev VRS). Metoda izmere je lahko RTK (Real Time Kinematic), kinematična ali hitra statična. Ta nivo natančnosti se uporablja na področju geodezije, evidentiranja nepremičnin, gradbeništva, aerofotogrametrije, daljinskega zaznavanja...(SIGNAL, 2010).

Podcentimetrski nivo natančnosti: dosežemo z uporabo dvofrekvenčnih GPS sprejemnikov in zunanje antene. Položaj točk določamo z navezavo na več danih točk in z zelo dolgim časom opazovanj (nekaj dni). Koordinate točk so izračunane na podlagi obdelave opazovanj v profesionalnem programskem paketu in z izravnavo baznih vektorjev v okviru GNSS mreže. Metoda izmere je vedno statična. Ta nivo natančnosti se uporablja za izračun koordinat EUREF-točk, stalnih GNSS-postaj, za spremljanje tektonike, ipd. (SIGNAL, 2010).

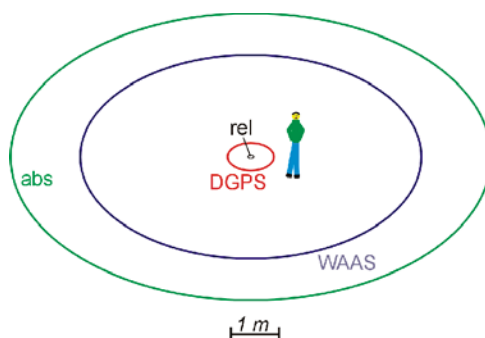
Precise Point Positioning (PPP) je metoda določitve položaja, katere bistvo je, da za razliko od relativnih metod, sprejemniki niso več potrebni, ampak so zadostna opazovanja enega sprejemnika. Glavna razlika je v obravnavi pogreškov sprejemnikovih in satelitovih ur. PPP uporablja zelo točne ocene stanja satelitovih ur, ki so pridobljene na osnovi podatkov globalne mreže postaj GPS. Pogreške sprejemnikovih ur se v PPP vključi kot neznanke v model izravnave. S 24-urnimi opazovanji lahko s PPP dosežemo natančnost centimetrskega razreda (Kozmus, Stopar, 2003).

Izbira ustrezne kategorije natančnosti je stvar strokovne presoje naročnika meritev in je odvisna od namena oziroma uporabe rezultatov GNSS-izmere.

Delno lahko na natančnost določitve položaja v okviru GNSS izmere vpliva tudi tisti, ki opravlja izmero na terenu. Sprejemnik je potrebno v času meritev postaviti na čim bolj odprtem območju, saj mu tako omogočimo dober sprejem signala, ker gosta vegetacija in objekti otežijo, včasih pa preprečijo sprejem satelitskega signala.

3.4.2 Grafična primerjava natančnosti metod

Na sliki 15 so natančnosti metod GPS prikazane z grafično primerjavo glede na velikost človeka. Zaradi perspektivnega pogleda so na sliki elipse namesto koncentričnih krožnic. S samostojnim sprejemnikom se lahko položaj določi zgolj približno, zato je uporaba zelo omejena. Ob uporabi dveh sprejemnikov ali podatkov omrežja permanentnih postaj se lahko doseže visoka natančnost, ki je primerna za vsakdanje, pa tudi za najbolj natančne geodetske naloge (Kozmus, Stopar, 2003).



Slika 12: Grafična primerjava natančnosti metod
(vir: http://www.geodetski-vestnik.com/47/4/gv47-4_404-413.pdf, 2010)

3.5 Prednosti in slabosti določitve položaja v okviru GNSS

Z začetki praktične uporabe GNSS se je za geodezijo začelo novo obdobje, ki močno spreminja običajne geodetske naloge določitve položaja.

Podobne spremembe, kot jih je prinesel GNSS, sta v preteklosti prinesla pojav elektronskih razdaljemerov in elektronskih računalnikov.

Prednosti:

- visoka produktivnost in zato nižja cena določitve položaja neodvisnost od vremenskih pogojev;
- visoka natančnost določitve položaja;
- ne potrebujemo medsebojne vidnosti točk, zato jih postavljamo tja, kjer jih potrebujemo;
- določitev 3D položaja;
- z vzpostavitvijo omrežij PPGPS (SLO – SIGNAL) je cena določitve položaja še nižja.

Slabosti:

- signal oddan s satelitov ne prehaja fizičnih ovir, zato je uporaba v gosto pozidanem in močno poraščenem okolju otežena;
- z GNSS izmero pridobimo elipsoidno višino točke;
- sistema GPS in GLONASS sta last ZDA oziroma Rusije, ki s sistemoma prosto razpolagata.

3.6 Geodetska navezava na ETRS89 sistem

GNSS metode izmere za določitev koordinat točk temeljijo na relativni določitvi položaja, glede na eno ali več danih točk v enem od globalnih koordinatnih sistemov. Vklon GNSS opazovanj v ETRS89 sistem poteka z relativno določitvijo koordinat nove točke glede na

točko z danimi koordinatami v ETRS89 pod pogojem, da na dani točki istočasno izvajamo GNSS opazovanja (GURS, 2010).

Ločimo tri načine navezave na ETRS89:

- ETRS – točko,
- stalno delujočo GNSS postajo ali
- omrežje stalno delujočih GNSS postaj (VRS).

3.6.1 Navezava na ETRS - točko

ETRS-točka se uporablja za poimenovanje točk s kakovostno določenimi koordinatami v ETRS89. Na ozemlju Slovenije imamo 5 uradnih EUREF-točk, 44 točk, katerih koordinate so bile določene v okviru EUREF GPS-kampanij in približno 2000 točk, katerih koordinate so bile določene v okviru GPS-kampanij GURS-a.

Pri navezavi na ETRS-točko opazovanja izvajamo istočasno na ETRS-točki (bazni sprejemnik) in na novih točkah (premični sprejemnik - rover).

Preglednica 1: Prednosti in slabosti pri navezavi na ETRS- točko

PREDNOST	SLABOSTI
Neodvisnost od upravljavca in delovanja stalno delujoče GNSS postaje ali omrežja le-teh. Možnost uporabe radijske povezave.	Za izmero potrebujemo 2 GNSS sprejemnika in 2 operaterja. Veliki stroški (oprema, operater). Natančnost je odvisna od oddaljenosti od ETRS-točke. Vzdrževanje ETRS-točk.

3.6.2 Stalno delujoča GNSS postaja

Permanentna GNSS postaja je kakovostno stabilizirana točka z nameščeno GNSS opremo na kateri se izvajajo neprekinjena GNSS opazovanja. Takšna postaja izvaja funkcijo baznega sprejemnika za navezavo opazovanj na ETRS89.

Za izvedbo meritev je potrebno preveriti delovanje postaje v času planiranih opazovanj, pridobiti podatke o postaji, za naknadno obdelavo podatkov je potrebno pridobiti podatke z opazovanji in navigacijske podatke v formatu RINEX ter za obdelavo podatkov v realnem času zagotoviti komunikacijo, ki omogoča prenos podatkov iz postaje na premični sprejemnik.

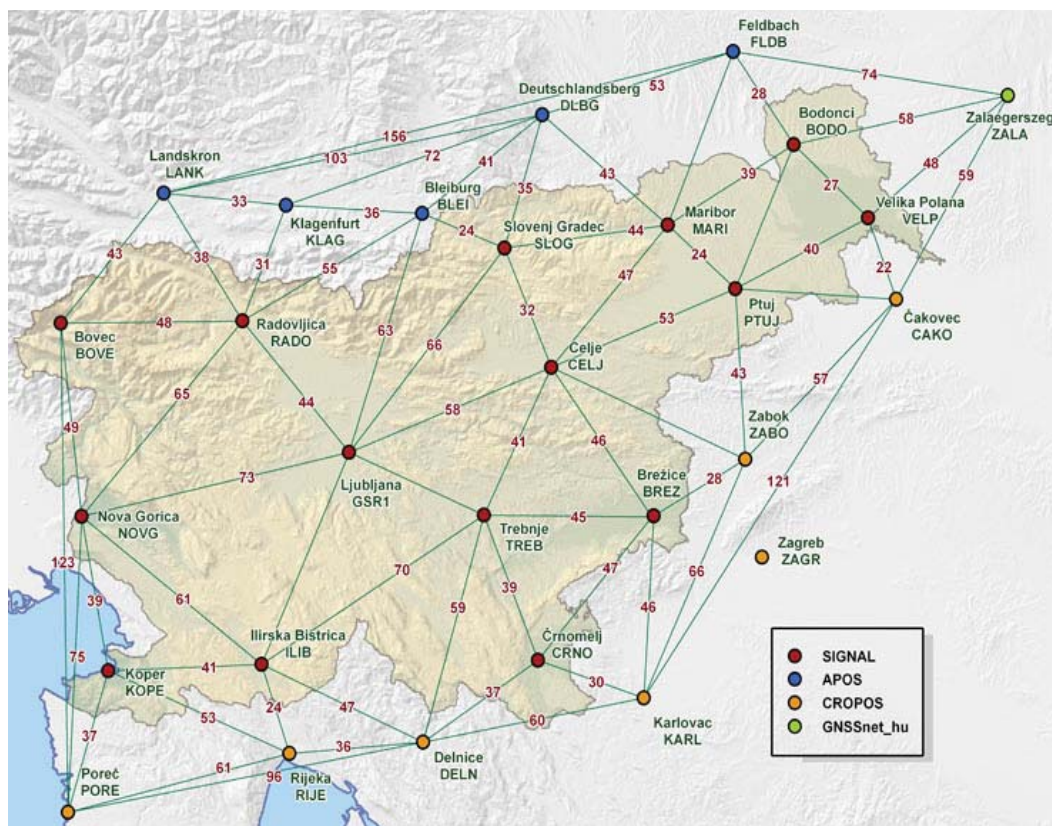
Pri navezavi na GNSS-postajo se opazovanja izvajajo istočasno na GNSS- postaji in na novih točkah (rover).

Preglednica 2: Prednosti in slabosti pri navezavi na stalno GNSS postajo

PREDNOST	SLABOSTI
Potrebujemo en GNSS-sprejemnik. Zagotovljeno kakovostno delovanje GNSS- postaje. Ažurnost koordinat.	Odvisnost od upravljavca in delovanja stalnih GNSS- postaj. Natančnost je odvisna od oddaljenosti od GNSS- postaje.

3.6.3 Omrežje stalno delujočih GNSS postaj

Omrežje SIGNAL (Slovenija – Geodezija – Navigacija – Lokacija) je državno omrežje, ki ga sestavlja 15 stalno delujočih GPS- postaj razporejenih po vsej državi. Maksimalne oddaljenosti med postajami so manjše od 70 km, saj so s tem izpolnjeni pogoji za zagotavljanje določitve položaja visoke natančnosti na ozemlju države ob uporabi storitve VRS. Poleg stalno delujočih postaj omrežje sestavlja tudi nadzorno – operativni center z ustrežno računalniško programsko opremo – »Služba za GNSS«, katere naloga je zagotoviti uporabnikom podatke omrežja za meritve v realnem času in za naknadno obdelavo podatkov.



Slika 13: Permanentne postaje v Sloveniji (vir: <http://www.gu-signal.si>, 2010)

Poleg 15 postaj državnega omrežja SIGNAL imamo še postaje, ki so jih vzpostavili in z njimi upravljajo posamezna podjetja iz zasebnega sektorja.

Prednosti omrežja v primerjavi s samostojnimi stalno delujočimi GNSS-postajami:

- upravljanje omrežja in distribucija podatkov vseh postaj iz centra omrežja (t.j. centralno zasnovano omrežje) omogoča celosten nadzor nad delovanjem omrežja na enem mestu,
- kontinuiran izračun popravkov opazovanj na vseh postajah, kar omogoča generiranje t.i. ploskve popravkov opazovanj,
- za vsako točko znotraj omrežja se lahko iz te ploskve izračuna popravke opazovanj,
- dva načina posredovanja omrežnih popravkov: ploskev popravkov opazovanj (FKP) ali opazovanja navidezne referenčne postaje (VRS),

- zmanjšamo odvisnost kakovosti koordinat detajlnih točk od dolžine baznega vektorja.

Slabosti omrežja v primerjavi s samostojnimi stalno delujočimi GNSS-postajami:

- predpostavlja se, da so opazovanja VRS identična tistim, ki bi jih izvedla fizična stalno delujoča postaja na istem mestu ob istem času,
- odvisnost od delovanja centra omrežja, v primeru napak v delovanju programske opreme za nadzor omrežja ni mogoč dostop do podatkov nobene postaje;

Navezava na omrežje GNSS- postaj omogoča nekajcentimetrovsko natančnost na območju cele države.

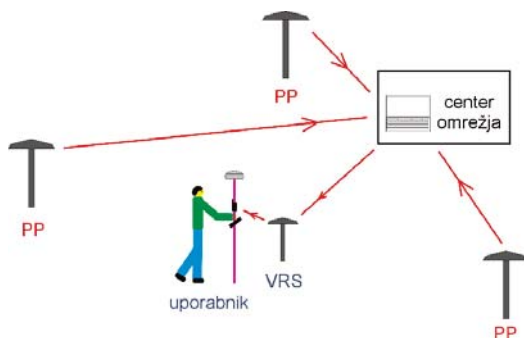
Preglednica 3: Prednosti in slabosti pri navezavi na omrežje stalno delujočih GNSS- postaj

PREDNOST	SLABOSTI
Potrebujemo en GNSS- sprejemnik. Zagotovljeno kakovostno delovanje GNSS- postaje. Natančnost ni odvisna od oddaljenosti od GNSS- postaje.	Odvisnost od upravljavca in delovanja stalnih GNSS- postaj.

3.6.3.1 Virtualna referenčna postaja (VRS)

Virtualna referenčna postaja (VRS) je storitev, ki jo podpirajo omrežja stalno delujočih GNSS postaj s centralnim upravljanjem omrežja. V centru se na podlagi opazovanj GPS postaj generira model vplivov na opazovanja in na podlagi teh se izračunajo interpolirane vrednosti vplivov za položaj uporabnika. Na podlagi približnega položaja mobilnega sprejemnika, ki ga posreduje v računski center Službe za GNSS, se za ta položaj izračunajo vrednosti opazovanj, kakor bi jih pridobil dejanski sprejemnik postavljen na tem položaju. Tem opazovanjem so dodane vrednosti modeliranih vplivov na opazovanja, ki so interpolirane iz vzpostavljenih modelov vplivov, za položaj sprejemnika, ki je bil posredovan v računski center. Tako generirana opazovanja imenujemo VRS opazovanja in se nanašajo na t.i. VRS postajo. Uporabnik obravnava VRS opazovanja enako kot opazovanja dejanske GNSS postaje, zato je

način določitve položaja nespremenjen glede na izbrano točko znotraj omrežja stalnih GNSS postaj. Zaradi modeliranja vplivov na opazovanja je natančnost določitve položaja z navezavo na VRS lahko zelo visoka, kljub veliki oddaljenosti od najbližje fizične GPS postaje. Ponudniki opreme za uporabo VRS storitev zagotavljajo nekaj centimetrsko natančnost, če so razdalje med GNSS postajami krajše od 70 km. Ta pogoj izpolnjuje omrežje SIGNAL.



Slika 14: Princip VRS delovanja (vir: http://www.geodetski-vestnik.com/47/4/gv47-4_404-413.pdf, 2010)

3.7 Terenske metode izmere

Na terenu se lahko poslužujemo različnih metod izmere za določitev koordinat točk. Izbira načina izmere je odvisna od strokovne presoje podjetja, ki se v odvisnosti od danosti in omejitev na delovišču, odloči za najbolj smotno metodo dela.

Natančnost določitve položaja v GNSS sistemih je odvisna od uporabljenega sprejemnika in metode izmere.

Za določitev ravninskih koordinat uporabimo:

- GNSS metodo izmere,
- klasično metodo izmere in
- kombinirano metodo izmere.

3.7.1 GNSS metoda izmere

GNSS metode izmere so metode, s katerimi določamo koordinate točk na podlagi sprejema signalov s satelitov, ki krožijo okoli Zemlje. Za določitev koordinat točkam z GNSS metodo izmere je potrebna oprema najvišjega kakovostnega razreda. Te metode omogočajo določitev koordinat točk neposredno v ETRS89 koordinatnem sistemu.

Metode GNSS izmere:

- RTK- metoda izmere,
- kinematična metoda izmere,
- hitra statična metoda izmere.

GNSS metoda izmere se uporabi, če:

- je na obzorju vsaj 5 do 6 GNSS-satelitov,
- imajo sateliti ugodno geometrijsko razporeditev,
- ni fizičnih ovir v neposredni bližini detajlnih točk, posebej južno od točk izmere,
- ni odbojnih ravnih površin v neposredni bližini točk izmere ter
- je mogoča kakovostna navezava na državni koordinatni sistem.

Če pri GNSS-izmeri prihaja do izgube inicializacije ter pogostih prekinitev signala, se uporabi kombinirana metoda izmere. Ne glede na izbrano metodo izmere, pa mora biti natančnost ravninskih koordinat pri opravljenih terenskih meritvah, boljša od 4 cm, kar pomeni, da mora biti daljša izmed polosi standardne elipse zaupanja v koordinati točke krajša kot 4 cm, za zemljiško-katastrske točke, ter daljša izmed polosi standardne elipse zaupanja v koordinati točke krajša kot 2 cm na točkah izmeritvene mreže. Natančnost točk predpisuje pravilnik o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru (35. člen) ob 95% stopnji zaupanja (Uradni list RS, št.8/2007 z dne 29.1.2007).

3.7.1.1 RTK-metoda izmere

Je metoda, ki temelji na faznih opazovanjih in istočasni izmeri z dvema sprejemnikoma. En sprejemnik je postavljen na dani točki (bazni sprejemnik), z drugim, premičnim sprejemnikom, pa izvajamo meritev. Bazni sprejemnik lahko nadomesti stalno delujoča GNSS postaja ali VRS.

Za izvedbo te metode je potrebno vzpostaviti komunikacijsko povezavo med omrežjem SIGNAL in GNSS-sprejemnikom.

Komunikacijsko povezavo z omrežjem SIGNAL lahko vzpostavimo na dva načina:

- GSM-povezava ali
- GPRS-povezava (paketni prenos podatkov).



Slika 15: RTK – metoda izmere

Preko izbrane komunikacijske povezave se pošiljajo popravki opazovanj, ki omogočajo obdelavo opazovanj v realnem času. Kot rezultat obdelave dobimo koordinate točk v novem državnem koordinatnem sistemu ETRS89 s pripadajočimi informacijami o natančnostih koordinat. Za uporabo koordinat, določenih v ETRS89 v lokalnem koordinatnem sistemu, je potrebno izvesti transformacijo koordinat. Z računalnikom, ki nadzira delovanje RTK-sistema, lahko izvajamo transformacije na podlagi točk v lokalni koordinatni sistem,

neposredno med izmero na terenu. Pogoj za to transformacijo je, da s premičnim GPS sprejemnikom določimo koordinate točk v ETRS89 koordinatnem sistemu, ki imajo predhodno določene koordinate v lokalnem koordinatnem sistemu.

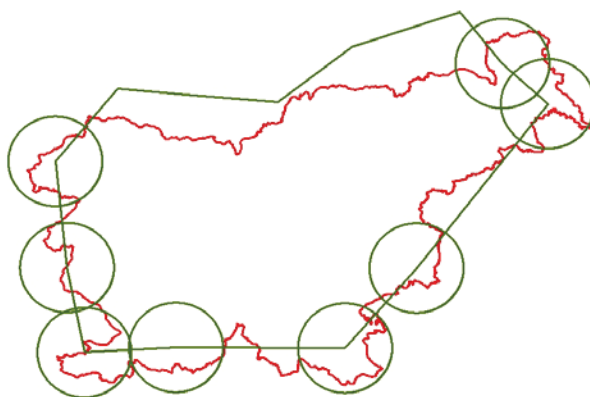
Standard ISO19111 (Geographic information) loči med pretvorbo koordinat in transformacijo koordinat.

Po definiciji je pretvorba preračun koordinat iz enega tipa koordinat v drugega v istem datumu. Transformacija pomeni preračun koordinat med dvema koordinatnima sistemoma, ki se nanašata na dva različna datuma. Lahko je linearna ali pa nelinearna, samo transformacijo pa lahko izvajamo v 1D, 2D oz. 3D prostoru (Kelenc D., 2008).

Transformacija predstavlja matematično operacijo, ki nam omogoča pretvorbo koordinat izhodiščnega koordinatnega sistema v ciljnega. Izbor tipa transformacije je odvisen od tega, kaj želimo pri prehodu med koordinatnima sistemoma ohraniti, načeloma naj bi vse vrste transformacij zagotavljale enak rezultat, ob doslednem upoštevanju zakonitosti. V odvisnosti od razsežnosti koordinatnega sistema lahko točke oziroma objekti (1D, 2D, 3D) spremenijo koordinate točk, svojo lokacijo in orientacijo, ohranijo pa velikost in obliko, oz. merilo, ali pa le-tega ne ohranijo. Izbira tipa oz. modela transformacije je odvisna od posamezne naloge in natančnosti, opredeljuje pa število in lastnosti transformacijskih parametrov (Kelenc D., 2008).

Za navezavo na nov državni koordinatni sistem se lahko uporabi:

- Najbližja stalna GNSS-postaja omrežja SIGNAL ali
- Navidezna referenčna postaja VRS.



Slika 16: Območje uporabe navezave na VRS (znotraj poligona) ter navezave na stalno GNSS – postajo (znotraj krogov), (vir: Geodetski vestnik 52/2008-4, str. 735, 2011)

Za RTK-metodo izmere je priporočljivo:

- izbrati primerni višinski kot, ki ne sme biti prenizek, ker s tem podaljšamo čas inicializacije. Priporočljiv je kot med $10 - 15^\circ$,
- da je interval registracije 1 s,
- da je število meritev na posamezni točki med 10 – 60 s,
- da je največji še sprejemljivi PDOP 6,
- da sta ZK-točki koordinate določeni vsaj 2-krat, kjer je časovni interval med zaporednimi meritvami najmanj 30 minut (GURS, 2007) ter
- shranjevanje surovih podatkov opazovanj, da lahko morebitne nepravilnosti (višina antene, filtriranje opazovanj,...) kasneje z obdelavo popravimo.

RTK-način izmere pa ima tudi svoje slabosti:

- omejeno območje delovanja radijskih zvez (do 10 km),
- več občutljivih tehnologij deluje istočasno in lahko onemogoči merjenje (motnje ali izguba GPS signala),
- Če pogoji za GNSS-izmero niso idealni, je potrebno podaljšati trajanje opazovanj na posamezni točki (20 – 60 s) ter povečati višinski kot (največ 15°).

3.7.1.2 Kinematična metoda izmere

Pri kinematični metodi velja podobno kot za RTK-metodo. Metodi se razlikujeta le v tem, da se pri kinematični metodi izmere obdelava opazovanj izvaja naknadno v pisarni. Pred začetkom izmere točk je potrebno izvesti inicializacijo, tako da zagotovimo dovolj opazovanj, ki omogočajo izračun neznanega števila celih valov.

3.7.1.3 Hitra statična metoda izmere

Hitra statična metoda je ena izmed statičnih metod izmere. Čas opazovanj na točki je krajši kot pri statični metodi izmere in običajno traja od 10 minut do 30 minut. Kako dolgo traja opazovanje na točki, je odvisno od dolžine baznega vektorja in pogojev za izvedbo GNSS opazovanj. Koordinate nove točke določimo na osnovi navezave na referenčno postajo ali na točko s kakovostno določenimi koordinatami in z naknadno obdelavo opazovanj.

3.7.2 Klasična metoda izmere

Klasična metoda izmere je metoda določitve koordinat točk na osnovi opazovanih dolžin in kotov. Metoda izmere je največkrat uporabljena, kadar so pogoji za kakovostno izvedbo GNSS-opazovanj zagotovljeni samo na delu območja izmere, kot na primer v naseljih, v gozdovih, na območjih močnih virov elektromagnetnega valovanja, ...

Uporaba klasične metode izmere:

- če ni mogoča GNSS-izmera,
- na delovišču že vzpostavljena izmeritvena mreža,
- nimamo GNSS-opreme.



Slika 17: Terenska izmera

3.7.3 Kombinirana metoda izmere

Pri tej metodi izmere določamo položaj novi točki tako z GNSS kot tudi s klasičnimi metodami izmere. Navadno se ena od GNSS-metod izmere uporabi za določitev koordinat točk izmeritvene mreže, medtem ko se klasična metoda izmere uporabi za določitev koordinat detajlnih točk. Ta metoda je priporočljiva, kadar je na območju izmere onemogočena izvedba kakovostne GNSS-izmere kot v primeru, da prihaja do pogoste izgube inicializacije, prekinitve signala, število vidnih satelitov je manjše kot 5, ugotovi se prisotnost ovir v neposredni bližini detajlnih točk, ...

Da je kombinirana metoda kakovostno izvedena morajo biti zagotovljeni naslednji pogoji:

- na delih delovišča morajo biti izpolnjeni pogoji za GNSS-izmero,
- točke izmeritvene mreže morajo zagotavljati kakovostno osnovo za uporabo klasičnih geodetskih meritev v koordinatni sistem.

V kolikor pogoji za kakovostno izvedbo kombiniranih metod izmere niso izpolnjeni, se uporabi klasična metoda izmere.

3.7.4 Primerjava metod izmere

Danes je za geodetsko izmero najboljša kombinacija različnih metod GPS izmere. Posamezne metode GPS izmere omogočajo pridobivanje položaja ustrezne natančnosti in zanesljivosti ob različnem obsegu terenskega dela in ob različni obdelavi opazovanj po opravljeni izmeri.

Nekatere lastnosti posameznih metod GPS izmere podajam v spodnji tabeli.

Preglednica 4: Primerjava različnih metod GPS izmere

Metoda izmere	Trajanje opazovanj	PREDNOSTI	SLABOSTI
RTK	V realnem času.	Koordinate in natančnost znane že na terenu. Ni potrebna dodatna obdelava opazovanj v pisarni.	Slab GSM-signal.
Kinematična	1 min do 2 min	GSM signal ni potreben.	Obdelava v pisarni. Na terenu ne dobimo koordinat in natančnosti.
Hitra statična	5 min do 20 min	Visoka natančnost koordinat.	Zamudna izmera. Obdelava v pisarni. Na terenu ne dobimo koordinat in natančnosti.
Statična	Od 1 do 4 ure	Visoka natančnost koordinat.	Zamudna izmera.

4 IZVEDBA GNSS IZMERE

Z uvedbo novega koordinatnega sistema leta 2008 se v praksi srečujemo z različnimi vprašanji, kot so pravilna izbira metode izmere, ki je pogoj za določitev kvalitetno določenih koordinat točk, določitev transformacijskih parametrov in izvedba transformacije med aktualnima koordinatnima sistemoma.

Na konkretnem primeru geodetske storitve – npr. ureditev dela meje parcele, smo želeli predstaviti, kako določimo lastne transformacijske parametre ter izvedemo transformacijo iz koordinatnega sistema D96/TM v D48/GK koordinatni sistem. Transformacijo smo naredili s programom Sitra. Zaradi uporabnosti smo transformacijo izvedli še v programu Geos7 in na koncu analizirali dobljene rezultate glede na regionalne transformacijske parametre. Določitev koordinat v G-K sistemu je bistvenega pomena, saj se v zemljiškem katastru grafični del oziroma digitalni grafični prikaz še vedno vodi z G-K koordinatami.

Z opazovanjem točk z dvema različnima metodama izmere pa smo narediti primerjavo med izbranimi metodama izmere ter na koncu koordinate primerjali s koordinatami v bazah GURS-a.

V novembru 2008 smo opazovanja opravili s hitro statično metodo izmere in jim tako določili koordinate z visoko natančnostjo – v nadaljevanju smo te koordinate privzeli kot referenčne koordinate.

Za kontrolo, primerjavo smo istočasno izvedli še RTK-metodo izmere.

Vreme je bilo konstantno zmerno oblačno. Terensko izmero smo zaključili v enem dnevu.

Na tej lokaciji ni bilo zgradb in ovir, ki bi lahko oteževale ali celo onemogočale izvedbo opazovanj, zato je GNSS izmera potekala brez težav, hkrati pa smo zmanjšali možnost pojava grobih in sistematičnih pogreškov.

V mesecu aprilu 2010 smo na istih točkah ponovili RTK-metodo izmere in dobljene koordinate ponovno primerjali z referenčnimi koordinatami. Zanimalo nas je, koliko so se po daljšem časovnem obdobju spremenile položajne natančnosti koordinat in kaj to pomeni za lastnika zemljišča.

Za določitev lokalnih transformacijskih parametrov smo v okolici delovišča definirali mrežo točk. Točkam smo določili koordinate v ETRS89 koordinatnem sistemu z dvema časovno neodvisnima meritvama, Gauss-Krügerjeve koordinate pa smo pridobili na OGU Celje.

4.1 Območje izmere

Za delovišče smo izbrali naselje Zadobrova v neposredni bližini mesta Celje. Na izbranem območju smo izbrali 7 naključnih mejnih točk. Točke (mejnike) je pred nami določilo neko geodetsko podjetje za potrebe zemljiškega katastra (ureditev meje). Točke so v naravi stabilizirali in jim koordinate določili po navodilih za izvajanje GNSS-izmere v državnem koordinatnem sistemu in jim določili status ZK-točk, kar pomeni, da so podali koordinate točk v veljavnem državnem koordinatnem sistemu (ETRS89/TM) s pripadajočimi natančnostmi.



Slika 18: Območje izmere, naselje Zadobrova

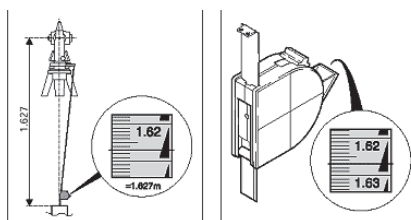
4.2 Uporabljen inštrumentarij ter opazovanja na terenu

Leta 2008 so bila opazovanja opravljena z inštrumentom Leica SmartStation serije 1200 – TPS z integriranim GPS. To je inštrument, ki omogoča večjo produktivnost zaradi kombinacije GNSS-sprejemnika in tahimetra. S tem inštrumentom, ki omogoča kombinacijo GNSS in terestičnih opazovanj, lahko določimo centimetrsko natančnost v nekaj sekundah, pri dolžini vektorja do 50 km. Tako je v najkrajšem možnem času inštrument pripravljen za merjenje; stojišče določimo z GPS, meritve detajla pa opravimo s tahimetrom. V tej nalogi so bile vse točke določene na osnovi GPS.



Slika 19: Leica SmartStation

Inštrument smo na vsako izbrano točko fizično postavili samo enkrat. Ko smo ga pripravili za izvajanje meritev, smo izmerili še višino od centra talne točke do inštrumenta. Višino smo določili z t.i. tračnim merskim trakom, ki na svoji razdelbi že upošteva vse pretvorbe, zato je odčitek enak pravokotni oddaljenosti presečišču treh osi tahimetra od talne točke.



Slika 20: Način določitve višine inštrumenta (vir: <http://www.geoservis.si/instrumenti/leica/heightmeter.htm>, 2010)

Preglednica 5: Vrednosti višin instrumenta na izmeritvenih točkah

TOČKA	vertikalna višina H_p (m)
11380	1.620
11382	1.546
11383	1.652
11384	1.646
11385	1.631
11386	1.611
11387	1.589

Na posamezni točki smo najprej izvajali RTK-metodo izmere v trajanju 30 sekund. Nadaljevali smo s hitro statično metodo izmere, ki je časovno trajala 15 minut. V zadnjem koraku pa smo točko ponovno opazovali z RTK VRS-metodo izmere v trajanju 30 sekund.

Višinski kot pri izvajanju GPS-izmere je znašal 15° , kar pomeni, da inštrument ni registriral signala iz tistega satelita, ki je bil pod to vrednostjo višinskega kota. S takšno izbiro koordinatam povečamo kakovost določitve, ker je s tem vpliv ionosfere in troposferske refrakcije manjši.

Opazovanja smo izvajali z intervalom ene sekunde, kar pomeni, da so se opazovanja registrirala vsako sekundo, pri obeh metodah enako.

Med izmero pa smo spremljali geometrijsko razporeditev satelitov, ki je definirana s faktorjem PDOP (ang.: Position Dilution Of Precision), ki podaja kakovost geometrije prostorskega ločnega preseka.

Leta 2010 smo RTK-metodo izmere ponovili z inštrumentom Leica Smart Rover.

4.3 Terenske metode izmere

Terenske metode izmere so metode izmere, ki jih lahko uporabimo pri izmeri terenskih točk.

4.3.1 Hitra statična metoda izmere na terenu

Hitra statična metoda je v osnovi enaka statični, le da je časovno manj zamudna, ker so opazovanja bistveno krajša.

Pri hitri statični metodi smo posamezno točko opazovali 15 minut, pri čemer smo upoštevali 10 minut + 1 minuta na kilometer oddaljenosti od permanentne postaje Celje. Oddaljenost terena od stalno delujoče GNSS-postaje smo določili v pisarni na podlagi topografske karte in ugotovili, da je znašala približno 4 km.

Po opravljenih meritvah sledi obdelovanje in pregledovanje podatkov opazovanj in na njihovi osnovi izračunani položaji točk.

4.3.1.1 Obdelava opazovanj

Obdelava opazovanj je pomembna faza pri izvedbi GNSS-izmere, saj vključuje pregled in arhiviranje podatkov opazovanj, obdelavo faznih opazovanj za pridobitev baznih vektorjev in koordinat novih točk, izravnavo opazovanj v geodetski mreži ter transformacijo položajev iz koordinatnega sistema GNSS-izmere v državni koordinatni sistem.

Za obdelavo GNSS-opazovanj so potrebni naslednji podatki:

- opravljena opazovanja na terenu,
- opazovanja VRS oziroma stalne GNSS-postaje ter
- parametri tirnic satelitov GNSS v času izmere (efemeride).

Potek obdelave:

- prenos podatkov in arhiviranje podatkov,
- pridobitev podatkov o referenčnih postajah (RINEX format) in preciznih efemeridah (IGS Final v sp3c formatu),
- obdelava in izravnava faznih opazovanj za pridobitev baznih vektorjev in položajev novih točk.

Uporabili smo programski paket:

- Leica Geo Office.

Za potrebe obdelave GNSS-opazovanj in izračun koordinat je potrebno pridobiti podatke z opazovanji VRS ali opazovanji na stalni GNSS-postaji in to za tisti časovni interval, v katerem so bile izvedene meritve. Podatki z opazovanji v formatu RINEX so dostopni na spletni strani Službe za GPS. Pozorni moramo biti tudi na tipe anten, višine anten, ...

RINEX (ang.: Receiver Independent Exchange Format) vsebuje:

- datoteko z opazovanji,
- navigacijsko sporočilo GPS-satelitov in GLONASS-satelitov.

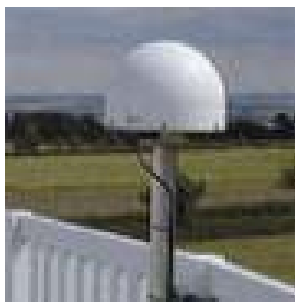
Za podatke o položajih satelitov se uporabi Ultra – Rapid efemeride, ki so na voljo v času izmere in do katerih se dostopa preko spletne strani <http://igscb.jpl.nasa.gov/igscb/product>. Če so v času obdelave podatkov na voljo tudi IGS Rapid efemeride, uporabimo te, ki imajo časovno zakasnitev 24 ur.

4.3.1.2 Določitev koordinat novim točkam

Koordinate smo točkam določili:

- z navezavo na permanentno postajo Celje (SIGNAL),

- z navezavo na virtualno referenčno postajo - v Službo za GPS smo posredovali podatke o približnem položaju delovišča ter podatke o času izmere na terenu. V službi so na osnovi podanih podatkov generirali virtualno referenčno postajo za našo lokacijo.



Slika 21: stalno delujoča GNSS postaja (vir: www.gu-signal.si, 2010)

4.3.2 RTK metoda izmere

RTK-izmera omogoča natančno določitev položaja v realnem času in predstavlja najpogosteje uporabljeno metodo izmere z GNSS-tehnologijo v geodetski praksi od detajlne izmere do nalog v inženirski geodeziji.

RTK-GPS metoda izmere potrebuje komunikacijsko povezavo med referenčnim in premičnim GPS-sprejemnikom v realnem času ter ustrezno programsko opremo za obdelavo opazovanj referenčnega in premičnega GPS-sprejemnika v času trajanja izmere. Preko komunikacijske povezave premični sprejemnik sprejema popravke opazovanj, ki jih tvori in pošilja bazni sprejemnik oziroma center omrežja stalno delujočih postaj. Uspešnost metode temelji na zanesljivi določitvi neznanega števila celih valov v začetnem trenutku opazovanj.

Za preračun v lokalni koordinatni sistem je potrebno izvesti ustrezno transformacijo.

Na podlagi dveh opazovanj iste točke po 30 sekund v časovnem razmiku 15 minut smo že na samem terenu prejeli podatek o položaju in njegovi natančnosti za posamezno meritev.

Položaje točk smo določili z navezavo na virtualno referenčno postajo (VRS).

Pri RTK-izmeri moramo biti pozorni na t.i. inicializacijo, saj je od le-te (od tipa rešitev določitve neznanega števila celih valov na začetku opazovanj in vidljivosti vsaj štirih satelitov) odvisna natančnost določitve položaja novih točk. Hkrati pa je uspešna inicializacija edino merilo kvalitete določitve položajev novih točk, v nekoliko manjšo pomoč nam je še PDOP faktor, ki poda informacijo o geometrijski razporeditvi satelitov v času izmere.

4.4 Analiza rezultatov

V nadaljevanju smo predstavili koordinate točk, ki so bile izmerjene s hitro statično metodo izmere na terenu, z navezavo na permanentno postajo Celje.

Permanentna postaja Celje se nahaja v Medlogu na objektu PGD Medlog.

Preglednica 6: Tehnične lastnosti GNSS postaje Celje (www.gu-signal.si, 2010)

GPS postaja	oznaka	tip sprejemnika	tip antene	višina antene
Celje	CELJ	Leica GPS 1200	AX1202 Zephyr Geodetic 2	0.065

Standardni odklon ali standardna deviacija je statistični kazalec, največkrat uporabljen za merjenje statistične razpršenosti enot. Mi smo jo opredelili kot mero natančnosti; gre za kvadratni koren iz variance oziroma srednjega kvadratnega odklona od srednje vrednosti. RMS je kratica za srednji kvadratni odklon (ang.: Root Mean Square); običajen statistični način podajanja – mi smo ga opredelili kot mero točnosti; predstavlja polovično dolžino 68,3-odstotnega intervala zaupanja – opazovanja, ki od srednje vrednosti odstopajo za več od trikratnika te vrednosti, se običajno obravnavajo kot obremenjena z grobimi pogreški. Ratio – podaja razmerje referenčne variance med drugo in prvo najboljšo rešitvijo števila celih valov in naj ne bi presegalo vrednosti 4.

Preglednica 7: Rezultati baznih vektorjev pri navezavi na permanentno postajo Celje

BAZNI VEKTOR		Razdalja (m)	PDOP	tip rešitve	Položajna + višinska natančnost (mm)
OD	DO				
CELJ	11380F	4085.2973	2.1 - 3.2	L1 in L2	0.2
CELJ	11382F	4095.3164	1.5 - 1.9	L1 in L2	0.1
CELJ	11383F	4047.6916	1.9 - 2.6	L1 in L2	0.2
CELJ	11384F	4059.9438	1.9 - 2.4	L1 in L2	0.2
CELJ	11385F	4065.3662	2.1 - 2.2	L1 in L2	0.2
CELJ	11386F	4074.0331	2.2 - 2.2	L1 in L2	0.2
CELJ	11387F	4075.1464	1.7 - 2.1	L1 in L2	0.2

Rezultati obdelave baznih vektorjev, pridobljenih s pomočjo RINEX formata, so priloženi v prilogi A, bazni vektorji pridobljeni s pomočjo VRS (SIGNAL) pa v prilogi B. Položajne in višinske natančnosti posameznega baznega vektorja so priložene v prilogi I.

Iz preglednice 7 je razvidno, da je pri vseh uporabljenih baznih vektorjih tip rešitve pridobljen kot linearna kombinacija valovanj L1 in L2. Položajna in višinska natančnost pa znaša do 0.2 mm. S tem potrjujemo dosežene dobre pogoje dela na našem delovišču.

Preglednica 8: Koordinate točk v ETRS89/TM koordinatnem sistemu (višina h je elipsoidna višina) pri navezavi na permanentno postajo Celje – referenčne koordinate.

TOČKA	X	σ_x (mm)	Y	σ_y (mm)	h (m)	σ_h (mm)
11380F	522436.578	0.1	123959.928	0.1	290.413	0.1
11382F	522436.728	0.1	123986.925	0.1	290.626	0.1
11383F	522393.336	0.1	123967.172	0.1	290.698	0.1
11384F	522396.321	0.1	123992.731	0.1	290.886	0.1
11385F	522398.150	0.1	124002.683	0.1	290.908	0.1
11386F	522402.646	0.1	124014.638	0.1	290.866	0.2
11387F	522404.084	0.1	124014.058	0.1	290.390	0.2

Pri vrednotenju rezultatov natančnosti koordinat točk ugotovimo, da so dosežene zelo visoke natančnosti določitve koordinat točk. Takšne rezultate lahko povežemo z dobrimi pogoji dela, z visokokakovostno uporabljeno opremo za izvajanje meritev, odprtostjo obzorja, ki je omogočilo vidnost večjega števila satelitov in majhnega števila fizičnih ovir na delovišču.

Kot referenčne koordinate smo privzeli koordinate določene z navezavo na permanentno postajo Celje (preglednica 8).

Zaradi uporabnosti podatkov smo naredili primerjavo med referenčnimi koordinatami in:

- koordinatami, določenimi z VRS (SIGNAL),
- koordinatami, določenimi z RTK-metodo izmere (2008),
- koordinatami, določenimi z RTK-metodo izmere (2010).

Koordinate točk, določene z RTK-metodo izmere, v letu 2008 in 2010, so priložene v prilogi C in prilogi D.

Preglednica 9: Koordinate točk v ETRS89/TM koordinatnem sistemu (višina h je elipsoidna višina) določenimi z VRS (SIGNAL).

TOČKA	X	σ_x (mm)	Y	σ_y (mm)	h (m)	σ_h (mm)
11380	522436.579	0.1	123959.928	0.1	290.413	0.1
11382	522436.728	0.0	123986.923	0.1	290.629	0.1
11383	522393.336	0.1	123967.172	0.1	290.701	0.1
11384	522396.320	0.1	123992.730	0.1	290.887	0.1
11385	522398.149	0.1	124002.681	0.1	290.910	0.1
11386	522402.644	0.1	124014.636	0.1	290.867	0.2
11387	522404.083	0.1	124014.056	0.1	290.391	0.2

Preglednica 10: Koordinate točk v ETRS89/TM koordinatnem sistemu (višina h je elipsoidna višina) določenimi z RTK-metodo izmere (2008).

TOČKA	X	Y	H (m)
11380	522436.580	123959.932	290.413
11382	522436.729	123986.924	290.626
11383	522393.330	123967.169	290.702
11384	522396.319	123992.733	290.891
11385	522398.150	124002.680	290.916
11386	522402.642	124014.640	290.866
11387	522404.084	124014.058	290.393

Preglednica 11: Koordinate točk v ETRS89/TM koordinatnem sistemu (višina h je elipsoidna višina) določenimi z RTK-metodo izmere (2010).

TOČKA	X	Y	H (m)
11380	522436.916	123960.141	290.500
11382	522436.724	123986.930	290.626
11383	522393.338	123967.177	290.696
11384	522396.326	123992.738	290.889
11385	522398.155	124002.688	290.905
11386	522402.658	124014.644	290.845
11387	522404.089	124014.064	290.395

V praksi se zaradi zamudnosti le malokrat uporablja hitra statična metoda izmere, zato nas je zanimalo, kakšne koordinatne razlike nastanejo med hitro statično metodo izmere in RTK-metodo izmere, ki se je v praksi najbolj poslužujemo.

V spodnji tabeli smo zbrali vsa odstopanja meritev glede na privzete referenčne koordinate oziroma koordinate določene pri navezavi na permanentno postajo Celje.

Preglednica 12: Odstopanja meritev v posamezni točki glede na izbrane referenčne koordinate

TOČKA	METODA IZMERE	X	Y	h (m)
11380	VRS (SIGNAL)	-0.001	0.000	0.000
	RTK (2008)	-0.002	-0.004	0.000
	RTK (2010)	-0.338	-0.213	-0.087
11382	VRS (SIGNAL)	0.000	0.002	-0.003
	RTK (2008)	-0.001	0.001	0.000
	RTK (2010)	0.004	-0.005	0.000
11383	VRS (SIGNAL)	0.000	0.000	-0.003
	RTK (2008)	0.006	0.003	-0.004
	RTK (2010)	-0.002	-0.005	0.002
11384	VRS (SIGNAL)	0.001	0.001	-0.001
	RTK (2008)	0.002	-0.002	-0.005
	RTK (2010)	-0.005	-0.007	-0.003
11385	VRS (SIGNAL)	0.001	0.002	-0.002
	RTK (2008)	0.000	0.003	-0.008
	RTK (2010)	-0.005	-0.005	0.003
11386	VRS (SIGNAL)	0.002	0.002	-0.001
	RTK (2008)	0.004	-0.002	-0.001
	RTK (2010)	-0.012	-0.006	0.021
11387	VRS (SIGNAL)	0.001	0.002	-0.001
	RTK (2008)	0.000	0.000	-0.003
	RTK (2010)	-0.005	-0.006	-0.005

Primerjali smo koordinate točk določene na osnovi permanentne postaje (SIGNAL) – referenčne koordinate in koordinate, ki jih je za naš primer generirala služba za GPS - VRS (SIGNAL) ter ugotovili, da se položajna natančnost razlikuje do 2.0 mm, višinska natančnost pa do 3.0 mm. Pravilnik o urejanju mej predpisuje natančnost ZK-točk, in sicer z daljšo polosjo standardne elipse zaupanja, ki bora biti krajša kot 4 cm. Glede na ta priporočila ocenjujemo meritve kot dobre.

Naredili smo tudi primerjavo med RTK VRS (2008) in hitro statično metodo (PP Celje) ter RTK VRS (2008) in hitro statično metodo (VRS SIGNAL), kjer pri prvi primerjavi položajne komponente odstopajo do 6.0 mm, višinska pa do 8.0 mm. Največje odstopanje v horizontalnem smislu se pojavi v točki 11383, v višinskem pa v točki 11385. Točka 11383 je bila na terenu najbližja (približno 20 m) bližnjemu objektu, hkrati pa je nad njo električni vod visoke napetosti, kar bi lahko jemali za razlog večjega odstopanja kot pri ostalih točkah.

V aprilu 2010 so bila opazovanja na točkah ponovljena. Na terenu so bile točke še vedno stabilizirane in označene z jeklenimi mejniki.

Uporabili smo RTK-metodo izmere. Vsako točko smo opazovali eno minuto. Naredili smo dve neodvisni meritvi v časovnem razmaku 2 ur, da se je spremenila geometrijska razporeditev satelitov. Opazovanja smo opravili v podobnih vremenskih pogojih kot prvič.

Pri analizi koordinat smo ugotovili, da se koordinate točk v letu in pol položajno bistveno niso spremenile. Večje odstopanje je opaziti pri točki 11380, saj je odstopanje 33,8 cm po x-osi in 21,3 cm po y-osi. Razlog bi lahko iskali v zelo slabo izvedeni stabilizaciji mejnika na terenu, glede na to, da gre za močvirnat teren. V višinskem smislu so točke še vedno korektno stabilizirane in ne prihaja do večjih odstopanj.

V primeru, ko so na terenu ugotovljena prevelika odstopanja med stabilizirano točko in podatki v zemljiškem katastru, bi bilo prav takšno zemljiško-katastrsko točko ponovno stabilizirati na pravo mesto. Do premika stabilizirane točke lahko pride zaradi naravnih vplivov (v primeru plazovitega terena) ali zaradi neprimerne načina stabilizacije točke glede na vrsto terena, za kar pa bi lahko lastnik zahteval ponovno stabilizacijo točke.

Točka, pri kateri je ugotovljeno preveliko odstopanje med danimi in dejanskimi koordinatami že v primarnem koordinatnem sistemu, ni primerna za mrežo točk, ki so namenjene določitvi transformacijskih parametrov.

4.5 Določitev lokalnih transformacijskih parametrov med koordinatnima sistemoma D48/GK in D96/TM

Primarni cilj naloge je bil določitev lokalnih transformacijskih parametrov za naše delovišče.

Transformacijo iz koordinatnega sistema ETRS89 v Gauss-Krügerjev koordinatni sistem naredimo za potrebe vklopa novih in spremenjenih delov mej parcele v zemljiško-katastrski prikaz, ki se še vedno vodi v Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu.

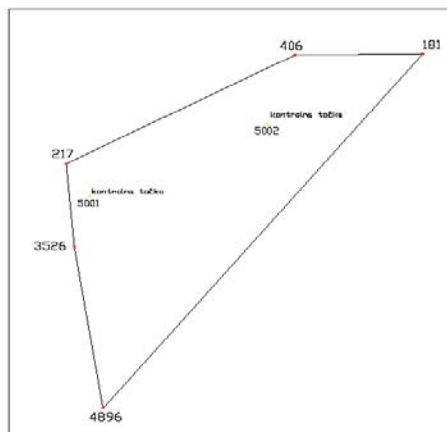
Višina točke in ravninske koordinate se nanašata na različni referenčni ploskvi:

- ravnina kartografske projekcije za ravninske koordinate in
- ničelna nivojska ploskev (geoid) za višine.

Transformacijo izvajamo ločeno za izračun horizontalnih koordinat in višin:

- ravninske koordinate (x, y) s 4-parametrično podobnostno transformacijo in
- nadmorske višine izračunamo iz elipsoidnih višin, z interpolacijo geoidne višine iz modela absolutnega geoida Slovenije.

Lokalne transformacijske parametre lahko izračunamo za izbrano območje, kadar ugotovimo, da regionalni transformatorski parametri ne zadoščajo potrebni natančnosti. Pojavijo se lahko večja odstopanja na kontrolnih točkah po izvedeni transformaciji, geometrija mreže izvirnega in končnega koordinatnega sistema se preveč razhajata ter točke preveč odstopajo od točk grafičnega prikaza zemljiškega katastra. Za izračun uporabimo lasten izbor veznih točk med obema koordinatnima sistemoma. Minimalno potrebujemo 3 vezne točke, vendar se priporoča uporaba večih točk, da lahko razberemo grobo pogrešene koordinate točk, ki jih nato izločimo iz izračuna transformacijskih parametrov.



Slika 22: Izbira veznih točk na območju izmere – Zadobrova Celje

Na terenu poskušamo definirati čim bolj enakomerno razporeditev veznih točk, tako da pokrijemo celotno območje izmere. V našem primeru smo poiskali obstoječe točke, ki so bile najbližje našemu delovišču. V praksi se mnogokrat izkaže, da je težko definirati območje veznih točk tako, kot predpostavlja teorija, in sicer, da bi bile vezne točke preko delovišča v obliki čim bolj pravilnih večkotnikov.

Izmeritvenim točkam, ki smo jih uporabili kot vezne točke (slika 22), smo na osnovi RTK-metode izmere določili koordinate v ETRS89 koordinatnem sistemu, v časovnem razmaku 2 ur, z opazovanji po eno minuto. Območna geodetska uprava Celje pa nam je posredovala podatke o G-K koordinatah izbranih izmeritvenih točk.

Program Sitra (dostopen tudi na spletni strani <http://sitra.sitranet.si/>), s katerim smo izvedli transformacijo, omogoča izvedbo 4-parametrične in 7-parametrične podobnostne transformacije. Za izračun transformacijskih parametrov potrebujemo dva niza koordinat veznih točk, ki imajo podane koordinate v obeh koordinatnih sistemih.

Kot vezne točke smo privzeli točke **4896, 3526, 217, 406 in 181**.

Kontrolni točki sta točki, ki smo jih izbrali znotraj oboda veznih točk, z znanimi G-K koordinatami ter sta služili zgolj za kontrolo odstopanj v posamezni koordinatni komponenti po izvedeni transformaciji.

	X	Y	H
5001	522235.48	123791.82	246.70
5002	523300.68	124247.98	254.75

V vhodnih podatkih lahko upoštevamo natančnost koordinat točk, v nasprotnem primeru je kovariančna matrika enotska matrika, kot v našem primeru.

Natančnosti 4-parametrične transformacije običajno zadoščajo potrebam za zemljiški kataster, lahko pa se uporabi tudi 7-parametrična podobnostna transformacija. Minimalno število veznih točk je pri slednji za eno večje. Razlika je v transformiranih koordinatah 4- in 7-parametrične podobnostne transformacije do 1 cm opazna šele takrat, ko je radij transformacijskega območja izmere večji od 30 km. Za določitev transformacijskih parametrov potrebujemo nad-številna opazovanja. Za določitev 7 parametrov transformacije rabimo tri trojice (3 pomiki, 3 zasuki, 1 merilo) koordinat točk v obeh koordinatnih sistemih (GURS, 2007).

Na primeru smo s programom Sitra naredili:

- 7-parametrično transformacijo in
- 4-parametrično transformacijo.

V programu Geos7 pa smo naredili še 4P transformacijo s pomočjo regionalnih parametrov transformacije. Uporabili smo regionalno območje št. 15 – Zasavje s širšim območjem Celja.

Izravnava transformacije v programu Sitra poteka po splošnem modelu izravnave, ki omogoča skupno obravnavo opazovanj in neznank brez vseh omejitev v modelu. V primeru transformacije obravnavamo koordinate točk, dane v obeh koordinatnih sistemih kot opazovanja s pripadajočo informacijo o natančnosti (Kozmus, Stopar, 2007).

Rezultat izravnave transformacije sta dva niza koordinat, ki ju povezujejo ocenjene vrednosti transformacijskih parametrov. Spremembe - razlike koordinat točk v mreži so običajno majhne in ne spreminjajo narave transformiranega lika oziroma geodetske mreže.

4.5.1 7-parametrična transformacija

Spodnja slika prikazuje primerjavo danih in transformiranih koordinat veznih točk v projekcijski ravnini končnega datuma pri 7-parametrični prostorski transformaciji.

točka	x	y	H	
4896	122462.470	522317.670	241.790	dan
	122462.497	522317.728	241.549	transf.
	-0.027	-0.058	0.241	dan - transf.
3526	123472.030	522145.450	250.880	dan
	123472.022	522145.403	250.701	transf.
	0.008	0.047	0.179	dan - transf.
217	123994.650	522096.630	247.330	dan
	123994.659	522096.599	247.171	transf.
	-0.009	0.031	0.159	dan - transf.
406	124675.120	523468.980	257.770	dan
	124675.115	523468.975	257.583	transf.
	0.005	0.005	0.187	dan - transf.
181	124685.610	524236.110	259.210	dan
	124685.587	524236.135	258.993	transf.
	0.023	-0.025	0.217	dan - transf.

Slika 23: Primerjava danih in transformiranih koordinat veznih točk v končnem datumu (Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu) pri 7-parametrični transformaciji.

dan - dane

transf. - transformirane koordinate v GK

dan - transf. - razlika oz. odstopanje med koordinatami

Izbira začetnega in končnega datuma je odvisna od potreb uporabnika. V našem primeru smo kot začetni datum uporabili koordinate točk v ETRS89 koordinatnem sistemu, kot končni pa Gauss-Krügerjev koordinatni sistem. V zemljiškem katastru se v baze evidentirajo podatki vezani na koordinatni sistem ETRS89, grafični del podatkov pa je še vedno predstavljen v G-K koordinatnem sistemu, zato je transformacija med sistemoma nepogrešljiva.

Preglednica 13: Lokalni transformacijski parametri – naselje Zadobrova Celje

LOKALNI TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI			enota
3 translacije v 3D prostoru	deltaX	-319.150382	m
	deltaY	203.535178	m
	deltaZ	-608.705052	m
3 rotacije v 3D prostoru	alfa - x os	- 0 00 06.186542	sekunda
	beta - y os	0 00 09.634739	sekunda
	gama	- 0 00 07.859393	sekunda
sprememba merila	m	-14.232878	ppm

Srednji standardni odklon horizontalnega položaja koordinat točke je kvadratni koren iz polovice vsote varianc obeh horizontalnih koordinat točke. Srednji standardni odklon znaša 0.033 m.

Preglednica 14: Odstopanja na kontrolnih točkah po izvedeni 7-parametrični transformaciji

Kontrolna točka	X	Y	H
5001	0.053	-0.015	0.053
5002	0.038	-0.033	0.161

Na sliki 23 lahko vidimo razliko med danimi in transformiranimi koordinatami v končnem datumu. Glede na rezultate ocenjujemo transformacijo kot uspešno, saj razlika ne presega več centimetrskih vrednosti. V preglednici 14 so prikazana položajna in višinska odstopanja na kontrolnih točkah. Položajna odstopanja so manjša kot višinska, kar smo na naravo mreže

lahko pričakovali. Razlog za višinska odstopanja, ki so nekoliko večja, je možen v metodi, s katero je bila določena višina.

Bolj kot se ujemata geometriji mreže izhodiščnega in končnega koordinatnega sistema transformacije, boljši so rezultati transformacije.

Vrednotenje kakovosti izravnave transformacije sloni na različnih cenilkah in kriterijih, ki so prikazani v prilogi E. Glede odstopanj danih in transformiranih veznih točk, lahko rečemo, da je izravnava transformacije, in s tem določitev transformacijskih parametrov, korektno izvedena. Podatki transformacije so praktično uporabni.

4.5.2 4-parametrična transformacija

Zaradi praktičnosti smo izvedli tudi 4-parametrično transformacijo. Rezultati transformacije so priloženi v prilogi F.

Slika 24 prikazuje primerjavo danih in transformiranih koordinat veznih točk v projekcijski ravnini končnega datuma pri 4-parametrični prostorski transformaciji.

4896	122462.470	522317.670	dan
	122462.498	522317.728	transf.
	-0.028	-0.058	dan - transf.
3526	123472.030	522145.450	dan
	123472.022	522145.404	transf.
	0.008	0.046	dan - transf.
217	123994.650	522096.630	dan
	123994.659	522096.599	transf.
	-0.009	0.031	dan - transf.
406	124675.120	523468.980	dan
	124675.115	523468.975	transf.
	0.005	0.005	dan - transf.
181	124685.610	524236.110	dan
	124685.587	524236.135	transf.
	0.023	-0.025	dan - transf.

Slika 24: Primerjava danih in transformiranih koordinat veznih točk v končnem datumu (Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu) pri 4-parametrični transformaciji.

dan - dane

transf. - transformirane koordinate v GK

dan – transf. - razlika oz. odstopanje med koordinatami

Parametri 4-parametrične transformacije:

- 1 merilo,
- 1 zasuk,
- 2 pomika.

Preglednica 15: Transformacijski parametri 4-parametrične transformacije - naselje Zadobrova Celje

a	1.0000
b	-0.0000
c	-504.1872
d	381.9739

Preglednica 16: Odstopanja na kontrolnih točkah po izvedeni 4-parametrični transformaciji

Kontrolna točka	X	Y
5001	0.053	-0.015
5002	0.038	-0.033

V sliki 24 vidimo razliko med danimi in transformiranimi koordinatami v končnem datumu. Preglednica 16 prikazuje odstopanja na kontrolnih točkah po izvedeni transformaciji. Če primerjamo obe transformaciji (4P in 7P), vidimo, da razlike v odstopanjih v položajnih komponentah ni opaziti, saj transformacijsko območje ni veliko. Glede na rezultate ocenjujemo transformacijo kot uspešno, transformacijski parametri so praktično uporabni.

4.5.3 Transformacija z regionalnimi parametri

Regionalni parametri so izračunani iz koordinat ETRS točk, ki imajo izmero določene koordinate v obeh sistemih. Slovenija je razdeljena na 24 regij, natančnost transformiranih koordinat v posamezni regiji je boljša od 25 cm (GURS, 2011).

Podatke o regionalnih transformacijskih parametrih smo si pridobili na spletni strani GURS.

Slika 25 prikazuje primerjavo danih in transformiranih koordinat veznih točk v projekcijski ravnini končnega datuma pri 4-parametrični prostorski transformaciji v programu Geos7.

4896	122462.470	522317.670	dan
	122462.731	522317.631	transf.
	-0.261	0.039	dan - transf.
3526	123472.030	522145.450	dan
	123472.262	522145.322	transf.
	-0.232	0.128	dan - transf.
217	123994.650	522096.630	dan
	123994.902	522096.526	transf.
	-0.252	0.104	dan - transf.
406	124675.120	523468.980	dan
	124675.339	523468.918	transf.
	-0.219	0.062	dan - transf.
181	124685.610	524236.110	dan
	124685.799	524236.082	transf.
	-0.189	0.028	dan - transf.

Slika 25: Primerjava danih in transformiranih koordinat veznih točk v končnem datumu (Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu) pri 4-parametrični transformaciji (Geos7).

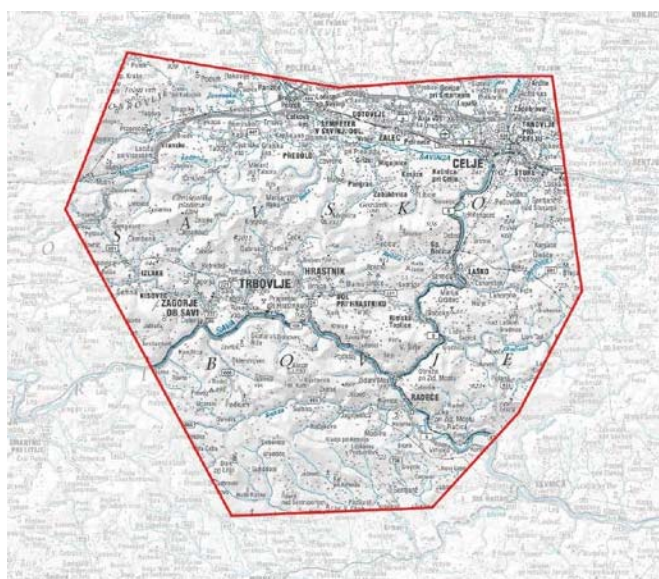
dan - dane

transf. - transformirane koordinate v GK

dan – transf. - razlika oz. odstopanje med koordinatam

Preglednica 17: Regionalni transformacijski parametri

TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI	
ŠTEVILKA NIZA 15	območje uporabe Zasavje s širšim območjem Celja
merilo (pomanjšava)	0.9999899526
protiurni zasuk [°]	0.0013339464 (0°00'04.802207")
pomik vzdolž E-osi [m]	377.820
pomik vzdolž N-osi [m]	-496.062



Slika 26: Območje uporabe Zasavje s širšim območjem Celja (GURS, 2011).

Preglednica 18: Odstopanja na kontrolnih točkah po izvedeni 4-parametrični transformaciji z geodetskim programom Geos7 ter uporabljenimi regionalnimi transformacijskimi parametri.

Kontrolna točka	X	Y
5001	0,129	-0,255
5002	0,102	-0,285

Po izvedeni transformaciji s programom Geos7 in uporabljenimi regionalnimi transformacijskimi parametri (v preglednici 17) za območje uporabe Zasavje s širšim območjem Celja, kot je prikazano na zgornji sliki 26, je opaziti večja odstopanja na kontrolnih točkah. Koordinatni komponenti odstopata do 12,9 cm po X-osi in do -28,5 cm po Y-osi. Regionalni parametri, ki so določeni za območje 15 – Zasavje s širšim območjem Celja, zajemajo relativno veliko območje. Izbrano delovišče pa se nahaja na skrajnem SV robu tega območja, kar bi lahko vplivalo na odstopanja na kontrolnih točkah, kot jih prikazuje preglednica 18.

Vse transformirane točke s programom Geos7 so zbrane v prilogi G.

5 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo zajeli različne korake GNSS izmere, kar nam bo v pomoč pri nadaljnji poklicni poti. Na terenu smo se soočali z raznolikimi dilemami, zajeli veliko faz dela z inštrumentom, od zakoličbe (rekognosciranje terena), hitre statične metode izmere ter RTK-izmere. Po opravljenih terenskih meritvah je sledila obdelava pridobljenih podatkov. V celotnem sklopu smo izkusili še delovanje omrežja SIGNAL. Na koncu praktičnega dela smo zbrali dovolj podatkov, da smo določili in ocenili še lastne transformacijske parametre za območje Celja – v naselju Zadobrova.

Namen diplomske naloge je bil določiti lokalne oziroma lastne transformacijske parametre, ker bi bilo v vsakem posameznem praktičnem primeru najbolj pravilno določiti takšne parametre. Kakovostno določeni transformacijski parametri so zagotovilo za kvalitetno nadaljnje delo in reference.

Geodetska uprava RS ponuja izbiro že določenih transformacijskih parametrov za različna območja v naši državi, vendar je potrebno za geodetsko izmero na nivoju detajla določiti izključno lastne transformacije.

Težave, ki jih lahko predstavlja prostorska transformacija in kot so pokazale praktične izkušnje, je moč iskati v neenotni in nehomogeni določitvi koordinat točkam v Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu ter v neenakomerni natančnosti višin točk v obstoječem državnem višinskem sistemu. V ETRS89 koordinatnem sistemu se uporabljajo elipsoidne višine, v praksi jih ne uporabljamo, imajo pa geometričen pomen, v starem koordinatnem sistemu so veljale ortometrične višine, ki so še vedno aktualne in so vezane na težnostno polje Zemlje.

V bazi podatkov, ki jih arhivira Geodetska uprava RS, so podatki ZK-točk v ETRS koordinatnem sistemu, ZK-točk v Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu, ortometrične višine ter površine, določene glede na naravo dela. Vse izmere opravljene po letu 2008 so

relevantne v zemljiškem katastru. Za vse starejše izmere, pa je potrebno določiti transformacijske parametre za nadaljnje delo.

Analizirali smo kakovost več nizov lokalnih transformacijskih parametrov in njihovo uporabnost glede na regionalne transformacijske parametre, ki smo jih uporabili pri transformaciji s programom Geos7. Glede na odstopanja na kontrolnih točkah lahko ugotovimo, da je kakovost na različne načine transformiranih koordinat točk dobra. Večja odstopanja nastanejo pri uporabi regionalnih transformacijskih parametrov. V konkretnem primeru bi uporabili lokalne transformacijske parametre, zaradi večje skladnosti z obstoječimi koordinatami točk v okviru obstoječega zemljiško-katastrskega prikaza.

Eden od ciljev je bil preveriti kakovost arhiviranih podatkov tako, da smo točke ponovno izmerili v aktualnem koordinatnem sistemu.

Ko smo primerjali podatke, ki smo jih pridobili na terenu s tistimi, ki so arhivirani v bazah (v prilogi H) podatkov, smo ugotovili, da gre za korektne podatke, ki se od terenskih razlikujejo do 2 cm, ki jih vsekakor lahko uporabimo za nadaljnje geodetske storitve kot referenčne koordinate.

Razvoj tehnologije je dobrodošel tudi na področju geodezije. Od razvijanja poligonov, ki smo jih pred leti potrebovali, da smo prišli do delovišča, je danes nepogrešljiv del oprema GPS. Prav tako je verjetno najboljša uporaba kombinacija klasične in GNSS izmere, saj ima vsaka svoje prednosti in slabosti. GNSS prednjači v visoki natančnosti meritev v realnem času ne glede na vremenske pogoje, medsebojna vidljivost točk ni več pomembna, omogoča določanje zelo dolgih vektorjev in navsezadnje ni potrebno razmišljati o koordinatnem sistemu, geodetskem datumu in obravnavi rezultatov izmer. Slabost GPS pa predstavljajo vse fizične ovire na terenu. V tem slučaju pa se poslužujemo terestične izmere.

V naši prihodnosti je bistvenega pomena, da znamo kot inženirji dobro presoditi in oceniti neko situacijo, pri tem pa se je potrebno sklicevati na priporočila, navodila; standarde in jih uporabiti kot referenco.

VIRI

Društvo viharinik

<http://www.drustvo-viharnik.si/gps.htm> (12.03.2010)

Geodetska uprava Republike Slovenije, maj 2007. Evropski koordinatni sistem v Republiki Sloveniji.

http://www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/novice/Novi_drzavn_koordinatni_sistem_PR.pdf (4.11.2009)

Geodetska uprava Republike Slovenije

www.gu-signal.si/ (12.03.2010)

Geodetska uprava Republike Slovenije, 2007. Tehnično navodilo za uporabo novega koordinatnega sistema v zemljiškem katastru.

http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:QQAqOjiIwsMJ:www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/ogs/razlicica1_0.doc+geodetska+navezava+na+etrs89&cd=1&hl=sl&ct=clnk&gl=si (12.03.2010)

Kelenc, D., 2008. Določitev transformacijskih parametrov med koordinatnima sistemoma D48 in D96 na območju mesta Ormož. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Oddelek za geodezijo, geodetska smer: 95 str.

Mozetič, B., Komadina, Ž., Radovan, D., Berk, S., Mesner, N., Klanjšček, M., Stopar, B., Pavlovčič-Prešeren, P., Kozmus, K. 2006. Navodilo za izvajanje izmere z uporabo globalnih navigacijskih satelitskih sistemov v državnem koordinatnem sistemu.

http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:M3hQFolGHIsJ:www.giz-gi.si/pdf/2006/Gps/GRADIVO_K2_navodilo.pdf+navodila+za+izvajanje+GNSS+geodetske+izmere&hl=sl&gl=si&pid=bl&srcid=ADGEESj7DuHvLVXRHo85TTEUwtBXOgJK_woYM8n3LuJi3b4K2FYhC01PYYB2VubdjQ8GJvqFTPcyEbw5H_HUq-

[6tpYHmDqEdnzC3HVBS9p6CfwzlwaDTUpSc5-38Lp7dlE6fI-XnQoxd&sig=AHIEtbQOip1Pp1pq5T5_Llr-d2S7vmFnAw](http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2010/SZGG2010_Dornik_Snoj.pdf) (12.03.2010)

Mozetič, B., Majcen, D., Komadina, Ž., 2008. Nadzor kakovosti podatkov zemljiškega katastra v novem državnem koordinatnem sistemu D96/TM. Ljubljana, Geodetski vestnik, 52, 4: 728 – 742.

Radovan, D. 2007. Slovensko omrežje referenčnih postaj GPS, povzetek.
http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2007/SZGG2007_Radovan.pdf (4.11.2009)

Stopar, B., Pavlovčič-Prešeren, P., Kozmus, K. 2006. GPS v geodetski praksi, študijsko gradivo. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Stopar, B. 2007. Vzpostavitev EVRS v Sloveniji. Ljubljana, Geodetski vestnik, 51, 4: 767 – 773.

Stopar, B., Kozmus, K., 2003. Načini določanja položaja s satelitskimi tehnikami. Ljubljana, Geodetski vestnik, 47, 4: 404 – 413.

Stopar, B., Kuhar, M., Koler, B., 2008. Novi koordinatni sistem v Sloveniji.
http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2008/SZGG2008_Stopar_et_al.pdf (4.11.2009)

Služba za GPS - SIGNAL

http://www.gu-signal.si/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=34
(12.03.2010)

SEZNAM PRILOG

Priloga A: Rezultati obdelanih baznih vektorjev pridobljenih s pomočjo RINEX formata

Priloga B: Rezultati obdelanih baznih vektorjev pridobljenih s pomočjo VRS (RINEX)

Priloga C: Koordinate v ETRS89 koordinatnem sistem dobljene s pomočjo RTK (VRS) metode izmere leta 2008 (v dveh neodvisnih meritvah)

Priloga D: Koordinate v ETRS89 koordinatnem sistem dobljene s pomočjo RTK (VRS) metode izmere leta 2010 (v dveh neodvisnih meritvah)

Priloga E: Rezultati prostorske 7 – parametrične transformacije

Priloga F: Rezultati ravninske 4 – parametrične transformacije

Priloga G: Rezultati transformacije v programu Geos7 z uporabljenimi regionalnimi transformacijskimi parametri

Priloga H: Koordinate točk v ETRS89 koordinatnem sistemu iz GURS baze podatkov

Priloga I: Podatki baznega vektorja (izpisek iz programa GeoOffice)

PRILOGE

Priloga A: Rezultati obdelanih baznih vektorjev pridobljenih s pomočjo RINEX formata

Results - Baseline

CELJ - 11380F

Point Information

	Reference: CELJ	Rover: 11380F
Receiver type / S/N:	LEICAGPS1200 / 0459190	ATX1230 / 226609
Antenna type / S/N:	AX1202 / -	ATX1230 SmartStn / -
Antenna height:	0.0650 m	1.6200 m
Initial coordinates:		
Easting:	518630.5728 m	522436.5783 m
Northing:	122476.9380 m	123959.9284 m
Ellip. Hgt:	295.1275 m	290.4126 m
Time span:	11/04/2008 11:17:48 - 11/04/2008 11:33:15	
Duration:	15' 27"	

Final Coordinates

	Reference: CELJ	Rover: 11380F	
Coordinates:			
Easting:	518630.5728 m	522436.5783 m	
Northing:	122476.9380 m	123959.9284 m	
Ellip. Hgt:	295.1275 m	290.4126 m	
Solution type:	Phase		
GNSS type:	GPS		
Frequency:	L1 and L2		
Ambiguity:	Yes		
Quality:	Sd. E: 0.0001 m Posn. Qlty: 0.0001 m	Sd. N: 0.0001 m Sd. Slope: 0.0001 m	Sd. Hgt: 0.0001 m
M0:	0.2436 m		
Cofactor matrix Qxx:	0.00000009	0.00000001 0.00000004	-0.00000001 -0.00000000 0.00000028
Baseline vector:	dLat: 0° 00' 47.61982" Slope: 4085.2973 m	dLon: 0° 02' 57.92390"	dHgt: -4.7149 m
DOPs (min-max):	GDOP: 2.5 - 3.8 PDOP: 2.1 - 3.2	HDOP: 1.2 - 2.1	VDOP: 1.8 - 2.4

Results - Baseline

CELJ - 11382F

Point Information

	Reference: CELJ	Rover: 11382F
Receiver type / S/N:	LEICAGPS1200 / 0459190	ATX1230 / 226609
Antenna type / S/N:	AX1202 / -	ATX1230 SmartStn / -

Antenna height: 0.0650 m 1.5460 m
 Initial coordinates:
 Easting: 518630.5728 m 522436.7280 m
 Northing: 122476.9380 m 123986.9252 m
 Ellip. Hgt: 295.1275 m 290.6264 m
 Time span: 11/04/2008 10:57:05 - 11/04/2008 11:12:05
 Duration: 15' 00"

Final Coordinates

	Reference: CELJ	Rover: 11382F	
Coordinates:			
Easting:	518630.5728 m	522436.7280 m	
Northing:	122476.9380 m	123986.9252 m	
Ellip. Hgt:	295.1275 m	290.6264 m	
Solution type:	Phase		
GNSS type:	GPS		
Frequency:	L1 and L2		
Ambiguity:	Yes		
Quality:	Sd. E: 0.0001 m Posn. Qlty: 0.0001 m	Sd. N: 0.0001 m Sd. Slope: 0.0001 m	Sd. Hgt: 0.0001 m
M0:	0.2353 m		
Cofactor matrix Qxx:	0.00000010	-0.00000000 0.00000004	-0.00000004 -0.00000001 0.00000027
Baseline vector:	dLat: 0° 00' 48.49422" Slope: 4095.3164 m	dLon: 0° 02' 57.93551"	dHgt: -4.5011 m
DOPs (min-max):	GDOP: 1.7 - 2.3 PDOP: 1.5 - 1.9	HDOP: 0.8 - 1.1	VDOP: 1.2 - 1.6

Results - Baseline
 CELJ - 11383F

Point Information

	Reference: CELJ	Rover: 11383F
Receiver type / S/N:	LEICAGPS1200 / 0459190	ATX1230 / 226609
Antenna type / S/N:	AX1202 / -	ATX1230 SmartStn / -
Antenna height:	0.0650 m	1.6520 m
Initial coordinates:		
Easting:	518630.5728 m	522393.3356 m
Northing:	122476.9380 m	123967.1715 m
Ellip. Hgt:	295.1275 m	290.6979 m
Time span:	11/04/2008 08:58:24 - 11/04/2008 09:14:34	
Duration:	16' 10"	

Final Coordinates

	Reference: CELJ	Rover: 11383F
Coordinates:		
Easting:	518630.5728 m	522393.3356 m
Northing:	122476.9380 m	123967.1715 m

Ellip. Hgt:	295.1275 m	290.6979 m	
Solution type:	Phase		
GNSS type:	GPS		
Frequency:	L1 and L2		
Ambiguity:	Yes		
Quality:	Sd. E: 0.0001 m Posn. Qlty: 0.0002 m	Sd. N: 0.0001 m Sd. Slope: 0.0001 m	Sd. Hgt: 0.0001 m
M0:	0.2607 m		
Cofactor matrix Qxx:	0.00000033	0.00000002 0.00000006	0.00000017 0.00000001 0.00000034
Baseline vector:	dLat: 0° 00' 47.85955" Slope: 4047.6916 m	dLon: 0° 02' 55.90602"	dHgt: -4.4296 m
DOPs (min-max):	GDOP: 2.1 - 2.9 PDOP: 1.9 - 2.6	HDOP: 1.1 - 1.7	VDOP: 1.5 - 1.9

Results - Baseline
CELJ - 11384F

Point Information

	Reference: CELJ	Rover: 11384F
Receiver type / S/N:	LEICAGPS1200 / 0459190	ATX1230 / 226609
Antenna type / S/N:	AX1202 / -	ATX1230 SmartStn / -
Antenna height:	0.0650 m	1.6460 m
Initial coordinates:		
Easting:	518630.5728 m	522396.3210 m
Northing:	122476.9380 m	123992.7314 m
Ellip. Hgt:	295.1275 m	290.8857 m
Time span:	11/04/2008 09:26:14 - 11/04/2008 09:41:15	
Duration:	15' 01"	

Final Coordinates

	Reference: CELJ	Rover: 11384F	
Coordinates:			
Easting:	518630.5728 m	522396.3210 m	
Northing:	122476.9380 m	123992.7314 m	
Ellip. Hgt:	295.1275 m	290.8857 m	
Solution type:	Phase		
GNSS type:	GPS		
Frequency:	L1 and L2		
Ambiguity:	Yes		
Quality:	Sd. E: 0.0001 m Posn. Qlty: 0.0001 m	Sd. N: 0.0001 m Sd. Slope: 0.0001 m	Sd. Hgt: 0.0001 m
M0:	0.2512 m		
Cofactor matrix Qxx:	0.00000016	0.00000004 0.00000006	-0.00000002 -0.00000000 0.00000026
Baseline vector:	dLat: 0° 00' 48.68708"	dLon: 0° 02' 56.04979"	dHgt: -4.2417 m

Slope: 4059.9438 m

DOPs (min-max): GDOP: 2.1 - 2.7
 PDOP: 1.9 - 2.4 HDOP: 1.1 - 1.6 VDOP: 1.5 - 1.7

Results - Baseline
CELJ - 11385F

Point Information

	Reference: CELJ	Rover: 11385F
Receiver type / S/N:	LEICAGPS1200 / 0459190	ATX1230 / 226609
Antenna type / S/N:	AX1202 / -	ATX1230 SmartStn / -
Antenna height:	0.0650 m	1.6310 m
Initial coordinates:		
Easting:	518630.5728 m	522398.1499 m
Northing:	122476.9380 m	124002.6831 m
Ellip. Hgt:	295.1275 m	290.9075 m
Time span:	11/04/2008 09:49:23 - 11/04/2008 10:04:25	
Duration:	15' 02"	

Final Coordinates

	Reference: CELJ	Rover: 11385F	
Coordinates:			
Easting:	518630.5728 m	522398.1499 m	
Northing:	122476.9380 m	124002.6831 m	
Ellip. Hgt:	295.1275 m	290.9075 m	
Solution type: Phase			
GNSS type: GPS			
Frequency: L1 and L2			
Ambiguity: Yes			
Quality:	Sd. E: 0.0001 m	Sd. N: 0.0001 m	Sd. Hgt: 0.0001 m
	Posn. Qlty: 0.0001 m	Sd. Slope: 0.0001 m	
M0:	0.2376 m		
Cofactor matrix Qxx:	0.00000010	0.00000002	-0.00000005
		0.00000004	-0.00000000
			0.00000030
Baseline vector:	dLat: 0° 00' 49.00919"	dLon: 0° 02' 56.13688"	dHgt: -4.2200 m
	Slope: 4065.3662 m		
DOPs (min-max):	GDOP: 2.4 - 2.6	HDOP: 1.1 - 1.1	VDOP: 1.7 - 1.9
	PDOP: 2.1 - 2.2		

Results - Baseline
CELJ - 11386F

Point Information

	Reference: CELJ	Rover: 11386F
Receiver type / S/N:	LEICAGPS1200 / 0459190	ATX1230 / 226609
Antenna type / S/N:	AX1202 / -	ATX1230 SmartStn / -
Antenna height:	0.0650 m	1.6110 m
Initial coordinates:		

Dornik-Snoj, M. 2011. Določitev lokalnih transformacijskih parametrov ... D48 in D96 na območju Celja
 Diplomska naloga – VSS, Ljubljana, UL, FGG, Oddelek za geodezijo, Smer Prostorska informatika

Easting:	518630.5728 m	522402.6462 m
Northing:	122476.9380 m	124014.6378 m
Ellip. Hgt:	295.1275 m	290.8659 m

Time span: 11/04/2008 10:11:36 - 11/04/2008 10:26:36
 Duration: 15' 00"

Final Coordinates

	Reference:CELJ	Rover:11386F	
Coordinates:			
Easting:	518630.5728 m	522402.6462 m	
Northing:	122476.9380 m	124014.6378 m	
Ellip. Hgt:	295.1275 m	290.8659 m	
Solution type:	Phase		
GNSS type:	GPS		
Frequency:	L1 and L2		
Ambiguity:	Yes		
Quality:	Sd. E: 0.0001 m	Sd. N: 0.0001 m	Sd. Hgt: 0.0002 m
	Posn. Qlty: 0.0001 m	Sd. Slope: 0.0001 m	
M0:	0.2691 m		
Cofactor matrix Qxx:	0.00000009	0.00000000	-0.00000007
		0.00000004	0.00000001
			0.00000036
Baseline vector:	dLat: 0° 00' 49.39587"	dLon: 0° 02' 56.34888"	dHgt: -4.2616 m
	Slope: 4074.0331 m		
DOPs (min-max):	GDOP: 2.5 - 2.6	HDOP: 1.1 - 1.1	VDOP: 1.9 - 1.9
	PDOP: 2.2 - 2.2		

Results - Baseline
CELJ - 11387F

Point Information

	Reference: CELJ	Rover: 11387F
Receiver type / S/N:	LEICAGPS1200 / 0459190	ATX1230 / 226609
Antenna type / S/N:	AX1202 / -	ATX1230 SmartStn / -
Antenna height:	0.0650 m	1.5890 m
Initial coordinates:		
Easting:	518630.5728 m	522404.0843 m
Northing:	122476.9380 m	124014.0576 m
Ellip. Hgt:	295.1275 m	290.3895 m
Time span:	11/04/2008 10:32:50 - 11/04/2008 10:50:23	
Duration:		17' 33"

Final Coordinates

	Reference:CELJ	Rover:11387F
Coordinates:		
Easting:	518630.5728 m	522404.0843 m
Northing:	122476.9380 m	124014.0576 m
Ellip. Hgt:	295.1275 m	290.3895 m
Solution type:	Phase	
GNSS type:	GPS	

Frequency:	L1 and L2		
Ambiguity:	Yes		
Quality:	Sd. E: 0.0001 m	Sd. N: 0.0001 m	Sd. Hgt: 0.0002 m
	Posn. Qlty: 0.0001 m	Sd. Slope: 0.0001 m	
M0:	0.3400 m		
Cofactor matrix Qxx:	0.00000008	-0.00000000	-0.00000004
		0.00000003	-0.00000000
			0.00000024
Baseline vector:	dLat: 0° 00' 49.37690"	dLon: 0° 02' 56.41593"	dHgt: -4.7380 m
	Slope: 4075.1464 m		
DOPs (min-max):	GDOP: 1.9 - 2.5		
	PDOP: 1.7 - 2.1	HDOP: 1.0 - 1.1	VDOP: 1.4 - 1.8

Priloga B: Rezultati obdelanih baznih vektorjev pridobljenih s pomočjo VRS (RINEX)

**Results - Baseline
 Virtual_4 - 11380F**

Point Information

	Reference: Virtual_4	Rover: 11380F
Receiver type / S/N:	LEICAGPS1200 / 0459190	ATX1230 / 226609
Antenna type / S/N:	AX1202 / -	ATX1230 SmartStn / -
Antenna height:	0.0000 m	1.6200 m
Initial coordinates:		
Easting:	522380.1129 m	522436.5783 m
Northing:	123958.6608 m	123959.9284 m
Ellip. Hgt:	300.0000 m	290.4126 m
Time span:	11/04/2008 11:17:48 - 11/04/2008 11:33:15	
Duration:	15' 27"	

Final Coordinates

	Reference: Virtual_4	Rover: 11380F	
Coordinates:			
Easting:	522380.1129 m	522436.5786 m	
Northing:	123958.6608 m	123959.9282 m	
Ellip. Hgt:	300.0000 m	290.4131 m	
Solution type:	Phase		
GNSS type:	GPS		
Frequency:	L1 and L2		
Ambiguity:	Yes		
Quality:	Sd. E: 0.0001 m Posn. Qlty: 0.0001 m	Sd. N: 0.0001 m Sd. Slope: 0.0001 m	Sd. Hgt: 0.0001 m
M0:	0.2348 m		
Cofactor matrix Qxx:	0.00000009	0.00000001 0.00000004	-0.00000001 -0.00000000 0.00000028
Baseline vector:	dLat: 0° 00' 00.03435" Slope: 57.2956 m	dLon: 0° 00' 02.63675"	dHgt: -9.5869 m
DOPs (min-max):	GDOP: 2.5 - 3.8 PDOP: 2.1 - 3.2	HDOP: 1.2 - 2.1	VDOP: 1.8 - 2.4

**Results - Baseline
 Virtual_4 - 11382F**

Point Information

	Reference: Virtual_4	Rover: 11382F
Receiver type / S/N:	LEICAGPS1200 / 0459190	ATX1230 / 226609
Antenna type / S/N:	AX1202 / -	ATX1230 SmartStn / -
Antenna height:	0.0000 m	1.5460 m
Initial coordinates:		
Easting:	522380.1129 m	522436.7280 m

Northing:	123958.6608 m	123986.9252 m
Ellip. Hgt:	300.0000 m	290.6264 m
Time span:	11/04/2008 10:57:05 - 11/04/2008 11:12:05	
Duration:	15' 00"	

Final Coordinates

	Reference:Virtual_4	Rover:11382F	
Coordinates:			
Easting:	522380.1129 m	522436.7284 m	
Northing:	123958.6608 m	123986.9229 m	
Ellip. Hgt:	300.0000 m	290.6290 m	
Solution type:	Phase		
GNSS type:	GPS		
Frequency:	L1 and L2		
Ambiguity:	Yes		
Quality:	Sd. E: 0.0000 m Posn. Qlty: 0.0001 m	Sd. N: 0.0001 m Sd. Slope: 0.0001 m	Sd. Hgt: 0.0001 m
M0:	0.2144 m		
Cofactor matrix Qxx:	0.00000010	-0.00000000 0.00000004	-0.00000004 -0.00000001 0.00000027
Baseline vector:	dLat: 0° 00' 00.90868" Slope: 63.9765 m	dLon: 0° 00' 02.64837"	dHgt: -9.3710 m
DOPs (min-max):	GDOP: 1.7 - 2.3 PDOP: 1.5 - 1.9	HDOP: 0.8 - 1.1	VDOP: 1.2 - 1.6

**Results - Baseline
 Virtual_4 - 11383F**

Point Information

	Reference: Virtual_4	Rover: 11383F
Receiver type / S/N:	LEICAGPS1200 / 0459190	ATX1230 / 226609
Antenna type / S/N:	AX1202 / -	ATX1230 SmartStn / -
Antenna height:	0.0000 m	1.6520 m
Initial coordinates:		
Easting:	522380.1129 m	522393.3356 m
Northing:	123958.6608 m	123967.1715 m
Ellip. Hgt:	300.0000 m	290.6979 m
Time span:	11/04/2008 08:58:24 - 11/04/2008 09:14:34	
Duration:	16' 10"	

Final Coordinates

	Reference:Virtual_4	Rover:11383F
Coordinates:		
Easting:	522380.1129 m	522393.3357 m
Northing:	123958.6608 m	123967.1722 m
Ellip. Hgt:	300.0000 m	290.7013 m
Solution type:	Phase	
GNSS type:	GPS	

Frequency: L1 and L2
 Ambiguity: Yes

Quality: Sd. E: 0.0001 m Sd. N: 0.0001 m Sd. Hgt: 0.0001 m
 Posn. Qlty: 0.0002 m Sd. Slope: 0.0001 m

M0: 0.2573 m
 Cofactor matrix Qxx: 0.00000034 0.00000002 0.00000017
 0.00000006 0.00000001
 0.00000035

Baseline vector: dLat: 0° 00' 00.27412" dLon: 0° 00' 00.61886" dHgt: -9.2987 m
 Slope: 18.2708 m

DOPs (min-max): GDOP: 2.1 - 2.9
 PDOP: 1.9 - 2.6 HDOP: 1.1 - 1.7 VDOP: 1.5 - 1.9

Results - Baseline
Virtual_4 - 11384F

Point Information

	Reference: Virtual_4	Rover: 11384F
Receiver type / S/N:	LEICAGPS1200 / 0459190	ATX1230 / 226609
Antenna type / S/N:	AX1202 / -	ATX1230 SmartStn / -
Antenna height:	0.0000 m	1.6460 m
Initial coordinates:		
Easting:	522380.1129 m	522396.3210 m
Northing:	123958.6608 m	123992.7314 m
Ellip. Hgt:	300.0000 m	290.8857 m
Time span:	11/04/2008 09:26:14 - 11/04/2008 09:41:15	
Duration:	15' 01"	

Final Coordinates

	Reference: Virtual_4	Rover: 11384F
Coordinates:		
Easting:	522380.1129 m	522396.3197 m
Northing:	123958.6608 m	123992.7300 m
Ellip. Hgt:	300.0000 m	290.8872 m
Solution type:	Phase	
GNSS type:	GPS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	
Quality:	Sd. E: 0.0001 m Sd. N: 0.0001 m Sd. Hgt: 0.0001 m Posn. Qlty: 0.0001 m Sd. Slope: 0.0001 m	
M0:	0.2512 m	
Cofactor matrix Qxx:	0.00000016 0.00000004 -0.00000002 0.00000006 0.00000000 -0.00000000 0.00000026	
Baseline vector:	dLat: 0° 00' 01.10157" dLon: 0° 00' 00.76256" dHgt: -9.1128 m Slope: 38.8177 m	
DOPs (min-max):	GDOP: 2.1 - 2.7 PDOP: 1.9 - 2.4 HDOP: 1.1 - 1.6 VDOP: 1.5 - 1.7	

Results - Baseline
Virtual_4 - 11385F

Point Information

	Reference: Virtual_4	Rover: 11385F
Receiver type / S/N:	LEICAGPS1200 / 0459190	ATX1230 / 226609
Antenna type / S/N:	AX1202 / -	ATX1230 SmartStn / -
Antenna height:	0.0000 m	1.6310 m
Initial coordinates:		
Easting:	522380.1129 m	522398.1499 m
Northing:	123958.6608 m	124002.6831 m
Ellip. Hgt:	300.0000 m	290.9075 m
Time span:	11/04/2008 09:49:23 - 11/04/2008 10:04:25	
Duration:	15' 02"	

Final Coordinates

	Reference: Virtual_4	Rover: 11385F	
Coordinates:			
Easting:	522380.1129 m	522398.1493 m	
Northing:	123958.6608 m	124002.6814 m	
Ellip. Hgt:	300.0000 m	290.9098 m	
Solution type: Phase			
GNSS type: GPS			
Frequency: L1 and L2			
Ambiguity: Yes			
Quality:	Sd. E: 0.0001 m	Sd. N: 0.0001 m	Sd. Hgt: 0.0001 m
	Posn. Qlty: 0.0001 m	Sd. Slope: 0.0001 m	
M0:	0.2364 m		
Cofactor matrix Qxx:	0.00000010	0.00000002	-0.00000005
		0.00000004	-0.00000000
			0.00000031
Baseline vector:	dLat: 0° 00' 01.42368"	dLon: 0° 00' 00.84969"	dHgt: -9.0902 m
	Slope: 48.4396 m		
DOPs (min-max):	GDOP: 2.4 - 2.6	HDOP: 1.1 - 1.1	VDOP: 1.7 - 1.9
	PDOP: 2.1 - 2.2		

Results - Baseline
Virtual_4 - 11386F

Point Information

	Reference: Virtual_4	Rover: 11386F
Receiver type / S/N:	LEICAGPS1200 / 0459190	ATX1230 / 226609
Antenna type / S/N:	AX1202 / -	ATX1230 SmartStn / -
Antenna height:	0.0000 m	1.6110 m
Initial coordinates:		
Easting:	522380.1129 m	522402.6462 m
Northing:	123958.6608 m	124014.6378 m
Ellip. Hgt:	300.0000 m	290.8659 m
Time span:	11/04/2008 10:11:36 - 11/04/2008 10:26:36	
Duration:	15' 00"	

Final Coordinates

	Reference:Virtual_4	Rover:11386F	
Coordinates:			
Easting:	522380.1129 m	522402.6443 m	
Northing:	123958.6608 m	124014.6357 m	
Ellip. Hgt:	300.0000 m	290.8670 m	
Solution type:	Phase		
GNSS type:	GPS		
Frequency:	L1 and L2		
Ambiguity:	Yes		
Quality:	Sd. E: 0.0001 m Posn. Qlty: 0.0001 m	Sd. N: 0.0001 m Sd. Slope: 0.0001 m	Sd. Hgt: 0.0002 m
M0:	0.2711 m		
Cofactor matrix Qxx:	0.00000009	0.00000000 0.00000004	-0.00000007 0.00000001 0.00000036
Baseline vector:	dLat: 0° 00' 01.81034" Slope: 61.0351 m	dLon: 0° 00' 01.06162"	dHgt: -9.1330 m
DOPs (min-max):	GDOP: 2.5 - 2.6 PDOP: 2.2 - 2.2	HDOP: 1.1 - 1.1	VDOP: 1.9 - 1.9

**Results - Baseline
 Virtual_4 - 11387F**

Point Information

	Reference: Virtual_4	Rover: 11387F
Receiver type / S/N:	LEICAGPS1200 / 0459190	ATX1230 / 226609
Antenna type / S/N:	AX1202 / -	ATX1230 SmartStn / -
Antenna height:	0.0000 m	1.5890 m
Initial coordinates:		
Easting:	522380.1129 m	522404.0843 m
Northing:	123958.6608 m	124014.0576 m
Ellip. Hgt:	300.0000 m	290.3895 m
Time span:	11/04/2008 10:32:50 - 11/04/2008 10:50:23	
Duration:	17' 33"	

Final Coordinates

	Reference:Virtual_4	Rover:11387F	
Coordinates:			
Easting:	522380.1129 m	522404.0833 m	
Northing:	123958.6608 m	124014.0562 m	
Ellip. Hgt:	300.0000 m	290.3908 m	
Solution type:	Phase		
GNSS type:	GPS		
Frequency:	L1 and L2		
Ambiguity:	Yes		
Quality:	Sd. E: 0.0001 m Posn. Qlty: 0.0001 m	Sd. N: 0.0001 m Sd. Slope: 0.0001 m	Sd. Hgt: 0.0002 m

M0:	0.3353 m		
Cofactor matrix Qxx:	0.00000008	-0.00000000 0.00000003	-0.00000004 -0.00000000 0.00000024
Baseline vector:	dLat: 0° 00' 01.79139" Slope: 61.1277 m	dLon: 0° 00' 01.12872"	dHgt: -9.6092 m
DOPs (min-max):	GDOP: 1.9 - 2.5 PDOP: 1.7 - 2.1	HDOP: 1.0 - 1.1	VDOP: 1.4 - 1.8

**Priloga C: Koordinate v ETRS89 koordinatnem sistem dobljene s pomočjo RTK (VRS)
metode izmere leta 2008 (v dveh neodvisnih meritvah)**

11380	522436.580	123959.934	243.898
11380	522436.581	123959.930	243.898
11382	522436.729	123986.924	244.113
11382	522436.728	123986.923	244.108
11383	522393.335	123967.172	244.182
11383	522393.326	123967.165	244.192
11384	522396.321	123992.729	244.371
11384	522396.317	123992.735	244.379
11385	522398.149	124002.684	244.400
11385	522398.151	124002.675	244.402
11386	522402.642	124014.640	244.350
11386	522402.641	124014.641	244.352
11387	522404.082	124014.056	243.878
11387	522404.088	124014.061	243.877

**Priloga D: Koordinate v ETRS89 koordinatnem sistem dobljene s pomočjo RTK (VRS)
metode izmere leta 2010 (v dveh neodvisnih meritvah)**

11380	522436.912	123960.142	243.986
11380	522436.921	123960.138	243.983
11382	522436.723	123986.932	244.113
11382	522436.726	123986.925	244.108
11383	522393.336	123967.178	244.176
11383	522393.341	123967.174	244.188
11384	522396.325	123992.740	244.360
11384	522396.328	123992.735	244.382
11385	522398.154	124002.691	244.379
11385	522398.157	124002.682	244.399
11386	522402.653	124014.646	244.311
11386	522402.660	124014.643	244.336
11387	522404.089	124014.066	243.869
11387	522404.088	124014.061	243.886
181	523866.447	125170.915	258.985
181	523866.433	125170.924	259.003
4896	521947.918	122947.872	241.548
4896	521947.918	122947.882	241.549
217	521726.848	124480.065	247.168
217	521726.843	124480.070	247.176
3256	521775.627	123957.428	250.707
3526	521775.634	123957.415	250.694
406	523099.270	125160.492	257.569
406	523099.266	125160.477	257.603
5001	521865.668	124277.231	246.548
5001	521865.668	124277.240	246.546
5002	522930.920	124733.385	254.582
5002	522930.914	124733.378	254.595

Priloga E: Rezultati prostorske 7 – parametrične transformacije

PROSTORSKA TRANSFORMACIJA

SiTra v2.01

Avtorja: Klemen Kozmus Trajkovski & Bojan Stopar, UL FGG

Datum: 03.11.2010

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: ETRS_izmera.txt

Datoteka s podatki v končnem datumu: GURS_GK_BREZ_KONTROLNE.txt

KOORDINATE TOČK V ZAČETNEM DATUMU - D96/TM

točka	N	E	H	s_N	s_E	s_H
4896	122947.877	521947.918	241.549	1.000	1.000	1.000
3526	123957.422	521775.631	250.701	1.000	1.000	1.000
5001	124277.236	521865.668	246.647	1.000	1.000	1.000
217	124480.068	521726.846	247.171	1.000	1.000	1.000
5002	124733.379	522930.916	254.589	1.000	1.000	1.000
406	125160.480	523099.268	257.583	1.000	1.000	1.000
181	125170.922	523866.440	258.993	1.000	1.000	1.000
11380	123960.141	522436.916	243.985	1.000	1.000	1.000
11382	123986.930	522436.724	244.111	1.000	1.000	1.000
11383	123967.177	522393.338	244.181	1.000	1.000	1.000
11384	123992.738	522396.326	244.373	1.000	1.000	1.000
11385	124002.688	522398.155	244.390	1.000	1.000	1.000
11386	124014.644	522402.658	244.329	1.000	1.000	1.000
11387	124014.064	522404.089	243.880	1.000	1.000	1.000

KOORDINATE TOČK V KONČNEM DATUMU - D48/GK

točka	x	y	H	s_x	s_y	s_H
4896	122462.470	522317.670	241.790	1.000	1.000	1.000
3526	123472.030	522145.450	250.880	1.000	1.000	1.000
217	123994.650	522096.630	247.330	1.000	1.000	1.000
406	124675.120	523468.980	257.770	1.000	1.000	1.000
181	124685.610	524236.110	259.210	1.000	1.000	1.000

Vezne točke za izračun transformacijskih parametrov:

4896 3526 217 406 181

TRANSFORMIRANE KOORDINATE TOČK - D48/GK

točka	x	y	H
4896	122462.497	522317.728	241.549
3526	123472.022	522145.403	250.701
5001	123791.835	522235.427	246.647
217	123994.659	522096.599	247.171
5002	124248.013	523300.642	254.589
406	124675.115	523468.975	257.583
181	124685.587	524236.135	258.993
11380	123474.766	522806.679	243.985
11382	123501.555	522806.486	244.111
11383	123481.801	522763.102	244.181
11384	123507.361	522766.089	244.373
11385	123517.311	522767.917	244.390
11386	123529.267	522772.420	244.329
11387	123528.687	522773.851	243.880

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

točka	X	Y	Z	
4896	4261844.707	1165065.891	4583928.245	dan
	4261844.672	1165065.941	4583928.263	transf.
	0.035	-0.050	-0.018	dan - transf.
	0.033	0.033	0.033	std.dev.transf.k.
	1.076	1.533	0.538	std.popr.
	0.445	0.634	0.223	tau test
3526	4261191.223	1164712.505	4584633.447	dan
	4261191.244	1164712.463	4584633.445	transf.
	-0.021	0.043	0.002	dan - transf.
	0.033	0.033	0.033	std.dev.transf.k.
	0.635	1.297	0.062	std.popr.
	0.263	0.536	0.026	tau test
217	4260836.850	1164566.990	4584992.398	dan
	4260836.851	1164566.958	4584992.402	transf.
	-0.001	0.032	-0.004	dan - transf.
	0.033	0.033	0.033	std.dev.transf.k.
	0.020	0.976	0.133	std.popr.
	0.008	0.404	0.055	tau test
406	4260010.340	1165766.507	4585466.905	dan
	4260010.343	1165766.502	4585466.901	transf.
	-0.003	0.005	0.005	dan - transf.
	0.033	0.033	0.033	std.dev.transf.k.
	0.106	0.143	0.150	std.popr.
	0.044	0.059	0.062	tau test
181	4259803.492	1166505.380	4585473.129	dan
	4259803.502	1166505.409	4585473.114	transf.
	-0.010	-0.029	0.015	dan - transf.
	0.033	0.033	0.033	std.dev.transf.k.
	0.315	0.882	0.459	std.popr.
	0.130	0.365	0.190	tau test

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

točka	x	y	H	
4896	122462.470	522317.670	241.790	dan
	122462.497	522317.728	241.549	transf.
	-0.027	-0.058	0.241	dan - transf.
3526	123472.030	522145.450	250.880	dan
	123472.022	522145.403	250.701	transf.
	0.008	0.047	0.179	dan - transf.
217	123994.650	522096.630	247.330	dan
	123994.659	522096.599	247.171	transf.
	-0.009	0.031	0.159	dan - transf.
406	124675.120	523468.980	257.770	dan
	124675.115	523468.975	257.583	transf.
	0.005	0.005	0.187	dan - transf.
181	124685.610	524236.110	259.210	dan
	124685.587	524236.135	258.993	transf.
	0.023	-0.025	0.217	dan - transf.

TRANSFORMIRANE KOORDINATE TOČK Z UPOŠTEVANJEM ODSTOPANJ V RAVNINI PROJEKCIJE

točka	vx	x	vy	y	H
4896	-0.027	122462.471	-0.056	522317.672	241.549
3526	0.007	123472.029	0.045	522145.449	250.701
5001	1.805	123793.640	3.199	522238.626	246.647
217	-0.009	123994.650	0.030	522096.629	247.171
5002	5.360	124253.373	9.389	523310.031	254.589

406	0.005	124675.120	0.006	523468.980	257.583
181	0.023	124685.610	-0.025	524236.110	258.993
11380	7.585	123482.352	13.294	522819.973	243.985
11382	7.550	123509.105	13.233	522819.719	244.111
11383	7.207	123489.007	12.633	522775.734	244.181
11384	7.205	123514.566	12.629	522778.718	244.373
11385	7.208	123524.519	12.635	522780.553	244.390
11386	7.230	123536.498	12.675	522785.095	244.329
11387	7.243	123535.931	12.697	522786.548	243.880

TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI

deltaX	-319.150382	m
deltaY	203.535178	m
deltaZ	-608.705052	m
alfa	- 0 00 06.186542	"
beta	0 00 09.634739	"
gama	- 0 00 07.859393	"
merilo	-14.232878	ppm

Srednji stand. odklon (matrični racun): 0.025 m
Srednji stand. odklon (iz odstopanj): 0.033 m
Število iteracij: 2
Število veznih točk: 5
Število nadštevilčnosti: 8

Površina oboda območja transformacije: 1.99 km²

Najmanjše in največje vrednosti odstopanj (v cm):

min	-2.7	-5.8	15.9
max	2.3	4.7	24.1

sr.v. -0.0 -0.0 19.7
sr.v.(abs) 1.4 3.3 19.7

Priloga F: Rezultati ravninske 4 – parametrične transformacije

PROSTORSKA TRANSFORMACIJA

SiTra v2.01

Avtorja: Klemen Kozmus Trajkovski & Bojan Stopar, UL FGG

Datum: 03.11.2010

Tip transformacije: 2D 4-parametrična podobnostna
Helmertova transformacija: DA

Datoteka s podatki v začetnem datumu: ETRS_izmera.txt

Datoteka s podatki v končnem datumu: GURS_GK_BREZ_KONTROLNE.txt

KOORDINATE TOČK V ZAČETNEM DATUMU - D96/TM

točka	N	E	s_N	s_E
4896	122947.877	521947.918	1.000	1.000
3526	123957.422	521775.631	1.000	1.000
5001	124277.236	521865.668	1.000	1.000
217	124480.068	521726.846	1.000	1.000
5002	124733.379	522930.916	1.000	1.000
406	125160.480	523099.268	1.000	1.000
181	125170.922	523866.440	1.000	1.000
11380	123960.141	522436.916	1.000	1.000
11382	123986.930	522436.724	1.000	1.000
11383	123967.177	522393.338	1.000	1.000
11384	123992.738	522396.326	1.000	1.000
11385	124002.688	522398.155	1.000	1.000
11386	124014.644	522402.658	1.000	1.000
11387	124014.064	522404.089	1.000	1.000

KOORDINATE TOČK V KONČNEM DATUMU - D48/GK

točka	x	y	s_X	s_Y
4896	122462.470	522317.670	1.000	1.000
3526	123472.030	522145.450	1.000	1.000
217	123994.650	522096.630	1.000	1.000
406	124675.120	523468.980	1.000	1.000
181	124685.610	524236.110	1.000	1.000

Vezne točke za izračun transformacijskih parametrov:

4896	3526	217	406	181
------	------	-----	-----	-----

TRANSFORMIRANE KOORDINATE TOČK - D48/GK

točka	x	y
4896	122462.498	522317.728
3526	123472.022	522145.404
5001	123791.835	522235.427
217	123994.659	522096.599
5002	124248.013	523300.642
406	124675.115	523468.975
181	124685.587	524236.135
11380	123474.767	522806.679
11382	123501.555	522806.486
11383	123481.801	522763.101
11384	123507.362	522766.088
11385	123517.312	522767.917
11386	123529.268	522772.419
11387	123528.688	522773.850

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOČK V KONČNEM DATUMU

4896	122462.470	522317.670	dan
	122462.498	522317.728	transf.
	-0.028	-0.058	dan - transf.
3526	123472.030	522145.450	dan
	123472.022	522145.404	transf.
	0.008	0.046	dan - transf.
217	123994.650	522096.630	dan
	123994.659	522096.599	transf.
	-0.009	0.031	dan - transf.
406	124675.120	523468.980	dan
	124675.115	523468.975	transf.
	0.005	0.005	dan - transf.
181	124685.610	524236.110	dan
	124685.587	524236.135	transf.
	0.023	-0.025	dan - transf.

TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI

a	1.0000
b	-0.0000
c	-504.1872
d	381.9739

TRANSFORMIRANE KOORDINATE TOČK Z UPOŠTEVANJEM ODPSTOPANJ

točka	vx	x	vy	y
4896	-0.027	122462.471	-0.056	522317.672
3526	0.008	123472.029	0.045	522145.449
5001	1.833	123793.668	3.166	522238.593
217	-0.009	123994.650	0.031	522096.629
5002	5.442	124253.455	9.290	523309.932
406	0.005	124675.120	0.006	523468.980
181	0.023	124685.610	-0.025	524236.110
11380	7.702	123482.469	13.154	522819.833
11382	7.666	123509.221	13.093	522819.579
11383	7.317	123489.118	12.500	522775.601
11384	7.315	123514.677	12.496	522778.585
11385	7.319	123524.630	12.502	522780.419
11386	7.341	123536.609	12.542	522784.961
11387	7.354	123536.042	12.564	522786.414

Srednji stand. odklon: 0.027 m
Število iteracij: 3
Število veznih točk: 5

Površina oboda območja transformacije: 1.99 km²

Najmanjše in največje vrednosti odstopanj (v cm):

min	-2.8	-5.8
max	2.3	4.6

sr.v.	0.0	-0.0
sr.v.(abs)	1.5	3.3

Priloga G: Rezultati transformacije v programu Geos7 z uporabljenimi regionalnimi transformacijskimi parametri

Helmertova(4P) transformacija: 15_REGINALNI_PARAMETRI.

05.02.2011

Število transformiranih točk: 14

Parametri transformacije

$Y_n = T_y + C \cdot Y + D \cdot X$ $X_n = T_x + C \cdot X - D \cdot Y$

$C = 0.999989952$, $D = -2.32815e-050$

Translacija v smeri Y osi: $T_y = 377.820$

Translacija v smeri X osi: $T_x = -496.062$

Zasuk sistema $\phi = 0.001333946^\circ$ (protiurno)

Sprememba merila = 0.999989953

Srednji pogrešek določitve koordinat $M_o = 0$ cm

Transformirane točke

Točka	P R V O T N I S I S T E M			N O V I S I S T E M		
	Y	X	H	Y	X	H
181	523866.440	125170.922	258.993	524236.082	124685.799	258.993
217	521726.846	124480.068	247.171	522096.526	123994.902	247.171
406	523099.268	125160.480	257.583	523468.918	124675.339	257.583
3526	521775.631	123957.422	250.701	522145.322	123472.262	250.701
4896	521947.918	122947.877	241.549	522317.631	122462.731	241.549
5001	521865.668	124277.236	246.647	522235.351	123792.075	246.647
5002	522930.916	124733.379	254.589	523300.578	124248.238	254.589
11380	522436.916	123960.141	243.985	522806.601	123474.997	243.985
11382	522436.724	123986.930	244.111	522806.408	123501.785	244.111
11383	522393.338	123967.177	244.181	522763.023	123482.032	244.181
11384	522396.326	123992.738	244.373	522766.010	123507.592	244.373
11385	522398.155	124002.688	244.390	522767.839	123517.542	244.390
11386	522402.658	124014.644	244.329	522772.342	123529.498	244.329
11387	522404.089	124014.064	243.880	522773.773	123528.918	243.880

Priloga H: Koordinate točk v ETRS89 koordinatnem sistemu iz GURS baze podatkov

TOČKA	X	Y	h (m)
11380	522436.56	123959.94	243.89
11382	522436.74	123986.93	244.19
11383	522393.32	123967.20	244.21
11384	522396.31	123992.74	244.40
11385	522398.15	124002.68	244.41
11386	522402.65	124014.63	244.35
11387	522404.09	124014.06	243.92

Priloga I: Podatki baznega vektorja (izpisek iz programa GeoOffice)

Reference Id	Rover Id	Start	Duration	Frequency
CELJ	11380F	11.4.2008 11:17	15' 27''	L1 + L2
CELJ	11382F	11.4.2008 10:57	15' 00''	L1 + L2
CELJ	11383F	11.4.2008 8:58	16' 10''	L1 + L2
CELJ	11384F	11.4.2008 9:26	15' 01''	L1 + L2
CELJ	11385F	11.4.2008 9:49	15' 02''	L1 + L2
CELJ	11386F	11.4.2008 10:11	15' 00''	L1 + L2
CELJ	11387F	11.4.2008 10:32	17' 33''	L1 + L2

Reference Id	Rover Id	Posn. Qlty	Hgt. Qlty	Posn. + Hgt. Qlty	Sd. Slope Distance
CELJ	11380F	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001
CELJ	11382F	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
CELJ	11383F	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001
CELJ	11384F	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001
CELJ	11385F	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001
CELJ	11386F	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001
CELJ	11387F	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001

