

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Bran, E., 2015. Analiza višin poplavne vode na Ljubljanskem barju. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Koler, B., somentor Kuhar, M.): 42 str.

Datum arhiviranja: 01-04-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Bran, E., 2015. Analiza višin poplavne vode na Ljubljanskem barju. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Koler, B., co-supervisor Kuhar, M.): 42 pp.

Archiving Date: 01-04-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GEODEZIJA
SMER GEODEZIJA

Kandidatka:

ERIKA BRLAN

**ANALIZA VIŠIN POPLAVNE VODE NA
LJUBLJANSKEM BARJU**

Diplomska naloga št.: 973/G

**ANALYSIS OF FLOOD HEIGHT ON THE LJUBLJANA
MOOR**

Graduation thesis No.: 973/G

Mentor:

doc. dr. Božo Koler

Predsednik komisije:

doc. dr. Miran Kuhar

Somentor:

asist. Tilen Urbančič

Član komisije:

asist. dr. Aleš Marjetič

doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

izr. prof. dr. Dušan Kogoj

Ljubljana, 27. 03. 2015

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana **ERIKA BRLAN** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:
»ANALIZA VIŠIN POPLAVNE VODE NA LJUBLJANSKEM BARJU«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, marec 2015

(podpis)

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 528.38(497.4Ljubljansko barje)(043.2)
Avtor: Erika Brlan
Mentor: doc. dr. Božo Koler
Somentor: doc. dr. Miran Kuhar, asist. Tilen Urbančič
Naslov: Analiza višin poplavne vode na Ljubljanskem barju
Obseg in oprema: 42 str., 17 pregl., 14 sl., 15 en., 8 pril.
Ključne besede: Ljubljansko barje, poplavne vode, višinska razlika, nadmorska višina, elipsoidna višina, ploskev geoida, GNSS višinomerstvo

Izvleček:

V diplomski nalogi so predstavljeni osnovni pojmi in zakonodaja s področja poplavnih voda, ter geodetske merske metode za določitev višine poplavnih kot in različni načini za izračun le teh. Višine geodetskih točk na poplavno ogroženem območju Ljubljanskega barja so izmerjene z RTK in hitro statično metodo GNSS višinomerstva. Vrednosti so primerjane z višinami dobljenimi z izmero RTK iz leta 2010 in metodo trigonometričnega višinomerstva iz leta 2011. Izmerjene elipsoidne višine so preračune v normalne ortometrične višine z upoštevanjem lokalnega modela geoida, absolutnega modela geoida 2000 in testnega modela geoida 2010. Višine reperjev, ki so bile določene s hitro statično metodo izmere, so analizirane glede na dane višine, ki jih vodi geodetska uprava. Višine točk, določene z RTK metodo izmere, pa so primerjane z višinami referenčnih točk, določenih v preteklih izmerah. Analizirana so posamezna višinska odstopanja in geoidne ondulacije, ki so odvisne od uporabljenega modela geoida.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 528.38(497.4Ljubljansko barje)(043.2)
Author: Erika Brlan
Supervisor: Assist. Prof. Božo Koler, Ph. D.
Co-supervisor: Assist. Prof. Miran Kuhar, Ph. D., Assist. Tilen Urbančič,
Title: Analysis of the flood heights on the Ljubljana moor
Notes: 42 p., 17 tab., 14 fig., 5 eq., 8 ann.
Key words: Ljubljana Moor, flood water, height difference, defined height, ellipsoidal height, geoid surface, GNSS levelling

Abstract:

The graduate thesis first presents the basic concepts and the legislation of flood water. Afterwards, the geodetic measurement methods, which are used to determine the flood water height are described, including different calculation techniques. The heights of geodetic points in the flood-endangered area on Ljubljana Moor were measured by using the real-time kinematic (RTK) and fast static GNSS leveling methods. The acquired values were compared to heights, determined by the RTK method in year 2010 and by trigonometric leveling in 2011. The measured ellipsoidal heights are converted to normal orthometric heights using local geoid, Geoid 2000, Geoid 2010. The heights of geodetic points, which were measured by the fast static GNSS method are compared to the given, defined height. The heights of geodetic points, which were measured by the RTK method are compared to results of old measurements, performed in the Ljubljana Moor area. Finally, an analysis of differences among the determined point heights along with differences among geoid heights, interpolated from various geoid models is presented.

ZAHVALA

Za pomoč in nasvete pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Božu Kolerju in somentorjema doc. dr. Miranu Kuharju in asist. Tilnu Urbančiču.

Hvala tudi g. Goršiču, g. Mencinu, Lavri in Aljažu, ki so pomagali pri izvedbi terenskih meritev in doc. dr. Poloni Pavlovčič Prešeren za pomoč pri obdelavi podatkov.

Na koncu bi se zahvalila še svojim bližnjim, ki so mi v času študija stali ob strani.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
2	POPLAVE NA LJUBLJANSKEM BARJU	3
2.1	Ljubljansko barje	3
2.2	Poplave na Ljubljanskem barju	3
2.2.1	Poplave v septembru 2010	4
3	PREDPISI O POPLAVNIH VODAH.....	5
3.1	Poplavna direktiva (2007/60/ES)	5
4	KOORDINATNI SISTEMI	7
4.1	Državni prostorski koordinatni sistem.....	7
4.2	Horizontalni državni koordinatni sistem	7
4.2.1	Pretvorba koordinat ETRS89 v D96	7
4.3	Višinski državni koordinatni sistem	8
4.4	Sistemi višin	9
4.4.1	Normalne ortometrične višine	9
4.4.2	Elipsoidne višine	9
4.5	Transformacija višin.....	9
4.6	Geoid	10
4.6.1	Model geoida.....	10
4.6.1.1	Geoid 2000	10
4.6.1.2	Testni model geoida.....	11
4.6.1.3	Lokalni model geoida	12
5	METODE DOLOČITVE VIŠIN TOČK	14
5.1	Geometrični nivelman	14
5.2	GNSS izmera	15
5.2.1	Hitra statična izmera	15
5.2.2	RTK metoda izmere	16
6	TERENSKA IZMERA	17
6.1	Geometrični nivelman	17
6.1.1	Uporabljen instrumentarij.....	17

6.2	Hitra statična metoda izmere.....	18
6.2.1	Uporabljen instrumentarij	18
6.3	RTK izmera.....	20
6.3.1	Uporabljen instrumentarij	20
7	OBDELAVA PODATKOV IN REZULTATI	21
7.1	Nivelmanska izmera in ocena natančnosti	21
7.1.1	Dopustna odstopanja.....	21
7.1.2	Ocena natančnosti	21
7.2	Obdelava RTK metode izmere.....	22
7.3	Obdelava hitre statične metode izmere	25
8	ANALIZA REZULTATOV	29
9	ZAKLJUČEK.....	38
VIRI	40

KAZALO SLIK

Slika 1: Obseg poplav v septembru 2010 (infrardeči posnetek, podlaga slika digitalnega modela višin.	4
Slika 2: Opozorilna karta poplav na Ljubljanskem barju	6
Slika 3: Elipsoidna višina h , nadmorska višina H in geoidna višina N	8
Slika 4: Ploskev geoida 2000 v obliki linij enakih geoidnih višin ($e = 0,1$ m)	11
Slika 5: Ploskev testnega geoida 2010 v obliki linij enakih geoidnih višin ($e = 0,1$ m).....	12
Slika 6: Ploskev lokalnega geoida v obliki linij enakih geoidnih višin	13
Slika 7: Niveliranje iz sredine	14
Slika 8: Metode GNSS izmere	15
Slika 9: RTK izmera	16
Slika 10: Digitalni nivelir Leica DNA03	17
Slika 11: : GNSS sprejemnik Leica Viva GS15	19
Slika 12: GNSS sprejemnik Leica Viva GS15 med RTK izmero na točki 8P	20
Slika 13: Trajanje opazovanj na posameznih točkah prikazano v programu LEICA Geo Office	26
Slika 14: Vektorji med dano točko GSR1 in novimi točkami	27

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Primerjava Geoida 2000 in Testnega geoida 2010.....	12
Preglednica 2: Tehnični podatki digitalnega nivelirja Leica DNA03	18
Preglednica 3: Tehnični podatki GNSS sprejemnika Leica Viva GS15	19
Preglednica 4: Merjene višinske razlike z oceno natančnosti med reperjem in stojščem za GNSS izmero.....	22
Preglednica 5: Elipsoidne višine in natančnost določitve z RTK metodo izmere.....	24
Preglednica 6: Odstopanja med posameznimi elipsoidnimi višinami in ocena natančnosti določitve odstopanja	24
Preglednica 7: Rezultati hitre statične metode izmere	28
Preglednica 8: Normalne ortometrične višine reperjev s pripadajočimi natančnostmi določitve, izmerjene s hitro statično metodo izmere in izračunane na podlagi različnih višinskih referenčnih ploskev	29
Preglednica 9: Višinske razlike med dano in računanimi višinami s pripadajočo oceno natančnosti določitve razlik.....	30
Preglednica 10: Normalne ortometrične višine reperjev s pripadajočimi natančnostmi določitve, izmerjene z RTK metodo izmere in izračunane na podlagi različnih višinskih referenčnih ploskev....	31
Preglednica 11: Višinske razlike med dano in računanimi višinami s pripadajočo oceno natančnosti določitve razlik.....	32
Preglednica 12: Primerjava rezultatov hitre statične in RTK metode izmere (geoid 2000).....	33
Preglednica 13: Primerjava rezultatov hitre statične in RTK metode izmere (geoid 2010).....	33
Preglednica 14: Primerjava rezultatov hitre statične in RTK metode izmere (lokalni geoid).....	34
Preglednica 15: Geoidne ondulacije interpolirane iz Geoida 2000	35
Preglednica 16: Geoidne ondulacije interpolirane iz Geoida 2000 in Geoida 2010	36
Preglednica 17: Višine referenčnih točk določene v treh različnih izmerah	37

OKRAJŠAVE:

D96	realizacija koordinatnega sistema iz leta 1996
ES	Evropska skupnost
ETRS	European Spatial Reference System (evropski prostorski referenčni sistem)
FR	fundamentalni reper
GK K.S.	Gauss-Krügerjev koordinatni sistem
GNSS	Globalni Navigacijski Satelitski Sistemi
GRS80	Geodetic Reference System 1980 (geodetska referenčna ploskev)
IGSN71	International Gravity Standardisation Network 1971 (mednarodna gravimetrična mreža)
INTGEO10	interpolacija geoida 2010, program za določitev geoidne ondulacije
RGU	Republiška geodetska uprava
RINEX	Receiver INdependent Exchange Format (od sprejemnika neodvisen izmenjevalni format)
RTK	Real Time Kinematic (izvrednotenje v realnem času)
SiTraNet	Slovenija Transformacija, program za transformacijo koordinat med koordinatnimi sistemi D48 in ETRS89/D96
TM	Transverzalna Mercatorjeva kartografska projekcija
VRS	Virtual Reference Station (virtualna referenčna postaja)

1 UVOD

V Sloveniji se srečujemo z različnimi naravnimi nesrečami pri čemer med pogostejše sodijo poplave. Za njih je značilno, da voda prekrije območja, kjer je ponavadi ni. Na teh območjih se lahko zadrži tudi več dni in povzroča škodo. Razlogov za nastanek poplav je več. Lahko jih povzroči obilno deževje, taljenje snega, delovanje hudurnikov, dvig gladine podtalnice, zajezev odtokov, nepropustnost tal in še bi lahko naštevali. Običajno so rezultat več zgoraj naštetih dejavnikov. Različne so tudi posledice poplav. V nekaterih primerih so posledice koristne, saj obogatijo rodovitnost zemlje ter napolnijo podtalnice in druge vodne vire. V večini primerov pa povzročijo več škode kot koristi. Največkrat povzročijo materialno škodo, saj poškodujejo razne objekte, infrastrukturo in uničujejo pridelek na njivah in travnikih. V primeru hujših poplav običajno povzročijo škodo v gospodarstvu in ogrožajo človeška življenja (Erjavec, 2009).

Da bi se izognili slabim posledicam, je potrebno poplave v naprej predvideti. Pojav poplav in njihovo razsežnost je zaenkrat še nemogoče točno napovedati, zaradi česar je pomembno poznavanje območij in stopenj nevarnosti tam, kjer je možnost poplavnih vod večja. Zato izdelujemo karte poplavne nevarnosti in karte poplavne ogroženosti. Za modeliranje poplavnih vod potrebujemo podatke o reliefu in stanju vode na določenem območju. Ti podatki morajo biti čimbolj točni, saj drugače ne dobimo realnih rezultatov in nam nič ne koristijo.

Večkrat letno je poplavljen Ljubljansko barje in del Ljubljane. Ravno to je razlog, da na Institutu za vode Republike Slovenije razvijajo matematični model za karakteriziranje poplavnih tokov reke Ljubljanice s pritoki. Za izdelavo modela potrebujejo zanesljive podatke o višini poplavnih vod iz preteklosti. Po poplavah na Ljubljanskem barju septembra 2010 so izvedli terenske meritve, na podlagi katerih so določali nivo poplavne vode. Višino sledi poplavne vode so s pomočjo geometričnega nivelmana navezali na referenčne točke v okolici. Položaj referenčnih točk so določili z GNSS izmero in sicer z RTK metodo. Katedra za inženirsko geodezijo na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani je kasneje izvedla kontrolo višin referenčnih geodetskih točk z metodo trigonometričnega višinomerstva. Ugotovili so, da so razlike višin, določenih z GNSS metodo izmere in metodo trigonometričnega višinomerstva, v nekaterih primerih velike in nimajo sistematičnega značaja (Koler in sod., 2012).

Ravno razlika v rezultatih obeh izmer je glavni razlog za nastanek te diplomske naloge. V njej smo poizkušali ugotoviti, kaj je razlog za takšna odstopanja. Ali je za to kriva metoda izmere, nestabilen teren na tem območju, nepravilno opravljene meritve in obdelava podatkov, ali morda kaj drugega? Da smo to lahko ugotovili, je bila potrebna izvedba ponovne izmere.

Na terenu smo izmerili višine referenčnih točk z dvema različnima metodama GNSS izmere. Uporabili smo hitro statično metodo izmere, ki naj bi zagotavljala kakovostnejše rezultate in pa RTK metodo izmere, ki se jo večinoma uporablja za takšne meritve v geodetski praksi. Višine točk, določene z GNSS metodo izmere, smo iz elipsoidne višine preračunali v normalne ortometrične višine na različne načine. Uporabili smo geoidne ondulacije, pridobljene iz starega geoida 2000 in novega testnega geoida 2010, ki ga v praksi še ne uporabljamo. Na podlagi nekaj opazovanih točk smo generirali lokalno ploskev geoida in tudi te rezultate primerjali z ostalimi. Na koncu smo nadmorske višine določili še z navezavo na točko FR 9, kjer smo merjenim elipsoidnim višinam na posameznih točkah odšteli elipsoidno višino točke FR 9, nato pa te razlike prišteli nadmorski višini FR 9.

Rezultat diplomske naloge so normalne ortometrične višine referenčnih točk, določene na različne načine, odstopanja in ocena natančnosti odstopanj med izračunanimi višinami in razlogi za njihov pojav.

2 POPLAVE NA LJUBLJANSKEM BARJU

2.1 Ljubljansko barje

Ljubljansko barje je del Ljubljanske kotline in leži južno od Ljubljane. Omejujejo ga okoliški hribi. Na severu in severovzhodu sega do Golovca in Šišenskega hriba, na zahodu in severozahodu do Polhograjskega hribovja, na jugu do Krimskega hribovja z Menišijo, na jugu pa meji na Dolenjsko podolje. Razprostira se na 160 km², od katerega je 135 km² zavarovanih kot krajinski park. Največji del površja predstavljajo kmetijske površine, kot so travniki in njive. Približno desetino površin pokriva gozd. Na območju je približno 5 % urbanih površin in 1 % vodnih površin.

Za nastanek Barjanske kotline, kot jo poznamo danes, je narava potrebovala milijone let. Udornina je nastala s pogrezanjem matične kamnine, ki jo je povzročila tektonska aktivnost na tem delu Slovenije. Potoki in Kraške podzemne vode, ki so se zlivale v udornino, so s seboj prinašale prod in druge materiale, ki so preprečevali odtok vode. Voda se je vse dlje zadrževala in povzročala zamočvirjanje tal (Ljubljansko barje, pridobljeno 8. 8. 2014).

2.2 Poplave na Ljubljanskem barju

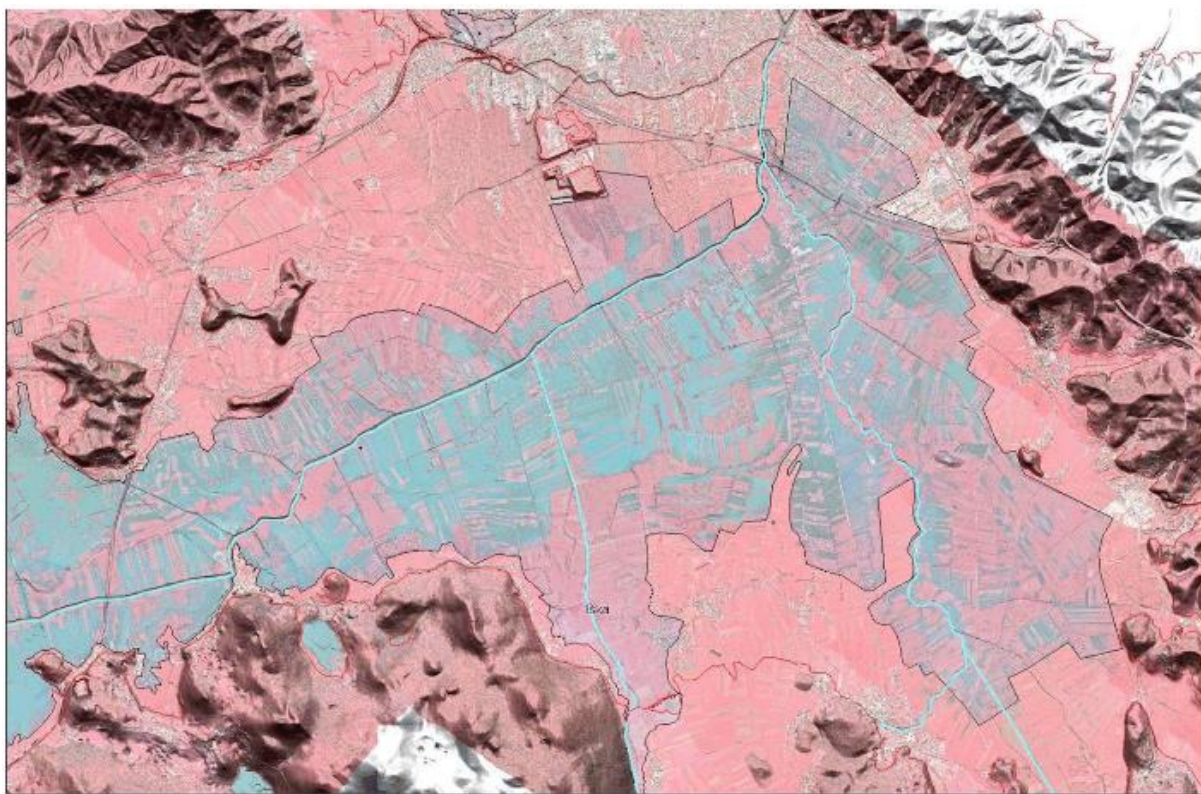
Na območju Ljubljanskega barja prihaja do hudourniških in kraških poplav. Za hudourniške poplave je značilno predvsem hitro naraščanje vode. Ta ima veliko moč in povzroča rušenje, erozijo in nanose materiala. Gladina vode sicer hitro upade. Pojavljajo se predvsem v poletnem času, ko so večkrat neurja. Značilnost kraških poplav je počasno naraščanje vode, ki se na poplavljenem območju zadržuje dlje časa (Dobravec, 2007). Pojavljajo se predvsem v spomladanskem času, ko se tali sneg in jeseni ob daljšem deževju.

Poplave se na Ljubljanskem barju pojavijo večkrat letno in skozi vse leto. Razlikujejo se po intenzivnosti in obsežnosti. Razlogov zanje je več. Med glavnimi je visok vodostaj rek v okolici. Pomemben dejavnik so tudi geološke in geomorfološke razmere. Odtekanje vode onemogoča ravninski teren in pronicanje vode v tla ovirajo nepropustne kamnine. Poplave največ škode povzročijo na kmetijskih površinah, obsežnejše pa tudi na gospodarskih, stanovanjskih in infrastrukturnih objektih.

2.2.1 Poplave v septembru 2010

Septembra 2010 so Ljubljansko barje in tudi nekatera druga območja po Sloveniji prizadele hujše poplave. Po primerjavi višine poplavne vode iz preteklih let so ugotovili, da je bila verjetnost nastopa poplav na Barju 1%, kar kaže na 100 letne poplave na tem območju.

Do tako visoke vode je prišlo zaradi močnega deževja v zahodni in jugozahodni Sloveniji med 17.9.2010 in 19.9.2010. Najprej so se napolnile podzemne vode kraškega zaledja, zatem pa se je začel dvigovati tudi vodostaj v strugah Ljubljanice, Iške in Iščice, ki so se sčasoma začele razlirati čez brežine. Voda je bruhala tudi iz talnih izvirov na tem območju. Na območju Barja se je nabralo približno 34 mio m³ vode, ki ni odtekla 7 dni. Odtok vode so preprečevala razmočena močvirnata tla in prometna infrastruktura, saj sta Ižanska in Črnovaška cesta od terena višji tudi do 2 m, pod cesto pa so le redki prepusti in še ti večinoma zamašeni z vejevjem (Globevnik in Vidmar, 2010).



Slika 1: Obseg poplav v septembru 2010 (infrardeči posnetek, podlaga slika digitalnega modela višin) (Koler in sod., 2012).

3 PREDPISI O POPLAVNIH VODAH

V zadnjih dveh desetletjih je bilo na območju Evrope kar nekaj velikih poplav, ki so zahtevale smrtne žrtve in s povzročeno materialno škodo vplivale na napredek Evropske skupnosti. Skrb zbujajoče je tudi dejstvo, da pogostost poplav narašča. Ravno to je bil razlog, da je Evropska skupnost leta 2007 sprejela Direktivo o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti.

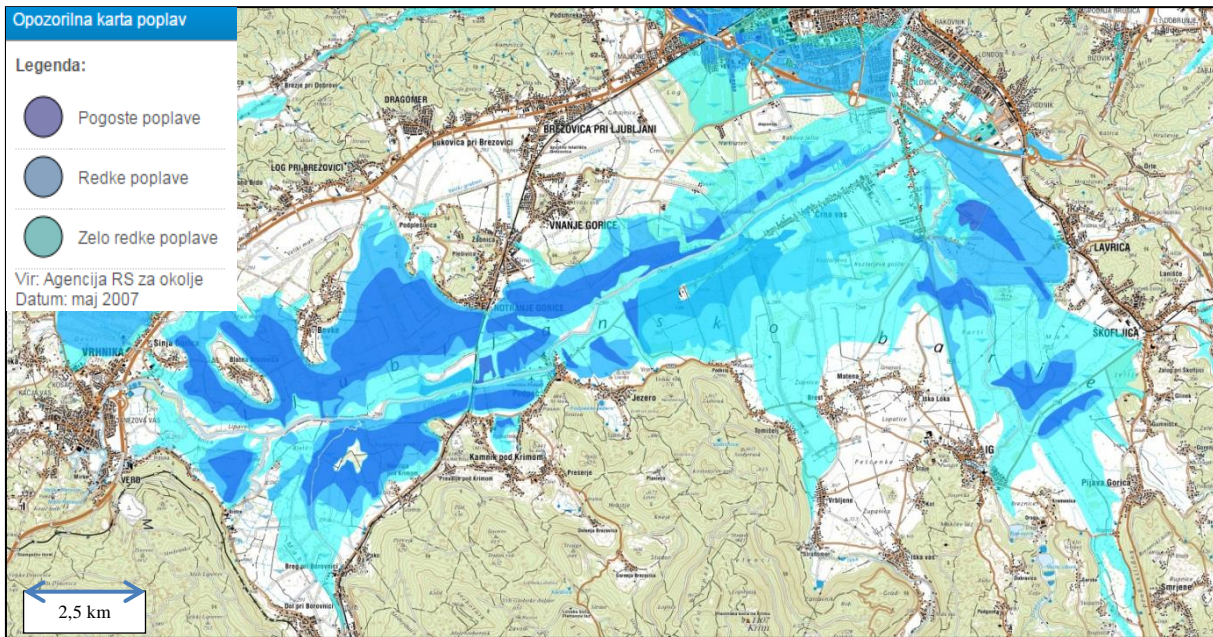
Stavros Dimas, nekdanji evropski komisar za okolje je dejal: »Za države članice je pomembno, da preprečijo pojav poplav in zaščitijo območja, ki bi jih takšni dogodki lahko prizadeli. Pomembno je tudi pripraviti evropske državljane, da bi se lahko spopadli z morebitnim pojavom poplav. Ta pomembna nova zakonodaja države članice obvezuje, da ocenijo poplavno ogroženost, obveščajo državljane na območjih, ki so potencialno ogrožena, in jih vključijo v postopek načrtovanja.« (2007)

3.1 Poplavna direktiva (2007/60/ES)

Z dnem 26. november 2007 je v veljavo stopila Direktiva o obvladovanju poplavne ogroženosti. V direktivi je zapisano, da je potrebno poplave obravnavati celovito, torej v okviru celotnega vodnega območja. Pomembni so preventivni ukrepi, kot so informiranje prebivalstva o ogroženosti na poplavnih območjih, vzpostavitev sistema alarmiranja, zaščite in reševanja ter predvideti primerno rabo prostora in način gradnje.

Naloga držav članic Evropske skupnosti je, da vsaka za svoje območje pripravi načrt obvladovanja poplavne ogroženosti, pripravi karte poplavne ogroženosti in poplavne nevarnosti, ter poda predhodno oceno poplavne ogroženosti.

Cilj direktive je zmanjšanje škode po poplavih, predvsem posledice, ki se odražajo na zdravju ljudi, uničenju okolja, kulturne dediščine in gospodarske dejavnosti v Evropski skupnosti (Erjavec, 2009).



Slika 2: Opozorilna karta poplav na Ljubljanskem barju (Geopedia, 2013)

4 KOORDINATNI SISTEMI

4.1 Državni prostorski koordinatni sistem

Državni prostorski koordinatni sistem je usklajen z evropskim prostorskim sistemom ESRS (European Spatial Reference System) in je določen s parametri horizontalne in vertikalne sestavine ter z državno kartografsko projekcijo.

Horizontalna in vertikalna sestavina prostorskega koordinatnega sistema v Sloveniji sta vzpostavljeni z državnimi geodetskimi točkami in omrežjem stalnih postaj za globalno določanje položaja (Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu, 2014).

4.2 Horizontalni državni koordinatni sistem

V Sloveniji je od 1. 1. 2008 v veljavi koordinatni sistem ETRS89 (D96/TM), ki je del evropskega prostorskega koordinatnega sistema ESRS. Kratica D96 predstavlja realizacijo koordinatnega sistema iz leta 1996. S kratico TM označujemo transverzalno Mercatorjevo projekcijo. Referenčna ploskev je geocentrični elipsoid GRS80.

4.2.1 Pretvorba koordinat ETRS89 v D96

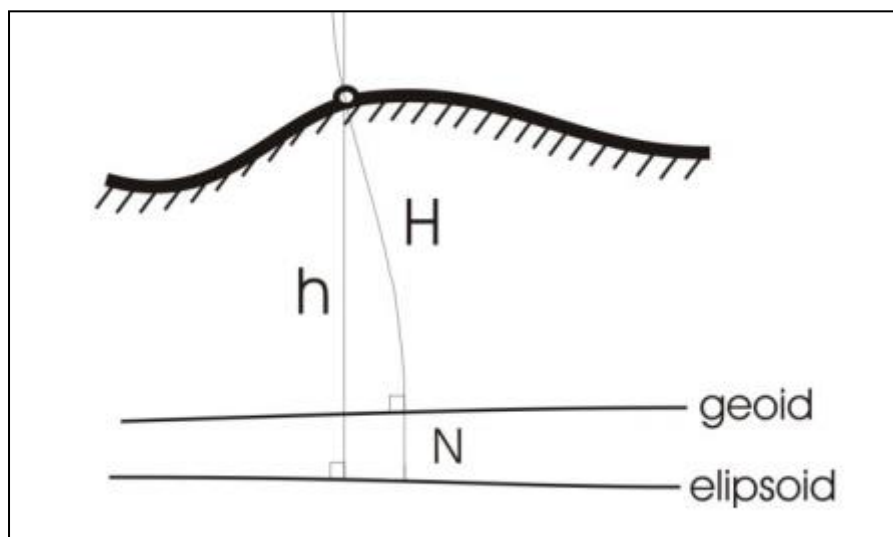
V primeru uporabe GNSS tehnologije pridobimo koordinate točk v koordinatnem sistemu ETRS89. To so geografske koordinate, ki jih poimenujemo elipsoidna širina φ , elipsoidna dolžina λ in elipsoidna višina h . S pomočjo Transverzalne Mercatorjeve kartografske projekcije pretvorimo geografske koordinate v ravninske koordinate v smeri severa (N), vzhoda (E) in nadmorske višine H .

Za preračun položaja točk z elipsoida v ravnino projekcije lahko uporabimo program [SiTraNet](#). Je brezplačna spletna storitev, ki smo jo uporabili za potrebe te diplomske naloge.

Program SiTraNet omogoča izvedbo 7-parametrične podobnostne transformacije, ki temelji na modelu Burša-Wolf. Trije parametri predstavljajo rotacije posameznih koordinatnih osi, trije parametri predstavljajo premik koordinatnega izhodišča in en parameter spremembo merila med obema koordinatnima sistemoma. Nadmorsko višino točke v končnem koordinatnem sistemu dobimo z enačbo:

$$H = h - N,$$

kjer h predstavlja elipsoidno višino v začetnem koordinatnem sistemu, N pa je geoidna višina ali ondulacija določena z bilinearno interpolacijo absolutnega modela geoida Slovenije (Kozmus Tajkovski in Stopar, 2008).



Slika 3: Elipsoidna višina h , nadmorska višina H in geoidna višina N (Triglav Čekada in sod., 2010)

4.3 Višinski državni koordinatni sistem

Višinski referenčni sistem je realiziran s temeljno nivelmansko mrežo, gravimetrično mrežo in višinsko referenčno ploskvijo.

Nivelmanska mreža je navezana na fundamentalni reper FR 1049, ki je stabiliziran v bližini Ruš. Višine točk nivelmanske izmere so določene v višinskem datumu Trst.

Parametre gravimetričnega dela vertikalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema tvorijo parametri mednarodne gravimetrične mreže IGSN71 (International Gravity Standardisation Network 1971), parametri referenčnega nivojskega elipsoida GRS80 za določanje normalnega polja sile teže in 35 temeljnih gravimetričnih točk, določenih v epohi 2006 (Uredba o določitvi parametrov horizontalne sestavine in gravimetričnega dela vertikalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema, imen teh sestavin in državne kartografske projekcije, 2014).

Višine točk v državnem koordinatnem sistemu so podane v normalnem ortometričnem sistemu višin.

4.4 Sistemi višin

Poznamo več tipov višin. Ti se med seboj razlikujejo glede na referenčno ploskev, ki je osnova za njihovo določitev. Nekateri tipi višin imajo fizikalen, drugi pa geometrijski pomen.

4.4.1 Normalne ortometrične višine

V Sloveniji so v uporabi normalne ortometrične višine (H^{NO}), ki jim lahko rečemo tudi sferoidne ortometrične višine. V praksi uporabljamo izraz nadmorske višine (H). Nanašajo se na normalno ničelno nivojsko ploskev (Leismann et al., 1992 cit. po Koler, Medved, Kuhar, 2007). Določene so v povezavi s težnostnim poljem Zemlje. Pri normalnih ortometričnih višinah vpliv težnostnega pospeška izračunamo.

4.4.2 Elipsoidne višine

S satelitskimi tehnikami pridobljene višine imenujemo elipsoidne višine (h). Te imajo geometrijski pomen, saj predstavljajo najkrajšo razdaljo med referenčnim elipsoidom in točko na zemeljskem površju.

V geodeziji vse pogosteje uporabljamo satelitske metode določanja višin točk, zato je pomembno, da poznamo prehod iz elipsoidnih višin v normalne ortometrične in obratno.

4.5 Transformacija višin

Preračun iz elipsoidnih v nadmorske višine lahko opravimo na več načinov. Izbera preračuna je odvisna predvsem od želene natančnosti in pa velikosti območja, na katerem transformacijo izvajamo. Uporabimo lahko 7-parametrično podobnostno transformacijo, karto geoidnih undulacij ali pa enega od modelov geoida.

Absolutni model geoida vsebuje podatke o oddaljenosti ploskve geoida od referenčnega elipsoida. Ta oddaljenost je geoidna undulacija. Model geoida lahko uporabimo za pretvorbo elipsoidne višine v nadmorsko na različne načine:

- v realnem času: na terenu, če GNSS-sprejemnik omogoča uporabo modela geoida, na podlagi interpolacije geoidne višine iz modela geoida
- pri naknadni obdelavi GNSS-opazovanj: po končanih meritvah z izbrano programsko opremo, na podlagi interpolacije geoidne višine iz modela geoida,

- z naknadno pretvorbo: s programsko opremo (npr. SiTraNet), ki omogoča interpolacijo geoidne višine na podlagi horizontalnih koordinat in elipsoidne višine (Triglav Čekada in sod., 2010).

4.6 Geoid

Geoid je nivojska ploskev, s katero določamo obliko Zemljinega površja. C.F. Gauss je geoid definiral kot ekvipotencialno ploskev zemeljskega telesa, ki najbolje ponazarja srednji nivo morja namišljeno podaljšan pod celine. Geoid je tako kot Zemlja nepravilne oblike in zato ju ne moremo definirati z matematičnimi enačbami. Ukrivljenost geoida je odvisna od razporeditve gostote mas znotraj Zemlje. Torej s tem, ko določimo obliko geoida, določimo tudi obliko Zemlje in pa nivojsko ploskev Zemljinega težnostnega potenciala, ki je referenčna ploskev za določanje višin.

4.6.1 Model geoida

Za izračun geoida se lahko uporabi različne geodetske podatke:

- meritve težnostnega pospeška,
- astronomska opazovanja,
- koordinate točk določene z metodami satelitske geodezije,
- opazovanja do umetnih Zemljinih satelitov in med njimi ter
- meritve satelitske altimetrije (Kuhar, 2007).

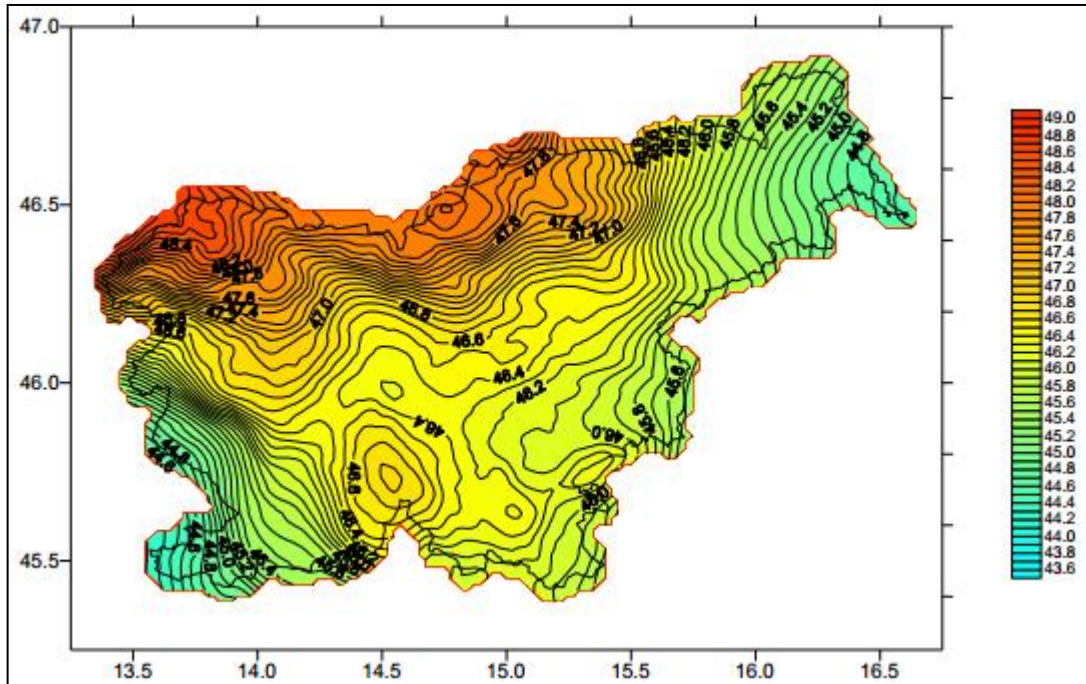
Ploskev geoida lahko predstavimo z matematično funkcijo, če razvijemo privlačni potencial Zemlje v vrsto po sfernih funkcijah ali pa z množico točk, ki so razporejene v pravilno celično mrežo. Vsaka od teh točk ima znane prostorske koordinate. Če želimo določiti vertikalno koordinato poljubne točke znotraj mreže, jo npr. lahko določimo z uporabo bilinearne interpolacije.

Poznamo globalne in lokalne modele geoida. Prvi so izračunani na globalni ravni za celo Zemljo, drugi pa so izračunani za neko lokalno območje. Njihova razsežnost je odvisna od potreb uporabe.

4.6.1.1 Geoid 2000

Star model geoida ali geoid 2000 je izračunal Boško Pribičević leta 2000 v okviru doktorske disertacije. Ploskev je bila izračunana s tehniko kolokacije po metodi najmanjših kvadratov. To je metoda, ki na podlagi vseh razpoložljivih merskih podatkov določi optimalno težnostno polje. V izračun je bilo vključenih 99 točk z merjenim odklonom navpičnice iz območja Slovenije, Hrvaške, Avstrije in Madžarske in 4605 točkastih anomalij težnosti. Ploskev je bila vpeta na 163 točk z znano elipsoidno in nadmorsko višino, ter je v obliki celične mreže.

Slabost tega modela je, da so bile za vpetje ploskve uporabljene točke, ki še niso imele preračunanih višin v novem sistemu in pa točke z višino, določeno s trigonometričnim višino merstvom, ki ne dosega dovolj visoke natančnosti.

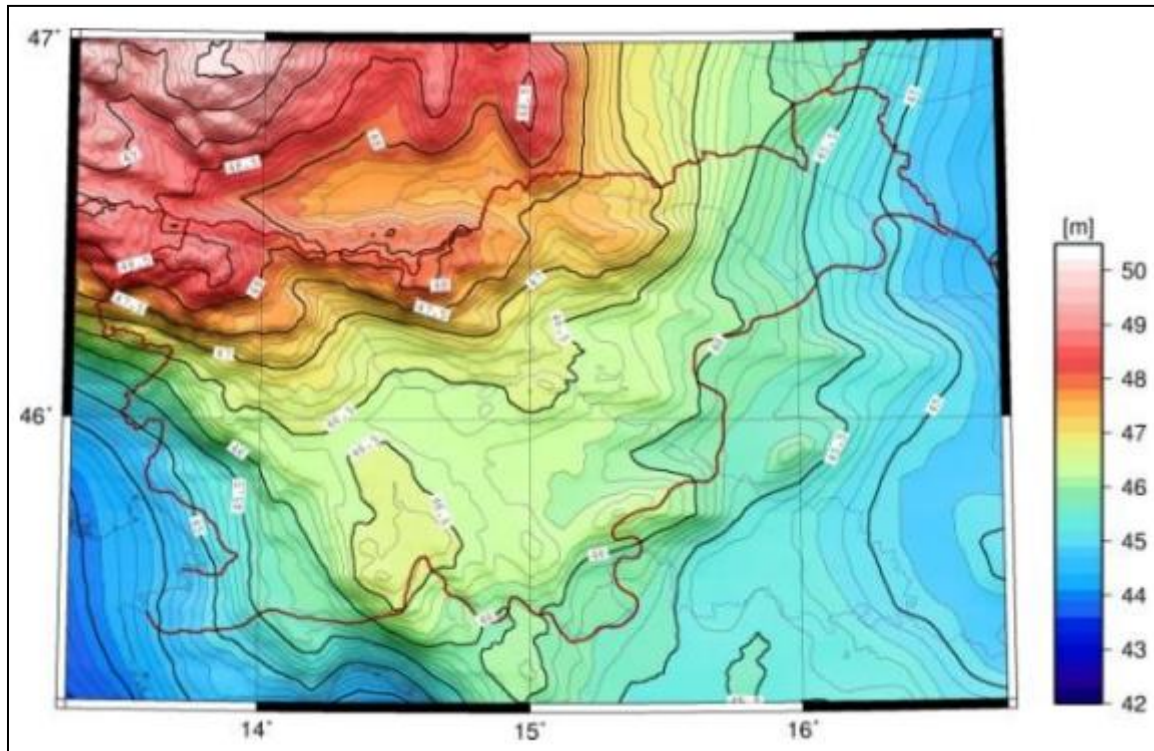


Slika 4: Ploskev geoida 2000 v obliki linij enakih geoidnih višin ($e = 0,1$ m) (Stopar, 2009)

4.6.1.2 Testni model geoida

Leta 2010 je bil v okviru projekta Vzpostavljanje evropskega prostorskega referenčnega sistema Slovenije izračunan nov model geoida. Ploskev je bila izračunana na podlagi podatkov pridobljenih z gravimetrično izmero, ki temelji le na merjenih vrednostih težnega pospeška. V izračun je bilo vključenih skoraj trikrat toliko točkastih anomalij težnosti kot pri Geoidu 2000. Ploskev je bila vpeta na 24 točk z znano elipsoidno in nadmorsko višino.

Prednost tega modela je, da so bile za vpetje ploskve uporabljene točke, na katerih so bile višine izmerjene z najvišjo natančnostjo. Elipsoidne višine so bile določene na podlagi 36 urnih GNSS meritev. Nadmorske višine pa so bile pridobljene z geometričnim nivelmanom in navezavo na nivelmanske poligone višjega reda (Kuhar M. in sod., 2011).

Slika 5: Ploskev testnega geoida 2010 v obliki linij enakih geoidnih višin ($e = 0,1$ m) (Oven in sod., 2010)

Preglednica 1: Primerjava Geoida 2000 in Testnega geoida 2010

IME	VELIKOST	$\Delta\lambda$	$\Delta\varphi$	$N_{min.}$	$N_{max.}$	\bar{N}
Geoid 2000	1' x 1,5'	13,25° - 16,75° E	45,25° - 47° N	44,140 m	48,724 m	46,453 m
Geoid 2010	30" x 45"	13° - 16° E	45° - 47° N	41,972 m	49,837 m	45,930 m

4.6.1.3 Lokalni model geoida

Ploskev lokalnega modela geoida dobimo s primerjavo višin točk pridobljenih z GNSS meritvami, to so elipsoidne višin (h) in klasičnih metod izmere, katerih rezultat so nadmorske višine (H).

V izračun vključimo več točk, za katere izračunamo geoidne ondulacije (N) po enačbi:

$$N = h - H.$$

Ploskev lokalnega geoida na območju, kjer imamo merjene elipsoidne višine, določimo s pomočjo polinoma I. stopnje, ki ima obliko:

$$N(y, x) = C + A \cdot y + B \cdot x,$$

kjer je

C ... koeficient, ki predstavlja vzporedni odmik elipsoida od geoida,

$A, B \dots$ koeficienta, ki predstavljata razliko naklona tangentne ravnine na elipsoid in ustrezne geoidne ploskve v težiščni točki (A naklon v smeri vzhod - zahod, B naklon v smeri sever - jug),
 $y, x \dots$ koordinati, ki se nanašata na težišče GNSS mreže (Kuhar, 2007).

Za izračun ploskve potrebujemo najmanj 3 dane točke z znanima elipsoidno in nadmorsko višino. V primeru nadštevilnih opazovanj, lahko naredimo izravnavo po metodi najmanjših kvadratov, kjer uporabimo enačbo:

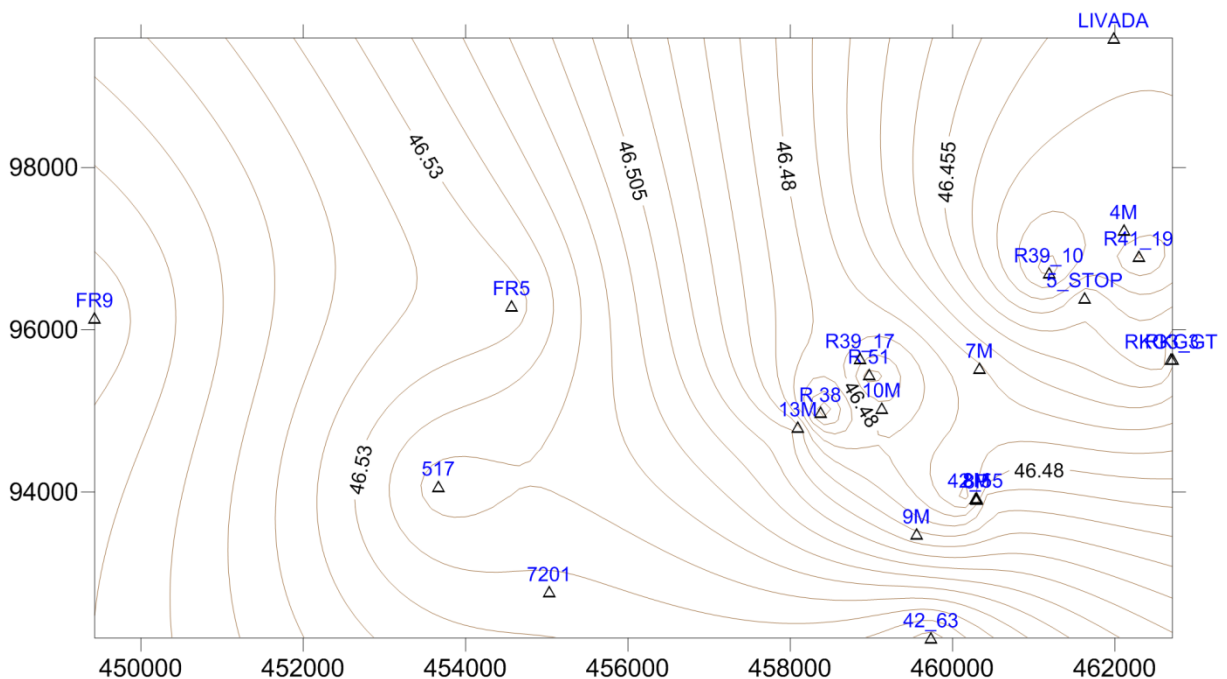
$$\Delta = (B^T B)^{-1} \cdot (B^T f),$$

kjer je

$$\Delta = \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} y_1 & x_1 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ y_n & x_n & 1 \end{bmatrix}, \quad f = \begin{bmatrix} N_1 \\ \vdots \\ N_n \end{bmatrix}.$$

Natančnost tako določene ploskve geoida je odvisna od natančnosti in zanesljivosti določitve elipsoidnih σ_h in normalnih ortometričnih višin σ_H in jo določimo po enačbi:

$$\sigma_N = \sqrt{\sigma_h^2 + \sigma_H^2}.$$



Slika 6: Ploskev lokalnega geoida v obliki linij enakih geoidnih višin (Avtor: Kuhar Miran, 2015)

5 METODE DOLOČITVE VIŠIN TOČK

5.1 Geometrični nivelman

Geometrični nivelman je najnatančnejša geodetska metoda določanja višin. Višinsko razliko med dvema točkama določimo s pomočjo nivelirja, ki zagotavlja horizontalno vizurno linijo in s čitanjem razdelbe na vertikalno postavljenih nivelmanskih latah (Kogoj in Stopar, 2008). V primeru večje oddaljenosti in velike višinske razlike med dvema točkama uporabimo izmenišča. Za doseganje višje natančnosti uporabimo metodo niveliranja iz sredine. Prednosti te metode so, da eliminiramo pogrešek nehorizontalnosti vizurne osi, povečamo lahko oddaljenost med izmenišči, čitanje na lati je natančnejše in hitrejše od merjenja višine nivelirja in eliminiramo vpliv refrakcije in ukrivljenosti Zemlje (Kovačič, 2004). Višinsko razliko med dvema točkama določimo dvakrat in sicer z merjenjem v obe smeri.

Višinsko razliko med točkama dobimo s seštevanjem višinskih razlik med posameznimi izmenišči:

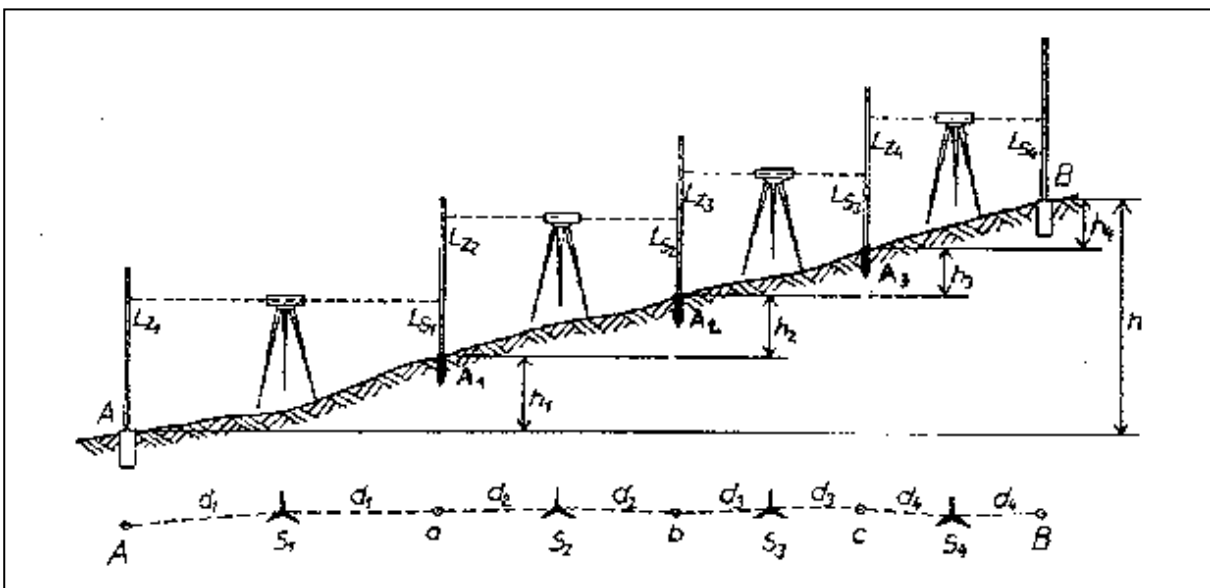
$$h_A^B = h_1 + h_2 + \dots + h_n.$$

Posamezne višinske razlike dobimo iz razlike odčitkov na lati:

$$h_1 = L_{Z1} - L_{S1}, \quad h_2 = L_{Z2} - L_{S2}, \quad h_n = L_{Zn} - L_{Sn},$$

kjer je L_{Zi} odčitek na lati zadaj in L_{Si} odčitek na lati spredaj.

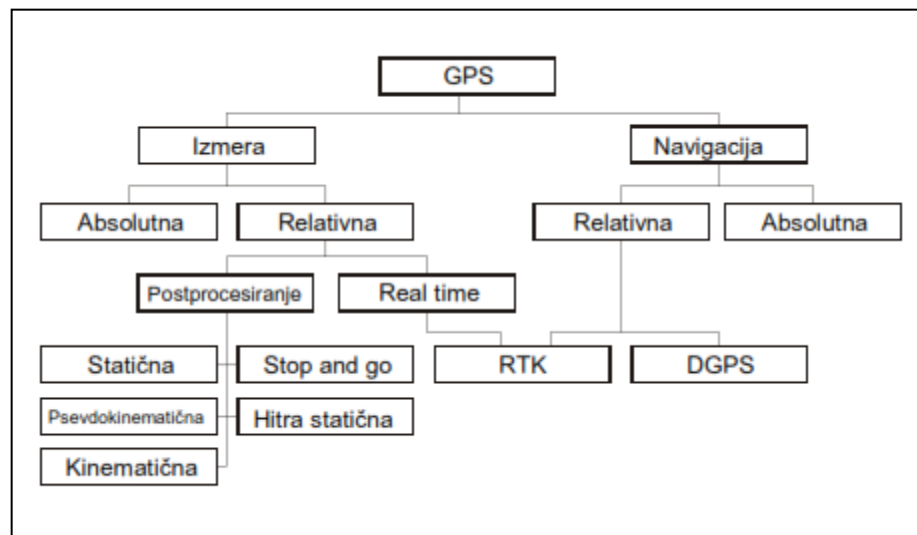
Princip niveliranja iz sredine je prikazan na sliki 6.



Slika 7: Niveliranje iz sredine (Kuhar, 2014)

5.2 GNSS izmera

V geodeziji uporabljamo metode GNSS izmere, ki temeljijo na faznih opazovanjih. Za doseganje želene natančnosti položaja sprejemnika, uporabljamo relativne metode izmere, za katere je značilno, da potrebujemo vsaj dva GNSS sprejemnika. Metode GNSS izmere delimo tudi na statične in kinematične metode izmere. Statične metode so tiste pri katerih sprejemnik med izmero miruje. Metode pri katerih se sprejemnik giblje, imenujemo kinematične (Kogoj in Stopar, 2008). Metode GNSS izmere lahko delimo tudi glede na to, kdaj pridobimo rezultate. Pri določenih metodah so koordinate sprejemnika znane v dejanskem času, pri nekaterih metodah pa rezultate pridobimo šele z naknadno obdelavo opazovanj.



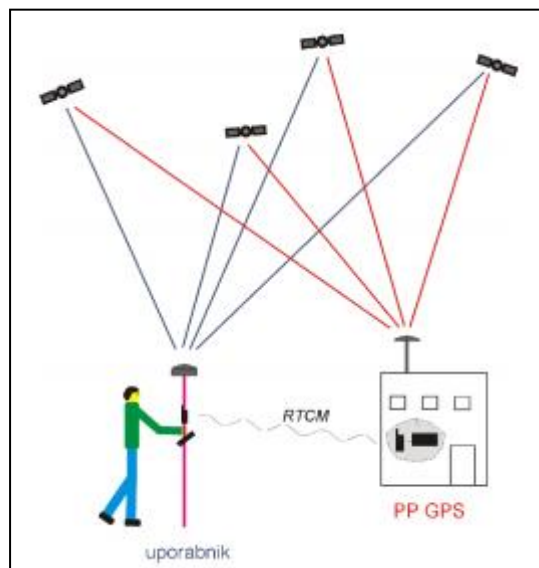
Slika 8: Metode GNSS izmere (Kogoj, Stopar, 2008)

5.2.1 Hitra statična izmera

Je ena izmed statičnih metod izmere. Pojavila se je z razvojem algoritmov za določitev neznanega začetnega števila celih valov, ko uporabljamo različne tipe opazovanj. Opazovanja pri tej metodi trajajo med 10 in 30 minut na vsaki točki in temeljijo na spremembi geometrijske razporeditve satelitov. En od pogojev, da je določitev položaja sprejemnika dovolj natančna je, da potrebujemo sprejem signala s vsaj petih satelitov. Rezultate meritev pridobimo z naknadno obdelavo opazovanj. V primeru, da imamo nadštevilna opazovanja, izravnamo bazne vektorje v mreži. Rezultate lahko izboljšamo z opravljanjem meritev z več sprejemniki hkrati, opazovanja v več serijah in z uporabo kakovostnejših efemerid pri obdelavi opazovanj (Kogoj in Stopar, 2008).

5.2.2 RTK metoda izmere

RTK metoda izmere je ena izmed kinematičnih metod izmere. Opazovanja pri tej metodi trajajo nekaj sekund na vsaki točki ob uporabi dveh sprejemnikov. En od sprejemnikov je postavljen na referenčni točki, z drugim sprejemnikom pa se gibljemo in opravljamo meritve. Referenčni sprejemnik lahko nadomestimo z uporabo permanentnih GNSS ali virtualnih VRS postaj. Izračun koordinat sprejemnika temelji na določitvi baznega vektorja med referenčnim in pomičnim sprejemnikom (Kozmus Tajkovski in Stopar, 2003). Obdelava podatkov se izvaja na terenu med opravljanjem meritev. Tako imamo koordinate položaja sprejemnika in natančnost določitve znane v dejanskem času, kar je tudi ključna prednost pred statičnimi GNSS metodami (Kogoj in Stopar, 2008).



Slika 9: RTK izmera (Kozmus Tajkovski in Stopar, 2003)

6 TERENSKA IZMERA

Naša naloga je bila določitev višine posameznih točk. Uporabili smo tri geodetske metode določitve višinskega položaja. Prva je bila geometrični nivelman, ki smo ga potrebovali za prenos višine referenčne točke na mesto, ki je omogočalo optimalno izvedbo GNSS metode izmere. Druga metoda je bila hitra statična GNSS izmera, ki smo jo uporabili le na nekaj točkah. To metodo smo uporabili za kontrolo točnost RTK metode izmere. Zadnja metoda izmere je bila RTK izmera.

Meritve smo opravljali 20. in 21. marca 2014 med 8:30 in 14:30 uro. Točke smo na terenu poiskali s pomočjo topografij. Točno lokacijo smo določili s pomočjo merskega traku. S točk, ki so bile zasute, smo odstranili material s pomočjo orodja za kopanje.

6.1 Geometrični nivelman

To metodo izmere smo uporabili na 10 točkah. Reperji so stabilizirani na hišah ali na mostovih, kjer ni možno izvesti GNSS meritev. Zato smo v okolici reperjev izbrali lokacijo stojišča GNSS sprejemnika, ki je omogočala optimalno izvedbo GNSS meritev in ta stojišča navezali na reper z geometričnim nivelmanom.

6.1.1 Uporabljen instrumentarij

Uporabili smo digitalni nivelir Leica DNA03, ki dosega najvišje natančnosti določitve višinskih razlik. Instrument lahko uporabimo za najpreciznejših meritve višinske izmere, kot je nivelman 1. reda.



Slika 10: Digitalni nivelir Leica DNA03 (Geoservis, 2011)

Preglednica 2: Tehnični podatki digitalnega nivelirja Leica DNA03 (Leica Geosystems AG, 2006)

Instrument	Leica DNA03
Standardni odklon (1 km dvojni nivelman z invar lato)	0.3 mm
Merilni doseg	od 1.8 m do 110 m elektronsko, od 0.6 m optično
Natančnost merjenja razdalje (standardni odklon)	10 mm za $d \leq 20$ m
Čas meritve (elektronsko)	tipično 3 s
Merilni način	Enkratna meritev, povprečna vrednost, mediana, ponavljajoča meritev
Merilni program	Measure & Record, odčitek na lati in razdalje do late, BF, ABF, BFFB, aBFFB, višinska zakoličba
Vgrajen pomnilnik	6000 meritev (1650 stojišč)
Pomnilniška kartica	PCMCIA (CF, ATA-flash, SRAM)
Povečava teleskopa	24x
Kompenzator	Nihalo z magnetnim dušenjem
Odpornost na prah in vodo	IP53
Zaslona	LCD, 8 vrstični
Baterija	12h (GEB111) / 24h (GEB121)
Masa	2.8 kg
Delovna temperatura	-20°C do +50°C

Nivelir smo postavljali na stativ. Višino vizure smoodčitali na kodirani invar nivelmanski lati (številka 37459). Na izmenišča smo postavljali posebne podložke imenovane žaba.

6.2 Hitra statična metoda izmere

To metodo izmere smo uporabili na 12 točkah. Na točko smo postavili instrument in izvajali meritve 30 minut neprekinjeno. Interval registracije je bil 1 sekunda. Minimalni višinski kot satelita nad horizontom smo nastavili na 15°.

6.2.1 Uporabljen instrumentarij

Izmero smo izvajali s tremi GNSS sprejemniki Leica Viva GS15. Gre za vsestranski GNSS sistem, ki omogoča rešitev različnih nalog satelitske geodezije. Lahko ga uporabljamo tudi v kombinaciji s tahimetri Leica.



Slika 11: : GNSS sprejemnik Leica Viva GS15 (surveyequipment, 2014)

Preglednica 3: Tehnični podatki GNSS sprejemnika Leica Viva GS15 (Geoservis, 2011)

Instrument	Leica Viva GS15 GNSS
Terenski kontroler	CS15
Operacijski sistem	Microsoft Windows CE 6.0
Zaslon	8.9 cm, barvni LED zaslon na dotik, berljiv na soncu
Tipkovnica	Querty s 65 tipkami
Pomnilnik	1 GB vgrajen flash pomnilnik, reže za pomnilniške kartice in USB ključ
Vgrajene brezžične povezave	Bluetooth 2.0, Wireless Lan, hitri širokopasovni 3.5G GSM & UMTS
Območje delovanja	-30°C do +60°C
Antena	SmartAntenna GS15
Sprejemnik	120 kanalni GNSS, tehnologije SmartTrack+, SmartCheck+ in SmartRTK
Podprti signali	GPS, GLONASS, Galileo, Compass
Komunikacijska vrata	Bluetooth, reža za SD kartico in RTK modem, priklop za dodatno zunanjo GSM anteno ...
Podprta omrežja	VRS, FKP, iMAX, MAX, Nerest Station
Osveževanje položaja	20 HZ
Območje delovanja	-40°C do +65°C
Baterije	2 Li-Ion bateriji, ki sta izmenljivi med delovanjem

6.3 RTK izmera

To metodo izmere smo uporabili na vseh 22 točkah. Na točko smo postavili anteno na togem grezilu s pomočjo dvonožnega stojala. Na vsaki točki smo RTK izmero ponovili trikrat. Pred vsako ponovitvijo smo na novo vzpostavili inicializacijo.

6.3.1 Uporabljen instrumentarij

Izmero smo izvajali z istimi GNSS sprejemniki kot hitro statično GNSS izmero. Prednost tega sprejemnika pri RTK izmeri je v tem, da izračun inicializacije traja le 5 sekund, je pa zato izmerjena koordinata slabše kakovosti.



Slika 12: GNSS sprejemnik Leica Viva GS15 med RTK izmero na točki 8P (Foto: Brlan E.)

7 OBDELAVA PODATKOV IN REZULTATI

7.1 Nivelmanska izmera in ocena natančnosti

Metodo niveliranja smo uporabili za prenos višine z reperja na točko na terenu, ki je bila primerna za izvedbo GNSS meritev. Točko smo poiskali v bližini reperja, zato so bile nivelmanske linije kratke. V večini primerov smo merili nivelman tja in nazaj. Dobljene rezultate smo si zapisovali. Sledil je izračun višinskih razlik in dopustnih odstopanj v programu Microsoft Excel

7.1.1 Dopustna odstopanja

Pri izmeri preciznega nivelmana se višinske razlike merijo obojestransko. Dovoljeno odstopanje med izmerjeno vrednostjo tja in nazaj je predpisano s Pravilnikom o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk (RGU, 1981).

Dopustno odstopanje Δ [mm] pri niveliranju nivelmanske linije z dolžino d [km] tja in nazaj za mestno nivelmansko mrežo I. reda izračunamo po enačbi:

$$\Delta = \pm 4 * \sqrt{d + 0,04 * d^2}$$

Vsa dopustna odstopanja izmerjenih višinskih razlik so bila znotraj dovoljenih vrednosti. Sledila je ocena natančnosti z izračunom standardnega odklona.

7.1.2 Ocena natančnosti

Natančnost določitve višinske razlike med dvema točkama je odvisna od natančnosti določitve odčitka na posamezni nivelmanski lati. Na natančnost posameznega odčitka v veliki meri vpliva oddaljenost med nivelmansko lato in nivelirjem (Ježovnik in Jakljič, 2003).

Standardni odklon σ_L [mm] ali ocena natančnosti na osnovi odstopanj med niveliranjem nivelmanskih linij tja in nazaj izračunamo po enačbi:

$$\sigma_L = \sqrt{\frac{1}{4 * n_L} \left[\frac{\Delta^2}{d} \right]}$$

kjer je

n_L ... število nivelmanskih linij

Δ ... odstopanje višinskih razlik merjenih tja in nazaj

d ... dolžina nivelmanske linije v km.

V primeru enostransko merjene višinske razlike, lahko uporabimo enačbo, ki ima za eno stojišče obliko:

$$\sigma_L = \sqrt{\frac{\sigma_{\Delta h(km)}^2}{n_L}},$$

kjer je

$\sigma_{\Delta h(km)}$... deklarirana natančnost instrumenta in

$$n_L = \frac{1000}{2 * d'}$$

kjer je

d ... povprečna razdalja med nivelmansko lato in nivelirjem.

Z dobljeno oceno natančnosti smo ugotovili, da so rezultati niveliranja dovolj dobri. Izračunane višinske razlike smo uporabili pri določitvi višine točk, ki smo jih izmerili z GNSS izmero.

Preglednica 4: Merjene višinske razlike z oceno natančnosti med reperjem in stojiščem za GNSS izmero

TOČKA	Δh	$\sigma_{\Delta h}$
	[m]	[mm]
FR 5_GNSS	-0,97704	0,06
R 51/7_GNSS	-0,52810	0,62
7201_GNSS	-0,63362	0,14
R 38_GNSS	0,35282	0,32
R 51_GNSS	0,85583	0,43
R 39/10_GNSS	0,20891	1,54
R 41/19_GNSS	0,40957	0,76
RKG3_GNSS	0,52372	0,08
5_GNSS	0,58957	0,00
R 39/17_GNSS	0,92537	0,27

7.2 Obdelava RTK metode izmere

Z RTK metodo izmere smo določili položaj in višino 22 točkam. Koordinate teh točk smo dobili s prenosom iz GNSS sprejemnika. Koordinate so določene v ETRS (N, E, h) koordinatnem sistemu in preračunane v GK (Y, X, H) koordinatni sistem. Za transformacijo elipsoidne višine v normalno ortometrično višino GNSS sprejemnik uporabi model geoida Geoid 2000. Izračuna tudi standardne deviacije posameznih meritev.

Na vsaki točki smo merili v treh ponovitvah. Izračunali smo povprečno vrednost treh meritev po enačbi:

$$\bar{h} = \frac{h_1 + h_2 + h_3}{3},$$

in odstopanja posameznih merjenih vrednosti višine od povprečne vrednosti višine po enačbi:

$$\Delta_i = \bar{h} - h_i,$$

kjer je

h_i ... posamezna merjena elipsoidna višina,

\bar{h} ... povprečna vrednost elipsoidne višine in

Δ_i ... odstopanje med povprečno in merjeno elipsoidno višino.

Za izračun ocene natančnosti povprečne vrednosti višine smo uporabili enačbo:

$$\sigma_{\bar{h}} = \sqrt{\frac{\sigma_{h_1} + \sigma_{h_2} + \sigma_{h_3}}{3}},$$

za določitev ocene natančnosti odstopanj med posameznimi vrednostmi višine pa enačbo:

$$\sigma_{\Delta} = \sqrt{\sigma_{\bar{h}}^2 + \sigma_{h_i}^2},$$

kjer je

$\sigma_{\bar{h}}$... natančnosti povprečne vrednosti višine,

σ_{h_i} ... natančnost posamezne merjene višine in

σ_{Δ} ... ocena natančnosti odstopanja.

V preglednici 5 so zbrani podatki o določitvi elipsoidne višine na posamezni točki in natančnost določitve le te z RTK metodo izmere. Iz preglednice 5 vidimo, da znaša natančnost določitve povprečne elipsoidne višine z RTK metodo izmere od 11,7 mm (RKG 3 GT) do 25,5 mm (7 M).

Preglednica 5: Elipsoidne višine in natančnost določitve z RTK metodo izmere

RTK								
TOČKE	1. meritev		2. meritev		3. meritev		sredina	
	h	σ_h	h	σ_h	h	σ_h	h	$\overline{\sigma_h}$
	[m]	[mm]	[m]	[mm]	[m]	[mm]	[m]	[mm]
FR 9	342,399	14	342,402	15	342,401	15	342,401	14,7
FR 5_GNSS	342,195	17	342,195	17	342,193	19	342,194	17,7
R 517_GNSS	335,748	13	335,752	15	335,748	13	335,749	13,7
7201_GNSS	337,778	20	337,791	18	337,790	17	337,786	18,4
R 38_GNSS	334,208	13	334,190	17	334,193	13	334,197	14,5
R 51_GNSS	334,215	19	334,209	16	334,208	14	334,211	16,5
R 39/10_GNSS	334,812	13	334,798	15	334,795	13	334,802	13,7
R 41/19_GNSS	335,073	14	335,069	14	335,053	15	335,065	14,3
RKG3_GNSS	334,891	13	334,893	14	334,892	14	334,892	13,7
LIVADA	336,364	15	336,363	14	336,352	14	336,360	14,3
42/63	343,177	19	343,173	17	343,159	15	343,170	17,1
42/55	334,528	14	334,529	13	334,533	13	334,530	13,3
RKG 3 GT	335,575	12	335,576	11	335,564	12	335,572	11,7
5 STOP_GNSS	334,424	14	334,420	12	334,410	16	334,418	14,1
8P	335,065	17	335,046	15	335,051	14	335,054	15,4
8 M	334,944	17	334,954	17	334,942	17	334,947	17,0
7 M	335,237	29	335,229	26	335,261	21	335,242	25,5
9 M	338,036	15	338,041	15	338,045	14	338,041	14,7
10 M	334,552	15	334,539	18	334,543	18	334,545	17,1
13 M	334,419	18	334,426	17	334,420	17	334,422	17,3
R 39/17_GNSS	334,717	23	334,714	24	334,717	24	334,716	23,7
4 M	335,076	16	335,066	16	335,060	16	335,067	16,0

Preglednica 6: Odstopanja med posameznimi elipsoidnimi višinami in ocena natančnosti določitve odstopanja

RTK										
TOČKE	1. meritev			2. meritev			3. meritev			sredina
	h	Δ	$\sigma\Delta$	h	Δ	$\sigma\Delta$	h	Δ	$\sigma\Delta$	\bar{h}
	[m]	[mm]	[mm]	[m]	[mm]	[mm]	[m]	[mm]	[mm]	[m]
FR 9	342,399	1,7	20,3	342,402	-1,3	21	342,401	-0,3	21	342,401
FR 5_GNSS	342,195	-0,7	24,5	342,195	-0,7	24,5	342,193	1,3	26	342,194
R 517_GNSS	335,748	1,3	18,9	335,752	-2,7	20,3	335,748	1,3	18,9	335,749
7201_GNSS	337,778	8,3	27,2	337,791	-4,7	25,7	337,79	-3,7	25	337,786
R 38_GNSS	334,208	-11	19,4	334,19	7,0	22,3	334,193	4,0	19,4	334,197
R 51_GNSS	334,215	-4,3	25,1	334,209	1,7	23	334,208	2,7	21,6	334,211
R 39/10_GNSS	334,812	-10,3	18,9	334,798	3,7	20,3	334,795	6,7	18,9	334,802

... se nadaljuje

... nadaljevanje preglednice 6

R 41/19_GNSS	335,073	-8,0	20	335,069	-4,0	20	335,053	12,0	20,8	335,065
RKG3_GNSS	334,891	1,0	18,9	334,893	-1,0	19,6	334,892	0,0	19,6	334,892
LIVADA	336,364	-4,3	20,8	336,363	-3,3	20	336,352	7,7	20	336,36
42/63	343,177	-7,3	25,5	343,173	-3,3	24,1	343,159	10,7	22,7	343,17
42/55	334,528	2,0	19,3	334,529	1,0	18,6	334,533	-3,0	18,6	334,53
RKG 3 GT	335,575	-3,3	16,7	335,576	-4,3	16	335,564	7,7	16,7	335,572
5 STOP_GNSS	334,424	-6,0	19,9	334,42	-2,0	18,5	334,41	8,0	21,3	334,418
8P	335,065	-11,0	22,9	335,046	8,0	21,5	335,051	3,0	20,8	335,054
8 M	334,944	2,7	24	334,954	-7,3	24	334,942	4,7	24	334,947
7 M	335,237	5,3	38,6	335,229	13,3	36,5	335,261	-18,7	33,1	335,242
9 M	338,036	4,7	21	338,041	-0,3	21	338,045	-4,3	20,3	338,041
10 M	334,552	-7,3	22,7	334,539	5,7	24,8	334,543	1,7	24,8	334,545
13 M	334,419	2,7	25	334,426	-4,3	24,3	334,42	1,7	24,3	334,422
R 39/17_GNSS	334,717	-1,0	33	334,714	2,0	33,7	334,717	-1,0	33,7	334,716
4 M	335,076	-8,7	22,6	335,066	1,3	22,6	335,06	7,3	22,6	335,067

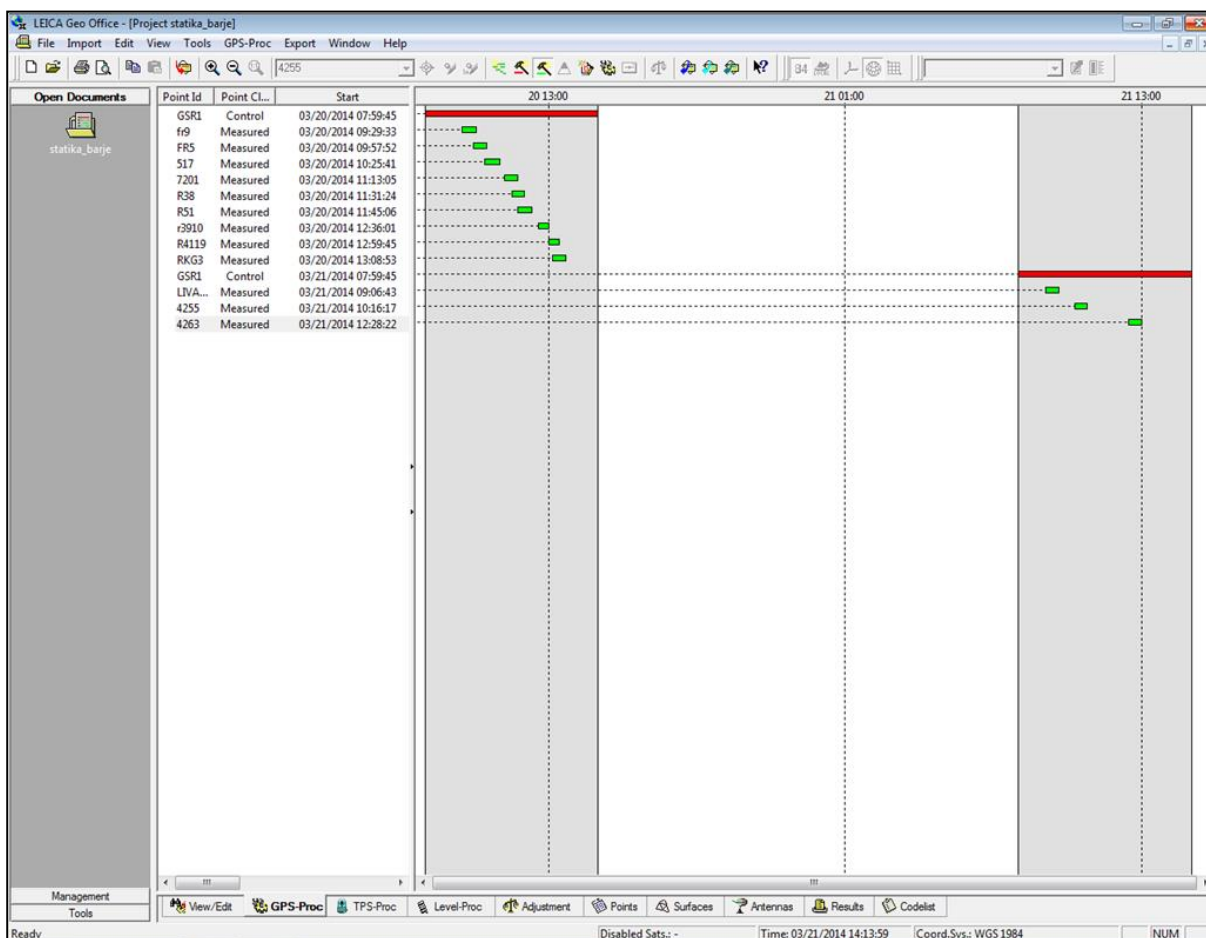
V preglednici 6 so zbrana odstopanja merjenih elipsoidnih višin od povprečne vrednosti elipsoidne višine. Ocenjena je tudi natančnost določitve razlik elipsoidnih višin. Iz preglednice je razvidno, da znašajo odstopanja med povprečno vrednostjo in višinami v posamezni izmeri od -18,7 mm v tretji izmeri do 13,3 mm v drugi izmeri na točki 7M. Minimalno odstopanje (0,0 mm) je na točki RKG3_GNSS. Z izračunom ocene natančnosti odstopanja smo ugotovili, da so rezultati zanesljivi, saj so odstopanja manjša od njihove natančnosti določitve. Odločili smo se, da v nadaljnji obdelavi uporabimo le prvo meritev na vsaki točki in tako dobimo rezultate, ki so primerljivi z rezultati izmere Inštituta za vode Republike Slovenije.

7.3 Obdelava hitre statične metode izmere

Za obdelavo hitre statične metode izmere smo uporabili program LEICA Geo Office, ki omogoča obdelavo surovih GNSS opazovanj.

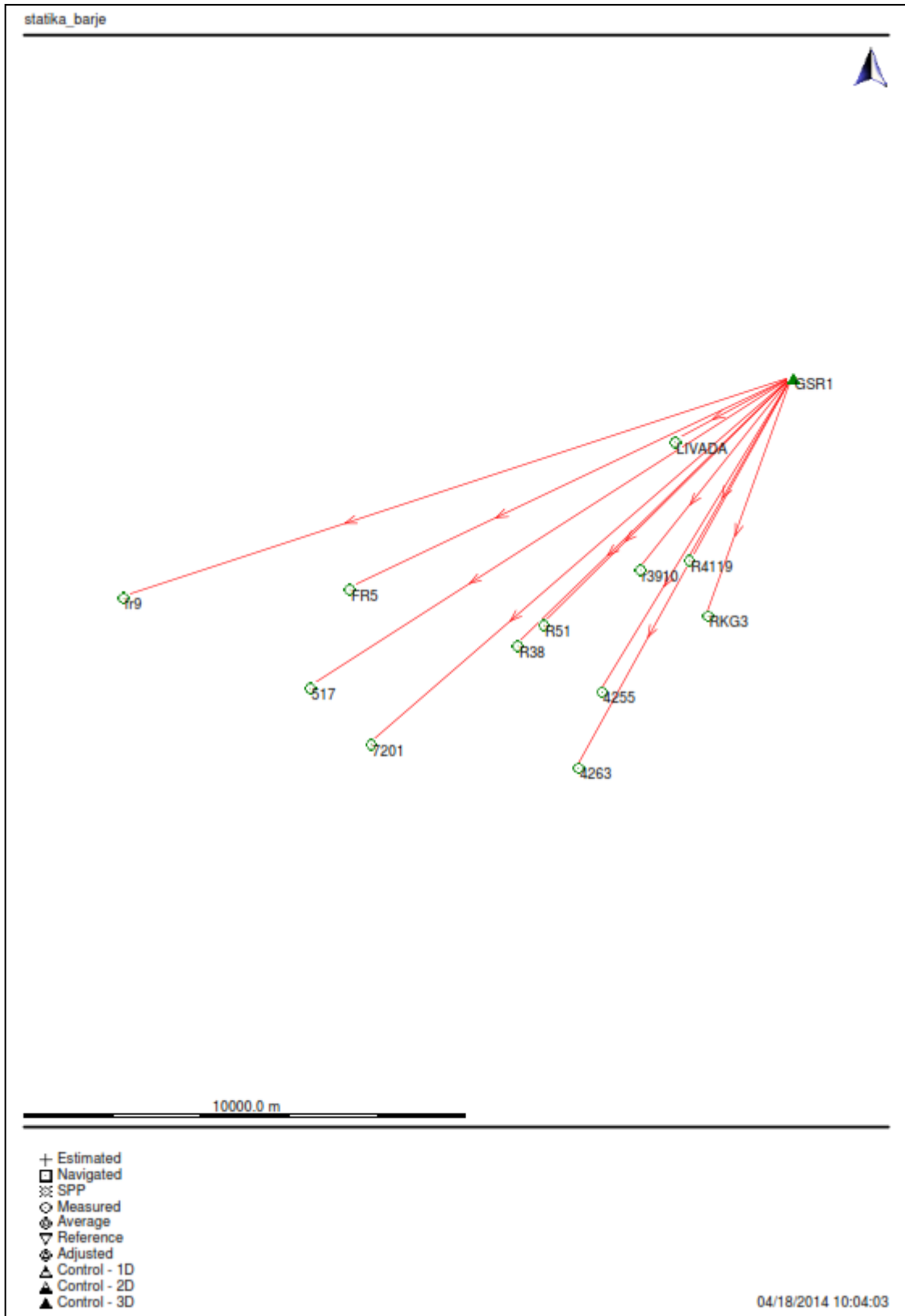
Ob odprtju programa smo najprej nastavili ime projekta statika_Barje. Nato smo uvozili različne tipe anten in program je sam izbral anteno, ki smo jo uporabljali pri meritvah. V program smo uvozili surove podatke tipa RINEX za točko GSR1. Podatke smo pridobila na spletni strani [GURS](#). Točko GSR1 smo določili kot dano in program je avtomatsko izbral njene koordinate. Sledil je uvoz opazovanj na ostalih merjenih točkah. V nadaljnji obdelavi nismo uporabili celotnih opazovanj, saj so bila nekatera časovno prekratka. Ker smo želeli dobre rezultate, smo uporabili precizne efemeride, ki so bile na voljo po treh tednih od opravljenih meritev. Potrebno je bilo obdelati vektorje in sicer tako, da smo označili nove in dano točko. Sledila je izravnava.

Časovni intervali prekrivanja GNSS meritev na različnih točkah so bili prekratki, da bi jih lahko uspešno vključili v izravnavo. S tako malo nadštevilnimi opazovanji bi le poslabšali rezultate. Zato smo se odločili, da meritve obravnavamo kot pri radialni izmeri. Zanj je značilno, da imamo eno dano točko in na njej postavljen GNSS sprejemnik, nove točke pa merimo izmenično z enim ali več sprejemniki.



Slika 13: Trajanje opazovanj na posameznih točkah prikazano v programu LEICA Geo Office

Obdelavo radialne izmere smo naredili za vsak dan posebej in sicer s točkami, ki so bile tisti dan opazovane. Minimalni višinski kot satelita nad horizontom smo nastavili na 15°. Uporabili smo Hopfieldov troposferski model in IGS efemeride, ki smo jih našli na spletni strani [IGSCB](http://www.igs.org).



Slika 14: Vektorji med dano točko GSR1 in novimi točkami

Rezultat obdelave hitre statične metode izmere so koordinate v ETRS 89 koordinatnem sistemu s pripadajočimi standardnimi odkloni. Celoten izpis izravnave je dodan v prilogi B.1.

Preglednica 7: Rezultati hitre statične metode izmere

TOČKE	ϕ	σ_{ϕ}	λ	σ_{λ}	H	σ_h
	['']	[mm]	['']	[mm]	[m]	[mm]
FR 9	46° 00' 11.79111"	2,9	14° 20' 49.44644"	1,7	342,447	4,5
FR 5_GNSS	46° 00' 17.86592"	1,8	14° 24' 48.17973"	1,4	342,271	3,9
51/7_GNSS	45° 59' 05.63637"	1,1	14° 24' 07.07251"	1,0	335,793	2,7
7201_GNSS	45° 58' 23.78848"	1,5	14° 25' 10.89654"	1,3	337,842	2,9
R 38_GNSS	45° 59' 36.19560"	1,8	14° 27' 45.44500"	1,6	334,241	3,2
R 51_GNSS	45° 59' 51.56406"	1,0	14° 28' 13.18700"	0,8	334,285	1,8
R 39/10_GNSS	46° 00' 32.44628"	1,4	14° 29' 55.75982"	1,0	334,839	2,3
R 41/19_GNSS	46° 00' 39.33648"	1,0	14° 30' 47.05982"	0,9	335,121	2,1
RKG3_GNSS	45° 59' 58.35264"	1,0	14° 31' 06.71691"	0,8	334,973	2,2
LIVADA	46° 02' 06.39868"	1,6	14° 30' 31.92386"	0,9	336,408	2,4
42/63	45° 58' 06.41572"	1,2	14° 28' 49.63101"	0,9	343,244	2,0
42/55	45° 59' 02.36845"	1,3	14° 29' 14.60914"	1,1	334,585	3,1

Natančnost določitve elipsoidnih višin s hitro statično metodo izmere znaša med 1,8 mm (R51_GNSS) in 4,5 mm (FR 9). Če primerjamo natančnosti določitve elipsoidnih višin obeh metod izmere, lahko rečemo, da je hitra statična metoda izmere v našem primeru določitve višinske komponente približno 6 krat natančnejša od RTK metode izmere.

8 ANALIZA REZULTATOV

V Sloveniji je v veljavi višinski sistem normalnih ortometričnih višin, zato smo izmerjene elipsoidne višine preračunali v normalne ortometrične višine. Uporabili smo različne načine izračuna in ugotavljali, kakšne so razlike med njimi.

V preglednici 8 so podane normalne ortometrične višine za reperje, ki so bili vključeni v hitro statično metodo izmere. V prvem stolpcu je podana višina, ki je bila določena z izmero mestne nivelmanske mreže med leti 1978 in 2011 (Koler in sod., 2012). V ostalih stolpcih so višine, ki smo jih določili z upoštevanjem geoidnih undulacij interpoliranih iz absolutnega modela geoida 2000, testnega modela geoida 2010, lokalnega modela geoida in z navezavo na točko FR 9.

Preglednica 8: Normalne ortometrične višine reperjev s pripadajočimi natančnostmi določitve, izmerjene s hitro statično metodo izmere in izračunane na podlagi različnih višinskih referenčnih ploskev

TOČKA	Dana višina		SiTra_geoid 2000		FR9		Intgeo10_geoid 2010		Lokalni geoid	
	H	σ_H	H	σ_H	H	σ_H	H	σ_H	H	σ_H
	[m]	[mm]	[m]	[mm]	[m]	[mm]	[m]	[mm]	[m]	[mm]
FR 9	295,970	1,8	295,930	81,7	295,970	6,6	296,057	35,4	295,982	4,8
FR 5	296,829	1,7	296,790	81,7	296,743	6,2	296,814	35,3	296,813	4,3
51/7	289,911	1,3	289,849	81,6	289,847	5,5	289,919	35,2	289,892	3,0
7201	290,793	1,1	290,729	81,7	290,715	5,6	290,799	35,2	290,794	3,1
R 38	288,219	0,7	288,167	81,7	288,132	5,8	288,240	35,2	288,188	3,3
R 51	288,786	0,8	288,724	81,6	288,642	5,2	288,800	35,1	288,736	2,0
R 39/10	288,602	0,8	288,658	81,6	288,592	5,4	288,728	35,2	288,649	2,4
R 41/19	289,187	0,9	289,144	81,6	289,054	5,3	289,211	35,2	289,137	2,3
RKG3	289,157	0,8	289,111	81,6	288,986	5,3	289,185	35,2	289,111	2,3
LIVADA	290,058	2,1	290,007	81,6	289,935	5,4	290,062	35,2	289,998	3,2
42/63	296,839	0,7	296,792	81,6	296,748	5,2	296,861	35,2	296,860	2,8
42/55	288,240	0,9	288,175	81,7	288,099	5,8	288,239	35,2	288,195	3,2

Iz preglednice 8 je razvidno, da je natančnost določitve višine pričakovano najvišja pri danih višinah, ki so bile določene z nivelmansko izmero. To je tudi glavni razlog, da so v nadaljnji analizi razlike določitve višin z drugimi metodami določene glede na dano višino. Natančnost elipsoidnih višin določenih s hitro statično metodo izmere v našem primeru znaša med 1,8 in 4,5 mm. S preračunom v normalne ortometrične višine pa se natančnost slabša, saj moramo upoštevati tudi natančnost geoida, ki ga uporabimo za referenčno ploskev. Najnižje natančnosti so višine določene na podlagi geoida 2000. Standardni odklon geoidnih višin modela geoida 2000 znaša 8,16 cm, pri modelu geoida 2010 pa 3,51 cm (Kuhar in sod., 2011). Natančnost določitve višin je boljša pri uporabi lokalnega geoida, ki

smo ga izračunali za območje naše izmeritvene mreže GNSS. Natančnost znaša med 2,0 in 4,8 mm.

Pri navezavi na točko FR 9 dosežemo natančnost med 5,2 in 6,6 mm.

Preglednica 9: Višinske razlike med dano in računanimi višinami s pripadajočo oceno natančnosti določitve razlik

TOČKE	SiTra_geoid 2000			FR9			Intgeo10_geoid 2010			Lokalni geoid		
	Δ	σ_{Δ}	$3 \cdot \sigma_{\Delta}$	Δ	σ_{Δ}	$3 \cdot \sigma_{\Delta}$	Δ	σ_{Δ}	$3 \cdot \sigma_{\Delta}$	Δ	σ_{Δ}	$3 \cdot \sigma_{\Delta}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
FR 9	40,0	81,7	245,2	0,0	6,9	20,6	-87,1	35,4	106,3	-12,1	5,2	15,5
FR 5	39,0	81,7	245,1	86,0	6,4	19,3	14,7	35,4	106,1	15,7	4,6	13,7
51/7	62,0	81,7	245,0	64,0	5,7	17,1	-7,9	35,2	105,7	19,1	3,3	9,8
7201	64,0	81,7	245,0	78,0	5,8	17,3	-6,3	35,2	105,7	-1,3	3,3	9,9
R 38	52,0	81,7	245,0	87,0	5,8	17,5	-21,1	35,3	105,8	31,0	3,3	10,0
R 51	62,0	81,6	244,9	144,0	5,2	15,7	-14,1	35,2	105,5	50,0	2,1	6,4
R 39/10	-56,0	81,6	244,9	10,0	5,4	16,3	-125,8	35,2	105,6	-46,8	2,6	7,7
R 41/19	43,0	81,6	244,9	133,0	5,4	16,1	-23,8	35,2	105,5	50,0	2,5	7,4
RKG3	46,0	81,6	244,9	171,0	5,4	16,1	-28,4	35,2	105,5	45,6	2,5	7,4
LIVADA	51,0	81,7	245,0	123,0	5,8	17,4	-4,2	35,2	105,7	60,0	3,8	11,5
42/63	47,0	81,6	244,9	91,0	5,3	15,9	-21,7	35,2	105,5	-20,7	2,9	8,7
42/55	65,0	81,7	245,0	141,0	5,8	17,5	1,0	35,2	105,7	45,0	3,4	10,1

V preglednici 9 so prikazane višinske razlike med dano in računanimi vrednostmi višine določene s hitro stično metodo izmere. Poleg so zapisane ocenjene natančnosti določitve razlike višin (σ_{Δ}). Pri vsakem načinu izračuna so določene še vrednosti $3 \cdot \sigma_{\Delta}$, ki so kriterij za določitev statistično značilnih razlik višin. Statistično značilne so tiste vrednosti, ki zadostijo pogoju: $\Delta > 3 \cdot \sigma_{\Delta}$.

Iz preglednice 9 je razvidno, da znašajo višinske razlike med dano in merjenimi višinami od 1,3 mm na točki 7201 (lokalni geoid) in do 171,0 mm na točki RKG 3 (navezava na FR 9). Odstopanja so manjša od njihove natančnosti določitve v primeru uporabe geoida 2000 in na 10. točkah, ko uporabimo geoid 2010. Statistično značilne razlike so na 10. vrednostih pri navezavi na FR 9 in pri uporabi lokalnega geoida, ter vrednosti na točki R 39/10 pri uporabi geoida 2010 Razlog, da imamo veliko statistično značilnih razlik pri navezavi na reper FR 9 in uporabi lokalnega geoida, je v tem, da so višine točk določene z bistveno večjo natančnostjo, kot pri določitvi nadmorskih višin z uporabo ploskve geoida iz leta 2000 ali 2010.

V preglednici 10 so podane normalne ortometrične višine za reperje, ki so bili vključeni v RTK metodo izmere. V prvem stolpcu je dana višina, enako kot v preglednici 8. V ostalih stolpcih so višine, ki smo jih določili z upoštevanjem geoidnih ondulacij interpoliranih iz absolutnega modela geoida 2000, testnega modela geoida 2010 in lokalnega modela geoida. Geoid 2000 je uporabljen v dveh primerih. GNSS sprejemnik preračuna elipsoidno v normalno ortometrično višino na osnovi absolutnega modela geoida. Enak model uporablja tudi program SiTraNet in zato višine in natančnosti višin v teh dveh primerih bistveno ne odstopajo. Razlike so predstavljene v preglednici 11.

Preglednica 10: Normalne ortometrične višine reperjev s pripadajočimi natančnostmi določitve, izmerjene z RTK metodo izmere in izračunane na podlagi različnih višinskih referenčnih ploskev

TOČKE	Dana višina		GNSS sprejemnik geoid 2000		SiTra_geoid 2000		Intgeo10_geoid 2010		Lokalni geoid	
	H	σ_H	H	σ_H	H	σ_H	H	σ_H	H	σ_H
	[m]	[m]	[m]	[mm]	[m]	[mm]	[m]	[mm]	[m]	[mm]
FR 9	295,970	1,8	295,883	82,8	295,882	82,8	296,009	37,8	295,985	14,1
FR 5	296,829	1,7	296,717	83,8	296,714	83,8	296,738	39,9	296,790	19,1
51/7	289,911	1,3	289,804	82,6	289,804	82,6	289,874	37,4	289,905	13,1
7201	290,793	1,1	290,668	84,0	290,665	84,0	290,735	40,4	290,792	20,0
R 38	288,219	0,7	288,135	82,6	288,134	82,6	288,207	37,4	288,213	13,0
R 51	288,786	0,8	288,654	83,4	288,654	83,4	288,730	39,0	288,723	17,0
R 39/10	288,602	0,8	288,633	82,6	288,631	82,6	288,701	37,4	288,678	13,0
R 41/19	289,187	0,9	289,097	82,8	289,096	82,8	289,163	37,8	289,145	14,0
RKG3	289,157	0,8	289,030	82,6	289,030	82,6	289,104	37,4	289,090	13,0
LIVADA	290,058	2,1	289,963	83,0	289,963	83,0	290,018	38,2	290,002	15,2
42/63	296,839	0,7	296,724	83,8	296,725	83,8	296,794	39,9	296,860	19,0
42/55	288,240	0,9	288,120	82,8	288,118	82,8	288,182	37,8	288,200	14,0

Natančnost določitve elipsoidnih višin z RTK metodo izmere v našem primeru znaša med 13 mm na točkah R 39/10 in RKG 3 v primeru uporabe lokalnega geoida in 84 mm na točki 7201 v obeh primerih uporabe geoida 2000. Ravno tako kot pri hitri statični metodi izmere GNSS na končno natančnost višine najbolj vpliva izbira referenčne ploskve.

Preglednica 11: Višinske razlike med dano in računanimi višinami s pripadajočo oceno natančnosti določitve razlik

TOČKE	GNSS sprejemnik_geoid 2000			Sitra_geoid 2000			Intgeo10_geoid 2010			Lokalni geoid		
	Δ	σ_{Δ}	$3 \cdot \sigma_{\Delta}$	Δ	σ_{Δ}	$3 \cdot \sigma_{\Delta}$	Δ	σ_{Δ}	$3 \cdot \sigma_{\Delta}$	Δ	σ_{Δ}	$3 \cdot \sigma_{\Delta}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
FR 9	87,0	82,8	248,4	88,0	82,8	248,4	-39,0	37,8	113,5	-15,0	14,2	42,7
FR 5	112,0	83,8	251,4	115,0	83,8	251,4	91,0	39,9	119,8	39,0	19,2	57,5
51/7	106,9	82,6	247,9	107,0	82,6	247,9	36,9	37,5	112,4	6,0	13,1	39,4
7201	124,6	84,0	252,1	128,0	84,0	252,1	57,6	40,4	121,2	1,0	20,1	60,2
R 38	84,2	82,6	247,9	85,0	82,6	247,9	12,2	37,4	112,3	6,0	13,0	39,1
R 51	132,2	83,4	250,1	132,0	83,4	250,1	56,2	39,0	117,0	63,0	17,0	51,1
R 39/10	-30,9	82,6	247,9	-29,0	82,6	247,9	-98,9	37,4	112,3	-76,0	13,0	39,1
R 41/19	90,4	82,8	248,4	91,0	82,8	248,4	24,4	37,8	113,4	42,0	14,1	42,2
RKG3	127,3	82,6	247,9	127,0	82,6	247,9	53,3	37,4	112,3	67,0	13,0	39,1
LIVADA	95,0	83,0	249,0	95,0	83,0	249,0	40,0	38,2	114,7	56,0	15,3	45,9
42/63	115,0	83,8	251,4	114,0	83,8	251,4	45,0	39,9	119,8	-21,0	19,0	57,1
42/55	120,0	82,8	248,4	122,0	82,8	248,4	58,0	37,8	113,4	40,0	14,1	42,2

V preglednici 11 so predstavljene razlike med dano in izračunanimi višinami, ki so bile izmerjene z RTK metodo izmere. Odstopanja znašajo med 1 mm na točki 7201 v primeru uporabe lokalnega geoida in 132,2 mm na točki R 51 v primeru uporabe geoida 2000, ko dobimo rezultate iz GNSS sprejemnika. Najnižja odstopanja in najvišjo oceno natančnosti določitve odstopanj dobimo, ko elipsoidno višino preračunamo v normalno ortometrično na podlagi lokalnega geoida. Na 9. točkah je odstopanje višje od ocene natančnosti določitve. Največja odstopanja in najnižjo oceno natančnosti določitve odstopanj dobimo, ko za transformacijo višine uporabimo geoid 2000. Rezultati dobljeni iz GNSS sprejemnika in iz programa SiTraNet med seboj minimalno odstopajo. Odstopanje je manjše od ocene natančnosti le v primeru točke R 39/10. V primeru uporabe geoida 2010 je odstopanje višje od ocene natančnosti določitve na 9. točkah.

Če izračunamo povprečno odstopanje višinskih razlik, vidimo, da je najslabše v primeru preračuna s programom SiTra, kjer znaša 97 mm. Pri uporabi lokalnega geoida znaša povprečno odstopanje med dano in izračunano višino 17,3 mm.

Natančnost ocenjenih razlik višine je v primeru uporabe lokalnega geoida 5 krat natančnejša od uporabe geoida 2000. Razlika višin je v primeru RTK metode izmere statistično značilna na štirih točkah (R 51_GNSS, R 39/10_GNSS, RKG3_GNSS in LIVADA), katerih višina je bila preračunana glede na lokalni geoid. V primeru hitre statične metode izmere, je veliko več razlik višin statistično značilnih.

Preglednica 12: Primerjava rezultatov hitre statične in RTK metode izmere (geoid 2000)

SiTra_geoid 2000										
TOČKE	Hitra statična metoda					RTK metoda				
	H	σ_H	Δ	σ_Δ	$3 \cdot \sigma_\Delta$	H	σ_H	Δ	σ_Δ	$3 \cdot \sigma_\Delta$
	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
FR 9	295,930	81,7	40,0	81,7	245,2	295,882	82,8	88,0	82,8	248,4
FR 5	296,790	81,7	39,0	81,7	245,1	296,714	83,8	115,0	83,8	251,4
51/7	289,849	81,6	62,0	81,6	244,9	289,804	82,6	107,0	82,6	247,9
7201	290,729	81,7	64,0	81,7	245,0	290,665	84,0	128,0	84,0	252,1
R 38	288,167	81,7	52,0	81,7	245,0	288,134	82,6	85,0	82,6	247,9
R 51	288,724	81,6	62,0	81,6	244,9	288,654	83,4	132,0	83,4	250,1
R 39/10	288,658	81,6	-56,0	81,6	244,9	288,631	82,6	-29,0	82,6	247,9
R 41/19	289,144	81,6	43,0	81,6	244,9	289,096	82,8	91,0	82,8	248,4
RKG3	289,111	81,6	46,0	81,6	244,9	289,03	82,6	127,0	82,6	247,9
LIVADA	290,007	81,6	51,0	81,6	244,9	289,963	83,0	95,0	83,0	249,0
42/63	296,792	81,6	47,0	81,6	244,9	296,725	83,8	114,0	83,8	251,4
42/55	288,175	81,7	65,0	81,7	245,0	288,118	82,8	122,0	82,8	248,4

V preglednici 12 so prikazani rezultati transformacije višine s programom SiTra, v primeru hitre statične in RTK metode izmere. Odstopanja pri hitri statični metodi izmere znašajo med 39,0 mm na točki FR 5 in 65,0 mm na točki 42/55. Vsa odstopanja so manjša od ocene natančnosti odstopanj, ki znaša 82 mm. V primeru uporabe RTK metode izmere je najmanjše odstopanje 29 mm na točki R 39/10 in največje 132 mm na točki R 51. Vsa odstopanja so večja od vrednosti ocene natančnosti odstopanj, razen na točki R 39/10 je odstopanje manjše. Razlika v višini med dano in merjeno točko je dvakrat večja v primeru RTK metode izmere. Nobena razlika višine ni statistično značilna.

Preglednica 13: Primerjava rezultatov hitre statične in RTK metode izmere (geoid 2010)

Intgeo10_geoid 2010										
TOČKE	Hitra statična metoda					RTK metoda				
	H	σ_Δ	Δ	σ_Δ	$3 \cdot \sigma_\Delta$	H	σ_Δ	Δ	σ_Δ	$3 \cdot \sigma_\Delta$
	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
FR 9	296,057	35,4	-87,1	35,4	106,3	296,009	37,8	-39,0	37,8	113,5
FR 5	296,814	35,3	14,7	35,4	106,1	296,738	39,9	91,0	39,9	119,8
51/7	289,919	35,2	-7,9	35,2	105,7	289,874	37,4	36,9	37,5	112,4
7201	290,799	35,2	-6,3	35,2	105,7	290,735	40,4	57,6	40,4	121,2
R 38	288,240	35,2	-21,1	35,3	105,8	288,207	37,4	12,2	37,4	112,3
R 51	288,800	35,1	-14,1	35,2	105,5	288,730	39,0	56,2	39,0	117,0

... se nadaljuje

... nadaljevanje preglednice 13

R 39/10	288,728	35,2	-125,8	35,2	105,6	288,701	37,4	-98,9	37,4	112,3
R 41/19	289,211	35,2	-23,8	35,2	105,5	289,163	37,8	24,4	37,8	113,4
RKG3	289,185	35,2	-28,4	35,2	105,5	289,104	37,4	53,3	37,4	112,3
LIVADA	290,062	35,2	-4,2	35,2	105,7	290,018	38,2	40,0	38,2	114,7
42/63	296,861	35,2	-21,7	35,2	105,5	296,794	39,9	45,0	39,9	119,8
42/55	288,239	35,2	1,0	35,2	105,7	288,182	37,8	58,0	37,8	113,4

V preglednici 13 so prikazani rezultati transformacije višine s programom Intgeo10, v primeru hitre statične in RTK metode izmere. Razlika v višini med dano in merjeno točko v primeru hitre statične metode izmere znaša 1 mm na točki 42/55 in kar -125,8 mm na točki R 39/10. Na točkah FR 9 in R 39/10 je odstopanje višje od ocene natančnosti določitve odstopanja. Razlika v višini med dano in merjeno točko v primeru RTK metode izmere znaša 12,2 mm na točki R 38 in -98,9 mm na točki R 39/10. Na 9. točkah je odstopanje višje od ocene natančnosti določitve odstopanja. Razlika višine je statistično značilna na točki R 39/10_GNSS v primeru hitre statične metode izmere.

Odstopanje med dano in merjeno višino reperja je lahko posledica posedanja terena. Ker je bilo odstopanje med višinami izračunano, kot dana višina minus merjena, naj bi bilo to odstopanje vedno pozitivnega predznaka. Kjer je predznak negativen, to ne kaže na posedanje terena, ampak na nek drug razlog za odstopanje. Razlog je verjetno v testnem modelu geoida 2010, saj se negativni predznak pojavlja v primeru uporabe programa Intgeo10.

Preglednica 14: Primerjava rezultatov hitre statične in RTK metode izmere (lokalni geoid)

Lokalni geoid										
TOČKE	Hitra statična metoda					RTK metoda				
	H	σ_A	Δ	σ_A	$3 \cdot \sigma_A$	H	σ_A	Δ	σ_A	$3 \cdot \sigma_A$
	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
FR 9	295,982	4,8	-12,1	5,2	15,5	295,985	14,1	-15,0	14,2	42,7
FR 5	296,813	4,3	15,7	4,6	13,7	296,790	19,1	39,0	19,2	57,5
51/7	289,892	3,0	19,1	3,3	9,8	289,905	13,1	6,0	13,1	39,4
7201	290,794	3,1	-1,3	3,3	9,9	290,792	20,0	1,0	20,1	60,2
R 38	288,188	3,3	31,0	3,3	10,0	288,213	13,0	6,0	13,0	39,1
R 51	288,736	2,0	50,0	2,1	6,4	288,723	17,0	63,0	17,0	51,1
R 39/10	288,649	2,4	-46,8	2,6	7,7	288,678	13,0	-76,0	13,0	39,1
R 41/19	289,137	2,3	50,0	2,5	7,4	289,145	14,0	42,0	14,1	42,2
RKG3	289,111	2,3	45,6	2,5	7,4	289,090	13,0	67,0	13,0	39,1
LIVADA	289,998	3,2	60,0	3,8	11,5	290,002	15,2	56,0	15,3	45,9
42/63	296,860	2,8	-20,7	2,9	8,7	296,860	19,0	-21,0	19,0	57,1
42/55	288,195	3,2	45,0	3,4	10,1	288,200	14,0	40,0	14,1	42,2

V preglednici 14 so prikazani rezultati transformacije višine z uporabo lokalnega modela geoida, v primeru hitre statične in RTK metode izmere. Razlika v višini med dano in merjeno točko v primeru hitre statične metode izmere znaša 1,3 mm na točki 7201 in 60,0 mm na točki LIVADA. Odstopanje je manjše od ocene natančnosti le na točki 7201. Razlika v višini med dano in merjeno točko v primeru RTK metode izmere znaša 1,0 mm na točki 7201 in -76,0 mm na točki R 39/10. Na 9 točkah je odstopanje višje od ocene natančnosti določitve odstopanja.

Na podlagi natančnosti določitve višin, ki so predstavljene v preglednici 14 lahko sklepam, da se z uporabo hitre statične metode izmere in transformacije višin preko lokalnega modela geoida, bolj približam danim vrednostim višin, kot z uporabo RTK metode. Natančnost določitve višin je 5 krat višja pri hitri statični metodi izmere. V primeru hitre statične metode izmere je 10 razlik višine statistično značilnih, v primeru RTK metode izmere pa le 4.

Preglednica 15: Geoidne ondulacije interpolirane iz Geoida 2000

REPER	Geoid 2000					
	N_{D96}	N_{D48} splošni	N_{D48} Osr Slo	N_{Max}	N_{Min}	Δ
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[mm]
FR 9	46,517	46,512	46,512	46,517	46,512	5
FR 5	46,458	46,454	46,454	46,458	46,454	4
R51/7	46,472	46,471	46,471	46,472	46,471	1
7201	46,479	46,478	46,478	46,479	46,478	1
R 38	46,427	46,423	46,423	46,427	46,423	4
R 51	46,417	46,414	46,414	46,417	46,414	3
R 39/10	46,390	46,389	46,389	46,390	46,389	1
R 41/19	46,387	46,386	46,386	46,387	46,386	1
RKG3	46,385	46,383	46,383	46,385	46,383	2
18/35	46,401	46,400	46,400	46,401	46,400	1
42/63	46,452	46,444	46,444	46,452	46,444	8
42/55	46,410	46,406	46,406	46,410	46,406	4

N_{D96} ... geoidna višina določena v programu SiTraNet s transformacijo elipsoidne višine v normalno ortometrično višino v koordinatnem sistemu D96 in ob upoštevanju absolutnega modela geoida 2000

N_{D48} splošni ... geoidna višina določena v programu SiTraNet s transformacijo elipsoidne višine v normalno ortometrično višino v koordinatnem sistemu D48 in ob upoštevanju absolutnega modela geoida 2000 ter splošnimi transformacijskimi parametri

$N_{D48\text{ Osr Slo}}$... geoidna višina določena v programu SiTraNet s transformacijo elipsoidne višine v normalno ortometrično višino v koordinatnem sistemu D48 in ob upoštevanju absolutnega modela geoida 2000 ter transformacijskimi parametri za Osrednjo Slovenijo

V preglednici 15 so prikazane geoidne višine določene iz modela Geoida 2000. Iz rezultatov je razvidno, da znaša razlika v višini, če izbiramo med koordinatnima sistemoma D 48 ali D 96 v programu SiTraNet med 1 mm in 8 mm. Povprečna vrednost odstopanja v našem primeru znaša 3 mm.

Z izbiro transformacijskih parametrov na višinsko komponento ne vplivamo, tako da ni pomembno ali izberemo splošne ali lokalne parametre.

Preglednica 16: Geoidne ondulacije interpolirane iz Geoida 2000 in Geoida 2010

REPER	Geoid 2000	Geoid 2010	
	N_{D96}	$N_{bilinearna}$	Δ
	[m]	[m]	[cm]
FR 9	46,517	46,390	12,7
FR 5	46,458	46,434	2,4
R51/7	46,472	46,402	7,0
7201	46,479	46,409	7,0
R 38	46,427	46,354	7,3
R 51	46,417	46,341	7,6
R 39/10	46,390	46,320	7,0
R 41/19	46,387	46,320	6,7
RKG3	46,385	46,311	7,4
18/35	46,401	46,346	5,5
42/63	46,452	46,383	6,9
42/55	46,410	46,346	6,4

N_{D96} ...geoidna višina določena v programu SiTraNet s transformacijo elipsoidne višine v normalno ortometrično višino v koordinatnem sistemu D96 in ob upoštevanju absolutnega modela geoida 2000

$N_{bilinearna}$... geoidna višina določena v programu INTGCEO s transformacijo elipsoidne višine v normalno ortometrično višino ob upoštevanju testnega modela geoida 2010 in uporabo bilinearne interpolacije

Velika razlika se pokaže pri izbiri modela geoida med geoidom 2000 in 2010. Ta znaša v našem primeru med 2,4 in 12,7 cm. Geoidne ondulacije so na obravnavanem območju pri novejšem geoidu manjše, kar pomeni, da je razlika med površjem testnega geoida 2010 in referenčnega elipsoida za nekaj centimetrov manjša, kot pri starem modelu geoida. Zamik v višinskem smislu med obema modeloma geoida znaša približno 10 cm (Kuhar in sod, 2011).

Natančnost določitve modela geoida 2000 v višinskem smislu znaša 8,16 cm. Geoid 2010 pa je določen z natančnostjo 3,51 cm (Kuhar in sod, 2011).

Preglednica 17: Višine referenčnih točk določene v treh različnih izmerah

TOČKE			TRIG. VIŠ.		RTK 2014		ODST.		IZVRS 2010		ODST.	
TRIG VIŠ.	RTK 2014	IzVRS 2010	H	σ_H	H	σ_H	Δ	σ_Δ	H	σ_H	Δ	σ_Δ
			[m]	[mm]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]
3	RKG 3 GT	70021	289,293	1,0	289,191	82,5	102	12,0	289,275	19,0	18	19,0
5	5 STOP	70016	288,605	4,0	288,627	82,8	-22	14,6	288,703	16,0	-98	16,5
8		70006	288,758	2,8	/	/	/	/	288,739	14,0	19	14,3
7	7 M	70005	288,800	7,0	288,837	86,6	-37	29,8	288,901	18,0	-101	19,3
10	9 M	70009	291,725	5,6	291,613	83,0	112	16,0	291,695	18,0	30	18,9
11	10 M	70011	288,323	3,9	288,134	83,0	189	15,5	288,229	26,0	94	26,3
13	13 M	70012	288,427	3,8	287,989	83,6	438	18,4	288,15	18,0	277	18,4
12	R 39/17	71015	289,187	2,0	289,224	84,8	-37	23,1	289,032	12,0	155	12,2
4		70014	288,990	3,1	/	/	/	/	288,84	24,0	150	24,2
4"	4 M	71014	288,829	3,1	288,691	83,2	138	16,3	288,716	16,0	113	16,3

V preglednici 17 so podane višine referenčnih točk, ki so bile določene v treh različnih izmerah.

Uporabljen je bil različen instrumentarij in različne metode izmere. Med prvo in zadnjo izmero so pretekla 4 leta. Izmere so opravili različni operaterji ob različnih pogojih.

Vse točke niso bile vključene v vse tri izmere, zato je primerjava narejena le za identične točke.

Najmanjša razlika je na točkah, ki niso bile vključene v vse 3 izmere. Glede na to, da velike razlike med višinami ne kažejo zgolj na eno slabo izmero, bi na podlagi teh rezultatov težko ocenili, katera od izmer ni dobra. Če pa pogledamo natančnosti določitve višin, je očitno, da metoda trigonometričnega višinomerstva dosega precej višjo natančnost od ostalih dveh izmer.

Odstopanja različnih izmer na posameznih točkah znašajo med 1,8 cm na točki RKG3 GT in 43,8 cm na točki 13 M. Razlike nimajo sistematičnega značaja, zato bi potrebovali še dodatne analize teh izmer ali celo dodatne izmere.

9 ZAKLJUČEK

Višine točk lahko določamo z različnimi geodetskimi metodami izmere z različno natančnostjo. Za katero metodo izmere se odločimo, je odvisno predvsem od zahtevane kvalitete rezultatov, razpoložljivega časa in geodetske opreme. Pri določanju višin poplavnih vod na tako velikem območju, kot je Ljubljansko barje, je pomemben vsak centimeter, zato si ne moremo privoščiti nepravilnih rezultatov. Ti bi privedli do napačnih ugotovitev in ne bi nikomur koristili. Zato je pomembno, da ne glede na to, za katero metodo se odločimo, izmero opravimo korektno in rezultate kontroliramo.

Primerjava med višinami reperjev določenimi s hitro statično in RTK metodo izmere, kaže na razliko v dobljenih rezultatih. Glede na to, da je hitra statična metoda natančnejša, kar se je izkazalo tudi v našem primeru, bolj zaupamo tem rezultatom. Tudi naši rezultati so pokazali, da hitra statična metoda izmere dosega višje natančnosti določitve višin in boljšo ocena natančnosti razlik med višinami, kot RTK metoda izmere. V povprečju je razlika med danimi višinami in višinami določenimi s hitro statično metodo izmere za 6 cm manjša, kot pri primerjavi danih in z RTK metodo določenih višinah. Na osnovi dobljenih rezultatov lahko zaključimo, da RTK metoda izmere ni najprimernejša izbira metode izmere za potrebe določevanja višin poplavnih vod.

Na rezultate v veliki meri vpliva tudi uporaba izbranega modela geoida. Uporabljeni so bili trije modeli geoida. Prvi je bil absolutni model geoida 2000, ki je uradni model geoida za območje Slovenije. Drugi je testni model geoida 2010. Tretji pa je lokalni model geoida, ki smo ga izračunali za obravnavano območje. Glede na primerjavo med geoidnimi ondulacijami dobljenimi z interpolacijo na posameznem modelu, lahko rečemo, da izbira modela geoida precej vpliva na dobljene rezultate, saj razlika lahko znaša tudi več kot decimeter.

Narejena je bila primerjava med RTK metodo izmere, ki smo jo opravili in izmerami iz preteklih let. V primerjavo so bile vključene različne GNSS metode izmere in metoda trigonometričnega višinomerstva. Odstopanja v višinskem smislu so med posameznimi izmerami velika. Na to lahko vplivajo različni dejavniki. Previdni moramo biti pri izbiri navezovalnih reperjev. Na Ljubljanskem barju se posedajo reperji skupaj s celotnim terenom in premiki reperjev vplivajo na rezultate. Za navezavo bi morali uporabiti le stabilne reperje. Na rezultate vplivajo tudi pogoji med samo izmero, zato je potrebno izmero dobro planirati.

Na osnovi analiz, ki so bile opravljene v tej diplomski nalogi, lahko rečemo, da se pojavljajo velike razlike pri določitvi višin in so odvisne od metode izmere. Za kvalitetne rezultate je potrebno izvesti korektno opravljeno izmero. To pa pomeni, da je potrebno upoštevati najrazličnejše dejavnike, ki

vplivajo na samo izmero in njene rezultate. Rezultate je potrebno kontrolirati z neodvisnimi meritvami ter opraviti analizo natančnosti dobljenih vrednosti in le tako smo lahko prepričani o kakovosti dobljenih rezultatov.

VIRI

- Dimas, S. 2007. European commission, Press Release Database, IP/07/1766.
http://europa.eu/rapid/press-release_IP-07-1766_en.htm (Pridobljeno 7. 1. 2015.)
- Dobravc, M. 2007. Ocena ogroženosti Mestne občine Ljubljana zaradi poplav, MOL, Mestna uprava, oddelek za zaščito, reševanje in civilno obrambo.
<http://www.ljubljana.si/si/mol/mestna-uprava/oddelki/zascita-resevanje-civilna-obramba/viri-ogrozanja> (Pridobljeno 8. 8. 2014.)
- Erjavec, K. 2009. Okvirni program izvajanja direktive o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti, (Direktiva 2007/60/ES) za obdobje 2009-2015. Številka:3553-08/2009.
www.mop.gov.si/.../okvirni_program_izvajanja_poplavne_direktive.pdf (Pridobljeno 7. 1. 2015.)
- Geoservis, 2011.
<http://www.geoservis.si/novosti/98-leicadna> (Pridobljeno 9. 8. 2014.)
- Geoservis, 2012.
<http://www.geoservis.si/novosti/22-leica-viva-gs15-gnss> (Pridobljeno 9. 8. 2014.)
- Geowild, 2006.
http://www.geowild.hr/wp-content/uploads/digital_products/dna_brochure_en.pdf (Pridobljeno 9. 8. 2014.)
- Globevnik, L., Vidmar, A. 2010. Poplave na Ljubljanskem barju v septembru 2010.
<http://www.mvd20.com/LETO2010/R4.pdf> (Pridobljeno 8. 8. 2014.)
- Ježovnik, V., Jakljič, S. 2003. Spremljanje posedanja Ljubljanskega barja na področju Ilovice. Geodetski vestnik, 47, 4: 263-271.
http://www.geodetski-vestnik.com/47/3/gv47-3_263-271.pdf (Pridobljeno 4. 8. 2014.)
- Kogoj, D., Stopar, B. 2008. Geodetska izmera. Strokovni izpit iz geodetske stroke. Matična sekcija geodetov.
http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/ogs/GEODETSKA_IZMERA.pdf (Pridobljeno 1. 8. 2014.)
- Koler, B., Urbančič, T., Vidmar, A., Globevnik, L. 2012. Analiza višin poplavne vode v Ljubljani in na Ljubljanskem barju. Geodetski vestnik 56, 4: 846-860.
- Koler, B., Medved, K., Kuhar, M. 2007. Uvajanje sodobnega višinskega sistema v Sloveniji. Geodetski vestnik 51, 4: 777-792.
- Kovačič, B. 2004. Geodezija za gradbene inženirje. Učbenik. Maribor. Fakulteta za gradbeništvo Maribor: 57-60 str.
- Kozmus Tajkovski, K., Stopar, B. 2003. Način določanja položaja s satelitskimi tehnikami. Geodetski vestnik, 47, 4: 404-413.
http://www.geodetski-vestnik.com/47/4/gv47-4_404-413.pdf (Pridobljeno 7. 8. 2014.)
- Kozmus Tajkovski, K., Stopar B. 2008. Navodila za uporabo spletne aplikacije za transformacije koordinatnih sistemov. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za Gradbeništvo in geodezijo: 2- 3 str., 20-22 str.

Kuhar, M. 2014. Niveliranje.

<http://www.fgg.uni-lj.si/~mkuhar/Pouk/Gradb/Niveliranje/Niveliranje.html> (Pridobljeno 14. 8. 2014.)

Kuhar, M. 2007. Geofizika, študijski pripomoček. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, katedra za matematično in fizikalno geodezijo ter navigacijo: 82-100 str.

Kuhar, M., Berk, S., Koler, B., Medved, K., Omang, O., Solheim, D. 2011. Vloga kakovostnega višinskega sistema in geoida za izvedbo GNSS-višinomerstva. Geodetski vestnik 55, 2: 226-234.
http://www.geodetski-vestnik.com/55/2/gv55-2_226-234.pdf (Pridobljeno 13. 12. 2014.)

Ljubljansko barje. 2014.

www.ljubljanskobarje.si (Pridobljeno 8. 8. 2014.)

Opozorilna karta poplav na Ljubljanskem barju. 2013.

www.geopedia.si. (Pridobljeno 5. 1. 2015.)

Opti-cal Surveyequipment, 2014.

<http://www.surveyequipment.com/gps-survey-equipment> (Pridobljeno 9. 8. 2014.)

Oven, K., Berk, S., Bajec, K., Pegan Žvokelj, D., Klanjšček, M., Demšar, J., Vrabič, R., Droščak, B., Zore, M., Fabiani, N., Janežič, M., Radovan, D., Stopar, B., Koler, B., Kuhar, M., Sterle, O., Pavlovčič Prešeren, P., Ambrožič, T., Kogoj, D., Savšek, S. 2010. Razvoj DGS 2010. Prehod na nov koordinatni sistem. Končno poročilo. Geodetski inštitut Slovenije: 87 str.

http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/projekti/DGS/2010/Razvoj_DGS_2010_koncno_porocilo.pdf
(Pridobljeno 1. 8. 2014.)

RGU, 1981. Pravilnik o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk. Uradni list SRS, št.18/1981.

Stopar, B. 2009. Koordinatni sistemi in transformacije koordinatnih sistemov v geodeziji.

http://www.gis.si/isg/gradivo_perm_izo_transformacije_prost_pod1.pdf (Pridobljeno 1. 8. 2014.)

Triglav Čekada, M., Mesner, N., Bajec, K., Berk, S., Stopar, B., Kuhar, M., Koler, B., Mozetič, B., Medved, K., Komadina, Žarko. 2010. Navodilo za določanje višin z uporabo globalnih navigacijskih satelitskih sistemov.

http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/projekti/DGS/2010p/Navodilo_za_GNSS-visinomerstvo_r2.pdf
(Pridobljeno 13. 12. 2014.)

Uredba o določitvi parametrov horizontalne sestavine in gravimetričnega dela vertikalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema, imen teh sestavin in državne kartografske projekcije. Uradni list RS št. 57/2014: 6532-6537

Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu. Uradni list RS št. 25/2014: 2892-2897.

OSTALI VIRI:

Berk, S. 2008. Stari in novi koordinatni sistem ter stara in nova državna kartografska projekcija. http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/ogs/Nova_drz_karto_projekcija.pdf (Pridobljeno 15. 11. 2014.)

Državni koordinatni sistem. 2014. http://www.e-prostor.gov.si/si/zbirke_prostorskih_podatkov/drzavni_koordinatni_sistem/ (Pridobljeno 15. 11. 2014.)

Golob, B. 2009. Primerjava elipsoidnih in normalnih ortometričnih višin. http://drugg.fgg.uni-lj.si/422/1/GEV_0296_Golob.pdf (Pridobljeno 19. 1. 2015.)

Pogarčič, M. 2014. Analiza različnih modelov geoida na območju Slovenije. http://drugg.fgg.uni-lj.si/4748/1/GEU955_Pogarcic.pdf (Pridobljeno 20. 12. 2014.)

Tehnično navodilo za uporabo novega koordinatnega sistema v zemljiškem katastru. 2007. Geodetska uprava Republike Slovenije. www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/ogs/razlicica1_0.doc (Pridobljeno 7. 8. 2014.)

The EU floods directive. http://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/index.htm (Pridobljeno 9. 1. 2015.)

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A.1: IZPIS IZ GNSS SPREJEMNIKA LEICA VIVA A

PRILOGA A.2: IZPIS IZ GNSS SPREJEMNIKA LEICA VIVA B

PRILOGA A.3: IZPIS IZ GNSS SPREJEMNIKA LEICA VIVA C

PRILOGA B.1: POROČILO O OBDELAVI PODATKOV IZ PROGRAMA LEICA GEO
OFFICE

PRILOGA B.2: POROČILO O OPRAVLJENI IZRAVNAVI IZ PROGRAMA LEICA GEO
OFFICE

PRILOGA C.1: IZRAČUN ENOSTRANSKO MERJENE VIŠINSKE RAZLIKE Z REPERJA FR 5

PRILOGA C.2: IZRAČUN OBOJESTRANSKO MERJENIH VIŠINSKIH RAZLIK

PRILOGA D: ORTOFOTO Z VSEMI TOČKAMI, KI SO BILE VKLJUČENE V IZMERO

Točka	ETRS'89 (lat, lon, h)				GK (Y, X, H)				SD (Y, X, H)			GDOP	PDOP
FR51	46 00 17.86631 N	14 24 48.18019 E	342.195	454567.375	96295.212	295.740	0.006	0.011	0.017	3.6	3.1		
FR52	46 00 17.86624 N	14 24 48.18046 E	342.195	454567.381	96295.210	295.740	0.006	0.010	0.017	3.6	3.1		
FR53	46 00 17.86630 N	14 24 48.18028 E	342.193	454567.377	96295.211	295.738	0.007	0.011	0.018	2.3	2.0		
FR5	46 00 17.86886 N	14 24 48.15298 E	341.621	454566.790	96295.295	295.166	2.022	2.479	4.008	/	/		
R511	45 59 51.56398 N	14 28 13.18665 E	334.215	458972.376	95452.291	287.798	0.009	0.009	0.019	2.2	1.9		
R512	45 59 51.56388 N	14 28 13.18683 E	334.209	458972.380	95452.288	287.792	0.008	0.007	0.016	1.9	1.7		
R513	45 59 51.56396 N	14 28 13.18658 E	334.208	458972.374	95452.290	287.791	0.007	0.008	0.014	1.9	1.7		
R51	45 59 51.63281 N	14 28 13.22205 E	335.000	458973.152	95454.411	288.582	1.324	1.694	3.219	/	/		
R41191	46 00 39.33657 N	14 30 47.05907 E	335.073	462292.160	96906.011	288.687	0.006	0.008	0.014	2.0	1.7		
R41192	46 00 39.33655 N	14 30 47.05906 E	335.069	462292.160	96906.010	288.684	0.007	0.009	0.014	2.0	1.8		
R41193	46 00 39.33656 N	14 30 47.05921 E	335.053	462292.163	96906.011	288.668	0.006	0.009	0.015	2.0	1.8		
R4119	46 00 39.36986 N	14 30 47.15531 E	333.453	462294.236	96907.026	287.068	1.341	2.022	3.059	/	/		
LIVADA1	46 02 06.39910 N	14 30 31.92384 E	336.364	461983.164	99595.836	289.963	0.006	0.009	0.015	1.8	1.6		
LIVADA2	46 02 06.39915 N	14 30 31.92378 E	336.363	461983.162	99595.838	289.961	0.006	0.009	0.014	1.7	1.6		
LIVADA3	46 02 06.39921 N	14 30 31.92360 E	336.352	461983.158	99595.840	289.950	0.006	0.009	0.014	1.9	1.7		
LIVADA	46 02 06.40204 N	14 30 31.89246 E	337.144	461982.489	99595.931	290.743	1.183	1.697	2.892	/	/		
4255	45 59 02.37996 N	14 29 14.55387 E	337.402	460283.001	93925.233	290.994	1.279	1.559	3.022	/	/		
4263M1	45 58 06.41642 N	14 28 49.63156 E	343.177	459735.367	92200.995	296.724	0.007	0.011	0.019	2.8	2.4		
4263M2	45 58 06.41632 N	14 28 49.63180 E	343.173	459735.372	92200.992	296.721	0.006	0.010	0.017	2.7	2.3		
4263M3	45 58 06.41629 N	14 28 49.63175 E	343.159	459735.371	92200.991	296.706	0.006	0.009	0.015	2.7	2.3		
4263	45 58 06.59451 N	14 28 49.70795 E	347.849	459737.048	92206.482	301.396	1.310	2.237	2.685	/	/		

Točka	ETRS'89 (lat, lon, h)				GK (Y, X, H)				SD (Y, X, H)			GDOP	PDOP				
5171	45	59	05.63631	N	14	24	07.07248	E	335.748	453666.264	94071.890	289.276	0.005	0.006	0.013	2.2	1.9
5172	45	59	05.63614	N	14	24	07.07252	E	335.752	453666.265	94071.885	289.280	0.005	0.006	0.015	2.2	1.9
5173	45	59	05.63602	N	14	24	07.07257	E	335.748	453666.266	94071.881	289.276	0.005	0.006	0.013	2.3	2.0
517	45	59	05.65196	N	14	24	07.05979	E	339.577	453665.994	94072.376	293.105	1.218	1.450	2.768	/	/
R381	45	59	36.19529	N	14	27	45.44435	E	334.208	458372.263	94981.823	287.782	0.006	0.007	0.013	1.9	1.7
R382	45	59	36.19508	N	14	27	45.44442	E	334.190	458372.264	94981.817	287.765	0.008	0.009	0.017	2.2	1.9
R383	45	59	36.19525	N	14	27	45.44455	E	334.193	458372.267	94981.822	287.767	0.006	0.007	0.013	2.2	1.9
R38	45	59	36.29965	N	14	27	45.43743	E	335.635	458372.136	94985.046	289.210	1.573	1.901	3.903	/	/
RKG31	45	59	58.35257	N	14	31	06.71658	E	334.891	462707.367	95638.171	288.506	0.006	0.007	0.013	2.0	1.8
RKG32	45	59	58.35274	N	14	31	06.71658	E	334.893	462707.367	95638.176	288.508	0.006	0.007	0.014	2.0	1.8
RKG33	45	59	58.35286	N	14	31	06.71666	E	334.892	462707.368	95638.180	288.508	0.006	0.007	0.014	2.0	1.8
RKG3	45	59	58.37716	N	14	31	06.82145	E	335.889	462709.628	95638.916	289.504	1.406	1.941	2.619	/	/

Točka	ETRS'89 (lat, lon, h)				GK (Y, X, H)				SD (Y, X, H)			GDOP	PDOP
fr91	46 00 11.79105 N	14 20 49.44640 E	342.399	449429.846	96147.624	295.883	0.006	0.010	0.014	1.9	1.6		
fr92	46 00 11.79113 N	14 20 49.44644 E	342.402	449429.847	96147.626	295.887	0.006	0.011	0.015	1.9	1.6		
fr93	46 00 11.79111 N	14 20 49.44646 E	342.401	449429.847	96147.626	295.885	0.006	0.011	0.015	1.9	1.6		
fr9	46 00 11.76993 N	14 20 49.40134 E	343.242	449428.872	96146.980	296.726	1.388	2.296	3.169	/	/		
72011	45 58 23.78854 N	14 25 10.89603 E	337.778	455030.416	92769.804	291.302	0.008	0.009	0.020	2.2	1.9		
72012	45 58 23.78833 N	14 25 10.89593 E	337.791	455030.414	92769.797	291.316	0.007	0.008	0.018	2.2	1.9		
72013	45 58 23.78816 N	14 25 10.89614 E	337.790	455030.419	92769.792	291.315	0.007	0.008	0.017	2.2	1.9		
7201	45 58 23.84090 N	14 25 10.91263 E	338.585	455030.786	92771.417	292.109	1.106	1.205	2.533	/	/		
r39101	46 00 32.44671 N	14 29 55.75920 E	334.812	461187.301	96700.151	288.424	0.005	0.008	0.013	2.0	1.7		
r39102	46 00 32.44637 N	14 29 55.75901 E	334.798	461187.297	96700.141	288.409	0.007	0.008	0.015	2.0	1.7		
r39103	46 00 32.44632 N	14 29 55.75916 E	334.795	461187.300	96700.139	288.407	0.005	0.008	0.013	2.0	1.7		
r3910	46 00 32.54974 N	14 29 55.84429 E	335.919	461189.152	96703.321	289.530	1.814	2.458	3.639	/	/		
rkg3gt1	45 59 58.27645 N	14 31 06.04574 E	335.575	462692.919	95635.908	289.191	0.005	0.009	0.012	1.5	1.4		
rkg3gt2	45 59 58.27665 N	14 31 06.04570 E	335.576	462692.918	95635.914	289.191	0.005	0.008	0.011	1.5	1.4		
rkg3gt3	45 59 58.27662 N	14 31 06.04567 E	335.564	462692.918	95635.913	289.179	0.005	0.009	0.012	1.5	1.4		
5stop1	46 00 22.58255 N	14 30 16.34548 E	334.424	461628.257	96392.851	288.037	0.006	0.010	0.014	2.0	1.8		
5stop2	46 00 22.58273 N	14 30 16.34551 E	334.420	461628.257	96392.857	288.034	0.005	0.009	0.012	2.0	1.8		
5stop3	46 00 22.58262 N	14 30 16.34570 E	334.410	461628.261	96392.853	288.023	0.007	0.011	0.016	2.3	2.0		
8p1	45 59 02.04501 N	14 29 15.07882 E	335.065	460294.232	93914.820	288.654	0.006	0.007	0.017	1.9	1.7		
8p2	45 59 02.04500 N	14 29 15.07878 E	335.046	460294.231	93914.820	288.636	0.005	0.006	0.015	2.3	2.0		
8p3	45 59 02.04515 N	14 29 15.07884 E	335.051	460294.233	93914.824	288.641	0.005	0.006	0.014	1.9	1.7		
8m1	45 59 02.50641 N	14 29 15.19184 E	334.944	460296.756	93929.049	288.534	0.006	0.007	0.017	2.0	1.7		
8m2	45 59 02.50645 N	14 29 15.19175 E	334.954	460296.754	93929.050	288.544	0.006	0.007	0.017	2.0	1.7		

8m3	45 59 02.50634 N	14 29 15.19175 E	334.942	460296.754	93929.046	288.532	0.006	0.007	0.017	2.0	1.7
7m1	45 59 54.18966 N	14 29 16.37497 E	335.237	460332.476	95524.460	288.837	0.013	0.015	0.029	3.9	3.3
7m2	45 59 54.19023 N	14 29 16.37465 E	335.229	460332.470	95524.478	288.829	0.010	0.011	0.026	2.7	2.3
7m3	45 59 54.18946 N	14 29 16.37576 E	335.261	460332.494	95524.454	288.861	0.008	0.009	0.021	2.7	2.3
42551	45 59 02.34895 N	14 29 14.60981 E	334.528	460284.199	93924.268	288.120	0.006	0.009	0.014	2.0	1.7
42552	45 59 02.34889 N	14 29 14.60988 E	334.529	460284.200	93924.266	288.121	0.006	0.008	0.013	2.0	1.7
42553	45 59 02.34881 N	14 29 14.60995 E	334.533	460284.202	93924.264	288.125	0.006	0.008	0.013	2.0	1.7
9m1	45 58 47.84578 N	14 28 40.87060 E	338.036	459555.143	93481.239	291.613	0.007	0.009	0.015	2.0	1.8
9m2	45 58 47.84554 N	14 28 40.87053 E	338.041	459555.142	93481.231	291.618	0.007	0.009	0.015	2.0	1.8
9m3	45 58 47.84576 N	14 28 40.87006 E	338.045	459555.131	93481.239	291.622	0.006	0.008	0.014	2.0	1.8
10m1	45 59 38.15064 N	14 28 20.48534 E	334.552	459126.674	95037.149	288.134	0.007	0.009	0.015	2.0	1.8
10m2	45 59 38.15075 N	14 28 20.48559 E	334.539	459126.679	95037.152	288.121	0.008	0.010	0.018	2.0	1.8
10m3	45 59 38.15058 N	14 28 20.48525 E	334.543	459126.672	95037.147	288.126	0.008	0.009	0.018	2.0	1.8
13m1	45 59 30.30206 N	14 27 32.63300 E	334.419	458095.354	94801.752	287.989	0.007	0.009	0.018	2.6	2.2
13m2	45 59 30.30179 N	14 27 32.63292 E	334.426	458095.352	94801.744	287.996	0.007	0.008	0.017	2.6	2.2
13m3	45 59 30.30289 N	14 27 32.63253 E	334.420	458095.344	94801.778	287.989	0.007	0.007	0.017	2.6	2.2
3917r1	45 59 57.73754 N	14 28 07.99348 E	334.717	458861.909	95643.626	288.299	0.008	0.009	0.023	2.6	2.2
3917r2	45 59 57.73756 N	14 28 07.99352 E	334.714	458861.910	95643.627	288.296	0.008	0.009	0.024	2.6	2.2
3917r3	45 59 57.73766 N	14 28 07.99341 E	334.717	458861.907	95643.630	288.300	0.008	0.009	0.024	2.6	2.2
4m1	46 00 49.86834 N	14 30 38.55129 E	335.076	462111.145	97232.273	288.691	0.006	0.007	0.016	2.2	1.9
4m2	46 00 49.86839 N	14 30 38.55138 E	335.066	462111.147	97232.274	288.682	0.006	0.007	0.016	2.2	1.9
4m3	46 00 49.86831 N	14 30 38.55135 E	335.060	462111.147	97232.272	288.675	0.006	0.007	0.016	2.2	1.9

Processing Summary

statika_barje

Project Information

Project name: statika_barje
 Date created: 04/18/2014 08:53:32
 Time zone: 1h 00'
 Coordinate system name: WGS 1984
 Application software: LEICA Geo Office 7.0
 Start date and time: 03/20/2014 09:29:33
 End date and time: 03/20/2014 13:42:03
 Manually occupied points: 9
 Processing kernel: PSI-Pro 2.0
 Processed: 04/18/2014 10:01:02

Processing Parameters

Parameters	Selected
Cut-off angle:	15°
Ephemeris type:	Precise
Solution type:	Automatic
GNSS type:	Automatic
Frequency:	Automatic
Fix ambiguities up to:	80 km
Min. duration for float solution (static):	5' 00"
Sampling rate:	Use all
Tropospheric model:	Hopfield
Ionospheric model:	Automatic
Use stochastic modelling:	Yes
Min. distance:	8 km
Ionospheric activity:	Automatic

Baseline Overview

GSR1 - FR5

Coordinates:

Latitude: 46° 02' 53.27068" N
 Longitude: 14° 32' 37.36199" E
 Ellip. Hgt: 351.6620 m

Solution type:

Phase: all fix
 GNSS type: GPS
 Frequency: L1 and L2
 Ambiguity: Yes

Reference: GSR1

Rover: FR5

46° 00' 17.86592" N
 14° 24' 48.17973" E
 342.2713 m

GSR1 - R51

Coordinates:

Latitude: 46° 02' 53.27068" N
 Longitude: 14° 32' 37.36199" E
 Ellip. Hgt: 351.6620 m

Reference: GSR1

Rover: R51

45° 59' 51.56406" N
 14° 28' 13.18700" E
 334.2853 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS
 Frequency: L1 and L2
 Ambiguity: Yes

GSR1 - R4119**Reference: GSR1****Rover: R4119**

Coordinates:

Latitude: 46° 02' 53.27068" N
 Longitude: 14° 32' 37.36199" E
 Ellip. Hgt: 351.6620 m

46° 00' 39.33648" N
 14° 30' 47.05982" E
 335.1214 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS
 Frequency: L1 and L2
 Ambiguity: Yes

GSR1 - 517**Reference: GSR1****Rover: 517**

Coordinates:

Latitude: 46° 02' 53.27068" N
 Longitude: 14° 32' 37.36199" E
 Ellip. Hgt: 351.6620 m

45° 59' 05.63637" N
 14° 24' 07.07251" E
 335.7928 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS
 Frequency: L1 and L2
 Ambiguity: Yes

GSR1 - R38**Reference: GSR1****Rover: R38**

Coordinates:

Latitude: 46° 02' 53.27068" N
 Longitude: 14° 32' 37.36199" E
 Ellip. Hgt: 351.6620 m

45° 59' 36.19560" N
 14° 27' 45.44500" E
 334.2413 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS
 Frequency: L1 and L2
 Ambiguity: Yes

GSR1 - RKG3**Reference: GSR1****Rover: RKG3**

Coordinates:

Latitude: 46° 02' 53.27068" N
 Longitude: 14° 32' 37.36199" E
 Ellip. Hgt: 351.6620 m

45° 59' 58.35264" N
 14° 31' 06.71691" E
 334.9727 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS
 Frequency: L1 and L2
 Ambiguity: Yes

GSR1 - fr9**Reference: GSR1****Rover: fr9**

Coordinates:

Latitude: 46° 02' 53.27068" N
 Longitude: 14° 32' 37.36199" E
 Ellip. Hgt: 351.6620 m

46° 00' 11.79111" N
 14° 20' 49.44644" E
 342.4471 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS
 Frequency: IonoFree (L3)

Ambiguity: Yes

GSR1 - 7201

Coordinates:

Latitude: 46° 02' 53.27068" N
Longitude: 14° 32' 37.36199" E
Ellip. Hgt: 351.6620 m

Reference: GSR1**Rover: 7201**

45° 58' 23.78848" N
14° 25' 10.89654" E
337.8419 m

Solution type: Phase: all fix
GNSS type: GPS
Frequency: L1 and L2
Ambiguity: Yes

GSR1 - r3910

Coordinates:

Latitude: 46° 02' 53.27068" N
Longitude: 14° 32' 37.36199" E
Ellip. Hgt: 351.6620 m

Reference: GSR1**Rover: r3910**

46° 00' 32.44628" N
14° 29' 55.75982" E
334.8389 m

Solution type: Phase: all fix
GNSS type: GPS
Frequency: L1 and L2
Ambiguity: Yes

Network Adjustment

www.MOVE3.com

(c) 1993-2008 Grontmij

Licensed to Leica Geosystems AG

Created: 04/18/2014 10:17:49


Project Information

Project name: statika_barje
 Date created: 04/18/2014 08:53:32
 Time zone: 1h 00'
 Coordinate system name: WGS 1984
 Application software: LEICA Geo Office 7.0
 Processing kernel: MOVE3 4.0.1

General Information

Adjustment

Type: Minimally constrained
 Dimension: 3D
 Coordinate system: WGS 1984
 Height mode: Ellipsoidal

Number of iterations: 0
 Maximum coord correction in last iteration: 0.0000 m  (tolerance is met)

Stations

Number of (partly) known stations: 1
 Number of unknown stations: 12
 Total: 13

Observations

GPS coordinate differences: 36 (12 baselines) (including 12 baselines as free observations)
 Known coordinates: 3
 Total: 39 (including 36 free observations)

Unknowns


Coordinates: 39
 Total: 39

Degrees of freedom: 0

Testing

Alfa (multi dimensional): 1.0000
 Alfa 0 (one dimensional): 5.0 %
 Beta: 80.0 %
 Sigma a-priori (GPS): 10.0

Critical value W-test: 1.96
 Critical value T-test (2-dimensional): 2.42
 Critical value T-test (3-dimensional): 1.89

Critical value F-test: 0.00
 F-test: 0.00  (rejected)

Results based on a-posteriori variance factor

Adjustment Results

Coordinates

Station	Coordinate	Corr	Sd		
4255	Latitude	45° 59' 02.36845" N	0.0000 m	0.0013 m	
	Longitude	14° 29' 14.60914" E	0.0000 m	0.0011 m	
	Height	334.5850 m	0.0000 m	0.0031 m	
4263	Latitude	45° 58' 06.41572" N	0.0000 m	0.0012 m	
	Longitude	14° 28' 49.63101" E	0.0000 m	0.0009 m	
	Height	343.2437 m	0.0000 m	0.0020 m	
517	Latitude	45° 59' 05.63637" N	0.0000 m	0.0011 m	
	Longitude	14° 24' 07.07251" E	0.0000 m	0.0010 m	
	Height	335.7928 m	0.0000 m	0.0027 m	
7201	Latitude	45° 58' 23.78848" N	0.0000 m	0.0015 m	
	Longitude	14° 25' 10.89654" E	0.0000 m	0.0013 m	
	Height	337.8419 m	0.0000 m	0.0029 m	
FR5	Latitude	46° 00' 17.86592" N	0.0000 m	0.0018 m	
	Longitude	14° 24' 48.17973" E	0.0000 m	0.0014 m	
	Height	342.2713 m	0.0000 m	0.0039 m	
GSR1	Latitude	46° 02' 53.27068" N	0.0000 m	-	fixed
	Longitude	14° 32' 37.36199" E	0.0000 m	-	fixed
	Height	351.6620 m	0.0000 m	-	fixed
LIVADA	Latitude	46° 02' 06.39868" N	0.0000 m	0.0016 m	
	Longitude	14° 30' 31.92386" E	0.0000 m	0.0009 m	
	Height	336.4082 m	0.0000 m	0.0024 m	
R38	Latitude	45° 59' 36.19560" N	0.0000 m	0.0018 m	
	Longitude	14° 27' 45.44500" E	0.0000 m	0.0016 m	
	Height	334.2413 m	0.0000 m	0.0032 m	
R4119	Latitude	46° 00' 39.33648" N	0.0000 m	0.0010 m	
	Longitude	14° 30' 47.05982" E	0.0000 m	0.0009 m	
	Height	335.1214 m	0.0000 m	0.0021 m	
R51	Latitude	45° 59' 51.56406" N	0.0000 m	0.0010 m	
	Longitude	14° 28' 13.18700" E	0.0000 m	0.0008 m	
	Height	334.2853 m	0.0000 m	0.0018 m	
RKG3	Latitude	45° 59' 58.35264" N	0.0000 m	0.0010 m	
	Longitude	14° 31' 06.71691" E	0.0000 m	0.0008 m	
	Height	334.9727 m	0.0000 m	0.0022 m	
fr9	Latitude	46° 00' 11.79111" N	0.0000 m	0.0029 m	
	Longitude	14° 20' 49.44644" E	0.0000 m	0.0017 m	
	Height	342.4471 m	0.0000 m	0.0045 m	
r3910	Latitude	46° 00' 32.44628" N	0.0000 m	0.0014 m	
	Longitude	14° 29' 55.75982" E	0.0000 m	0.0010 m	
	Height	334.8389 m	0.0000 m	0.0023 m	

Observations and Residuals

	Station	Target	Adj obs	Resid	Resid (ENH)	Sd
DX	GSR1	r3910	3889.5972 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0019 m
DY			-2582.9217 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0011 m
DZ			-3031.1030 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0019 m
DX	GSR1	fr9	7266.9005 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0042 m

DY			-13851.5193 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0015 m
DZ			-3468.6132 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0033 m
DX	GSR1	RKG3	4240.3461 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0018 m
DY			-915.0741 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0009 m
DZ			-3762.2240 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0015 m
DX	GSR1	R51	5320.4888 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0013 m
DY			-4492.8366 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0008 m
DZ			-3908.3301 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0017 m
DX	GSR1	R4119	3465.1439 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0017 m
DY			-1552.6851 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0009 m
DZ			-2883.1386 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0014 m
DX	GSR1	R38	5800.1044 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0024 m
DY			-4985.6682 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0016 m
DZ			-4238.0256 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0028 m
DX	GSR1	LIVADA	1674.7961 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0022 m
DY			-2352.3657 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0009 m
DZ			-1015.5883 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0019 m
DX	GSR1	FR5	5860.3052 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0033 m
DY			-8909.1481 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0014 m
DZ			-3338.4507 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0027 m
DX	GSR1	7201	8189.1365 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0023 m
DY			-7805.6603 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0015 m
DZ			-5788.9570 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0022 m
DX	GSR1	517	7629.7712 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0021 m
DY			-9367.9556 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0011 m
DZ			-4892.5008 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0019 m
DX	GSR1	4263	7391.0918 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0016 m
DY			-3148.1038 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0009 m
DZ			-6157.8956 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0016 m
DX	GSR1	4255	6047.9912 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0025 m
DY			-2939.6723 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0013 m
DZ			-4963.4823 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0022 m

GPS Baseline Vector Residuals

	Station	Target	Adj vector [m]	Resid [m]	Resid [ppm]
DV	GSR1	r3910	5566.6899	0.0000	0.0
DV	GSR1	fr9	16021.9757	0.0000	0.0
DV	GSR1	RKG3	5742.1446	0.0000	0.0
DV	GSR1	R51	7985.5010	0.0000	0.0
DV	GSR1	R4119	4767.6558	0.0000	0.0
DV	GSR1	R38	8744.0814	0.0000	0.0
DV	GSR1	LIVADA	3061.0433	0.0000	0.0
DV	GSR1	FR5	11174.1375	0.0000	0.0
DV	GSR1	7201	12708.3560	0.0000	0.0
DV	GSR1	517	13034.8980	0.0000	0.0
DV	GSR1	4263	10122.1773	0.0000	0.0
DV	GSR1	4255	8357.9919	0.0000	0.0

Absolute Error Ellipses (2D - 39.4% 1D - 68.3%)

Station	A [m]	B [m]	A/B	Phi	Sd Hgt [m]
4255	0.0013	0.0011	1.2	8°	0.0031
4263	0.0012	0.0009	1.4	10°	0.0020
517	0.0011	0.0010	1.2	-8°	0.0027
7201	0.0017	0.0011	1.5	-38°	0.0029
FR5	0.0019	0.0013	1.4	23°	0.0039
GSR1	0.0000	0.0000	1.0	0°	0.0000

LIVADA	0.0017	0.0009	1.9	14°	0.0024
R38	0.0020	0.0013	1.6	-36°	0.0032
R4119	0.0011	0.0008	1.3	28°	0.0021
R51	0.0011	0.0007	1.6	-31°	0.0018
RKG3	0.0010	0.0008	1.3	29°	0.0022
fr9	0.0030	0.0014	2.1	19°	0.0045
r3910	0.0014	0.0010	1.4	10°	0.0023

Testing and Estimated Errors

Observation Tests

	Station	Target	MDB	Red	BNR	W-Test	T-Test
DX	GSR1	r3910					
DY							
DZ							
DX	GSR1	fr9					
DY							
DZ							
DX	GSR1	RKG3					
DY							
DZ							
DX	GSR1	R51					
DY							
DZ							
DX	GSR1	R4119					
DY							
DZ							
DX	GSR1	R38					
DY							
DZ							
DX	GSR1	LIVADA					
DY							
DZ							
DX	GSR1	FR5					
DY							
DZ							
DX	GSR1	7201					
DY							
DZ							
DX	GSR1	517					
DY							
DZ							
DX	GSR1	4263					
DY							
DZ							
DX	GSR1	4255					
DY							
DZ							

Redundancy:

W-Test:

T-Test (3-dimensional):

PRILOGA C.1: Izračun enostransko merjene višinske razlike z reperja FR 5

TOČKE	ODČITANO		IZRAČUNANO			OCENA NATANČNOSTI
	D [m]	L [m]	D_s [m]	Δ_h [m]	D^- [m]	σ_L [mm]
FR51	7,96247	1,28373	16,87229	-0,16055		
1	8,90982	1,44428				
1	7,22318	1,51926	13,05383	1,02477		
2	5,83065	0,49449				
2	7,82221	1,88386	14,66545	0,11282		
FR5	6,84324	1,77104				
			44,59157	0,97704	7,43	0,06

D ... merjena dolžina med nivelirjem in nivelmansko lato

L ... odčitek na lati

D_s ... dolžina posamezne nivelmanske linije

Δ_h ... višinska razlika

D^- ... povprečna dolžina med nivelirjem in nivelmansko lato

σ_L ... standardni odklon

PRILOGA C.2: Izračun obojestransko merjenih višinskih razlik

TOČKE	ODČITANO		IZRAČUNANO			ODSTOPANJE		OCENA NATANČNOSTI
	D [m]	L [m]	D_s [m]	Δ_h [m]	Δ_h^- [m]	Δ_{DOP} [mm]	Δ_{DEJ} [mm]	σ_L [mm]
5171	20,13	1,04838	38,23	-0,45077	0,52810			
3	18,11	1,49915						
3	11,11	1,47893	17,44	0,97901				
51/7	6,33	0,49992						
			55,68	0,52824				
51/7	8,86	0,59361	18,16	-0,97869				
1	9,29	1,57230						
1	17,42	1,61274	35,75	0,45074				
5171	18,33	1,16200						
			53,91	-0,52795				
				0,00029		0,94	0,29	0,62
7201	5,99	1,67661	12,12	0,63363	0,63362			
72011	6,12	1,04298						
72011	6,12	1,04192	12,11	-0,63360				
7201	5,99	1,67552						
				0,00003		0,44	0,03	0,14
R38	10,42	1,09744	20,32	-0,35286	-0,35282			
381	9,90	1,45030						
381	9,91	1,45155	20,33	0,35277				
R38	10,42	1,09878						
				-0,00009		0,57	-0,1	0,32
R51	22,02	0,81005	42,86	-0,85592	-0,85583			
511	20,83	1,66597						
511	20,82	1,66582	42,84	0,85574				
R51	22,02	0,81008						
				-0,00018		0,83	-0,2	0,43
R39/10	17,89	1,26017	33,00	-0,20863	-0,20891			
39101	15,11	1,46880						
39101	15,10	1,46811	33,01	0,20919				
R39/10	17,90	1,25892						
				0,00056		0,73	0,56	1,54

... se nadaljuje

... nadaljevanje preglednice 5

R41/19	16,42	1,04748	33,58	-0,40971	-0,40957			
41191	17,17	1,45719						
41191	17,17	1,45912	33,58	0,40943				
R41/19	16,41	1,04969						
				-0,00028		0,73	-0,3	0,76
RKG3	15,61	1,22312	32,21	-0,52373	-0,52372			
RKG31	16,60	1,74685						
RKG31	16,61	1,74601	32,22	0,52370				
RKG3	15,61	1,22231						
				-0,00003		0,72	-0	0,08
5	12,30	0,96666	24,50	-0,58957	-0,58957			
51	12,20	1,55623						
51	12,20	1,55623	24,50	0,58957				
5	12,30	0,96666						
				0,00000		0,63	0	0,00
R39/17	18,30	0,93798	35,60	-0,92542	-0,92537			
39171	17,30	1,86340						
39171	18,28	0,93850	35,58	-0,92532				
R39/17	17,30	1,86382						
				-0,00010		0,76	-0,1	0,27

D ... merjena dolžina med nivelirjem in nivelmansko lato

L ... odčitek na lati

D_s ... dolžina posamezne nivelmanske linije

Δ_h ... višinska razlika

Δ^- ... srednja višinska razlika

Δ_{DOP} ... izračunano dopustno odstopanje

Δ_{DEJ} ... izračunano dejansko odstopanje

σ_L ... standardni odklon

PRILOGA D: ORTOFOTO Z VSEMI TOČKAMI, KI SO BILE VKLJUČENE V IZMERO



MERILO: 1 : 60.000