

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:

Dimec, M., 2016. Primerjalna analiza poteka zemljiško-katastrskih mej in značilnih reliefnih linij. Diplomski nalogi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Liseč, A., somentor Čeh, M., Grigillo, D.): 38 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5943/>

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:

Dimec, M., 2016. Primerjalna analiza poteka zemljiško-katastrskih mej in značilnih reliefnih linij. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Liseč, A., co-supervisor Čeh, M., Grigillo, D.): 38 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5943/>

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:

**MAŠA DIMEC**

**PRIMERJALNA ANALIZA POTEKA ZEMLJIŠKO-  
KATASTRSKIH MEJ IN ZNAČILNIH RELIEFNIH LINIJ**

Diplomska naloga št.: 128/GIG

**COMPARATIVE ANALYSIS OF LAND CADASTRE  
BORDERS AND TYPICAL RELIEF FORMS**

Graduation thesis No.: 128/GIG

**Mentorica:**

izr. prof. dr. Anka Lisec

**Somentor:**

asist. dr. Marjan Čeh

Ljubljana, 22. 09. 2016

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

Ta stran je namenoma prazna.

## IZJAVE

Spodaj podpisana študentka Maša Dimec, vpisna številka 26203495, avtorica pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Primerjalna analiza poteka zemljiško-katastrskih mej in značilnih reliefnih linij.

### 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: Ljubljani

Datum: 10. 9. 2016

Podpis študentke:

\_\_\_\_\_

Ta stran je namenoma prazna.

## BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

- UDK:** 528.44(043.2)
- Avtor:** Maša Dimec
- Mentor:** izr. prof. dr. Anka Lisec
- Somentorja:** asist. dr. Marjan Čeh  
asist. dr. Dejan Grigillo
- Naslov:** Primerjalna analiza poteka zemljiško-katastrskih mej in značilnih reliefnih linij
- Tip dokumenta:** diplomska naloga – univerzitetni študij
- Obseg in oprema:** 38 str., 8 pregl., 20 sl.
- Ključne besede:** zemljiški kataster, zemljiško-katastrski prikaz, aerolasersko skeniranje, primerjalna analiza, značilne reliefne oblike, RiSCAN PRO

### Izveček

V diplomski nalogi primerjamo potek lastniških (katastrskih) mej z značilnimi reliefnimi linijami v katastrski občini Črešnjice. Vse analize so izvedene na podlagi podatkov grafičnega podsistema zemljiškega katastra, podatkov laserskega skeniranja Slovenije in terenski izmeri. Naša domneva je, da v nekaterih značilnih primerih linije parcelnih mej potekajo vzporedno ali celo sovpadajo z značilnimi reliefnimi oblikami kot so brežine teras, gozdne ceste, gozdne poti in podobno ter, da je s prepoznavanjem značilnih reliefnih linij mogoče določiti celo potek meje katastrske občine. V okviru naloge so predstavljene teoretične osnove položajnih natančnosti, podatkov zemljiško-katastrskega prikaza, poskusi izboljšav zemljiško-katastrskega prikaza, uporabljeni podatki, območje obdelave, uporabljena programska oprema ter opis terenskih meritev. Rezultati so primerjalne analize lastniških mej parcel in značilnih reliefnih oblik pridobljenih iz podatkov aerolaserskega skeniranja ter terenskih meritev.

Ta stran je namenoma prazna.



## **BIBLIOGRAPHIC –DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

**UDC:** 528.44(043.2)  
**Author:** Maša Dimec  
**Supervisor:** Assist. prof. Anka Lisec, Ph.D.  
**Co-advisors:** Assist. Marjan Čeh, Ph.D.  
Assist. Dejan Grigillo, PhD  
**Title:** Comparative analysis of land cadastre borders and typical relief forms  
**Document type:** Graduation Thesis - University studies  
**Notes:** 38 p., 8 tab., 20 fig.  
**Key words:** land cadastre, land registry display data, aerial laser scanning, comparative analysis, typical relief forms, RiSCAN PRO

### **Abstract**

In our graduation thesis we compare the marcation of owner's (land registry) borders with typical relief lines in the land registry municipality Črešnjice. All the analyses are carried out on the basis of graphic system data of the land register, laser scanning data of Slovenia and terrain measurements. Our assumption is that in some typical cases the border lines of the land are running parallel or even coincide with typical relief shapes such as shore terraces, forest paths and similar features. It is even possible to determine the border demarcation of the land registry municipality by recognizing the typical relief lines. Furthermore, this thesis presents the theoretical base of position accuracy, land registry display data, attempted land registry display data improvements, data used, the area of processing, software used and the description of terrain measurements. The results are compared with owners' land borders and typical relief shapes obtained from aerial laser scanning data and terrain measurements.

Ta stran je namenoma prazna.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorici izr. prof. dr. Anki Lisec in somentorjema asist. dr. Marjanu Čehu in asist. dr. Dejanu Grigillu za koristne nasvete ter vodstvo pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi družini za finančno podporo in vse vzpodbude skozi študij. Prav tako pa se moram zahvaliti tudi najboljšim sošolcem, ki so mi polepšali vsako preživeto uro na fakulteti ter fantu in ostalim bližnjim prijateljem, ki so mi kljub občasni tečnosti zaradi obilice dela še vedno stali ob strani.

## KAZALO VSEBINE

|  |     |
|--|-----|
| IZJAVE .....   | III |
| BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK .....              | V   |
| BIBLIOGRAPHIC –DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT .....      | VII |
| ZAHVALA.....   | IX  |
| <br>   |     |
| 1 UVOD.....  | 1   |
| 2 TEORETIČNE OSNOVE .....  | 3   |
| 2.1 Poizkusi izboljšave ZKP v preteklosti.....                     | 3   |
| 2.2 Položajna natančnost zemljiško-katastrskega prikaza (ZKP)..... | 4   |
| 2.3 Aerolasersko skeniranje površja – tehnologija lidar.....       | 5   |
| 3 METODE IN MATERIALI .....  | 8   |
| 3.1 Uporabljeni podatki .....                                      | 9   |
| 3.1.1 Podatki zemljiško-katastrskega prikaza (ZKP) .....           | 9   |
| 3.1.2 Državni ortofoto (DOF).....                                  | 10  |
| 3.1.3 Podatki aerolaserskega skeniranja .....                      | 10  |
| 3.1.4 Podobe analitičnega senčenja .....                           | 12  |
| 3.2 Območje obdelave .....   | 12  |
| 3.3 Uporabljena programska oprema.....                             | 14  |
| 3.3.1 RiSCAN PRO .....   | 14  |
| 3.3.2 Kartiranje podlag in rezultatov analiz.....                  | 15  |
| 3.4 Delo na terenu.....  | 15  |
| 4 REZULTATI .....  | 17  |
| 4.1 Izbira optimalnih parametrov v programu RiSCAN PRO.....        | 17  |
| 4.1.1 Primer 1 .....   | 18  |
| 4.1.2 Primer 2 .....   | 19  |
| 4.1.3 Primer 3 .....   | 20  |
| 4.1.4 Primer 4 .....   | 21  |
| 4.2 Primerjalna analiza .....                                      | 23  |
| 4.2.1 Podobmočje Srednje Grčevje (A).....                          | 24  |

|       |                                     |    |
|-------|-------------------------------------|----|
| 4.2.2 | Podobmočje Srednje Grčevje (B)..... | 27 |
| 4.2.3 | Podobmočje Gornje Grčevje (C).....  | 30 |
| 5     | ZAKLJUČKI.....                      | 34 |
|       | VIRI.....                           | 35 |

## KAZALO SLIK

|   |    |
|---|----|
| SLIKA 1: PRINCIP DELOVANJA TEHNOLOGIJE LIDAR (VIR: SCHUCKMAN, RENSLOW, 2014).....   | 6  |
| SLIKA 2: PRIKAZ IZVEDBE LASERSKEGA SKENIRANJA SLOVENIJE, MAJ 2014 (VIR: PEGAN ŽVOKELJ, BRIC,<br>TRIGLAV ČEKADA, 2014) ) .....   | 7  |
| SLIKA 3: PRIMER ZEMLJIŠKOKATASTRSKEGA PRIKAZA (VIR: GURS).....  | 9  |
| SLIKA 4: PRIMER BARVNEGA IN INFRARDEČEGA ORTOFOTA (VIR: GURS).....  | 10 |
| SLIKA 5: OBMOČJE UPORABLJENIH LISTOV NA PODLAGI ORTOFOTO.....   | 12 |
| SLIKA 6: ORTOFOTO OKVIRNEGA OBMOČJA OBDELAVE SREDNJE GRČEVE IN GORENJE GRČEVJE V KATASTRSKI<br>OBČINI ČREŠNJICE.....            | 13 |
| SLIKA 7: KARTA OBRAVNAVANIH PODOBMOČIJ V SREDNJEM GRČEVJU (A, B) IN GORENjem GRČEVJU (C).....                                   | 14 |
| SLIKA 10: UPORABLJENI PARAMETRI (PRIMER 1).....   | 19 |
| SLIKA 11: UPORABLJENI PARAMETRI (PRIMER 2).....   | 20 |
| SLIKA 12: UPORABLJENI PARAMETRI (PRIMER 3).....   | 21 |
| SLIKA 13: UPORABLJENI PARAMETRI (PRIMER 4).....   | 22 |
| SLIKA 14: LOMNE LINIJE ZGORNJIH IN SPODNJIH ROBOV PRIDOBLENE V TRETJEM PRIMERU NA PODLAGI PODOBE<br>ANALITIČNEGA SENČENJA ..... | 23 |
| SLIKA 15: KARTA PODOBMOČJA SREDNJE GRČEVJE (A) .....  | 25 |
| SLIKA 16: DEL GOZDNE CESTE NA OBRAVNAVANEM PODOBMOČJU B .....   | 27 |
| SLIKA 17: KARTA PODOBMOČJA SREDNJE GRČEVJE (B).....   | 28 |
| SLIKA 18: KAMNITA OZNAKA OB ROBU GOZDNE CESTE NA PODOBMOČJU SREDNJE GRČEVJE (B).....  | 29 |
| SLIKA 19: BREŽINE NA OBRAVNAVANEM OBMOČJU C.....  | 30 |
| SLIKA 20: KARTA PODOBMOČJA GORNJE GRČEVJE (C).....  | 31 |

## KAZALO PREGLEDNIC

|  |    |
|--|----|
| PREGLEDNICA 1: UPORABLJENI PARAMETRI ZA PRVI PRIMER .....  | 18 |
| PREGLEDNICA 2: UPORABLJENI PARAMETRI ZA DRUGI PRIMER.....  | 19 |
| PREGLEDNICA 3: UPORABLJENI PARAMETRI ZA TRETJI PRIMER .....  | 20 |
| PREGLEDNICA 4: UPORABLJENI PARAMETRI ZA ČETRTE PRIMER .....  | 21 |
| PREGLEDNICA 5: ODDALJENOSTI LOMNIH LINIJ LIDAR OD MEJ ZKP IN MERJENIH LINIJ TER<br>ODDALJENOSTI MERJENIH LINIJ OD ZKP (PODOBMOČJE SREDNJE GRČEVJE – A) ..... | 26 |
| PREGLEDNICA 6: ODDALJENOSTI LOMNIH LINIJ LIDAR OD MEJ ZKP IN MERJENIH LINIJ TER<br>ODDALJENOSTI MERJENIH LINIJ OD ZKP (PODOBMOČJE SREDNJE GRČEVJE – B).....  | 29 |
| PREGLEDNICA 7: ODDALJENOSTI LOMNIH LINIJ LIDAR OD MEJ ZKP IN MERJENIH LINIJ TER<br>ODDALJENOSTI MERJENIH LINIJ OD ZKP (PODOBMOČJE GORNJE GRČEVJE – C).....   | 32 |
| PREGLEDNICA 8: ODDALJENOSTI LOMNIH LINIJ LIDAR OD MEJ ZKP IN MERJENIH LINIJ TER<br>ODDALJENOSTI MERJENIH LINIJ OD ZKP (PODOBMOČJE GORNJE GRČEVJE – C).....   | 33 |

Ta stran je namenoma prazna.



## 1 UVOD

V diplomski nalogi so na študijskem območju v katastrski občini Črešnjice predstavljeni rezultati primerjave poteka lastniških (katastrskih) mej s karakterističnimi reliefnimi linijami. Analiza temelji na uradnih podatkih grafičnega podsistema zemljiškega katastra, podatkih laserskega skeniranja Slovenije ter terenski izmeri. Naša domneva je, da v nekaterih značilnih primerih potek parcelnih meja poteka vzporedno ali celo sovpada z značilnimi oblikami reliefa (terase, gozdne ceste, gozdne poti) ter da je mogoče s prepoznavanjem značilnih reliefnih linij določiti potek meje katastrske občine.

V prvem delu diplomske naloge so predstavljene nekatere teoretične osnove, kot so položajna natančnost podatkov zemljiško-katastrskega prikaza, poizkusi izboljšav tega, uporabljeni podatki, območje obdelave, uporabljena programska oprema in opis terenskih meritev. Na koncu pa so kot rezultat del v okviru diplomske naloge prikazane primerjalne analize lastniških mej in naravnih značilnih reliefnih oblik pridobljenih iz podatkov laserskega snemanja ter terenskih meritev.

Zemljiški kataster (v nadaljevanju ZK) je v Republiki Sloveniji temeljna uradna evidenca o zemljiščih. S hitrim razvojem tehnologij za zajem ter predstavitev prostorskih podatkov sorazmerno narašča tudi število uporabnikov teh podatkov. Mnogim uporabnikom je zelo pomemben grafičen del zemljiškega katastra. Veliko število uporabnikov grafičnega podsistema zemljiškega katastra pa se danes ne zaveda, da so bili načrti za celotno ozemlje Republike Slovenije pridobljeni večinoma z grafično metodo izmere pred že skoraj 200 leti. Tako se začnejo porajati vprašanja kot so »*Kakšna sploh je verodostojnost in natančnost zemljiško-katastrskih podatkov?*« in »*Ali je možno takšne podatke in na kakšen način izboljšati?*«. Eden od najpomembnejših podatkovnih slojev, do katerih lahko uporabniki dostopamo na internetu, je med drugim zemljiško-katastrski prikaz (v nadaljevanju ZKP), ki je lahko zelo zavajajoč, saj uporabniki mnogokrat pozabijo, da je takšen prikaz zgolj informativen. Do različnih prostorskih informacij na različnih podatkovnih slojih lahko uporabniki dostopajo na mnogih internetnih straneh, kot so na primer Prostorski informacijski sistem – PISO, UrbInfo (le za območje Ljubljane) in podobno (Granda, 2016).

Pred 200 leti so katastrski načrti predstavljali ogromen napredek na področju razvoja zemljiškega katastra in so zagotavljali ustrezno natančnost za potrebe obdavčitve ob uporabi tehnoloških rešitev v takratnem času. Danes pa zaradi naprednih tehnoloških rešitev geodetske izmere in predvsem zaradi težnje po kakovostnem evidentiranju pravic na zemljiščih, kakovostnem načrtovanju in ureditvi prostora, naraščanja vrednosti zemljišč, povezovanja različnih prostorskih evidenc ter prostorske prenatrpanosti kakovost grafičnega dela zemljiškega katastra ni več zadovoljiva. Za slabo kakovost zemljiško-katastrskih načrtov bi lahko deloma krivili pomanjkanje sredstev oziroma premajhno

vlaganje v razvoj ter vzdrževanje podatkov, deloma pa sam sistem vzdrževanja podatkov zemljiškega katastra. Seveda pa del krivde pade tudi na lastnike zemljišč in njihovih sestavnih delov, saj še v današnjem času ne poskrbijo za urejanje prostorskega oziroma nepremičninskega stanja v zemljiškem katastru kot tudi v ostalih nepremičninskih evidencah (Bovha in sod. 2005).

V Sloveniji se v zadnjih letih čedalje bolj razvija in uveljavlja zračno lasersko skeniranje površja (LIDAR, angl. *Light Detection And Ranging*). Ena glavnih prednosti te tehnologije pred drugimi snemalnimi tehnikami je, da omogoča neposredno izmero oddaljenosti med oddajnikom laserskega žarka in detajlom na fizičnem površju Zemlje, od katerega se laserski žarek odbije in potuje nazaj do sprejemnika. V primerjavi s klasično izmero ima tudi prednosti kot so krajši čas izvedbe meritev, večje število zajetih točk (širši pas snemanja) lažje ponovljive meritve, izvedba fotografiranja v vidnem in IR-sprektru hkratno z laserskim skeniranjem, v nadaljevanju tudi generiranje barvnega ortofota z natančnostjo 10 cm. V primerjavi s satelitskimi sistemi pa ima prednosti kot so višja natančnost, več vzporednih izdelkov, snemanje skozi vegetacijo, snemanje ponoči in podobno. Poleg vseh teh informacij lahko pridobimo še ostale informacije kot so pokrovnost, gladina vode, ipd. (Strmšek, 2009). Takšno tehniko zajema prostorskih podatkov lahko uporabljamo kot samostojno tehniko kot tudi v kombinaciji z drugimi srednje oziroma visokoločljivimi snemanji. Ob naročilu lidarskih podatkov za namene kontrole zemljiškega katastra bi bila zahtevana še dodatna terenska dela, kot so na primer 3D signalizacija zemljiško-katastrskih točk (na primer s stožci), kar pa bi zadevo podražilo. Zato bi bilo vsekakor pred uporabo tehnologije lidar za kontrole zemljiškega katastra smiselno izvesti analizo ekonomičnosti in smotrnosti, v primeru, da se takšna tehnika izkaže kot uporabna (Triglav Čekada 2010).

V preteklosti naj bi meje katastrski občin kot tudi parcelne meje določali na podlagi značilnih umetnih ali naravnih terenskih oblik, kot so robovi brežin cest, poti, kotanje, vrhovi, ipd. Kot že zgoraj omenjeno se na področju geodezije čedalje bolj uveljavlja aerolasersko skeniranje površja, zato se je zagotovo smiselno vprašati ali je mogoče prav s takšno novo vrsto tehnologije, s katero lahko identificiramo lomne linije terenskih oblik interpretirati oziroma celo izboljšati podatke ZKP. V okviru diplomske naloge je za del območja katastrske občine Črešnjice, ki se nahaja v okolici Novega mesta preveriti kako podatki laserskega skeniranja površja sovpadajo z značilnimi terenskimi oblikami in posledično tudi z katastrsko mejo ali parcelnimi mejami.

Izbrano območje je razdeljeno na tri manjša podobmočja. Na vseh treh podobmočjih bo izvedena primerjava ZKP s podatki pridobljenimi iz oblaka točk laserskega skeniranja (vrh in dno brežin), kateri so določeni na podlagi izbire najoptimalnejših parametrov v programu RiSCAN PRO in primerjava z dodatno izmerjenimi točkami na terenu.

## 2 TEORETIČNE OSNOVE

### 2.1 Poizkusi izboljšave ZKP v preteklosti

Nekaj poizkusov izboljšave kakovosti zemljiško-katastrskega prikaza z različnimi interpretacijami je v preteklosti na slovenskem ozemlju že bilo izvedenih. Na Geodetskem inštitutu Slovenije so tako razvili trikotniško odsekoma afino transformacijo (Berk, 2001), vendar pa metoda ne zadovoljuje postavljenega pogoja »čim manj deformirati zajeto vsebino, hkrati pa doseči, da bodo odstopanja na mejah katastrskih občin tako majhna, da bo le-te mogoče uskladiti. (Berk, 2001, Granda, 2016 ). Katedra za geoinformatiko in katastre nepremičnin na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo (Univerza v Ljubljani) preverja, razvija ter preizkuša različne metode izboljšave kakovosti ZKP. Največ pozornosti posvečajo tako imenovani membranski metodi. Izkazalo se je, da je z dovolj velikim številom veznih točk, z ustrezno prostorsko razdelitvijo le-teh ter z uporabo membranske metode mogoče precej izboljšati homogenost položajne ter geometrijske natančnosti ZKP, pri tem pa nedvoumno uporabljati načela geodetske stroke (Čeh in sod., 2011a, Granda, 2016). Problem pa se kljub temu pojavi na območjih, kjer nimamo zagotovljene ustrezne gostote veznih točk. Več študentov fakultete za gradbeništvo in geodezijo je v svojih diplomskih ter magistrskih delih že poskušalo izboljšati ZKP, predvsem z uporabo membranske metode.

Švab (2012) je v svojem diplomskem delu dodajal vezne točke, izmerjene na mejah katastrske občine Žažar in ugotavljal kako to vpliva na položajno natančnost ZKP. Muhič (2014) je v svojem diplomskem delu predstavil kako izboljšati položajno ter geometrijsko kakovost katastrskih načrtov ob meji katastrske občine Ždinja vas, če poznamo položaj določenega števila detajlnih točk v referenčnem geodetskem koordinatnem sistemu s predpisano natančnostjo. V nalogi so bile izbrane referenčne zemljiškokatastrske točke (ZK-točke), njihove koordinate pa so bile določene na podlagi izmere s predpisano natančnostjo v državnem koordinatnem sistemu. Hegediš (2015) je v svojem diplomskem delu preučeval možnosti vključevanja podatkov katastrskih elaboratov v postopek izboljšave položajne ter geometrijske natančnosti ZKP (Granda, 2016). Granda (2016) je v svojem magistrskem delu z večanjem gostote ter ustrezno razporeditvijo domerjenih veznih točk, ki so v naravi materializirane, vendar po statusu niso ZK-točke izvedel postopek izboljšave položajne natančnosti in točnosti ZKP.

Iz omenjenih diplomskih del (Švab, 2012, Muhič, 2014, Hegediš, 2015), magistrskega dela (Granda, 2016) ter drugih raziskav (Čeh in sod., 2015) je mogoče izluščiti naslednje sklepe:

- na podlagi obstoječih katastrskih podatkov za katastrske občine lahko brez dodatnih meritev in stroškov izboljšamo položajno natančnost ZKP,

- z optimalno razporeditvijo veznih točk z membransko izboljšamo položajno natančnost in točnost ZKP. Tak pristop je še vedno hitrejši ter cenejši kot nova izmera,
- dosežena ocenjena položajna natančnost, ki so jo dosegli je precej boljša od ocenjene položajne natančnosti ZKP leta 2008, ki jo je izvedel Geodetski Inštitut Slovenije skupaj z geodetsko upravo (Geodetski inštitut, 2008),
- poleg izboljšane položajne natančnosti se je v veliki meri ohranila tudi geometrija parcelnih mej,
- večina po položaju grobo pogrešenih točk je bila odkrita (Granda, 2016) in izločena iz poskusov izboljšave z membransko metodo.

## 2.2 Položajna natančnost zemljiško-katastrskega prikaza (ZKP)

Zemljiško-katastrski prikaz (v nadaljevanju ZKP) je grafični prikaz vseh parcel ter parcelnih števil v Sloveniji. Po opredelitvi iz Zakona o evidentiranju nepremičnin (ZEN, 2006: 19. člen, 7. točka) je ZKP slika oblike in medsebojne lege parcel. Položajna natančnost ZKP je na različnih območjih Slovenije zelo različna, na nekaterih območjih celo zelo slaba. Zemljiškokatastrski načrt (v nadaljevanju ZKN), ki je izdelan na podlagi kakovostnih podatkov, pridobljenih v postopkih vzdrževanja zemljiškega katastra (v nadaljevanju ZK) pa odpravlja težave s položajno natančnostjo. ZEN določa tudi, da ZKP ne sme biti neposredno uporabljen za ugotavljanje poteka mej po podatkih ZK, medtem ko se lahko uporablja za prikaz drugih podatkov, v geografskih informacijskih sistemih in druge podobne namene z opozorilom, da je prikaz mej zgolj informativen (Mivšek, Ravnihar in Žnidaršič, 2012).

V preteklosti je bil prostorski prikaz podatkov zemljiškega katastra predstavljen na analognem zemljiškokatastrskem načrtu, medtem ko se danes v praksi uporablja samo še zemljiškokatastrski prikaz v digitalni obliki. Na ZKP so za celotno območje Republike Slovenije grafično prikazane meje parcel ter parcelnih delov s pripadajočimi parcelnimi številkami in zemljišči pod stavbo (Mivšek, Ravnihar in Žnidaršič, 2012).

Sloj ZKP je kljub temu da ne zagotavlja potrebne absolutne položajne točnosti edini razpoložljivi zvezni sloj zemljiškega katastra za celotno ozemlje Republike Slovenije, ki prostorske pojave povezuje z lastniki. V geografskih informacijskih sistemih se podatki ZKP uporabljajo oziroma prekrivajo skupaj z ostalimi prostorskimi podatki kot so digitalni ortofoto načrt (DOF) oziroma s podatki, ki so zajeti na njegovi podlagi brez upoštevanja kakovosti in namena posameznih podatkovnih slojev. Vendar pa položajna natančnost ZKP ni ključnega pomena za izvajanje geodetskih storitev z namenom evidentiranja sprememb v ZK, saj imajo izvajalci geodetskih storitev poleg ZKP na voljo tudi druge podatke iz ZK (podatki iz elaboratov in drugih listin, ki so bili podlaga

za evidentiranje sprememb v ZK). Zaradi nekaterih slabosti ZKP, je njegova uporaba omejena in zgolj informativna. Te slabosti izhajajo iz

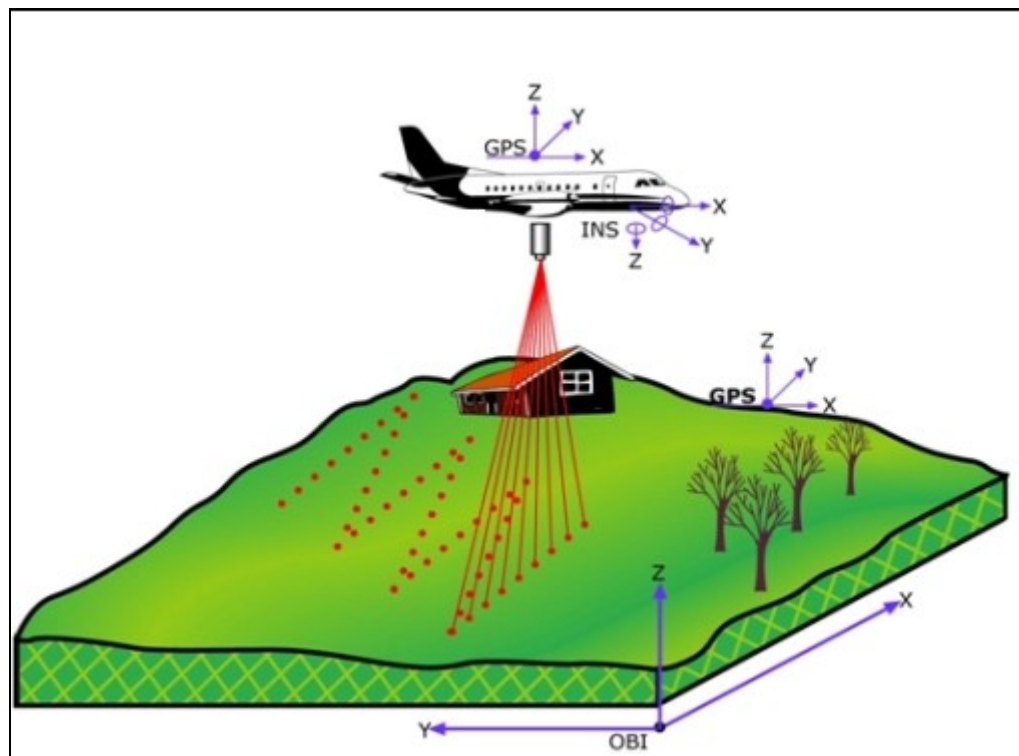
- neažurnosti vsebine (kot neevidentirane spremembe stanja v naravi-dolžinski objekti (ceste, vodotoki in zemljišča pod stavbo) in
- iz nehomogene in za posamezne namene uporabe ne dovolj dobre položajne točnosti.

Neažurnost vsebine izhaja iz evidentiranja sprememb zgolj na zahtevo stranke. Torej dokler nimamo ustreznih mehanizmov, ki lastnike spodbujajo k evidentiranju sprememb te slabosti ne moremo učinkovito odpraviti. V bližnji preteklosti se je težava slabe položajne natančnosti prikaza parcel že reševala z različnimi transformacijami, vendar so bile te le delno uspešne. Položajna natančnost je bila izboljšana le parcialno, torej ponekod še vedno ni ustrezna za javno in drugo uporabo. Na nekaterih območjih je težavo slabe položajne natančnosti možno rešiti z uporabo bolj kakovostnih podatkovnih virov.

Leta 2011 je tudi Geodetska uprava Republike Slovenije začela ponovno z iskanjem novih rešitev za izboljšanje položajne natančnosti podatkov ZK. Za območja za katera so na voljo kakovostnejši podatkovni viri je izdelala novo grafično predstavitev podatkov ZK, ki se imenuje zemljiškokatastrski načrt (ZKN). Izdelava le tega je rezultat projektov »Izdelava metodoloških in tehnoloških zasnov za izvedbo projekta izboljšave pozicijske natančnosti zemljiško katastrskega prikaza« in »Operativne izboljšave nepremičninskih evidenc in izboljšave lokacijske natančnosti zemljiškega katastra«, pod vodstvom Geodetskega inštituta Slovenije. ZKN je v Zakonu o evidentiranju nepremičnin (ZEN, 2006) opredeljen kot grafični prikaz meja parcel s pripadajočimi parcelnimi številkami in zemljišč pod stavbo na podlagi zemljiškokatastrskih točk, evidentiranih s predpisano natančnostjo v državnem koordinatnem sistemu (D96/TM). Predpisana natančnost ZKN znaša od štirih centimetrov do najmanj enega metra za meritve na ortofoto načrtih (Mivšek, Ravnihar in Žnidaršič, 2012).

### **2.3 Aerolasersko skeniranje površja – tehnologija lidar**

Aerolasersko skeniranje površja nam omogoča neposredno izmero velikega števila točk na površju Zemlje v relativno kratkem času in je ena od aktivnih tehnik daljinskega zaznavanja. Temelji na merjenju časa od oddaje laserskega žarka do povratka laserskega žarka nazaj na senzor. Laserska meritev poda razdaljo do točk od katerih se laserski žarek na površju odbije ter intenziteto izmerjenega signala. Princip delovanja je prikazan na sliki 1. Koordinate točk se izračunajo na podlagi izmerjenih razdalj med oddajnikom, tarčo in sprejemnikom, znanih kotov skeniranja ter znano lego oddajnika. Intenziteta izmerjenega signala predstavlja razmerje med izsevano energijo oddanega laserskega žarka ter prejeta energijo odbitega žarka.

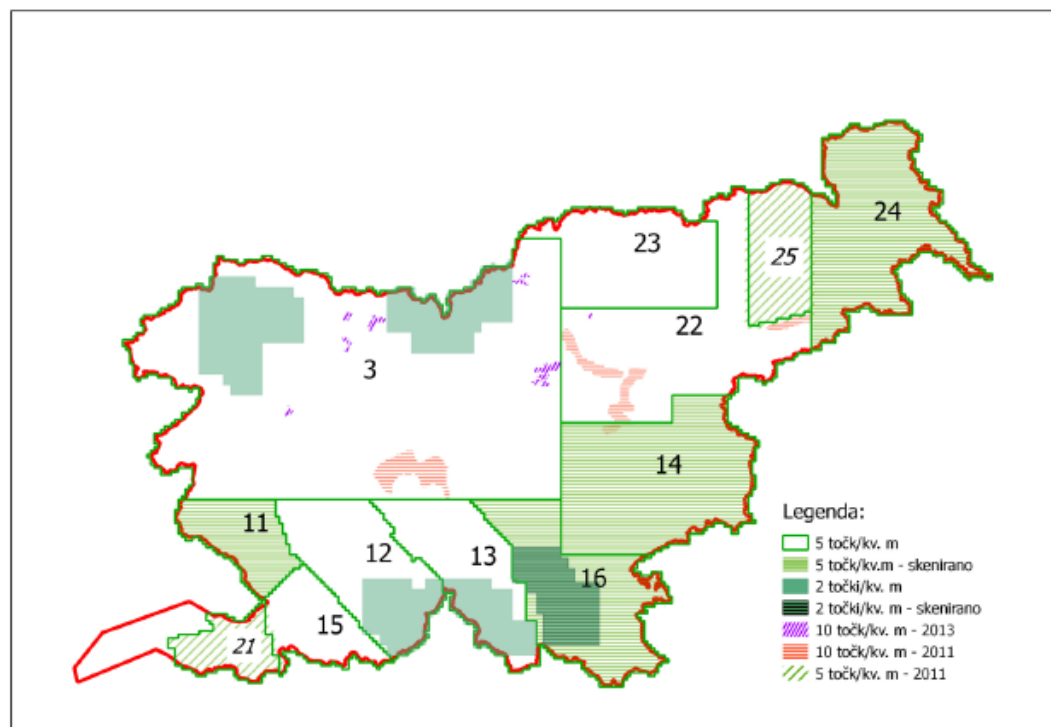


Slika 1: Princip delovanja tehnologije Lidar (VIR: Schuckman, Renslow, 2014)

Aerolasersko skeniranje ima v primerjavi z ostalimi tehnikami daljinskega zaznavanja prednost, saj omogoča zaznavanje oblik in objektov tudi pod vegetacijo. Poleg tega, da jo lahko uporabljamo kot samostojno tehniko, jo največkrat izvajamo v kombinaciji z drugimi snemanji, saj tako omogočimo izdelavo dodatnih izdelkov, kot so ortofoto ter lažjo interpretacijo objektov v oblakih laserskih točk. Lasersko skeniranje lahko kombiniramo z fotogrametrični snemanji, kot tudi z termičnimi ter hiperspektralnimi snemanji (Triglav Čekada, 2010).

V letu 2015 je bil zaključen projekt laserskega skeniranja površja za celotno ozemlje Republike Slovenije imenovan Lasersko skeniranje Slovenije (v nadaljevanju LSS), katerega glavni namen je pridobiti podatke laserskega skeniranja za celotno ozemlje države. Na ta način želi Ministrstvo za kmetijstvo in okolje Republike Slovenije vzpostaviti pogoje, ki bi dolgoročno zmanjševali negativne posledice nesistemske podatkovne ter informacijske infrastrukture še posebej na področju upravljanja voda (Pegan Žvokelj, Bric, Triglav Čekada, 2014).

Največji del Slovenije je bil skeniran z gostoto 5 točk/m<sup>2</sup> (prvi odboj), visokogorje in območja velikih gozdov pa z manjšo gostoto 2 točki/m<sup>2</sup>. Izvedba projekta laserskega skeniranja Slovenije izvedenega v maju 2014 je prikazana na sliki 2.



Slika 2: Prikaz izvedbe laserskega skeniranja Slovenije, maj 2014 (VIR: Pegan Žvokelj, Bric, Triglav Čekada, 2014)

Začetki LSS segajo v leto 2011, ko so bili za dve večji območji (Slika 2) prevzeti podatki in izdelki laserskega skeniranja in tako nista predvideni za ponovno skeniranje. Obe območji sta bili posneti z gostoto 5 točk/m<sup>2</sup>. V tistem času so bila lasersko skenirana, aerofotografirana in predana še štiri manjša poplavno ogrožena območja, ki so bila posneta z 10 točkami/m<sup>2</sup>. Leta 2012 so LSS prekinili zaradi neizpolnjevanja pogodbenih obveznosti izvajalca. Ponoven razpis za lasersko skeniranje Slovenije z gostoto 5točk/m<sup>2</sup> in 2točki/m<sup>2</sup> ter lasersko skeniranje in aerofotografiranje z gostoto 10točk/m<sup>2</sup> je bil razpisan in objavljen leta 2013. Najprej so izbrali kompetentne izvajalce, čemur sta sledila natečaja za lasersko skeniranje na območjih z gostoto 5 točk/m<sup>2</sup> in gostoto 2 točki/m<sup>2</sup> za tri podobmočja, ki med drugim sovpadajo z letnimi območji triletnega Cikličnega aerofotografiranja Slovenije (CAS), ki je bilo leta 2014 izvedeno v celoti in lasersko snemanje in aerofotografiranje na območjih z gostoto 10 točk/m<sup>2</sup> za sedem manjših območij (Cerkno, Kropa in Kamna Gorica, Begunje, Trzič, Črna, Hrastovec in Vransko), kot je razvidno iz slike 2. Na obeh natečajih se je ponudnik podjetje Flycom, d.o.o. izkazal kot najugodnejši. Za izvedbo laserskega skeniranja morajo biti izpolnjene naslednje zahteve: neolistanost gozdov, odsotnost snežne odeje ter nepoplavljenost skeniranih območij in primerno vreme. Osnovni izdelki pridobljeni z laserskim skeniranjem so georeferenciran oblak točk (GOT) z elipsoidnimi višinami, georeferenciran in klasificiran oblak točk (GKOT) z nadmorskimi višinami, oblak točk reliefa (OTR), digitalni model reliefa z mrežno celico velikosti 1m (DMR1) in podobe analitičnega senčenja (PAS), izdelanega na osnovi DMR1 (Pegan Žvokelj, Bric, Triglav Čekada, 2014).

### 3 METODE IN MATERIALI

Kot že omenjeno v uvodnem delu, je glavni namen diplomske naloge preveriti možnost uporabe izvedenih podatkovnih nizov aerolaserskega skeniranja za namen uporabe v katastru oziroma za izvedbo primerjalne analize poteka zemljiškokatastrskih mej ter značilnih reliefnih linij na zemeljskem površju. V mnogo primerih katastrske meje sovpadajo z značilnimi terenskimi oblikami, zato je smiselno preveriti sovpadanja podatkov laserskega skeniranja ter ZKP prav na takšnih območjih. Na terenu lahko prepoznamo mnogo različnih značilnih oblik, kot so kotanje, vrhovi, jarki, prelomnice, ostri robovi, sedla, razvodnice ter ostale na površju izstopajoče terenske oblike. In prav v teh primerih lahko mnogokrat opazimo sovpadanje omenjenih terenskih oblik z podatki laserskega skeniranja kot tudi z podatki ZKP.

S področjem zunanjih oblik zemeljskega površja se ukvarja veda, ki se imenuje geomorfometrija. Slednja obravnava izoblikovanost površja iz kvantitativnega vidika, s čimer meri geomorfološke pojave (MacMillan in Shary, 2009). Pri teh pojavih so najpomembnejši parametri razgibanost površja, naklonski, višinski in ekspozicijski koeficient in tip pokrajine (Perko 2007, Čeh in sod. 2016). Že Evans (1972) je geomorfometrijo razdelil na splošno ter posebno. Splošna geomorfometrija zvezno obravnava Zemljino površje, medtem ko posebna obravnava specifično diskretne površinske strukture (Obu, 2011). Že stoletja nazaj je bilo razvitih mnogo geomorfometričnih metod, vendar se je kot znanost geomorfometrija začela uveljavljati šele s praktično izvedbo DMR-ja (Cilenšek, 2009).

Kot že prej omenjeno lahko glede na geometrične oblike katastrskih mej sklepamo na značilne naravne terenske oblike, umetne objekte ali podobno. Če imamo na primer niz vzporednih oziroma približno vzporednih linij ali skupine daljic, ki so umeščene pod pravim kotom lahko sklepamo, da gre za umetne objekte. Pri takšnem odločanju so v pomoč različni podatkovni viri ter njihove vizualizacije in geodetska izmera, katerih kakovosti kot tudi metode zajema in obdelave so pridobljene z različnimi metodami in tehnikami (Čeh in sod., 2016). Tudi v našem primeru smo si pomagali z podatkovnimi viri kot so GKOT, PAS, državni ortofoti, ZKP in njihovimi interpretacijami ter z geodetsko izmero, ki smo jo sami izvedli na terenu..

Podatki zračnega laserskega skeniranja Slovenije nam omogočajo tvorjenje izvedenih podatkovnih nizov ter interpretacijo morfologije zemeljskega površja. Tako lahko uporabnikom nudijo tudi zelo dobro podporo pri odločanju o katastrskem urejanju meja in preurejanju zemljiških parcel. V takšnem primeru so za potrebe katastra največkrat uporabljeni podatki oblak točk (OT), digitalni model reliefa (DMR) in podobe sence. Še posebej nam lidarski podatki pomagajo pri interpretaciji na gosto poraščenih območjih z vegetacijo (gozdovi) ter nedostopnih oziroma težje dostopnih območjih (grape,



grebeni, kotanje). V takšnih primerih je seveda vrednost zemljišč nižja, kar pomeni tudi nižjo zahtevano stopnjo natančnosti in točnosti podatkov (Čeh in sod., 2016).

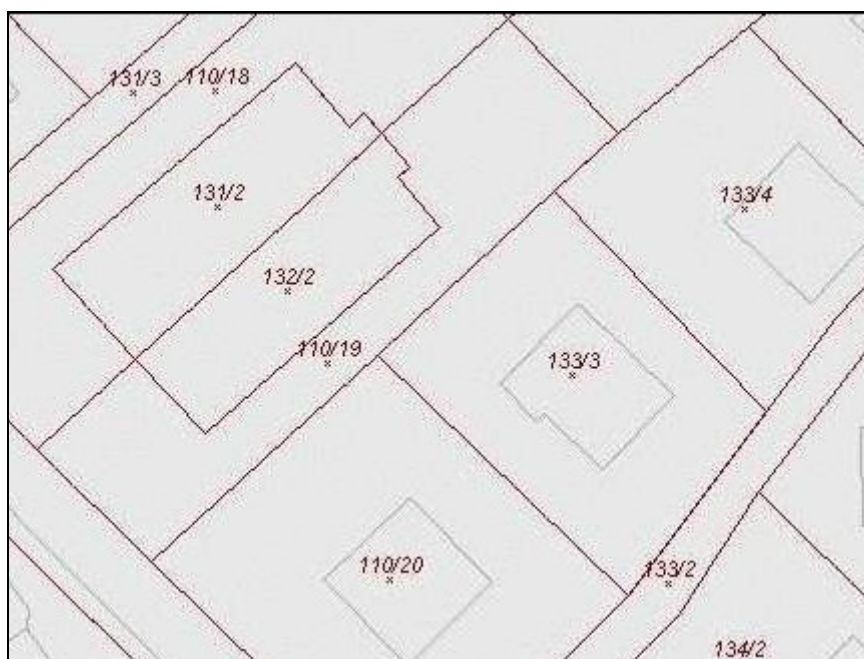
### 3.1 Uporabljeni podatki

Za izvedbo analiz smo potrebovali več različnih vrst podatkov. Tako so v našem primeru prišli v poštev podatki zemljiškokatastrskega prikaza, podatki lidarskega skeniranja, podobe analitičnega senčenja in državni ortofoti, ki so natančneje predstavljeni v nadaljevanju.

#### 3.1.1 Podatki zemljiško-katastrskega prikaza (ZKP)

Podatke o zemljiškokatastrskem prikazu (ZKP) smo pridobili od Geodetske uprave Republike Slovenije (GURS). ZKP je podatkovni niz, ki prikazuje meje parcel, parcelnih delov in centroide parcelnih delov s parcelnimi številkami. Je prikaz lege parcel ter parcelnih delov v prostoru za potrebe vodenje in vzdrževanje evidence zemljiškega katastra. Uporablja se predvsem pri geodetskih postopkih, za določanje podatkov na parcelo na podlagi grafičnih presekov različnih grafičnih slojev, kot podlaga za vodenje politike, gospodarjenja s prostorom, varovanja okolja, vrednotenja in upravljanja nepremičnin, upravljanja z objekti komunalne in prometne infrastrukture in podobno (GURS).

Podatki ZKP so predstavljeni v starem državnem koordinatnem sistemu (Gauss Krüger) D48/GK in jih lahko pridobimo v točkovnem ali linijskem podatkovnem sloju v datoteki formata shapefile (\*.SHP).



Slika 3: Primer zemljiškokatastrskega prikaza (VIR: GURS)

### 3.1.2 Državni ortofoto (DOF)

Podatke državnega ortofota smo prav tako pridobili od Geodetske uprave Republike Slovenije (GURS). Državni ortofoto je aerofotografija, ki je z upoštevanjem podatkov o reliefu in absolutne orientacije aerofotografij pretvorjena v ortogonalno projekcijo. Izdelek je v metričnem smislu enak linijskemu načrtu oziroma karti, razdelitev na liste pa je enaka kot pri temeljnem topografskem načrtu v merilu 1 : 5000 (TTN5). Celotno območje Republike Slovenije pokriva 3.261 ortofotov, izdelani pa so tudi ortofoti, ki pokrivajo 250 m širok pas čez državno mejo. Zadnje izdaje ortofotov so iz leta 2011 do leta 2015. Celotno območje Slovenije je pokrito z barvnimi ortofoti s slikovnim elementom 50 cm, 95% Slovenije je pokrito tudi z barvnimi ortofoti s slikovnim elementom 25 cm in infrardečimi ortofoti s slikovnim elementom 0,5 m (GURS).



Slika 4: Primer barvnega in infrardečega ortofota (VIR: GURS)

Podatke za georeferenciranje ortofota pridobimo v obliki geolokacijskih datotek (format \*.TFW) in določajo položaj rastrskih slik v državnem koordinatnem sistemu.

### 3.1.3 Podatki aerolaserskega skeniranja

S pomočjo spletnega pregledovalnika na spletni strani ARSO lahko pregledujemo in prenesemo podatke laserskega skeniranja za območje Slovenije. Podatki so razdeljeni v kvadrate velikosti 1 km<sup>2</sup> (eVode). Na spletni strani ARSO je možno pridobiti naslednje izdelke (eVode):

- OTR – georeferenciran oblak točk reliefa je izdelek, kjer so shranjene samo točke, ki so bile klasificirane kot tla, vse ostale točke so pobrisane. Shranjen je v zapisu zLAS.

- GKOT – georeferenciran in klasificiran oblak točk. V njem so točke klasificirane na tla, stavbe, tri različne tipe vegetacije (nizka, srednja in visoka). Shranjen je v zapisu zLAS. Uporabnik lahko po prenosu podatkov oblak točk klasificira po svojih kriterijih.
- DMR1 – digitalni model reliefa; interpolacija reliefa izvedena na osnovi točk OTR, DMR je zapisan v pravilno mrežo  $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ . Shranjen je v ASCII datoteki.

Podatkovni sloji OTR in GKOT so na spletni strani shranjeni v obliki zapisa zLAS, ki je stisnjena oblika originalnega načina zapisa, ki je v obliki LAS. Podatki so stisnjeni, ker so podatkovni sloji v originalni obliki preveliki za hiter in nemoten prenos preko interneta. Program s katerim razširimo te datoteke se imenuje EzLAS (eVode).

V našem primeru smo uporabili podatkovne sloje OTR, postopek pa je bil sledeč:

- V prvem koraku je potrebno vklopiti sloj »Lidar podatki po listih v projekciji D96TM ali D48GK ( $1\text{ km}^2$ )«.
- Ko je ta sloj vključen se približamo na območje, za katerega hočemo prenesti podatke. Pri merilih večjih od 1 : 50.000 se v kvadratih prikažejo tudi numerične oznake posameznih kvadratov.
- Ko kliknemo na izbran kvadrat za prenos, se vam odpre okno, kjer se izpiše ime kvadrata, datum snemanja in gumb za prenos podatkov. Podatke lahko prenesemo posamezno, za vsako obliko zapisa (OTR, GKOT in DMR).
- Po pritisku na gumb »Prenos podatkov« se podatki avtomatično shranijo na naš računalnik, na mesto, ki ga imate izbranega za prenos podatkov preko interneta.

Zaradi velikosti posameznega podatkovnega sloja kvadrata lahko naenkrat prenesemo le podatke za en kvadrat. Za prenos večjega števila podatkov moramo opisan postopek ponoviti za vsak kvadrat, za katerega bi želeli prenesti podatke. Zaradi velike količine podatkov je prenos za večja območja preko spletne aplikacije lahko dolgotrajen. V primeru, da potrebujemo podatke za večja območja (celoten blok, večje občine ...), je možno podatke pridobiti posredno na Agenciji RS za okolje (eVode).

V našem primeru smo iz spletnega pregledovalnika pridobili podatke za liste označene s števili 512/79, 512/80, 513/79 in 513/80 v državnem koordinatnem sistemu D96/TM. Na podlagi pridobljenih listov smo s pomočjo programa RiSCAN PRO v podatkih laserskega skeniranja poiskali lomne linije, ki jih je bilo moč odkriti s postopkom odkrivanja zgornjih robov (crests) in spodnjih robov (toes) značilnih in izrazitih reliefnih oblik.



Slika 5: Območje uporabljenih listov na podlagi orotofoto

### 3.1.4 Podobe analitičnega senčenja

Podobe analitičnega senčenja (PAS) so omagale pri interpretaciji terena na obravnavanem območju in v kombinaciji z lomnimi linijami pridobljenimi iz podatkov laserskega skeniranja pri okvirni določitvi, kje je smiselno izvesti terensko izmero. Uporabljeni so kot podloga za vse v nadaljevanju izdelane karte. Pridobili smo jih na Agenciji RS za okolje v zapisu \*.tif in \*.tfw.

## 3.2 Območje obdelave

Katastrska občina Črešnjice meji na 6 katastrskih občin (Trebelno, Herinja vas, Šentpeter, Smolenja vas, Ždinja vas in Zagorica). Površina celotne katastrske občine znaša 8,31 km<sup>2</sup> (Granda, 2016).

Območje obdelave na katerega smo se osredotočili v okviru diplomske naloge je območje na severovzhodnem delu katastrsko občine Črešnjice, ki je del mestne občine Novo mesto in se nahaja ob meji z občino Mokronog-Trebelno. Na obravnavanem območju je teren zelo razgiban, gričevnat ter gozdnat. V zimskih mesecih je dostop do območja zelo otežen, zato se na tem območju v večini primerov nahajajo počitniške hišice in redke kmetije, število stalnih prebivalcev pa je zelo nizko.

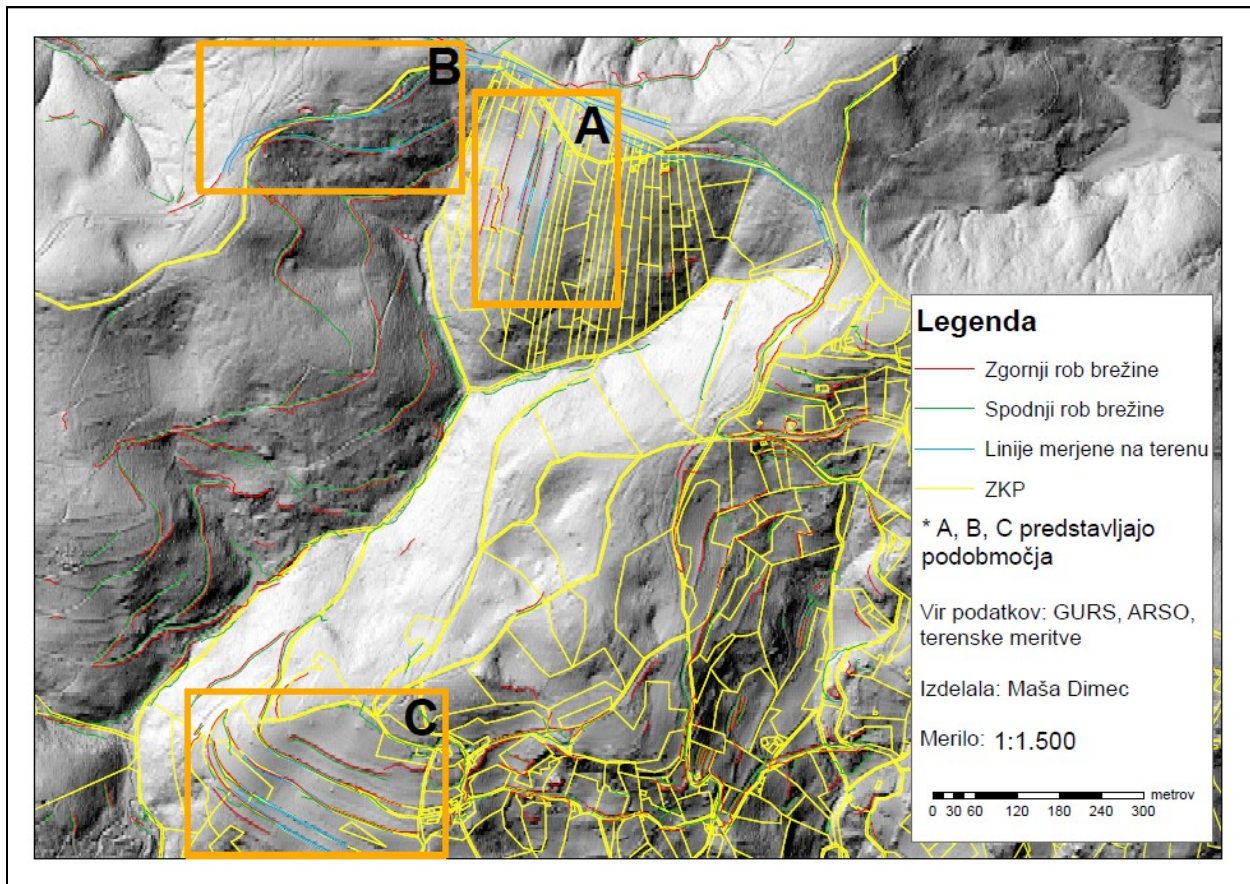


Slika 6: Ortofoto okvirnega območja obdelave Srednje grčevje in Gorenje grčevje v katastrski občini Črešnjice

Na celotnem obravnavanem območju je bilo po obdelavi podatkov v programskem paketu RiSCAN PRO mogoče zaznati mnogo reliefnih oblik na zemeljskem površju. Zanimive so bile predvsem linije, na katerih smo iz podatkov pridobili izrisan zgornji in spodnji del brežin, saj smo na podlagi tega sklepali, kot omenjeno že zgoraj, da bi se na teh območjih lahko nahajale parcelne meje ali celo mejna znamenja na terenu. Zanimiv je bil tudi del meje katastrske občine na severozahodnem delu katastrske občine Črešnjice, saj smo iz podatkov prav tako identificirali lomne linije, ki se nahajajo v naravi in bi lahko predstavljale prav to katastrsko mejo. Po terenskem ogledu študijskega območja smo presodili katera območja je moč s pomočjo GNSS izmere in polarne metode izmeriti in razdeliti celotno območje v manjša, strokovno zanimiva območja obravnave. Pri tem smo seveda upoštevali dostopnost in možnost izvedbe terenske izmere. Območje južno od katastrske meje proti potoku je bilo zelo strmo in poraščeno, kar nam je preprečilo terensko izmero predvidenih starih gozdnih poti na tem območju. Tako smo območje obdelave na koncu razdelili na tri študijska območja, za katera smo pridobili lomne linije (zgornje in spodnje robove brežin, ceste in gozdne poti) iz OTR, za interpretacijo smo uporabili še PAS, ortofoto, podatke ZKP območij in zanje izvedli terensko izmero značilnih reliefnih oblik. Celotno območje obravnave je tako razdeljeno na naslednja tri podobmočja:

- Podobmočje A: Srednje Grčevje (Območje brežin na travniku – severni del),
- Podobmočje B: Srednje Grčevje (Območje brežin na travniku – južni del),
- Podobmočje C: Gorenje Grčevje (Območje ceste – katastrska meja in gozdne poti).

Lokacije podobmočij A, B in C so prikazane na spodnji karti (Slika 7).



Slika 7: Karta obravnavanih podobmočij v Srednjem gričevju (A, B) in Gorenjem gričevju (C)

Šele ko smo natančneje določili območja obravnave, smo se lotili primerjalne analize poteka zemljiškokatastrskih mej in značilnih reliefnih linij.

### 3.3 Uporabljen programski oprema

Za izvedbo analiz smo uporabili več vrst primerne programske opreme. Tako smo izris optimalnih lomnih linij reliefnih oblik uporabili programski paket RiSCAN PRO, za kartiranje podlag in rezultatov pa program ArcMap. Oba programa kot tudi izmera na terenu so podrobneje predstavljeni v nadaljevanju.

#### 3.3.1 RiSCAN PRO

RiSCAN PRO je programska oprema za upravljanje *RIEGL*-ovih terestične 3D laserskih skenerjev. RiSCAN PRO je projektno naravnana, t.j., vsi podatki zajeti tekom merjenja so urejeni in shranjeni v RiSCAN PRO v projektni shemi (strukturi, formatu). Ti podatki vključujejo skenograme, fine skenograme, digitalne slike, navigacijske podatke (GPS), koordinate kontrolnih in veznih točk ter vse

matrike za preoblikovanje, ki so potrebne transformacijo posameznih oblakov točk v izbran koordinatni sistem. RiSCAN PRO optimizira potek dela in nudi orodja za vizualni pregled zajetih podatkov v 3D takoj po zajemu. Poleg pridobivanja podatkov zagotavlja tudi množico funkcij za obdelavo podatkov. V našem primeru smo program uporabili za izločanje lomnih linij terena. S spreminjanem parametrov v programu in primerjalno analizo rezultatov smo pridobili najboljšo možno kombinacijo nastavitvev, ki je izločila kar se da veliko lomnih linij, ki imajo pomen za geomorfometrično interpretacijo. Te lomne linije so zgornji robovi (crests) ter spodnji robovi (toes) značilnih reliefnih oblik. Uporabljeni parametri so natančneje razloženi v poglavju Rezultati, kjer so prikazane tudi različne kombinacije parametrov ter število linij, ki jih je program izločil. Izrisane lomne linije so nam prišle v pomoč tudi pri terenski izmeri, saj smo si tako lažje predstavljali, kje na obravnavanem območju se nahajajo značilne terenske oblike.

### **3.3.2 Kartiranje podlag in rezultatov analiz**

Delo v programskem paketu ArcMap je obsegalo uvoz vseh podatkov, kot so podatki državnega ortofota, PAS, lomne linije pridobljene z analizo v programu RiSCAN PRO ter terenske meritve in interpretacijo le-teh. Izdelali smo karto celotnega območja kot tudi vseh treh podobmočij obravnave posebej. Zaradi možnosti enostavnega preklapljanja med sloji in možnosti izdelave kot tudi izvoza kart se v tem primeru izkaže uporaba programa ArcMap kot zelo uporabna.

Ob predhodni nastavi uporabljenih enot (v našem primeru metri), ima programski paket ArcMap tudi možnost izmere dolžin na karti. To nam je prišlo zelo prav pri interpretaciji oddaljenosti lomnih linij iz RiSCAN PRO (v naravi značilnih terenskih oblik) in linij pridobljenih s terensko izmero od zemljiško-katastrskih mej. Karte v programu ArcMap so izdelane v različnih merilih, ki so na karti predstavljena opisno in grafično.

### **3.4 Delo na terenu**

Za terenski ogled ter terensko izmero smo se odločili z namenom vizualne interpretacije terena v stvarnosti in izmere značilnih reliefnih oblik. Kot že prej omenjeno smo se posvetili predvsem v naprej izbranim delom študijskega območja, ki so vsebovali za našo nalogo pomembne in zanimive značilne terenske oblike. Predhodno smo s pomočjo spreminjanja parametrov poiskali najoptimalnejšo kombinacijo parametrov, s katero smo odkrili značilne terenske oblike ter izdelali okviren plan njihove izmere v stvarnosti ter iz dobljenih lomnih linij razpoznali reliefne linije, ki bi jih bilo smiselno podrobneje obravnavati.

Na območjih različnih terenskih značilnosti smo uporabili različne metode izmere. Kjer je bilo to mogoče smo zaradi lažje izvedbe metode uporabili GNSS metodo izmere. To so bile v našem primeru brežine na severnem in južnem delu obravnavanega območja, kjer je antena GNSS brez težav

nemoteno sprejemala signal zadostnega števila satelitov, saj je bilo območje neporaščeno. Pri izvedbi GNSS izmere smo uporabili instrument Leica Viva GS15. Gre za GNSS sprejemnik, ki ga je mogoče kombinirati z ostalimi instrumenti podjetja Leica. Uporabiti ga je mogoče samostojno, kot tudi v povezavi s ročnim kontrolerjem, tabličnim računalnikom, spletnim vmesnikom ali tahimetrom.

Večji problem za izmero z navedeno kombinacijo instrumentov sta predstavljali gozdna cesta in gozdna pot na severnem delu obravnavanega območja Srednje Grčevje, ob katastrski meji s katastrsko občino Zagorica. Tam namreč celotno območje pokriva gozd, kar pomeni, da GNSS tehnologija ne pride v poštev, saj izmera zaradi gostih krošenj dreves ne bi bila mogoča. Tako smo na tem območju namesto GNSS sprejemnika uporabili instrument Leica TS06 in izvedli polarno metodo izmere z višjo točnostjo. Princip polarne metode temelji na izmeri relativnih geometričnih razmerij (smeri, dolžin, višinskih razlik) med detajlnimi točkami. Na različne načine lahko numerične podatke meritev pretvorimo v grafično obliko. Največja prednost te metode je skupna določitev vseh treh koordinat hkrati preko merjenja horizontalnih smeri, zenitnih razdalj in poševnih dolžin. Uporabljen instrument mora biti zaradi meritev v eni krožni legi nujno preizkušen in rektificiran (Lebeničnik, 2012).



## 4 REZULTATI

V nadaljevanju so predstavljeni rezultati, ki so razdeljeni v dva dela. V prvem delu je predstavljena izbira ter opis parametrov, ki so uporabljeni za izris optimalnih lomnih linij, v drugem delu pa so predstavljene analize sovpadanja ali podobnosti značilnih reliefnih linij z linijami pridobljenimi iz podatkov laserskega skeniranja na izdelanih kartah kot tudi opisno. Prav tako so predstavljene tudi oddaljenosti med omenjenimi linijami.

### 4.1 Izbira optimalnih parametrov v programu RiSCAN PRO

Določali smo vrednosti za 7 različnih parametrov in sicer tako, da smo jih spreminjali in iskali najboljšo kombinacijo parametrov. Analiza za izbor optimalnih parametrov je bila izvedena za 45 različnih kombinacij parametrov. Kot najboljšo kombinacijo parametrov smatramo tisto pri kateri program RiSCAN PRO izloči največ lomnih linij za zgornje robove (crests) in spodnje robove (toes) ki jih je še mogoče smiselno interpretirati.

Ključnega pomena so bili sledeči uporabljeni parametri:

- Mrežna toleranca (angl. *Mesh tolerance value*) - parameter določa raven podrobnosti pomožne mreže, ki se ustvarja med iskanjem lomnih linij. Groba mreža se postopoma gosti z vstavljanjem točk. Postopek se ustavi, ko je največja razdalja med izvornimi točkami in trenutno ustvarjeno mrežo pod mrežno toleranco. Manjša kot je izbrana vrednost parametra, boljša bo prostorska ločljivost ustvarjene mreže.
- Zapis mreže (angl. *Generate mesh output*) - če izberemo ta parameter, se pomožna mreža zapiše kot oblak točk.
- Najmanjša višinska razlika (angl. *Minimum bench height*): parameter opredeljuje najmanjšo višinsko razliko med potencialno lomno točko in točko v območju iskanja. Če je višinska razlika manjša od nastavljenega parametra, se točka ne smatra kot lomna točka.
- Dolžina in širina območja iskanja (angl. *Box length and Box width*): Postopek išče lomne linije na podlagi preseka dveh ravnin (pravokotnikov), ki drsita vzdolž območja okoli potencialnih lomnih točk. Parametra določata velikost pravokotnikov.
- Prekrivanje območja iskanja (angl. *Box overlap*) – parameter določa vzdolžni preklop  $p$  med dvema sosednjima položajema parov pravokotnikov v odstotkih. Na podlagi tega parametra se določa izračuna korak premikanja para trikotnikov vzdolž potencialnih lomnih točk  $s = (1 - 0,01p)i$ , kjer je  $i$  dolžina območja iskanja).
- Najmanjše število točk v območju iskanja, zahtevanih za določitev kakovostne lomne točke (angl. *Minimum point count in each box required for high quality vertex*) - parameter določa

kakovost določitve lomne točke. Podaja najmanjše število točk iz katerih se izračunata ravnini pravokotnikov.

- Najmanjši odstotek točk visoke kakovosti (angl. *Minimum percentage of high quality vertices*) - parameter določa odstotek kakovostnih lomnih točk, ki jih mora vsebovati lomna linija.
- Krajišči lomne linije morata biti istočasno tudi lomna točka neke druge lomne linije (angl. *Each of both end vertices must be also end vertex of a different breakline*) - parameter izberemo v primeru, ko želimo, da se liniji, ki opisujeta npr. zgornji in spodnji rob terase, stikata v krajiščih.

Za predstavitev rezultatov smo uporabili 4 primere različnih kombinacij parametrov, vključno z kombinacijo najoptimalnejših parametrov, ki so predstavljene v spodnji preglednici 1, preglednici 2, preglednici 3 in preglednici 4. Do optimalnih parametrov smo prišli s preizkušanjem spreminjanja različnih parametrov. V našem primeru smo parametre mrežna toleranca, zapis mreže, dolžina in širina območja rer najmanjše število točk v območju iskanja, ki so zahtevane za določitev kakovostne lomne točke postopoma zmanjševali, saj se nam je tako v programu izrisovalo čedalje več lomnih linij zgornjih ter spodnjih robov.

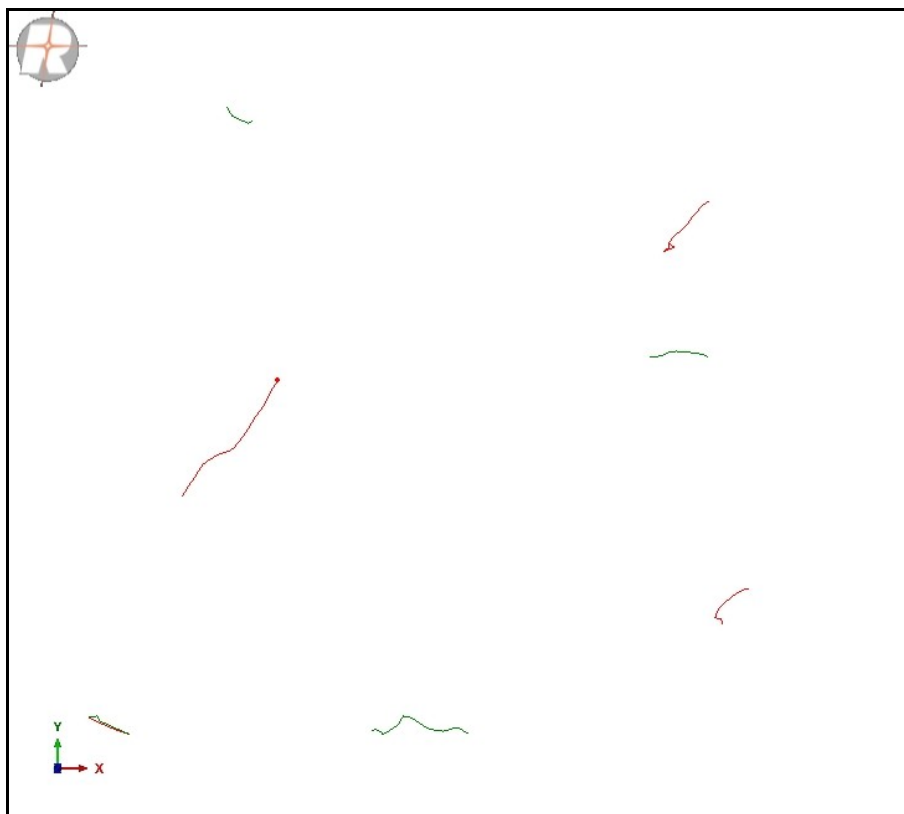
#### 4.1.1 Primer 1

V preglednici 1 so podani parametri primera 1.

Preglednica 1: Uporabljeni parametri za prvi primer

|  |    |
|--|----|
| Mrežna toleranca [m]   | 2  |
| Zapis mreže [m]  | 3  |
| Dolžina območja iskanja [m]  | 20 |
| Širina območja iskanja [m]   | 10 |
| Prekrivanje območja iskanja [%]  | 67 |
| Najmanjše število točk v območju iskanja, zahtevanih za določitev kakovostne lomne točke | 10 |
| Minimalni odstotek točk visoke kakovosti [%]   | 80 |

V prvem primeru so vrednosti vseh uporabljenih parametrov visoke in dobimo linije, ki so prikazane na spodnji sliki 10.



Slika 8: Uporabljeni parametri (Primer 1)

Kot je razvidno s slike 10, so parametri v prvem primeru zagotovo popolnoma neoptimalni, saj je lomnih linij spodnjih in zgornjih robov bistveno premalo in ne definirajo nikakršne značilne naravne oblike.

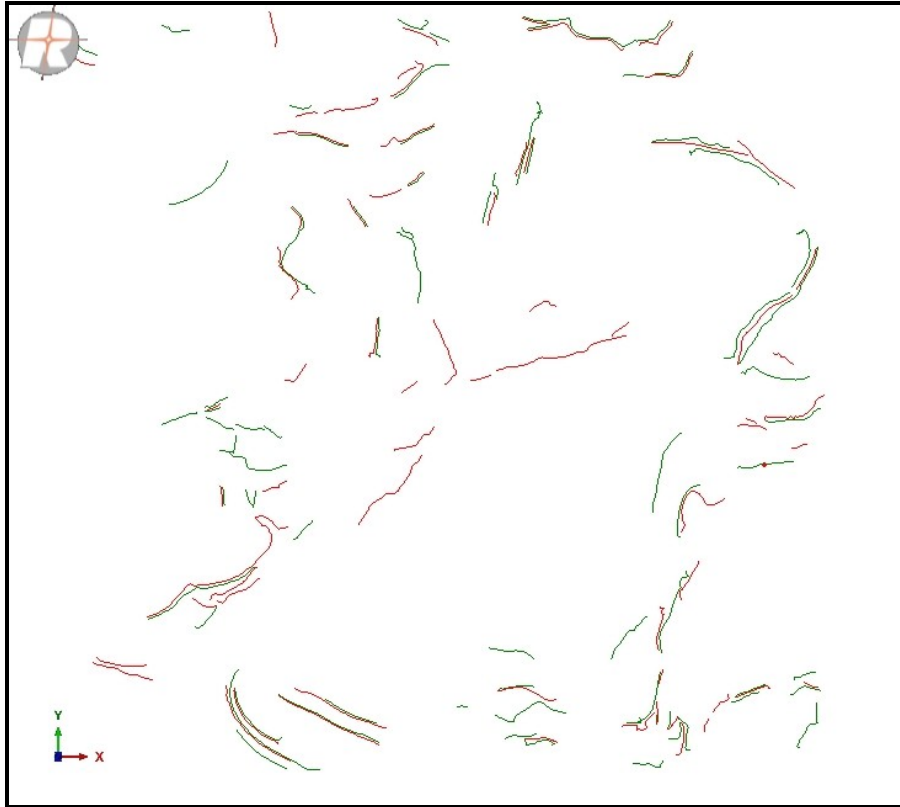
#### 4.1.2 Primer 2

V preglednici 2 so podani parametri primera 2.

Preglednica 2: Uporabljeni parametri za drugi primer

|  |    |
|--|----|
| Mrežna toleranca [m]   | 1  |
| Zapis mreže [m]  | 2  |
| Dolžina območja iskanja [m]  | 10 |
| Širina območja iskanja [m]   | 5  |
| Prekrivanje območja iskanja [%]  | 67 |
| Najmanjše število točk v območju iskanja, zahtevanih za določitev kakovostne lomne točke | 8  |
| Minimalni odstotek točk visoke kakovosti [%]   | 80 |

V drugem primeru so vrednosti vseh uporabljenih parametrov malo nižje in dobimo linije, ki so prikazane na spodnji sliki 11.



Slika 9: Uporabljeni parametri (Primer 2)

Kot je razvidno iz zgornje slike 11 so parametri v tem primeru bistveno bolj izbrani kot v prvem primeru. V tem primeru so v nekaterih primerih že razvidni zgornji in spodnji robovi značilnih reliefnih oblik. Še vedno pa se ta primer ni izkazal kot najoptimalnejši.

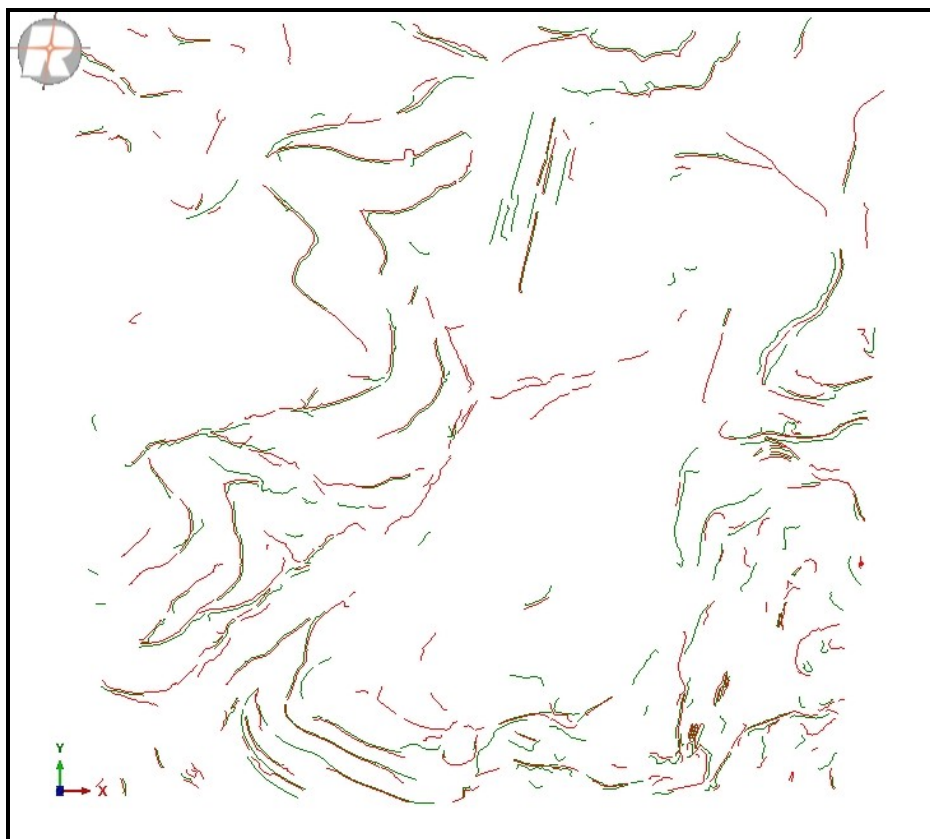
#### 4.1.3 Primer 3

V preglednici 3 so podani parametri primera 3.

Preglednica 3: Uporabljeni parametri za tretji primer

|  |     |
|--|-----|
| Mrežna toleranca [m]   | 0,5 |
| Zapis mreže [m]  | 1,5 |
| Dolžina območja iskanja [m]  | 5   |
| Širina območja iskanja [m]   | 2,5 |
| Prekrivanje območja iskanja [%]  | 67  |
| Najmanjše število točk v območju iskanja, zahtevanih za določitev kakovostne lomne točke | 6   |
| Minimalni odstotek točk visoke kakovosti [%]   | 80  |

V tretjem primeru so vrednosti vseh uporabljenih parametrov še nižje kot v drugem primeru in dobimo linije, ki so prikazane na spodnji sliki 12.



Slika 10: Uporabljeni parametri (Primer 3)

Ta primer se je izkazal kot primer z izbranimi najoptimalnejšimi parametri. To je razvidno tudi iz zgornje slike 12, saj opazimo bistveno več izrisanim lomnih linij, ki bi naj sovpadale z značilnimi reliefnimi oblikami kot v prejšnjih dveh primerih.

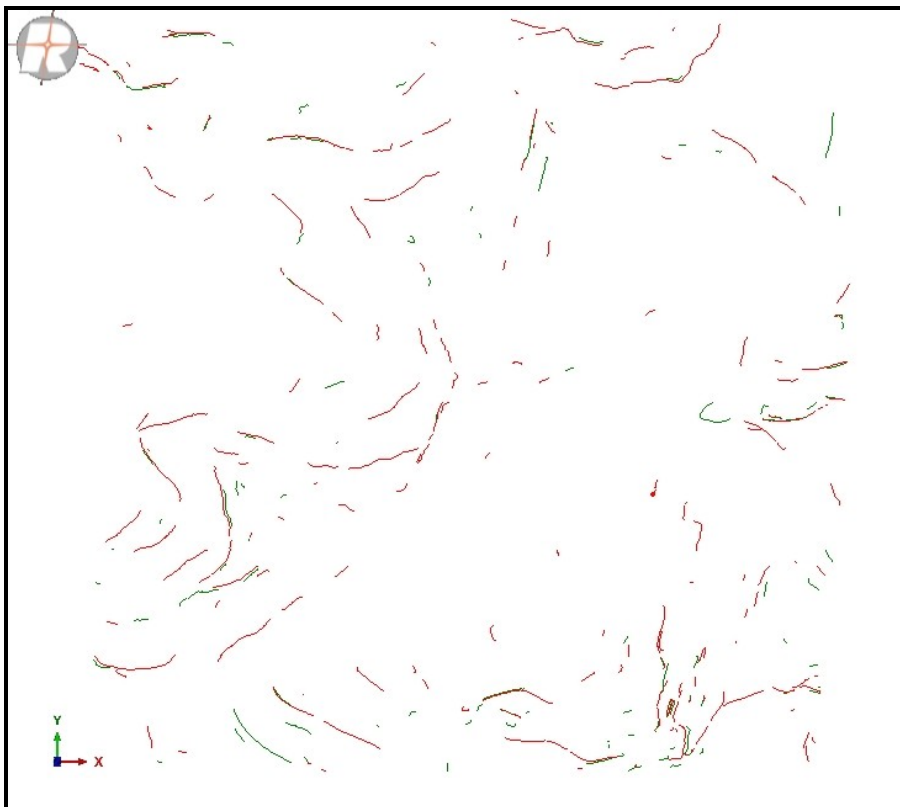
#### 4.1.4 Primer 4

V preglednici 4 so podani parametri primera 4.

Preglednica 4: Uporabljeni parametri za četrti primer

|  |      |
|--|------|
| Mrežna toleranca [m]   | 0,25 |
| Zapis mreže [m]  | 1    |
| Dolžina območja iskanja [m]  | 2,5  |
| Širina območja iskanja [m]   | 1    |
| Prekrivanje območja iskanja [%]  | 67   |
| Najmanjše število točk v območju iskanja, zahtevanih za določitev kakovostne lomne točke | 4    |
| Minimalni odstotek točk visoke kakovosti [%]   | 80   |

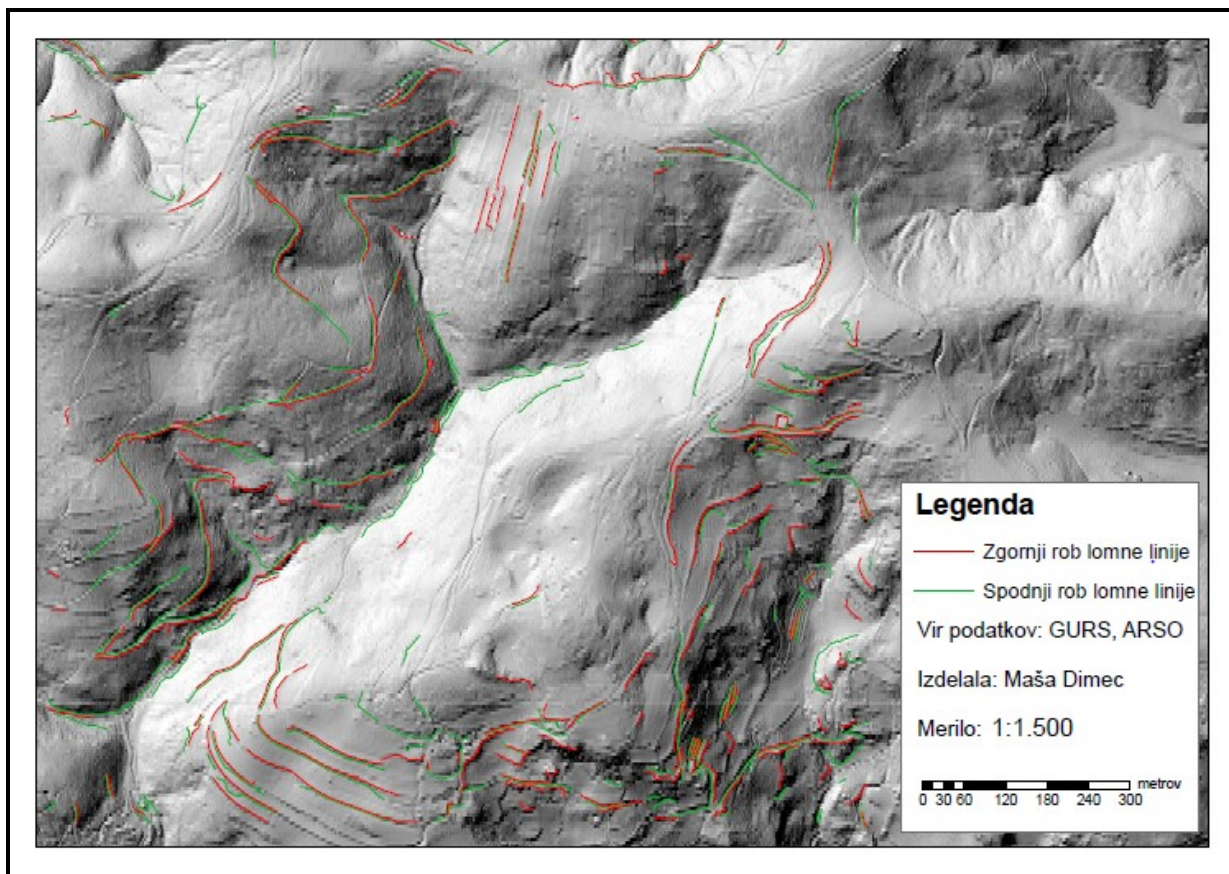
V četrtem primeru so vrednosti vseh uporabljenih parametrov od vseh primerov najnižje in dobimo linije, ki so prikazane na spodnji sliki 13.



Slika 11: Uporabljeni parametri (Primer 4)

V tem primeru lahko iz zgornje slike 13 opazimo, da je program še vedno izrisal precej lomnih linij zgornjih in spodnjih robov. Problem pa nastane zaradi krajšanja in lomljenja zgornjih in spodnjih robov lomnih linij. V našem primeru nas zanima potek značilnih reliefnih linij, torej pridejo v poštev daljše zvezne lomne linije. Tako smo prišli do točke, kjer manjšanje parametrov ne zagotavlja več največje števila izrisanih lomnih linij.

Ob primerjavi uporabljenih kombinacij parametrov opazimo, da se nam do neke meje z zmanjševanjem parametrov izrisuje vedno več lomnih linij zgornjih in spodnjih robov. V prvem primeru so parametri bili zagotovo preveliki, zato smo vse razen prekrivanja škatle in minimalnega odstotka točk visoke kakovosti zmanjšali. Že v naslednjem primeru smo pridobili bistveno več izločenih linij. V primeru 3, ki se je izkazal kot primer z uporabljenimi najoptimalnejšimi parametri, smo izločili toliko lomnih linij, da že lahko približno identificiramo naravne značilne reliefne linije. Z zmanjševanjem parametrov se do neke meje količina izločenih lomnih linij povečuje. V četrtem primeru lahko opazimo, da se lomne linije začnejo drobiti in tako ne prikazujejo več jasnega poteka značilnih reliefnih oblik. Na podlagi teh ugotovitev sem določila kombinacijo uporabljenih parametrov v primeru 3 kot najoptimalnejše parametre in jih uporabila v kasnejši analizi. Na spodnji karti (Slika 14) so za lažjo interpretacijo ustreznosti linij prikazane pridobljene optimalne lomne linije iz programa RiSCAN PRO na podlagi podobe analitičnega senčenja.



Slika 12: Lomne linije zgornjih in spodnjih robov pridobljene v tretjem primeru na podlagi podobe analitičnega senčenja

## 4.2 Primerjalna analiza

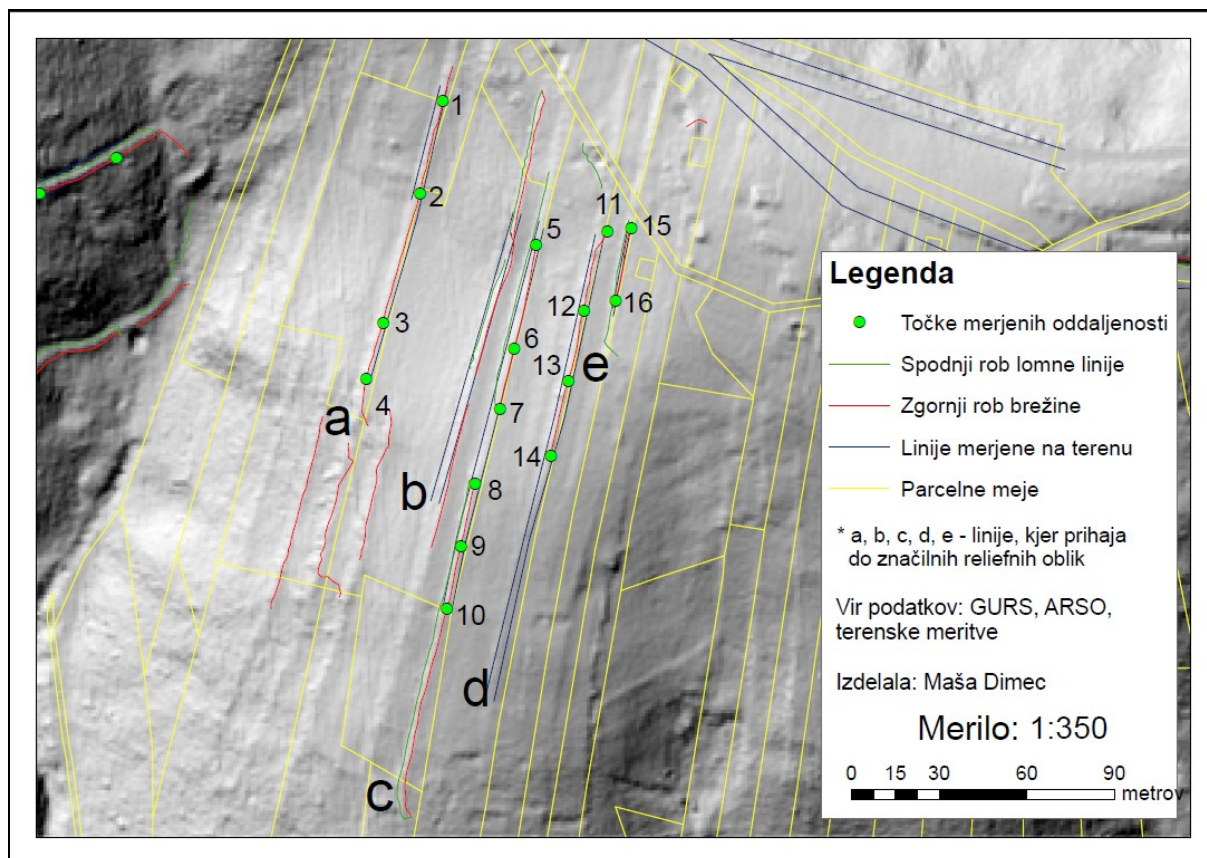
V nadaljevanju smo za vsa tri prej omenjena podobmočja v Srednjem in Gornjem Grčevju izvedli primerjalne analize poteka linij mej zemljiško-katastrskih parcel z potekom naravnih značilnih reliefnih linij. Izdelali smo karte danih območij z vsemi pridobljenimi podatki na podlagi PAS za lažjo vizualno interpretacijo, izračunali oddaljenosti lomnih linij (zgornji rob) od mej ZKP, oddaljenosti lomnih linij (zgornji rob od merjenih linij) in oddaljenosti merjenih linij od ZKP ter rezultate tudi opisno predstavili.

#### 4.2.1 Podobmočje Srednje Grčevje (A)

Na podmočju Srednjega Grčevja (območje A) lahko že na podlagi zgornje karte lomnih linij zgornjih in spodnjih robov s podlago PAS (Slika 14) sklepamo, da je teren precej razgiban in, da se parcelne meje nahajajo na robovih ožjih brežin. Tudi iz obdelanih lidarskih podatkov je razvidno, da se na danem območju izriše več lomnih linij, ki jih v večini primerov sestavljata zgornji in spodnji rob brežine. Spodnji robovi brežin na tem območju očitno niso tako izraziti kot zgornji robovi, zato nam tudi z uporabo najoptimalnejših parametrov le teh na nekaterih delih območja ni uspelo odkriti in prikazati. Kljub temu pa je na tem območju zagotovo smiselno preveriti ali meje katastrskih parcel, ki naj bi v posebnih primerih potekale po naravnih ali umetnih značilnih reliefnih oblikah sovpadajo s katerimi od lomnih linij prepoznanih iz lidarskih podatkov. Za potrditev hipoteze, da parcelne meje potekajo na območjih enega od robov brežin ter lažjo interpretacijo obravnavanega terena smo izvedli tudi terensko izmero. Izmerili smo tako zgornje kot spodnje robove brežin in tudi te primerjali z lomnimi linijami in mejami parcel. Na terenskem ogledu in izmeri se je takoj izkazalo, da se na obravnavanem območju nahaja mnogo lepo razvidnih značilnih terenskih oblik (brežine).

V okviru analize smo izdelali karto (Slika 15) obravnavanega območja, ki prikazuje medsebojne odnose linij merjenih na terenu (povezane merjene točke na terenu), zgornje (rdeča barva) in spodnje (zelena barva) robove brežin pridobljene iz analize lidar OT (oblaka točk) podatkov ter meje parcel (rumene) za obravnavano podobmočje Srednjega Grčevja (A). Na sliki 15 lahko vidimo, da se lomne linije ter linije, pridobljene z meritvami na terenu zgoščajo na določenih območjih, po čemer lahko sklepamo, da tam prihaja do izstopajočih reliefnih oblik na zemeljskem površju (linije na karti označene z črkami a, b, c, d, e). V našem primeru so to ožje brežine, ki so bile že na ogledu terena jasno razvidne. Večina identificiranih zgornjih robov brežin (na karti označeno z rdečo linijo), ki se nahajajo ob mejah zemljiških parcel se skoraj prekriva z mejami zemljiških parcel oziroma so z mejami zemljiških parcel vzporedne. Spodnji robovi brežin (na karti označeno z zeleno linijo) na tem območju so bili identificirani v manjši količini kot zgornji robovi brežin. Kljub temu lahko opazimo, da se zgornji robovi brežin nahajajo mnogo bližje katastrskim mejam parcel kot spodnji robovi brežin. Glede na prekrivanje lomnih linij zgornjih robov brežin z parcelnimi mejami lahko sklepamo, da so bile parcelne meje na tem območju v preteklosti res določene na podlagi značilnih reliefnih oblik in sicer v našem primeru na zgornjih robovih brežin. To je iz karte jasno razvidno pri linijah označenih z črkami a, c, d in e, medtem, ko gre pri liniji označeni s črko b za brežino, ki poteka skoraj vzporedno z katastrsko parcelno mejo, vendar ne v neposredni bližini parcelne meje.





Slika 13: Karta podobmočja Srednje Grčevje (A)

Na območju štirih jasno identificiranih zgornjih robov brežin, ki se nahajajo v neposredni bližini parcelnih mej (Slika 15 označeni s črkami a, c, d in e) smo v robnih ter nekaterih ostalih točkah identificiranih lomnih linij zgornjih robov (saj so le ti bližje parcelnim mejam kot spodnji robovi brežin) izmerili še kar se da med seboj pravokotne oddaljenosti do parcelnih mej. To nam pomaga pri vrednotenju točnosti, zanesljivosti in uporabnosti podatkov laserskega skeniranja za identificiranje mej zemljiških parcel na podlagi prepoznavanja značilnih naravnih reliefnih oblik. Točke v katerih smo merili razdalje med zgoraj omenjenimi linijami so na zgornji karti predstavljene z zelenimi krogi in po vrsti oštevilčene. Oddaljenosti so bile izmerjene s pomočjo pripomočka Merjenje (angl. *Measure*) v programskem paketu ArcMap, ki nam omogoča direktno merjenje dolžin na kartah. Oddaljenosti med linijami smo zaokrožili na dve decimalni mesti (centimetre), čeprav so centimetri v tem primeru določeni precej približno, zato se je bolje zanašati le na prvo decimalno mesto (decimetri). Nato smo dobljene identificirane robove zgornjih brežin in meje zemljiških parcel primerjali še s predhodno izvedenimi terenskimi meritvami. Za vsako točko posebej so v spodnji tabeli predstavljene oddaljenosti lomnih linij, pridobljenih iz OTR, (zgornji rob) od mej ZKP, oddaljenosti lomnih linij iz OTR (zgornji rob) od merjenih linij ter oddaljenosti merjenih linij od ZKP.

Preglednica 5: Oddaljenosti lomnih linij iz OTR od mej ZKP in merjenih linij ter oddaljenosti merjenih linij od ZKP (Podobmočje Srednje Grčevje – A)

| Točka                    | Oddaljenost lomnih linij iz OTR (zgornji rob) od mej ZKP [m] | Oddaljenost lomnih linij iz OTR (zgornji rob) od merjenih linij [m] | Oddaljenost merjenih linij od ZKP [m] |
|--------------------------|--|---|---------------------------------------|
| 1                        | 1,64   | 0,39  | 1,25                                  |
| 2                        | 0,19   | 0,87  | 1,10                                  |
| 3                        | 1,89   | 1,26  | 0,58                                  |
| 4                        | 2,84   | 1,43  | 1,46                                  |
| 5                        | 1,48   | 1,27  | 0,18                                  |
| 6                        | 0,39   | 0,18  | 0,20                                  |
| 7                        | 0,25   | 0,20  | 0,46                                  |
| 8                        | 2,48   | 1,83  | 0,60                                  |
| 9                        | 2,53   | 1,82  | 0,11                                  |
| 10                       | 1,77   | 1,73  | 0,77                                  |
| 11                       | 0,62   | 0,72  | 0,11                                  |
| 12                       | 0,89   | 1,37  | 0,47                                  |
| 13                       | 0,84   | 1,44  | 0,60                                  |
| 14                       | 1,13   | 0,94  | 0,19                                  |
| 15                       | 0,59   | 0,16  | 0,77                                  |
| 16                       | 0,72   | 0,33  | 0,42                                  |
| <b>Povprečje odmikov</b> | <b>1,27</b>  | <b>1,00 (0,996)</b>   | <b>0,58</b>                           |

Na sliki 15 opazimo, da lomne linije zgornjih robov brežin pridobljene iz podatkov laserskega skeniranja na nekaterih mestih skoraj popolnoma sovpadajo z robovi brežin merjenimi na terenu. Prav tako terensko izmerjene linije zelo dobro sovpadajo tudi z mejami zemljiških parcel (prikazanih v ZKP), kar nas ponovno pripelje do sklepa, da so bile v preteklosti parcelne meje skoraj zagotovo določene na podlagi značilnih naravnih reliefnih oblik. Tudi iz izmerjenih oddaljenosti je razvidno, da je največje odstopanje lomnih linij iz OTR od ZKP približno 2,84 m, medtem ko je povprečno odstopanje lomnih linij iz OTR od ZKP na danem območju le 1,27 m. V mnogih primerih pa je odstopanje manjše od 1 m oziroma celo manjše od 0,5 m. Oddaljenosti lomnih linij iz OTR od terenskih meritev so manjše. To pripisujemo primerni terenski izmeri (izmera začrtanih brežin, ki smo jih predhodno pridobili v programu RiSCAN PRO). Povprečna oddaljenost merjenih linij znaša le dobrega pol metra, kar pomeni, da je bila terenska izmera v večini primerov izvedena čisto v bližini dejanskih parcelnih mej obravnavanega podobmočja.

Glede na zgornje ugotovitve lahko z veliko verjetnostjo trdimo, da so bile parcelne meje na tem območju v preteklosti določene na podlagi značilnih terenskih oblik. Pri interpretaciji in iskanju teh značilnih oblik pa so nam lahko v veliko pomoč podatki laserskega skeniranja. Kljub uporabnosti za določitev približne lokacije parcelnih mej in na pogled skoraj popolnemu ujemanju linij z mejami

zemljiških parcel pa po izmeri oddaljenosti ugotovimo, da odstopanje linij ponekod precej visoko in znaša med 2 m do 3 m (primer točke 4, 8 in 9).

#### 4.2.2 Podobmočje Srednje Grčevje (B)

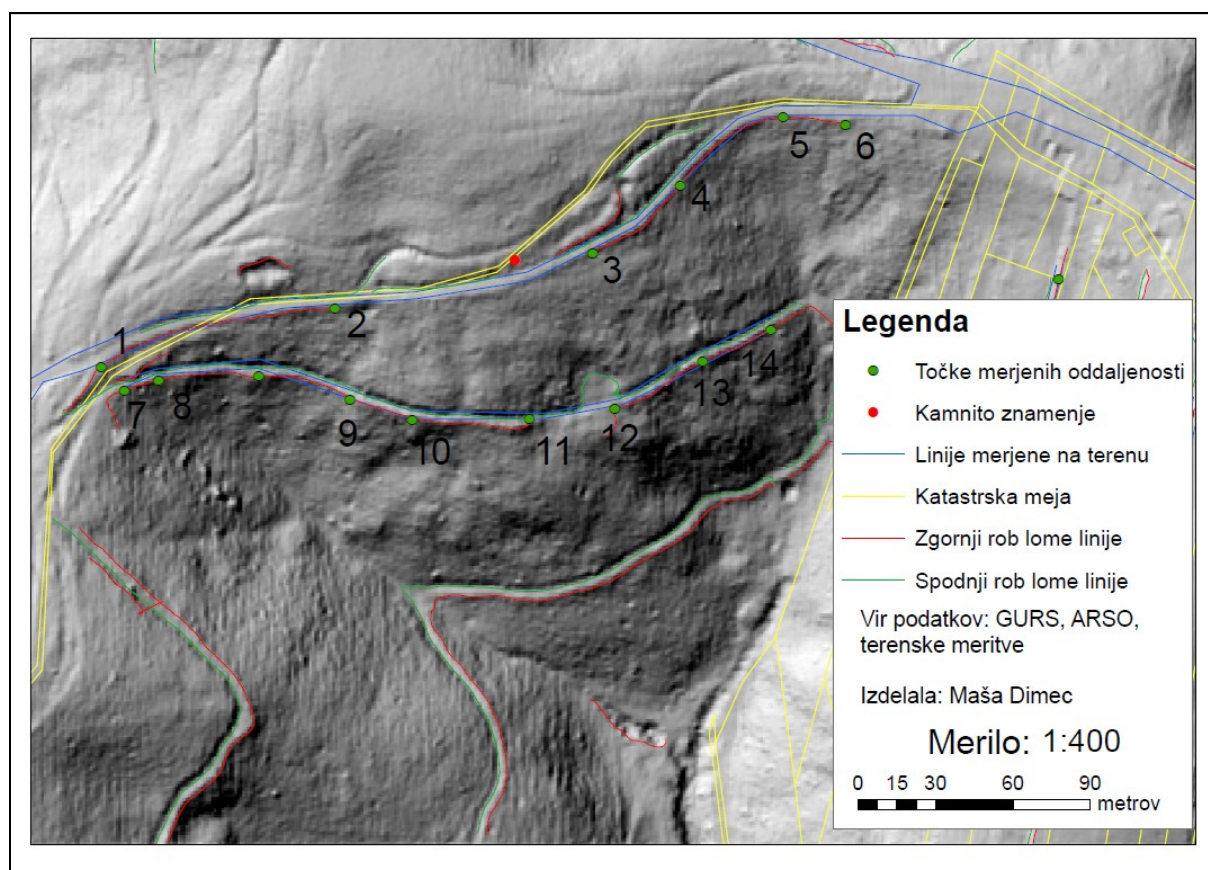
Na podmočju Srednjega Grčevja (podobmočje B) lahko že na podlagi zgornje karte lomnih linij zgornjih in spodnjih robov s podlago PAS (Slika 14) sklepamo, da gre za obravnavno ožje ceste oziroma poti. Obdelani lidarski podatki na tem območju nam jasno prikažejo lomne linije zgornjih ter spodnjih robov ceste in stare gozdne poti pod cesto. Na tem območju pa poteka tudi katastrska meja katastrske občine Črešnjice in sicer po severnem robu katastrske poti, ki je bila v tem primeru zelo zanimiva. Katastrska meja je v katastrskem prikazu ZKP označena z dvema vzporednima črtama. Sklepali smo, da sta vzporedni liniji, katastrske meje prav liniji ob robovih trase ceste, ki na tem delu območja najbolj izstopa. Vendar pa smo morali to hipotezo zavrniti. Nekaj metrov pod gozdno cesto se nahaja še gozdna pot, ki danes po videzu sodeč ni več v uporabi. Na osnovi podatkov sklepamo, da je ta v naravi odkrita gozdna pot tudi katastrska meja in meja katastrske občine. Spodnja fotografija (Slika 16) prikazuje del omenjene gozdne poti in je posneta približno na sredi gozdne poti v smeri vzhoda.



Slika 14: Del gozdne ceste na obravnavanem podobmočju B

Rezultate obdelave lidarskih podatkov smo preverili tudi s terensko meritvijo na tem območju in ugotovili, da linije terenske izmere in lomne linije pridobljene iz OTR skoraj popolnoma sovpadajo. Karta obravnavanega območja je prikazana sliki 17. Cesta na tem gozdnatem območju je speljana po novi trasi, ki se razlikuje od poti, ki jo predstavljajo podatki zemljiškega katastra (severna meja katastrske poti je tudi meja katastrske občine). Deli katastrske poti so razpoznavni tudi na lidarskih podatkih (tako na analitično določenih brežinah kot tudi na vizualni podobi PAS). Če preiskujemo testno območje od vzhoda proti zahodu je na prvem segmentu razviden potek katastrske poti in poti v

lidarskih podatkih nad cesto. Potem se katastrska pot približa cesti in v srednjem delu poteka po cesti. Nato se katastrska pot spusti pod cesto, kar pa se odraža tudi na PAS, ne pa v analitičnih robovih brežin, ki so odkrile novejšje gozdne poti, ki nimajo katastrskega značaja (na primer v sredini pobočja). Robovi stare gozdne poti pod cesto so za razliko od ceste skoraj v celoti popolnoma prepoznani in potekajo ob robovih brežine gozdne ceste.



Slika 15: Karta podobmočja Srednje Grčevje (B)

Na terenskem ogledu pa smo ob cesti opazili tudi kamnito znamenje z oznako 4 km, za katero smo pomislili, da bi imelo kaj opraviti z mejo katastrske občine. Omenjeno kamnito znamenje je prikazano na sliki 18. Prav to nas je skoraj prepričalo, da se meja katastrske občine nahaja prav ob robovih trase ceste. Kamnita oznaka se nahaja približno 3 m od zgornjega roba ceste, vendar pa se prav v bližini tega kamnitega znamenja katastrska meja začne vzpenjati severno od ceste, kar vnaša dvom v naše sklepanje. V nadaljevanju smo morali zavrniti tudi to hipotezo, saj gre za kilometrski kamen z vpisano oddaljenostjo. To sklepamo tudi zaradi predobre oznake, da bi lahko šlo za mejnik katastrske občine.



Slika 16: Kamnita oznaka ob robu gozdne ceste na podobmočju Srednje Grčevje (B)

Tudi za to obravnavano podobmočje smo izvedli meritve oddaljenosti na robnih in nekaterih ostalih točkah. Ponovno smo izmerili oddaljenosti lomnih linij iz OTR (zgornji rob) od mej ZKP, oddaljenosti lomnih linij iz OTR (zgornji rob) od merjenih linij ter oddaljenosti merjenih linij od ZKP, ki so predstavljene v spodnji preglednici. V tem primeru smo imeli podatke ZKP na voljo le na severnem delu, kjer se nahaja meja katastrske občine. Terenske meritve so bile izvedene le na delih, kjer so nam okoliščine dovoljevale izvedbo le te.

Preglednica 6: Oddaljenosti lomnih linij iz OTR od mej ZKP in merjenih linij ter oddaljenosti merjenih linij od ZKP (Podobmočje Srednje Grčevje – B)

| Točka                    | Oddaljenost lomnih linij iz OTRb(zgornji rob) od mej ZKP [m] | Oddaljenost lomnih linij iz OTR (zgornji rob) od merjenih linij [m] | Oddaljenost merjenih linij od ZKP [m] |
|--------------------------|--|---|---------------------------------------|
| 1                        | 3,17   | 1,37  | 4,40                                  |
| 2                        | 3,65   | 1,82  | 2,34                                  |
| 3                        | 18,38  | 1,45  | 17,23                                 |
| 4                        | 25,48  | 0,63  | 24,82                                 |
| 5                        | 5,32   | 4,18  | 1,13                                  |
| 6                        | 8,17   | 3,90  | 4,28                                  |
| 7                        | /  | /   | 1,20                                  |
| 8                        | /  | /   | 2,56                                  |
| 9                        | /  | /   | 2,66                                  |
| 10                       | /  | /   | 0,87                                  |
| 11                       | /  | /   | 1,56                                  |
| 12                       | /  | /   | 1,30                                  |
| 13                       | /  | /   | 1,16                                  |
| 14                       | /  | /   | 0,37                                  |
| <b>Povprečje odmikov</b> | <b>10,70</b>   | <b>2,26</b>   | <b>4,71</b>                           |

Iz preglednice 6 je razvidno, da je povprečje odmikov lomnih linij lidar od podatkov ZKP več kot 10 m. To nam da jasno vedeti, da katastrska meja zagotovo ni bila določena na podlagi značilnih reliefnih oblik, ki so oddaljene tudi po več kot 20 m. Na podobmočju B je bila torej naša hipoteza, glede na vsa

zgoraj navedena dejstva, da se meja katastrske občine najverjetneje nahaja na robovih ceste, saj gre za najizrazitejšo značilno reliefno obliko na tem območju napačna. Katastrska meja tako poteka približno po današnji cesti le v krajšem segmentu dolžine približno 67 m. Kljub temu, da na tem območju nimamo velika števila razpoznanih lomnih linij iz OTR, ki smo jih dobili z obdelavo podatkov laserskega skeniranja lahko vidimo sovpadanje na podlagi PAS in približno določimo na katerem delu meja katastrske občine poteka po trasi ceste.

### 4.2.3 Podobmočje Gornje Grčevje (C)

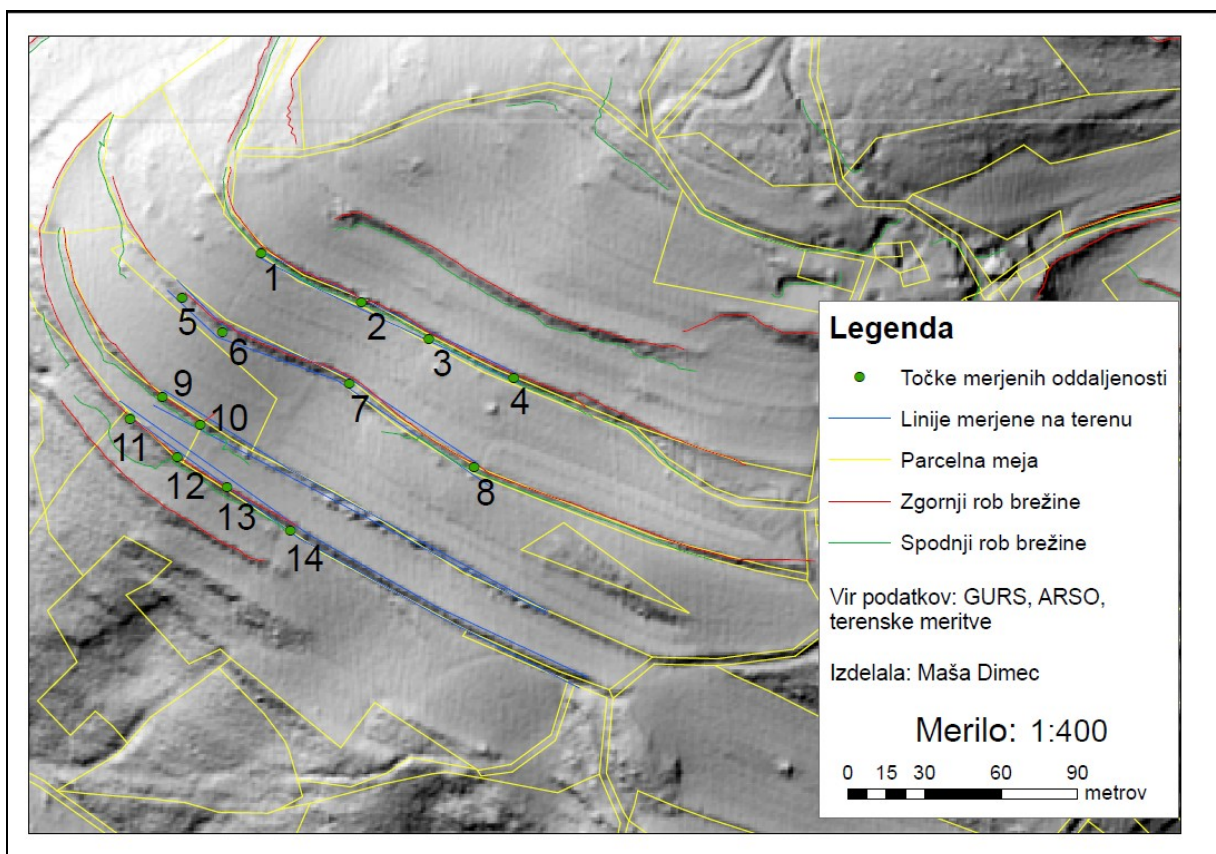
Na tem delu obravnavanega študijskega območja gre tako, kot v primeru podobmočja A za brežine na terasah, kjer so značilne kmetijske rabe njive in travniki. Območje je neporaščeno in odprto, kar je omogočilo uporabo GNSS izmere na terenu. Že na podlagi PAS je mogoče razpoznati, da gre za razgibano območje, ki se spušča v smeri od severa proti jugu. Območje je prikazano na spodnji sliki 19. Fotografija je posneta z zahodnega dela območja proti severovzhodu, kjer se nahaja večji del omenjenih brežin.



Slika 17: Brežine na obravnavanem območju C

Tudi iz obdelanih lidarskih podatkov na sliki 20, da se na obravnavanem območju izloči več lomnih linij, ki so sestavljene iz zgornjih in spodnjih robov brežin. Tako zgornji kot spodnji robovi so na vseh brežinah zelo lepo razvidni, kar pomeni, da so bili uporabljeni parametri za to območje zelo primerni, saj je tako na analitičen način določena optimalna količina linij, ki imajo pomen in sicer kot značilne reliefne oblike na tem območju. Opazimo tudi, da na spodnjih in zgornjih robovih brežin potekajo rumene črte, kar pomeni, da se tam nahajajo parcelne meje (očitno so bile brežine v katastru kartirane

kot posebni deli parcel, ker niso bile obdelovane, in s tem niso prinašala katastrskega dohodka). Tudi v tem primeru sklepamo, da parcelne meje potekajo po značilnih reliefnih oblikah, torej v našem primeru robovih brežin. V ta namen smo izvedli tudi terenski ogled in izmero na tem območju in ugotovili, da se robovi značilnih terenskih oblik (pridobljeni iz OTR), podatki ZKP in linije pridobljene s terenskimi meritvami na mnogih območjih skoraj prekrivajo. Na terenski izmeri smo bili pozorni, da smo merili brežine tik ob robovih le teh. Prikaz podatkov ZKP, terenske izmere ter lomnih linij zgornjih in spodnjih robov je prikazan na sliki 20.



Slika 18: Karta podobmočja Gornje Grčevje (C)

Iz zgornje karte je razviden zelo visok delež prekrivanja lomnih linij zgornjih robov z zgornjo linijo podatkov ZKP in lomnih linij spodnjih robov z spodnjo linijo ZKP. Kjer obstaja le ena črta za parcelno mejo (rumena) se ta najboljše ujema, skoraj prekriva z rdečo linijo, kar pomeni z zgornjim robom brežine, enako kot v primeru podobmočja A. Tako sklepamo, da je na testnem območju C veljalo, da so katastrske meje vzdolž brežin, ki so prikazane le z eno črto potekale po zgornjem robu brežin. V nekaterih primerih pa opazimo, da pride do dveh linij podatkov ZKP (rumena linija), ki sta zelo blizu skupaj. Zgornja lomna linija, pridobljena iz OTR, (rdeča linija) je v teh primerih zelo blizu zgornji liniji podatkov ZKP, medtem ko je spodnja lomna linija (zelena linija) zelo blizu spodnji liniji podatkov ZKP. Tako sklepamo, kot že omenjeno zgoraj, da so bile najverjetneje brežine kartirane v katastru kot posebni deli parcel, saj ne prinašajo visokega katastrskega dohodka.

Tudi v primeru podobmočja C smo za robne točke lomnih linij določili oddaljenosti lomnih linij, pridobljenih iz OTR, od mej ZKP, oddaljenosti lomnih linij lidar od merjenih linij ter oddaljenosti merjenih linij od ZKP. Razlika od drugih dveh meritev oddaljenosti je, da smo v tem primeru za točke, kjer se pojavljajo podatki ZKP na spodnjem in zgornjem robu brežine (Preglednica 8) izmerili še oddaljenosti med linijami spodnjega roba brežin iz OTR, oddaljenosti med linijami spodnjega roba brežin podatkov iz OTR od terenskih meritev spodnjega roba brežine ter oddaljenosti terenskih meritev spodnjega roba brežine od podatkov ZKP. Dobljene oddaljenosti so predstavljene v spodnji preglednici 7 in preglednici 8.

Preglednica 7: Oddaljenosti lomnih linij iz OTR od mej ZKP in merjenih linij ter oddaljenosti merjenih linij od ZKP (Podobmočje Gornje Grčevje – C)

| Točka                    | Oddaljenost lomnih linij iz OTR (zgornji rob) od mej ZKP [m] | Oddaljenost lomnih linij iz OTR (zgornji rob) od merjenih linij [m] | Oddaljenost zgornjih merjenih linij od ZKP [m] |
|--------------------------|--|---|--|
| 1                        | 0,28   | 1,58  | 1,32   |
| 2                        | 0,76   | 0,62  | 0,17   |
| 3                        | 0,84   | 0,58  | 1,47   |
| 4                        | 1,04   | 0,47  | 1,50   |
| 5                        | 2,08   | 1,57  | 0,58   |
| 6                        | 1,59   | 0,56  | 2,15   |
| 7                        | 1,43   | 0,88  | 0,61   |
| 8                        | 0,76   | 0,67  | 1,42   |
| 9                        | 0,81   | 2,22  | 1,37   |
| 10                       | 1,46   | 2,98  | 1,40   |
| 11                       | 1,37   | 0,34  | 1,02   |
| 12                       | 0,98   | 1,70  | 2,71   |
| 13                       | 1,36   | 0,23  | 1,52   |
| 14                       | 2,68   | 0,21  | 2,92   |
| <b>Povprečje odmikov</b> | <b>1,25</b>  | <b>1,04</b>   | <b>1,44</b>                                    |



Preglednica 8: Oddaljenosti lomnih linij iz OTR od mej ZKP in merjenih linij ter oddaljenosti merjenih linij od ZKP (Podobmočje Gornje Grčevje – C)

| Točka                    | Oddaljenost lomnih linij iz OTR (spodnji rob) od mej ZKP [m] | Oddaljenost lomnih linij iz OTR (spodnji rob) od merjenih linij [m] | Oddaljenost spodnjih merjenih linij od ZKP [m] |
|--------------------------|--|---|--|
| 1                        | 1,21   | 1,92  | 0,69   |
| 2                        | 0,51   | 1,36  | 0,82   |
| 3                        | 1,99   | 1,13  | 0,84   |
| 4                        | 0,94   | 0,52  | 1,50   |
| 8                        | 1,01   | 1,39  | 0,39   |
| <b>Povprečje odmikov</b> | <b>1,13</b>  | <b>1,26</b>   | <b>0,85</b>                                    |

V tem primeru lahko s precej visoko gotovostjo trdimo, da so bile parcelne meje določene na podlagi značilnih reliefnih oblik, v našem primeru robov brežin. To je razvidno tako iz vizualne interpretacije karte prikazane na sliki 20, kot tudi s pomočjo preglednic predstavljenih oddaljenosti. V primeru primerjave zgornjega robu brežin, pridobljenega iz OTR opazimo, da se z izjemo dveh primerov, vse ostale lomne linije zgornjega robu brežine iz OTR nahajajo največ 1,50 m stran. Povprečna oddaljenost lomnih linij lidar od linij terenske izmere je približno 1 m, kar pripisujemo drugačnemu razumevanju robu brežine v naravi, kot je bil prepoznan iz OTR. V primeru spodnjih robov, pridobljenih iz OTR, je povprečje lomnih linij od mej ZKP približno 1,10 m po čemer sklepamo, da je spodnji rob brežine skoraj gotovo povezan z določitvijo podatkov ZKP v preteklosti. Povprečje oddaljenost lomnih linij iz OTR od merjenih linij je v tem primeru skoraj 1,30 m, kar ponovno lahko pripišemo napačni izmeri robu na terenski izmeri. Izkaže se, da tako kot v primeru podobmočja A je tudi tukaj zagotovo povezava med linijami parcelnih mej ZKP in naravnimi značilnimi reliefnimi oblikami.

## 5 ZAKLJUČKI

V diplomski nalogi smo na študijskem območju katastrske občine Črešnjice izvedli primerjavo poteka lastniških z značilnimi reliefnimi linijami. Analizo smo izvedli na podlagi domneve, da v nekaterih značilnih primerih parcelne meje potekajo vzporedno oziroma sovpadajo z značilnimi reliefnimi oblikami in da je mogoče s prepoznavanjem značilnih reliefnih linij določiti potek meje katastrske občine. Na začetku diplomske naloge so predstavljene teoretične osnove, ki nam olajšajo razumevanje nadaljnjih primerjalnih analiz.

Primerjalne analize smo izvedli na podlagi treh vrst podatkov. To so podatki grafičnega podsistema zemljiškega katastra, podatki laserskega skeniranja Slovenije (iz katerih smo v programu RiSCAN PRO izločili lomne linije) in podatki, ki smo jih pridobili z izmero na terenu. Študijsko območje katastrske občine Črešnjice smo razdelili na tri manjša podobmočja in s tem povečali preglednost podatkov na izdelanih kartah. Na kartah smo prikazali vse uporabljene podatke na podlagi podob analitičnega senčenja in tako izvedli vizualno interpretacijo in jih še opisno analizirali. Poleg izdelave kart smo izmerili še oddaljenosti med značilnimi linijami na vseh treh obravnavanih podobmočjih. Tako smo merili oddaljenosti od razpoznanih lomnih linij, pridobljenih iz oblaka točk reliefa (OTR), za katere smo domnevali, da naj bi sovpadale z značilnimi reliefnimi oblikami do poteka parcelnih mej in linij terenske izmere ter oddaljenosti med linijami pridobljenimi s terensko izmero in parcelnimi mejami. To nam je bistveno olajšalo delo pri interpretaciji sovpadanja parcelnih mej in meje katastrske občine z značilnimi reliefnimi oblikami.

V primeru prvega in tretjega podobmočja so se naše predpostavke izkazale kot pravilne, saj so tako lomne linije, pridobljene iz OTR, kot linije pridobljene s terensko izmero bile zelo blizu, v nekaterih delih pa tudi skoraj popolnoma sovpadale s podatki zemljiško-katastrskega prikaza. V primeru drugega podobmočja pa smo morali našo hipotezo, da meja katastrske občine Črešnjice sovpada z gozdno cesto zavrniti. Izkazalo se je namreč, da kljub temu, da je gozdna cesta na tem območju najbolj izstopajoča reliefna oblika meja katastrske občine poteka le dobrih 60 m po gozdni cesti, nakar se začne vzpenjati po ožji brežini nad traso gozdne ceste.

Izkaže se torej, da je na podlagi lomnih linij iz OTR skupaj z podatki meritev s terena mogoče prepoznati značilne reliefne oblike. Te lahko primerjamo z potekom mej zemljiško-katastrskega prikaza in v mnogih primerih na podlagi analiz ugotovimo na podlagi katerih značilnih reliefnih oblik so v preteklosti določevati potek parcelnih mej.

## VIRI

Berk, S. 2001. Možnosti transformacije katastrskih načrtov grafične izmere v državni koordinatni sistem. Geodetski vestnik 45, 1&2: 91–93.

Čeh, M., Lisec, A., Ferlan, M., Šumrada, R., 2011a. Geodetsko podprta prenova grafičnega dela zemljiškega katastra. Geodetski vestnik 55, 2: 257–265.

Bovha, D. in sod. 2005. Priprava finančno ovrednotenega programa izboljšave podatkov zemljiškega katastra in testiranje metod poenostavljenih novih izmer. Zaključni elaborat. Celje, Geodetski zavod Celje: 199 f.

Cilenšek, A. 2009. Uporaba podatkov pridobljenih z LIDAR tehnologijo za določanje hidrografske mreže. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 30 str.

Čeh, M., Lisec, A., Trobec, B., Ferlan, M. 2015. Analiza možnosti izboljšave položajne točnosti, natančnosti in zanesljivosti zveznega grafičnega sloja zemljiškega katastra (ZKP). Končno poročilo projekta. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 60 str.

Čeh M. in sod. 2016. Potenciali uporabe LIDAR izvedenih podatkovnih nizov za uporabo v katastru. Končno poročilo projekta. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 1-5 str.

Evans, I. S. 1972. General Geomorphometry, derivatives of altitude and descriptive statistics. V: Spatial Analysis in Geomorphology. London, British Geomorphological Research Group, str. 17-90.

eVode. 2015. LIDAR.

<http://evode.arso.gov.si/indexd022.html?q=node/12> (Pridobljeno 14. 6. 2016.)

Geodetski inštitut Slovenije. 2008. Ocena kakovosti zemljiško katastrskega prikaza. Ljubljana.

Granda, J. 2016. Identifikacija veznih točk in izboljšava položajne natančnosti zemljiško-katastrskega prikaza z membransko metodo v k.o. Črešnjice. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 1-2 str.

Zemljiško-katastrski prikaz. 2013.

[http://prostor3.gov.si/cepp/GURS\\_izpis.jsp?ID=%7B1614DDB9-5216-11D2-BC1C-00A0C9067C11%7D](http://prostor3.gov.si/cepp/GURS_izpis.jsp?ID=%7B1614DDB9-5216-11D2-BC1C-00A0C9067C11%7D) (Pridobljeno 3. 8. 2016.)

Ortofoto. 2014.

[http://www.eprostor.gov.si/si/zbirke\\_prostorskih\\_podatkov/topografski\\_in\\_kartografski\\_podatki/ortofoto/](http://www.eprostor.gov.si/si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/ortofoto/) (Pridobljeno 3. 8. 2016.)

Hegediš, V. 2015. Analiza možnosti vključitve podatkov preteklih katastrskih izmer v izboljšavo kakovosti ZKP. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 36 str.

Lebeničnik, A. 2012. Kombinirana metoda geodetske izmere. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 20 str.

MacMillan, R.A., Shary, P. A. 2009. Landforms and Landform Elements in Geomorphometry. V: Geomorphometry - Concepts, Software, Applications. Oxford, Elsevier, str. 227–257.

Mivšek, E., Ravnihar, F., Žnidaršič, H. 2012. Izdelava zemljiškokatastrskega načrta. Geodetski vestnik: 56, 4: 691–696.

Muhič, A. 2014. Rekonstrukcija katastrskih načrtov ob meji katastrske občine na območju MO Novo mesto. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 36 str.

Obu, J. 2011. Prepoznavanje kraških kotanj na podlagi digitalnega modela višin. Diplomski naloga, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta: 17 str.

Pegan Žvokelj, B., Bric, V., Triglav Čekada, M. 2014. Lasersko skeniranje Slovenije. Geodetski vestnik: 58, 2: 349–351.

Perko, D. 2007. Morfometrija površja Slovenije. Ljubljana, Založba ZRC. Georitem: 3: 92.

Schuckman, K., Renslow, M. 2014. Introduction to Lasers and Lidar.

[https://www.e-education.psu.edu/geog481/11\\_p3.html](https://www.e-education.psu.edu/geog481/11_p3.html) (Pridobljeno 13. 8. 2016.)

Strmšek, B. 2009. Najsodobnejše metode zajemanja terenskih podatkov in uporabnost v praksi.  
Diplomska naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: 36 str.

Švab, B. 2012. Identifikacija veznih točk in izboljšava položajne natančnosti zemljiško-katastrskega prikaza z membransko metodo v k.o. Žažar. Diplomska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 23–26 str.

Triglav Čekada, M. 2010. Zračno lasersko skeniranje in nepremičninske evidence. Geodetski vestnik 54, 2: 181-182.

ZEN. 2006. Zakon o evidentiranju nepremičnin. Uradni list RS št. 47/2006: 5029–5056.