

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:

Špiler, L., 2016. Primerjava DTK 5 in DMV 5 na območju gozdnih cest s podatki kombinirane GNSS in klasične izmere. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Pavlovčič Prešern, P., somentor Grigillo, D.): 28 str.

Datum arhiviranja: 14-09-2016

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:

Špiler, L., 2016. Primerjava DTK 5 in DMV 5 na območju gozdnih cest s podatki kombinirane GNSS in klasične izmere. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Pavlovčič Prešern, P., co-supervisor Grigillo, D.): 28 pp.

Archiving Date: 14-09-2016

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:

LEJA ŠPILER

**PRIMERJAVA DTK 5 IN DMV 5 NA OBMOČJU
GOZDNIH CEST S PODATKI KOMBINIRANE GNSS IN
KLASIČLNE IZMERE**

Diplomska naloga št.: 114/GIG

**DTK 5 AND DMV 5 DATA COMPARISON ACCORDING
TO THE POSITIONS FROM COMBINED GNSS AND
CLASSICAL GEODETIC MEASUREMENTS AT THE
AREA OF FOREST ROADS**

Graduation thesis No.: 114/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

IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisana študentka Leja Špiler, vpisna številka 26203522, avtorica pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Primerjava DTK 5 in DMV 5 na območju gozdnih cest s podatki kombinirane GNSS in klasične izmere.

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/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;
4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a 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 študentke:

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK:	528.2(043.2)
Avtor:	Leja Špiler
Mentorica:	doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren
Somentor:	asist. dr. Dejan Grigillo
Naslov:	Primerjava DTK 5 in DMV 5 na območju gozdnih cest s podatki kombinirane GNSS in klasične izmere
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	28 str., 2 pregl., 23 sl.
Ključne besede:	DTK 5, ortofoto, DMV 5, GNSS-izmera, klasična geodetska izmera, gozd

Izvleček

V diplomski nalogi primerjamo podatke iz baze DTK 5 s podatki terenske izmere z GNSS na izbranem območju gozdnih cest Šišenskega hriba. Ker terenska izmera z GNSS omogoča določitev 3D-položajev točk, smo vzporedno naredili tudi primerjavo višin tako, da smo interpolirane višine iz DMV 5 primerjali z višinami, pridobljenimi z GNSS-terensko izmero. Izmero smo izvajali v dokaj neugodnih razmerah za GNSS in ob tem primerjali zmožnost določitve položajev točk z instrumentoma Leica Viva GS15 in Javad Triumph-LS. Medtem, ko smo z instrumentom Javad Triumph-LS v času še nepopolne zazelenitve listnatega gozda lahko tudi v oteženih pogojih uspešno določili položaje množici točk, smo bili ob uporabi instrumenta Leica Viva GS15 manj uspešni, zato smo točkam položaje določili s kombinacijo klasičnih in GNSS meritev. Na danem testnem območju smo ugotovili, da so odstopanja v horizontalni ravnini glede na DTK 5 in višinska odstopanja glede na DMV 5 večja na območjih z visoko vegetacijo. Položajne razlike na območjih brez vegetacije so bile precej manj očitne.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 528.2(043.2)
Autor: Leja Špiler
Supervisor: Assist. Prof. Polona Pavlovčič Prešeren, Ph. D.
Co-advisor: Assist. Dejan Grigillo, Ph. D.
Title: DTK 5 and DMV 5 data comparison according to the positions from combined GNSS and classical geodetic measurements at the area of forest roads
Document type: Graduation Thesis – University studies
Notes: 28 p., 2 tab., 23 fig.
Key words: DTK 5, ortofoto, DMV 5, GNSS-surveying, classical geodetic measurements, forest

Abstract:

In the following diploma thesis, we compared the data from the database DTK 5 with the data from field measurement by GNSS in a selected area of forest roads of Šišenski Hill. Since the terrain measured by GNSS enables the determination of the 3D position of points, we also made a parallel comparison of heights, so that we were able to compare the interpolated heights measured by DMV 5 with the heights obtained from GNSS field measurement. The measurement was carried out in rather unfavourable conditions for GNSS and during the measurements we also compared the ability to determine positions of points with the instruments Leica Viva GS15 and Javad Triumph-LS. Despite difficult conditions, at the time of still incomplete greening of deciduous forest, we were successful at determining the position of plurality of points with usage of instrument Javad Triumph-LS. With the usage of instrument Leica Viva GS15 we were less successful. Therefore, we determined the points' positions with a combination of GNSS and classical geodetic measurements. At the given test area, we discovered that the deviations in the horizontal plane according to DTK 5 and height deviations according to the DMV 5 are higher in areas with high vegetation. Positional differences in areas without vegetation were much less obvious.

ZAHVALA

Mentorici doc. dr. Poloni Pavlovčič Prešeren ter somentorju asist. dr. Dejanu Grigillu se zahvaljujem za pomoč, nasvete ter vso predano znanje, ki sem ga pridobila pri pisanju diplomske naloge.

Zahvala gre tudi g. Albinu Mencinu za pomoč pri terenski izmeri.

KAZALO VSEBINE

Izjava o avtorstvu.....	II
Bibliografsko-dokumentacijska stran z izvlečkom.....	III
Bibliographic-documentalistic information and abstract	IV
Zahvala.....	V
1 UVOD	1
1.1 Cilji naloge	2
1.2 Hipoteze	2
1.3 Struktura naloge	3
2 TEORETIČNA IZHODIŠČA.....	4
2.1 Državni topografski podatki in karte	4
2.2 Ortofoto.....	5
2.3 Digitalni model višin 5 (DMV 5)	7
2.4 Metode izmere GNSS	8
2.4.1 Metoda izmere RTK.....	8
2.4.2 Kombinirana klasična in izmera GNSS.....	9
2.5 Na terenu uporabljen instrumentarij	10
2.5.1 Meritve z instrumentarijem Leica Viva GS15.....	10
2.5.2 Meritve z instrumentom Javad Triumph-LS.....	11
3 TERENSKO DELO	13
3.1 Opis delovišča in opis razmer za geodetsko izmero	13
3.2 Izbor objektov kontroliranja kakovosti	14
3.3 Določitev koordinat terenskih točk in kontrola njihove kakovosti	14
3.4 Opis načina dela	14
3.4.1 Praktična izvedba RTK-metode izmere	14
3.4.2 Kombinirana izmera klasična in GNSS-izmera.....	15
4 REZULTATI	16
4.1 Primerjava glede na položaj	16
4.1.1 Prikaz pridobljenih podatkov DTK 5 na ortofotu	16

4.1.2	Prikaz naših meritev na ortofotu	17
4.1.3	Prikaz izmere z instrumentom Leica Viva GS15	19
4.1.4	Prikaz izmere z instrumentom Javad Triumph-LS	21
4.2	Višinska točnost DMV 5 na območju izmerjenih poti	22
4.2.1	Meritve z instrumentom Leica Smartpole	22
4.2.2	Meritve z instrumentom Javad Triumph-LS	25
5	ZAKLJUČEK	27
VIRI IN LITERATURA		29

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Višinska točnost DMV 5 (Leica).....	23
Preglednica 2: Višinska točnost DMV 5 (meritve z instrumentom Javad Triumph-LS)	26

KAZALO SLIK

Slika 1: Vrh Šišenskega hriba, kjer smo naredili del terenske izmere	1
Slika 2: Pokritost Slovenije z DTK 5 decembra 2013 [1]	5
Slika 3: Prikaz pokritosti Slovenije z DOF050 decembra 2015 [2]	6
Slika 4: Barvni ortofoto iz leta 2015 [14]	7
Slika 5: Leica Viva GS15 s 360° prizmo ter tahimetrom v ozadju	9
Slika 6: Sprejemnik GNSS z dlančnikom Leica ter tahimeter Leica – sistem Smartpole	10
Slika 7: Gozdna pot, ki pelje na vrh Šišenskega hriba	11
Slika 8: Poti, ki smo jih merili po vrhu	11
Slika 9: Instrument Javad Triumph–LS	12
Slika 10: Cesta, kjer smo merili z Leico (levo), in pot, merjena z Javadom (desno)	13
Slika 11: Prikaz smeri orientacij, glede na našo prosto stojišče	15
Slika 12: Prikaz območja našega delovišča	16
Slika 13: Prikaz izmere z Leicinim sistemom Smartpole ter z instrumentom Javadom Triumph-LS ...	17
Slika 14: Prikaz diskretnih meritev (točke) ter cesta iz DTK 5 (linijski objekt)	18
Slika 15: Območje, kjer poti niso zajete oziroma vključene v DTK 5	19
Slika 16: Prikaz meritev z Leicinim sistemom Smartpole (točkovno) in iz tega izveden linijski potek ceste (vijolično)	20
Slika 17: Analiza odstopanj meritev z Leico in ceste iz DTK 5	20
Slika 18: Meritve z instrumentom Javad Triumph-LS	21
Slika 19: Analiza odstopanj DTK 5 od točk izmerjenih z Javadom	22
Slika 20: Odstopanja višin med meritvami z Leico Vivo GS15 ter DMV 5	23
Slika 21: Histogram višinskih odstopanj (levo) in kvantilni graf (desno)	24
Slika 22: Odstopanja med višinami, izmerjenimi z instrumentom Javad Triumph-LS, ter DMV 5	25
Slika 23: Histogram višinskih odstopanj pri instrumentu Javad ter kvantilni graf na desni	26

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

CAS	ciklično aerosnemanje Slovenije
D48/GK	državni koordinatni sistem datuma 1948/Gauß-Krügerjeve projekcije
D96/TM	državni koordinatni sistem datuma 1996/Transverzalna Mercatorjeva projekcija
DMR	digitalni model reliefa
DMV	digitalni model višin
DOF025	državni ortofoto ločljivosti 0,25 m
DOF050	državni ortofoto ločljivosti 0,5 m
DOF050IR	državni ortofoto infrardeč, ločljivosti 0,5 m
DOP	ang. Dilution of Precision
DTK 5	topografski podatki, ki ustrezajo podrobnosti merila 1 : 5.000
ETRS89	Evropski terestrični referenčni sistem 1989 (ang. European Terrestrial Reference System 1989)
GIS	geografski informacijski sistem
GNSS	globalni navigacijski satelitski sistemi (ang. Global Navigation Satellite System)
GURS	Geodetska uprava Republike Slovenije
IR	infrardeča
NMAD	normalizirana mediana absolutnih deviacij (ang. Normalised median absolute deviation)
PPP	metoda absolutne določitve položaja s kodnimi in faznimi opazovanj (ang. Precise Point Positioning)
RMSE	koren srednjega kvadratnega pogreška (ang. Root mean square error)
RTK	kinematična izmera v realnem času (ang. Real time kinematic)
TTN	temeljni topografski načrt

»Ta stran je namenoma prazna.«

»Ta stran je namenoma prazna.«

1 UVOD

Kadar se odpravimo po neznanih poteh, velikokrat uporabimo različne pripomočke za navigacijo. Uporabniki sodobne tehnologije za navigacijo GNSS (ang. Global Navigation Satellite System) velikokrat pričakujemo, da je na predhodno pridobljenih digitalnih kartah mogoče pridobiti vse podatke o poteku poti. Kakovost označenih poti ocenjujemo glede na položajno točnost in popolnost prikaza, zato je še toliko bolj pomembno, da se izvorni podatki, iz katerih izhajajo karte, redno posodabljaajo.

Okolico Ljubljane obdajajo zelene površine, kamor se lahko odpravimo na kratek oddih. Ker nas do Šišenskega hriba (slika 1) pripelje več poti, smo se v dani diplomski nalogi osredotočili na oceno pravičnega izrisa poti iz zbirke topografskih podatkov homogene natančnosti in podrobnosti, ki ustrezajo merilu 1 : 5.000 (DTK 5).



Slika 1: Vrh Šišenskega hriba, kjer smo naredili del terenske izmere

Pred terensko izmero smo si ogledali podatke iz DTK 5. Za terensko izmero smo izbrali cesto, ki pelje proti vrhu Šišenskega hriba. Na tem območju so bili podatki o cestah pridobljeni izključno s fotogrametričnim zajemom, zato smo sklepali, da bi bilo povsem mogoče, da so na danem območju ceste v bazi DTK 5 nekoliko slabše ali celo pomanjkljivo zajete.

Zato smo se odločili in s terensko izmero diskretno določili položaje točk nekaterih izbranih cest. Tudi terenska izmera v gozdu s tehnologijo GNSS nam je pri dani nalogi predstavljala velik izziv, saj vemo, da je sprejem signalov s satelitov zaradi ovir težaven in se lahko zgodi, da položaje točk v območju bujne vegetacije direktno ne moremo določiti. Pri meritvah smo uporabljali instrumente dveh različnih proizvajalcev in sicer instrumenta Leica Viva GS15 ter Javad Triumph-LS. Točkam smo položaje določali direktno z izmero GNSS oziroma posredno s kombinirano GNSS in klasično izmero.

Položaje točk, ki smo jih določili s terensko izmero, smo prikazali na državnem ortofotu (DOF050), jih povezali v zvezne linije ter jih primerjali s položaji poti iz baze podatkov DTK 5 na tem območju. Posebej smo naredili primerjavo položajev točk v horizontalni ravnini in primerjavo višin, kjer smo interpolirane višine iz državnega digitalnega modela višin s 5-metrsko prostorsko ločljivostjo (DMV 5) primerjali z višinami, pridobljenimi z GNSS-višinomerstvom.

1.1 Cilji naloge

Glavni cilj dela je bila primerjava podatkov DTK 5 ter DMV 5 na območju gozdnih cest z rezultati terenskih meritev. Na testnem območju smo želeli ugotoviti usklajenost podatkov iz geodetskih podlag Geodetske uprave Republike Slovenije (GURS) s položaji, pridobljenimi s terensko izmero. Meritve smo izvajali z instrumentoma dveh različnih proizvajalcev, da smo preverjali zmogljivost posameznega instrumenta za določitev položaja objektov v težkih razmerah za izmero z GNSS. Eden od ciljev je bil tudi pokazati, da je delo na terenu še vedno pomemben del geodezije, predvsem na področju ocene kakovosti podatkov geodetskih podlag iz množičnega zajema pridobljenih podatkov.

1.2 Hipoteze

Za začetek smo si zastavili hipoteze, katerim smo sledili tekom celotne diplomske naloge.

- a) Predpostavljamo, da potek linijskih objektov na območju bujne vegetacije ne bo sovpadal z meritvami, če so objekti na DTK 5 zajeti zgolj s fotogrametričnim načinom zajema. Odstopanja bodo vidna tudi pri primerjavi z DMV 5, saj je natančnost modela slabša na zaprtih kot na odprtih delih.
- b) Ker smo uporabljali instrumente dveh različnih proizvajalcev (Leica in Javad) in hkrati uporabili isto metodo izmere, lahko sklepamo, da je izmera enako dobra. Merili smo istočasno, v enakih pogojih ter na enaki lokaciji.
- c) Pri določitvi položajev objektom v gozdu je kombinirana klasična in GNSS izmera najboljša izbira za kakovostno določitev položajev točk. Geometrijska razporeditev satelitov in posledično faktorji DOP (ang. Dilution of Precision) lahko vplivajo na kakovost določitve

položaja ter višin. Večji kot je vidni kot satelitov, boljša je geometrija razporeditve satelitov, ki posledično vpliva na kakovost določitve položajev točk.

1.3 Struktura naloge

Diplomska naloga je sestavljena iz petih poglavij. V uvodnem poglavju predstavljamo opis diplomske naloge skupaj s cilji ter hipotezami. Sledijo teoretična izhodišča za boljše razumevanje naloge, zato v drugem poglavju predstavljamo uporabljene metode izmere ter instrumentarij. V tretjem poglavju opisujemo terensko delo. Prikaze ter primerjavo rezultatov glede na položaj in višine predstavljamo v četrtem poglavju. V zaključku predstavimo ključne ugotovitve ter povzetek celotne diplomske naloge.

2 TEORETIČNA IZHODIŠČA

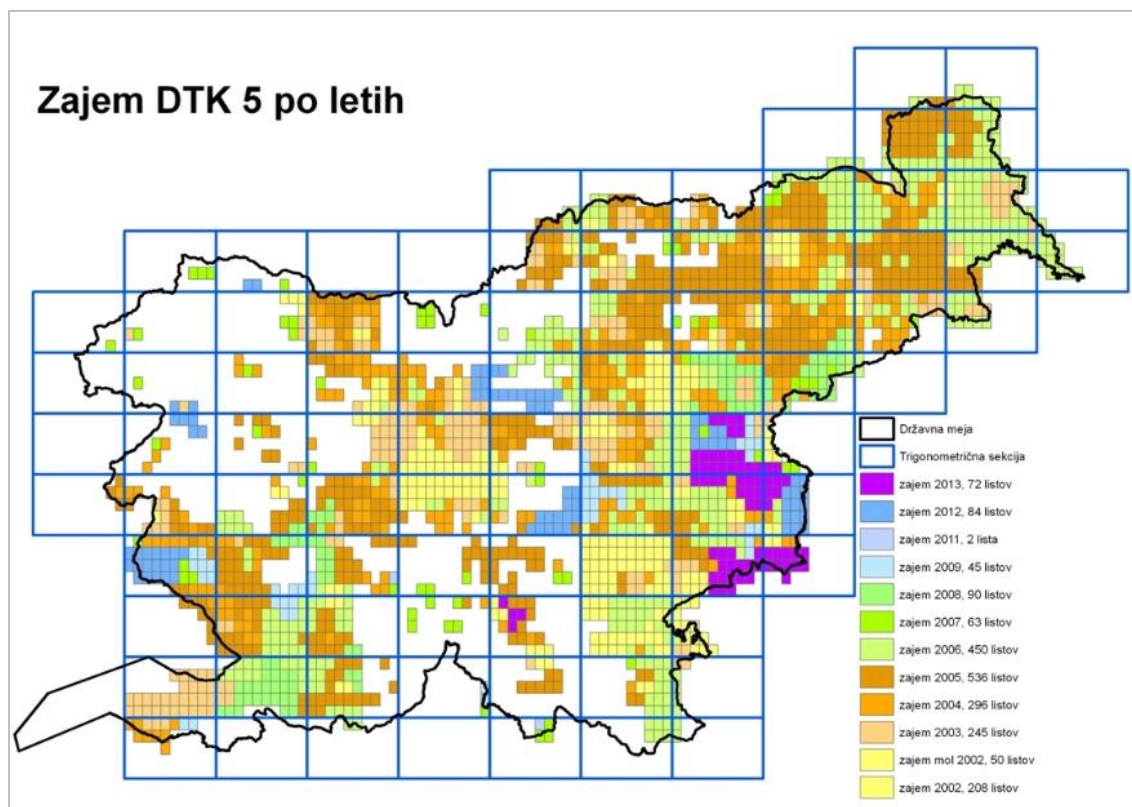
Pri pripravi na teren ter kasnejši obdelavi opazovanj smo si pomagali s podatki, ki smo jih pridobili na Geodetski upravi Republike Slovenije. Podatke iz DTK 5 smo primerjali z izmero GNSS ter v nadaljevanju ocenili tudi višinsko točnost DMV 5 na območju gozdnih poti. Ortofoto smo uporabili v predhodni pripravi na terensko delo in v nadaljevanju kot podlago za grafične prikaze z meritvami pridobljenih položajev točk.

2.1 Državni topografski podatki in karte

Med državne topografske podatke in karte spadajo temeljni topografski načrti merila 1 : 5.000 in 1 : 10.000 (TTN 5/TTN 10), topografski podatki merila 1 : 5.000 (DTK 5), ki jih obravnavamo v tej nalogi, državna topografska karta merila 1 : 25.000 (DTK 25), topografski podatki merila 1 : 25.000 (GKB 25), državna topografska karta merila 1 : 50.000 (DTK 50 in DTK 50V), državne pregledne karte ter evropska zbirka podatkov merila 1 : 1.000.000, ki so pripravljene za Slovenijo [15].

DTK 5 je kot že omenjeno vektorska zbirka topografskih podatkov, ki po natančnosti in podrobnostih pripadajo merilu 1 : 5.000. Vsi elementi (zgradbe, promet, pokritost tal, hidrografija) so prikazani enakovredno. DTK 5 ima grafični in opisni del [1]. Podatke zajemajo s pomočjo posnetkov Cikličnega aerosnemanja Slovenije (CAS) in sicer na podlagi stereoparov posnetkov CAS. Med zajetimi podatki ni reliefa ter imen, zato le-te prevzamejo iz drugih evidenc. Tematski atributi se prevzamejo iz baz obstoječih podatkov, ostali prevzeti podatki se popravijo in položajno uskladijo s podatki fotogrametričnega zajema [1]. Velja poudariti, da čeprav CAS izmere ponavljajo na tri leta, to ne pomeni, da so tudi podatki DTK 5 redno vzdrževani.

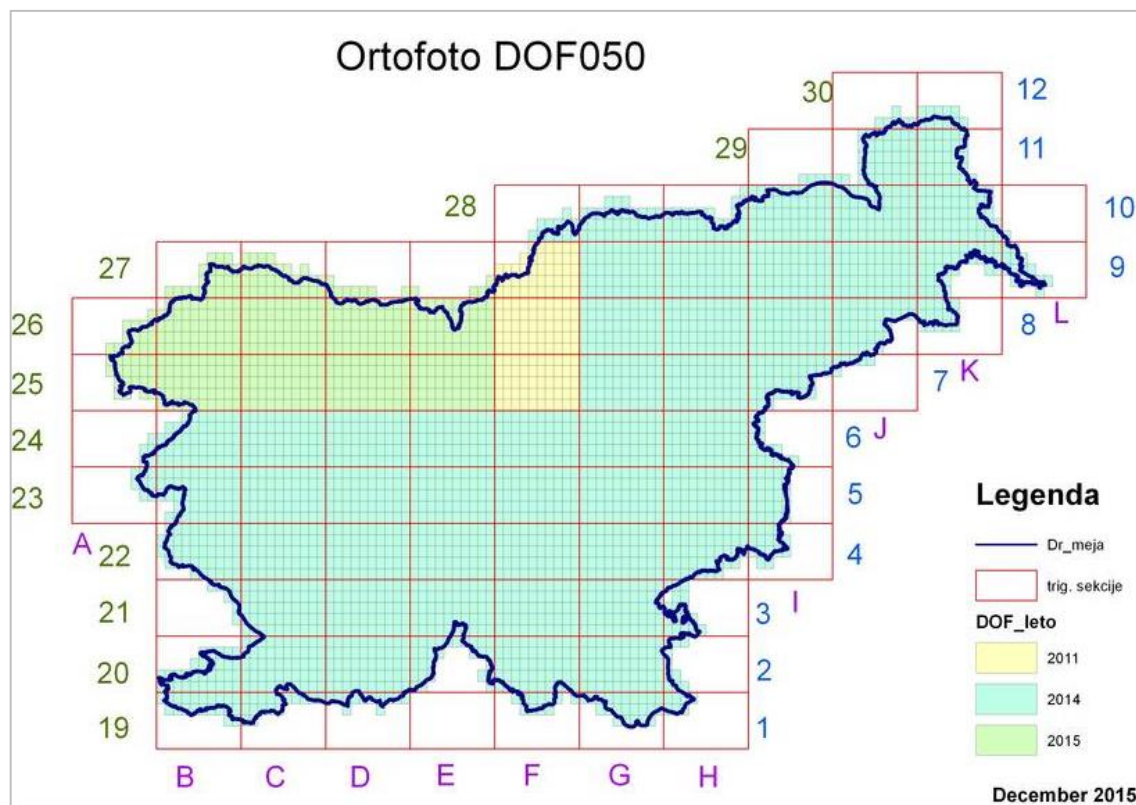
Čeprav so z izdelavo DTK 5 začeli okoli leta 2000, do danes evidenca ni izdelana za celotno območje Slovenije. Pokriva okoli 60 % območja Slovenije in sicer največ območjih mest in naselij (slika 2). Kot matematična osnova služi koordinatni sistem D48 v Gauß-Krügerjevi projekciji (D48/GK). Najmanjša enota zajema je list TTN in na tak način vodijo in hranijo tudi podatke DTK 5 [1]. Podatke DTK 5 bi lahko uporabljali kot podlago v posegih v prostor in pri prostorskem načrtovanju, če bi bazo redno obnavljali in vzdrževali [1]. Ker podatkov iz DTK 5 niso posodabljali, so nekateri že zastareli in neuporabni za nadaljnje analize in študije.



Slika 2: Pokritost Slovenije z DTK 5 decembra 2013 [1]

2.2 Ortofoto

Ortofoto je izdelek, pri katerem je aerofotografija pretvorjena v ortogonalno projekcijo. Pri izdelavi so potrebni tudi podatki o reliefu ter parametri orientacije posnetka. Slovenija je bila s črno-belimi ortofoti v celoti prekrita leta 2001, pet let kasneje pa so jo v celoti pokrili tudi z barvnimi ortofoti [2]. Najpogostejša uporaba ortofota je kot podlaga pri prikazu drugih prostorskih podatkov. Zadnje stanje ortofotov je iz let med 2011-2015 [2]. Slika 3 prikazuje razdelitev Slovenije na liste ter barvno ločena območja različnih let zajema.



Slika 3: Prikaz pokritosti Slovenije z DOF050 decembra 2015 [2]

Prvi ortofoti so bili izdelani v državnem koordinatnem sistemu D48/GK. Od leta 2009 jih izdelujejo v prečni Mercatorjevi projekciji, državnega koordinatnega sistema D96 (D96/TM). Razdeljeni so na liste TTN 5 ter naknadno transformirani v koordinatni sistem D48/GK [2].

DOF050 pomeni, da je velikost slikovnega elementa 0,5 m x 0,5 m. Z ločljivostjo 0,5 m (DOF050) je pokrito celotno območje, poznamo tudi ločljivost ortofota 0,25 m (DOF025) ter barvni bližnje infrardeči ortofoto ločljivosti 0,5 m (DOF050IR) [6]. Na sliki 4 sta prikazana dva lista DOF050, ki smo jih uporabljali pri načrtovanju terenske izmere ter prikazovanju rezultatov.



Slika 4: Barvni ortofoto iz leta 2015 [14]

Uporabnost ortofota se je razširila tako med zemljiškimi in geoinformacijskimi sistemi ter v kmetijstvu. Pri prostorskem načrtovanju služi kot topografska osnova, enako pri planiranju dela na terenu. Je podlaga geografskih informacijskih sistemov (GIS), služi za zajeme rabe tal in pri študijah naravnih nesrečah, uporaben je tudi v gozdarstvu,...[3]

2.3 Digitalni model višin 5 (DMV 5)

Digitalni model reliefa (DMR) služi za predstavitev razgibanosti terena. Kadar so podatki DMR organizirani v kvadratno celično mrežo, ga največkrat imenujemo digitalni model višin (DMV). Državni DMV 5 s prostorsko ločljivostjo 5 m je bil izdelan leta 2007 s prevzorčenjem DMV 12,5 ter s fotogrametrično obdelavo [11]. Posodabljanje DMV 5 poteka vzporedno s cikličnim aerosnemanjem ter izdelavo ortofota. Vir izdelave modela višin DMV 5 so letalski posnetki. S tem modelom je pokrita celotna Slovenija in ga uporabljamo pri različnih prostorskih analizah. Natančnost modela je 1 m na odprtih območjih in 3 m na zaraščenem terenu [4]. Problem vidnosti terena skozi vegetacijo se lahko odraža na višinski točnosti DMV 5.

Višine iz DMV 5 so predstavljene v kvadratni mreži. V kolikor želimo pridobiti višino poljubnega položaja, to določimo s postopki interpolacije. Največkrat uporabimo bilinearno interpolacijo, čeprav poznamo tudi druge (najbližji sosed, interpolacija z zlepci in podobno). Na osnovi bilinearne interpolacije smo dobili izračune v programu za izračun odstopanj v višinah, avtorja dr. Dejana Grigilla, ki je predstavljen v poglavju primerjave višin [13].

Od leta 2015 imamo v Sloveniji na voljo tudi lidarski DMR z ločljivostjo 1 m. V dani nalogi smo se osredotočili na uporabo modela DMV 5, saj je izdelava aktualnega ortofota temeljila na uporabi DMV 5. V času izdelave zadnjega ortofota namreč še ni bilo na voljo podatkov lidarskega DMR za celotno Slovenijo.

2.4 Metode izmere GNSS

V splošnem poznamo več različnih metod izmere GNSS. Vse imajo skupno lastnost, da položaje točkam določimo v globalnem koordinatnem sistemu, kot je primer ETRS89 (ang. European Terrestrial Reference System 1989). V geodetski stroki smo dolgo položaj določali le z metodami relativnega določanja položaja, ki omogočajo točnost določitve položaja v območju od nekaj centimetrov do milimetra. Danes v ospredje prihaja tudi absolutna metoda določitve položaja s kodnimi in faznimi opazovanji, imenovana PPP (ang. Precise Point Positioning), ki jo po dosegljivi točnosti določitve položaja lahko uvrščamo tudi med geodetske metode določitve položaja [5]. Naprej metode delimo glede na čas pridobitve koordinat. Pri statični, hitri statični in kinematični metodi izmere dobimo rezultate z naknadno obdelavo meritev. Torej po zaključenih meritvah na terenu opazovanja obdelamo, da pridobimo koordinate točk v naravi. Lahko pa uporabne podatke dobimo že na samem terenu med izmero. V takem primeru govorimo o podatkih, pridobljenimi v dejanskem času izmere. Sem uvrščamo meritve z metodo RTK (ang. Real Time Kinematic) [7].

2.4.1 Metoda izmere RTK

Metoda RTK spada med kinematične metode izmere GNSS, saj le eden izmed sprejemnikov tekom izmere miruje oziroma je v statičnem načinu, medtem ko se z drugim premikamo po terenu. Z metodo RTK lahko kakovostno določimo položaj točk v realnem času. To pomeni, da pridobivamo koordinate v globalnem koordinatnem sistemu (npr. ETRS89) tekom izmere. Metodo izmere RTK uporabljamo najpogosteje, saj so opazovanja obdelana v času izmere in takoj pridobimo koordinate.

Da lahko pridobivamo podatke že med izmero, moramo sprejemnika povezati s komunikacijsko zvezo [8]. S premičnim instrumentom se po komunikacijski povezavi lahko povežemo na referenčno postajo (instrument) oziroma z omrežjem stalnih postaj. Med izmero moramo biti pozorni na kakovostno izvedbo inicializacije, ki se nanaša na izračun fazne nedoločenosti (neznane števila celih valov v začetnem trenutku opazovanj). Pozorni moramo biti, na kakšen način je bila vzpostavljena inicializacija, torej, da so bile vse fazne nedoločenosti (neznana števila celih valov v začetnem trenutku opazovanj) določene v območju celih števil.

Na kakovost rezultatov lahko izrazito vpliva odboj signala od objektov v bližini (ang. multipath). Površine, ki so podvržene odboju signala GNSS, so mokra drevesa, mokra tla, stavbe, kovinske ograje,... Tako moramo biti pozorni, kje potekajo naše meritve, saj odboja signala ni mogoče odstraniti z obdelavo podatkov opazovanj [5]. Metodo uporabljamo pri geodetskih delih, vezanih na detajlno izmero, v inženirski geodeziji in v katastrskih nalogah [8].

2.4.2 Kombinirana klasična in izmera GNSS

Sodobni instrumenti nam omogočajo izvedbo meritev s kombinacijo metod klasične in izmere GNSS. Prednost je, da lahko na odprtem terenu brez fizičnih ovir sprejema signala GNSS merimo s sprejemnikom GNSS, kjer pa je to onemogočeno, položaje točkam določimo posredno s klasičnimi meritvami in uporabo tahimetra. V ta namen moramo imeti ob anteni GNSS na grezilu nameščeno tudi 360° prizmo, sistem pa mora biti opremljen z radijsko povezavo, ki omogoča sledenje tahimetra prizmi (slika 5).

Če na terenu nimamo na voljo dane točke stojišča tahimetra, se postavimo na izbrano mesto tako, da vidimo teren, kjer bomo izvajali izmero. Na osnovi merjenih količin do danih orientacijskih točk določimo koordinate prostega stojišča. Ko določimo položaj tahimetra, lahko izvajamo izmero ali v klasičnem oziroma v GNSS-načinu.



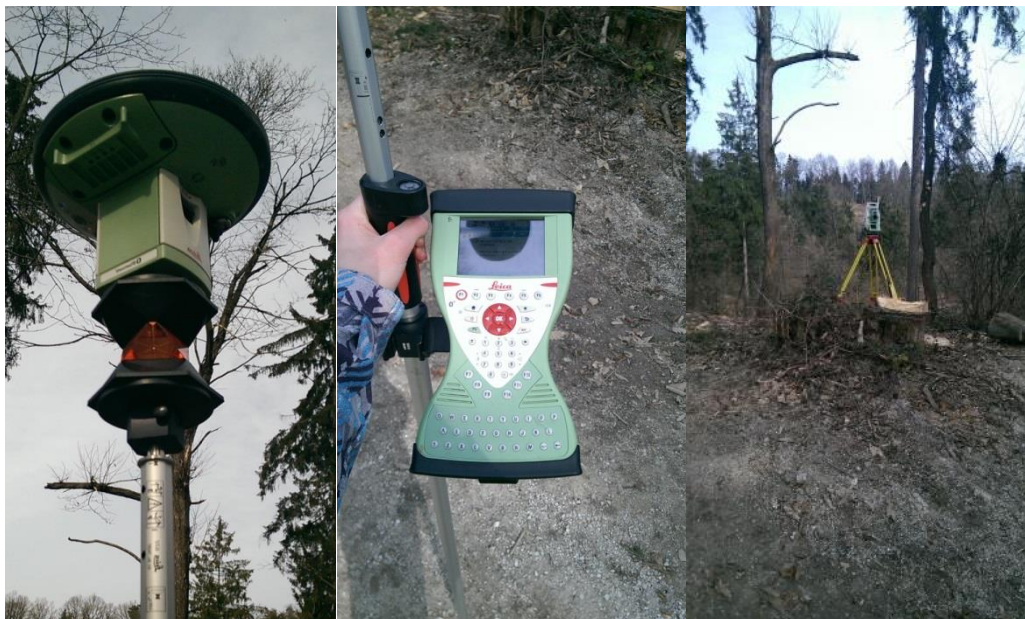
Slika 5: Leica Viva GS15 s 360° prizmo ter tahimetrom v ozadju

2.5 Na terenu uporabljen instrumentarij

Na teren smo se odpravili z dvema sprejemnikoma GNSS različnih proizvajalcev in sicer z Leico Vivo GS15 in instrumentom Javad Triumph-LS ter tahimetrom Leica, ki smo ga uporabili v povezavi z instrumentom GNSS in prizmo, kar poznamo kot sistem Smartpole.

2.5.1 Meritve z instrumentarijem Leica Viva GS15

Meritve v območju pretežno listnatega gozda smo poskusili izvesti s sprejemnikom GNSS, vendar je v začetnih pomladnih dneh že bilo prisotne nekaj vegetacije, kar nam je onemogočalo prosto pot od satelitov GNSS do sprejemnika in posledično problematično vzpostavitev kakovostne inicializacije. Tako smo uspeli določiti položaje le nekaj točkam. Odločili smo se, da točke določimo s kombinacijo klasične in GNSS-izmere ob uporabi kombiniranega sistema instrumentov za GNSS in klasično merjenje, imenovanega Smartpole (slika 6).



Slika 6: Sprejemnik GNSS z dlančnikom Leica ter tahimeter Leica – sistem Smartpole

2.5.2 Meritve z instrumentom Javad Triumph-LS

Z instrumentom Javad Triumph-LS smo se odpravili po gozdni poti proti vrhu Šišenskega hriba. V primerjavi z instrumentom Leica Viva GS15 smo z Javadom hitro vzpostavili inicializacijo tudi na območju z vegetacijo (slika 7). Tako smo določili položaje točk na gozdni poti do cerkve na Rožniku ter nekaterim potem po vrhu (slika 8).



Slika 7: Gozdna pot, ki pelje na vrh Šišenskega hriba



Slika 8: Poti, ki smo jih merili po vrhu

Javad Triumph-LS je sprejemnik GNSS, ki nam omogoča lažje terensko delo, saj ima vgrajen inklinometer, kar pomeni, da pri hitrem določanju položajev točk ni potrebno paziti, da bi libela vrhunila. Sprejemnik so naredili tako, da nima dodatnega dlančnika, preko katerega upravljamo instrument, ampak enostavno vse nastavimo na ekranu sprejemnika, ki vključuje vir napajanja, modeme, sprejemnik, anteno in kamero (slika 9). Instrument je majhen ter lahek, kar je pomemben del izmere na terenu. Največja prednost, ki jo tudi poudarja proizvajalec pa je možnost izvedbe izmere na območju vegetacije [12].

Ugotovili smo, da res brez težav vzpostavi inicializacijo tudi na območjih, kjer instrument Leica Viva GS15 odpove. Za določitev inicializacije je pomemben dober signal, Javad Triumph-LS s svojo programsko opremo očitno zazna tudi šibkejšje signale.



Slika 9: Instrument Javad Triumph-LS

3 TERENSKO DELO

Za izmero smo izbrali območje, za katerega smo imeli na voljo podatke iz DTK 5 in je zadostilo glavnemu namenu naloge, torej primerjavi podatkov na geodetskih podlagah na območju cest in bujne vegetacije z rezultati terenske izmere. Pri pregledovanju podatkov smo izbrali območje na Šišenskem hribu, v okolici Cankarjevega vrha, kjer smo na osnovi DTK 5 ter ortofota ugotovili, da nekatere ceste in poti niso izrisane tako, kot bi morale biti oziroma nekaterih poti sploh ni bilo izrisanih.

3.1 Opis delovišča in opis razmer za geodetsko izmero

Tako smo se v jutranjih urah, 25. 3. 2016, odpravili na teren. z GNSS smo diskretno določili položaje točkam na obeh straneh ceste (slika 10 levo). Po le nekaj določenih točkah smo ugotovili, da to ne bo najprimernejši način hitrega in množičnega načina določanja položajev točk. Prostor nad nami je bil že toliko pokrit z rastjem, da instrument ni uspel korektno izračunati neznanega števila celih valov. Težavo smo rešili s kombinacijo klasične in GNSS-izmere.

Po gozdni poti (slika 10 desno), ki ni bila označena med našimi pridobljenimi podatki, smo se odpravili z instrumentom Javad Triumph-LS. Le-ta ni imel težav z uspešno vzpostavitvijo inicializacije, zato smo lahko brez težav določili položaje točkam tudi na mestih, kjer jih z Leicinim instrumentom nismo uspeli. Ker je bilo delovišče na območju gozda, nismo imeli težav s kovinskimi predmeti, ki bi lahko povzročili odboj signala.



Slika 10: Cesta, kjer smo merili z Leico (levo), in pot, merjena z Javadom (desno)

3.2 Izbor objektov kontroliranja kakovosti

Za primerjavo podatkov so se nam zdele primerne poti, ki so se nahajale na območju visoke vegetacije. Na izbranem območju so bile ceste v DTK 5 zajete zgolj na fotogrametrični način, zato so dobro vidne razlike med podatki, pridobljenimi z meritvami, ter fotogrametrično zajetimi podatki. Velja tudi poudariti, da zaradi pomanjkljivega vzdrževanja baze obstaja možnost, da podatki iz DTK 5 niso bili ažurni.

Na terenu smo ugotovili, da nekatere poti, ki v naravi obstajajo, na DTK 5 niso prikazane, morda tudi zato, ker se skozi gosto vegetacijo ne vidijo. Na delno odprtem območju podatki nekoliko odstopajo od meritev, na popolnoma odprtih delih pa lepo sovpadajo z izmerjenimi podatki.

3.3 Določitev koordinat terenskih točk in kontrola njihove kakovosti

S terensko izmero GNSS smo koordinate točkam določili direktno v državnem koordinatnem sistemu D96/TM. Glede na to, da smo položaj določali z RTK-metodo izmere, je položaj v okviru dosegljive natančnosti metode izmere, ki znaša nekaj centimetrov, pri čemer so višine za faktor 2 slabše določene kot položaj [9].

Velja poudariti, da primarni cilj naloge ni bil optimalna določitev poteka ceste s pomočjo izmere. Če bi želeli prikazati bolj natančen potek, bi morali izbrati druge metode izmere. Označene bi morali imeti tudi točke, na katere bi se lahko navezovali ter preverjali kakovost meritev. Najbolj primerna bi bila statična metoda izmere, vendar je tudi najbolj dolgotrajna in zahteva naknadno obdelavo.

3.4 Opis načina dela

Kot že omenjeno, smo uporabili izmero GNSS ter kombinacijo le-te s klasično izmero na območjih, kjer je bilo težko vzpostaviti inicializacijo. Na voljo smo imeli dva sprejemnika GNSS, zato smo lahko meritve izvajali sočasno.

3.4.1 Praktična izvedba RTK-metode izmere

Z instrumentom Javad Triumph-LS smo brez večjih težav diskretno določili položaje točkam po sredini gozdnih poti. Skupno smo na ta način določili položaje 176 točkam. Merili smo po sredini poti, saj so tako evidentirane tudi poti na DTK 5 in smo jih tako lažje primerjali. Poti so prikazane kot linijski objekti, zato smo izmerjene točke v programskem okolju ArcGis povezali (slika 18).

Pri terenski izmeri z instrumentom Leica Viva GS15 smo imeli več težav, saj smo lahko z izmero GNSS določili položaje le trem točkam, nato pa so bile ovire zaradi bujne vegetacije prevelike, da bi lahko vzpostavili inicializacijo z izračunanimi celi števili faznih nedoločenosti. Tako smo uporabili kombinacijo klasične izmere s tahimetrom in izmere GNSS. Na sliki 6 predstavljamo način meritev z Leicinim sistemom instrumentov Smartpole.

3.4.2 Kombinirana izmera klasična in GNSS-izmera

Tahimeter smo postavili na mesto, kjer se je najbolje videl velik del ceste, kjer smo izvajali meritve. Uporabili smo metodo prostega stojišča in sicer glede na klasične meritve do treh izbranih orientacijskih točk, ki smo jih določili z izmero RTK. Tudi pri izmeri točk za orientacijo smo imeli nekaj težav, saj smo težko dobili primerno rešitev, ki nam je omogočala meritev. Stojišče tahimetra ter nakazane smeri orientacij so prikazane na sliki 11.

Tako smo določili levi in desni rob ceste, ki vodi proti Cankarjevemu vrhu. 65 točk smo grafično prikazali ter izrisali sredino med izmerjenimi točkami, da smo lahko primerjali izmerjene podatke z DTK 5 na tem območju (slika 16).



Slika 11: Prikaz smeri orientacij, glede na našo prosto stojišče

4 REZULTATI

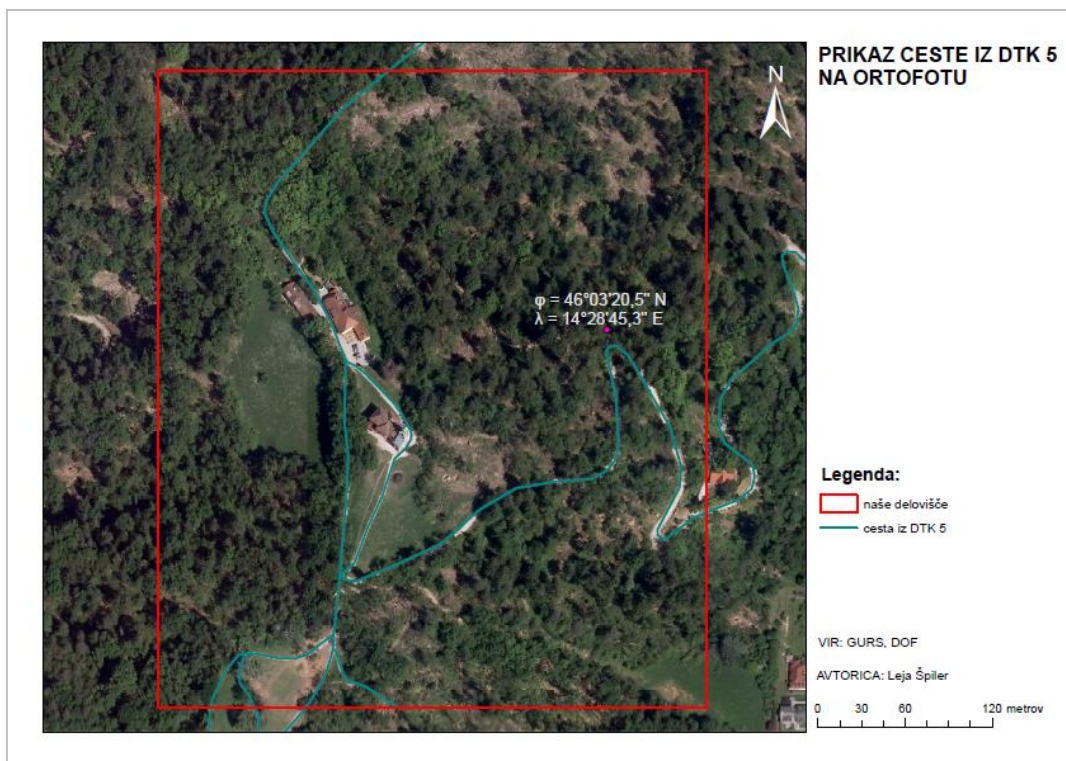
Rezultate terenskih meritev smo nadalje primerjali s podatki iz DTK 5, po višinah pa z DMV 5. Grafično smo jih predstavili na ortofotu v programskem okolju ArcGIS, ki omogoča številne analize.

4.1 Primerjava glede na položaj

Za lažjo predstavitev delovišča ter meritev smo izdelali več različnih prikazov (slike 12 do 18). Posebej smo primerjali s terenskimi meritvami določene položaje z Leicinim instrumentom ter meritve določene z instrumentom proizvajalca Javad.

4.1.1 Prikaz pridobljenih podatkov DTK 5 na ortofotu

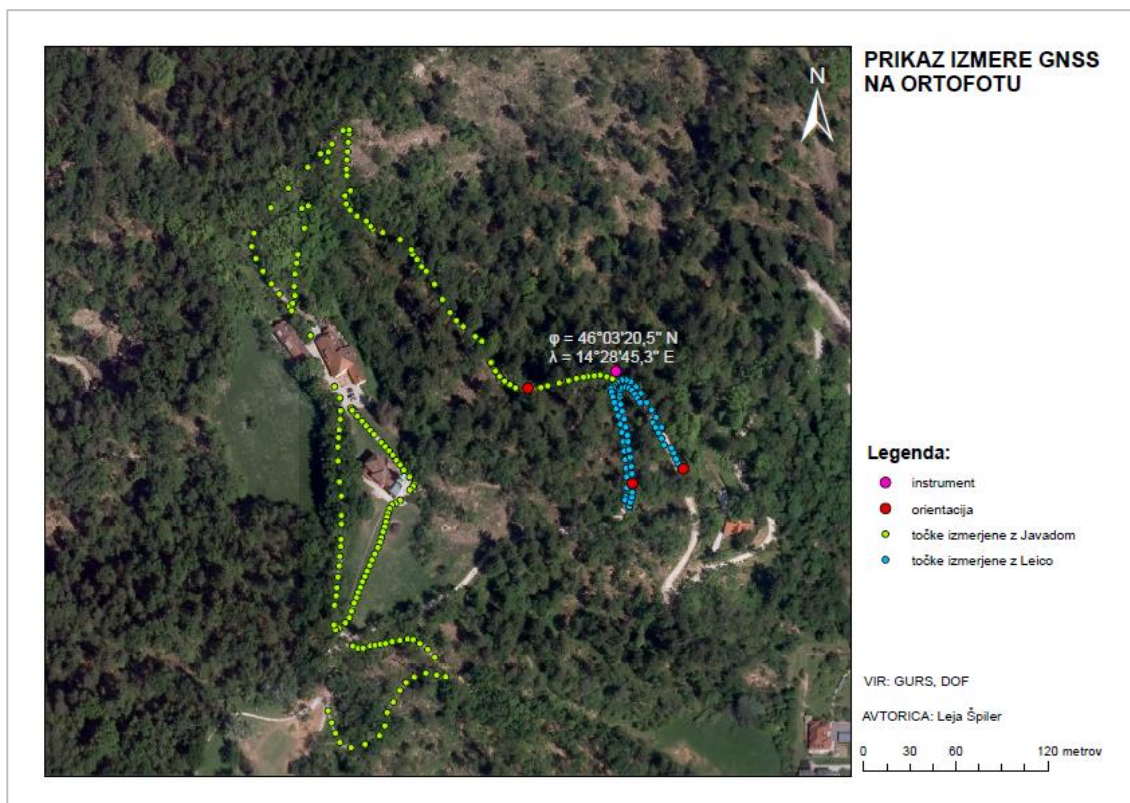
Na sliki 12 smo z rdečo barvo označili območje delovišča ter prikazali podatke iz DTK 5 na ortofotu. To osnovno karto smo v nadaljevanju dopolnjevali s položaji točk, dobljenimi s terenskimi meritvami. V nadaljevanju smo izdelali primerjave, vezane na določitev položajne in višinske kakovosti podatkov.



Slika 12: Prikaz območja našega delovišča

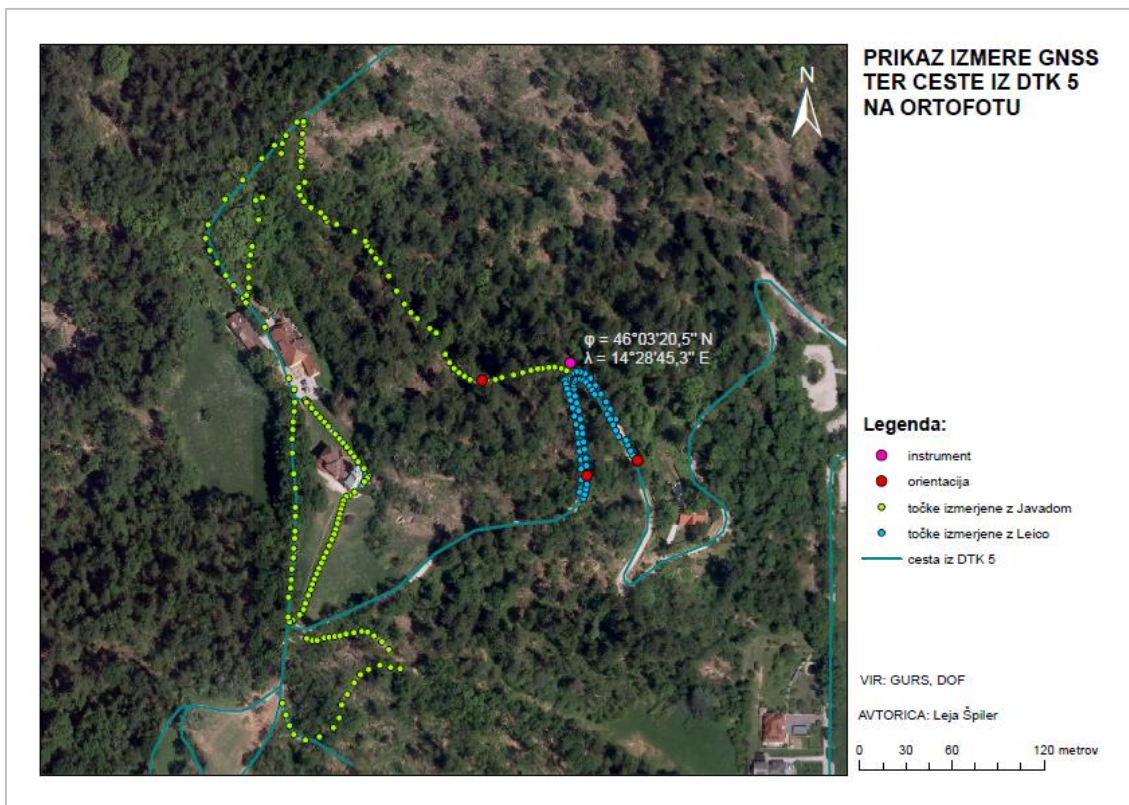
4.1.2 Prikaz naših meritev na ortofotu

Pri meritvah z Leicinim sistemom instrumentov Smartpole smo določili položaj stojišča tahimetra (roza točka) ter tri orientacijske točke (rdeče točke na sliki 13), s katerih smo z metodo prostega stojišča določili položaj tahimetra. Na karti se dobro vidi, kje so potekale meritve; točke so modro obarvane. Merili smo na obeh straneh ceste po njenem robu.



Slika 13: Prikaz izmere z Leicinim sistemom Smartpole ter z instrumentom Javadom Triumph-LS

Z Javadovim instrumentom smo diskretno določili položaje točkam po sredini poti (zelena barva), zato smo jih lahko samo povezali med seboj. Ker smo izvedli samo izmero GNSS, v tem primeru nismo potrebovali stojišča ter orientacij. Podrobneje situacijo prikazujemo na sliki 18.



Slika 14: Prikaz diskretnih meritev (točke) ter cesta iz DTK 5 (linijski objekt)

S slike 14 je razvidno, katere poti izmed izmerjenih so evidentirane v DTK 5 in katere niso zajete. Tako lahko ugotovimo, da dela poti, ki smo jo merili z instrumentom Javad Triumph-LS, ni evidentirane v DTK 5. Tudi na ortofotu se zaradi bujne vegetacije zelo slabo vidi.

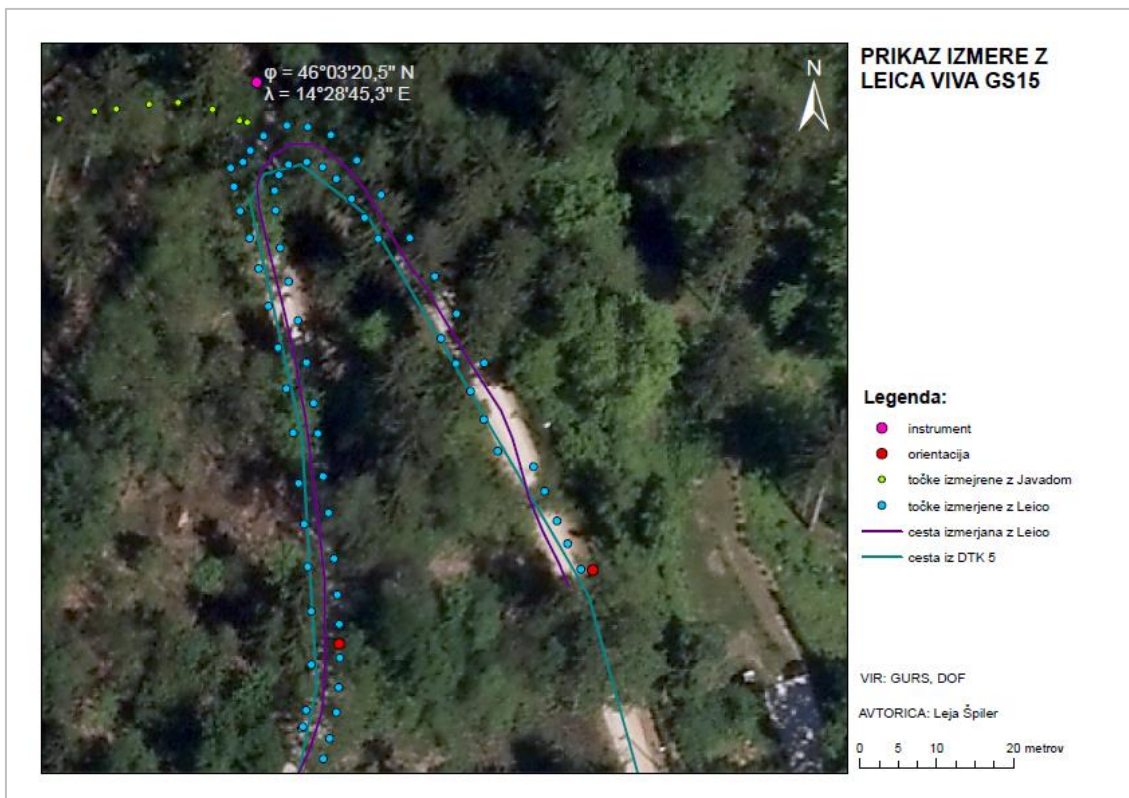
Na sliki 15 prikazujemo vidnost vseh poti na ortofotu. Na delih, kjer cesta ni prekrita z drevesi, je vidljivost odlična, medtem ko so na območjih vegetacije vidni le delčki poti ali pa le-teh ne moremo prepoznati. Z modro elipso sta označena dela, kjer v bazi DTK 5 ni vključenih cest. Zgornja elipsa prikazuje pot, ki jo lahko vidimo na sliki 7. Spodnja, manjša elipsa, prikazuje del, kjer se nekateri vozijo tudi z avtomobili, zato bi pričakovali, da bi bile gozdne ceste zajete in vključene v DTK 5. Za lažjo predstavo te poti si lahko ogledamo sliko 8 desno.



Slika 15: Območje, kjer poti niso zajete oziroma vključene v DTK 5

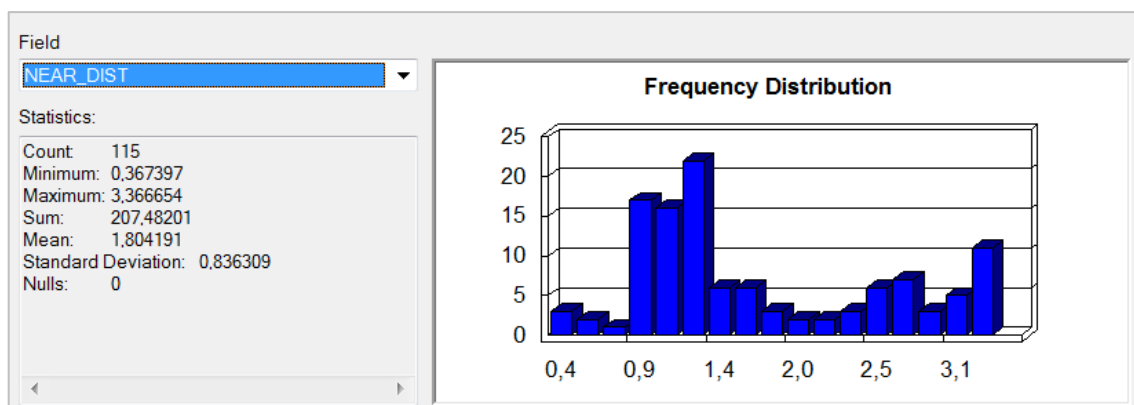
4.1.3 Prikaz izmere z instrumentom Leica Viva GS15

Na sliki 16 prikazujemo potek ceste, predvsem je v ovinku lepo vidno odstopanje med terenskimi meritvami in podatki iz DTK 5. Dejanski potek ovinka, določen s terenskimi meritvami, prikazujemo z vijolično barvo.



Slika 16: Prikaz meritev z Leicnim sistemom Smartpole (točkovno) in iz tega izveden linijski potek ceste (vijolično)

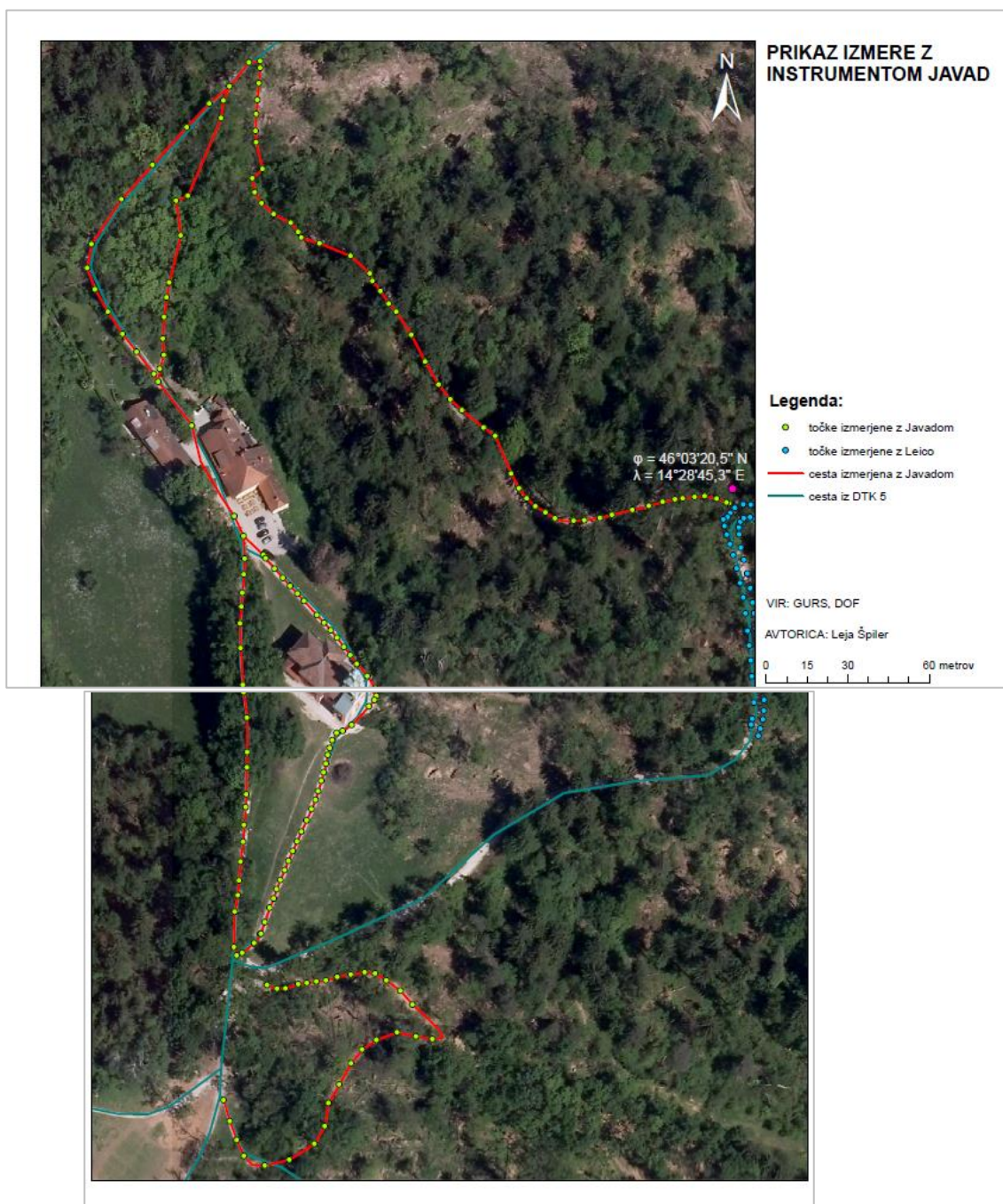
Nadalje smo primerjali odstopanja v položajih med izrisanimi cestama (slika 17). Šlo je za cesto, vključeno v topografsko bazo DTK 5 (modra linija na sliki 16), ter vijolično linijo na sliki 16, ki smo jo določili s terenskimi meritvami. Pri tem smo si pomagali z orodjem *Near* iz programskega paketa ArcGIS. Podrobneje smo obravnavali 115 točk po sredini ceste, katerih položaj smo določili na osnovi meritev z Leicnim sistemov instrumentov Smartpole. Najmanjše odstopanje v položajih v horizontalni ravnini je znašalo nekaj manj kot 4 decimetre in največje nekaj več kot 3 metre. Srednje odstopanje je znašalo 1,8 m.



Slika 17: Analiza odstopanj meritev z Leico in ceste iz DTK 5

4.1.4 Prikaz izmere z instrumentom Javad Triumph-LS

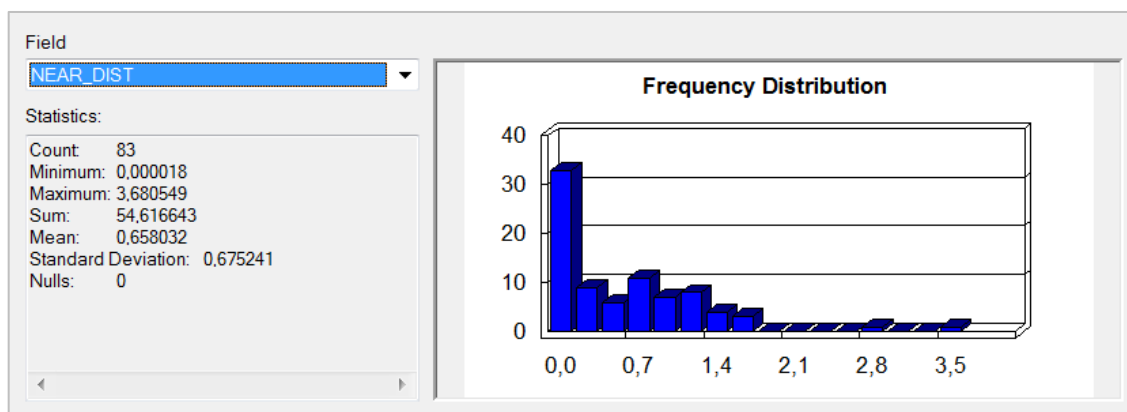
Prvi del meritev z instrumentom Javad Triumph-LS je potekal po gozdni poti, ki ni vključena v DTK 5, nato pa smo pot nadaljevali proti vrhu hriba. Izmerili smo poti mimo gostilne ter okoli cerkve na Cankarjevem vrhu (slika 18).



Slika 18: Meritve z instrumentom Javad Triumph-LS

Na sliki 19 je lepo prikazano, da se na območju, kjer smo položaje točkam določali z instrumentom proizvajalca Javad, poti lepo skladajo. Razlike so vidne le na nekaterih delih, vendar niso tako izrazite

kot na območju, kjer smo merili s sistemom instrumentov Smartpole. Na tem območju je srednje odstopanje skoraj trikrat manjše kot v primeru meritev z Leico. Problem je le, da dva dela naše izmere nista vključena v bazo DTK 5. Gre za začetek poti ter del na skrajnem spodnjem delu grafičnega prikaza slike 18, kar smo že podrobno predstavili pri sliki 15.



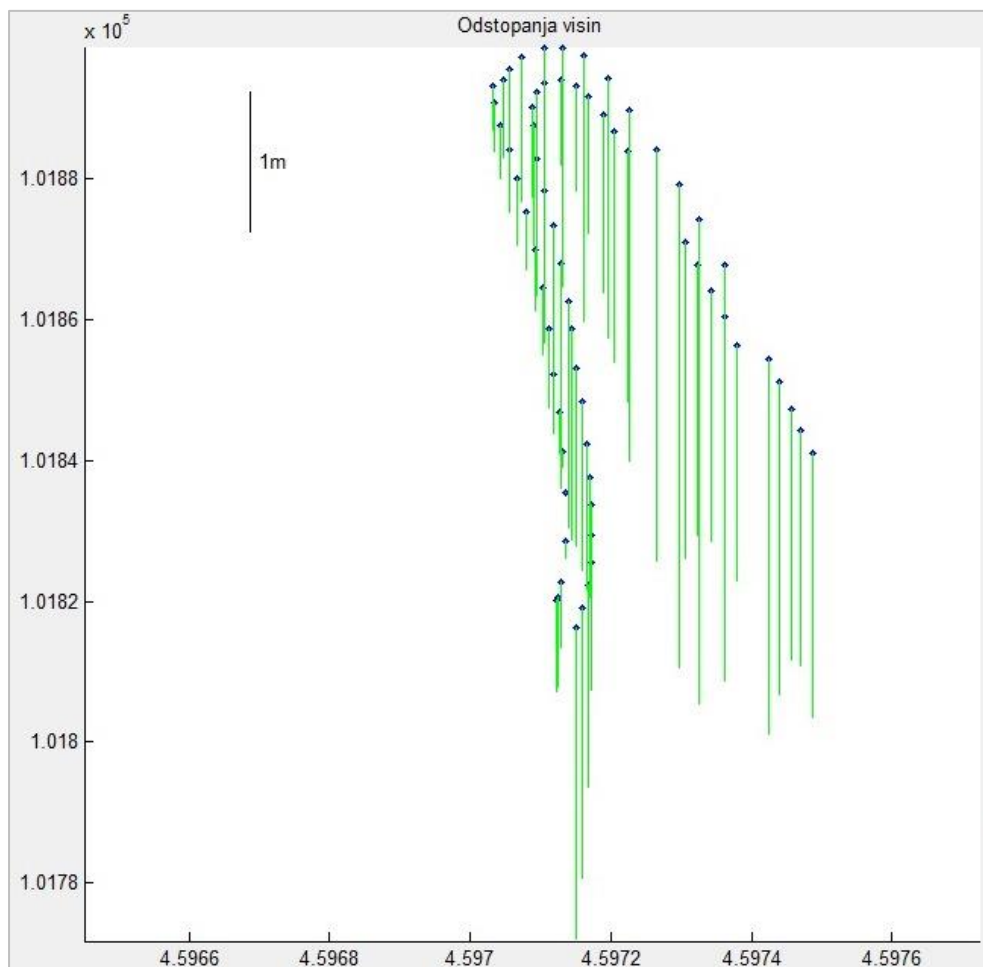
Slika 19: Analiza odstopanj DTK 5 od točk izmerjenih z Javadom

4.2 Višinska točnost DMV 5 na območju izmerjenih poti

Višinsko točnost DMV 5 smo ocenili na osnovi terensko pridobljenih meritev, saj smo primerjali višine iz GNSS-višinomerstva ter višine, interpolirane iz DMV 5. Primerjavo smo naredili na dveh listih DMV 5 in sicer VTE0642 ter VTE0643. Višine smo primerjali v identičnih točkah (slika 20) in tako na osnovi odstopanj ocenili standardni odklon, koren srednjega kvadratnega pogreška RMSE (angl. Root Mean Square Error) ter srednjo vrednost odstopanj, ki so prikazani v preglednici 1. Poleg standardnih mer točnosti smo izračunali tudi robustni meri točnosti, mediano in normalizirano mediano absolutnih odstopanj NMAD (ang. Normalised median absolute deviation). Izračuni temeljijo na osnovi enačb, ki so podrobno opisane v [10].

4.2.1 Meritve z instrumentom Leica Smartpole

Na sliki 20 predstavljamo odstopanja v višinah točk med meritvami, pridobljenimi z Leicinim instrumentarijem, in interpoliranimi višinami iz DMV 5. Za oceno smo uporabili 65 točk.



Slika 20: Odstopanja višin med meritvami z Leico Vivo GS15 ter DMV 5

V tem primeru ni bilo prisotnih grobo-pogrešenih opazovanj, tj. nobeno višinsko odstopanje ni preseglo trikratne vrednosti RMSE. Vidno pa je, da so v nekaterih točkah odstopanja tudi meter in več.

Preglednica 1: Višinska točnost DMV 5 (Leica)

Standardne mere točnosti	[m]
Standardni odklon	0,82
RMSE	1,49
Srednja vrednost	-1,24
Robustne mere točnosti	
Mediana	-1,05
NMAD	0,89
95% kvantil	2,93

Intervala zaupanja za standardni odklon in srednjo vrednost določimo s statističnimi testi. V danem primeru smo izbrali 95 % stopnjo zaupanja. Interval zaupanja za standardni odklon znaša $[0,70 \text{ m} < \sigma < 0,99 \text{ m}]$, za srednjo vrednost pa interval znaša $[-1,45 \text{ m} < \mu < -1,04 \text{ m}]$. Glede na

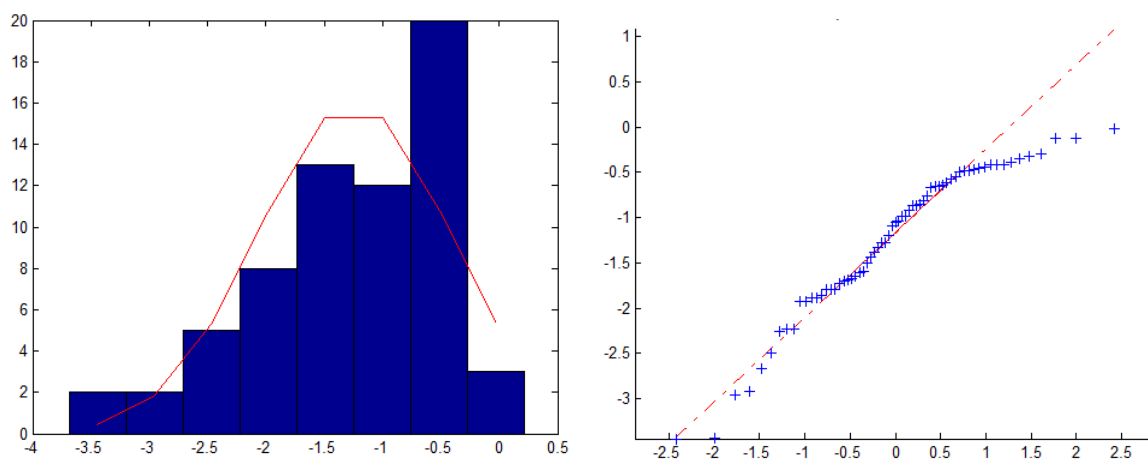
srednjo vrednost lahko vidimo, da je ploskev DMV 5 premaknjena 1,24 m nižje glede na terenske meritve.

Če odstopanja razvrstimo od najmanjšega do največjega, dobimo s srednjim odstopanjem mediano. Le-ta je v primerjavi s srednjo vrednostjo manj občutljiva na grobe pogreške. NMAD pri normalni porazdelitvi opazovanj ustreza standardnemu odklonu [10].

Robustne mere točnosti pa nam poda tudi 95% kvantil, kar pomeni, da ima 95% absolutnih vrednosti odstopanja velikost znotraj intervala $[0, Q_{|Ah}(0,95)]$. $Q_{|Ah}(0,95)$ v primeru Leice znaša 2,93 m [10].

Odstopanja niso normalno porazdeljena, saj je s slike 21 dobro vidna razlika od rdeče črte, ki prikazuje odstopanja v primeru normalne porazdelitve. Rdeča lomljenka (slika 21 levo) je določena glede na srednjo vrednost odstopanja ter standardnim odklonom, ki se oceni na osnovi DMV 5. Kvantile normalne porazdelitve pa prikazuje desni graf slike 21 [10].

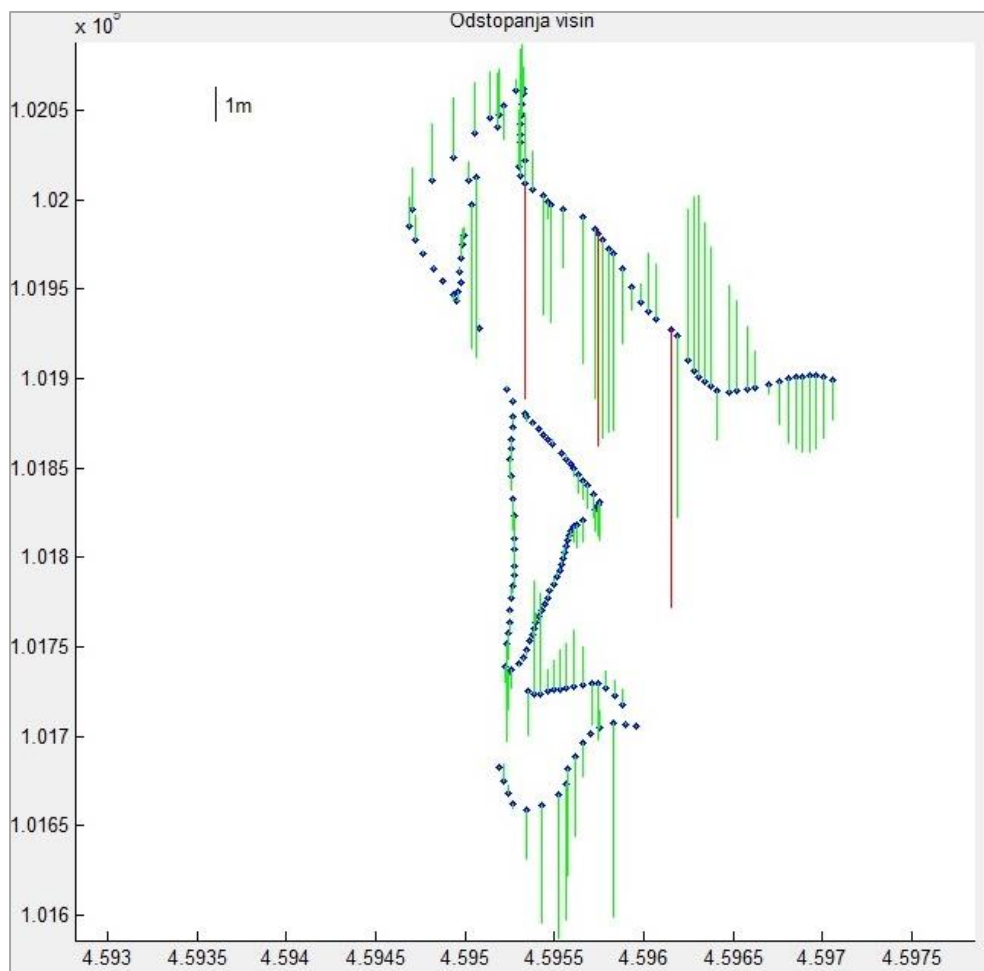
Tako za primerjavo vzamemo rezultate robustne statistike. V tem primeru nam odstopanja poda mediana. Glede na rezultate lahko vidimo, da je na našem območju razlika med DMV 5 in višinami GNSS-višinomerstva dober meter.



Slika 21: Histogram višinskih odstopanj (levo) in kvantilni graf (desno)

4.2.2 Meritve z instrumentom Javad Triumph-LS

Na sliki 22 prikazujemo odstopanja višin v diskretno določenih točkah, ki smo jih na terenu določili z instrumentom Javad Triumph-LS ter interpoliranimi višinami iz DMV 5.



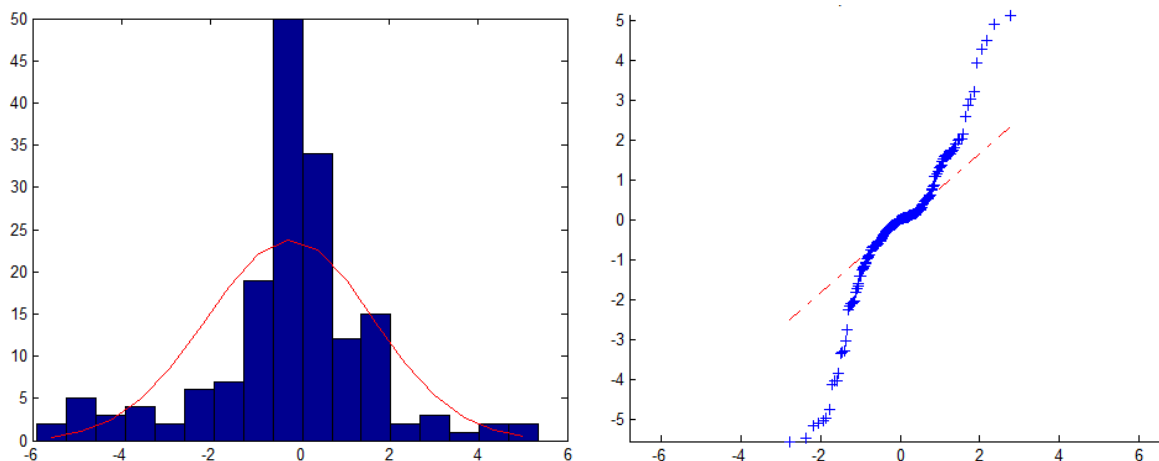
Slika 22: Odstopanja med višinami, izmerjenimi z instrumentom Javad Triumph-LS, ter DMV 5

S slike 22 lahko vidimo, da so prisotna tri grobo pogrešena opazovanja, saj so njihova odstopanja presegla trikratno vrednost RMSE (rdeče obarvano). Program InOViTOR_SI avtomatsko odstrani grobo pogrešena opazovanja ter z dodatno iteracijo ponovno izračuna vrednosti (preglednica 2). V oceno je bilo vključenih 172 točk, po izločitvi grobih pogreškov smo standardne mere točnosti izračunali iz 169 točk.

Preglednica 2: Višinska točnost DMV 5 (meritve z instrumentom Javad Triumph-LS)

Standardne mere točnosti	[m]
Standardni odklon	1,88
RMSE	1,89
Srednja vrednost	-0,22
Robustne mere točnosti	
Mediana	-0,01
NMAD	0,95
95% kvantil	5,05

Tudi tukaj višinska odstopanja niso normalno porazdeljena (slika 23), zato uporabimo robustne mere točnosti. Torej ocene kakovosti DMV 5 ponovno ocenjujemo na osnovi mediana ter NMAD. Vidimo lahko, da DMV 5 glede na naše meritve z Javadom Triumph-LS na tem območju odstopa le za 1 cm. Pri tem rezultatu pa se moramo zavedati, da znaša 95% kvantil 5,05 m.



Slika 23: Histogram višinskih odstopanj pri instrumentu Javad ter kvantilni graf na desni

Na obravnavanem območju meritev z instrumentom Javad Triumph-LS so odstopanja v določenih višinah večja kot v primerjavi z območjem, kjer smo meritve izvajali z Leicinim instrumentom. Odstopanja so tudi bolj neenakomerno porazdeljena, saj na nekaterih delih odstopajo 0,5 m na drugih pa do 5 m. V prvem primeru so odstopanja med 0,5 m do 3 m. Vendar, če primerjamo odstopanja med DMV 5 in meritvami z Leico ter DMV 5 in meritvami z instrumentom Javad Triumph-LS, ugotovimo, da so odstopanja večja na delovišču, kjer smo izvajali meritve z Leicinim instrumentom.

Razlog bi lahko bil, da smo z Javadovim instrumentom merili tudi po vrhu Šišenskega hriba, kjer ni bilo več bujne vegetacije. Po drugi strani pa so tudi odstopanja iz DTK 5 večja na območju merjenja z Leicinim sistemom Smartpole.

5 ZAKLJUČEK

Potrdimo lahko, da je na območju bujne vegetacije prišlo do razlik med potekom cest iz DTK 5 in dejanskim potekom, ki smo ga določili s terenskimi meritvami.

Eden izmed vzrokov za odstopanja je dejstvo, da so bile v bazi DTK 5 ceste na obravnavanem območju zajete na fotogrametričen način. Očitno vidna odstopanja so bila na delih, kjer so zaradi drevesnih krošenj poti iz zraka slabo vidne, na odprtih območjih pa so poti lepo sovpadale in razlike niso bile tako očitne.

Pri iskanju odgovora na drugo zastavljeno hipotezo bi lahko rekli, da je načeloma pri uporabi dveh instrumentov GNSS različnih proizvajalcev izmera enako dobra, če merimo v enakih pogojih in na enaki lokaciji in sta instrumenta ustrezno preverjena. Vendar vseeno obstajajo razlike v sposobnosti sprejema signala GNSS in nadaljnji določitvi koordinat v oteženih razmerah z različnimi instrumenti. To smo potrdili s terensko izmero, ko smo hkrati z instrumentoma Leica Viva GS15 in Javad Triumph-LS določali položaje točkam na isti lokaciji. Pri izvedbi meritev, inicializaciji in nadaljnji določitvi položajev točk smo imeli precej več težav ob uporabi instrumenta Leica Viva GS15. Predvsem smo imeli težave pri ponovni vzpostavitvi uspešne inicializacije (t.i. celoštevilčna določitev fazne nedoločenosti), ki je ključ do kakovostne določitve koordinat točk. Odločili smo se, da v tem primeru meritve izvedemo s kombinirano izmero GNSS. Po drugi strani pa smo z instrumentom Javad Triumph-LS brez večjih težav ponovno vzpostavljali inicializacijo in določili položaje točkam izbrane gozdne poti. Vseeno velja poudariti, da smo izmero izvajali v pomladnem času, ko listavci še niso ozeleneli.

V primeru meritev z Leicinim sistemom instrumentov Smartpole smo ugotovili, da odstopanja v horizontalnem položaju znašajo od pol do treh metrov. Na območju, kjer smo merili z instrumentom Javad Triumph-LS, so meritve lepo sovpadale s podatki iz DTK 5, odstopanja so bila skoraj za faktor tri manjša kot v primeru meritev s sistemom Smartpole. Menimo, da je lahko razlog za odstopanje v rezultatih tudi dejstvo, da se lahko s fotogrametričnimi metodami ceste na območju brez vegetacije enostavneje določijo kot cesta, ki smo jo določali na območju višje vegetacije. Ugotovili smo tudi, da dveh odsekov poti ni prikazanih v bazi DTK 5. Na teh območjih primerjave nismo mogli narediti.

Primerjave položajev točk v horizontalni ravnini je sledila še primerjava višin. Tu smo za osnovo uporabili model višin DMV 5 in prišli do podobnih zaključkov. V gozdnih predelih so bila odstopanja v višinah iz modela DMV 5 od terensko določenih višin tudi meter in več, na odprtih delih pa do enega metra.

Zaključimo lahko, da imajo tako terenske meritve kot fotogrametrični načini zajema podatkov pozitivne in negativne strani. Z množičnim zajemom podatkov ni mogoče povsod dobiti tako kakovostnih podatkov kot s terensko izmero. Prednost metod množičnega zajema podatkov je v tem, da lahko hitreje dobimo zelo veliko količino prostorskih podatkov, kar s terenskimi meritvami praktično ni mogoče.

Veliko študij temelji na uporabi podatkov in modelov iz množičnega zajema podatkov. V nekaterih je dovolj poznati globalno oceno kakovosti izvornih podatkov, v bolj podrobnih študijah pa je dobro poznati kakovost izvornih podatkov oziroma modelov na obravnavanem območju. V tem primeru si izberemo vzorec točk, da lahko ocenimo kakovost izvornih podatkov za nadaljnje uporabo v različnih študijah, podobno kot smo to naredili v dani nalogi.

VIRI IN LITERATURA

[1] Topografski podatki merila 1:5000 (DTK5).

http://www.e-prostor.gov.si/si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/topografski_podatki_in_karte/topografski_podatki_merila_1_5000_dtk_5/ (Pridobljeno 14. 5. 2016.)

[2] Ortofoto.

http://www.e-prostor.gov.si/si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/ortofoto/
(Pridobljeno 14. 5. 2016.)

[3] Aerosnemanje in obdelava podatkov.

<http://www.geoprostor.net/PisoPortal/letalski-posnetki.aspx#pan> (Pridobljeno 14. 5. 2016.)

[4] Digitalni model višin 5 x 5 m (DMV 5).

http://www.e-prostor.gov.si/si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/digitalni_model_visin/digitalni_model_visin_5_x_5_m_dmv_5/ (Pridobljeno 14. 5. 2016.)

[5] Sterle, O., Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P. 2014. Metoda PPP pri statični izmeri GNSS. Geodetski vestnik 58, 3: 467, 471.

http://www.geodetski-vestnik.com/58/3/gv58-3_sterle.pdf (Pridobljeno 8. 8. 2016.)

[6] Kosmatin Fras, M., Drobne, S., Gregorič, H., Oven, J. 2006. Raziskava uporabe ortofota (DOF5) v praksi. Geodetski vestnik 50, 2: 258, 262.

[7] Kogoj, D., Stopar, B. 2005. Programska zasnova in priprava gradiva za izvedbo strokovnega dela izpita iz geodetske stroke: str. 21-23.

http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/ogs/GEODETSKA_IZMERA.pdf (Pridobljeno 1. 6. 2016.)

[8] RTK/DGPS storitve.

<http://www.gu-signal.si/node/3> (Pridobljeno 1. 6. 2016.)

[9] GNSS izmera.

<http://www.geoid.si/inzenirska-geodezija/gnss-izmera.html> (Pridobljeno 1. 6. 2016.)

[10] Pavlovčič Prešeren, P., Korošec, M., Grigillo, D. 2014. Problematika geodetskih terenskih meritev z GNSS in simulacije vodostaja na podlagi DMR na delu Cerkniškega jezera.

http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2015/7%20SZGG_2015_Pavlovic_Korosec_Grigillo.pdf

(Pridobljeno 5. 7. 2016.)

[11] Petrovič, D., Podobnikar, T., Grigillo, D., Kozmus Trajkovski, K., Vrečko, A., Urbančič, T., Kosmatin Fras, M. 2011. Kaj pa topografija? Stanje in kakovost topografskih podatkov v Sloveniji. Geodetski vestnik 55, 2: 307, 308.

[12] The American Surveyor, GNSS Review. 2015. Triumph – LS.

[13] Grigillo, D. 2015. Mathworks: InOViTOR_SI.

[14] Geodetska uprava republike Slovenije. 2011-2015. DOF050.

[15] Topografski podatki in karte.

http://www.e-prostor.gov.si/si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/topografski_podatki_in_karte/ (Pridobljeno 25. 8. 2016.)