

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:

Rozman, V., 2016. Vpliv kakovosti koordinat oslonilnih točk na izračun prostornin iz oblakov točk bližnjeliskovnega fotogrametričnega zajema. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Koler, B.): 32 str.

Datum arhiviranja: 13-09-2016

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:

Rozman, V., 2016. Vpliv kakovosti koordinat oslonilnih točk na izračun prostornin iz oblakov točk bližnjeliskovnega fotogrametričnega zajema. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Koler, B.): 32 pp.

Archiving Date: 13-09-2016

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



VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM GEODEZIJA

Kandidat:

**VOJKO ROZMAN**

**VPLIV KAKOVOSTI KOORDINAT OSLONILNIH TOČK  
NA IZRAČUN PROSTORNIN IZ OBLAKOV TOČK  
BLIŽNJESLIKOVNEGA FOTOGAMETRIČNEGA  
ZAJEMA**

Diplomska naloga št.: 439/G

**IMPACT OF QUALITY OF COORDINATES OF THE  
GROUND CONTROL POINTS TO CALCULATE THE  
VOLUME OF POINT CLOSE RANGE  
PHOTOGRAMMETRIC CAPTURE**

Graduation thesis No.: 439/G

**Mentor:**

doc. dr. Božo Koler

**Somentor:**

asist. Tilen Urbančič

Ljubljana, 07. 09. 2016

## **STRAN ZA POPRAVKE**

**Štran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

Ta stran je namenoma prazna.

Spodaj podpisani študent **Vojko Rozman**, vpisna številka **26201800**, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: **Vpliv kakovosti koordinat oslonilnih točk na izračun prostornin iz oblakov točk bližnjelikovnega fotogrametričnega zajema**

#### IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

- a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
- b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Podpis študenta:

\_\_\_\_\_

Ta stran je namenoma prazna.

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

- UDK:** 528.715:629.735(497.4)(043.2)
- Avtor:** Vojko Rozman
- Mentor:** doc. dr. Božo Koler
- Somentor:** asist. Tilen Urbančič
- Naslov:** Vpliv kakovosti koordinat oslonilnih točk na izračun prostornin iz oblakov točk bližnjelikovnega fotogrametričnega zajema
- Tip dokumenta:** Diplomaska naloga
- Obseg in oprema:** 32 str., 12 pregl., 19 sl., 7 pril.
- Ključne besede:** GNSS izmera, klasična geodetska izmera, oslonilne točke, brezpilotni letalniki, izračun prostornine

### **Izvelek**

Namen diplomske naloge je ugotoviti vpliv kakovosti koordinat oslonilnih točk na izračun prostornine gradbene jame iz oblaka točk. Oblak točk smo generirali iz fotografij zajetimi z brezpilotnim letalnikom. Koordinate oslonilnih točk smo najprej izmerili z GNSS RTK metodo, ki je hitrejša in manj natančna. Nato smo mrežo oslonilnih točk izmerili z natančnejšo klasično geodetsko izmero. Oceno natančnosti merjenih količin smo naredili po ISO standardu. Koordinate oslonilnih točk smo določili z izravnavo horizontalne in višinske geodetske mreže. Izračun prostornine gradbene jame smo naredili v programu 3D Survey, pri čemer smo uporabili koordinate oslonilnih točk, določene z različnimi metodami izmere. Rezultate izračunanih prostornin smo primerjali med seboj. Razlika prostornin je bila manjša od enega odstotka, kar pomeni, da je GNSS RTK metoda dovolj natančna za georeferenciranje oblaka točk za potrebe izračuna prostornine.

Ta stran je namenoma prazna.



## BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

<b>UDK:</b>	<b>528.715:629.735(497.4)(043.2)</b>
<b>Author:</b>	Vojko Rozman
<b>Supervisor:</b>	Assist. Prof Božo Koler, Ph.D.
<b>Co-advisor:</b>	Assist. Tilen Urbančič
<b>Title:</b>	Impact of quality of coordinates of the ground control points to calculate the volume of point clouds close range photogrammetric capture
<b>Document type</b>	Graduation Thesis
<b>Notes:</b>	32 p., 12 tab, 19 fig., 7 ann.
<b>Keywords:</b>	GNSS measurements, classical geodetic measurement, ground control points, unmanned drones, volume calculation

### Abstract

The purpose of this thesis was to determine how the quality of coordinates of the ground control points affects the volume calculation of construction excavation voids calculated from a point cloud. The point cloud was generated based on the photographs taken by an unmanned drone. The ground control points were initially measured using the faster but less accurate GNSS RTK method. Subsequently, we then measured the ground control points using a more precise classical geodetic measurement. The accuracy of the results of these measurements was then evaluated according to the ISO standard. The coordinates of the ground control points were determined by levelling the horizontal and vertical geodetic network. The volume calculation of the construction excavation void was carried out using the 3D Survey software, where the coordinates of the ground control points were defined with various methods of measurement. The volume measurement results obtained were then compared. The results showed the difference in volume amounting to less than 1 percent, proving the GNSS RTK method is accurate enough to be effectively used for georeferencing of a point cloud in order to accurately measure volume.

Ta stran je namenoma prazna.

## ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc.dr. Božu Kolerju za strokovno usmerjanje in nasvete ter somentorju asistentu Tilnu Urbančiču za pomoč in vložen čas pri izdelavi diplomske naloge.

Posebej se zahvaljujem sodelavcu Jerneju za pomoč pri terenski izmeri in ženi Vanji za podporo, spodbudo in razumevanje.

Ta stran je namenoma prazna.

## KAZALO VSEBINE

<b>1 UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1 Namen in cilj naloge .....	1
<b>2 GEODETSKA MREŽA</b> .....	<b>2</b>
2.1 Opis mreže .....	2
2.2 Označevanje in stabilizacija oslonilnih točk na terenu .....	4
2.3 Uporabljena merska oprema in inštrumentarij .....	4
<b>3 METODE IZMERE</b> .....	<b>9</b>
3.1 GNSS izmera oslonilnih točk .....	9
3.2 Girusna metoda merjenja kotov .....	10
3.3 Trigonometrično višinomerstvo .....	11
3.4 Izravnava geodetske mreže .....	12
3.5 Bližnje slikovna fotogrametrija .....	12
<b>4 OBDELAVA OPAZOVANJ</b> .....	<b>13</b>
4.1 Izračun prostornine gradbene jame na podlagi koordinat oslonilnih točk določenih z GNSS RTK metodo izmere .....	13
4.2 Izračun prostornine gradbene jame na podlagi koordinat oslonilnih točk merjenih z girusno metodo .....	20
4.2.1 Priprava vhodnih podatkov .....	20
4.2.3 Izravnava horizontalne geodetske mreže .....	24
4.2.4 Izravnava višinske mreže .....	25
4.2.5 Ocena natančnosti po ISO standardu .....	26
<b>5 ANALIZA IN PRIMERJAVA REZULTATOV</b> .....	<b>29</b>
5.1 Izračun prostornine .....	30
<b>5 ZAKLJUČEK</b> .....	<b>32</b>
<b>VIRI</b> .....	<b>33</b>
<b>SEZNAM PRILOG</b> .....	<b>35</b>

**KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1:Podatki o inštrumentu Leica Nova Multistation MS50 (Geoservis, 2016).....	6
Preglednica 2:Koordinate oslonilnih točk izmerjenih z GNSS RTK v Gauß Krügerjevem koordinatnem sistemu.....	9
Preglednica 3:Sredine girusov opazovanih horizontalnih smeri.....	20
Preglednica 4:Izračun horizontalnih dolžin.....	21
Preglednica 5:Izračun višinskih razlik med točkami dH.....	23
Preglednica 6:Popravki približnih koordinat.....	24
Preglednica 7:Oslonilne točke izmerjene in izravnane v geodetski mreži.....	25
Preglednica 8:Primerjava dolžin merjenih s tahimetrom in izračunanih iz koordinat točk določenih z GNSS izmero.....	27
Preglednica 9:Ocena natančnosti opazovanj horizontalnih smeri po ISO17123-3 za instrument Leica Nova MS50.....	28
Preglednica 10:Ocena natančnosti opazovanj zenitnih razdalj po ISO17123-3 za instrument Leica Nova MS50.....	28
Preglednica 11:Ocena natančnosti opazovanih dolžin po ISO17123-3 za inštrument Leica Nova MS50.....	28
Preglednica 12:Primerjava prostornin gradbene jame.....	31

## KAZALO SLIK

Slika 1: Geodetska mreža oslonilnih točk .....	2
Slika 2: Označitev in stabilizacija oslonilnih točk .....	4
Slika 3: GNSS inštrument Leica Viva GS08 plus s togim grezilom .....	5
Slika 4: Tahimeter Leica Nova Multistation MS50 .....	6
Slika 5: Signalizirana oslonilna točka .....	7
Slika 6: Kvadrokopter Microdrones MD4-1000 .....	8
Slika 7: Kvadrokopter v zraku .....	8
Slika 8: Princip merjenja horizontalnih kotov po girusni metodi .....	10
Slika 9: Princip merjenja po metodi trigonometričnega višinomerstva (Tankonyvtar, 2016) .....	11
Slika 10: Izdelava oblaka točk z metodo večslikovnega ujemanja (Modri planet d.o.o, 2016) .....	12
Slika 11: Detekcija tarč oslonilnih točk .....	13
Slika 12: Oblak točk gradbene jame .....	14
Slika 13: Višinski prikaz oblaka točk .....	15
Slika 14: Ploskev DMR s prikazom situacije prečnega in vzdolžnega profila .....	16
Slika 15: Izsek iz prečnih profilov dveh ploskev .....	17
Slika 16: Določitev površine trikotnika v mreži TIN (Urbančič in sod., 2015) .....	18
Slika 17: Primer izračuna prostornine gradbene jame .....	19
Slika 18: Odstopanje na oslonilnih točkah pri orientaciji fotografij za GNSS izmero .....	29
Slika 19: Odstopanje na oslonilnih točkah pri orientaciji fotografij za klasično geodetsko izmero .....	30

**UPORABLJENE KRATICE**

ATR	Automatic Target Recognition (avtomatsko prepoznavanje tarče)
DMR	Digitalni model reliefa
DSM	Digital Surface Model (digitalni model reliefa)
GNSS	Globalni navigacijski satelitski sistem
ISO	International Organization for Standardization (mednarodna organizacija za standarde)
RTK	Real Time Kinematic (opazovanja v realnem času)
TIN	Triangulated Irregular Network (mreža nepravilnih trikotnikov)



## 1 UVOD

Z razvojem digitalnih fotoaparatorov in brezpilotnih letalnikov se je pojavila nova vrsta fotogrametričnega zajema podatkov v geodeziji. Letalniki so bili najprej v uporabi za vojaške namene, kasneje pa so se zaradi nižje cene in tako lažje dostopnosti začeli uporabljati v civilne namene. Geodezija je področje, kjer lahko s pridom izkoristimo prednosti letalnikov za fotogrametrično slikanje terena. Upravljanje letalnikov je zelo enostavno, ker imajo vgrajene številne senzorje, ki omogočajo natančen nadzor nad lokacijo in nagibom letalnika. To so kompas, višinomer, inercialna merska enota, žiroskop, GNSS sprejemnik in barometer.

Iz digitalnih fotografij narejenih s pomočjo letalnika na principu večslikovnega ujemanja izračunamo oblak točk velike gostote. Za georeferenciranje oblaka točk uporabljamo oslonilne točke, ki jih enakomerno razvrstimo po območju obdelave. Določiti jim moramo koordinate v izbranem prostorskem koordinatnem sistemu. Georeferenciran oblak točk nam v inženirski geodeziji služi za izračun prostornin izkopanega materiala, izris prečnih profilov, izris plastnic in podobno.

Prostornina izkopanega materiala je pomemben podatek tako za investitorja, kot za izvajalca, saj predstavlja pomemben finančni delež investicije pri gradnji objekta. Pri zemeljskih delih prihaja praviloma do večjih odstopanj med količinami predvidenimi v projektu in dejanskimi količinami, ki jih obračuna izvajalec, zato je tu vloga geodeta izrednega pomena.

### 1.1 Namen in cilj naloge

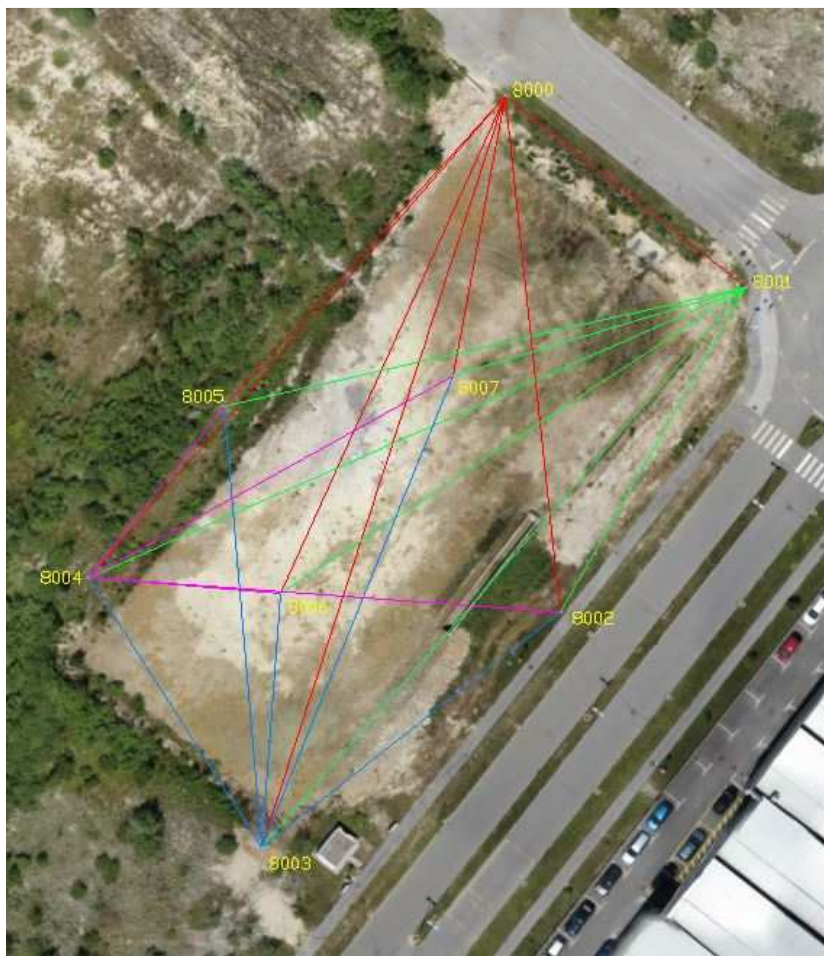
V diplomski nalogi bomo analizirali vpliv kakovosti koordinat oslonilnih točk na določitev prostornine, če koordinate oslonilnih točk določimo z različno natančnostjo in z različnimi metodami izmere. Prostornino gradbene jame bomo prvič izračunali iz oblaka točk, ki je georeferenciran na podlagi oslonilnih točk, določenih z GNSS RTK metodo izmere. Drugič bomo oslonilne točke izmerili kot klasično geodetsko mrežo. Koordinate oslonilnih točk so določene na osnovi izmere iz štirih stojišč v treh girusih. Pri izravnavi geodetske mreže bomo uporabili približne koordinate pridobljene z GNSS RTK izmero. Volumen gradbene jame bomo izračunali ponovno in rezultate primerjali med seboj.

## 2 GEODETSKA MREŽA

### 2.1 Opis mreže

Geodetska mreža predstavlja osnovo vsake geodetske izmere. Za kakovostno izvedbo geodetskih del na gradbišču je pomembno sodelovanje geodeta in vodje gradbišča. Vodja gradbišča mora geodetu omogočiti postavitve geodetske mreže in z organizacijo gradbišča preprečiti poškodovanje geodetske mreže med samo gradnjo.

Pri klasični izmeri geodetske mreže lahko nastane težava, če se točke med seboj ne vidijo zaradi nasutega materiala, gradbenih strojev ali drugih ovir na gradbišču. Zato smo za diplomsko nalogo izbrali gradbeno jamo, ki omogoča izmero geodetske mreže iz štirih stojišč.



Slika 1: Geodetska mreža oslonilnih točk

Mreža oslonilnih točk je izmerjena iz štirih stojišč 8000, 8001, 8003 in 8004. Točke se nahajajo na robu gradbene jame razen točki 8006 in 8007, ki sta zaradi boljše geometrije in vpenjanja oblaka točk v sami gradbeni jami. Razdalje med točkami znašajo od 24 do 100 metrov.

Oslonilne točke morajo biti zaradi zagotavljanja večje kakovosti in homogenosti geodetske mreže razporejene čim bolj enakomerno po obravnavanemu območju. V praksi je to največkrat težko izvedljivo zaradi konfiguracije terena, ovir na gradbišču, objektov in vegetacije.

V našem primeru je območje primerno za takšno postavitvev, razen na severozahodni strani, kjer nas je ovirala srednje visoka vegetacija. Lokacija točke 8005 zato ni optimalna. Idealno bi bilo, če bi bila postavljena bolj na sredini gradbene jame, nasproti točke 8002.

Razdalje med točkami so precej majhne, zato pričakujemo opazna odstopanja merjenih dolžin in horizontalnih smeri, glede na dovoljena odstopanja v ISO 4463-1. Pri oceni natančnosti po ISO standardu 4463-1 bomo primerjali merjene količine s količinami, ki so izračunane iz koordinat GNSS RTK izmere.

Koordinate oslonilnih točk smo najprej izravnali kot prosto horizontalno geodetsko mrežo, kar pomeni da so vse točke v mreži izračunane kot nove točke. (Priloga E)

Potem smo izravnali vpeto horizontalno geodetsko mrežo. Točki 8001 in 8004 smo v izravnavi horizontalne geodetske mreže uporabili kot dani točki, ostale točke pa kot nove.

## 2.2 Označevanje in stabilizacija oslonilnih točk na terenu

Za označevanje oslonilnih točk se pri fotogrametrični izmeri uporabljajo tarče. Velikost ter oblika tarče mora biti izbrana tako, da se dobro vidi na fotografijah in omogoča avtomatsko prepoznavanje. Pri višini slikanja 60 m običajno uporabljamo bele kvadratne tarče velikosti 30 cm x 30 cm s črno piko, premera 25 cm, v sredini. Material je lahko les ali pvc. V našem primeru smo uporabili pvc tarče velikosti 30 cm x 30 cm, kot je prikazano na sliki 3.

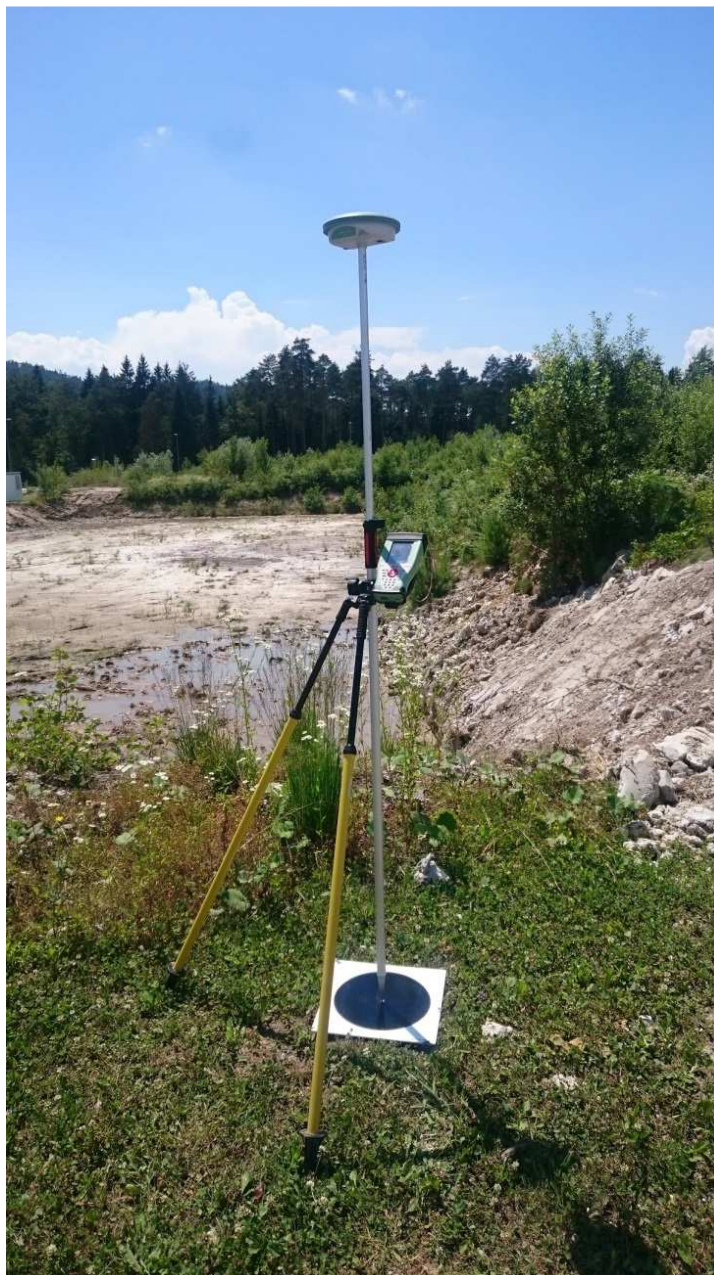
Tarče morajo biti stabilizirane tako, da se med samo izvedbo meritev ne premikajo. Za stabilizacijo smo uporabili lesene količke dolžine 30 cm, ki so zabiti ravno s terenom. Tarče smo privijačili na lesene količke.



Slika 2: Označitev in stabilizacija oslonilnih točk

## 2.3 Uporabljena merska oprema in inštrumentarij

Za izmero oslonilnih točk smo uporabili GNSS inštrument Leica Viva GS08 plus. Inštrument ima 120 kanalno merilno jedro in sprejema signale konstelacij GPS in GLONASS. Za povezavo v RTK omrežje uporablja širokopasovni modem 3.5 G, ki je vgrajen v ohišje terenskega kontrolerja CS10. Za izmero smo uporabili togo grezilo in dvonožno stojalo.



Slika 3: GNSS inštrument Leica Viva GS08 plus s togim grezilom

Koordinate oslonilnih točk smo določili tudi na osnovi klasične geodetske izmere, kjer smo uporabili tahimeter Leica Nova Multistation MS50.

Preglednica 1: Podatki o inštrumentu Leica Nova Multistation MS50 (Geoservis, 2016)

Natančnost merjenja smeri	$\pm 1''$
Natančnost merjenja razdalj z reflektorjem	1mm+1,5ppm
Natančnost merjenja razdalj brez reflektorja	2mm+2ppm
Domet	10000 m



Slika 4: Tahimeter Leica Nova Multistation MS50

Ostali merski pripomočki:

- prizme Leica GPR 121,
- podnožja,
- peclji,
- stativi,
- ročni merski trak.



Slika 5: Signalizirana oslonilna točka

Fotografiranje terena smo naredili s kvadrokopterjem Microdrones MD4-1000, ki ima nameščen digitalni fotoaparatus Olympus Pen EP-1. Fotoaparatus ima tipalo veliko 18 mm x 13,5 mm, sestavljeno iz 12,3 milijona točk in fiksni objektiv z goriščno razdaljo 17 mm.



Slika 6: Kvadrokopter Microdrones MD4-1000



Slika 7: Kvadrokopter v zraku



### 3 METODE IZMERE,

#### 3.1 GNSS izmera oslonilnih točk

Izmero geodetske mreže smo izvedli z RTK (ang. Real-Time-Kinematic) metodo izmere. Posebnost te metode je, da premični in referenčni sprejemnik potrebudeta radijsko povezavo v realnem času. Prednost RTK pred ostalimi metodami izmere je, da med samo izmero pridobimo informacijo o količini in kvaliteti opravljenega terenskega dela. (Kuhar in Pavlovič Prešeren 2010).

Koordinate točk so bile izračunane kot aritmetična sredina dvakratnih 15-sekundnih neodvisnih meritev v razmiku približno ene ure in so zbrane v preglednici 1. Koordinate točk določene z GNSS RTK izmero, smo pri izravnavi mreže uporabili kot približne koordinate. Ocena natančnosti GNSS RTK izmere koordinat oslonilnih točk se nahaja v prilogi A.

Preglednica 2: Koordinate oslonilnih točk izmerjenih z GNSS RTK v Gauß Krügerjevem koordinatnem sistemu

Številka točke	Y (m)	X (m)	H (m)	Natančnost določitve položaja (m)
8000	464030,960	115933,336	331,505	0,012
8001	464061,580	115908,920	331,346	0,011
8002	464037,893	115867,659	330,926	0,013
8003	463999,857	115837,746	331,060	0,011
8004	463977,855	115871,940	331,648	0,013
8005	463995,054	115893,729	331,991	0,012
8006	464002,188	115869,908	328,602	0,012
8007	464024,292	115897,692	328,596	0,011

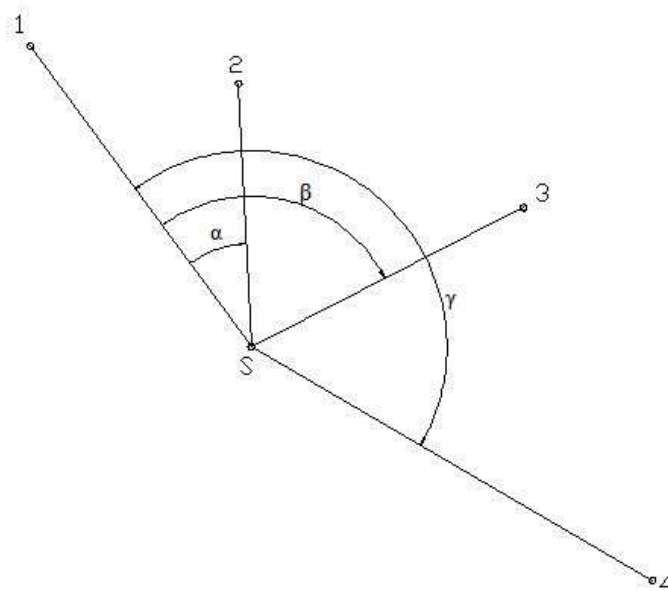
### 3.2 Girusna metoda merjenja kotov

Girusna metoda se najpogosteje uporablja za merjenje horizontalnih smeri in zenitnih razdalj. S povečanjem števila girusov izboljšamo natančnost izmere. Pri terenski izmeri na vse točke postavimo stativo s prizmami. Izmero izvedemo po principu prisilnega centriranja. Na stojiščno točko postavimo inštrument, ki ga moramo centrirati in horizontirati. Točke merimo v smeri urinega kazalca v prvi krožni legi. Potem obrnemo inštrument v drugo krožno lego in v obratni smeri izmerimo vse točke. Tako smo izmerili en girus. Točke mreže oslonilnih točk smo zaradi boljše natančnosti izmerili v treh girusih.

Za izmero je bil uporabljen inštrument s sistemom avtomatskega prepoznavanja in viziranja tarče. (ATR, angleško Automatic Target Recognition).

To pomeni, da na podlagi oblike in jakosti odbitega signala od tarče sam popravlja smer opazovanja tarče. Inštrument na osnovi tipala določi pravilno smer do središča tarče. (Kogoj, 2011).

S tem načinom je operaterju omogočeno v kratkem času izmeriti veliko število girusov.



Slika 8: Princip merjenja horizontalnih kotov po girusni metodi

### 3.3 Trigonometrično višinerstvo

Pri trigonometričnem višinerstvu gre za postopek določanja višinskih razlik med dvema točkama na osnovi merjene zenitne razdalje »z« in razdalje med točkama »S« (slika 8). Pri enostavnejših izračunih upoštevamo višino inštrumenta in višino signala. Na podlagi merjene zenitne razdalje »z« in poševne dolžine »S« izračunamo merjeno višinsko razliko med točkama »Δh« po sledeči enačbi:

$$\Delta h = S \cdot \cos(z) + i - l,$$

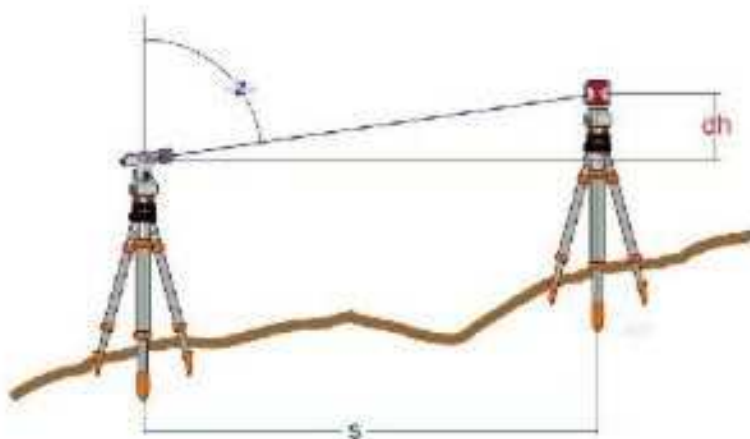
kjer je:

S .....poševna dolžina,

z.....zenitna razdalja,

i.....višina inštrumenta,

l.....višin signala.



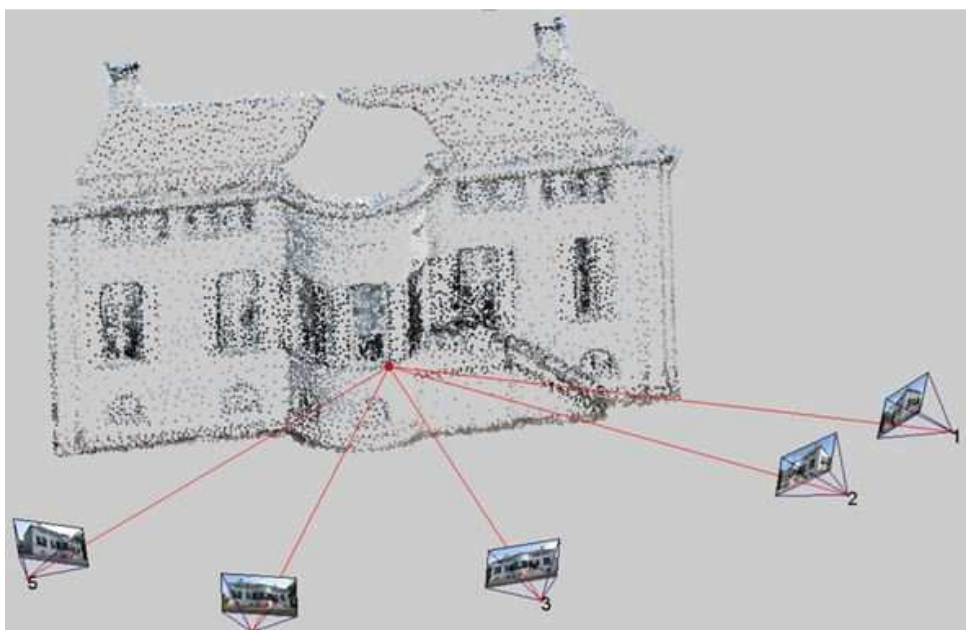
Slika 9: Princip merjenja po metodi trigonometričnega višinerstva (Tankonyvtar, 2016)

### 3.4 Izravnava geodetske mreže

Točke geodetske mreže smo izmerili v treh girusih. Opazovanje točk v več girusih pomeni večkratne neodvisne meritve horizontalnih smeri in poševnih dolžin, kar zmanjša verjetnost nastanka grobih pogreškov, omogoča dodatne kontrole in poveča natančnost izmere. Vrednosti opazovanj, ki jih prenesemo iz instrumenta moramo za nadaljnji izračun predhodno obdelati. Iz niza opazovanj s pomočjo različnih postopkov izločamo sistematične in grobe pogreške. Z uporabo sodobnih instrumentov večinoma ti postopki potekajo avtomatsko (Kogoj, 2011).

### 3.5 Bližnje slikovna fotogrametrija

S pomočjo fotogrametričnih tehnik lahko določimo geometrijske lastnosti objektov na fotografijah. Če poenostavimo, razdaljo med dvema točkama, ki ležita na isti ravnini, ki je vzporedna z ravnino projekcije lahko izmerimo enostavno tudi na fotografiji v kolikor poznamo merilo fotografije.



Slika 10: Izdelava oblaka točk z metodo večslikovnega ujemanja (Modri planet d.o.o.,2016)

Algoritmi fotogrametričnih tehnik temeljijo na osnovi minimaliziranja vsote kvadratov popravkov. 3D koordinate definirajo lokacijo objekta v 3D prostoru. Slikovne koordinate pa definirajo položaj objekta na digitalnem senzorju. Zunanje orientacije kamer podajo orientiranost in položaj kamer v prostoru. Parametri notranje orientacije pa definirajo geometrične vrednosti slikovnih postopkov. Na podlagi

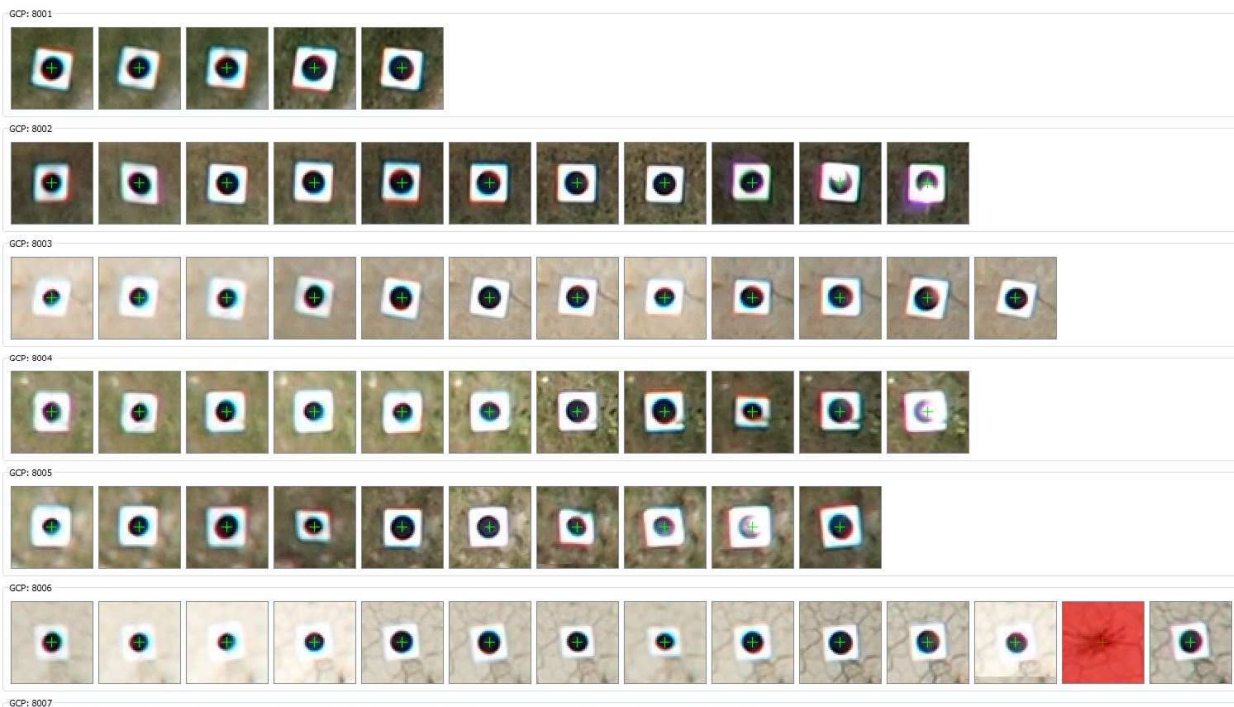
goriščne razdalje snemalnega sistema, podatkov distorzije leč in velikosti snemalnega senzorja lahko na podlagi zajetih fotografij izračunamo 3D prostorske modele, ki jih lahko predstavimo z oblaki točk.

## 4 OBDELAVA OPAZOVANJ

### 4.1 Izračun prostornine gradbene jame na podlagi koordinat oslonilnih točk določenih z GNSS RTK metodo izmere

Izračun prostornine gradbene jame smo najprej naredili na podlagi koordinat oslonilnih točk, ki smo jih izmerili z GNSS RKT izmero. Obdelavo fotografij in celoten postopek za pridobitev gostega oblaka točk smo naredili v programskem paketu 3D Survey, podjetja Modri planet d.o.o..

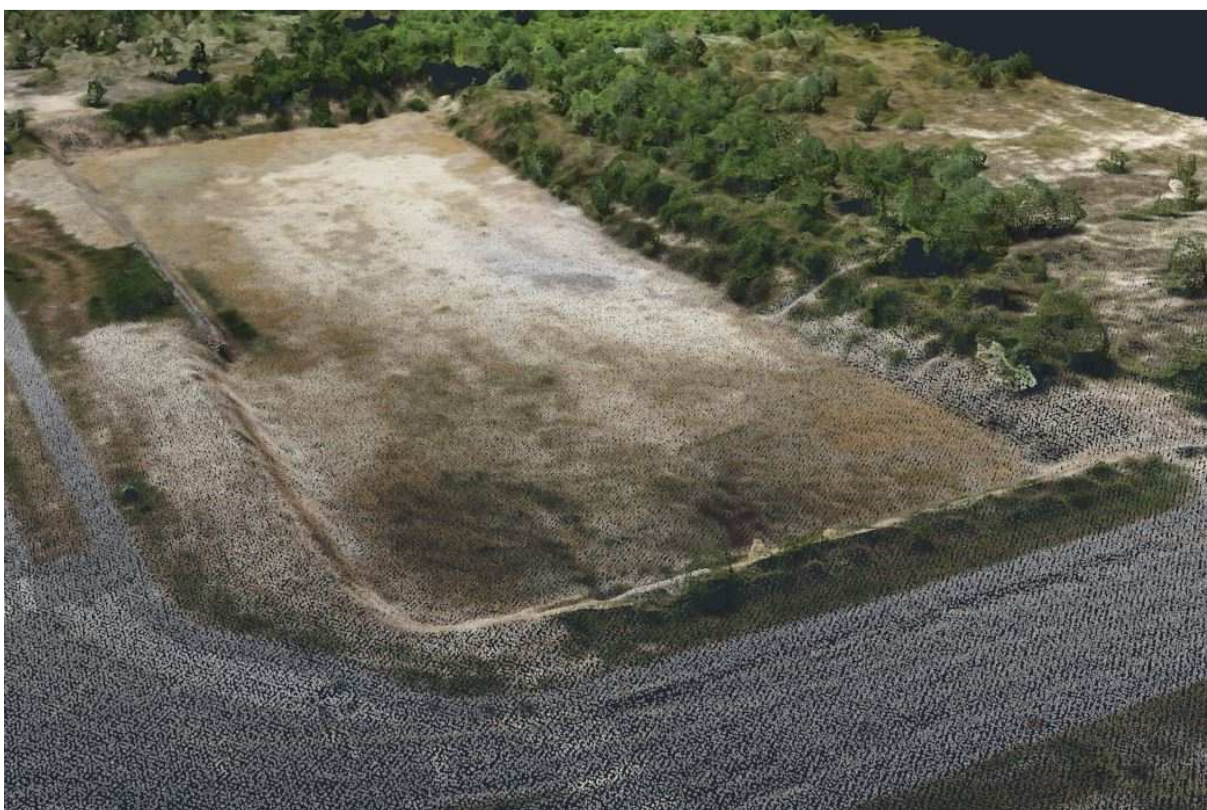
Pri metodi večslikovnega ujemanja je pomembno zagotoviti 60 odstotno prekrivanje fotografij. Sledi georeferenciranje s pomočjo oslonilnih točk.



Slika 11: Detekcija tarč oslonilnih točk

Pri postopku geolociranja v program 3D Survey vnesemo tekstovno datoteko oslonilnih točk. V programu ročno pokažemo tri tarče na fotografijah, potem program avtomatsko zazna ostale tarče. Na sliki 12 so prikazani izrezi posameznih oslonilnih točk na različnih fotografijah. Slika obarvano rdeče pomeni, da tarča ni bila zaznana zaradi slabe vidljivosti.

Gost oblak točk predstavljajo 3D točke z realnimi barvami. Gostota oblaka je odvisna od detajla na fotografijah, višine leta, prostorske ločljivosti slikovne točke, teksture terena in drugih parametrov. Običajno izračunamo 200 točk na kvadratni meter ali več.



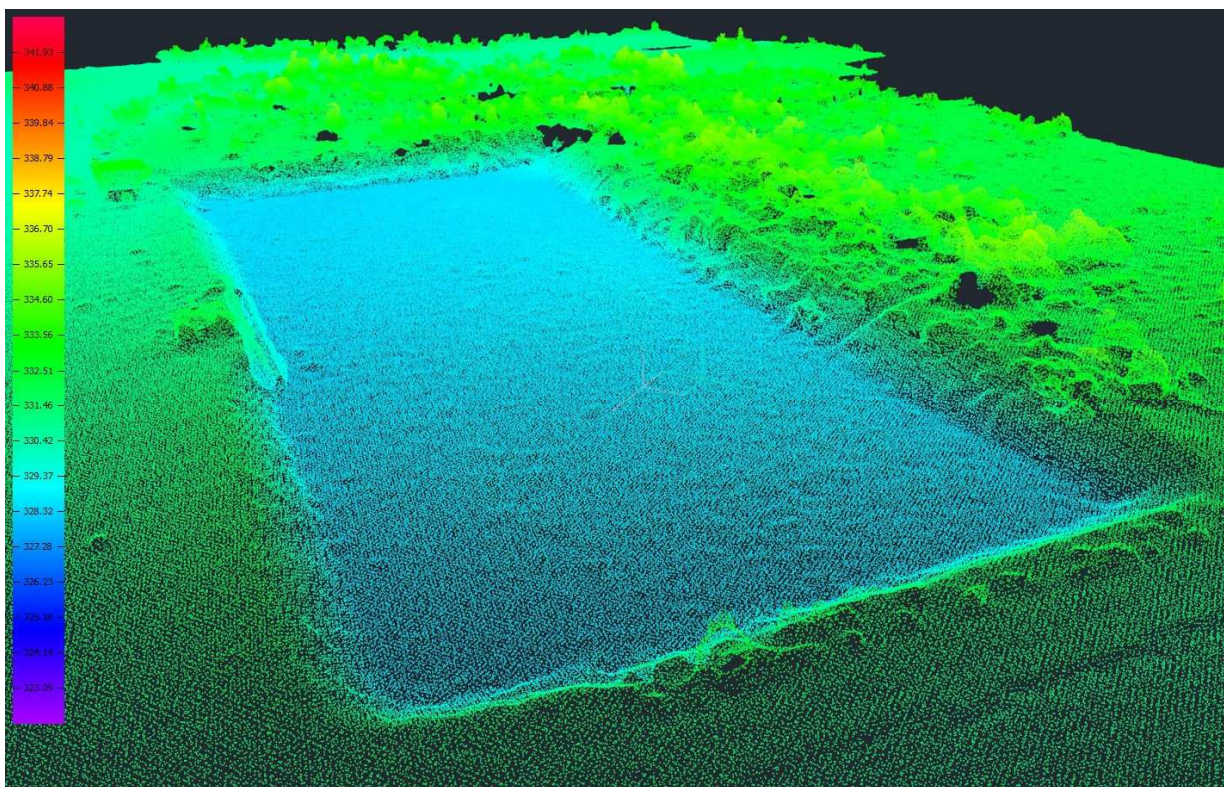
Slika 12: Oblak točk gradbene jame

Sledi ročno filtriranje oblaka točk, ker vsebuje tudi podatke visoke in srednje visoke vegetacije, lahko tudi gradbiščne ograje, gradbenih strojev, itd. Takšne nezaželene točke, ki ne predstavljajo terena, ki ga potrebujemo za izračun prostornin, imenujemo šum.

Ker oblak točk poleg koordinat vsebuje tudi podatek o barvi in prosojnosti posamezne slikovne točke, je filtriranje točk dokaj enostavno in pregledno.

V našem primeru je bilo potrebno odstraniti točke srednje visoke vegetacije. Za odstranitev šuma se uporabljajo različne tehnike filtriranja, ki jih dopolnimo z ročnim odstranjevanjem točk. Lahko uporabimo prosto dostopne programe, kot so MeshLab, CloudCompare ali Revit ki omogočajo enostavno urejanje oblaka točk. Mi smo urejanje naredili v programskem paketu 3D Survey.

Za podrobnejši in bolj pregleden prikaz imamo na voljo tudi višinski prikaz oblaka točk. Točke so obarvane glede na nadmorsko višino, ki se jo da razbrati iz merila višin na levi strani slike.



Slika 13: Višinski prikaz oblaka točk

Ko imamo pripravljen pravilen oblak točk, sledi izdelava ploskve, ki jo potrebujemo za izračun prostornine. Ploskev izdelamo s pomočjo mreže trikotnikov med točkami TIN. Tako izdelana ploskev se imenuje DMR (digitalni model reliefa) ali angleško DSM (digital surface model).

Takšna ploskev predstavlja natančen približek zemeljskega površja in je dobra podlaga za izračun prostornine, predstavitev terena s plastnicami ali izris profilov.



Slika 14: Ploskev DMR s prikazom situacije prečnega in vzdolžnega profila

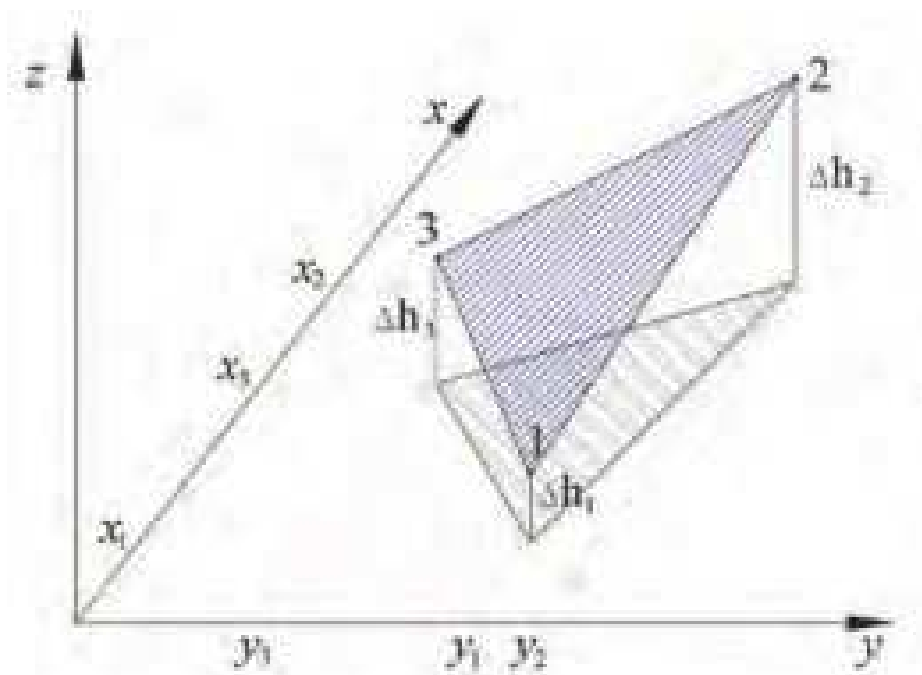




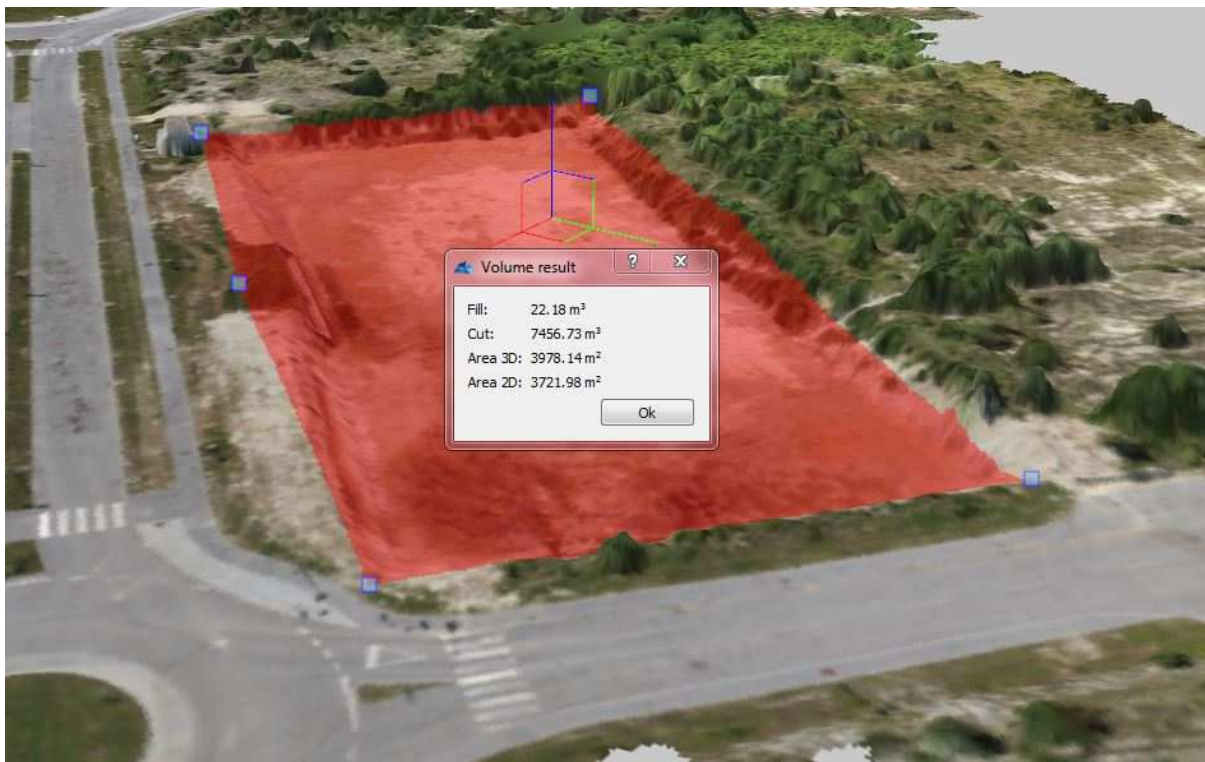
Slika 15: Izsek iz prečnih profilov dveh ploskev

Na sliki 16 je prikazan izsek iz prečnih profilov dveh ploskev. Prvi profil predstavlja ploskev izračunano na podlagi koordinat oslonilnih točk merjenih z GNSS RTK metodo in je obarvan modro. Drugi profil, obarvan rdeče je profil ploskve izračunane na podlagi koordinat oslonilnih točk izmerjenih s klasično geodetsko izmero.

Ploskev je sestavljena iz mreže trikotnikov TIN. Za izračun prostornine potrebujemo dve ploskvi trikotnikov med katerima tvorimo tristrane prizme. Na sliki 14 je prikazana tristrana prizma v pravokotnem koordinatnem sistemu. Ploščino trikotnika izračunamo iz koordinat vseh treh oglišč trikotnika. Prostornino tristrane prizme izračunamo kot zmnožek ploščine in aritmetične sredine višin oglišč trikotnika. Tako ima vsaka tristrana prizma določeno prostornino. Končna prostornina je vsota vseh delnih prostornin na določenem območju.



Slika 16: Določitev površine trikotnika v mreži TIN (Urbančič in sod., 2015)



Slika 17: Primer izračuna prostornine gradbene jame

Prostornina je izračunana na medsebojni primerjavi dveh ploskev, ki ležita na različnih nadmorskih višinah. Prva ploskev predstavlja višino terena pred izkopom gradbene jame. Druga ploskev definira gradbeno jamo in poteka od zgornjega do spodnjega roba brežine in po samem dnu gradbene jame.

Pri poročilu o izračunu prostornin so predvsem starejši gradbeniki in nadzorniki nezaupljivi, ker so navajeni na izračun iz prečnih profilov. Program ima možnost izrisa prečnih in vzdolžnih profilov na kateremkoli mestu si naročnik zaželi. Nadzornik na gradbišču si lahko na osnovi površin prečnih profilov in razdalje med prečnimi profili sam izračuna prostornino zemljin in tako kontrolira izračun iz oblaka točk.

## 4.2 Izračun prostornine gradbene jame na podlagi koordinat oslonilnih točk merjenih z girusno metodo

### 4.2.1 Priprava vhodnih podatkov

Najprej je bilo potrebno izračunati aritmetične sredine opazovanih horizontalnih smeri, zenitnih razdalj in poševnih dolžin za posamezna stojišča.

Preglednica 3: Sredine girusov opazovanih horizontalnih smeri

Stojišče	Vizura	Hz smer	Stojišče	Vizura	Hz smer
8000	8001	0° 0' 0"	8001	8002	0° 0' 0"
	8002	45° 19' 31,3"		8003	11° 5' 26,9"
	8007	61° 59' 12,4"		8006	26° 52' 0,2"
	8003	69° 22' 18,2"		8004	36° 19' 39,6"
	8006	75° 44' 58,7"		8007	43° 24' 14,9"
	8004	92° 11' 13,4"		8005	47° 17' 1,4"
	8005	93° 31' 19,1"		8000	98° 49' 27,2"
8003	8004	0° 0' 0"	8004	8005	0° 0' 0"
	8005	27° 51' 11,8"		8000	2° 34' 18,4"
	8006	36° 53' 44,5"		8007	22° 42' 10,1"
	8000	50° 46' 57,7"		8001	27° 53' 19,1"
	8007	54° 55' 5,9"		8002	55° 47' 6,5"
	8001	73° 40' 42,1"		8006	56° 28' 12,9"
	8002	84° 33' 57,0"		8003	108° 58' 29,9"

Pri redukcijah dolžin je potrebno upoštevati meteorološke, geometrične in projekcijske popravke. Zaradi kratkih merjenih razdalj so geometrični in projekcijski popravki neznatni, zato smo upoštevali le meteorološke popravke. Glede na stopnjo zahtevane natančnosti, smo podatke o temperaturi in zračnem tlaku vnesli v inštrument pri izvedbi meritev. Podatki o dolžinah pridobljenih iz inštrumenta imajo tako že upoštevane meteorološke popravke.

Preglednica 4: Izračun horizontalnih dolžin

Stojišče	Vizura	Z(°)	d <sub>poš</sub> (m)	d <sub>hor</sub> (m)
8000	8001	90,2217777	39,171	39,171
	8002	90,4661388	66,093	66,091
	8003	90,2371388	100,607	100,606
	8004	89,8677222	81,251	81,251
	8005	89,4321666	53,528	53,525
	8006	92,3222222	69,772	69,714
	8007	94,4170555	36,436	36,328
8001	8000	89,7836111	39,170	39,170
	8002	90,4655555	47,563	47,562
	8003	90,1625277	94,230	94,229
	8004	89,7890555	91,538	91,538
	8005	89,4298055	68,245	68,242
	8006	92,1576388	71,114	71,064
	8007	93,9012777	39,044	38,954
8003	8000	89,7679166	100,606	100,605
	8001	89,8433611	94,230	94,229
	8002	90,1471944	48,428	48,428
	8004	89,1516388	40,671	40,667
	8005	89,0392500	56,215	56,207
	8006	94,2764166	32,357	32,267
	8007	92,1184444	64,792	64,747
8004	8000	90,1380277	81,250	81,250
	8001	90,2161944	91,538	91,537
	8002	90,6928611	60,221	60,217
	8003	90,8523888	40,671	40,666
	8005	89,2983055	27,770	27,768
	8006	97,0425000	24,602	24,416
	8007	93,2320555	53,181	53,096

Dolžine med stojiščnimi točkami, so merjene obojestransko. Obojestransko merjena dolžina med istimi točkami je obarvana z isto barvo.

Ocena natančnosti merjenih dolžin se nahaja v prilogi B. Ocena natančnosti za merjenje horizontalnih smeri je prikazana v prilogi C, za zenitne distance pa v prilogi D.

Merjeno višinsko razliko med dvema oslonilnima točkama 1 in 2 izračunamo po enačbi:

$$\Delta h_{12} = d_{12} \cdot ctg z_{12} + i_1 - l_2,$$

kjer so:

$\Delta h_{12}$ ...merjena višinska razlika med točkama 1 in 2,

$d_{12}$ ...horizontalna dolžina med točkama 1 in 2,

$z_{12}$ ...merjena zenitna razdalja med točkama 1 in 2,

$i_1$ ...višina inštrumenta,

$l_2$ ...višina signala.

Natančnost določitve višinske razlike s trigonometričnim višinomerstvom ocenimo po naslednji enačbi (Haessler in Wachmuth, 1994):

$$\sigma_{\Delta h} = \sqrt{(\sigma_d \cdot ctg z)^2 + (d \cdot \frac{\sigma_z}{r})^2 + \sigma_i^2 + \sigma_l^2},$$

kjer so:

$\sigma_d$ ...standardni odklon merjenih dolžin,

$\sigma_z$ ...standardni odklon merjenih zenitnih distanc,

$\sigma_i$ ...standardni odklon merjenja višine inštrumenta (v našem primeru ocenimo na 2mm),

$\sigma_l$ ...standardni odklon merjenja višine signala (v našem primeru ocenimo na 2mm),

$d$ ...horizontalna dolžina,

$r$ ...polmer Zemlje (6381km).

Preglednica 5: Izračun višinskih razlik med točkami

Stojišče	Vizura	i (m)	l (m)	dH (m)
8000	8001	1,568	1,577	-0,159
8000	8002	1,568	1,637	-0,604
8000	8003	1,568	1,583	-0,427
8000	8004	1,568	1,630	0,129
8000	8005	1,568	1,615	0,486
8000	8006	1,568	1,660	-2,916
8000	8007	1,568	1,684	-2,921
8001	8000	1,577	1,568	0,159
8001	8002	1,577	1,637	-0,444
8001	8003	1,577	1,583	-0,269
8001	8004	1,577	1,630	0,288
8001	8005	1,577	1,615	0,644
8001	8006	1,577	1,660	-2,757
8001	8007	1,577	1,684	-2,762
8003	8000	1,583	1,568	0,427
8003	8001	1,583	1,577	0,268
8003	8002	1,583	1,637	-0,176
8003	8004	1,583	1,630	0,557
8003	8005	1,583	1,615	0,913
8003	8006	1,583	1,660	-2,488
8003	8007	1,583	1,684	-2,493
8004	8000	1,630	1,568	-0,130
8004	8001	1,630	1,577	-0,288
8004	8002	1,630	1,637	-0,732
8004	8003	1,630	1,583	-0,556
8004	8005	1,630	1,615	0,356
8004	8006	1,630	1,660	-3,045
8004	8007	1,630	1,684	-3,050

Standardni odklon določitve višinske razlike  $\sigma_{\Delta h}$  znaša 2,8mm.

### 4.2.3 Izravnava horizontalne geodetske mreže

Prvi del vhodnih podatkov predstavljajo obdelane merjene horizontalne smeri. Posameznim smerem lahko določimo različne uteži. V našem primeru smo predpostavili, da so horizontalne smeri na posameznih točkah izmerjene z enako natančnostjo, zato imajo vse utež (1).

Drugo polovico vhodnih podatkov predstavljajo reducirane dolžine. Pri dolžinah smo upoštevali le meteorološke popravke, ki smo jih vnesli v inštrument.

Izravnavo mreže smo naredili s programom GEM verzija 4.0. Program dela na osnovi Gauss-Markovega modela posredne izravnave. Model sestavljajo funkcijske in stohastične povezave spremenljivk, vključenih v model (Petrovič, M 2011).

Popravki približnih koordinat izmerjenih z GNSS metodo so velikostnega reda nekaj centimetrov.

Preglednica 6: Popravki približnih koordinat

Točka	Dy (m)	Dx (m)
8002	0,023	0,01
8005	0,002	0,006
8006	-0,004	0,009
8007	-0,008	0,000
8003	-0,008	-0,009
8000	0,039	0,056

Referenčno standardno odstopanje znaša 0.96665, srednji položajni pogrešek pa 0,001 metra. Rezultati horizontalne izravnave in ocena natančnosti so zbrani v prilogi F.



#### 4.2.4 Izravnava višinske mreže

Podobno moramo tudi pri izravnavi višinske mreže pripraviti vhodno datoteko, ki je sestavljena iz dane nadmorske višine izhodiščne točke in približnih nadmorskih višin novih točk.

V datoteko vpišemo tudi merjene višinske razlike med točkami »dH« in reducirane dolžine, ki smo jih predhodno izračunali.

Rezultati višinske izravnave in ocena natančnosti so zbrani v prilogi G.

Preglednica 7: Oslonilne točke izmerjene in izravnane v geodetski mreži

Številka točke	Y (m)	X (m)	H (m)	$\sigma_y$ (m)	$\sigma_x$ (m)	$\sigma_p$ (m)	$\sigma_H$ (m)
8000	464030,999	115933,392	331,505	0,001	0,001	0,001	0,0001
8001	464061,580	115908,920	331,346	/	/	/	/
8002	464037,916	115867,669	330,902	0,001	0,001	0,002	0,0002
8003	463999,849	115837,737	331,077	0,001	0,001	0,002	0,0002
8004	463977,855	115871,940	331,634	/	/	/	0,0001
8005	463995,056	115893,735	331,990	0,001	0,001	0,002	0,0002
8006	464002,184	115869,917	328,589	0,001	0,001	0,001	0,0002
8007	464024,284	115897,692	328,584	0,001	0,001	0,001	0,0002

Popravki približnih koordinat oslonilnih točk se gibljejo med od 0,002m do 0,056m.

Največji položajni pogrešek določitve koordinat oslonilnih točk  $\sigma_p$  znaša 0,002m.

Koordinate oslonilnih točk po obeh izravnava h smo uporabili za ponovni izračun oblaka točk in prostornine gradbene jame.

#### 4.2.5 Ocena natančnosti po ISO standardu

Standardi so dokumentirani tehnični dogovori in postopki, ki jih sprejmejo in uporabljajo njihovi uporabniki. Njihova značilna prednost je v tem, da pripomorejo k pospeševanju gospodarskega razvoja, ker omogočajo večjo združljivost storitev in izdelkov.

Vsebino standarda sestavljajo dokumentirana soglasja, ki vsebujejo tehnične specifikacije ali druga natančna merila za dosledno uporabo v smislu pravil, navodil, značilnosti in definicij. Namen standarda je zagotoviti, da so materiali, proizvodi in storitve usklajeni s svojo namembnostjo. Standardi prispevajo k poenostavitvi življenja, s tem da povečujejo zanesljivost in učinkovitost proizvodov in storitev, ki jih uporabljamo (Kvamme, in sod. 1997).

Poznamo več organizacij, ki se ukvarjajo s standardizacijo. Za geodezijo je najpomembnejši ISO (International Standardisation Organisation), ki ima sedež v Ženevi. Organizacija deluje na svetovni ravni.

V geodeziji poznamo veliko standardov, ki se nanašajo na metode izmere in zakoličevanje pri gradnji objektov, standarde merskih točk in signalov, standarde, ki se nanašajo na preizkus merskega inštrumentarija in tako naprej.

Standard, ki smo ga uporabili, kot merilo za oceno kakovosti merjenih količin, glede na količine izračunane iz koordinat geodetskih točk nosi številko ISO4463-1. V standardu so zapisana dovoljena odstopanja za dolžine in horizontalne kote za vzpostavitev primarnih in sekundarnih geodetskih mrež.

Primarna mreža je sestav točk, ki je stabiliziran izven območja gradbišča (Fonda, 2007). Danes koordinate točk običajno določimo z GNSS RTK izmero. Na primarno mrežo se navezujejo vsa ostala merjenja.

Pri oslonilnih točkah, ki smo jih izmerili z GNSS metodo smo po ISO standardu 4463-1, ki navaja dovoljeno odstopanje merjenih horizontalnih smeri in dolžin v primarni geodetski mreži preverili ujemanje merjenih količin, s količinami izračunanih iz koordinat določenih z GNSS izmero.

Razlike obarvane z rdečo barvo so večje od dovoljenega odstopanja po standardu ISO 4463-1.

Iz rezultatov je razvidno, da so največja odstopanja na točki 8000, ki je slabše določena.

Preglednica 8: Primerjava dolžin merjenih s tahimetrom in izračunanih iz koordinat točk določenih z GNSS izmero

Stojišče	Vizura	D hor (m)	D gnss (m)	Razlika (cm)	ISO 4463-1 (cm)
8000	8001	39,171	39,162	0,9	0,9
	8002	66,091	66,041	5,0	1,2
	8003	100,606	100,522	8,4	1,5
	8004	81,251	81,176	7,5	1,4
	8005	53,525	53,459	6,6	1,1
	8006	69,714	69,648	6,6	1,3
	8007	36,328	36,262	6,6	0,9
8001	8000	39,170	39,162	0,8	0,9
	8002	47,562	47,576	-1,4	1,0
	8003	94,229	94,209	2,0	1,5
	8004	91,538	91,528	1,0	1,4
	8005	68,242	68,238	0,4	1,2
	8006	71,064	71,058	0,6	1,3
	8007	38,954	38,941	1,3	0,9
8003	8000	100,605	100,522	8,3	1,5
	8001	94,229	94,209	2,0	1,5
	8002	48,428	48,389	3,9	1,0
	8004	40,667	40,661	0,6	1,0
	8005	56,207	56,188	1,9	1,1
	8006	32,267	32,246	2,1	0,9
	8007	64,747	64,734	1,3	1,2
8004	8000	81,250	81,176	7,4	1,4
	8001	91,537	91,528	0,9	1,4
	8002	60,217	60,19	2,7	1,2
	8003	40,666	40,661	0,5	1,0
	8005	27,768	27,759	0,9	0,8
	8006	24,416	24,417	-0,1	0,7
	8007	53,096	53,099	-0,3	1,1

Naslednji standard, ki smo ga uporabili je standard ISO 17123-3, ki se nanaša na oceno natančnosti merjenih horizontalnih kotov in zenitnih razdalj. Preverili smo ali je empirični standardni odklon » $\sigma$ « primerljiv s podatki, ki jih navaja proizvajalec.

Za inštrument Leica Nova MS50 je deklarirana natančnost merjenja horizontalnih smeri in zenitnih razdalj 1”.

Preglednica 9: Ocena natančnosti opazovanj horizontalnih smeri po ISO17123-3 za instrument Leica Nova MS50

Stojišče	$\sigma_{HZ,ISO17123-3}$ (")
8000	0,7
8001	2,1
8003	1,3
8004	1,7

Preglednica 10: Ocena natančnosti opazovanj zenitnih razdalj po ISO17123-3 za instrument Leica Nova MS50

Stojišče	$\sigma_{V,ISO17123-3}$ (")
8000	0,55
8001	0,79
8003	0,45
8004	0,30

Proizvajalec navaja natančnost merjenja dolžin z reflektorjem 1 mm+1,5 ppm.

Preglednica 11: Ocena natančnosti opazovanih dolžin po ISO17123-3 za inštrument Leica Nova MS50

Stojišče	$\sigma d$ , (mm)
8000	0,07
8001	0,09
8003	0,07
8004	0,08

Iz rezultatov je razvidno, da pri opazovanju horizontalnih smeri deklarirane natančnosti proizvajalca nismo dosegli.

Pri opazovanju zenitnih razdalj in poševnih dolžin je natančnost merjenih količin pod mejo deklariranih.

## 5 ANALIZA IN PRIMERJAVA REZULTATOV

Izračun prostornine gradbene jame smo naredili s programskim paketom 3D Survey. Program najprej poišče identične točke na fotografijah na principu slikovnega ujemanja. Potem sledi orientacija fotografij. Za orientacijo fotografij potrebujemo koordinate oslonilnih točk v izbranem koordinatnem sistemu.

Orientacijo fotografij smo najprej naredili s koordinatami oslonilnih točk ki so bile izmerjene z GNSS RTK metodo izmere.

### Orientation summary

Estimated error [m]:

	x	y	z	Total
8000	0.003	0.005	-0.027	0.028
8001	0.012	-0.011	-0.029	0.033
8002	-0.004	-0.009	0.016	0.018
8003	0.010	0.005	-0.000	0.012
8004	0.005	-0.006	-0.003	0.008
8005	-0.031	-0.012	0.055	0.065
8006	-0.003	0.019	-0.044	0.048
8007	0.007	0.001	0.009	0.011

Slika 18: Odstopanje na oslonilnih točkah pri orientaciji fotografij za GNSS RTK izmero

Odstopanja so velikostnega reda nekaj centimetrov, kar je posledica natančnosti GNSS RTK metode izmere. GNSS RTK metoda je znana po slabši natančnosti določitve višin točk, kar je razvidno tudi iz slike odstopanj oslonilnih točk.

Koordinate točk smo določili še na osnovi izmere klasične geodetske mreže in izravnave merjenih količin.

### Orientation summary

Estimated error [m]:

	x	y	z	Total
8000	0.010	0.018	-0.003	<b>0.021</b>
8001	-0.005	-0.018	-0.001	<b>0.019</b>
8002	-0.003	-0.005	0.006	<b>0.009</b>
8003	0.008	0.004	-0.004	<b>0.010</b>
8004	0.006	-0.006	-0.009	<b>0.012</b>
8005	-0.005	-0.005	0.002	<b>0.008</b>
8006	-0.003	0.007	0.004	<b>0.009</b>
8007	-0.013	-0.004	-0.006	<b>0.015</b>

Slika 19: Odstopanje na oslonilnih točkah pri orientaciji fotografij za klasično geodetsko izmero

Rezultati so nekoliko boljši kot pri gnss izmeri, kar smo tudi pričakovali. Najbolj opazna razlika je pri višinah. Najbolj opazna razlika je homogenost med točkami, ki so bile izravnane v geodetski mreži. Pri gnss metodi so točke med seboj izmerjene neodvisno, zato imamo pri nekaterih večja odstopanja v katerokoli smer.

## 5.1 Izračun prostornine

Prostornino istega območja smo izračunali trikrat. Prvič smo izdelali oblak točk in digitalni model reliefa na podlagi koordinat oslonilnih točk določenih z GNSS RTK metodo izmere.

Potem smo isto ponovili še z oslonilnimi točkami izmerjenimi in izravnani horizontalno in višinsko. Najprej kot prosta mreža in potem kot vpeta mreža.

Preglednica 12: Primerjava prostornin gradbene jame

	Površina območja (m <sup>2</sup> )	Prostornina območja (m <sup>3</sup> )
GNSS RTK izmera	3722	7457
Klasična izmera (prosta mreža)	3722	7442
Klasična izmera (vpeta mreža)	3722	7440
Razlika (prosta mreža)	/	15
Razlika (vpeta mreža)	/	17
Razlika ( prosta mreža) (%)	/	0,20 %
Razlika ( vpeta mreža) (%)	/	0,23 %

## 5 ZAKLJUČEK

Namen diplomske naloge je bilo ugotoviti kako vpliva kakovost določitev koordinat oslonilnih točk na georeferenciranje oblaka točk in izračun prostornine. Terensko delo je obsegalo tri različne geodetske metode merjenja točk in zemeljske površine, ki se uporabljajo v inženirski geodeziji.

Pri izmeri oslonilnih točk smo se srečali z GNSS RTK metodo, ki je najhitrejša metoda določevanja koordinat točk, vendar tudi najmanj natančna, kar smo ugotovili pri analizi natančnosti (preglednica 9).

Druga metoda je bila klasična kombinirana metoda izmere geodetske mreže, ki je dosti bolj zamudna vendar tudi veliko bolj natančna. Oslonilne točke izmerjene s to metodo in izravnane kot geodetska mreža so bolj homogene in določene z večjo natančnostjo.

Tretja metoda je fotogrametrična, ki nam omogoča v kratkem času (15 min) zajeti veliko količino podatkov (200 točk na kvadratni meter). Prednost te metode je v hitrosti zajema in brezkontaktnosti izmere. V primeru težko dostopnih terenov ali prometnih cest nam ni potrebno fizično stopiti na območje obdelave.

Pri klasični kombinirani metodi izmere geodetske mreže smo izboljšali natančnost koordinat oslonilnih točk velikostnega reda nekaj centimetrov. Zaradi 2cm prostorske ločljivosti fotografij, kakovost oslonilnih točk ne vpliva bistveno na natančnost oblaka točk in izračun prostornine. Razlika v prostornini je manj kot 1 odstotek celotne prostornine. Glede na rezultate ugotavljamo, da je GNSS RTK metoda določitev koordinat oslonilnih točk dovolj natančna in zanesljiva metoda pri georeferenciranju oblaka točk za potrebe izračuna prostornine. Prednost fotogrametrične metode izmere z letalnikom smo tako še potrdili predvsem zaradi njene preprostosti in hitrosti.



## VIRI

Fonda, P. 2007. Analiza ISO standardov za potrebe geodezije v inženirstvu. Diplomski naloga. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba P. Fonda):22 str.

Geoservis.2016

[http:// www.geoservis.si/produkti/article/244-leica-nova-ms50-multistation](http://www.geoservis.si/produkti/article/244-leica-nova-ms50-multistation) (Pridobljeno 1.8.2016.)

Hassler, J., Wachsmuth, H. 1994. Formelsammlung für den Vermessungsberuf, 5. Aufgabe, Korbach, Wilhelm Bing Verlag: 683 str.

Kogoj, D., Savšek-Safić, S. 2011. Precizna klasična geodetska izmera. Zapiski predavanj in vaj za študijsko leto 2010/2011. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (neobjavljeno gradivo).

Kuhar, M., Pavlovčič Prešeren, P. 2010. Uvod v geodezijo. Zapiski predavanj in vaj za študijsko leto 2007/2010. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (neobjavljeno gradivo).

Kvamme, K., Oštir-Sedej, K., Stančič, Z., Šumrada, R., 1997. Geografski informacijski sistemi. Ljubljana, znanstveno raziskovalni center slovenske akademije znanosti in umetnosti: 476 str.

Modri planet d.o.o. 2016

<http://www.3dsurvey.si/showcases> (Pridobljeno 28.7.2016)

Petrovič, M. 2011. Vzpostavitev geodetske mreže za potrebe zakoličevanja objektov. Diplomski naloga. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Petrovič): 75 str.

Tankonyvtar. 2016

[http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027\\_DAI2/ch01s05.html](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027_DAI2/ch01s05.html) (Pridobljeno 1.8.2016.)

## **SEZNAM PRILOG**

Priloga A: Ocena natančnosti GNSS RTK izmere oslonilnih točk

Priloga B: Ocena natančnosti merjenih dolžin

Priloga C: Ocena natančnosti merjenih horizontalnih smeri

Priloga D: Ocena natančnosti merjenih zenitnih razdalj

Priloga E: Rezultati izravnave proste mreže

Priloga F: Rezultati izravnave vpete mreže

Priloga G: Rezultati višinske izravnave

Ta stran je namenoma prazna.

### Priloga A: Ocena natančnosti GNSS RTK izmere oslonilnih točk

	GNSS prvič		GNSS drugič		GNSS sredina	
Številka točke	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)
8000	464030,962	115933,324	464030,958	115933,348	464030,960	115933,336
8001	464061,584	115908,912	464061,576	115908,928	464061,580	115908,920
8002	464037,891	115867,649	464037,895	115867,669	464037,893	115867,659
8003	463999,860	115837,729	463999,854	115837,763	463999,857	115837,746
8004	463977,861	115871,931	463977,849	115871,949	463977,855	115871,940
8005	463995,058	115893,723	463995,050	115893,735	463995,054	115893,729
8006	464002,191	115869,897	464002,185	115869,919	464002,188	115869,908
8007	464024,290	115897,682	464024,294	115897,702	464024,292	115897,692
	r	r	rr	rr		
	-0,0020	0,0120	0,0000	0,0001		
	-0,0040	0,0080	0,0000	0,0001	prostostne	7
	0,0020	0,0100	0,0000	0,0001		
	-0,0030	0,0170	0,0000	0,0003	sy (m)	0,004
	-0,0060	0,0090	0,0000	0,0001	sx (m)	0,012
	-0,0040	0,0060	0,0000	0,0000		
	-0,0030	0,0110	0,0000	0,0001		
	0,0020	0,0100	0,0000	0,0001		
		sum	0,0001	0,0009		

**Priloga B: Ocena natančnosti merjenih dolžin**

Od	do	Merjene vrednosti				Srednje vrednosti	Srednja vrednost med girusi				r	r <sup>2</sup>	
		d	t	p	d	d	t	p	r				
8000	8001	39,1715	39,1715	28,3	973	39,1715	39,17150	28,3	973	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8002	66,0929	66,0929			66,0929	66,09290			0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8007	36,4362	36,4362			36,4362	36,43620			0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8003	100,6065	100,6065			100,6065	100,60660			0,1000	0,1000	0,0100	0,0100
	8006	69,7715	69,7715			69,7715	69,77147			- 0,0333	-0,0333	0,0011	0,0011
8004	81,2513	81,2513			81,2513	81,25130			0,0000	0,0000	0,0044	0,0000	
8005	53,5275	53,5275			53,5275	53,52757			0,0667	0,0667	0,0000	0,0044	
8000	8001	39,1715	39,1715			39,1715				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8002	66,0929	66,0929			66,0929				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8007	36,4362	36,4362			36,4362				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8003	100,6066	100,6066			100,6066				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8006	69,7714	69,7714			69,7714				0,0667	0,0667	0,0044	0,0044
8004	81,2513	81,2513			81,2513				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
8005	53,5276	53,5276			53,5276				- 0,0333	-0,0333	0,0011	0,0011	
8000	8001	39,1715	39,1715			39,1715				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8002	66,0929	66,0929			66,0929				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8007	36,4362	36,4362			36,4362				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8003	100,6067	100,6067			100,6067				- 0,1000	-0,1000	0,0100	0,0100
	8006	69,7715	69,7715			69,7715				- 0,0333	-0,0333	0,0011	0,0011
8004	81,2513	81,2513			81,2513				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
8005	53,5276	53,5276			53,5276				- 0,0333	-0,0333	0,0011	0,0011	
											sum r <sup>2</sup>	0,0667	
											prostostne	12	
											sD [mm]	0,07454	

Od	do	Merjene vrednosti				Srednje vrednosti	Srednja vrednost med girusi			r	r <sup>2</sup>		
		d	t	p	d	d	t	p					
<b>8001</b>	8002	47,5632	47,5632	28,3	973	47,5632	47,56313	28,3	973	-0,0667	0,0044	0,0044	
	8003	94,2299	94,2299			94,2299	94,22983			-0,0667	0,0044	0,0044	
	8006	71,1143	71,1143			71,1143	71,11430			0,0000	0,0000	0,0000	
	8004	91,5382	91,5382			91,5382	91,53817			-0,0333	0,0011	0,0011	
	8007	39,0443	39,0443			39,0443	39,04420			-0,1000	0,0100	0,0100	
	8005	68,2450	68,2450			68,2450	68,24500			0,0000	0,0000	0,0044	0,0000
	8000	39,1704	39,1704			39,1704	39,17033			-0,0667	0,0011	0,0044	
<b>8001</b>	8002	47,5631	47,5631			47,5631				0,0333	0,0333	0,0011	0,0011
	8003	94,2298	94,2298			94,2298				0,0333	0,0333	0,0011	0,0011
	8006	71,1143	71,1143			71,1143				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8004	91,5382	91,5382			91,5382				-0,0333	0,0011	0,0011	
	8007	39,0442	39,0442			39,0442				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8005	68,2450	68,2450			68,2450				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8000	39,1703	39,1703			39,1703				0,0333	0,0333	0,0011	0,0011
<b>8001</b>	8002	47,5631	47,5631			47,5631				0,0333	0,0333	0,0011	0,0011
	8003	94,2298	94,2298			94,2298				0,0333	0,0333	0,0011	0,0011
	8006	71,1143	71,1143			71,1143				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8004	91,5381	91,5381			91,5381				0,0667	0,0667	0,0044	0,0044
	8007	39,0441	39,0441			39,0441				0,1000	0,1000	0,0100	0,0100
	8005	68,2450	68,2450			68,2450				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8000	39,1703	39,1703			39,1703				0,0333	0,0333	0,0011	0,0011
											sum r <sup>2</sup>	0,0944	
											prostostne	12	
											sD [mm]	0,08872	

Od	do	Merjene vrednosti				Srednje vrednosti	Srednja vrednost med girusi				r	r <sup>2</sup>	
		d		t	p	d	d	t	p				
<b>8003</b>	8004	40,6712	40,6712	28,3	973	40,6712	40,67120	28,3	973	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8005	56,2146	56,2146			56,2146	56,21460			0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8006	32,3571	32,3571			32,3571	32,35703			-0,0667	-0,0667	0,0044	0,0044
	8000	100,6057	100,6057			100,6057	100,60570			0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8007	64,7915	64,7915			64,7915	64,79150			0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8001	94,2298	94,2298			94,2298	94,22980			0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8002	48,4280	48,4280			48,4280	48,42800			0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<b>8003</b>	8004	40,6712	40,6712			40,6712				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8005	56,2146	56,2146			56,2146				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8006	32,3570	32,3570			32,3570				0,0333	0,0333	0,0011	0,0011
	8000	100,6057	100,6057			100,6057				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8007	64,7915	64,7915			64,7915				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8001	94,2298	94,2298			94,2298				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8002	48,4279	48,4279			48,4279				0,1000	0,1000	0,0100	0,0100
<b>8903</b>	8004	40,6712	40,6712			40,6712				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8005	56,2146	56,2146			56,2146				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8006	32,3570	32,3570			32,3570				0,0333	0,0333	0,0011	0,0011
	8000	100,6057	100,6057			100,6057				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8007	64,7915	64,7915			64,7915				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8001	94,2298	94,2298			94,2298				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	8002	48,4281	48,4281			48,4281				-0,1000	-0,1000	0,0100	0,0100
											sum r <sup>2</sup>	0,05333	
											prostostne	12	
											sD [mm]	0,06667	



### Priloga C: Ocena natančnosti merjenih horizontalnih smeri

Stojišče	Vizura	Reducir. [gon]	st.	min.	sek.	Sred. gir. [gon]	st.	min.	sek.	d	r	rr
<b>8000</b>	8001	0	0	0	0,0	0	0	0	0,0	0,0	-0,8	0,63
	8002	50,361512	45	19	31,3	50,36129233	45	19	30,6	-0,7	-0,1	0,01
	8007	68,874198	61	59	12,4	68,873899	61	59	11,4	-1,0	0,2	0,03
	8003	77,079691	69	22	18,2	77,079434	69	22	17,4	-0,8	0,0	0,00
	8006	84,166266	75	44	58,7	84,16572133	75	44	56,9	-1,8	1,0	0,94
	8004	102,430062	92	11	13,4	102,4299793	92	11	13,1	-0,3	-0,5	0,28
	8005	103,9133	93	31	19,1	103,912983	93	31	18,1	-1,0	0,2	0,05
		486,825029				87,29240333	78	33	47,4	-0,8	0,0	
		0,825029				0						
						0,825029						
<b>8000</b>	8001	0	0	0	0,0					0,0	0,2	0,05
	8002	50,3611	45	19	30,0					0,6	-0,4	0,16
	8007	68,873734	61	59	10,9					0,5	-0,3	0,10
	8003	77,079568	69	22	17,8					-0,4	0,7	0,43
	8006	84,165618	75	44	56,6					0,3	-0,1	0,01
	8004	102,430123	92	11	13,6					-0,5	0,7	0,47
	8005	103,912686	93	31	17,1					1,0	-0,7	0,55
		486,822829								0,2	0,0	
		0,822829				0						
						0,822829						
<b>8000</b>	8001	0	0	0	0,0					0,0	0,7	0,43
	8002	50,361265	45	19	30,5					0,1	0,6	0,33
	8007	68,873765	61	59	11,0					0,4	0,2	0,05
	8003	77,079043	69	22	16,1					1,3	-0,6	0,37
	8006	84,16528	75	44	55,5					1,4	-0,8	0,59
	8004	102,429753	92	11	12,4					0,7	-0,1	0,01
	8005	103,912963	93	31	18,0					0,1	0,6	0,35
		486,822069								0,7	0,0	
		0,822069				0					$\Sigma rr$	5,49
						0,822069					$\sigma\alpha$	0,74
											n girusih	0,43

Stojišče	Vizura	Reducir. [gon]	st.	min.	sek.	Sred. gir. [gon]	st.	min.	sek.	d	r	rr
<b>8001</b>	8002	0	0	0	0,0	0	0	0	0,0	0,0	-0,8	0,63
	8003	12,323118	11	5	26,9	12,32374467	11	5	28,9	2,0	-2,8	7,99
	8006	29,851913	26	52	0,2	29,85206767	26	52	0,7	0,5	-1,3	1,68
	8004	40,364074	36	19	39,6	40,364177	36	19	39,9	0,3	-1,1	1,28
	8007	48,226821	43	24	14,9	48,22690333	43	24	15,2	0,3	-1,1	1,13
	8005	52,555463	47	17	59,7	52,55599767	47	18	1,4	1,7	-2,5	6,23
	8000	109,804691	98	49	27,2	109,804784	98	49	27,5	0,3	-1,1	1,20
		293,12608				56,16078593	50	32	40,9	0,7	-10,7	
		0,12608				0						
						0,12608						
<b>8001</b>	8002	0	0	0	0,0					0,0	0,2	0,05
	8003	12,324104	11	5	30,1					-1,2	1,4	1,92
	8006	29,852314	26	52	1,5					-0,8	1,0	1,04
	8004	40,364321	36	19	40,4					-0,5	0,7	0,47
	8007	48,227438	43	24	16,9					-1,7	2,0	3,82
	8005	52,556882	47	18	4,3					-2,9	3,1	9,73
	8000	109,805031	98	49	28,3					-0,8	1,0	1,05
		293,13009								-1,1	9,4	
		0,13009				0						
						0,13009						
<b>8001</b>	8002	0	0	0	0,0					0,0	0,7	0,43
	8003	12,324012	11	5	29,8					-0,9	1,5	2,33
	8006	29,851976	26	52	0,4					0,3	0,4	0,13
	8004	40,364136	36	19	39,8					0,1	0,5	0,28
	8007	48,226451	43	24	13,7					1,5	-0,8	0,65
	8005	52,555648	47	18	0,3					1,1	-0,4	0,20
	8000	109,80463	98	49	27,0					0,5	0,2	0,03
		293,126853								0,4	1,8	
		0,126853				0					$\Sigma rr$	42,25
						0,126853					$\sigma\alpha$	2,06
											n girusih	1,19

<b>Stojišče</b>	Vizura	Reducir. [gon]	st.	min.	sek.	Sred. gir. [gon]	st.	min.	sek.	d	r	rr
<b>8003</b>	8004	0	0	0	0,0	0	0	0	0,0	0,0	-0,8	0,63
	8005	30,948087	27	51	11,8	30,947439	27	51	9,7	-2,1	1,3	1,70
	8006	40,995216	36	53	44,5	40,994681	36	53	42,8	-1,7	0,9	0,88
	8000	56,425216	50	46	57,7	56,42458867	50	46	55,7	-2,0	1,2	1,53
	8007	61,02034	54	55	5,9	61,01983567	54	55	4,3	-1,6	0,8	0,70
	8001	81,864846	73	40	42,1	81,86392867	73	40	39,1	-3,0	2,2	4,74
	8002	93,962037	84	33	57,0	93,961811	84	33	56,3	-0,7	-0,1	0,00
		365,215742				66,852969	60	10	3,6	-1,6	5,6	
		0,215742				0						
						0,215742						
<b>8003</b>	8004	0	0	0	0,0					0,0	0,2	0,05
	8005	30,94716	27	51	8,8					0,9	-0,7	0,46
	8006	40,994537	36	53	42,3					0,5	-0,2	0,06
	8000	56,424507	50	46	55,4					0,3	0,0	0,00
	8007	61,01966	54	55	3,7					0,6	-0,3	0,12
	8001	81,86361	73	40	38,1					1,0	-0,8	0,66
	8002	93,961976	84	33	56,8					-0,5	0,8	0,57
		365,21145								0,4	-1,1	
		0,21145				0						
						0,21145						
<b>8003</b>	8004	0	0	0	0,0					0,0	0,7	0,43
	8005	30,94707	27	51	8,5					1,2	-0,5	0,29
	8006	40,99429	36	53	41,5					1,3	-0,6	0,37
	8000	56,424043	50	46	53,9					1,8	-1,1	1,23
	8007	61,019507	54	55	3,2					1,1	-0,4	0,16
	8001	81,86333	73	40	37,2					1,9	-1,3	1,64
	8002	93,96142	84	33	55,0					1,3	-0,6	0,37
		365,20966								1,2	-3,3	
		0,20966				0					$\Sigma rr$	16,23
						0,20966					$\sigma\alpha$	1,27
											n girusih	0,74

Stojišče	Vizura	Reducir. [gon]	st.	min.	sek.	Sred. gir. [gon]	st.	min.	sek.	d	r	rr
<b>8004</b>	8005	0	0	0	0,0	0	0	0	0,0	0,0	-0,8	0,63
	8000	2,857531	2	34	18,4	2,857757333	2	34	19,1	0,7	-1,5	2,34
	8007	25,22534	22	42	10,1	25,22561733	22	42	11,0	0,9	-1,7	2,87
	8001	30,987377	27	53	19,1	30,98762367	27	53	19,9	0,8	-1,6	2,55
	8002	61,983488	55	47	6,5	61,98373467	55	47	7,3	0,8	-1,6	2,55
	8006	62,74472	56	28	12,9	62,74476267	56	28	13,0	1,7	-2,5	6,23
	8003	121,0833	108	58	29,9	121,083497	108	58	30,5	0,6	-1,4	2,06
		304,881756				60,40504707	54	21	52,4	0,8	-11,1	
		0,881756				0						
						0,881756						
<b>8004</b>	8005	0	0	0	0,0					0,0	0,2	0,05
	8000	2,857809	2	34	19,3					-0,2	0,4	0,15
	8007	25,225648	22	42	11,1					-0,1	0,3	0,10
	8001	30,987562	27	53	19,7					0,2	0,0	0,00
	8002	61,983858	55	47	7,7					-0,4	0,6	0,39
	8006	62,744877	56	28	13,4					-0,4	0,6	0,35
	8003	121,083642	108	58	31,0					-0,5	0,7	0,48
		304,883396								-0,2	2,9	
		0,883396				0						
						0,883396						
<b>8004</b>	8005	0	0	0	0,0					0,0	0,7	0,43
	8000	2,857932	2	34	19,7					-0,6	1,2	1,50
	8007	25,225864	22	42	11,8					-0,8	1,5	2,13
	8001	30,987932	27	53	20,9					-1,0	1,7	2,75
	8002	61,983858	55	47	7,7					-0,4	1,1	1,12
	8006	62,744691	56	28	12,8					0,2	0,4	0,18
	8003	121,083549	108	58	30,7					-0,2	0,8	0,68
		304,883826								-0,4	6,5	
		0,883826				0					$\Sigma rr$	28,85
						0,883826					$\sigma\alpha$	1,70
											n girusih	0,98

### Priloga D: Ocena natančnosti merjenih zenitnih razdalj

Stojišče	Vizura			z [gon]	st.	min.	sek.	sredina [gon]	st.	min.	sek.	r	rr
8000	8001			100,246790	90	13	19,6	100,24642	90	13	18,4	-1,2	1,4
	8002			100,517654	90	27	57,2	100,5179317	90	27	58,1	0,9	0,8
	8007			104,907901	94	25	1,6	104,907829	94	25	1,4	-0,2	0,1
	8003			100,263396	90	14	13,4	100,2634873	90	14	13,7	0,3	0,1
	8006			102,580031	92	19	19,3	102,5802367	92	19	20,0	0,7	0,4
	8004			99,852840	89	52	3,2	99,853025	89	52	3,8	0,6	0,4
	8005			99,368920	89	25	55,3	99,36908433	89	25	55,8	0,5	0,3
8000	8001			100,246019	90	13	17,1					1,3	1,7
	8002			100,517870	90	27	57,9					0,2	0,0
	8007			104,907963	94	25	1,8					-0,4	0,2
	8003			100,263766	90	14	14,6					-0,9	0,8
	8006			102,580432	92	19	20,6					-0,6	0,4
	8004			99,853519	89	52	5,4					-1,6	2,6
	8005			99,369321	89	25	56,6					-0,8	0,6
8000	8001			100,246451	90	13	18,5					-0,1	0,0
	8002			100,518271	90	27	59,2					-1,1	1,2
	8007			104,907623	94	25	0,7					0,7	0,4
	8003			100,263300	90	14	13,1					0,6	0,4
	8006			102,580247	92	19	20,0					0,0	0,0
	8004			99,852716	89	52	2,8					1,0	1,0
	8005			99,369012	89	25	55,6					0,2	0,1
												Σrr	12,8
												Si	0,6

Stojišče	Vizura			z [gon]	st.	min.	sek.	sredina [gon]	st.	min.	sek.	r	rr
8001	8002			100,517870	90	27	57,9	100,517297	90	27	56,0	-1,9	3,4
	8003			100,181142	90	9	46,9	100,1805867	90	9	45,1	-1,8	3,2
	8006			102,397932	92	9	29,3	102,3973867	92	9	27,5	-1,8	3,1
	8004			99,766049	89	47	22,0	99,765617	89	47	20,6	-1,4	2,0
	8007			104,334630	93	54	4,2	104,3347427	93	54	4,6	0,4	0,1
	8005			99,366670	89	25	48,0	99,366453	89	25	47,3	-0,7	0,5
	8000			99,759660	89	47	1,3	99,759556	89	47	1,0	-0,3	0,1
8001	8002			100,516821	90	27	54,5					1,5	2,4
	8003			100,180000	90	9	43,2					1,9	3,6
	8006			102,397037	92	9	26,4					1,1	1,3
	8004			99,765123	89	47	19,0					1,6	2,6
	8007			104,334938	93	54	5,2					-0,6	0,4
	8005			99,366019	89	25	45,9					1,4	2,0
	8000			99,759568	89	47	1,0					0,0	0,0
8001	8002			100,517200	90	27	55,7					0,3	0,1
	8003			100,180618	90	9	45,2					-0,1	0,0
	8006			102,397191	92	9	26,9					0,6	0,4
	8004			99,765679	89	47	20,8					-0,2	0,0
	8007			104,334660	93	54	4,3					0,3	0,1
	8005			99,366670	89	25	48,0					-0,7	0,5
	8000			99,759440	89	47	0,6					0,4	0,1
												Σrr	26,0
												si	0,8

Stojišče	Vizura			z [gon]	st.	min.	sek.	sredina [gon]	st.	min.	sek.	r	rr
<b>8003</b>	8004			99,057592	89	9	6,6	99,05739667	89	9	6,0	-0,6	0,4
	8005			98,932562	89	2	21,5	98,93248967	89	2	21,3	-0,2	0,1
	8006			104,751636	94	16	35,3	104,7515853	94	16	35,1	-0,2	0,0
	8000			99,742037	89	46	4,2	99,74211933	89	46	4,5	0,3	0,1
	8007			102,353673	92	7	5,9	102,3538273	92	7	6,4	0,5	0,3
	8001			99,825896	89	50	35,9	99,82594667	89	50	36,1	0,2	0,0
	8002			100,164136	90	8	51,8	100,1635383	90	8	49,9	-1,9	3,7
<b>8003</b>	8004			99,057314	89	9	5,7					0,3	0,1
	8005			98,932469	89	2	21,2					0,1	0,0
	8006			104,751420	94	16	34,6					0,5	0,3
	8000			99,742191	89	46	4,7					-0,2	0,1
	8007			102,353766	92	7	6,2					0,2	0,0
	8001			99,826173	89	50	36,8					-0,7	0,5
	8002			100,163300	90	8	49,1					0,8	0,6
<b>8003</b>	8004			99,057284	89	9	5,6					0,4	0,1
	8005			98,932438	89	2	21,1					0,2	0,0
	8006			104,751700	94	16	35,5					-0,4	0,1
	8000			99,742130	89	46	4,5					0,0	0,0
	8007			102,354043	92	7	7,1					-0,7	0,5
	8001			99,825771	89	50	35,5					0,6	0,3
	8002			100,163179	90	8	48,7					1,2	1,4
												Σrr	8,6
												si	0,5

Stojišče	Vizura			z [gon]	st.	min.	sek.	sredina [gon]	st.	min.	sek.	r	rr
<b>8004</b>	8005			99,220560	89	17	54,6	99,220352	89	17	53,9	-0,7	0,5
	8000			100,153703	90	8	18,0	100,153364	90	8	16,9	-1,1	1,2
	8007			103,591234	93	13	55,6	103,5911723	93	13	55,4	-0,2	0,0
	8001			100,240216	90	12	58,3	100,2402263	90	12	58,3	0,0	0,0
	8002			100,769908	90	41	34,5	100,7698457	90	41	34,3	-0,2	0,0
	8006			107,825154	97	2	33,5	107,82501	97	2	33,0	-0,5	0,2
	8003			100,947037	90	51	8,4	100,947109	90	51	8,6	0,2	0,1
<b>8004</b>	8005			99,220280	89	17	53,7					0,2	0,1
	8000			100,153179	90	8	16,3					0,6	0,4
	8007			103,591203	93	13	55,5					-0,1	0,0
	8001			100,240216	90	12	58,3					0,0	0,0
	8002			100,769938	90	41	34,6					-0,3	0,1
	8006			107,825062	97	2	33,2					-0,2	0,0
	8003			100,947191	90	51	8,9					-0,3	0,1
<b>8004</b>	8005			99,220216	89	17	53,5					0,4	0,2
	8000			100,153210	90	8	16,4					0,5	0,2
	8007			103,591080	93	13	55,1					0,3	0,1
	8001			100,240247	90	12	58,4					-0,1	0,0
	8002			100,769691	90	41	33,8					0,5	0,3
	8006			107,824814	97	2	32,4					0,6	0,4
	8003			100,947099	90	51	8,6					0,0	0,0
												Σrr	3,8
												si	0,3



## Priloga E: Rezultati izravnave proste mreže

Izravnava ravninske GEodetske Mreže

Program: GEM4, ver.4.0, oktober 2005

Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk & Zvonimir Jamšek

Datum : 15.8.2016

Čas : 11:34

Seznam PRIBLIŽNIH koordinat novih točk

=====

Točka	Y	X
	(m)	(m)
8002	464037,8930	115867,6590
8005	463995,0540	115893,7290
8006	464002,1880	115869,9080
8007	464024,2920	115897,6920
8000	464030,9600	115933,3360
8001	464061,5800	115908,9200
8003	463999,8570	115837,7460
8004	463977,8550	115871,9400

Vseh novih točk je : 8

Pregled opazovanih smeri

=====

Podan srednji pogrešek utežne enote smeri (a-priori ocena): 1,00 sekund.

Podan srednji pogrešek utežne enote dolžin (a-priori ocena): 1,000 mm.

Število enačb popravkov je 56

- Število enačb popravkov za smeri je 28

- Število enačb popravkov za dolžine je 28

Število neznank je 20

- Število koordinatnih neznank je 16

- Število orientacijskih neznank je 4

Defekt mreže je 3

Število nadštevilnih opazovanj je 39

## POPRAVKI približnih vrednosti

=====

Izravnavna je izračunana klasično z normalnimi enačbami.

Točka	Dy	Dx	Do
	(m)	(m)	(")
8002	0,020	0,002	
8005	-0,005	-0,003	
8006	-0,009	-0,002	
8007	-0,014	-0,007	
8000	0,030	0,051	81,6
8001	-0,003	-0,004	34,7
8003	-0,011	-0,023	9,0
8004	-0,008	-0,014	-33,9

## IZRAVNANE vrednosti koordinat in ANALIZA natančnosti

=====

Točka	Y	X	My	Mx	Mp	a	b	Theta
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(st.)
8002	464037,913	115867,661	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	46
8005	463995,049	115893,726	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	39
8006	464002,179	115869,906	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	52
8007	464024,278	115897,685	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	43
8000	464030,990	115933,387	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	23
8001	464061,577	115908,916	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	86
8003	463999,846	115837,723	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	167
8004	463977,847	115871,926	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15

Srednji pogrešek utežne enote /m0/ je 0,94678.

[pvv] = 34,9596701908

[xx] vseh neznank = 9098,2998260928

[xx] samo koordinatnih neznank = 0,0052789357

Srednji pogrešek aritmetične sredine /m\_arit/ je 0,00018.

Srednji pogrešek smeri /m0\*m0\_smeri/ je 0,9468 sekund.

Srednji pogrešek dolžin /m0\*m0\_dolžin/ je 0,001 metrov.

Največji položajni pogrešek /Mp\_max/ je 0,000 metrov.

Najmanjši položajni pogrešek /Mp\_min/ je 0,000 metrov.

Srednji položajni pogrešek /Mp\_sred/ je 0,000 metrov.

## Priloga F: Rezultati izravnave vpete mreže

Izravnava ravninske GEodetske Mreže

Program: GEM4, ver.4.0, oktober 2005

Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk & Zvonimir Jamšek

Datum : 30.7.2016

Čas : 21:31

Seznam koordinat DANIH točk

```
=====
Točka      Y      X
          (m)    (m)
8001      464061,5800  115908,9200
8004      463977,8550  115871,9400
```

Vseh danih točk je : 2

Seznam PRIBLIŽNIH koordinat novih točk

```
=====
Točka      Y      X
          (m)    (m)
8002      464037,8930  115867,6590
8005      463995,0540  115893,7290
8006      464002,1880  115869,9080
8007      464024,2920  115897,6920
8003      463999,8570  115837,7460
8000      464030,9600  115933,3360
```

Vseh novih točk je : 6

Podan srednji pogrešek utežne enote smeri (a-priori ocena): 5,00 sekund.

Podan srednji pogrešek utežne enote dolžin (a-priori ocena): 5,000 mm.

Število enačb popravkov je 56

- Število enačb popravkov za smeri je 28

- Število enačb popravkov za dolžine je 28

Število neznank je 16

- Število koordinatnih neznank je 12

- Število orientacijskih neznank je 4

Število nadštevilnih opazovanj je 4

POPRAVKI približnih vrednosti

```
=====
```

Izravnava je izračunana klasično z normalnimi enačbami.

Točka	Dy	Dx	Do
	(m)	(m)	(")
8002	0,023	0,010	
8005	0,002	0,006	
8006	-0,004	0,009	
8007	-0,008	0,000	
8003	-0,008	-0,009	24,5
8000	0,039	0,056	98,2
8001			50,3
8004			-15,8

IZRAVNANE vrednosti koordinat in ANALIZA natančnosti

=====

Točka	Y	X	My	Mx	Mp	a	b	Theta
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(st.)
8002	464037,916	115867,669	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	33
8005	463995,056	115893,735	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	36
8006	464002,184	115869,917	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	93
8007	464024,284	115897,692	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	51
8003	463999,849	115837,737	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	136
8000	464030,999	115933,392	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	113

Srednji pogrešek utežne enote /m0/ je 0,96665.

[pvv] = 37,3764176812

[xx] vseh neznank = 13029,2625569558

[xx] samo koordinatnih neznank = 0,0055921622

Srednji pogrešek aritmetične sredine /m\_arit/ je 0,00091.

Srednji pogrešek smeri /m0\*m0\_smeri/ je 4,8332 sekund.

Srednji pogrešek dolžin /m0\*m0\_dolžin/ je 0,005 metrov.

Največji položajni pogrešek /Mp\_max/ je 0,002 metrov.

Najmanjši položajni pogrešek /Mp\_min/ je 0,001 metrov.

Srednji položajni pogrešek /Mp\_sred/ je 0,001 metrov.

## Priloga G: Rezultati višinske izravnave

Program: VIM, ver.5.0, mar. 07

Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

Datum: 29. 7.2016

Čas: 14:21:20

### NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

=====

Reper	Nadm.viš.	Opomba
8001	331.34600	Dani reper
8002	330.92600	Novi reper
8005	331.99100	Novi reper
8006	328.59600	Novi reper
8007	328.60200	Novi reper
8003	331.06000	Novi reper
8000	331.50500	Novi reper
8004	331.64800	Novi reper

Število vseh reperjev = 8

Število danih reperjev = 1

Število novih reperjev = 7

Srednji pogrešek utežne enote,  $m_0 = 0.001746$

Izračunano odstopanje = \*\*\*\*\* mm ( $s = 1.714$  km).

Dopustni odstopanji v sklenjeni niv. zanki:

- mreža NVM  $f = \pm 1 \cdot \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 1.4$  mm

- mestna niv. mreža 1. reda  $f = \pm 2 \cdot \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 2.7$  mm

### IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

=====

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine
8002	330.92600	-0.02434	330.90166	0.00023
8005	331.99100	-0.00066	331.99034	0.00022
8006	328.59600	-0.00681	328.58919	0.00022
8007	328.60200	-0.01792	328.58408	0.00021
8003	331.06000	0.01749	331.07749	0.00018
8000	331.50500	-0.00010	331.50490	0.00017
8004	331.64800	-0.01388	331.63412	0.0001

### IZRAČUN OBČUTLJIVOSTI VIŠINSKE MREŽE

Št. Reper	Reper	Qll	Sred.pog.	Qvv	r
op. zadaj	spredaj	viš.razl.			
1 8000	8001	0.00905	0.00017	0.03012	0.76904
2 8000	8002	0.01780	0.00023	0.04829	0.73072
3 8000	8003	0.01073	0.00018	0.08987	0.89331
4 8000	8004	0.00987	0.00017	0.07138	0.87852
5 8000	8005	0.01582	0.00022	0.03771	0.70445
6 8000	8006	0.01524	0.00022	0.05447	0.78135
7 8000	8007	0.01449	0.00021	0.02183	0.60100
8 8001	8000	0.00905	0.00017	0.03012	0.76903
9 8001	8002	0.01711	0.00023	0.03045	0.64025
10 8001	8003	0.01072	0.00018	0.08350	0.88619
11 8001	8004	0.01006	0.00018	0.08148	0.89010
12 8001	8005	0.01631	0.00022	0.05193	0.76094
13 8001	8006	0.01534	0.00022	0.05572	0.78411
14 8001	8007	0.01473	0.00021	0.02423	0.62197
15 8003	8000	0.01073	0.00018	0.08987	0.89331
16 8003	8001	0.01072	0.00018	0.08350	0.88619
17 8003	8002	0.01714	0.00023	0.03129	0.64602
18 8003	8004	0.00842	0.00016	0.03225	0.79292
19 8003	8005	0.01561	0.00022	0.04059	0.72224
20 8003	8006	0.01311	0.00020	0.01916	0.59382
21 8003	8007	0.01616	0.00022	0.04859	0.75045
22 8004	8000	0.00987	0.00017	0.07138	0.87851
23 8004	8001	0.01006	0.00018	0.08148	0.89010
24 8004	8002	0.01724	0.00023	0.04298	0.71373
25 8004	8003	0.00842	0.00016	0.03224	0.79291
26 8004	8005	0.01355	0.00020	0.01421	0.51186
27 8004	8006	0.01205	0.00019	0.01236	0.50632
28 8004	8007	0.01536	0.00022	0.03773	0.71062

Skupno število nadštevilnosti je 21.00000000.

Povprečno število nadštevilnosti je 0.75000000