

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:

Bratina, Š., 2016. Terenska izmera za oceno kakovosti državnega ortofota: delovišče pod viaduktom Verd. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Pavlovčič Prešeren, P., somentor Grigillo, D): 30 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5735/>

Datum arhiviranja: 30-09-2016

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:

Bratina, Š., 2016. Terenska izmera za oceno kakovosti državnega ortofota: delovišče pod viaduktom Verd. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Pavlovčič Prešeren, P., co-supervisor Grigillo, D.): 30 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5735/>

Archiving Date: 30-09-2016

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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM PRVE STOPNJE  
GEODEZIJA IN  
GEOINFORMATIKA

Kandidatka:

**ŠPELA BRATINA**

**TERENSKA IZMERA ZA OCENO KAKOVOSTI  
DRŽAVNEGA ORTOFOTA: DELOVIŠČE POD  
VIADUKTOM VERD**

Diplomska naloga št.: 112/GIG

**ORTHOPHOTO QUALITY ASSESSMENT FROM FIELD  
MEASUREMENTS PERFORMED UNDER THE VIADUCT  
VERD**

Graduation thesis No.: 112/GIG

**Mentorica:**

doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

**Somentor:**

asist. dr. Dejan Grigillo

Ljubljana, 08. 09. 2016

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

»Ta stran je namenoma prazna.«

## IZJAVE

Spodaj podpisana –tudentka <sup>TM</sup>PELA BRATINA, vpisna –tevilka 26203583, avtorica pisnega zaklju nega dela –tudija z naslovom: »TERENSKA IZMERA ZA OCENO KAKOVOSTI DRŖAVNEGA ORTOFOTA: DELOVI<sup>TM</sup> E POD VIADUKTOM VERD«

## IZJAVLJAM

1. da je pisno zaklju no delo –tudija rezultat mojega samostojnega dela;
2. da je tiskana oblika pisnega zaklju nega dela –tudija istovetna elektronski obliki pisnega zaklju nega dela –tudija;
3. da sem pridobila vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaklju nem delu –tudija in jih v pisnem zaklju nem delu –tudija jasno ozna ila;
4. da sem pri pripravi pisnega zaklju nega dela –tudija ravnala v skladu z eti nimi na eli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobila soglasje eti ne komisije;
5. sogla–am, da se elektronska oblika pisnega zaklju nega dela –tudija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s –tudijskim informacijskim sistemom lanice;
6. da na UL neodpla no, neizklju no, prostorsko in asovno neomejeno prena–am pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaklju nega dela –tudija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;
7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaklju nem delu –tudija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaklju nega dela –tudija.

V Ljubljani, 26. 8. 2016

<sup>TM</sup>ela Bratina

»Ta stran je namenoma prazna.«

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLE EK**

**UDK:** 528.7(497.4Verd)(043.2)  
**Avtor:** <sup>TM</sup>ela Bratina  
**Mentor:** doc. dr. Polona Pavlovi i Pre-eren  
**Somentor:** asist. dr. Dejan Grigillo  
**Naslov:** Terenska izmera za oceno kakovosti drflavnega ortofota: delovi– e pod viaduktom Verd  
**Tip dokumenta:** diplomska naloga ó univerzitetni –tudij  
**Obseg in oprema:** 30 str., 7 pregl., 18 sl., 2 grafikona  
**Klju ne besede:** ortofoto, DMV, RTK metoda izmere, kombinirana metoda izmere, kontrola kakovosti

### **Izvla ek**

V diplomski nalogi primerjamo podatke iz razli nih virov z namenom ugotoviti kakovost podatkov mnofli nega zajema podatkov. V nalogi med seboj primerjamo poloflaje in vi–ine to k, pridobljene s terensko izmero GNSS ter ortofota in digitalnega modela vi–in. Izmera to k je potekala pod viaduktom Verd in v blifnji okolici. V prvem delu naloge predstavimo teoreti na izhodi– a, kjer opisujemo ortofoto, digitalni model vi–in DMV 5 in izmero GNSS. Drugi del naloge predstavlja prakti ni del, kjer opi–emo potek izmere na terenu in dolo itev koordinat z RTK-metodo izmere in kombinirano metodo izmere. Med seboj primerjamo poloflaje to k na ortofotu in poloflaje, dobljene z izmero GNSS ter vi–ine to k, dobljene z GNSS-vi–inomerstvom in to ke, interpolirane iz DMV 5. Poleg numeri nih vrednosti, ki prikazujejo odstopanja poloflajev oziroma vi–in to k, jih prikafemo tudi grafi no. Zaklju ni del vsebuje glavne ugotovitve diplomske naloge in ideje za nadaljnje delo.

»Ta stran je namenoma prazna.«



## **BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

**UDC:** 528.7(497.4Verd)(043.2)  
**Author:** <sup>TM</sup>pele Bratina  
**Supervisor:** Assist. Polona Pavlovi Preeren, Ph. D.  
**Co-advisor:** Assist. Dejan Grigillo, Ph. Sc.  
**Title:** **Orthophoto quality assessment from field measurements performed under the viaduct Verd**  
**Document type:** Graduation Thesis ó University studies  
**Notes:** 30 p., 7 tab., 18 fig., 2 graphs  
**Keywords:** orthophoto, DMV (the national digital elevation model), RTK method, combined method, quality control

### **Abstract**

The aim of the thesis is to estimate the quality of data from various geodetic databases. We have compared positions and elevations of discrete points from geodetic GNSS positioning to those acquired from orthophoto and national digital elevation model. Field measurements have been performed under the Verd viaduct and in the surrounding area. The first part of the thesis consists of the theoretical framework with an emphasis on the orthophoto, the digital elevation model (DMV 5) and GNSS surveying description. The second part is practical and includes description of RTK as well as combined GNSS and classical positioning we have used for positioning. Further we have compared positions from orthophoto and from GNSS surveying as well as heights, obtained from GNSS and the national digital elevation model DMV 5 interpolation. In addition to the numerical values we have used graphical elements to depict the differences in the positions and in heights separately. The thesis concludes with the main findings and recommendations for further research work.

»Ta stran je namenoma prazna.«

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Poloni Pavlovi i Pre–eren in somentorju asist. dr. Dejanu Grigillu za vso pomo pri izdelavi diplomske naloge ter strokovne nasvete.

Zahvaljujem se tudi g. Albinu Mencinu za pomo pri terenski izmeri.

Najve ja zahvala gre mojim doma im in prijateljem, ki so me v asu pisanja diplomske naloge in tekom celotnega –tudija spodbujali in podpirali.

»Ta stran je namenoma prazna.«



**KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: <sup>TM</sup> evilo to k, ki so bile izmerjene z RTK in kombinirano metodo izmere .....	15
Preglednica 2: Poloflaji to k (vrt) na ortofotu in izmerjeni poloflaji z GNSS .....	17
Preglednica 3: Poloflaji to k (rob ceste) na ortofotu in izmerjeni poloflaji z GNSS .....	18
Preglednica 4: Rezultati analize za oceno natan nosti DMV 5, dobljeni s programom InOViT0R_SI	20
Preglednica 5: Robustna statistika .....	21
Preglednica 6: Vi–ine to k, ki leflijo pod viaduktom Verd.....	23
Preglednica 7: Vi–ine to k, ki ne leflijo pod viaduktom Verd.....	23

## **KAZALO GRAFIKONOV**

Grafikon 1: Odstopanja polofaja to k ortofoto ó izmera GNSS za primer ogli– vrta.....	25
Grafikon 2: Odstopanja polofaja to k ortofoto ó izmera GNSS za primer roba ceste.....	26

**KAZALO SLIK**

Slika 1: RTK-metoda izmere z referen nim in premi nim sprejemnikom (vir: Welotec, 2016) .....	6
Slika 2: Dolo ili smo 6 orientacijskih to k, ki so prikazane z zeleno barvo .....	8
Slika 3: Leica TPS1200 (levo) in kontroler Leica Viva (desno) (vir: Leica Geosystems, 2016) .....	9
Slika 4: GNSS-antena (levo) in 360° prizma (desno) (vir: Leica Geosystems, ScsSurvey, 2016) .....	9
Slika 5: Viadukt Verd (vir: GURS, 2015).....	10
Slika 6: Viadukt Verd, pogled s strani (vir: Googlovi zemljevidi, 2016) .....	11
Slika 7: Rob cesti– a, ki smo ga dolo ili z diskretno izmero to k.....	12
Slika 8: Dolo itev koordinat to k talne oznake.....	12
Slika 9: Izmera za dolo itev koordinat kanalizacijskega ja–ka .....	13
Slika 10: Ograjeni vrt, prikazan na ortofotu. Z oranfni piko so ozna ene to ke, ki smo jih izmerili na terenu.....	13
Slika 11: To ke, ki smo jih izmerili z metodo RTK so prikazane z zeleno barvo. To ke, ki smo jih dolo ili z kombinirano metodo so prikazane z rde o barvo. Orientacijske to ke so prikazane z modro barvo.....	16
Slika 12: Polofljaj to k vrta, dolo en na ortofotu, je prikazan z zelenimi krogi, polofljaj to k, dolo en z izmero GNSS, je prikazan z rde imi krogi.....	18
Slika 13: Polofljaj to k roba ceste, dolo en na ortofotu, je prikazan z zelenimi krogi, polofljaj to k, dolo en z izmero GNSS, je prikazan z rde imi krogi .....	19
Slika 14: Histogram porazdelitve odstopanj ó rde a rta prikazuje pri akovano –tevilu odstopanj v primeru normalne porazdelitve odstopanj s srednjo vrednostjo odstopanj in standardnim odklonom.....	22
Slika 15: Kvantilni graf - rde a rta prikazuje kvantile normalne porazdelitve, modri + pa kvantile vi–inskih odstopanj.....	22
Slika 16: Grafi ni prikaz to k, ki lefijo pod viaduktom Verd.....	23
Slika 17: Grafi ni prikaz to k, ki ne lefijo pod viaduktom Verd .....	24
Slika 18: Odstopanja vi–in referen nih to k, pove ana za faktor 20 .....	25



## OKRAJ<sup>TM</sup>AVE IN SIMBOLI

CAS	Cikli no aerosnemanje Slovenije
TTN	temeljni topografski na rt
D96/TM	Geodetski datum 1996/ Transverzalna Merkatorjeva projekcija
DMV	digitalni model vi–in
DMR	digitalni model reliefa
RTK	angl. Real Time Kinematic
GNSS	globalni navigacijski satelitski sistem
TPS	angl. Total Stations
ETRS/89	angl. European Terrestrial Reference System 1989
DOP	angl. Dilution of Precision
GDOP	angl. Geometric Dilution of Precision
PDOP	angl. Position Dilution of Precision
RMSE	angl. Root Mean Square Error
NMAD	angl. Normalised Median Absolute Deviation

»Ta stran je namenoma prazna.«

## 1 UVOD

Ortofoto je v današnji dobi nepogrešljiv izdelek. Uporablja se tako za podlage različnim prostorskim aplikacijam kot za geodetske potrebe. Za etki izdelave ortofota so povezani s cikličnim aerosnemanjem Slovenije (CAS), ki se je začelo leta 1975. Leta 1985 je Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS) začela z rednim triletnim cikličnim aerosnemanjem Slovenije, ki se izvaja še danes (Bric in sod., 2015). Do leta 2006 se je snemanje izvajalo z analognimi kamerami. Leta 2006 so prvi uporabili digitalno kamero (GURS, 2014). Takrat se je pojavil termin digitalni ortofoto. Danes se uporablja izključno digitalna tehnologija, zato se večinoma uporablja termin ortofoto (Kosmatin Fras, 2004). Z razvojem tehnologije so tudi posnetki postajali vedno boljše. Sprva so uporabljali aerofotoaparate, pri katerih so posnetki nastajali najprej na črno-belem filmu, kasneje pa na barvnem filmu. S pojavom digitalnih snemalnih sistemov so se pojavili barvni infrardeči elektronski senzorji, ki so bili ob utljeviti tudi na infrardečo svetlobo. Na ta način je bila omogočena boljše interpretacija v kmetijstvu, gozdarstvu, hidrologiji in geologiji (Bric in sod., 2015).

Z elementi notranje in zunanje orientacije lahko letalski posnetek s centralno projekcijo rekonstruiramo tako, da dobimo tak prostorski položaj fotografije, kot je bil v času ekspozicije. Elementi notranje orientacije so gorišna razdalja, koordinati glavne točke, distorzija leče, pri analognih posnetkih dodatno tudi koordinate robnih mark. Navadno jih poda proizvajalec fotoaparata. Elementi zunanje orientacije so koordinate projekcijskega centra in rotacije fotoaparata v referenčnem koordinatnem sistemu. Za izdelavo ortofota potrebujemo še digitalni model reliefa (DMR). Danes je izdelava ortofota avtomatizirana (Bric in sod., 2015).

Na podlagi meritev s tehnologijo GNSS in podatkov, ki jih pridobimo iz ortofota in digitalnega modela reliefa, ki je bil uporabljen za njegovo izdelavo, lahko ocenimo kakovost ortofota na izbranem območju. Cilj diplomske naloge je bil določiti, kolikšno je ujemanje položajev in višin točk med dejansko izmero GNSS in ortofotom.

## 1.1 Delovna hipoteza

V diplomski nalogi preverjamo hipotezo, ki se navezuje na primerjavo podatkov iz ortofota in dejanske terenske izmere. Glede na to, da obstaja možnost napak ortofota na predelih, kjer je enemu položaju v horizontalni ravnini mogoče določiti več točk na različnih višinah, smo se odločili primerjavo narediti na območju avtocestnega nadvoza, pri čemer smo terensko izmerili tam, kjer smo pri akovih večje napake, torej pod nadvozom. Pri tem smo koordinato točk določili ali direktno v slovenski realizaciji koordinatnega sistema ETRS89 (angl. *European Terrestrial Reference System 1989*), torej v koordinatnem sistemu D96/TM. Ker smo predvidevali, da bo zaradi fizičnih ovir in zaprtosti horizonta težko določiti položaje točk z ustrežno kakovostjo, smo se odločili za izmero s pridobitvijo koordinat točk v realnem času, kjer smo jih na terenu pridobili ob uteku, ali je mogoče objektom določiti koordinate z željeno kakovostjo.

Izbora delovnih pogojev za terensko izmero in nadaljnje primerjave podatkov različnih virov so potekale z željo razrešiti določene vprašanja, ki jih pogostokrat postavimo ob uporabi podatkov množičnega zajema podatkov. Zato smo nalogo zasnovali tako, da smo si na začetku postavili delovno hipotezo, ki smo jo želeli preveriti.

Hipoteza: Pod nadvozi lahko pride do neujemanja podatkov iz ortofota in dejanske izmere na terenu. Na neujemanje na teh območjih vpliva mogoča slabša kakovost DMV 5, na podlagi katerega je bil izdelan ortofoto. Položaj točk na ortofotu je odvisen od kakovosti DMV 5 preko katerega se orientiran posnetek prerazpisuje v ortofoto.

## 1.2 Struktura naloge

Diplomska naloga je sestavljena iz petih poglavij. V uvodu je nekaj uvodnih besed v diplomsko nalogo, hipoteza, ki jo v nalogi preverjamo ter opisana struktura naloge.

V drugem poglavju so predstavljena teoretična izhodišča na podlagi katerih lažje razumemo diplomsko nalogo. Najprej je predstavljen ortofoto in dejavniki, ki vplivajo na njegovo kakovost. Opisana sta tudi digitalni model reliefa in izmera GNSS, pri čemer smo se osredotočili na RTK-metodo izmere in kombinirano metodo izmere. Predstavljen je tudi instrumentarij, ki smo ga uporabili na terenu.

Tretje poglavje je poglavje o terenski izmeri. Opisano je delovno mesto in pogoji izmere. Tu smo predstavili objekte, ki smo jih na terenu posneli ter na koncu določili koordinate in kontrola kakovosti letih.

etrto poglavje vsebuje obdelavo opazovanj, dobljene rezultate in komentarje rezultatov. Opisana je primerjava polofajev in vi-in to k. Predstavljena so odstopanja teh polofajev oziroma vi-in, ki jih dobimo z izmero GNSS in na ortofotu oziroma digitalnem modelu reliefa.

V petem poglavju potrdimo hipotezo. Tu je tudi nekaj zaklju nih besed, s katerimi povzamemo diplomsko nalogo in ideje za nadaljnje delo.

## 2 TEORETI NA IZHODI<sup>TM</sup> A

### 2.1 Ortofoto

Ortofoto je izdelek, ki ga dobimo, e transformiramo letalski ali satelitski posnetek iz centralne v ortogonalno projekcijo. Od leta 2006 se v Sloveniji snemanje izvaja z digitalnim fotogrametri nim snemalnim sistemom. Iz letalskih posnetkov izdelujemo ortofote, ki imajo prostorsko lo lživost 0,5 m oziroma 0,25 m. Ortofoto je izdelan v drflavnem koordinatnem sistemu. Od leta 2009 ga izdelujejo direktno v novem koordinatnem sistemu D96/TM (Kosmatin Fras, 2015), eprav ga nudijo tudi v koordinatni osnovi D48/GK. Le-tega dolo ijo naknadno s transformacijo geolokacijskih datotek v koordinatni sistem D48/GK s trikotni–ko afino transformacijo (Berk in Duhovnik, 2007).

Ortofoto je rastrski izdelek, kar pomeni, da je sestavljen iz pikslov. Njegovi podatki niso interpretirani, kar pomeni, da s temi podatki ne moremo nadomestiti topografskih podatkov na kartah in v bazah. Sluffi lahko kot podlaga za prikaz razli nih informacij, za zajem sektorskih podatkov, vizualizacijo, razli ne asovne simulacije, prostorske simulacije in podobno (Kosmatin Fras, 2015).

Izdelava ortofota poteka v sedmih fazah (povzeto in dopolnjeno po Kosmatin Fras, 2004):

- orientacija fotografij,
- priprava digitalnega modela reliefa,
- geometri na in semanti na transformacija,
- sestava mozaika,
- kontrola kakovosti,
- hranjenje in arhiviranje.

Na kakovost ortofota vplivajo predvsem naslednji dejavniki (Kosmatin Fras, 2004):

- kakovost vira (fotografije oz. posnetki),
- natan nost parametrov orientacije,
- kakovost digitalnega modela reliefa,
- metode, s katerimi smo naredili geometri no in semanti no transformacijo in
- asovna aflurnost vhodne slike.

Ker pri ortofotu koordinate to k v ravnini dolo imo tako, da slikovne flarke orientiranega posnetka presekamo z digitalnim modelom reliefa, ima kakovost DMR velik vpliv na natan nost ortofota (Kosmatin Fras, 2004).

## 2.2 Digitalni model reliefa

Digitalni model reliefa (DMR) lahko predstavimo kot digitalni model vi–in (DMV), kjer so vi–ine to k podane diskretno v tabelirani obliki kvadratnih celic (v mreffi oziroma matriki). V Sloveniji imamo DMR razli nih prostorskih lo lživosti:

- lidarski DMR lo lživosti 1 m (Geoportal ARSO, 2016),
- Digitalni model vi–in 5 x 5 m (DMV 5) lo lživosti 5 m (E-prostor, 2016) in
- Digitalni model vi–in Slovenije z lo lživostmi 12,5 m, 25 m in 100 m (DMV 12,5, DMV 25 in DMV 100) (E-prostor, 2016).

Model DMV 5 »pokriva celotno obmo je Slovenije. Natan nost modela je 1 m na odprtih terenih in 3 m na zara– enih terenih« (E-prostor, 2016). Kakovost DMV 5 (oz. DMV drugih lo lživosti) vpliva na natan nost ortofota. Na natan nost interpolacije vi–in vplivata velikost mreffe celice in vrsta terena. Ve jo natan nost dosefemo na ravnem terenu in pri manj–i velikosti mreffe celice, medtem ko je v goratih predelih kakovost vpra–ljiva (Kosmatin Fras, 2004). Podatki za DMV 5 so podani v zapisu ASCII v datotekah s kon nico \*.xyz.

Razlog, da smo se v dani nalogi omejili na uporabo DMV 5 in ne lidarskega DMR-ja je bilo dejstvo, da smo imeli na voljo drflavni ortofoto iz leta 2014, to je iz asa, ko lidarskega DMR za celotno obmo je Slovenije –e ni bilo na voljo, zato se je ortofoto izdelal z uporabo DMV 5 (GURS, 2014).

## 2.3 Izmera GNSS

fie na za etku naloge smo omenili razlog, zakaj smo izbrali terensko izmero z GNSS. Prvi je bil, da smo za slab–e pogoje terenske izmere z GNSS pod ovirami fleleli preveriti, ali je mogo e z ustrezno kakovostjo dolo iti koordinate to k. Da so vi–ine iz DMV in iz GNSS-terenske izmere dolo ene na enak na in in sicer je izhodi– e elipsoidna vi–ina  $h$ , ki se jim nadalje od–teje geoidna vi–ina iz aktualnega modela geoida (Pribe evi , 2000), da pridobimo fizikalno dolo ene vi–ine  $H$ , ki jih ve krat imenujemo kar nadmorske vi–ine.

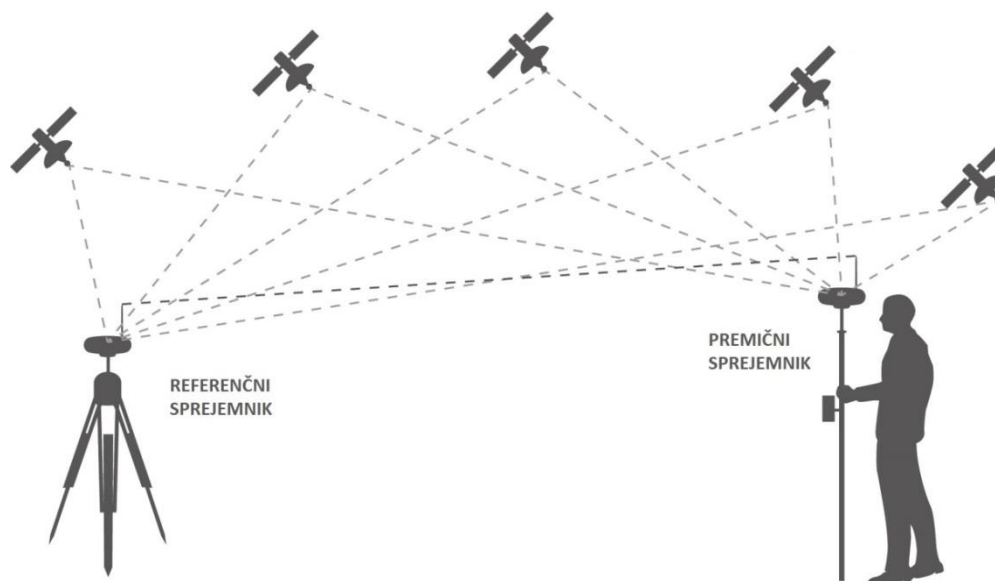
Odlo ili smo se za izmero GNSS z mofnostjo dolo itve koordinat to k na terenu in sicer smo poloflaje to kam dolo ali s:

- kinemati no metodo izmere GNSS RTK (angl. *Real Time Kinematic*) in
- kombinirano GNSS RTK in klasi no metodo izmere.

### 2.3.1 GNSS RTK-metoda izmere

RTK-metoda spada med kinemati ne metode izmere GNSS. Za kinemati ne metode izmere je zna ilno, da se sprejemnik med izmero premika. Pri geodetskem na inu dolo anja poloflaja se na to ki za kratek as ustavimo in nato premaknemo na naslednjo to ko. Velika prednost metode je v moflnosti, da fle med izmero dobimo podatek o koordinatah to k ter o kakovosti obdelave opazovanj GNSS v obliki celo–tevil ne dolo itve fazne neodlo enosti. Pri drugih geodetskih metodah (sem torej ne vklju ujemo absolutne dolo itve poloflaja s kodnimi instrumenti in diferencialnega GNSS) moramo podatke najprej obdelati in –ele nato dobimo podatke o kakovosti obdelave opazovanj do dolo itve koordinat.

Za RTK-metodo izmere potrebujemo telemetri no povezavo med referen nim in premi nim sprejemnikom GNSS, ki je velikokrat zagotovljena s prenosom po radio-modelu, –e ve krat pa po linijah mobilnega omreflja (slika 1). Potrebujemo tudi instrument, ki vsebuje ustrezno programsko opremo za obdelavo opazovanj med samo GNSS-izmero ( adefl, 2010). Instrument, ki ga postavimo na to ko z znanim poloflajem v koordinatnem sistemu GNSS (npr. ETRS 89) in sprejema opazovanja GNSS, imenujemo referen ni sprejemnik, saj se glede na poloflaj to ke, kjer je name– en, prera unava poloflaj novih to k, katerih koordinate flavimo dolo iti. Izmero lahko poenostavimo tako, da referen ni sprejemnik predstavlja stalno delujo a postaja GNSS, ki je v bliflini, oziroma da uporabimo storitve omreflij stalnih postaj, kot je v Sloveniji drflavno omreflje SIGNAL oziroma nekatera privatna omreflja.



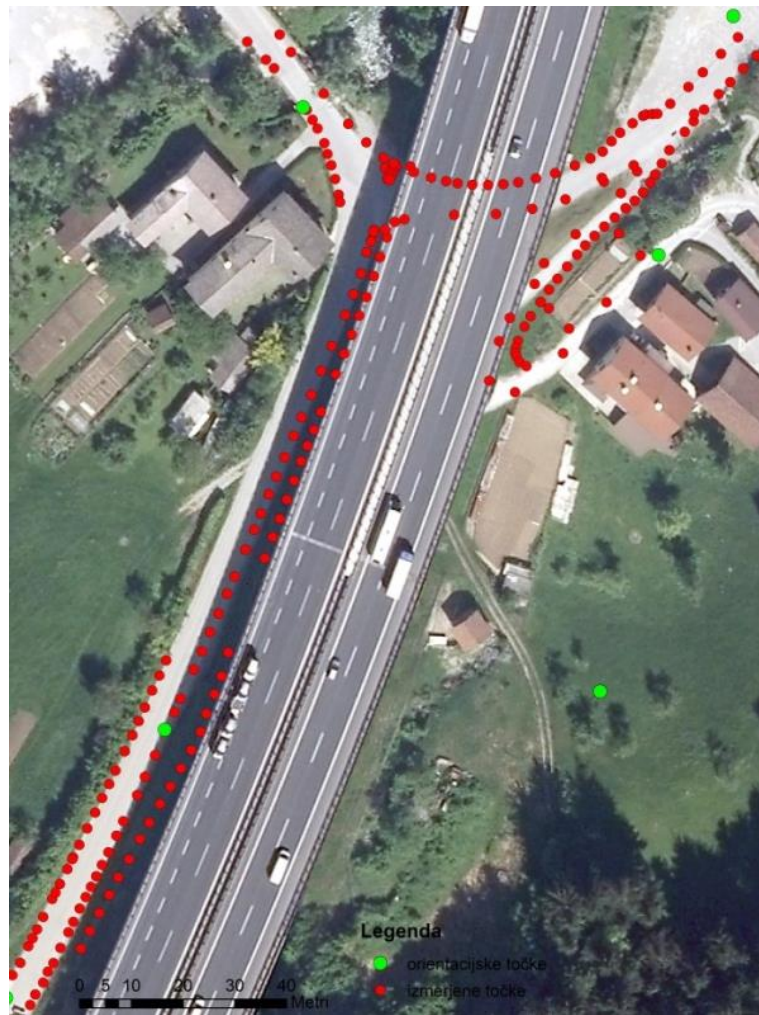
Slika 1: RTK-metoda izmere z referen nim in premi nim sprejemnikom (vir: Welotec, 2016)



### 2.3.2 Kombinirana GNSS in klasi na metoda izmere

Prednost kombinirane GNSS in klasi ne metode izmere je v mofnosti, da si tam, kjer samo z instrumentom GNSS ne moremo dolo iti poloflaja, pomagamo s klasi nimi metodami izmere. Za ta namen uporabimo sistem instrumentov, ki vklju ujejo sprejemnik GNSS z radijsko povezavo z elektronskim tahimetrom ter ustrezno prizmo ali laser. Za kombinirano metodo se odlo imo v primerih, kadar je na obmo ju izmere zaradi ovir sprejema signala GNSS onemogo ena kakovostna izmera (npr. podvozi, gosto pozidano obmo je, v gozdovih ipd.), vendar flemo poloflaje to k dolo iti v asu izmere. Za kakovostno izvedbo izmere moramo zagotoviti vsaj nekaj to k na obmo ju, ki jih lahko kakovostno izmerimo z GNSS-metodo in sluflijo kot to ke za orientacijo pri nadaljnji klasi ni izmeri za dolo itev izra unu koordinat stoji– a tahimetra (Jeni , 2014). Nadalje lahko na terenu dolo amo koordinat to k ali z GNSS ali klasi nimi geodetskimi metodami, odvisno od pogojev za izmero.

Kombinirano metodo izmere lahko naredimo s pomo jo kombinacije GNSS instrumenta, 360° prizme in tahimetra, kar so v podjetju Leica poimenovali SmartPole. Zdruffitev razli nih enot v sistem instrumentov nam omogo a hitro in enostavno preklapljanje med klasi no izmero (TSP sistem (angl. *Total Stations*), ki je trenutno najvi–ja stopnja geodetskih klasi nih instrumentov) in izmero GNSS. Z GNSS RTK-metodo dolo imo poloflaj orientacijskih to k v realnem asu, vendar lahko naknadno v pisarni poloflaje popravimo, e imamo na voljo bolj–e koordinate, ki jih pridobimo z obdelavo opazovanj GNSS stati ne izmere. Na sliki 2 za na–e delovi– e prikazujemo orientacijske to ke (zelena barva) in nadalje dolo enih detajlnih to k, ki so bile v ve ini dolo ene s kombinirano GNSS in klasi no metodo izmere.



Slika 2: Dolo ili smo 6 orientacijskih to k, ki so prikazane z zeleno barvo

## 2.4 Instrumentarij

Za meritve smo uporabili instrument Leica TPS1200, ki ga uvr– amo v skupino preciznih instrumentov in omogo a direktno radijsko povezavo z instrumentom GNSS. Precizni instrumenti nam zagotavljajo visoko kakovost meritev v primeru, da jih uporabimo skupaj z ustreznim priborom. Pred preciznimi meritvami moramo poskrbeti, da je bil instrument preizku– en na poobla– enem servisu in z metodo, ki jo dolo a standard (Kogoj, 2015).

Prednost instrumenta, ki združuje klasi no in GNSS-metodo izmere je, da lahko izbiramo med mořnostma, ali bomo polofaj to k dolo ili z na inom GNSS ali klasi no. To ke, ki so na odprtem, posnamemo z GNSS, ostale to ke pa na klasi ni na in. Sestavni del instrumenta je tudi kontroler, s pomo jo katerega upravljamo z instrumentom na daljavo. Natan nost instrumenta je 1 mm + 1,5 ppm (standard mode) (Leica TSP1200+ data Series, Tehnical Data, 2009). Instrument, s katerim smo izvajali meritve in kontroler sta prikazana na sliki 3.



Slika 3: Leica TPS1200 (levo) in kontroler Leica Viva (desno) (vir: Leica Geosystems, 2016)

Na sliki 4 sta prikazana GNSS-antena in 360° prizma. GNSS-anteno pritrdimo na togo grezilo, pod anteno pa 360° prizmo. Na tak na in lahko brez teřlav preklapljammo med GNSS in klasi no izmero. V primeru, da antena in prizma ne bi bili na istem grezilu, bi za celotno izmero porabili ve asa.



Slika 4: GNSS-antena (levo) in 360° prizma (desno) (vir: Leica Geosystems, ScsSurvey, 2016)

### 3 TERENSKO DELO

#### 3.1 Opis delovi– a in opis razmer za geodetsko terensko izmero

Terenska izmera je potekala pod viaduktom Verd (desni pas je dolg 620 m, levi pas pa 586 m), ki je prikazan na slikah 5 in 6. Viadukt lefi v blifini Vrhniko in predstavlja del primorske avtoceste A1 (Ljubljana ó Koper), ki je bila zgrajena med leti 1970 in 1972. Najve ja vi–ina viadukta nad dejanskim terenom zna–a 37,5 m. Nadmorska vi–ina viadukta je 320 m (DARS, 2016).



Slika 5: Viadukt Verd (vir: GURS, 2015)



Slika 6: Viadukt Verd, pogled s strani (vir: Googlovi zemljevidi, 2016)

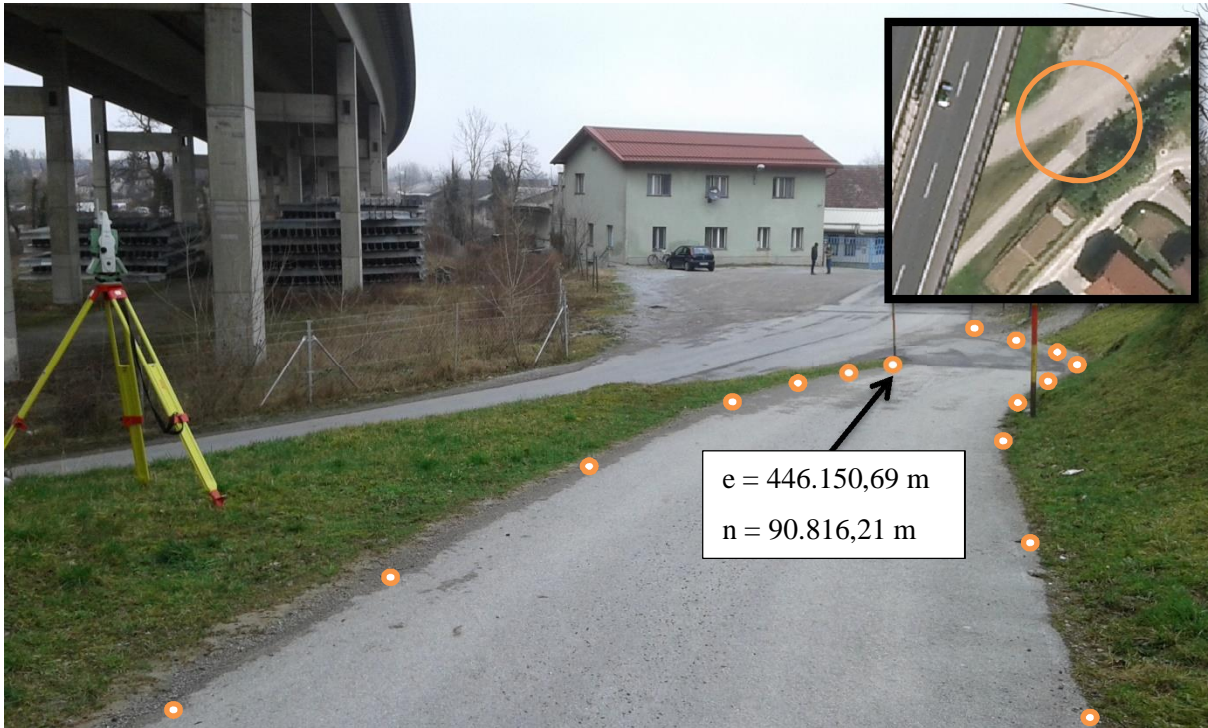
Izmero za dolo itev koordinat to k smo opravili v dopoldanskem asu 11. 2. 2016. V asu izmere je bilo zmerno obla no, temperatura zraka pa je bila okrog 10 °C. Vremenski pogoji za izmero so bili primerni, saj oson enost ni bila prevelika in je bila temperatura zraka stabilna, kar sta osnovna pogoja za kakovostno klasi no izmero. Za GNSS-metodo izmere je moral biti izpolnjen pogoj, da je instrument postavljen na mestu brez fizi nih ovir med instrumentom in sateliti. Ker smo samo izmero izvajali pod viaduktom, smo s pomo jo GNSS-izmere dolo ili le orientacijske to ke in nekaj to k izpod viadukta.

### 3.2 Izbor objektov za oceno kakovosti geodetskih podlag

Izhajali smo iz zahteve, da morajo biti objekti, ki jih izberemo za kontroliranje kakovosti stabilni in stalni objekti v naravi. Navadno so to grajeni objekti, talne oznake, ja–ki in podobno. Predvsem je pomembno, da lahko objekte kasneje poi– emo na ortofotu in jim dolo imo poloflaj, ki ga nadalje primerjamo s koordinatami, ki smo jih dolo ili s terensko izmero. Za kontroliranje kakovosti smo v dani nalogi izbrali:

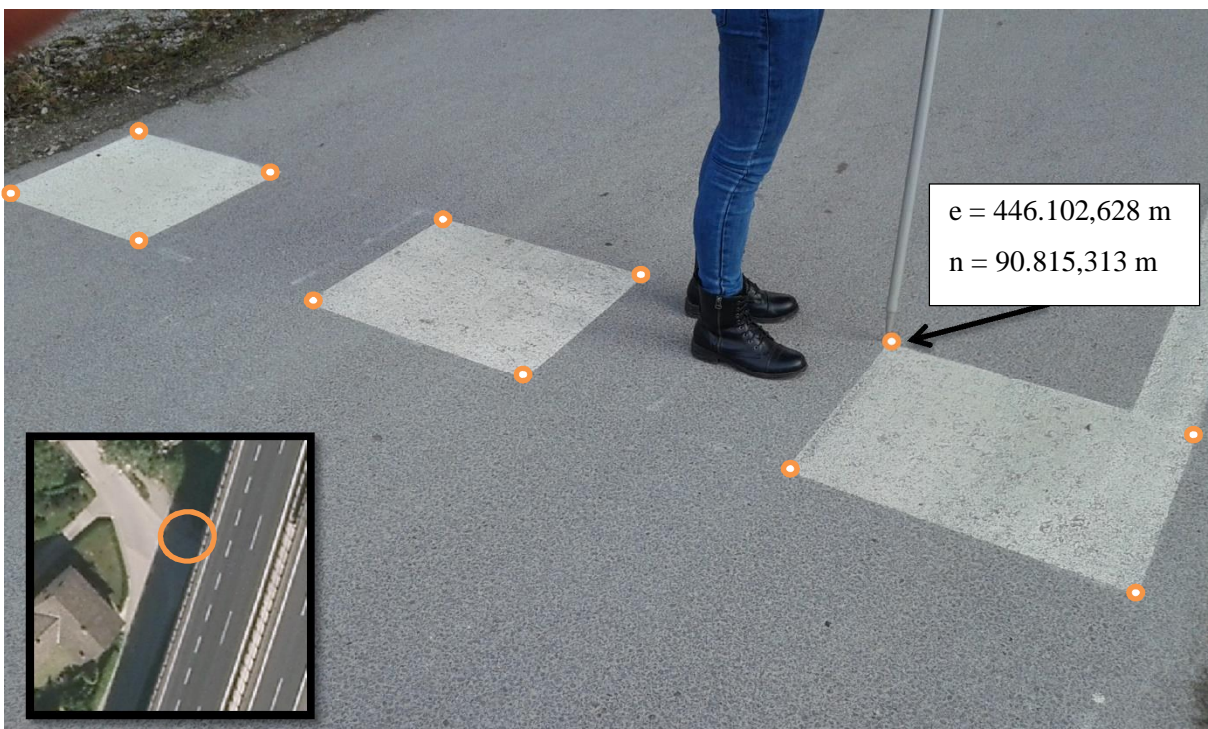
- robove cesti– a,
- talne oznake,
- ja–ke in
- stebre fli nate ograje.

Robove cest smo dolo ili diskretno, približno na vsakih nekaj metrov. V primeru ravnega odseka smo dolo ili manj to k kakor v ovinkih. Pri tem smo pazili, da smo se s togim grezilom res postavili na rob cesti– a. Na sliki 7 prikazujemo to ke na robu cesti– a, ki smo jih dolo ili na terenu. V zgornjem desnem kotu slike 7 je izrez iz ortofota, ki prikazuje obmo je, ki smo ga izmerili. Obmo je se ne nahaja pod nadvozom, zato je bilo mogo e dolo iti koordinate teh to k tudi na ortofotu.



Slika 7: Rob cesti– a, ki smo ga dolo ili z diskretno izmero to k

Poleg tega smo dolo ili poloflaj tudi talnim oznakam. V danem primeru je –lo za prekinjeno –iroko pre no rto, kar prikazujemo na sliki 8. Z izmero smo dolo ili koordinate ogli– posameznih delov oznake. Na ortofotu talna oznaka ni vidna. Posnetek je nastal v delu dneva, ko je senca viadukta padla na talno oznako.



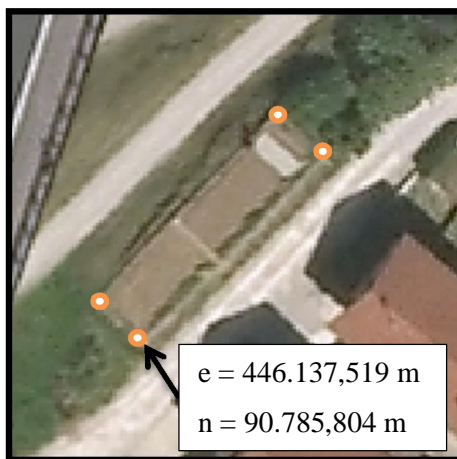
Slika 8: Dolo itev koordinat to k talne oznake

Pri to kovnih objektih, kot so ja–ki, smo dolo ili poloflaj sredine objekta, kar prikazujemo na sliki 9. Tudi v tem primeru (kot v primeru talne oznake) ja–ek ni viden na ortofotu, zato temu objektu na ortofotu nismo mogli dolo iti koordinat. Najverjetnej–i razlog je ta, da je ja–ek majhen objekt, poleg tega je podobne barve kot cesta. Tudi ja–ek se na ortofotu nahaja v senci.



Slika 9: Izmera za dolo itev koordinat kanalizacijskega ja–ka

Dodatno smo dolo ili tudi vogale ograjenega vrta in ograjo, ki predstavlja varovalni pas pod viaduktom. Koordinate to k, ki predstavljajo vogale vrta, smo lahko izmerili na ortofotu, ker se nahaja na odprtem. Poloflaj ograjenega vrta na ortofotu je prikazan na sliki 10. Varovalni pas pa se nahaja pod viaduktom, zato na ortofotu ni viden.



Slika 10: Ograjeni vrt, prikazan na ortofotu. Z oranfno piko so ozna ene to ke, ki smo jih izmerili na terenu

Skupaj smo dolo ili 3D poloflaj ve kot 200 to kam, ki smo jih kasneje uporabili za kontroliranje kakovosti ortofota v okolici viadukta Verd.

### 3.3 Dolo itev koordinat to k in kontrola kakovosti ortofota

Koordinate to k smo dolo ali z RTK-metodo izmere in s kombinirano metodo izmere v koordinatnem sistemu D96/TM. Ker smo uporabili RTK-metodo, smo lahko fle na terenu sproti preverjali kakovost izra una fazne nedolo enosti (izvedba inicializacije). Meritve so potekale tako, da smo se z grezilom, na katerem je bila name– ena antena GNSS in 360° prizma, postavili na to ko. V primeru, da je bila inicializacija uspe– na, smo na to ki stali nekaj sekund, shranili koordinate in se nato premaknili na drugo to ko ter postopek ponovili. Vseeno je bila ve ina to k izmerjena s sistemom TPS. V obeh primerih smo morali biti pozorni na to, da je dozna libela na grezilu vrhunila, vendar velja poudariti, da je poloflaj to k vseeno obremenjen s slab– o kakovostjo centriranja in horizontiranja. e bi fleleli poloflaj to k dolo iti bolje, bi bilo smiselno uporabiti bolj– o mersko opremo. V tem primeru bi v danem asu izmere dolo ili veliko manj to k, zato je uporaba grezila z 8' dozno libelo neke vrste kompromis med koli ino koordinat, ki jih je mogo e v danem asu dolo iti na terenu, in kakovostjo. Na terenu izmerjene to ke imajo koordinate dolo ene tako v obliki elipsoidnih ( , ,  $h$ ) koordinat kot tudi ravninskih koordinat (  $e$ ,  $n$ ) v koordinatnem sistemu D96/TM. Nadmorsko vi– ino pridobimo iz elipsoidne vi– ine  $h$  s pomo jo modela geoida SLOG2000 (Pribevi , 2000). Pri dolo itvi kakovosti interpoliranih vi– in iz DMV 5 smo se odlo ili, da bomo med seboj primerjali nadmorske vi– ine  $H$ , eprav bi bilo povsem enakovredno primerjati tudi elipsoidne vi– ine, saj so v obeh primerih, tako pri GNSS-vi– inomerstvu kot tudi pri interpolaciji vi– in iz DMV 5, normalne-ortometri ne (nadmorske) vi– ine obremenjene s sistemati no napako modela geoida.

Pri to kah, ki so bile izmerjene z GNSS, je bilo treba preveriti faktorje DOP (angl. *Dilution of Precision*). DOP-faktor predstavlja geometrijo satelitov, s katerih je instrument sprejel signale. Velikost faktorja vpliva na kakovost izra una 3D poloflaja sprejemnika. Manj– a kot je vrednost faktorja DOP, ugodnej– a je geometrija razporeditve satelitov in poloflaj sprejemnika bo bolj natan no dolo en. V na– em primeru je instrument sam dolo il dva razli na DOP faktorja: GDOP (angl. *Geometric Dilution of Precision*) in PDOP (angl. *Position Dilution of Precision*). Faktor GDOP predstavlja geometrijsko slab– anje natan nosti, faktor PDOP pa poloflajno slab– anje natan nosti (Stopar, 2015). Vrednosti teh dveh faktorjev za to ke izmere so bile okrog 3. Dolo ene to ke pa so imele tudi ve je vrednosti (vendar manj– e od 4), kar pomeni, da so te to ke nekoliko slab– e dolo ene (v geometrijskem in poloflajnem smislu). Faktorja PDOP in GDOP naj bi bila na vsaki to ki, kjer dolo amo poloflaj, manj– a od 6 (GURS, 2007), kar smo tekom izmere zagotovili.



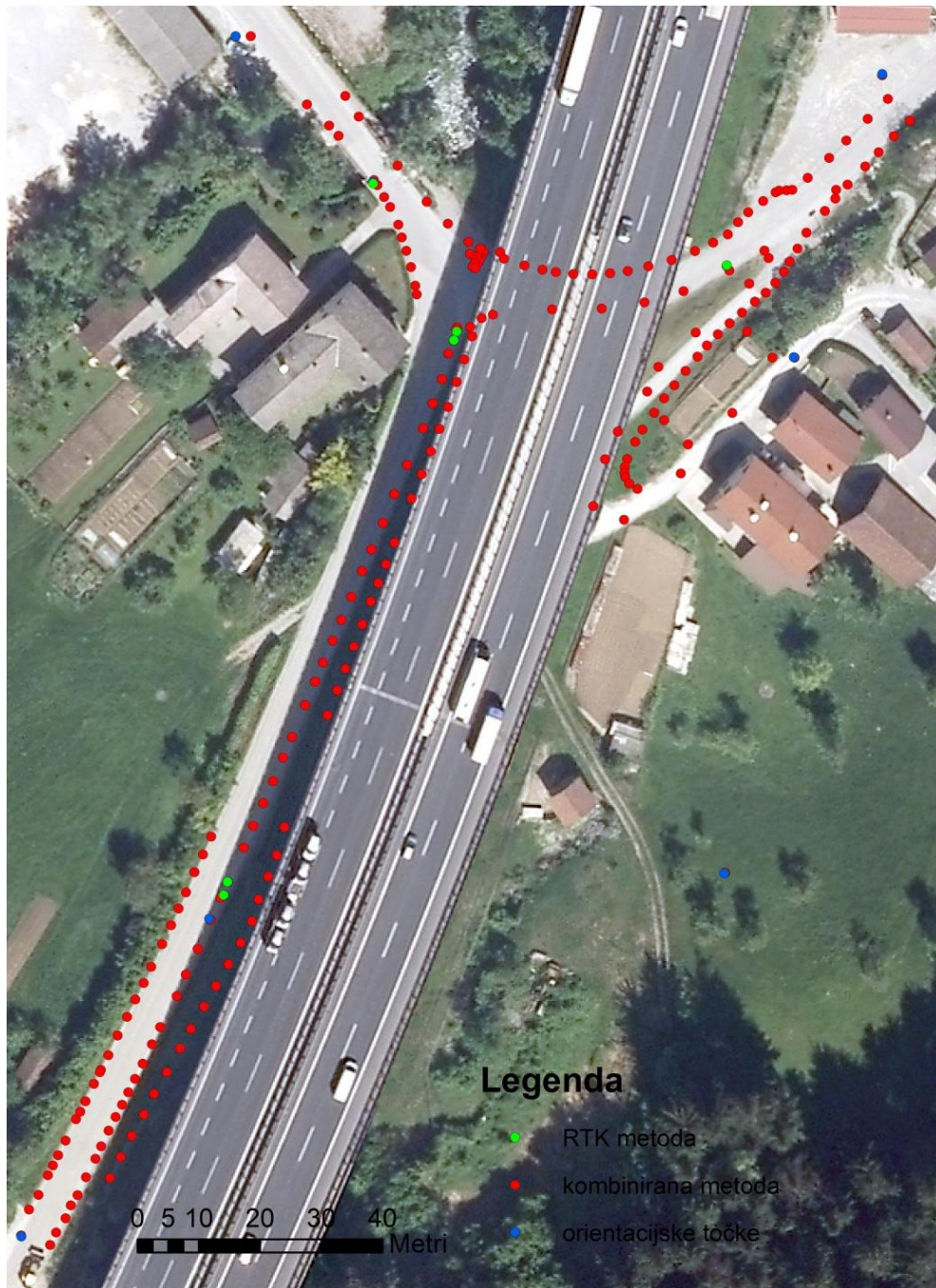
Poloflaj stoji– a tahimetra smo dolo ili z metodo prostega stoji– a, kar je podrobno opisano v (Jeni , 2014). Za GNSS-metodo je zna ilno, da so meritve v okviru natan nosti nekaj centimetrov. Poloflajno odstopanje stoji– a je bilo za oba primera v okviru nekaj milimetrov, medtem ko je bilo vi–insko odstopanje v obeh primerih nekaj centimetrov. Razlaga teh rezultatov je logi na, saj je z GNSS-metodo vi–ina vedno dolo ena slab–e kot poloflaj (nekje do dvakrat slab–e).

V preglednici 1 prikazujemo –tevilo to k, ki smo jih dolo ili z RTK-metodo in –tevilo to k, ki smo jih dolo ili na kombiniran na in. Ve ino to k smo dolo ili s kombinirano metodo izmere, kar 221. Zgolj 13 to k smo lahko dolo ili z metodo RTK (od tega je 6 to k orientacijskih).

Preglednica 1: T–tevilo to k, ki so bile izmerjene z RTK in kombinirano metodo izmere

<b>metoda izmere</b>	<b>–tevilo to k</b>
RTK-metoda izmere	13
kombinirana metoda izmere	221

Z RTK-metodo smo lahko izmerili tiste to ke, ki se niso nahajale pod viaduktom. Za to metodo namre potrebujemo poleg GSM povezave med referen nim in premi nim sprejemnikom GNSS, povezavo med sprejemnikom in satelitom. Na tak na in smo to kam, na katerih je bil instrument inicializiran, dolo ili koordinate z GNSS. T–tevilo to k, ki smo jih izmerili z RTK-metodo prikazujemo v preglednici 1. Ve ina to k je bila izmerjena s kombinirano metodo. Razlog za to je v tem, da je bila povezava med sprejemnikom GNSS in satelitom na obmo ju izmere slaba. Pri kombinirani metodi smo ve ino to k izmerili na klasi ni na in. Na sliki 11 so prikazane to ke, ki smo jih izmerili z metodo RTK (zelena barva) in to ke, ki smo jih dolo ili s kombinirano metodo (rde a barva). Z modro barvo so ozna ene orientacijske to ke.



Slika 11: To ke, ki smo jih izmerili z metodo RTK so prikazane z zeleno barvo. To ke, ki smo jih dolo ili z kombinirano metodo so prikazane z rde o barvo. Orientacijske to ke so prikazane z modro barvo

## 4 OBDELAVA OPAZOVANJ IN REZULTATI

### 4.1 Primerjava poloflajev in vi-in to k

Pri obdelavi opazovanj smo primerjali poloflaj to k na ortofotu in poloflaj to k, dobljen z izmero GNSS, ter vi-ine to k, dobljene z GNSS-vi-inomerstvom in vi-ine to k, interpolirane iz DMV 5.

#### 4.1.1 Primerjava poloflaja: ortofoto ó izmera GNSS

Primerjavo poloflaja smo naredili s pomo jo programa ArcMap. Med seboj smo primerjali ravninske koordinate  $e$  in  $n$  v drflavnem koordinatnem sistemu D96/TM in dolo ili odstopanja poloflajev to k ter jih grafi no predstavili.

Pri primerjavi poloflaja nas je zanimalo odstopanje med poloflajem to k na ortofotu in poloflajem to k, ki smo ga dolo ili z izmero GNSS. V programu ArcMap smo na ortofotu najprej izmerili koordinate, odstopanja poloflaja v smeri koordinatnih osi  $e$  in  $n$  med ortofotom in izmero GNSS pa smo nato izra unali iz koordinat. Za primerjavo smo morali izbrati tiste to ke objekta, ki jim je mogo e na ortofotu enoli no dolo iti koordinate in smo sam objekt tudi izmerili na terenu. Za primerjavo poloflaja smo izbrali ogli– a vrta in –est to k, ki dolo ajo rob ceste. Poloflaji to k na ortofotu in izmerjeni poloflaji to k z izmero GNSS so prikazani v preglednicah 2 in 3. Odstopanje je dolo eno tako, da smo koordinatam na ortofotu od–teli koordinate dobljene z izmero GNSS. Grafi no so to ke prikazane na slikah 12 in 13.

Preglednica 2: Poloflaji to k (vrt) na ortofotu in izmerjeni poloflaji z GNSS

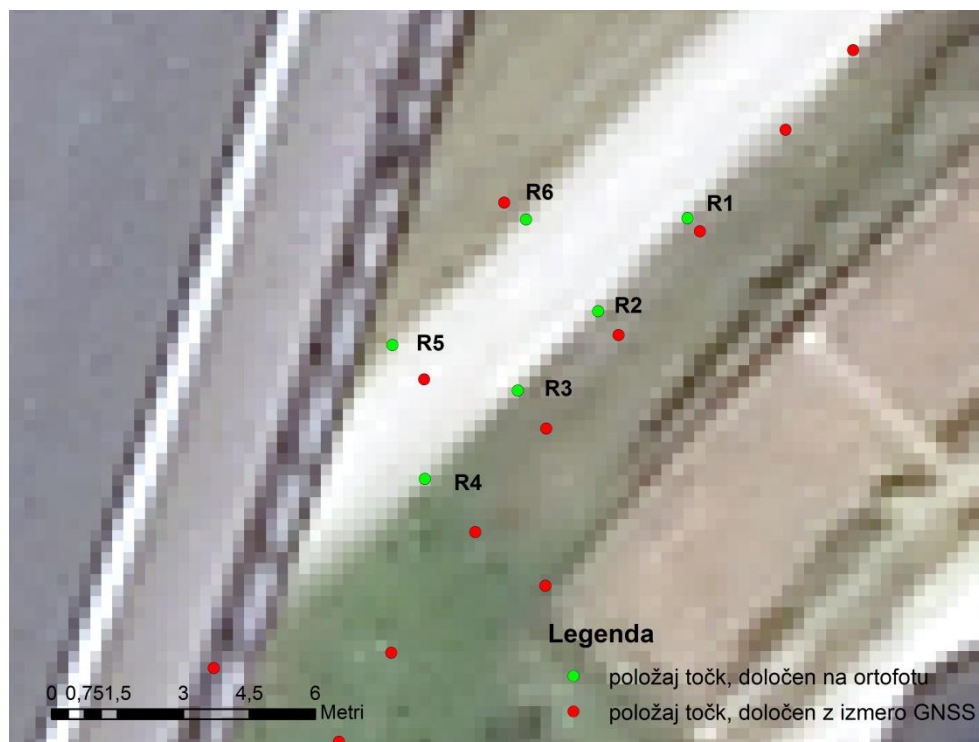
to ka	ortofoto		izmera GNSS		odstopanje	
	$e [m]$	$n [m]$	$e [m]$	$n [m]$	$e [m]$	$n [m]$
V1	446.147,04	90.803,55	446.147,11	90.804,20	-0,07	-0,65
V2	446.150,93	90.800,14	446.151,28	90.799,91	-0,32	0,23
V3	446.137,12	90.785,69	446.137,51	90.785,82	-0,39	-0,13
V4	446.133,79	90.789,50	446.133,62	90.789,79	0,17	-0,29



Slika 12: Poloflaj točk vrta, določen na ortofotu, je prikazan z zelenimi krogi, poloflaj točk, določen z izmero GNSS, je prikazan z rdečimi krogi

Preglednica 3: Poloflaji točk (rob ceste) na ortofotu in izmerjeni poloflaji z GNSS

točka	ortofoto		izmera GNSS		odstopanje	
	e [m]	n [m]	e [m]	n [m]	e [m]	n [m]
R1	446.136,84	90.798,09	446.137,14	90.797,80	-0,30	0,29
R2	446.134,89	90.795,91	446.135,29	90.795,38	-0,40	0,53
R3	446.133,07	90.794,24	446.133,67	90.793,30	-0,60	0,94
R4	446.131,08	90.792,02	446.132,05	90.790,98	-0,97	1,04
R5	446.130,13	90.795,28	446.130,86	90.794,42	-0,73	0,86
R6	446.133,23	90.798,05	446.132,74	90.798,46	0,49	-0,41



Slika 13: Poloflaj to k roba ceste, dolo en na ortofotu, je prikazan z zelenimi krogi, poloflaj to k, dolo en z izmero GNSS, je prikazan z rde imi krogi

V primeru vrta se poloflaj to k na ortofotu in poloflaj to k, izmerjen z GNSS, ne razlikuje veliko. Najve je odstopanje je pri to ki V1, ki v smeri proti vzhodu zna–a -0,07 m, v smeri proti severu -0,65 m. Najmanj–e odstopanje poloflaja med ortofotom in izmero GNSS ima to ka V4. V smeri proti vzhodu je to odstopanje 0,17 m, v smeri proti severu pa 0,29 m. Ve ja odstopanja se pojavljajo pri to kah, ki predstavljajo rob ceste. Najve je odstopanje se pojavi pri to ki R4 in zna–a -0,97 m v smeri proti vzhodu in 1,04 m smeri proti severu. Najmanj–e odstopanje ima to ka R1, ki v smeri proti vzhodu odstopa -0,30 m in v smeri proti severu 0,29 m. Pri tem je treba poudariti, da smo to ke na ortofotu dolo ili tako, da smo izmerili najblifji rob ceste. Odstopanja so zato lahko ve ja, ker ni nujno, da so to ke izmerjene na ortofotu na to no istih detajlih kot so bile posnete na terenu z izmero GNSS. Blifje kot so to ke viaduktu, ve je je odstopanje poloflaja na ortofotu in poloflaja, dolo enega z izmero GNSS. Razlog za neujemanje poloflajev teh to k je v tem, da je na obmo ju viadukta lahko nekoliko slab–a kakovost DMV-ja, na podlagi katerega je bil izdelan ortofoto. Do tega zaklju ka smo pri–li na podlagi analize, ki smo jo opravili v poglavju 4.1.2.

#### 4.1.2 Primerjava vi-in: GNSS-vi-inomerstvo ó DMV 5

Poleg poloflaja smo na obmo ju viadukta Verd primerjali tudi vi–ine, dobljene z GNSS-vi-inomerstvom in vi–ine, interpolirane iz DMV 5. Pri interpretaciji rezultatov smo uporabili program InOViTOr\_SI, ki ga je izdelal dr. Dejan Grigillo, postopke pa sta zasnovala Höhle in Potuckova (2011). V nalogi smo se osredoto ili zgolj na vi–insko to nost DMV 5. S pomo jo programa smo

lahko analizirali DMV 5 in opredelili to nost dolo itve vi-in iz modela na izbranem obmo ju. Vi-insko to nost DMV 5 smo dolo ili s primerjavo z referen nimi meritvami, ki jih v na-em primeru predstavljajo RTK-meritve. Meritve niso optimalno razporejene po terenu, zato tudi ocena vi-inske to nosti DMV 5 ni optimalna. Kljub temu pa dobimo vpogled v vi-insko to nost DMV 5 na obmo ju viadukta Verd.

Oceno natan nosti DMV 5 smo dolo ili s primerjavo vi-in, ki smo jih sami izmerili na terenu z RTK-metodo izmere in z bilinearno interpolacijo izra unanih vi-in identi nih to k iz DMV 5 (–tevilto to k, katerih vi-ine smo primerjali med seboj, je 235). Po primerjavi smo dobili vi-inska odstopanja, na podlagi katerih smo ocenili koren srednjega kvadratnega pogre-ka RMSE (angl. *Root Mean Square Error*), srednjo vrednost odstopanj in standardni odklon . Ena be, po katerih program InOViTOR\_SI izra una omenjene vrednosti, so zapisane in razloflene v (Pavlov i Pre-eren in sod., 2014).

Na terenu smo izmerili 237 to k. Po prvi iteraciji je program zaznal 2 grobo pogre-eni opazovanji, ki sta presegli trikratno vrednost RMSE, in ju nato sam odstranil oziroma v nadaljnjih izra unih ni upo-teval. V nadaljevanju smo upo-tevali vrednosti za 235 to k. Rezultati analize za oceno natan nosti DMV 5 so prikazani v preglednici 4.

Preglednica 4: Rezultati analize za oceno natan nosti DMV 5, dobljeni s programom InOViTOR\_SI

<b>koli ina</b>	<b>vrednost</b>
srednja vrednost odstopanj	-0,55 m
standardni odklon	0,42 m
RMSE	0,69 m
95% interval zaupanja za (Studentova t porazdelitev)	[-0,60 m < < -0,49 m]
95% interval zaupanja za ( <sup>2</sup> porazdelitev)	[0,38 m < < 0,46 m]

Zanesljivost cenilk, ki so ocenjene na podlagi vzorca, podamo z intervali zaupanja. Uporabili smo Studentovo t porazdelitev in <sup>2</sup> porazdelitev. Obe porazdelitvi uporabljamo za dolo evanje obmo ja zaupanja in za preverjanje domnev za male vzorce. Na podlagi Studentove t porazdelitve smo dolo ili 95% interval zaupanja za srednjo vrednost [-0,60 m < < -0,49 m]. Srednja vrednost v na-em primeru zna-a -0,55 m. <sup>2</sup> porazdelitev pa dolo a 95% interval zaupanja za standardni odklon [0,38 m < < 0,46 m]. Standardni odklon v na-em primeru zna-a 0,42 m. V obeh primerih se vrednosti nahajajo znotraj 95% intervala zaupanja.

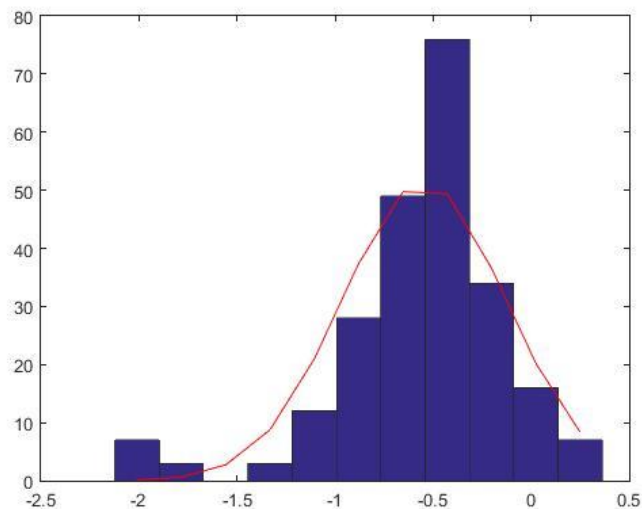
Ker so koli ine (gre za vi–ine, ki smo jih pridobili na terenu) vsebovale grobe pogr–ke, smo naredili –e robustno oceno to nosti. To metodo uporabimo v primeru, kadar opazovanja niso normalno porazdeljena. V preglednici 5 so prikazane vrednosti, ki smo jih dobili z robustno oceno to nosti.

Preglednica 5: Robustna statistika

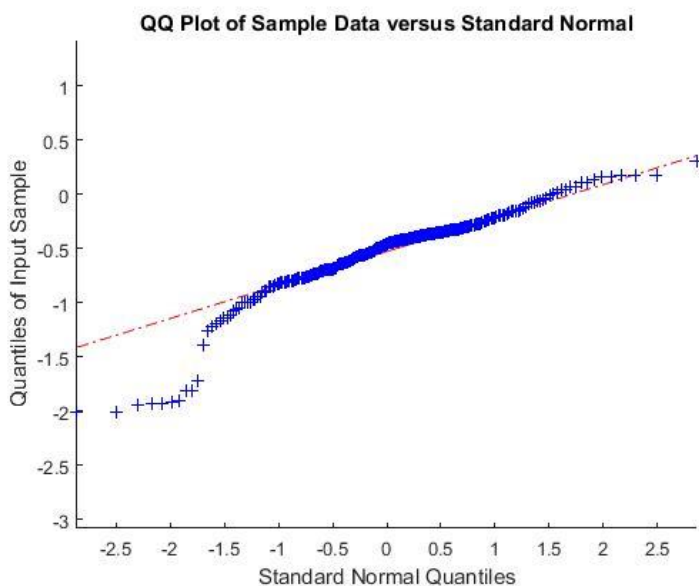
<b>koli ina</b>	<b>vrednost</b>
mediana $m_h$	-0,46 m
NMAD	0,33 m
$Q_{ h }(0,638)$	0,69 m
$Q_{ h }(0,95)$	1,61 m

Pri oceni robustne statistike izra unamo mediano, NMAD,  $Q_{|h|}(0,638)$  in  $Q_{|h|}(0,95)$ . Mediana  $m_h$  ustreza srednjemu odstopanju v primeru normalno porazdeljenih opazovanj. Dobimo jo tako, da vsa odstopanja razvrstimo po velikosti v vrsto, srednje odstopanje pa predstavlja mediano. V na–em primeru vrednost mediane zna–a -0,46 m. NMAD (angl. *Normalized Median Absolute Deviation*) predstavlja normalizirano mediano absolutnih odstopanj. Vrednost NMAD na obmo ju viadukta Verd zna–a 0,33 m. Oznaka  $Q_{|h|}$  predstavlja kvantil.  $Q_{|h|}(0,638)$  pomeni, da je 63,8% vseh absolutnih vrednosti znotraj intervala  $[0, Q_{|h|}(0,638)]$ .  $Q_{|h|}(0,95)$  pa pomeni, da je znotraj intervala  $[0, Q_{|h|}(0,95)]$  95% vseh absolutnih vrednosti. Za na– primer velja, da sta vrednosti kvantilov  $Q_{|h|}(0,638) = 0,69$  m in  $Q_{|h|}(0,95) = 1,61$  m. Ena be za izra un robustne statistike so zapisane in razlofene v (Pavlov i Pre–eren in sod., 2014).

S histogramom odstopanj (slika 14) lahko ocenimo normalnost porazdelitve odstopanj. Iz grafa je razvidno, da je najve vi–inskih odstopanj v rangju -0,5 m. S kvantilnim grafom (slika 15) pa primerjamo funkcijo empiri ne porazdelitve s teoreti nimi kvantili normalne porazdelitve. Iz slik 14 in 15 vidimo, da odstopanja niso normalno porazdeljena, zato so v na–em primeru vrednosti robustne statistike primernej–e za oceno vi–inske to nosti DMV 5.



Slika 14: Histogram porazdelitve odstopanj ó rde a rta prikazuje pri akovano –tevilu odstopanj v primeru normalne porazdelitve odstopanj s srednjo vrednostjo odstopanj in standardnim odklonom



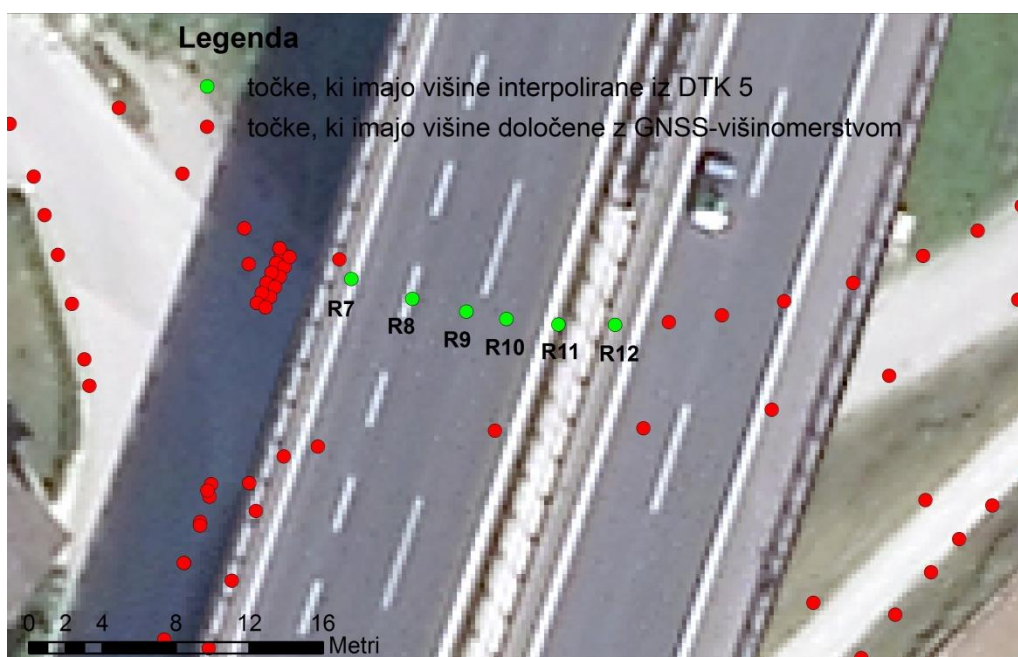
Slika 15: Kvantilni graf - rde a rta prikazuje kvantile normalne porazdelitve, modri + pa kvantile vi–inskih odstopanj

V preglednici 6 so zbrane nekatere to ke, ki dolo ajo potek ceste pod viaduktom in njihove vi–ine, dolo ene z GNSS-vi–inomerstvom in interpolirane vi–ine iz DMV 5 ter njihova odstopanja. V preglednici 7 pa so zbrane to ke in njihove vi–ine, ki ne lefijo pod viaduktom. Odstopanja so izra unana tako, da smo interpolirani vi–ini iz DMV 5 od–teli vi–ino, ki smo jo izmerili z GNSS-vi–inomerstvom. Na slikah 16 in 17 grafi no prikazujemo izbrane to ke.



Preglednica 6: Vi-ine to k, ki lefijo pod viaduktom Verd

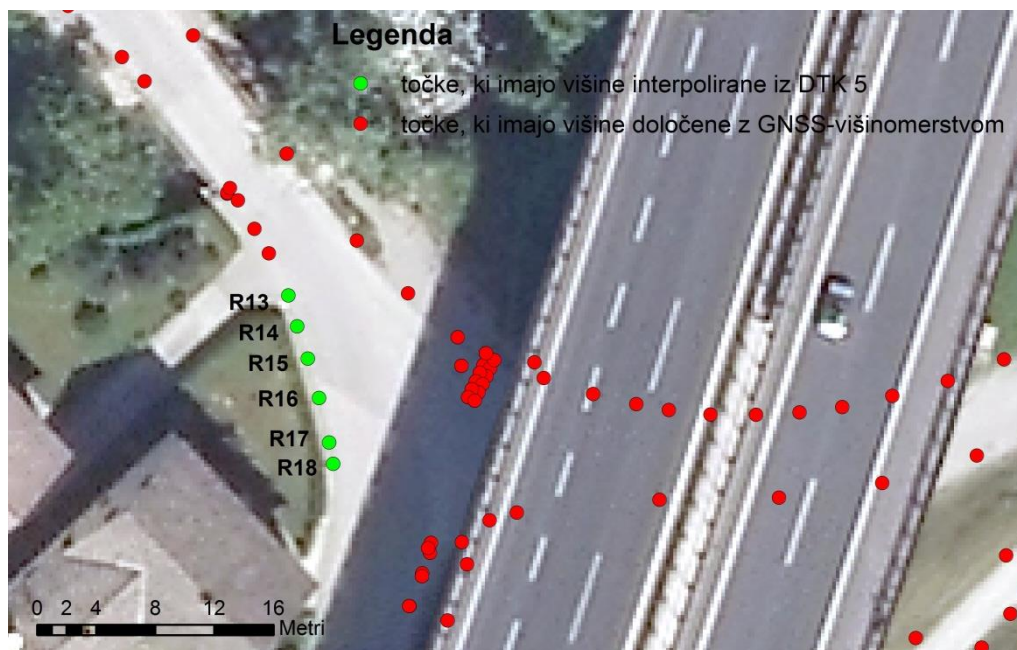
to ka	vi-ina, pridobljena z GNSS-vi-inomerstvom [m]	interpolirana vi-ina iz DMV 5 [m]	odstopanje [m]
R7	293,79	293,06	–0,73
R8	293,99	293,25	–0,74
R9	294,16	293,47	–0,69
R10	294,28	293,60	–0,68
R11	294,47	293,74	–0,73
R12	294,61	293,90	–0,71



Slika 16: Grafi ni prikaz to k, ki lefijo pod viaduktom Verd

Preglednica 7: Vi-ine to k, ki ne lefijo pod viaduktom Verd

to ka	vi-ina, pridobljena z GNSS-vi-inomerstvom [m]	interpolirana vi-ina iz DMV 5 [m]	odstopanje [m]
R13	292,87	292,53	–0,34
R14	292,96	292,62	–0,34
R15	293,07	292,70	–0,37
R16	293,17	292,81	–0,36
R17	293,29	292,93	–0,36
R18	293,34	292,99	–0,35

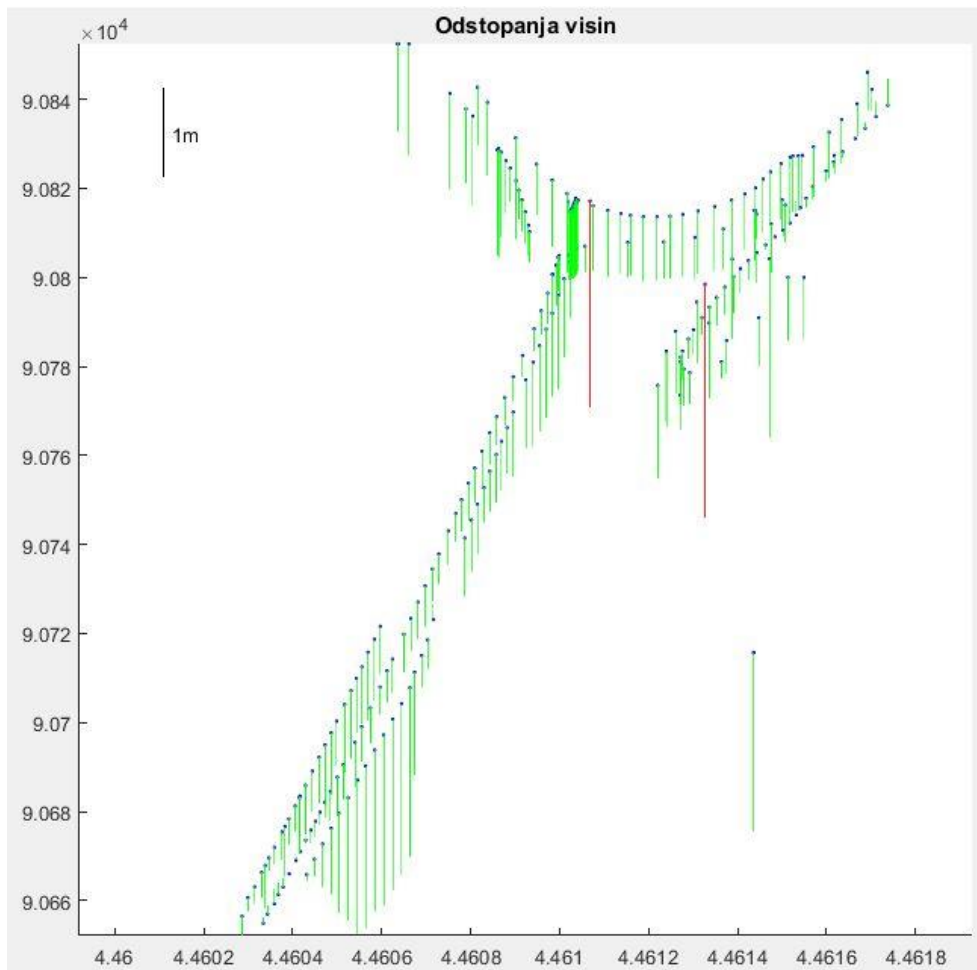


Slika 17: Grafi ni prikaz to k, ki ne lefijo pod viaduktom Verd

Odstopanje vi-in to k, ki lefijo pod viaduktom, je okrog -0,7 m, to k, ki ne lefijo pod viaduktom pa okrog -0,3 m. V povpre ju je torej odstopanje vi-in, ki jih dolo imo z GNSS-višinomerstvom in z interpolacijo vi-in iz DMV 5, -0,5 m. Tudi iz rezultatov, dobljenih s programom InOViTOr\_SI, ugotovimo, da je DMV 5 na obmo ju viadukta Verd prenizek za približno 0,5 m.

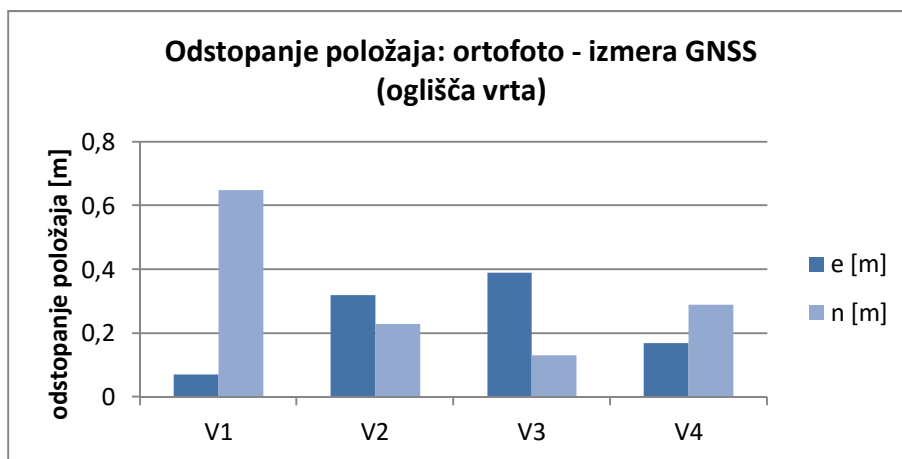
#### 4.2 Izris odstopanj

Odstopanja vi-in to k, dolo enih z izmero GNSS, in vi-in to k, izra unanih iz DMV 5, so prikazana na sliki 18 z zeleno barvo. Dve to ki, ki imata vi-ínsko razliko ozna eno z rde o barvo, predstavljata groba pogre-ka. Pri oceni vi-ínske to nosti DMV 5 s standardnimi merami je program InOViTOr\_SI ti dve opazovanji izklju il. Pri ve ini izmerjenih to k je DMV 5 prenizek. V povpre ju je prenizek za 0,5 m. Na tem obmo ju pa smo izmerili tudi 15 to k, kjer je DMV 5 nekoliko previsok. Na teh to kah je v povpre ju DMV 5 previsok za 0,1 m.



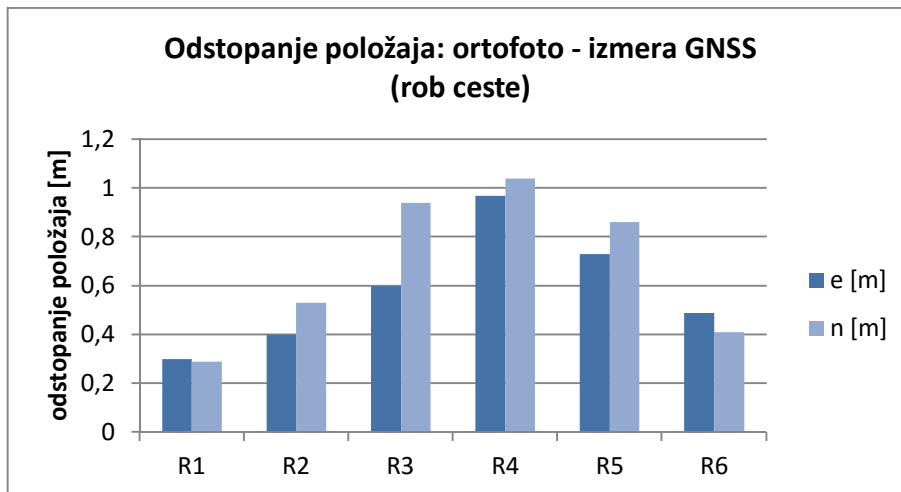
Slika 18: Odstopanja vi-in referen nih to k, pove ana za faktor 20

Pri primerjavi poloflaja na ortofotu in poloflaja, dolo enega z GNSS, smo primerjali poloflaj to k, ki predstavljajo ogli– vrta in poloflaj to k, ki dolo ajo rob ceste. Grafikon 1 prikazuje absolutna odstopanja poloflaja to k na ortofotu in poloflaja to k, dolo enega z izmero GNSS (v smeri *e* in *n*). Grafikon 2 pa prikazuje absolutna odstopanja za primer roba ceste v smeri koordinatnih osi *E* in *N*.



Grafikon 1: Odstopanja poloflaja to k ortofoto ó izmera GNSS za primer ogli– vrta

V primeru primerjave položaja to k, ki dolo ajo obod vrta ugotovimo, da ve ina koordinat (tako v smeri  $e$  kot  $n$ ) odstopa manj kot 0,4 m, razen v primeru to ke V1, kjer je koordinatno odstopanje v smeri proti severu (odstopanje koordinate  $n$ ) 0,65 m.



Grafikon 2: Odstopanja položaja to k ortofoto ó izmera GNSS za primer roba ceste

Odstopanja v primeru položaja to k, ki dolo ajo rob ceste, so ve ja kakor v primeru vrta. Ve ina odstopanj je sicer pod 1 m. To ki R1 in R6 imata ve je odstopanje položaja v smeri koordinatne osi  $E$  (smer proti vzhodu), to ke R2, R3, R4 in R5 pa imajo ve je odstopanje v smeri koordinatne osi  $N$  (smer proti severu). Najve je odstopanje se v obeh smereh pojavi pri to ki R4, ki se nahaja najbližje avtocestnemu nadvozu.

## 5 ZAKLJU EK

V diplomski nalogi smo posku–ali odgovoriti na vpra–anja, ki se navezujejo na kakovost podatkov mnoffi nega zajema podatkov, zato smo primerjali podatke z ortofota in dejanske GNSS-izmere. Postavili smo hipotezo, da lahko pod nadvozi pride do neujemanja podatkov z ortofota in dejanske izmere na terenu. Preverjanje hipoteze lahko razdelimo na dva dela. Prvi del se navezuje na primerjavo poloflaja to k na ortofotu in poloflaja to k, dolo enega z izmero GNSS. Drugi del se navezuje na primerjavo vi–in, dolo enih z GNSS-vi–inomerstvom in vi–in, interpoliranih iz DMV 5. Zastavljeno hipotezo lahko potrdimo. Na neujemanje poloflaja in vi–in vpliva slab–a kakovost DMV 5 na obmo ju viadukta. Blifje kot je neka to ka nadvozu, ve je je neujemanje v poloflaju. Ugotovili smo, da je pod avtocestnim nadvozom Verd DMV 5 slabo dolo en.

Podatki, dobljeni z dejansko izmero in podatki mnoffi nega zajema, so med seboj lahko primerljivi. Za oceno to nosti podatkov mnoffi nega zajema mora biti natan nost terenske izmere vsaj trikrat bolj–a od natan nosti, ki jo imajo opredeljeno ocenjevani izdelki. V primeru, da uporabimo podatke mnoffi nega zajema, se moramo pozanimati, kak–ne natan nosti so ti podatki. V primeru, da potrebujemo podatke visoke natan nosti, gremo raje na teren in ga posnamemo sami. e pri tem uporabimo kombinirano metodo izmere, lahko v sistemu elipsoidnih vi–in vi–ine dolo amo tudi tam, kjer z GNSS-izmero ne moremo meriti oziroma tam, kjer imamo ovire sprejema signala GNSS . Poleg tega tudi fle na terenu samem dobimo podatke o kakovosti meritev (RTK-izmera).

fiivimo v dobi, kjer je tehnolo–ki napredek del vsakdanjika. V zadnjem asu so se v geodetski stroki pojavili brezpilotni letalni sistemi. V nadaljevanju bi lahko preverili, kak–no je ujemanje poloflajev oziroma vi–in, ki jih dolo imo iz posnetkov z brezpilotnih letalnikov, in poloflajev oziroma vi–in dejanske izmere. Tako bi ugotovili, ali bi se lahko brezpilotni letalniki uporabljali za dopolnitev oziroma vzdrfjevanje drflavnega ortofota na obmo jih ve jih sprememb.

## VIRI

Berk, S., Duhovnik, M. 2007. Transformacija podatkov Geodetske uprave Republike Slovenije v novi drflavni koordinatni sistem. Geodetski vestnik 51, 803 ó 826.

Bric, V., Berk, S., Oven, K. in Triglav ekada, M. 2015. Aerofotografiranje in aerolasersko skeniranje Slovenije. Ljubljana, 20. sre anje Slovenskega zdrufljenja za geodezijo in geofiziko.

[http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2015/6%20SZGG 2015 Bric Berk Oven Triglav.pdf](http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2015/6%20SZGG%202015%20Bric%20Berk%20Oven%20Triglav.pdf)

(Pridobljeno 22. 8. 2016).

Bric, V., Grigillo, D., Kosmatin Fras, M. 2015. Fotogrametrija. Programska zasnova in priprava gradiv za izvedbo strokovnega dela izpita iz geodetske stroke.

[http://dev.tend.si/izs/fileadmin/dokumenti/strokovni\\_izpiti/msgeo/Fotogrametrija.pdf](http://dev.tend.si/izs/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msgeo/Fotogrametrija.pdf)

(Pridobljeno 7. 7. 2016.)

adefl, P. 2010. Analiza metod geodetske GNSS izmere. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeni–tvo in geodezijo (samozaloffba P. adefl).

DARS. 2016. Nacionalni program izgradnje avtocest.

[http://www.dars.si/Dokumenti/Obstojece AC in HC/A1 sentilj - Srmin 126.aspx](http://www.dars.si/Dokumenti/Obstojece_AC_in_HC/A1_sentilj_-_Srmin_126.aspx).

(Pridobljeno 14. 5. 2016.)

Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS). 2014. Cikli no aerofotografiranje Slovenije 2014 (CAS 2014). Ljubljana, Tehni na dokumentacija: 7.

Geodetska uprava republike Slovenije (GURS). 2015. DOF050, 2011-2015.

Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS). 2007. Tehni no navodilo za uporabo novega koordinatnega sistema v zemlji–kem katastru.

[http://www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/ogs/razlicica1\\_0.doc](http://www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/ogs/razlicica1_0.doc). (Pridobljeno 20. 5. 2016.)

Geoportal ARSO. 2016. Lidar. [http://gis.arso.gov.si/evode/profile.aspx?id=atlas\\_voda Lidar@Arso](http://gis.arso.gov.si/evode/profile.aspx?id=atlas_voda_Lidar@Arso).

(Pridobljeno 23. 7. 2016.)

Googlovi zemljevidi. 2016. <https://www.google.si/maps/@46.0492674,14.5028353,15z?hl=sl>

(Pridobljeno 12. 7. 2016.)

Höhle, J., Potuckova, M. 2011. EuroSDR No. 60: Assessment of the Quality of Digital Terrain Models, December 2011. [http://www.eurosd.net/sites/default/files/uploaded\\_files/60\\_0.pdf](http://www.eurosd.net/sites/default/files/uploaded_files/60_0.pdf) (Pridobljeno 22. 8. 2016.)

Jeni , M. 2014. Izra un koordinat stoji– a v detajlni izmeri: prosto stoji– e z izravnavo ali Helmertovo transformacijo. Diplomaska naloga. Ljubljana, Fakulteta za gradbeni–tvo in geodezijo (samozaloffba M. Jeni ).

Kogoj, D. 2015. Precizna klasi na geodetska izmera. Zapiski iz predavanj: lo . pag.

Kosmatin Fras, M. 2015. Fotogrametrija I. Zapiski iz predavanj: lo . pag.

Kosmatin Fras, M. 2004. Vpliv kakovosti vhodnih podatkov na kakovost ortofota. Geodetski vestnik 48, 176 ó 178.

Leica TSP1200+ data Series, Tehnical Data. 2009.

[http://www.toposurvey.ro/secundare/Leica/Leica\\_TPS1200+\\_TechnicalData\\_en.pdf](http://www.toposurvey.ro/secundare/Leica/Leica_TPS1200+_TechnicalData_en.pdf)

(Pridobljeno 22. 5. 2016.)

Leica Geosystems. 2016. <http://leica-geosystems.com/> (Pridobljeno 12. 7. 2016.)

Medved, A. 2015. Dolo itev kakovosti izbranih oslonilnih to k iz projekta CAS 2012-2014. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeni–tvo in geodezijo (samozaloffba A. Medved).

Pavlov i Pre–eren, P., Koro–ec, M., Grigillo, D. 2014. Problematika geodetskih terenskim meritev z GNSS in simulacije vodostaja na podlagi DMR na delu Cerkni–kega jezera. V: Zbornik Raziskave s podro ja geodezije in geofizike 2014. <http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/> (Pridobljeno 18. 4. 2016.)

Pribi evi , B. 2000. Uporaba geolo–ko ó geofizi nih in geodetskih baz podatkov za ra unanje ploskve geoida Republike Slovenije. Doktorska disertacija: 179 str.

Spletni portal E-prostor. 2016. <http://www.e-prostor.gov.si/> (Pridobljeno 28. 4. 2016.)

ScsSurvey. 2016. <https://www.sccsurvey.co.uk/leica-grz101-360-degree-mini-reflector.html>

(Pridobljeno 12. 7. 2016.)

Stopar, B. 2015. GNSS v geodeziji. Zapiski iz predavanj: lo . pag.

Welotec. 2016. <https://www.welotec.com/de/satel-rtk> (Pridobljeno 12. 7. 2016.)