

# Primjenjivost viDoc integracije mobilnog skenera i GNSS RTK uređaja za potrebe katastarske izmjere

---

Lončar, Lino

Master's thesis / Diplomski rad

2025

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Geodesy / Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:256:335705>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**



*Repository / Repozitorij:*

[repozitorij.geof.unizg.hr/en](http://repozitorij.geof.unizg.hr/en)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEODETSKI FAKULTET**

Lino Lončar

**Primjenjivost viDoc integracije mobilnog skenera i  
GNSS RTK uređaja za potrebe katastarske izmjere**

Diplomski rad

Zagreb, 2025.

Lino Lončar ♦ DIPLOMSKI RAD ♦ 2025.



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GEODETSKI FAKULTET**

Lino Lončar

**Primjenjivost viDoc integracije mobilnog skenera i  
GNSS RTK uređaja za potrebe katastarske izmjere**

Diplomski rad

Zagreb, 2025.

# SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

## GEODETSKI FAKULTET



Na temelju članka 19. Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu i Odluke br. 1\_349\_11 Fakultetskog vijeća Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, od 26.10.2017. godine (klasa: 643-03/16-07/03), uređena je obaveza davanja „Izjave o izvornosti“ diplomskog rada koji se vrednuju na diplomskom studiju geodezije i geoinformatike, a u svrhu potvrđivanja da je rad izvorni rezultat rada studenata te da taj rad ne sadržava druge izvore osim onih koji su u njima navedeni.

### IZJAVLJUJEM

Ja, **Lino Lončar**, (JMBAG: 0007181773), rođen dana 25.5.1999. u Münsterlingenu, izjavljujem da je moj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi tog rada nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Potpis studenta / studentice*

<b>I. AUTOR</b>	
<b>Ime i prezime:</b>	Lino Lončar
<b>Datum i mjesto rođenja:</b>	25. svibnja 1999., Münsterlingen, Švicarska Konfederacija
<b>II. DIPLOMSKI RAD</b>	
<b>Naslov:</b>	Primjenjivost viDoc integracije mobilnog skenera i GNSS RTK uređaja za potrebe katastarske izmjere
<b>Broj stranica:</b>	50
<b>Broj slika:</b>	34
<b>Broj bibliografskih podataka:</b>	27+21 URL
<b>Ustanova i mjesto gdje je rad izrađen:</b>	Sveučilište u Zagrebu Geodetski fakultet
<b>Mentor:</b>	izv. prof. dr. sc. Hrvoje Tomić
<b>Komentor:</b>	dr. sc. Josip Križanović
<b>Voditelj:</b>	Lana Ivković mag. ing. geod. et geoinf.
<b>III. OCJENA I OBRANA</b>	
<b>Datum zadavanja teme:</b>	12. 1. 2024.
<b>Datum obrane rada:</b>	21. 2. 2025.
<b>Sastav povjerenstva pred kojim je branjen diplomski rad:</b>	izv. prof. dr. sc. Hrvoje Tomić
	dr. sc. Josip Križanović
	izv. prof. dr. sc. Ante Marendić

*Zahvaljujem se mentoru izv. prof. dr. sc. Hrvoju Tomiću i komentoru dr. sc. tech. Josipu Križanoviću na stručnoj pomoći i znanju, koje su mi zajedno s voditeljicom Lanom Ivković mag. ing. geod. et geoinf. pružili tokom izrade diplomskog rada.*

*Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji te zaručnici Borni i njezinoj obitelji, koji su mi pružili sve ono najljepše što jedan student može zaželiti!*

**HVALA!**

## ***Primjenjivost viDoc integracije mobilnog skenera i GNSS RTK uređaja za potrebe katastarske izmjere***

**Sažetak:** Katastarska izmjera je projekt kojim se terenskim mjerenjima i suradnjom s nositeljima prava izrađuje katastarski model dijela prostora. Obuhvaća određivanje, označavanje, izmjeru i prikaz međa katastarskih čestica. Današnji katastri daju odgovore na pitanja o zemljištu, a ti podaci neophodni su za održivo planiranje razvoja, bilo da se radi o urbanim ili ruralnim područjima. Iznimno su važni planerima i ekologima jer omogućuju bolje razumijevanje prostornog planiranja i utjecaja na okoliš. Porezni sustavi se također oslanjaju na katastar kako bi se utvrdila osnovica za oporezivanje. Katastar posjeduje pouzdane informacije za sve sudionike u procesu upravljanja zemljištem. U ovom diplomskom radu istražit će se primjenjivost viDoc integracije mobilnog skenera i GNSS RTK uređaja za potrebe katastarske izmjere. U središtu istraživanja rada se nalazi viDoc RTK rover integriran s mobilnim uređajem koji posjeduje LiDAR (eng. Light Detection and Ranging) senzor, način na koji se prikupljaju podaci te obrada. Rezultat primijenjene metode je oblak točaka na temelju kojega su vektorizirane zgrade od interesa. Konačno, uspoređeni su obrađeni podaci s rezultatima polarne izmjere kako bi se analizirala odstupanja i ocijenila primjenjivost viDoc RTK rovera za potrebe katastarske izmjere.

**Ključne riječi:** katastarska izmjera, LiDAR, oblak točaka, viDoc, RTK

## ***Applicability of viDoc mobile LiDAR and GNSS RTK device for cadastral survey purposes***

**Abstract:** A cadastral survey is a project in which field measurements and cooperation with stakeholders are conducted to develop a cadastral model of a specific area. It involves determining, marking, measuring, and representing the boundaries of cadastral parcels. Modern cadastral systems provide answers to questions about land, and this data is essential for sustainable development planning, whether in urban or rural areas. They are particularly important for planners and environmentalists, as they enable a better understanding of spatial planning and environmental impact. Tax systems also rely on cadastral data to determine the basis for land taxation. The cadastre has reliable information for all participants in the land management process. This thesis explores the applicability of viDoc mobile LiDAR and GNSS RTK device for cadastral survey purposes. At the core of this research is the viDoc RTK rover integrated with a mobile device equipped with a LiDAR (Light Detection and Ranging) sensor, focusing on data collection methods and processing. The result of the applied method is the point cloud, which served as the basis for vectorization of buildings. Lastly, the processed data was compared with the results obtained by the polar method in order to analyze the differences and evaluate the applicability of the viDoc RTK rover for the purposes of cadastral survey.

**Keywords:** cadastral survey, LiDAR, point cloud, viDoc RTK rover

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. KATASTARSKA IZMJERA.....	2
2.1. DEFINICIJA KATASTARSKE IZMJERE I ZNAČAJ ZA UPRAVLJANJE ZEMLJIŠTEM.....	2
2.2. POVIJEST KATASTARSKE IZMJERE.....	5
2.3. KATASTAR U HRVATSKOJ.....	6
2.4. MODERNIZACIJA I ZAHTJEVI KATASTARSKE IZMJERE.....	8
3. GNSS TEHNOLOGIJA.....	11
3.1. OSNOVNA NAČELA GNSS-A.....	11
3.2. RTK METODA I NJEZINA PRIMJENA.....	13
4. MOBILNI SKENERI I VIDOC UREĐAJ.....	16
4.1. PREDNOSTI I IZAZOVI MOBILNIH SKENERA.....	17
5. PRIKUPLJANJE PODATAKA ZA ANALIZU.....	19
5.1. PRIKAZ PODRUČJA ZADATKA.....	19
5.2. KORIŠTENA OPREMA I METODE.....	21
5.2.1. Polarna metoda.....	21
5.2.2. GNSS RTK prijamnik.....	23
5.2.3. ViDoc RTK rover.....	24
5.2.4. Iphone 13 pro.....	26
6. OBRADA PODATAKA.....	27
6.1. KORIŠTENI SOFTVERI.....	27
6.2. TIJEK OBRADE PODAKATA U PIX4Dmatic-u.....	30
6.2.1. Kalibracija podataka.....	30
6.2.2. Fuzija LiDAR i gustog oblaka točaka.....	32
6.2.3. Digitalni model površine.....	34
6.3. TIJEK OBRADE PODATAKA U PIX4Dsurvey-u.....	35
6.4. TIJEK OBRADE PODATAKA U CLOUDCOMPARE-U.....	35
7. ANALIZA REZULTATA.....	37
8. ZAKLJUČAK.....	41
LITERATURA.....	43
POPIS SLIKA.....	47
POPIS TABLICA.....	49
PRILOZI.....	50



## 1. UVOD

Svakodnevni razvoj tehnologije znatno utječe na inženjerske struke, a geodezija definitivno nije iznimka. Geodezija poznata širem sloju ljudi i kakva je uistinu danas, doživjela je velike promjene. Razvoj civilizacije zahtjeva sve bolji koncept upravljanja zemljištem jer je ograničeno, a temelj je za gospodarski i društveni razvoj. Odnosi ljudi prema zemljištu su složeni i uključuju različite interese. Osim same uporabe zemljišta, važnu ulogu imaju i prava povezana s njim, kao i različiti tereti koji ga mogu opterećivati. Zemljište predstavlja izvor prihoda, što ga čini važnim i za pojedince i za državu. Iz tog razloga javlja se potreba za sve većom količinom kvalitetnih prostornih podataka. Da bismo ispravno upravljali informacijama i održavali katastar, trebaju nam metode za prikupiti podatke (Roić, 2012). Svijet se velikom brzinom razvija i postavlja sve veća očekivanja. Jedan od rezultata razvoja je oblak točaka, koji će se tokom ovog rada obrađivati i koristiti za analizu.

U ovom diplomskom radu će se analizirati primjenjivost viDoc integracije mobilnog skenera i GNSS (*eng. Global Navigation Satellite System*) RTK uređaja za potrebe katastarske izmjere. Cilj je obraditi podatke dviju metoda te utvrditi razlike dobivenih podataka u položajnom smislu. Motivacija za tom tematikom je proizašla iz činjenice da se trenutno diljem Republike Hrvatske obavljaju katastarske izmjere koje su nerijetko dugotrajne. Pretpostavka ovog rada je da će nova tehnologija znatno ubrzati dugotrajan proces prikupljanja podataka tradicionalnim metodama i da će zadovoljiti točnost koja je uvjetovana propisima.

Rad se sastoji od nekoliko dijelova. U prvom dijelu rada pružit će se teorijski okvir same katastarske izmjere. Nadalje su opisane komponente uređaja čiji će se podaci analizirati te ostale metode i softveri koji su korišteni kako bi se podaci mogli usporediti. Prikazan je oblak točaka na osnovu kojeg se vektoriziralo, odnosno određivalo predmetne zgrade. Konačno, u analizi su uspoređeni podaci dobiveni mobilnim laserskim skeniranjem s rezultatima polarne izmjere kako bi se odredila odstupanja. Ovaj rad pruži informacije o stvarnom potencijalu viDoc RTK uređaja za potrebe katastarske izmjere te o mogućim ograničenjima.

## 2. KATASTARSKA IZMJERA

Katastarska izmjera, kao proces utvrđivanja granica i vlasništva nad zemljištem, ima duboko ukorijenjenu povijest koja seže do najranijih civilizacija. Od svojih početaka, kada je služila za evidentiranje zemljišta radi oporezivanja i dodjele zemljišnih prava, katastarska izmjera razvijala se kao alat za upravljanje prostorom. Osigurava pravnu i tehničku osnovu za gospodarske, društvene i političke aktivnosti. Povijesno gledano, metode i tehnologije korištene u katastarskoj izmjeri odražavale su tadašnju razinu znanja i tehničke mogućnosti, od grafičkih skica koje su crtane ručno na geodetskom stolu i osnovnih mjernih instrumenata do kompleksnih matematičkih izračuna. Pojava naprednih geodetskih instrumenata, primjena računala u obradi podataka, te razvoj globalnih navigacijskih satelitskih sustava (GNSS) i skenera promijenili su i ubrzali način na koji se izmjera provodi. Modernizacija je pridonijela efikasnosti, jednostavnosti te brzini prikupljanja podataka, a o točnosti i pouzdanosti ćemo više saznati kroz daljnji tok rada. Samim tim kako je velik broj raznovrsnih podataka sve dostupniji stvaraju se detaljne i višeslojne baze podataka, a koje su vrlo bitan aspekt pri prostornom planiranju, razvoju i zaštiti okoliša, sveobuhvatnoj infrastrukturi i raznim drugim sektorima.

### 2.1. DEFINICIJA KATASTARSKE IZMJERE I ZNAČAJ ZA UPRAVLJANJE ZEMLJIŠTEM

Sukladno Zakonu o državnoj izmjeri i katastru nekretnina (NN 112/18, 39/22 i 152/24) katastarska izmjera predstavlja proces prikupljanja, obrade i registriranja preciznih podataka o zemljištu i njegovim granicama kako bi se uspostavio i održavao katastarski sustav. Ovaj proces obuhvaća tehničke i pravne aspekte vezane uz utvrđivanje i dokumentiranje prostornog razmještaja zemljišta, čime se stvara temelj za pravno, tehničko i ekonomsko upravljanje zemljištem (Pešun, 2007). Kao temeljni element sustava upravljanja zemljištem, katastarska izmjera osigurava točne i pouzdane informacije potrebne za donošenje odluka na lokalnoj, regionalnoj i nacionalnoj razini. Nadalje, definira se kao skup tehničkih postupaka koji uključuju utvrđivanje prostornog položaja, veličine, oblika i namjene parcela, pri čemu svaka čestica dobiva jedinstvenu oznaku, granice, površinu i pravni status (Miller i dr., 2016). Proces katastarske izmjere se odvija u više faza i nerijetko zna trajati poduže razdoblje. Zato je jako bitno da svaki sudionik i segment izmjere budu homogeni to jest da surađuju. Prije samog početka izmjere Državna geodetska uprava (DGU) u suradnji s Ministarstvom pravosuđa te jedinicom lokalne samouprave definira natječaj i obuhvat izmjere. Ovlaštene geodetske tvrtke

uz jasne naputke obavljaju izmjeru. Stranke, to jest vlasnici i posjednici zemljišta su često rezervirani i jako skeptični prema novoj izmjeri. Sukladno tome je potrebno jednostavno objasniti što se radi, te sve prednosti koje donosi nova izmjera. Nakon analize postojećih podataka, pripremaju se pisani pozivi i šalju svakom pojedincu koji je upisan kao (su)vlasnik. Nakon toga se izlazi na teren u definiranim terminima i prikupljaju podaci o stvarnom stanju koje se nerijetko uvelike razlikuje od trenutnih evidencija. Nositelji prava na nekretninama omeđuju svoje katastarske čestice, a položaj omeđenih zemljišta određuje geodetski stručnjak te zajedno s drugim podacima izrađuje elaborat katastarske izmjere (Roić, 2012). Podaci se prikupljaju uglavnom pomoću totalnih stanica i GNSS uređaja, pri čemu se bilježe točne koordinate međa zemljišta. Prikupljeni podaci se elektronički obrađuju i integriraju u katastarske baze podataka, nakon čega slijedi izrada dokumentacije u obliku katastarskih planova i upisnika (Miller i dr., 2016) (Slika 2.1.). Za izradu katastarskog operata potrebno je pribaviti suglasnost nositelja prava na nekretninama o ispravnosti upisanog stanja. To se obavlja javnim izlaganjem u prostorijama koje dodijeli općina. Po uspješno provedenom javnom izlaganju, podaci postaju službeni i iz njih se sastavlja katastarski operat (Roić, 2012). Na slici 2.1. prikazan je katastarski plan preklopljen na digitalni ortofoto dijela katastarske općine Božava, prije i poslije katastarske izmjere. Uočljivo je pravilnije stanje katastarskih čestica nakon izmjere.



*Slika 2.1. Prikaz k.o. Božava prije i poslije katastarske izmjere (URL 1)*

Katastarska izmjera ima višestruk značaj za upravljanje zemljištem i gospodarski razvoj. Jedan od njezinih ciljeva je osiguravanje pravne sigurnosti kroz utvrđivanje vlasničkih prava, čime se smanjuju konflikti, olakšavaju zemljišne transakcije i osigurava pouzdana pravna zaštita (Kontrec, 2008). Katastarski podaci predstavljaju osnovu za prostorno planiranje i razvoj infrastrukture. Kvaliteta i dostupnost tih podataka je od velikog značaja za lokalne vlasti pri planiranju izgradnje prometnica, stambenih i poslovnih zgrada te zaštiti nekih područja i ispravnom gospodarenju resursa. Ažurni i točni katastarski sustavi omogućuju transparentnu i poštenu raspodjelu poreznih obveza. Imaju ulogu i u ekonomskom razvitku nekog područja, pogotovo ruralnijih sredina. Točni podaci pružaju mogućnost detaljnije analize i smanjuju rizik o potencijalnim preprekama pri ulaganju te na taj način privlače investitore.

Implementacija modernih informacijskih sustava poput GIS-a (*eng. Geographic Information System*) dodatno naglašava važnost katastarske izmjere (Miler i dr., 2016). Ovi sustavi omogućuju analizu složenih podataka o zemljištu, krizno upravljanje i istraživanje klimatskih promjena. Međutim, provedba katastarske izmjere suočava se s izazovima poput nedostatka ažurnosti podataka, visokih troškova provedbe i tehničkih zahtjeva, osobito u manje razvijenim zemljama. Ipak, uvođenje digitalnih tehnologija i modernih geodetskih instrumenata pruža priliku za povećanje točnosti i učinkovitosti, čime katastarska izmjera postaje nezamjenjiv alat u suvremenom upravljanju zemljištem.

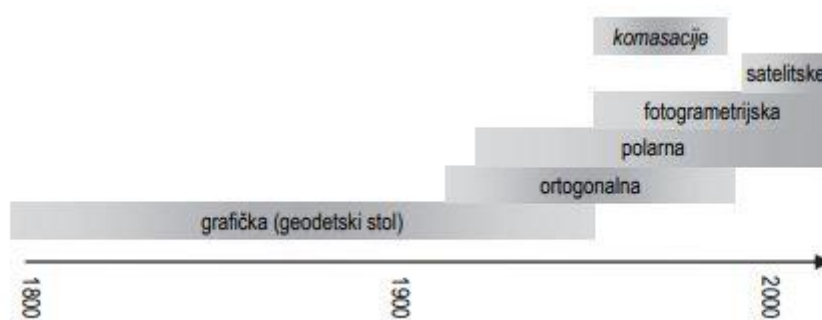
## 2.2 POVIJEST KATASTARSKE IZMJERE

Povijest katastarske izmjere datira u daleku prošlost najranijih ljudskih civilizacija, kada su se počele razvijati potrebe za podjelom zemljišta, njegovom vlasništvu i korištenju. Već u drevnim vremenima ljudi su shvatili potrebu za jasno definiranim granicama kako bi minimalizirali sukobe i probleme.

Prve naznake sličnih aktivnosti pronalazimo među prvim civilizacijama Egipta, Mezopotamije i Rima. Egipćani su bili naseljeni uz bogata područja Nila, ali ujedno su se redovito borili protiv poplava. Stoga su trebali izumiti prve mjere za pravilnom raspodjelom zemljišta. U staroj Grčkoj i Rimu, sustavi zemljišnih knjiga postali su još sofisticiraniji, s detaljnim kartama i zapisima koji su omogućavali efikasniju administraciju zemljišta (Kontrec, 2008). Rimljani su razvili sustav koji je bio vrlo blizak modernom konceptu katastra, a njihovi su zapisi uključivali podatke o vlasnicima, granicama i vrijednostima zemljišta.

Ako zanemarimo pokušaje Jozefinskog katastra, formalno osnivanje katastra u Hrvatskoj započelo je donošenjem Carskog patenta 23. prosinca 1817. godine. Potvrđeno je po prvi put ozbiljno pristupanje prikupljanju podataka, klasificiranju zemljišta te izradi katastarskih operata diljem Austro-ugarske Monarhije (Roić i Paar, 2018). Katastarski operat je naziv za ukupnu katastarsku evidenciju koja se vodi za jednu katastarsku općinu (URL 2).

Početkom 20. stoljeća katastarska izmjera doživljava svoju transformaciju kroz primjenu sve naprednijih tehnologija. Sredinom stoljeća se prvenstveno koriste ortogonalna i polarna metoda. Polarna metoda se uglavnom koristila za neizgrađena područja, dok ortogonalna za gušće izgrađena područja. Nakon nekog razdoblja se razvija i prihvaća fotogrametrijska metoda (Slika 2.2.), koja je idealan omjer ekonomičnosti, efikasnosti i kvalitete.



Slika 2.2. Primjena geodetskih metoda kroz prošlost (Roić i dr., 2005)

Digitalizacija u 21. stoljeću označila je novi napredak katastarskih izmjera, omogućivši stvaranje prostornih baza podataka koje se koriste u brojnim aplikacijama, od prostornog planiranja do zaštite okoliša. Kroz povijest, katastarska izmjera razvijala se kako bi zadovoljila promjenjive potrebe društva, od jednostavnih evidencija za oporezivanje do sofisticiranih sustava upravljanja zemljištem. Njena evolucija ilustrira način na koji tehnologija, pravni okviri i društvene potrebe zajednički oblikuju jedan od najvažnijih sustava za upravljanje zemljištem, katastar, a koji i dalje ima vrlo bitnu ulogu u funkcioniranju modernog društva.

### 2.3. KATASTAR U HRVATSKOJ

U današnje vrijeme najučestalije primijenjene metode su polarna, fotogrametrijska i GNSS RTK metoda izmjere. Sukladno tome došlo je i do različitih promjena referentnih koordinatnih sustava. Katastar u Hrvatskoj, kakvog poznajemo danas, započeo je svoj razvoj početkom 19.

stoljeća s ciljem pravednog oporezivanja prihoda od zemljišta. Ovisno o državama u sastavu kojih se nalazilo područje današnje Hrvatske te homogenosti zakonodavnog okvira djelovanja katastra, ta razdoblja možemo podijeliti na (Roić i Paar, 2018):

- austro-ugarski
- jugoslavenski
- hrvatski.

Katastarske izmjere u tom periodu odrađivane su pretežno za urbane dijelove gradova i naselja, dok upis vlasništva u zemljišne knjige nije bio sustavno proveden. Nakon Domovinskog rata, sredinom 1990-ih godina, započela je obnova i izgradnja infrastrukture, no neuredna katastarska evidencija bila je značajna prepreka u tom procesu. U to vrijeme, promjene na katastarskim planovima još su se ručno ucrtavale na papir, a upisi vlasništva u zemljišne knjige obavljani su ručnim pisanjem (Mohorić i Šustić, 2019). Proces upisa bio je spor, s brojnim zaostacima, a čekanje na upise i izdavanje podataka o vlasništvu moglo je trajati mjesecima, pa i godinama.

Zakon o državnoj izmjeri i katastru nekretnina, koji je donesen 1999. godine, omogućio je Državnoj geodetskoj upravi Republike Hrvatske preuzimanje županijskih ureda za katastar i geodetske poslove. Ovaj zakon bio je presudan za stvaranje preduvjeta za jedinstveno i organizacijsko usklađivanje katastarskog sustava. Iako su prošla više od dva desetljeća, čak i pred desetak godina, katastarske izmjere i promjene još su se obavljale ručno uz pomoć "majzekovih trokuta" (URL 3) (Mohorić i Šustić, 2019). Do kraja 1999. godine podaci iz knjižnog dijela katastarskog operata uglavnom su bili u digitalnom formatu, ali za vođenje i održavanje tih podataka korišteno je više od dvadeset različitih softverskih rješenja. Zbog toga je donesena odluka da se za buduće održavanje knjižnog dijela katastarskog operata koriste samo dva programska sustava. U prijelazu s analognih na digitalne katastarske planove, između 2000. i 2010. godine, izvedena je vektorizacija skeniranih papirnatih planova, a planovi su smješteni u Hrvatski državni koordinatni sustav (HDKS). Taj je prijelaz bio popraćen donošenjem novih tehničkih uputa i specifikacija koje su značajno promijenile izgled i sadržaj katastarskog plana, uključujući napuštanje šrafura, uvođenje topologije te usporedbe tehničkog i knjižnog dijela operata. Do 2013. godine razvijene su nove smjernice za održavanje digitalnih katastarskih planova, a specifične tehničke smjernice za određivanje koordinata omogućile su jasniji okvir za održavanje tih planova. Geodetska osnova također je prošla kroz značajne

promjene, pri čemu je najvažniji iskorak predstavljala pojava GNSS-a i uvođenje novog koordinatnog sustava HTRS96/TM. Prije toga, mjerenja su se oslanjala na trigonometrijsku i poligonsku mrežu u HDKS-u. Promjene u katastarskim planovima uglavnom su se izvodile u lokalnim koordinatnim sustavima, dok su se nove izmjere često uklapale u postojeće mreže. Za prijelaz u novi koordinatni sustav uspostavljen je jedinstveni transformacijski model T7D, temeljen na mjerenjima i novom geoidu HRG2009, što je omogućilo transformaciju podataka (Mohorić i Šustić, 2019). Također, uspostava Hrvatskog pozicijskog sustava (CROPOS) krajem 2008. godine omogućila je isporuku koordinata mjerenih točaka u realnom vremenu (VPPS).

Ulazak u noviju eru i modernizacija katastarskog sustava omogućuju nam brži i kvalitetniji pristup upravljanju nekretninama i zemljištem u Hrvatskoj.

#### **2.4. MODERNIZACIJA I ZAHTJEVI KATASTARSKE IZMJERE**

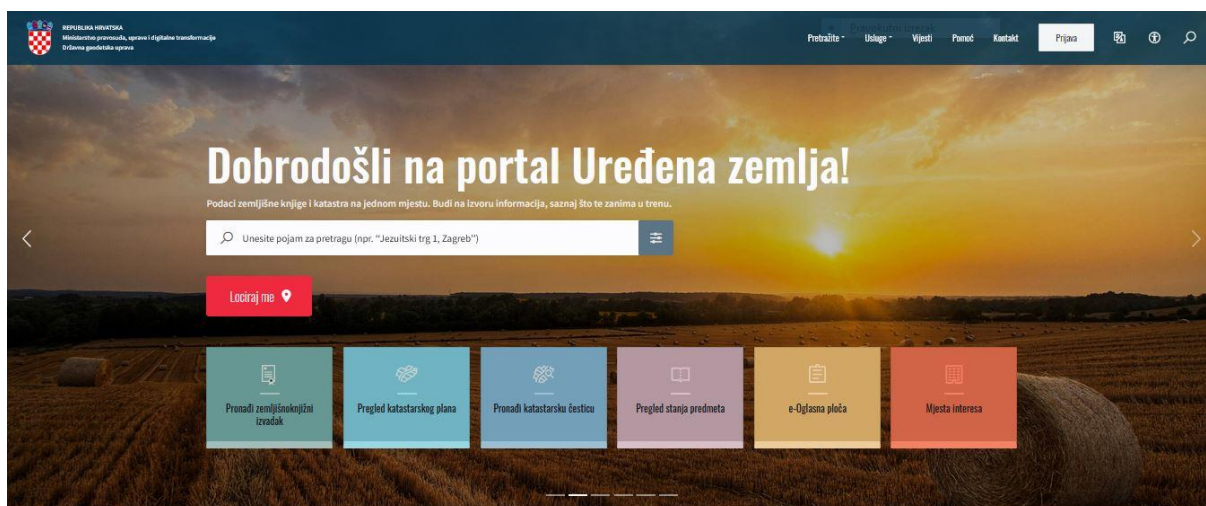
Kod katastarske izmjere propisana je minimalna zahtijevana točnost koju je potrebno postići kako bi izmjera bila relevantna. „Kvaliteta podataka terenskih mjerenja lomnih točaka međa i drugih granica katastarskih čestica te zgrada određuje se područjem povjerenja za horizontalne koordinate uz 95 % vjerojatnosti standardom položajne točnosti do 0,1 m“ (NN 112/18, 39/22 i 152/24). Za točke zgrada i građevina, granica vrste uporabe zemljišta te lomnih točaka međa i drugih granica katastarskih čestica određuje se položaj u prostoru na sljedeće načine: korištenjem trajnog višenamjenskog sustava za satelitsko pozicioniranje CROPOS te GNSS metoda mjerenja, terestričkim geodetskim metodama mjerenja i stereoizmjerom (NN 59/2018). Modernizacija katastarske izmjere od velikog je značaja za poboljšanje sustava upravljanja zemljištem, osobito s obzirom na tehnološki napredak koji znatno povećava učinkovitost ovog procesa. Tradicionalne metode, koje su se oslanjale na ručne, analogne i komplicirane postupke, sve više se zamjenjuju modernim tehnologijama koje omogućuju brže, točnije i transparentnije upravljanje podacima o zemljištu. Tehnološki napredak, uključujući upotrebu GNSS, bespilotnih letjelica (dronova) i geografsko-informacijskih sustava (GIS), transformirao je način prikupljanja i obrade podataka (Miller i dr., 2016). GNSS omogućava mjerenja do svega nekoliko centimetara odstupanja, što je i više nego zadovoljavajuća točnost za katastarsku izmjeru. Dronovi i bespilotne letjelice (UAV) (*eng. Unmanned aerial vehicle*) su postale neizostavan alat gotovo većine geodetskih tvrtki jer omogućuju brzo i efikasno prikupljanje podataka s terena.(URL 4). Ove tehnologije omogućuju izradu visokokvalitetnih ortofoto



karata, 3D modela terena i drugih geodetskih podataka, često u vrlo kratkom vremenskom periodu i na teško dostupnim lokacijama.

Digitalizacija omogućuje stvaranje katastarskih baza podataka koje su lako dostupne i jednostavne za ažuriranje. Umjesto papirnatih dokumenata, podaci se pohranjuju u digitalnom obliku, što smanjuje rizik od gubitka informacija i omogućuje brzu distribuciju korisnicima (Miller i dr., 2016). Za zemlje članice Europske unije, usklađivanje katastarskih sustava s europskim standardima nužno je za postizanje interoperabilnosti između država. Digitalizirani i modernizirani katastarski sustavi olakšavaju integraciju podataka na regionalnoj i međunarodnoj razini. Primjerice, Europska unija razvija standarde kao što su INSPIRE (*eng. Infrastructure for Spatial Information in Europe*), koji omogućuju interoperabilnost prostornih podataka između zemalja članica. Usklađivanje formata, koordinatnih sustava i metodologija izmjere doprinosi boljoj razmjeni podataka i smanjuje mogućnost pogrešaka ili nesporazuma. INSPIRE je dugoročni projekt koji zahtijeva suradnju svih sudionika, točnije država uključujući lokalnu i regionalnu vlast, ovlaštene osobe, akademske institucije i slično (Craglia i Annoni, 2007).

Portal Zajedničkog informacijskog sustava – Uređena zemlja omogućuje građanima pristup podacima katastra i zemljišne knjige prema trenutnoj lokaciji (Slika 2.3.). Glavni cilj ovog portala je pojednostaviti i omogućiti lakši pristup postojećim podacima.



Slika 2.3. Prikaz sučelja portala Uređena zemlja (URL 5)

Portal se konstanto nadograđuje različitim slojevima da bi pružio što kvalitetniju uslugu korisnicima. Kroz vrijeme bilježi eksponencijalan rast posjećenosti. Prilagođen je za upotrebu

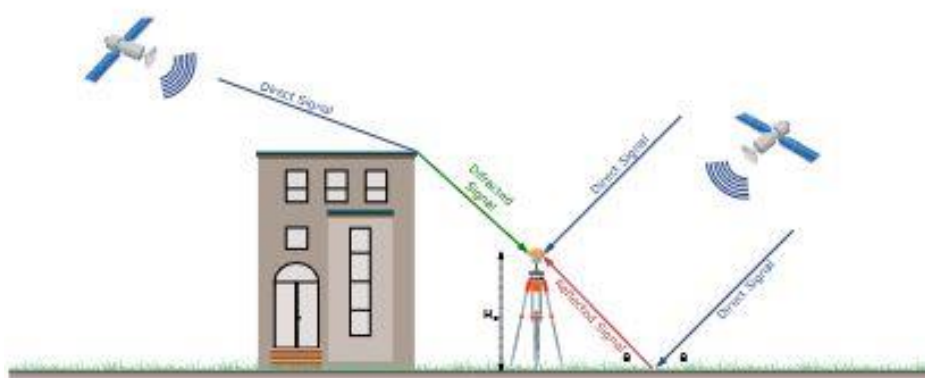
na mobilnim uređajima, što omogućava korisnicima da putem svojih pametnih telefona ili drugih mobilnih uređaja u svakom trenutku, ovisno o njihovoj fizičkoj lokaciji, brzo pristupe relevantnim prostornim podacima koji su im potrebni (Mohorić i Šustić, 2019). Takav pristup omogućuje jednostavno praćenje, istraživanje i interpretaciju informacija o zemljištu i prostoru koji su od interesa za korisnike.

Primjena modernih tehnologija pridonosi dobre stvari brojnom sloju ljudi jer im je pružena dostupnost različitih prostornih podataka te otvara vrata prema boljoj i povjerljivijoj budućnosti te vjeru u rad i kvalitetu institucija.

### 3. GNSS TEHNOLOGIJA

GNSS tehnologija predstavlja značajnu prekretnicu u području katastarskih izmjera, omogućujući učinkovito i brzo prikupljanje podataka. Uvođenje ove tehnologije u geodetske prakse radikalno je promijenilo način na koji se provode izmjere, pružajući geodetima alat za definiranje koordinata bilo koje točke na Zemljinoj površini (Alkan i dr., 2015). U kontekstu katastarskih izmjera, gdje je točnost od presudne važnosti za utvrđivanje vlasničkih prava i izradu službenih evidencija, GNSS tehnologija značajno unapređuje procese evidentiranja i upravljanja zemljištem. Za razliku od tradicionalnih metoda koje su zahtijevale jako puno vremena i obrade podataka, GNSS omogućuje određivanje koordinata u realnom vremenu.

Unatoč brojnim prednostima kao što su globalna primjenjivost, ova tehnologija se također susreće s pojedinim nedostacima kao što su cycle slip-ovi (URL 6), gubitak signala te sustav satelita i referentnih stanica. Multipath je interferencija između izravnog i reflektiranog signala prikazan u idealnoj vodoravnoj površini (Slika 3.1.) (Hunegnaw i Teferle, 2022).



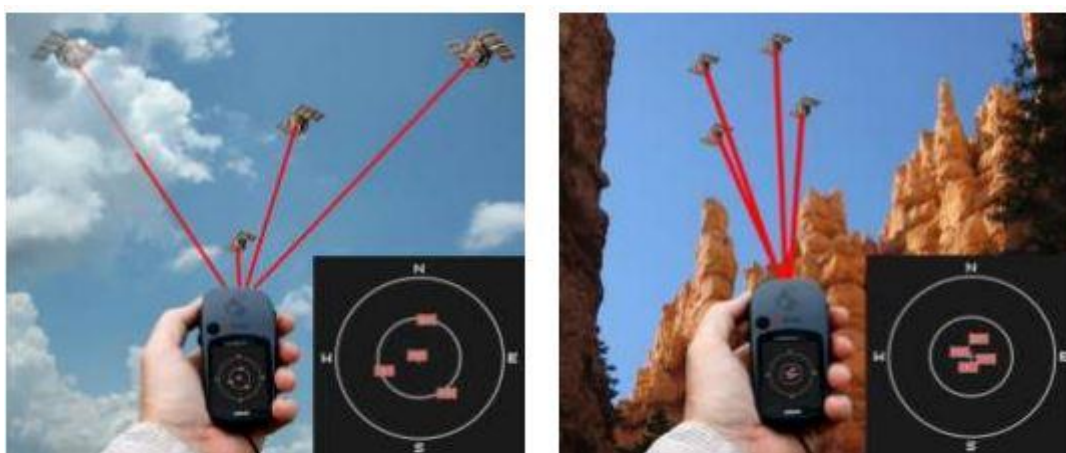
Slika 3.1. Prikaz multipath-a (Hunegnaw i Teferle, 2022)

#### 3.1. OSNOVNA NAČELA GNSS-A

GNSS predstavlja tehnološku osnovu za pozicioniranje i navigaciju širom svijeta. Ova tehnologija koristi mrežu satelita koji orbitiraju oko Zemlje, omogućujući korisnicima na njezinoj površini da odrede svoju točnu lokaciju u bilo kojem trenutku (Alkan, 2015). U kontekstu mjerenja, osobito u geodetskim i katastarskim izmjerama, GNSS sustavi osiguravaju dosljedne i pouzdane podatke potrebne za definiranje geografskih koordinata, kartiranje i slično. Princip funkcioniranja GNSS tehnologije temelji se na trilateraciji, metodi koja koristi udaljenosti između satelita i prijemnika na tlu kako bi izračunala točnu poziciju korisnika.

Sustav se oslanja na mrežu satelita koji kontinuirano emitiraju radio signale. Ti signali uključuju informacije o trenutnom vremenu emitiranja i položaju satelita u trenutku slanja signala. GNSS prijemnik, smješten na površini Zemlje, prima ove signale, uspoređuje vrijeme slanja i prijema te na temelju razlike u vremenu izračunava udaljenost do svakog pojedinog satelita.

Za određivanje položaja u tri dimenzije (širina, dužina i visina), prijemniku su potrebna najmanje četiri satelita (Slika 3.2.) (Feng i dr., 2013). Tri satelita omogućuju određivanje lokacije korisnika na temelju presjeka sfera koje predstavljaju udaljenosti do svakog satelita, dok četvrti satelit omogućuje korekciju grešaka povezanih s nesavršenošću prijemnika, poput sinkronizacije s atomskim satovima na satelitima.

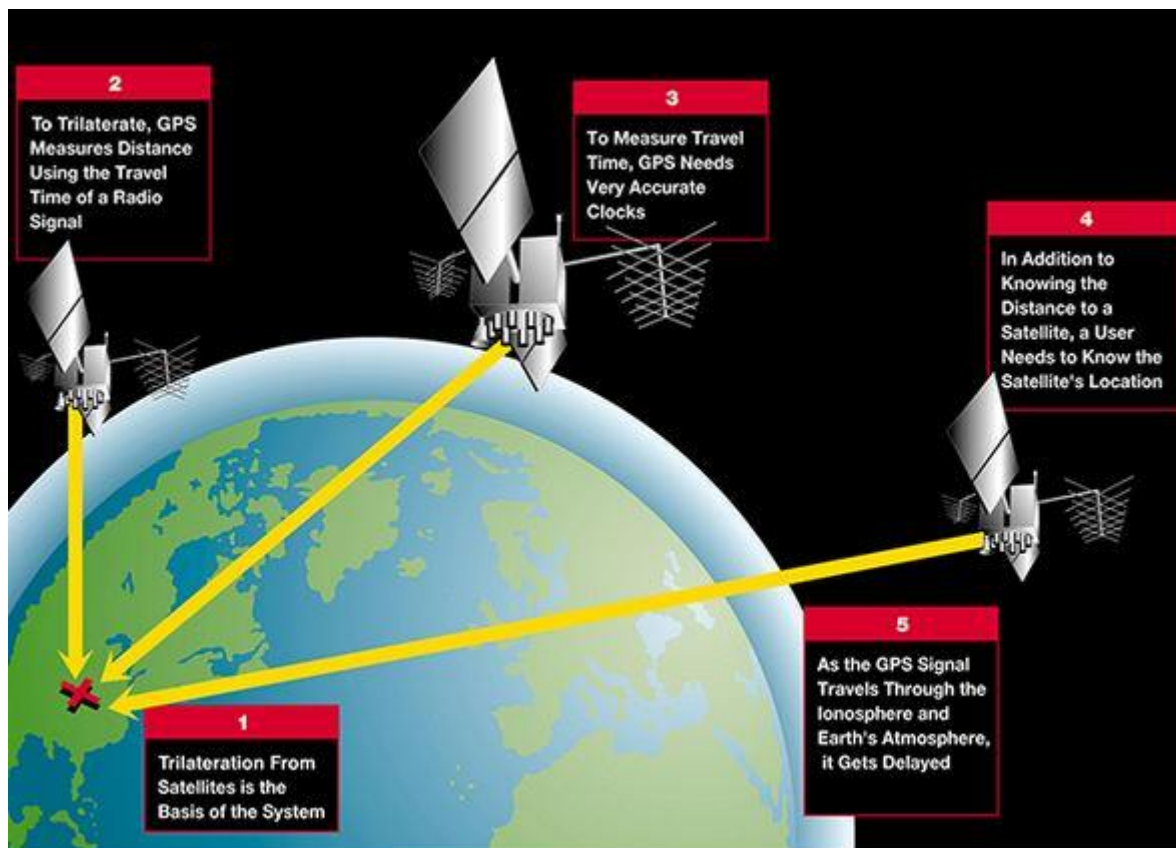


Slika 3.2. Dobra i loša geometrija satelita na nebu (URL 7)

Kada su sateliti blizu jedan drugome kaže se da je geometrija slaba, a DOP (*eng. Dilution of Precision*) visok, a kad je dobra onda suprotno. U idealnoj situaciji, sateliti bi trebali biti raspoređeni ravnomjerno na nebu, čime bi DOP bio nizak i točnost mjerenja visoka.

Jedan od bitnih aspekata GNSS tehnologije je njegova sposobnost da radi globalno, neovisno o vremenskim uvjetima i doba dana. Mreže poput GPS-a (*eng. Global Positioning System*) iz SAD-a (Slika 3.3.) (URL 8), GLONASS-a (*eng. Global Navigation Satellite System*) iz Rusije, Galileo sustava iz Europske unije i kineskog BeiDou-a pružaju široku pokrivenost i višestruke signale, čime povećavaju pouzdanost mjerenja (Erenoglu, 2017). GNSS sustavi koriste različite frekvencije za slanje signala, omogućujući prijemnicima da smanje učinak smetnji poput ionosferskih i troposferskih refrakcija. Osim same trilateracije, GNSS tehnologija uključuje napredne metode obrade signala koje osiguravaju dodatnu točnost i otpornost na smetnje. Primjerice, diferencijalni GNSS (DGNSS) koristi referentne stanice za korekciju grešaka u

realnom vremenu, dok RTK (*Real-Time Kinematic*) metoda omogućuje subcentimetarsku točnost potrebnu za zahtjevne geodetske i inženjerske primjene. Ti procesi koriste referentne podatke iz fiksnih postaja kako bi smanjili učinke pogrešaka uzrokovanih satelitskim signalima, uključujući greške u orbiti satelita i odgodu signala u atmosferi (Feng i dr., 2013).



Slika 3.3. Prikaz putanje GPS satelita kroz orbitu (URL 8)

Zahvaljujući integraciji naprednih algoritama i tehnologija poput mobilnih skenera, GNSS nastavlja voditi značajnu ulogu u modernim geodetskim praksama, pružajući čvrstu osnovu za upravljanje geoprostornim podacima.

### 3.2 RTK METODA I NJEZINA PRIMJENA

RTK je metoda diferencijalnog GNSS-a koja koristi jednu ili više GNSS antena, pri čemu referentna stanica na poznatoj lokaciji šalje korekcijske podatke pokretnoj jedinici to jest roveru koji obrađuje te podatke u stvarnom vremenu za određivanje pozicije na terenu. Više antena koristimo kad nam je potrebna viša točnost i sigurnost u rad instrumentarija. Primjerice pri praćenju nekih deformacija, poznatije kao GNSS real time monitoring, kritičnih područja kao

što su klizišta (Huang i dr.,2023). Glavna prednost ove tehnologije su visoka točnost, brzo pozicioniranje te fleksibilnost.

Kinematika u realnom vremenu zasniva se na OTF (eng. *On The Fly*) algoritmima. OTF algoritmi omogućuju roveru da se inicijalizira u roku od nekoliko sekundi do nekoliko minuta (Tablica 3.1.), čak i u pokretu. Idealno su rješenje za dronove ili autonomna vozila koja su sve češća tema u razvoju civilizacije. Primjena te tehnologije osigurava da se mjerenje može inicijalizirati u pokretu ako dođe do kratkog gubitka signala poput ulaska u tunel ili u neku usku ulicu (Šantek, 2014).

RTK sustavi mogu raditi na jednoj ili dvije frekvencije. Jednofrekventni sustavi su značajno povoljniji od dvofrekventnih, ali imaju važan nedostatak: ne podržavaju OTF tehnike inicijalizacije. Umjesto toga, jednofrekventni sustavi moraju koristiti alternativne metode za postizanje pouzdanog pozicioniranja (Šantek, 2014). Nekoliko studija su dokazale da će se točnost i otpornost uvođenjem treće frekvencije u GNSS prijamnike, koji koriste OTF algoritme znatno poboljšati u usporedbi s dvofrekventnim RTK sustavima (Premužić i dr., 2018).

Tablica 3.1. Inicijalizacija kod RTK mjerenja (Šantek, 2014)

Tip uređaja	Potrebno vrijeme za inicijalizaciju			Udaljenost (km)
	Poznata točka	Nova točka	OTF	
RTK jednofrekventni	~15 s (5 + SVs) ~30 s (4 + SVs)	~20 m	No	<10
RTK dvofrekventni	~15 s (5 + SVs) ~30 s (4 + SVs)	~60 s (5 + SVs)	No	<10
RTK dvofrekventni sa OTF	~15 s (5 + SVs) ~30 s (4 + SVs)	No	~60 s (5 + SVs)	<10

RTK metoda je najdominantnija tehnologija za potrebe održavanja katastarskih operata i mnogobrojnih ostalih inženjerskih projekata koje se oslanjaju na a priori definiranu točnost. Instrumenti se rapidno razvijaju i postaju sve pristupačniji diljem svijeta. Jedno od glavnih ograničenja je potreba za stalnom povezanošću s referentnom postajom, što može predstavljati

izazov u područjima s lošom infrastrukturom ili u udaljenim lokalitetima. Unatoč potencijalnim ograničenjima to jest situacijama koje mogu ometati signal, analize su uglavnom pozitivne što se tiče pouzdanosti tehnologije (Grgić i dr., 2018).

#### 4. MOBILNI SKENERI I VIDOC UREĐAJI

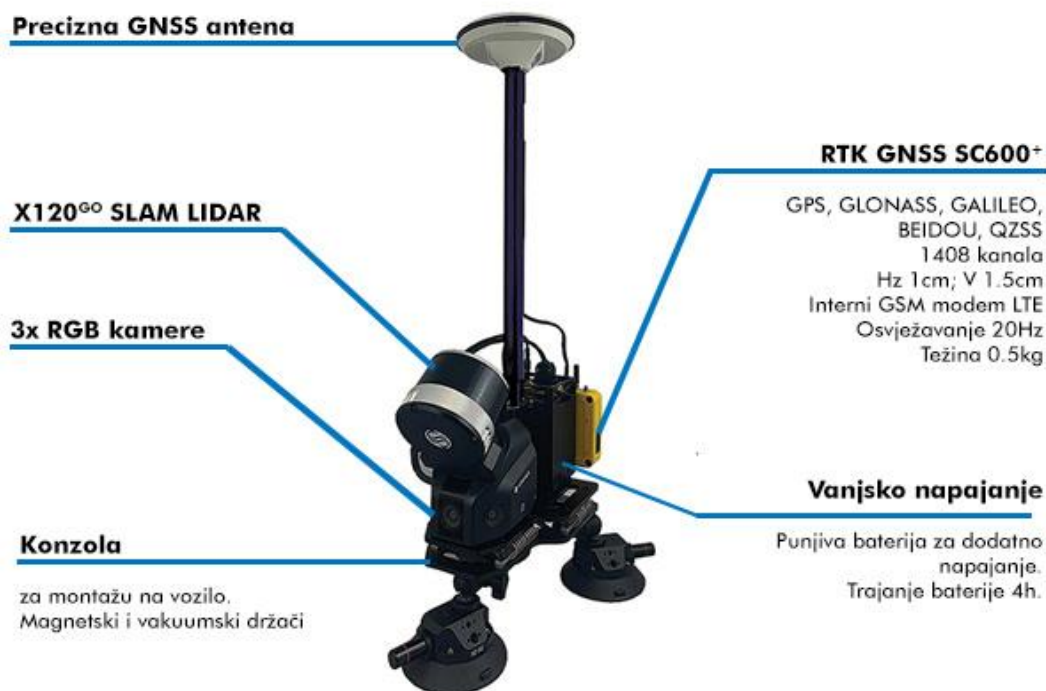
Mobilni skeneri i viDoc uređaji predstavljaju inovacije u suvremenim metodama izmjere, omogućujući brže i učinkovitije prikupljanje podataka u odnosu na tradicionalne mjerne metode. Sustavi laserskog skeniranja ne samo da pružaju mjerene podatke, već omogućuju i stvaranje trodimenzionalnih modela tih podataka (Büyükmihçi , 2023). Korištenje mobilnih skenera i viDoc uređaja omogućava geodetima da prikupe i obrade velike količine podataka s visokom točnošću i u vrlo kratkom vremenskom razdoblju. Mobilni skeneri koriste naprednu tehnologiju laserskog skeniranja LiDAR (*eng. Light Detection and Ranging*), koja omogućava prikupljanje detaljnih 3D podataka. Na slici 4.1. nalazi se 3D laserski skener s auto konzolom. Sa svojom tehnologijom, detaljnim skenovima i visokokvalitetnim slikama pogodan je za zahtjevne zadatke u geodeziji, građevini , arhitekturi i sličnim inženjerskim granama. Skener ima vidno polje 360 stupnjeva, što mu omogućuje snimanje pod raznim kutovima i udaljenostima (URL 9).

U svom radu Križanović i dr. (2024) izradili su 3D model crkve sv. Roka u Starom Gradu na otoku Hvaru. Usporedili su rezultate polarne izmjere, terestričkog laserskog skeniranja i mobilnog laserskog skeniranja iPhone-ovim LiDAR-om. Iz provedene analize došli su do zaključka da skeneri u mobitelima postižu dobru kvalitetu, ali još uvijek nije dovoljno dobra za inženjerske potrebe projektiranja. Zadovoljavaju potrebe vizualizacije i prezentacije neke krajnje građevine, ali ne više od toga.

Metode koje se već duži niz godina koriste u geodeziji za prikupljanje prostornih podataka to jest dobivanje 3D oblaka točaka su terestričko lasersko skeniranje (TLS) (*eng. Terrestrial Laser Scanning*) (URL 10) i fotogrametrija. Međutim tehnološke inovacije kao što su pametni telefoni, tableti i niskobudžetni senzori su prikupljanje prostornih podataka učinili pristupačnijim. Njihova svestranost, jednostavnost te laka prenosivost su jako bitni čimbenici u širokoj primjeni tih uređaja. Kroz vremensko razdoblje ti uređaji dolaze u sve naprednijim oblicima, kako od kamere pa do ugrađenih LiDAR senzora (URL 11). Uređaji koji sadrže LiDAR senzore koriste svoj vlastiti sustav za pozicioniranje te vrlo vjerojatno dolazi do pomaka točnije pogrešaka tijekom mjerenja (Büyükmihçi , 2023). Iz tog razloga došlo je do razvoja viDoc RTK antene koja se integrira s pametnim uređajima koji posjeduju LiDAR senzore. Rezultat nekih studija je dao apsolutnu točnost veću od 5 centimetara. U daljnjem toku rada analizirati će se dobivena točnost iz mjerenja.



## X120<sup>GO</sup> SLAM LIDAR AUTO konzola



Slika 4.1. Mobilni 3D laserski skener (URL 9)

### 4.1. PREDNOSTI I IZAZOVI MOBILNIH SKENERA

Mobilni skeneri predstavljaju značajan napredak u području geodetskih i katastarskih izmjera, jer omogućuju brzo, efikasno i fleksibilno prikupljanje podataka u različitim uvjetima i okruženjima. Prednosti mobilnih skenera su brojne i čine ih izuzetno korisnima. Jedna od izraženijih je brzina i detaljnost prikupljanja podataka. Ovi uređaji omogućuju prikupljanje podataka u realnom vremenu, čime se značajno smanjuje vrijeme potrebno za obradu i analizu podataka. Mobilni skeneri također omogućuju stvaranje 3D modela s izrazitom točnošću, što je neizostavna činjenica za bilo koji projekt (Hakansson, 2019). Ova tehnologija koristi napredne lasere i senzore za skeniranje prostora i stvaranje detaljnih 3D BIM-a (*eng. Building Information Modeling*) (URL 12), koji se kasnije mogu koristiti u različitim aplikacijama, od izrade katastarskih planova, analize terena do zahtjevnih građevinskih projekata. Mobilnost i svestranost mobilnih skenera čine ih izuzetno korisnima u situacijama kada je potrebno obaviti mjerenja na teško dostupnim ili velikim područjima. Sposobnost mobilnih skenera da se brzo

premještanju s jednog mjesta na drugo čini ih praktičnim za terenske radove u različitim okruženjima.

Uz brojne prednosti susrećemo se i s pojedinim izazovima koji mogu u potpunosti ograničiti upotrebu mobilnih skenera. Primjerice, potrebna je kalibracija. Male pogreške u kalibraciji mogu uzrokovati netočne podatke o položaju i geometriji okruženja, što može negativno utjecati na kvalitetu skeniranja i kasniju obradu podataka. U urbanim sredinama, gdje postoji velik broj zgrada i različite infrastrukture, skeneri mogu imati poteškoća u točnom snimanju podataka zbog odsjaja ili smanjenog vidnog polja. Isto tako, u izuzetno zahtjevnim vremenskim uvjetima, poput magle, kiše ili snijega, mogu imati smanjenu točnost ili čak prestati funkcionirati (Hakansson, 2019). Također zahtijevaju složenu koordinaciju između različitih sustava jer funkcioniraju na osnovu integracije različitih uređaja, što pridonosi složenosti i razini zahtjevnosti rukovanja.

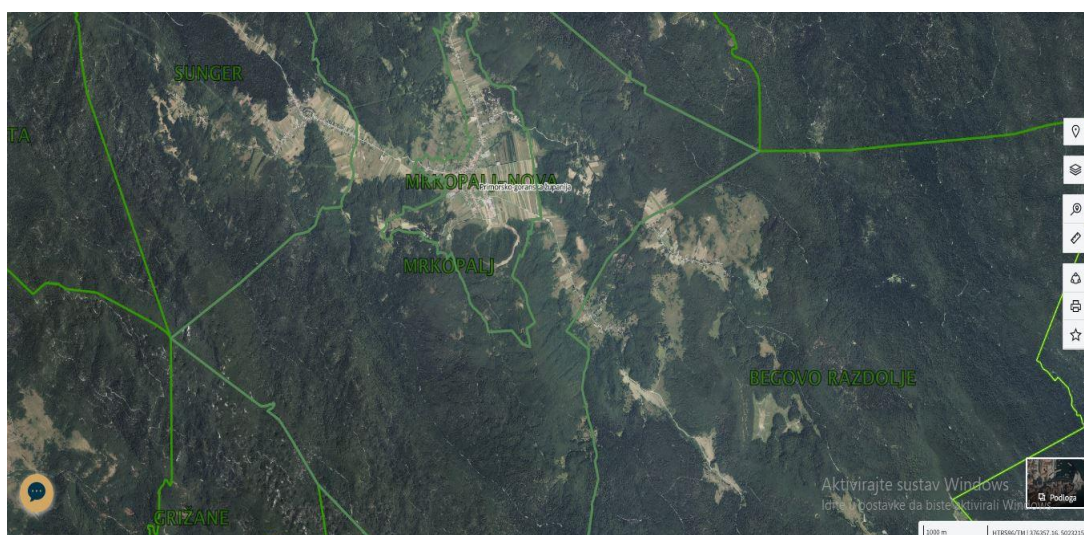
## 5. PRIKUPLJANJE PODATAKA ZA ANALIZU

Glavni zadatak ovog diplomskog rada je usporedba podataka dobivenih polarnom metodom te ručnim skenerom to jest Iphone 13 pro s integriranom viDoc antenom. Koordinate dobivene polarnom metodom uzeti će se kao uvjetno nepogrešne te će poslužiti kao referentne u usporedbi s koordinatama dobivenih viDoc integracijom mobilnog skenera i GNSS RTK uređaja. Terenska mjerenja su uključivala rekognosciranje terena te detaljnu izmjeru čestice sa svim zgradama koje joj pripadaju.

Terenska mjerenja su se obavila u dva različita termina. U prvom terminu 18. travnja 2024. sudjelovao je Toma Baloević mag. ing. geod. et geoinf., kada su se prikupili podaci polarnom metodom. Sljedeće terensko mjerenje odrađeno je 24. svibnja 2024 u kojem su sudjelovali izv. prof. dr. sc. Hrvoje Tomić i Lana Ivković mag. ing. geod. et geoinf.

### 5.1 PRIKAZ PODRUČJA ZADATKA

Nova katastarska izmjera općine Mrkopalj započela je 2022. godine (Slika 5.1.) (URL 13). Sukladno tome određene su pojedine čestice na kojima će se provesti usporedba to jest analiza prikupljenih podataka (Slika 5.2.). Katastarska općina Mrkopalj smještena je u Primorsko-goranskoj županiji, unutar općine Mrkopalj. Jedna od nadmorsko najviših naseljenih općina. Graniči s k.o. Bribir, k.o. Begovo Razdolje, k.o. Delnice k.o. Grižane, k.o. Sunger i k.o. Stari Laz. Za općinu Mrkopalj nadležan je područni ured za katastar Rijeka.



Slika 5.1. Prikaz katastarske općine Mrkopalj (URL 14)

Prva zgrada od interesa je samostojeća kuća s pomoćnom zgradom (Slika 5.3.) koja se nalazi na katastarskoj čestici 4072/2. Odabrana je iz razloga što se relativno pod čistim horizontom nalazi, ali ipak jedan kut zgrade je u neposrednoj blizini većeg stabla s krošnjom te nadzemnog kabela za struju. Potencijalno bi mogli utjecati na točnost.



Slika 5.2. Prikaz katastarske općine Mrkopalj i katastarske čestice 4072/2 na kojoj se nalazi predmetna građevina (URL 14)



Slika 5.3. Prikaz zgrade mjerenja (URL 15)

## 5.2. KORIŠTENA OPREMA I METODE

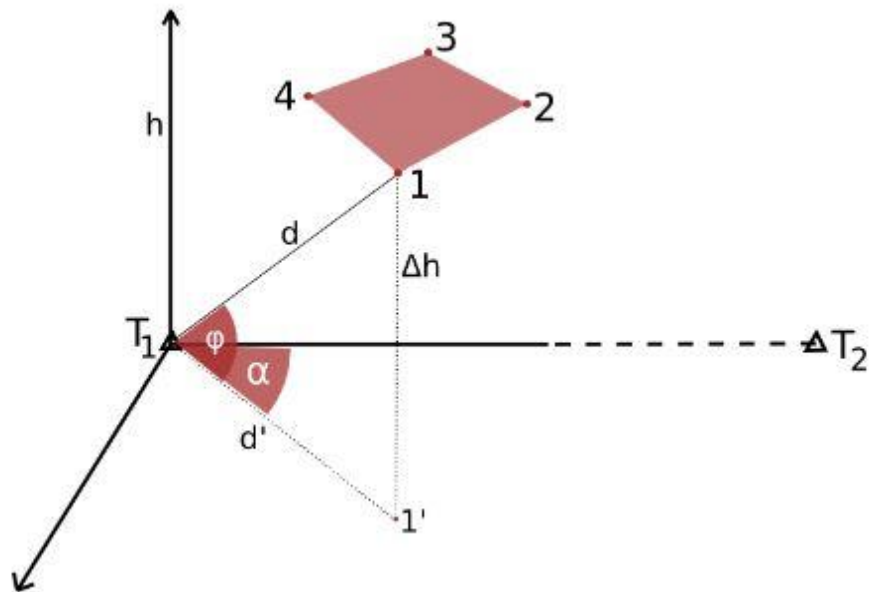
Pri terenskom mjerenju korišten je raznolik geodetski instrumentarij. Za polarnu metodu tzv. tahimetriju korištena je totalna stanica Nikon NPL 632 (Slika 5.4.) te Stonex S900+ GNSS RTK prijemnik. U drugoj fazi izmjere upotrijebljen je Iphone 13 pro s integriranom viDoc GNSS RTK antenom.



*Slika 5.4. Prikaz Nikon NPL 632 totalne stanice*

### 5.2.1. Polarna metoda

Polarnom metodom izmjere tzv. tahimetrija (Slika 5.5) mjere se relativne polarne koordinate pojedinih točaka detalja obzirom na neke točke (poligonske točke ili GPS točke) i neke početne smjerove s tih točaka (poligonske stranice). Tako će prostorne koordinate detaljne točke 1 s obzirom na točku T1 i smjer od nje prema točki T2 biti horizontalni kut  $\alpha$ , vertikalni kut  $\varphi$  i kosa dužina  $d$ . Dužina  $d$  mjeri se kod polarnog detalja indirektno, pomoću elektronskog daljinomjera (totalna stanica) (Džapo, 2008).



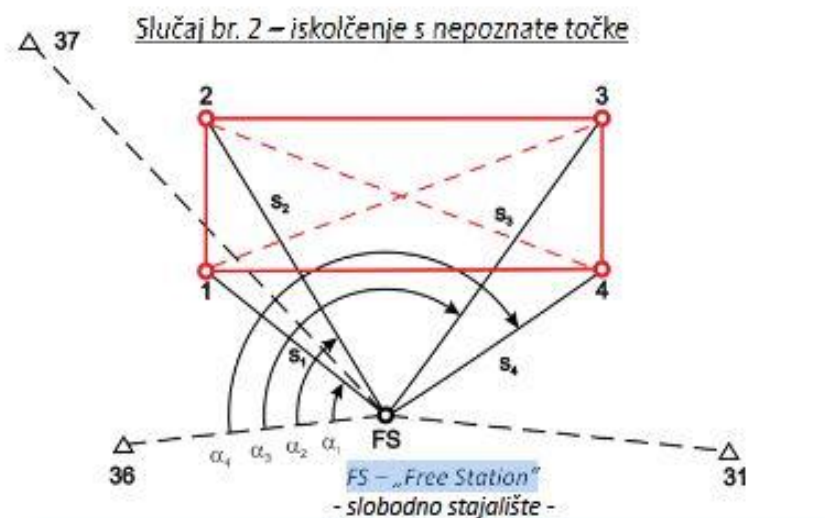
Slika 5.5. Polarna metoda (Džapo, 2008)

Mjerenjem detaljnih točaka dobiva se horizontalni i vertikalni prikaz. Sve potrebne veličine ( $\alpha$ ,  $\varphi$ ,  $r$  – visina signala) mjerimo totalnom stanicom (Slika 5.4.) i prizmom (Slika 5.6). Trigonometrijskim funkcijama računamo potrebne veličine dobivene totalnom stanicom. Današnje modernije totalne stanice same računaju koordinate detalja te robotizirane koje imaju pregršt inovacija integriranih u svoj princip rada.



Slika 5.6. Prizma (URL 16)

Na terenu je smješten instrument na nepoznatu točku (FS- eng. „free station“) s koje se orijentiralo na dvije poznate točke te viziralo jednu daleku točku koja je definira tzv. „nulu“, a služila za kontrolu tokom mjerenja (Slika 5.7.).



Slika 5.7. Slobodno stajalište (Paar, 2022)

### 5.2.2. GNSS RTK prijamnik

Princip funkcioniranja GNSS tehnologije temelji se na trilateraciji, metodi koja koristi udaljenosti između satelita i prijemnika na tlu. Poznavajući točan položaj satelita i brzinu širenja elektromagnetskog vala možemo jednoznačno odrediti koordinatu točke ako imamo čist horizont prema minimalno četiri satelita.

Pri uspostavi stajališta neopohodan je Stonex S900+ GNSS RTK prijamnik (Slika 5.8). Uređaj je opremljen je najnovijom GNSS pločom od 1408 kanala visokih performansi i sposoban je podržati sve satelitske konstalacije: GPS, GLONASS, BEIDOU, GALILEO, QZSS (URL 17). Kada je određen položaj najidealnijeg stajališta potrebno je izbaciti dva poligona na koja će se orijentirati. Na položaj su se zabili čavli za beton te obojali sprejom i imenovali poligoni. Poligoni su mjereni tri puta statikom od 10 sekundi. Nakon svakog mjerenja namjerno se izgubi signal to jest ponovno inicijalizira sustav i zaokrene se za 120 stupnjeva. Nakon toga u istom trenutku provjeravaju se koordinate mjerenja te uspoređuju da slučajno ne odstupaju više od 1.5 centimetra, a kasnije pri obradi se uzima sredina iz tih mjerenja kao koordinata poligona.



Slika 5.8. Prikaz Stonex GNSS RTK prijemnika (URL 18)

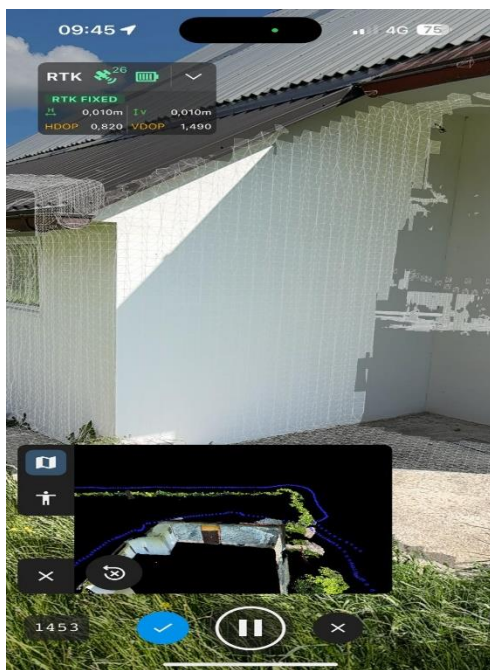
### 5.2.3. ViDoc RTK rover

ViDoc RTK (Slika 5.9.) rover je uređaj koji je 2021. izašao na tržište te još nije u toliko širokoj primjeni diljem svijeta. Razvila ga je eminentna Švicarska tvrtka Pix4D, poznata po naprednim softverskim rješenjima za fotogrametriju i obradu 3D podataka. Prikuplja prostorne podatke na način da se integrira s pametnim uređajima kao što su mobiteli i tableti. Antena sinkronizirana s PIX4Dcatch (Slika 5.10.) aplikacijom omogućuje izradu georeferenciranih slika s RTK točnošću i 3D modela u realnom vremenu, dok je spojen s NTRIP uslugom (*eng. Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*). Uređaj omogućuje vremenski zahtjevnije skeniranje zahvaljujući litijским baterijama. Nakon što se viDoc upari s Pix4Dcatch aplikacijom, osigurava povezanost s NTRIP uslugom i stalni pristup internetu, može se krenuti sa skeniranjem. Skenirano je tako da se nagnula kamera pod lagano kosim kutom kako bi se izbjegnuli mrtvi kutovi i dobio zatvoreni 3D model (Slika 5.11.).





Slika 5.9. Prikaz viDoc RTK rovera uparenog s mobitelom (URL 19)



Slika 5.10. Prikaz PIX4Dcatch sučelja



Slika 5.11 Prikaz skeniranja

#### 5.2.4. Iphone 13 pro

Krajem 2020. godine tvrtka Apple Inc. proizvela je prvi uređaj s ugrađenim LiDAR sensorima dubine i A15 Bionic čip procesorom koji donosi vrhunske performanse kod grafičko zahtjevnih aplikacija. Zahvaljujući LiDAR-u koji mjeri fazni pomak laserskih impulsa za mjerenje udaljenosti, noviji uređaji imaju raznolike sposobnosti fokusiranja, isticanja te pozicioniranja virtualnih objekata u stvaran prostor. Askar i Sternberg (2023) testirali su više aplikacija za mobilno lasersko skeniranje pomoću iPhone LiDAR-a, uključujući 3D Scanner App, PolyCam, SiteScape i Scaniverse. Zaključili su da svaka od njih zahtijeva udaljenost skeniranja od 3 do 5 metara za optimalne rezultate. Na slici 5.12. prikazan je izgled stražnje kamere i LiDAR senzor na iPhone-u 13 Pro. Pro sustav kamera od 12 MP: telefoto, širokokutna (100% piksela u fokusu) i ultraširokokutna. Portrete u noćnom modu omogućuje LiDAR senzor (URL 20).



Slika 5.12. Stražnja kamera Apple Iphone 13 pro (Zaczek-Peplinska i Kowalska, 2022)

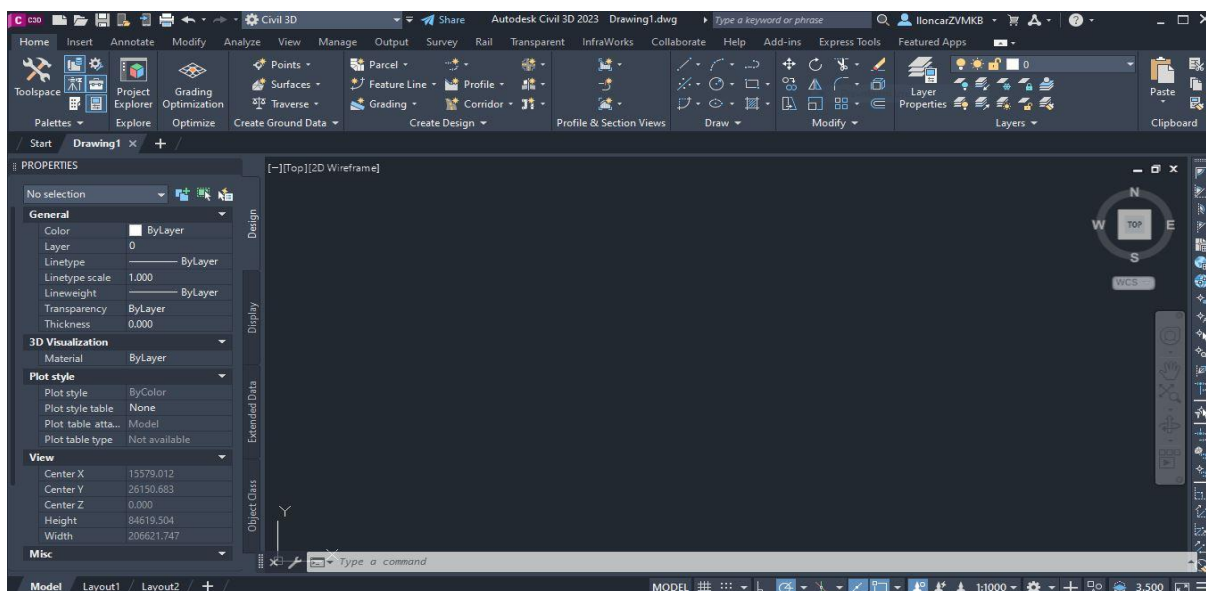
## 6. OBRADA PODATAKA

Zadatak ovog diplomskog rada je usporedba podataka dobivenih tradicionalnom provjerenom polarnom metodom i podataka prikupljenih ručnim skenerom. U cilju da se dobiju rezultati efikasnosti i pouzdanosti viDoc RTK rover-a za potrebe katastarske izmjere.

Obrada podataka je temeljni segment u gotovo svakom projektu te zahtjeva educirano osoblje koje će znati pristupiti kompleksnijim i specifičnijim zadacima. Pri obradi, vizualizaciji i analizi prikupljenih prostornih podataka korišteni su razni softveri. Osnovni softveri koji su se upotrebljavali su AutoCAD Civil 3D, PIX4Dmatic, PIX4Dsurvey, CloudCompare i Microsoft Excel.

### 6.1. KORIŠTENI SOFTVERI

AutoCAD je softver za tehničko crtanje i projektiranje koji je razvila tvrtka Autodesk. Pomoću AutoCAD-a kreiramo 2D crteže i 3D modele koji su od velike važnosti u prostornom planiranju, arhitekturi, dizajnu i mnogim drugim strukama bitnih za razvoj prostora. Softver nudi različite moćne alate i naredbe (Slika 6.1.) koji omogućuju manipulaciju nad svakim detaljem projekta, od jednostavnijih crteža do kompleksnih trodimenzionalnih struktura. AutoCAD ima također široku paletu drugih softvera s kojima se može integrirati i izvesti podatke.



Slika 6.1. Prikaz sučelja AutoCAD Civil 3D-a

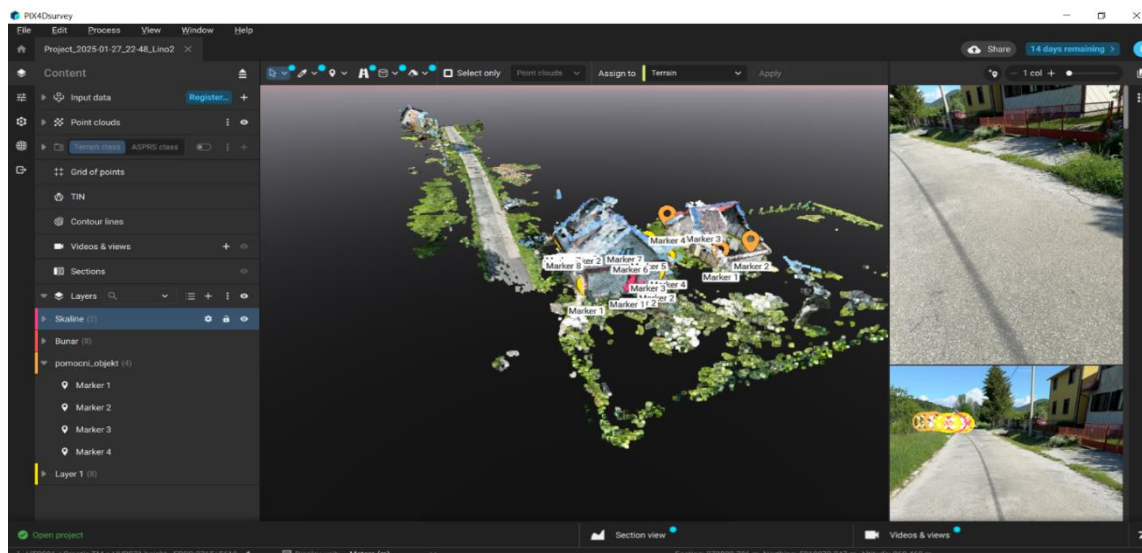
PIX4Dmatic predstavlja novu generaciju softvera za profesionalnu obradu fotogrametrijskih podataka prikupljenih dronom ili terestričkim laserskim skenerom. Dizajniran je za brzo i jednostavno rukovanje velike količine podataka održavajući visoku točnost. Razvijan je u bliskoj suradnji s geodetskim stručnjacima kako bi na ispravan način unaprijedio sve faze projekta te besprijekorno omogućio izvoz podataka u druge softvere, primjerice PIX4Dsurvey (PIX4D, 2024). U PIX4Dsurveyu možemo vrlo efikasno i kvalitetno manipulirati podacima te ih dalje izvoziti.

Rekonstrukcije u PIX4Dmaticu sučelju se mogu promatrati u dvije dimenzije 2D i 3D (Slika 6.2.). Sučelje je podijeljeno na tri dijela.



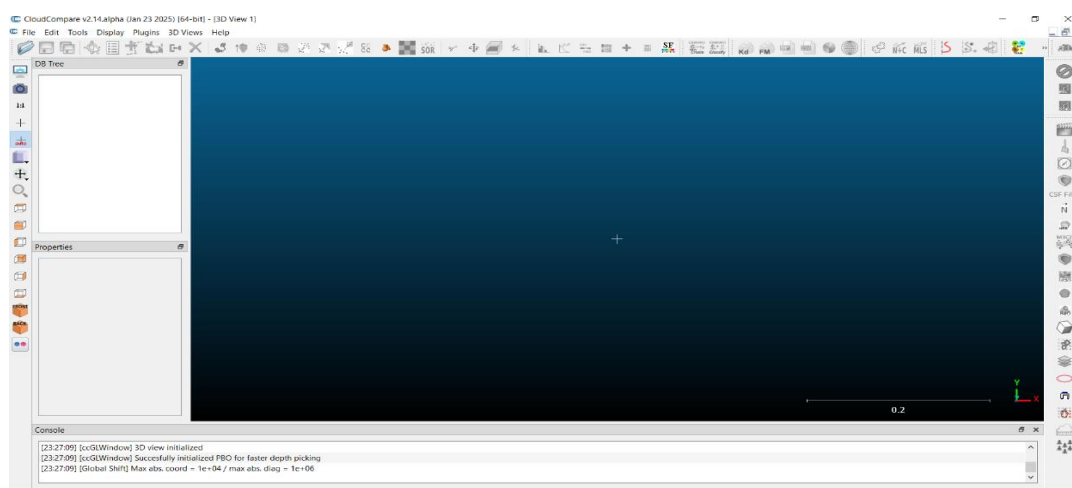
Slika 6.2. Prikaz PIX4Dmatic sučelja (PIX4D, 2024)

PIX4Dsurvey je revolucionaran softver za obradu i integraciju različitih vrsta podataka (Slika 6.3). Ima široku primjenu u mnogim strukama, a potencijal eksponencijalno raste samim razvitkom fotogrametrije i ciljem za održivim upravljanjem zemljišta. Softver je odličan posrednik između fotogrametrije i CAD-a. Strukturiran je za obradu velike količine podataka te nudi raznolik izbor alata za kvalitetnu analizu. Upravo zbog toga štedi vrijeme pri obradi i jednostavnim naredbama omogućava izračun volumena, vektorizaciju, kreiranja TIN-a (*eng. Triangular Irregular Network*). TIN modelira površinu terena pomoću mreže trokuta na osnovu kojeg se stvaraju konture. Zahvaljujući tim alatima stručnjaci mogu vizualizirati teren, planirati građevinske radove računajući nagibe i eroziju, kartirati i slično (URL 21).



Slika 6.3. Prikaz PIX4Dsurvey sučelja

CloudCompare predstavlja softver otvorenog koda namijenjen za analizu, obradu i vizualizaciju 3D podataka. Softver podržava širok spektar ulaznih i izlaznih formata podataka. Nudi raznolike alate za registraciju oblaka točaka, analizu promjena između njih što može biti vrlo korisno u mnogim strukama (npr. za praćenje promjena na terenu ili građevinskim objektima). CloudCompare je optimiziran za rad s velikim oblacima točaka, što ga čini poželjnim za kompleksne geodetske i druge inženjerske projekte (Reitz i Wenzel, 2012). Unatoč mnoštvu alata za manipulaciju s podacima, nudi intuitivno sučelje koje je prilagođeno početnicima (Slika 6.4.).



Slika 6.4. Prikaz CloudCompare sučelja

## 6.2. TIJEK OBRADE PODAKATA U PIX4Dmatic-u

Nakon što se uz pomoć PIX4Dcatch aplikacije prikupile georeferencirane slike i ostali podaci od važnosti, prebačeni su na računalo i dalje obrađeni u PIX4Dmatic fotogrametrijskom softveru. Učitana je mapa sa svim podacima te se stvorio novi projekt. Kod uređaja koji sadrže LiDAR učitavaju se sve Confidence.tiffs, DepthMap.tiffs i Image.jpgs (Slika 6.5.). Datoteke Confidence.tiff i DepthMap.tiff predstavljaju podatke o dubini LiDAR-a, dok Image.jpg datoteke predstavljaju sadržaj slika. Nakon učitavanja mogu se dodati ili izbrisati pojedine slike. Potom se odabrao HTRS96/TM horizontalni i HVRS71 visinski koordinatni sustav.



Slika 6.5. Učitane datoteke u PIX4Dmatic

### 6.2.1 Kalibracija podataka

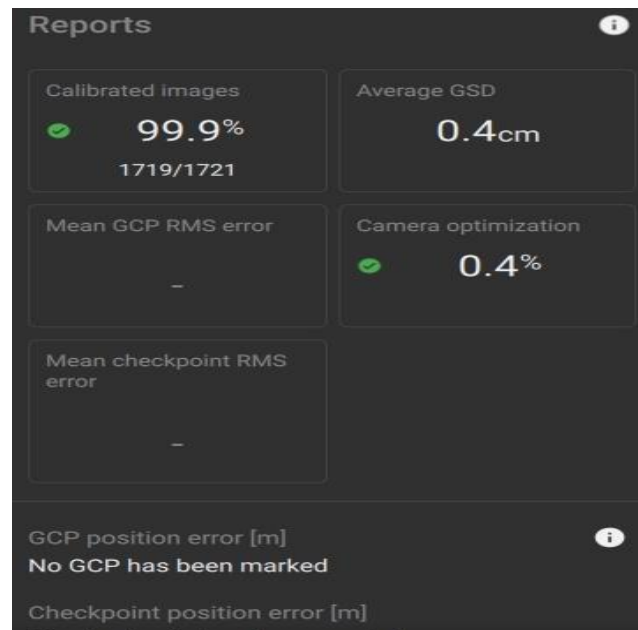
Prvi korak obrade podataka je kalibracija. PIX4Dmatic će primijeniti optimizirane unutarnje i vanjske parametre kamere. Kod unutarnje kalibracije kamere softver određuje distorziju leće, dok kod vanjske kalibracije računa položaj i orijentaciju kamere u trenutku snimanja svake slike. Predložak za obradu podataka je automatski odabran to jest PIX4Dcatch. Kod opcije “Pipeline“ odabrano je “ *Trusted location and orientation*“, tim odabiremo način optimizacije unutarnjih i vanjskih parametara kamere (Slika 6.6). Opcija “Use depth maps“ aktivirana je prema zadanim postavkama za projekte snimljene s LiDAR podacima o dubini. Po želji korisnika se mogu isključiti, ali kada su uključene, karte dubine (*eng. Depth maps*) generirane pomoću PIX4Dcatch koriste se za bolju kalibraciju.



Slika 6.6. Kalibracija podataka

Kalibracija je jako bitan dio obrade podataka, jer se njom postiže oblak točaka veće kvalitete. O kvaliteti kalibracije ovisi točnost svih kasnijih koraka, uključujući rekonstrukciju oblaka točaka, digitalnog modela terena, ortomozaika i slično. Zato je potrebno provjeriti izvješće (Slika 6.7) kvalitete kalibracije te je li zadovoljava zahtjeve zadatka. Rezultati kalibracije se mogu prikazati kroz više pokazatelja. Jedan od najbitnijih je postotak kalibriranih slika koji je u ovom slučaju 99,9% to jest 1719/1721 slika je softver uspio georeferencirati i povezati. GSD (*eng. Ground Sampling Distance*) predstavlja rezoluciju odnosno udaljenost između dva susjedna piksela te stvarnu veličinu piksela na tlu (PIX4D, 2024). Što je veći GSD, to je manje detalja na svakoj slici i rekonstrukcijama. GSD se izražava u centimetrima po pikselu te računa formulom (1):

$$GSD = \frac{\text{visina leta} \times \text{veličina piksela senzora}}{\text{žarišna duljina kamere}}$$

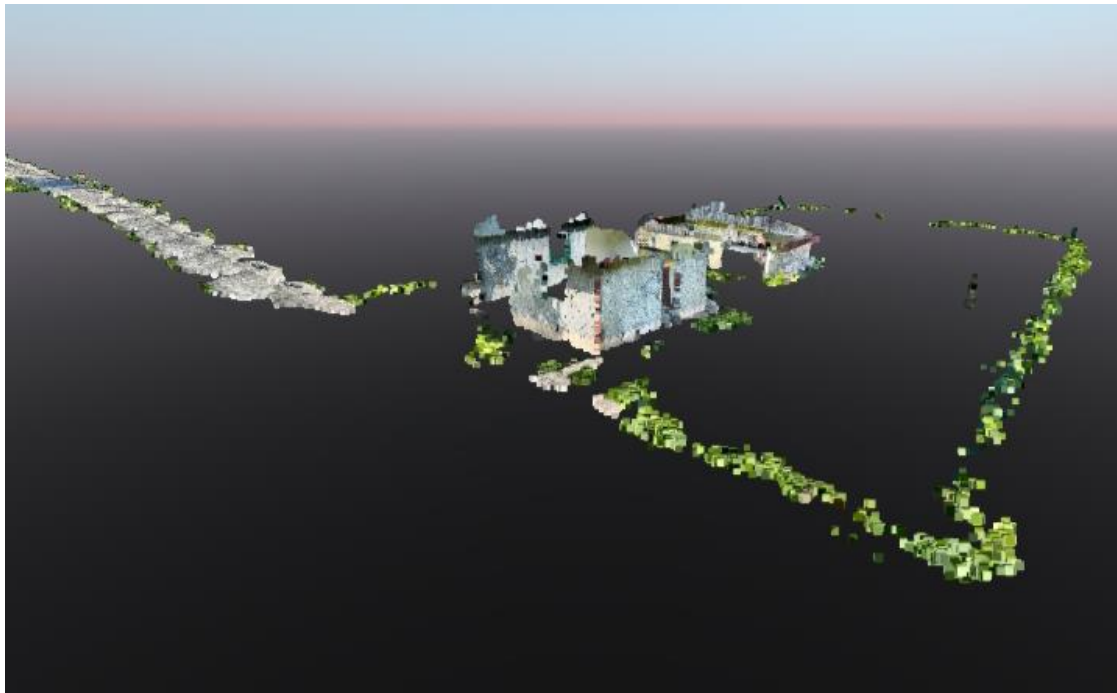


Slika 6.7. Izvješće kvalitete kalibracije podataka

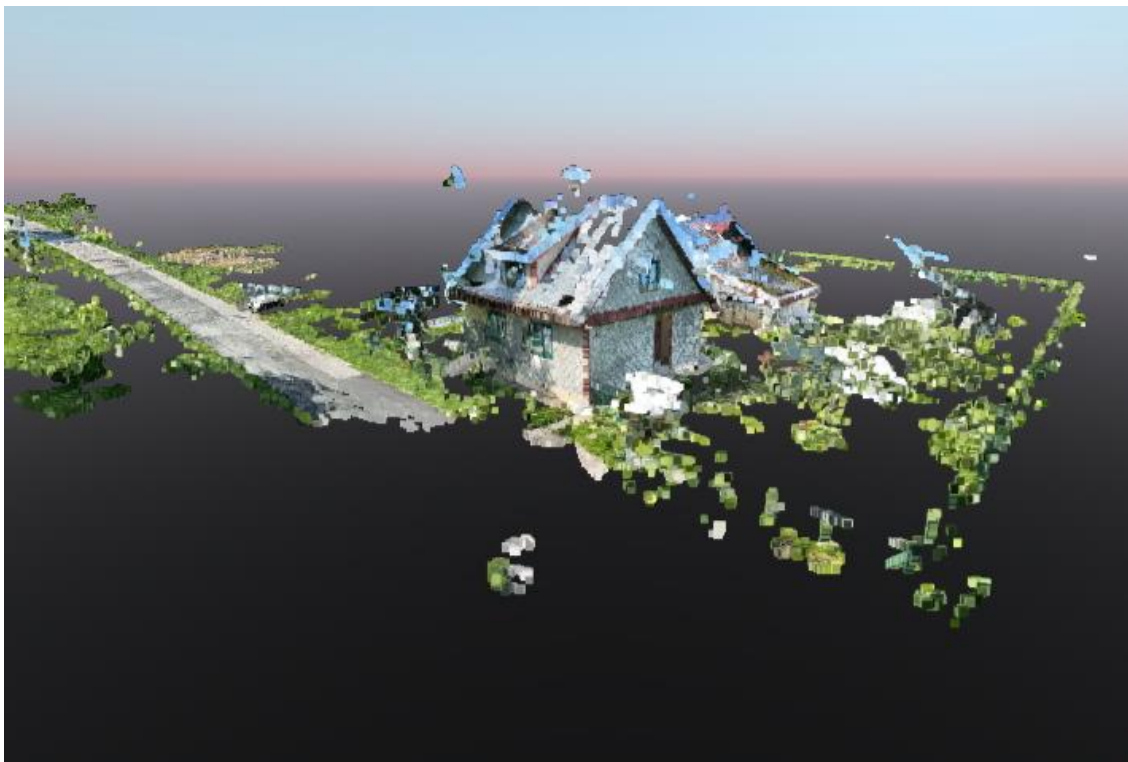
### 6.2.2. Fuzija LiDAR i gustog oblaka točaka

U sljedećem koraku obrade podataka kreirao se oblak točaka s dubinskom i gustom fuzijom (*eng. A depth and dense fusion point cloud*). To je kombinacija LiDAR oblaka točaka (*eng. Depth point cloud*) (Slika 6.8.) s fotogrametrijskim gustim oblakom točaka (*eng. Dense point cloud*) (Slika 6.9.). Takav oblak točaka se može proizvesti samo od slika snimljenih uređajem koji posjeduje LiDAR senzor i PIX4Dcatch aplikaciju (Slika 6.10.). Taj model će se koristiti i dalje za stvaranje digitalnog modela površine (*eng. Digital surface model*), kako bi se dobio gušći model.





*Slika 6.8. LiDAR oblak točaka*



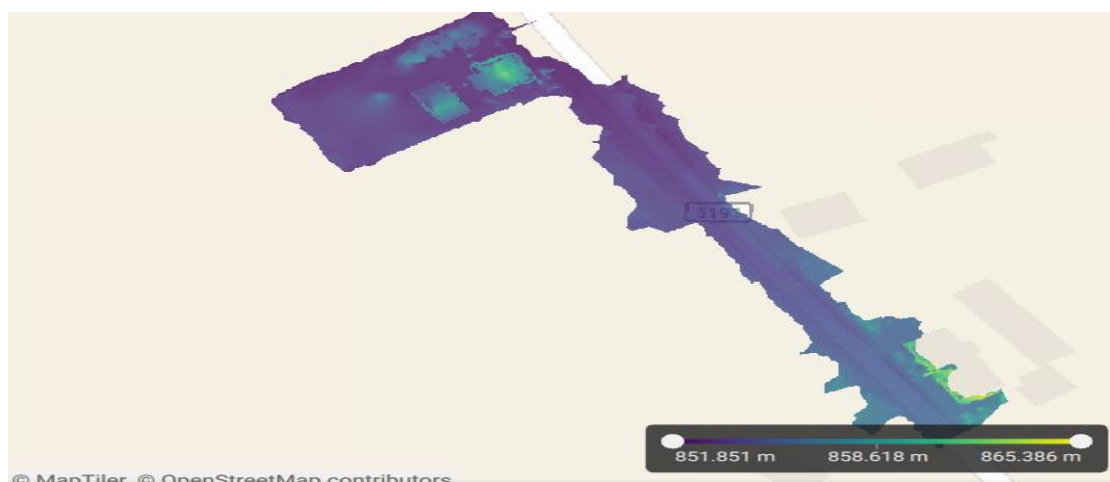
*Slika 6.9. Gusti oblak točaka*



*Slika 6.10. Fuzija LiDAR i gustog oblaka točaka*

### 6.2.3. Digitalni model površine

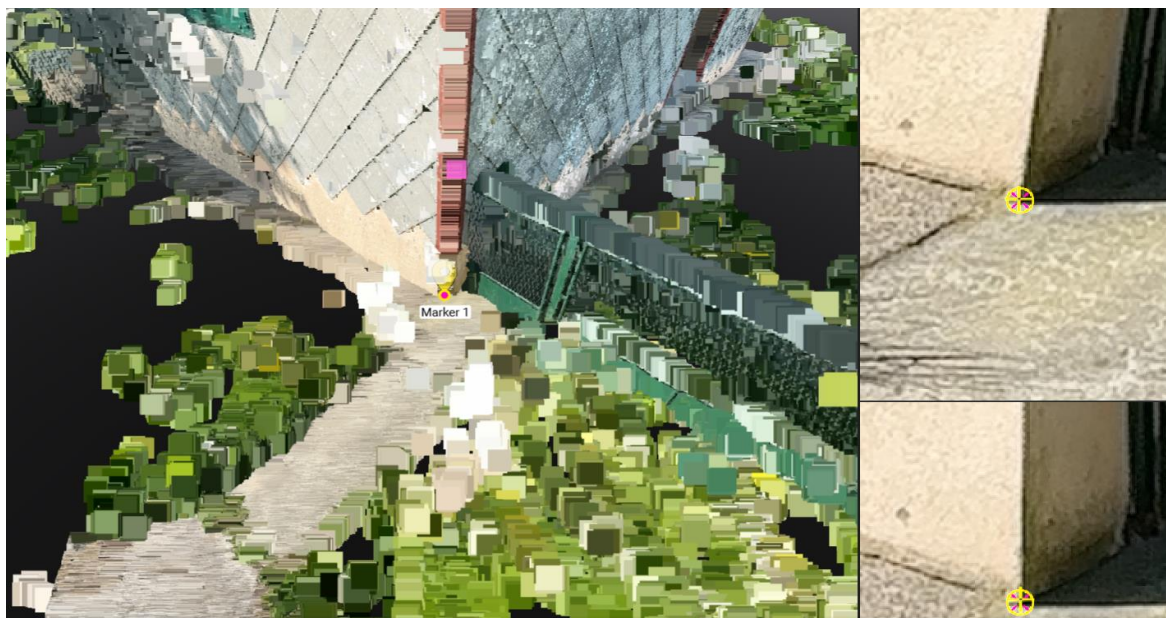
Na osnovu fuzije LiDAR i gustog oblaka točaka će se izraditi digitalni model površine (Slika 6.11.). Digitalni model površine je dvodimenzionalni prikaz nadmorske visine svega u području interesa, prirodnog i umjetnog. Razlike su prikazane u različitim bojama koje se koriste za predstavljanje svake visine. Na području izmjere nema ozbiljnih razlika u visini zato su prikazane laganim prijelazom točnije nijansama boja. Raspon visina je od 851,851 m do 865,386 m. Tamnoplavi to jest niži dijelovi predstavljaju cestu te kanal dok žuti dijelovi modela su zgrade i stabla.



*Slika 6.11. Digitalni model površine zadanog područja*

### 6.3. TIJEK OBRADJE PODATAKA U PIX4Dsurvey-u

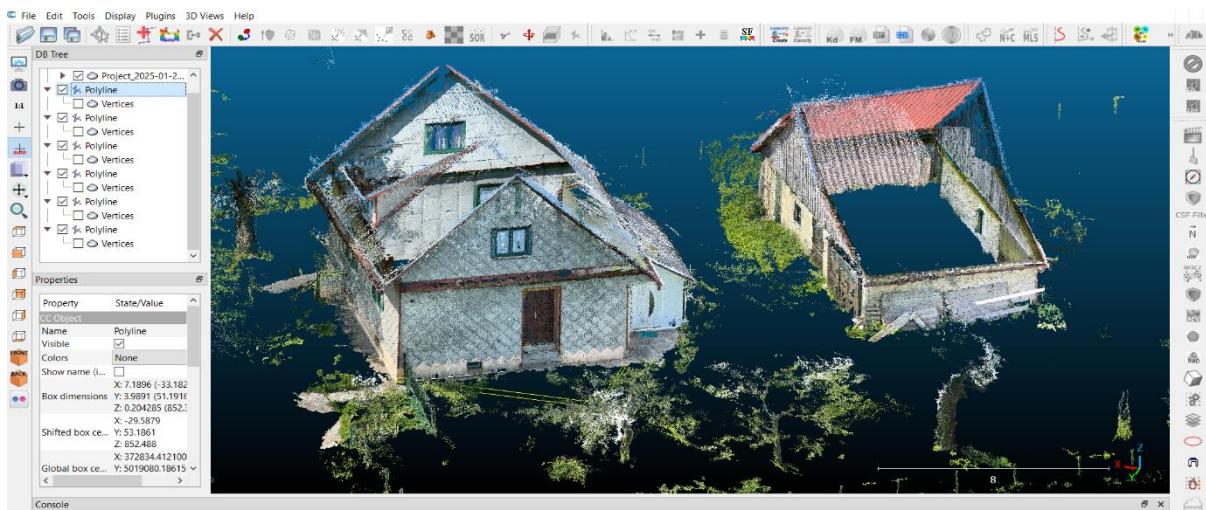
Nakon što je oblak točaka iz PIX4Dmatic-a (.p4m) učitani u PIX4Dsurvey, povezani su i ulazni podaci to jest slike. Započinje proces vektorizacije zgrade odnosno pretvaranje oblaka točaka u vektorske entitete kao što su točke, linije i poligoni. Ovaj proces omogućuje točno izdvajanje karakterističnih elemenata iz oblaka točaka, a koji su potrebni za analizu u ovom radu. Točke od interesa se uz pomoć naredbe *Marker* definiraju na modelu, a zatim da bi se definirali položaji lomnih točaka zgrade trebaju se koristiti učitane slike. Na slikama se vrlo dobro može prepoznati zgrada od interesa te ju na minimalno dvije slike označiti na položaj koji se prethodno mjerio totalnom stanicom. (Slika 6.12.). Uz pomoć naredbe na tipkovnici *Ctrl + Scroll* zumirala bi se slika i označavali položaji. Poželjno je da se to obavi iz par različitih slika, ali ipak treba paziti na njihove kutove snimanja koji mogu biti varljivi. Nakon što se označe i vektoriziraju svi položaji preko slika, spremni su za izvoz u .dxf format.



Slika 6.12. Označavanje lomnih točaka zgrade preko slika

### 6.4. TIJEK OBRADJE PODATAKA U CLOUDCOMPARE-U

U CloudCompare učitana je datoteka u .laz formatu koja je prethodno izvežena iz PIX4Dmatic softvera. Da bi se vektoriziralo po oblaku točaka koristi se naredba *Trace a polyline by point picking*. Pažljivo se odabiru točke prema linijama zgrada (Slika 6.13).



*Slika 6.13. Vektorizacija zgrade u CloudCompare-u*

U daljem toku rada će se usporediti točnost i pouzdanost vektorizacije iz otvorenog softvera CloudCompare i komercijalnog PIX4Dsurvey softvera.

## 7. ANALIZA REZULTATA

Izmjera područja interesa za ovaj rad obavljena je dvjema metodama. Polarnom metodom koja se smatra bezuvjetno točnom i skeniranjem uz pomoć mobilnog skenera s integriranom viDoc GNSS RTK antenom.

Nakon obrade svih podataka, cilj je izvoziti ih u .dxf format kako bi se mogli usporediti. Prvenstveno su vektorizirani u licenciranom PIX4Dsurvey softveru koji je bio osnova za mjerodavnu analizu. Vrlo precizno se mogla odrediti gotovo svaka točka izmjere. U AutoCAD-u se prvi put vizualno mogla procijeniti točnost viDoc uređaja, koja se čini poprilično dobrom. Da bi se hipoteza mogla dokazati, preostalo je dobiti koordinatnu razliku dvaju mjerenja. Sve koordinate se izvoze i unose u Microsoft Excel koji dalje služi za analizu dobivenih podataka (Tablica 7.).

*Tablica 7.1. Popis koordinata dobivenih polarnom izmjerom*

Br. točke	Northing (Y) [m]	Easting (X) [m]
1	5019082,174	372.837,988
2	5019078,191	372830,848
3	5019076,298	372831,916
4	5019075,074	372829,709
5	5019070,891	372832,178
6	5019072,137	372834,342
7	5019074,203	372842,510
8	5019079,825	372832,689
9	5019080,513	372833,882
10	5019071,115	372840,636
11	5019070,633	372841,195

12	5019070,413	372841,838
13	5019071,142	372843,095
14	5019072,669	372843,177
15	5019073,259	372842,632
16	5019073,110	372823,605
17	5019069,611	372818,509
18	5019061,027	372824,502
19	5019064,360	372829,742

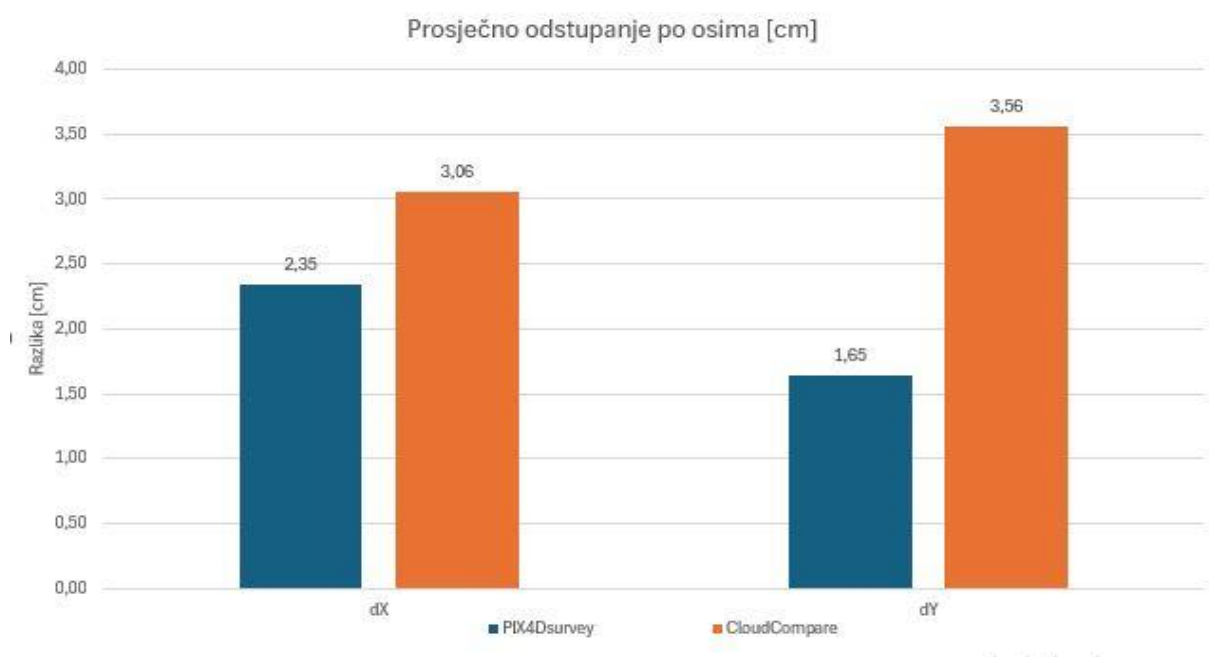
Podaci su vektorizirani u dva različita softvera kako bi se usporedio besplatni softver otvorenog koda, CloudCompare i licencirani PIX4Dsurvey. Uspoređene su osi zgrada, koje se evidentiraju u katastarskoj izmjeri, a to su točke 1 – 7 i 16 – 19. Koordinate svih identičnih točaka čiji se položaj mjerio različitim metodama su izvezene kako bi se dobilo koordinatno odstupanje (Tablica 7.1.).

Tablica 7.2. Dio analiziranih podataka

Broj točke	Koordinate razlike PIX4Dsurvey		Koordinatne razlike CloudCompare	
	$\Delta Y$ [cm]	$\Delta X$ [cm]	$\Delta Y$ [cm]	$\Delta X$ [cm]
1	-0,73	3,59	-1,81	3,29
2	-1,54	-0,34	1,86	1,26
3	0,23	-2,69	1,37	4,10
4	0,46	0,63	1,02	-0,62
5	2,26	-2,13	4,48	2,02
6	0,03	-3,58	4,45	4,39

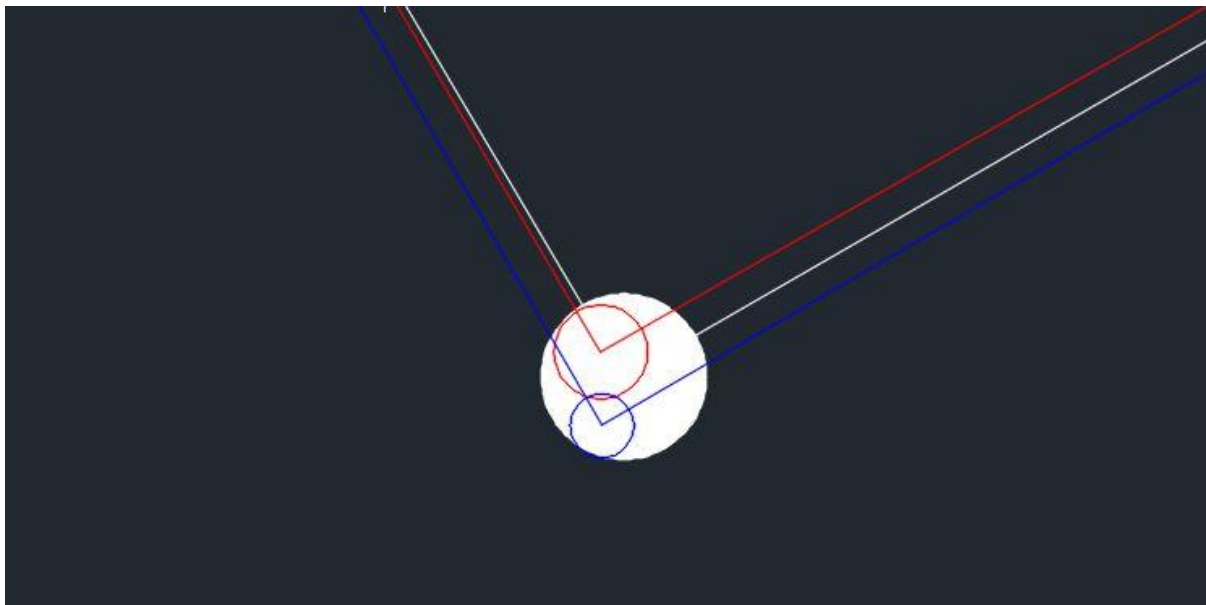
7	-0,96	0,60	10,60	-8,55
16	-0,35	4,07	-1,24	-1,34
17	4,24	-1,24	-3,19	-1,20
18	-0,53	-3,49	1,40	3,53
19	1,65	-1,36	-7,75	3,41

Najveće odstupanje od polarne metode dobiveno je pri obradi u CloudCompare-u, po x-osi 8,55 cm i po y-osi 10,60 cm. Dok su najmanja odstupanja viDoc RTK podataka vidljiva u licenciranom PIX4Dsurvey softveru, a iznose 0,34 cm po x-osi odnosno 0,03cm po y-osi. Dobivene su prosječne razlike iz svih podataka snimljenih viDoc RTK uređajem te potom obrađenih u PIX4Dsurvey-u, a iznose  $\Delta x = 2,35$  cm i  $\Delta y = 1,65$  cm dok prosječne razlike za iste podatke vektorizirane u CloudCompare-u iznose  $\Delta x = 3,06$  cm i  $\Delta y = 3,56$  cm ( Slika 7.1.). Preciznost totalne stanice Nikon NPL 632 iznosi 3mm + 2ppm, što znači da se osi to jest koordinate točaka zgrada mogu dobiti još točnije, korištenjem neke druge preciznije totalne stanice.



Slika 7.1. Prosječne razlike po osima dobivenih podataka u dva različita softvera

Slika 7.2. prikazuje točku 5 i tri različite polilinije koje prikazuju odstupanje osi zgrade ovisno o softveru u kojem su vektorizirane. Bijela predstavlja stvarnu os zgrade to jest dobivenu polarnom izmjerom dok je plava polilinija dobivena iz CloudCompare-a, a crvena iz PIX4Dsurvey-a. Iz priložene slike možemo pretpostaviti da se iz CloudCompare-a mogu također dobiti poprilično točni rezultati, ali imaju veću učestalost za grubim pogreškama.



*Slika 7.2. Odstupanja osi zgrade*

Prema dobivenim rezultatima zaključuje se da je PIX4Dsurvey bolji softver za obradu viDoc RTK podataka. Zahvaljujući učitanim georeferenciranim slikama nudi znatno pouzdaniju i jednostavniju vektorizaciju.



## 8. ZAKLJUČAK

Mobilno lasersko skeniranje predstavlja revolucionarnu tehnologiju koja postiže sve veću popularnost i primjenjivost za modeliranje stvarnog okruženja. Za razliku od statičkog skeniranja, omogućuje prikupljanje oblaka 3D točaka okoline u pokretu, pješice, vozilom ili zrakom. Koristeći viDoc RTK rover integriran s iPhone uređajem prikupljali su se izravno georeferencirani podaci što je omogućilo da 3D oblak točaka bude smješten u željenom koordinatnom sustavu.

Cilj ovog diplomskog rada je bio usporediti podatke dobivene polarnom metodom i rezultatima prikupljenih integracijom viDoc RTK rovera i mobilnog uređaja za potrebe katastarske izmjere. Polarna metoda je najtočnija metoda izmjere i uzeli smo ju kao beuzvjetno točnu. Koordinate dobivene polarnom izmjerom uspoređivane su s koordinatama drugih metoda te su dobiveni rezultati, to jest odstupanja. Osim visoke točnosti polarna metoda neovisna je o GNSS signalu što je u pojedinim situacijama neophodno da bi se izmjera izvršila. Prikupljanje podataka zahtijeva više terenskog rada i sama oprema nije lagana. Upravo zbog toga viDoc ručni skener svojom jednostavnošću i lakoćom korištenja omogućuje izrazito dobru dopunu polarnoj metodi ili čak zamjenu u pojedinim sferama izmjere. Instrumentom se jako brzo prikuplja velik broj podataka te je lako prenosiv, a to je prva prednost koju možemo uočiti kod te dvije metode. Dobiveni rezultat je oblak točaka koji se naknadno obrađuje virtualnom izmjerom. U smislu katastarske izmjere obrada virtualnom izmjerom zahtijeva dodatno utrošeno vrijeme u usporedbi s polarnom izmjerom. Iako, velik broj prikupljenih podataka u kratkom vremenskom roku ima i svoje prednosti. Ako se naknadno pojavi potreba za izmjenama ili je neka točka izostavljena tijekom mjerenja, oblak točaka omogućuje jednostavan pristup potrebnim informacijama bez potrebe za ponovnim terenskim snimanjem.

Iz provedene analize zaključuje se da je moguće postići modele s apsolutnom točnošću većom od 5 centimetra. Oprema za polarnu metodu može biti jako skupa, dronovi se mogu ograničiti propisima i baš zbog toga viDoc RTK rover postiže svoju popularnost. Unatoč brojnim prednostima, ima i određene nedostatke i ograničenja. Njegova točnost je ograničena u gusto naseljenim područjima ili šumovitim predjelima s lošom satelitskom vezom. Primjenjivost viDoc integracije mobilnog skeniranja i GNSS RTK uređaja definitivno može pridonijeti bržoj i efikasnijoj katastarskoj izmjeri no isključivo u kombinaciji s već postojećim metodama. Prije izmjere bi trebalo dobro analizirati područje i na taj način najbolje odrediti metode. U izradi 3D

katastra, upotreba ručnog skenera bila bi manje značajna u urbanijim sredinama s višim zgradama, dok u ruralnijim sredinama gdje su zgrade manje visine, mogao bi se koristiti kao metoda prikupljanja 3D podataka.

## LITERATURA

Alkan, R. M., Ozulu, M. I., Ilci, V., F. Tombus, E. i Sahin, M. (2015): Usability of GNSS Technique for Cadastral Surveying (87).

Askar, C., Sternberg, H. (2023). Use of Smartphone Lidar Technology for Low-Cost 3D Building Documentation with iPhone 13 Pro: A Comparative Analysis of Mobile Scanning Applications.

Büyükmihçı , G., Akşehirlioğlu , A., Koca, M. (2023): Advantages and Disadvantages of Laser Scanning with ViDoc Rtk Antenna: Ali Cafer Kümbeti.

Craglia, M., Annoni, A. INSPIRE (2007): An Innovative Approach to the Development of Spatial Data Infrastructures in Europe Concepts. In: Onsrud H, editor. Research and Theory in Advancing Spatial Data Infrastructure Concepts.

Džapo, M. (2008): Izmjera zemljišta, skripta, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet.

Erenoglu, C. (2017). A comprehensive evaluation of GNSS- and CORS-based positioning and terrestrial surveying for cadastral surveys, Survey Review, 49 (352), 28 – 38.

Feng, Y., Gu S., Shi, C. i Rizos C. (2013): A reference station-based GNSS computing mode to support unified precise point positioning and real-time kinematic services. *Journal of Geodesy*, 87(10–12), pp. 945–960.

Grgić, I., Majdanac, I. i Marinković, G. (2018): Analiza točnosti i pouzdanosti RTK metode mjerenja za potrebe održavanja katastra u realnim uvjetima. Zbornik radova 11. Simpozija ovlaštenih inženjera geodezije, 19. - 21. 10. 2018, Opatija, Hrvatska

Hakansson, L. (2019). Visualizing cadastral parcels for surveyors using handheld Augmented Reality, Malmö universitet/Teknik och samhälle, 12 (3), 35 – 47.

Huang, G., Du, S. i Wang, D. (2023): GNSS techniques for real-time monitoring of landslides, Huang et al. *Satellite Navigation* (2023) 4:5.

Hunegnaw, A. i Teferle, N. F. (2022): Evaluation of the Multipath Environment Using Electromagnetic-Absorbing Materials at Continuous GNSS Stations, Department of Engineering, Faculty of Science, Technology and Medicine, University of Luxembourg, L-1359 Luxembourg.

Kontrec, D. (2008): Osnivanje (obnova) zemljišnih knjiga – rad katastarskog i zemljišnoknjižnog povjerenstva ( de lege lata de lege ferenda) . Zbornik Pravnog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, 29(1), 523-555.

Križanović, J., Stančić, V., Roić, M. (2024): The Quality of a Mobile Phone Laser Scanner for Creating 3D Models of Buildings, Zbornik simpozija o inženjerskoj geodeziji, 12. - 14. 9. 2024., Zagreb, Hrvatska

Miler, M., Car, V., Medak, D. (2016): Katastarska izmjera 2.0, Zbornik radova 9. simpozija ovlaštenih inženjera geodezije, Geodezija kao profesija, 21. - 23. 10. 2016., Opatija, Hrvatska

Moharić, J., Vorel-Jurčević, B. Šustić, A. (2019): Kvaliteta digitalnih katastarskih podataka, Zbornik radova HKOIG, 11. simpozij ovlaštenih inženjera geodezije.

Paar, R. (2022): Inženjerska geodezija, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet.

Pešun, K. (2007): Učinkovitost sustava upravljanja zemljištem, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet.

PIX4D (2024): PIX4Dmatic Essentials, Course Workbook

Pravilnik o geodetskim elaboratima, Tehničke specifikacije za određivanje koordinata točaka u koordinatnom sustavu Republike Hrvatske, Narodne novine 59/2018.

Premužić, M., Šugar, D. i Bačić, Ž. (2018): Mogućnosti i pozicioniranja primjenom sustava Galileo i novih metoda mrežnog rješenja, Zbornik radova 5. CROPOS konferencije str. 55-68.

Reitz, R., Wenzel, M. (2012). CloudCompare: A 3D point cloud and mesh processing software. In Proceedings of the 12th International Conference on 3D Vision (3DV 2012), pp. 51-60. IEEE.

Roić, M. (2012): Upravljanje zemljišnim informacijama – katastar.

Roić, M. i Paar, R. (2018): 200 godina katastra u Hrvatskoj, VI. Hrvatski kongres o katastru, Zagreb.

Roić, M., Tomić, H., i Mađer, M. (2005). Pregled katastarskih podataka. Zbornik radova trećeg hrvatskog kongresa o katastru, Zagreb, Hrvatsko geodetsko društvo, str. 421-427.

Šantek, D. (2014): Primjena GNSS RTK u katastarskoj izmjeri uz povećanu preciznost i pouzdanost mjerenja

Zaczek-Peplinska, J., i Kowalska, M. (2022): Evaluation of the LiDAR in the Apple iPhone 13 Pro for use in Inventory Works. Department of Engineering Geodesy and Control Surveying Systems, Tech. Rep.

Zakon o državnoj izmjeri i katastru nekretnina, Narodne novine 112/18, 39/22, 152/24.

#### POPIS URL-ova

URL 1. Prikaz k.o. Božava poslije katastarske izmjere

<https://www.cadcom.hr/katastarska-izmjera/> (20.6.2024.)

URL 2. Katastarski operat

[Državna geodetska uprava - Katastarska izmjera](#) (23.6.2024.)

URL 3. Majzekovi trokuti

<http://dabj.hr/dok/Od-pera-do-satelita.pdf> (25.6.2024.)

URL 4. Dronovi u geodeziji

<https://www.poslovni.hr/hrvatska/svaki-drugi-geodet-vec-koristi-dronove-kao-nekad-papir-i-olovku-4312087> (26.6.2024.)

URL 5. Prikaz sučelja portala Uređena zemlja

<https://oss.uredjenazemlja.hr/map>

URL 6. Cycle slip

<https://support.spirent.com/s/article/FAQ12607> (1.12.2024.)

URL 7. Dobra i loša pozicioniranost satelita

[Dilution of precision \(navigation\) – Wikipedia](#)

URL 8. Prikaz putanje GPS satelita kroz orbitu

[https://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/ato/service\\_units/techops/navservices/gnss/gps/howitworks](https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/gps/howitworks) (20.10.2024.)

URL 9. Mobilni 3D laserski skener

<https://stonex.hr/product/x120go-mobilni-3d-laserski-skener-slam/> (8.12.2024.)

URL 10. Terestričko lasersko skeniranje i BIM

<https://www.setiagesolutions.com/terrestrial-laser-scanning-tls-surveying-bim> (5.12.2024.)

URL 11. Pametni telefoni s LiDAR senzorima

<https://www.setiagesolutions.com/terrestrial-laser-scanning-tls-surveying-bim> (7.12.2024.)

URL 12. Ručni skener u izradi 3D modela <https://www.linkedin.com/pulse/using-handheld-slam-lidar-bim-boosting-construction-efficiency-bralc> (9.12.2024.)

URL 13. Odluka DGU o započinjanju katastarske izmjere KO Mrkopalj

<https://dgu.gov.hr/proizvodi-i-usluge/katastarska-izmjera/odluke-o-zapocinjanju-katastarskih-izmjera/5189>

URL 14. Prikaz katastarske općine Mrkopalj i čestice na kojoj se nalazi zgrada

<https://oss.uredjenazemlja.hr/map> (1.6.2024.)

URL 15. Prikaz zgrade mjerenja (3.1.2025.)

<https://www.apple.com/maps/>

URL 16. Prizma

<https://geomatika-smolcak.hr/proizvod/prizma-sa-znackom-lg-flex-can-prem-100m-seco-2/> (3.1.2025.)

URL 17. Specifikacije GNSS RTK prijemnika

<http://stonex.hr/product/s900-gnss-rtk-prijemnik/> (4.1.2025.)

URL 18. Prikaz Stonex GNSS RTK prijemnika

<https://www.indiamart.com/proddetail/stonex-dgps-s900-23304819530.html> (1.6.2024.)

URL 19. Prikaz i specifikacije viDoc RTK rovera uparen s mobitelom

[https://geosustavi.hr/wp-content/uploads/2022/08/viDoc\\_Technical\\_Data\\_vigram\\_Pix4D.pdf](https://geosustavi.hr/wp-content/uploads/2022/08/viDoc_Technical_Data_vigram_Pix4D.pdf) (8.1.2025.)

URL 20. Tehničke specifikacije iPhone-a 13 Pro

<https://support.apple.com/hr-hr/111871> (6.2.2025.)

URL 21. PIX4Dsurvey softver

<https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/360033317432> (6.2.2025.)

## POPIS SLIKA

Slika 2.1. Prikaz k.o. Božava prije i poslije katastarske izmjere (URL 1).....	4
Slika 2.2. Primjena geodetskih metoda kroz prošlost (Roić i dr., 2005).....	6
Slika 2.3. Prikaz sučelja portala Uređena zemlja (URL 5) .....	9
Slika 3.1. Prikaz multipath-a (Hunegnaw i Teferle, 2022) .....	11
Slika 3.2. Dobra i loša geometrija satelita na nebu (URL 7) .....	12
Slika 3.3. Prikaz putanje GPS satelita kroz orbitu (URL 8).....	13
Slika 4.1. Mobilni 3D laserski skener (URL 9).....	17
Slika 5.1. Prikaz katastarske općine Mrkopalj (URL 14) .....	19
Slika 5.2. Prikaz katastarske općine Mrkopalj i katastarske čestice 4072/2 na kojoj se nalazi predmetna građevina (URL 14).....	20
Slika 5.3. Prikaz zgrade mjerenja (URL 15) .....	20
Slika 5.4. Prikaz Nikon NPL 632 totalne stanice .....	21
Slika 5.5. Polarna metoda (Džapo, 2008).....	22
Slika 5.6. Prizma (URL 16).....	22
Slika 5.7. Slobodno stajalište (Paar, 2022).....	23
Slika 5.8. Prikaz Stonex GNSS RTK prijemnika (URL 18) .....	24
Slika 5.9. Prikaz viDoc RTK rovera uparenog s mobitelom (URL 19).....	25
Slika 5.10. Prikaz PIX4Dcatch sučelja      Slika 5.11 Prikaz skeniranja.....	25
Slika 5.12. Stražnja kamera Apple Iphone 13 pro (Zaczek-Peplinska i Kowalska, 2022) .....	26
Slika 6.1. Prikaz sučelja AutoCAD Civil 3D-a.....	27
Slika 6.2. Prikaz PIX4Dmatic sučelja (PIX4D, 2024) .....	28
Slika 6.3. Prikaz PIX4Dsurvey sučelja .....	29
Slika 6.4. Prikaz CloudCompare sučelja .....	29
Slika 6.5. Učitane datoteke u PIX4Dmatic .....	30
Slika 6.6. Kalibracija podataka .....	31
Slika 6.7. Izvješće kvalitete kalibracije podataka .....	32
Slika 6.8. LiDAR oblak točaka .....	33
Slika 6.9. Gusti oblak točaka.....	33
Slika 6.10. Fuzija LiDAR i gustog oblaka točaka.....	34
Slika 6.11. Digitalni model površine zadanog područja .....	34
Slika 6.12. Označavanje lomnih točaka zgrade preko slika .....	35

---

Slika 6.13. Vektorizacija zgrade u CloudCompare-u.....	36
Slika 7.1. Prosječne razlike po osima dobivenih podataka u dva različita softvera.....	39
Slika 7.2. Odstupanja osi zgrade .....	40



**POPIS TABLICA**

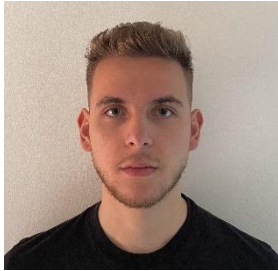
Tablica 3.1. Inicijalizacija kod RTK mjerenja (Šantek, 2014).....	14
Tablica 7.1. Popis koordinata dobivenih polarnom izmjerom .....	37
Tablica 7.2. Dio analiziranih podataka.....	38

**PRILOZI**

Prilog 1 – Koordinatne razlike identičnih detaljnih točaka polarne metode i viDoc RTK uređaja obrađenih u PIX4Dsurvey-u


Broj točke	Koordinate razlike PIX4Dsurvey	
	$\Delta Y$ [cm]	$\Delta X$ [cm]
8	-1,14	3,91
9	-5,13	-1,74
10	2,60	-1,30
11	2,00	-3,10
12	-0,70	-2,00
13	4,00	-4,40
14	-4,50	-2,30
15	-4,50	2,10

## Lino Lončar



 Vinjani Gornji 82, 21260 Imotski, Hrvatska

 (+385) 993820021

 [linoloncar1999@gmail.com](mailto:linoloncar1999@gmail.com)

Spol Muško | Datum rođenja 25/05/1999 | Državljanstvo hrvatsko

### RADNO ISKUSTVO

[rujan 2022.-Trenutačno]

**Geodetski tehničar**  
Terrametrika d.o.o.  
Savska cesta 182, 10000, Zagreb

[lipanj 2022-rujan 2022]

**Građevinski radnik**  
Amman & Thurlemann AG Fassadentechnik  
Herbergstrasse 29A, 9524

### OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE

[Rujan 2022-Trenutačno]

**Diplomski studij-Geodetski fakultet, usmjerenje Geoinformatika**  
Fakultetski kolegiji: Baze prostornih podataka, Analiza prostornih podataka, Podrška upravljanju prostorom, Geoinformacijski sustavi, Digitalna kartografija itd.  
Geovizualizacija, Integrirani sustavi u geomatici, Napredna daljina istraživanja itd.  
Stečene vještine: obrada snimki, analiza prostornih podataka...

[Rujan 2018.-Lipanj 2022.]

**Prijediplomski studij-Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu**

Fakultetski kolegiji: Katastar, Programiranje, Modeliranje geoinformacijama, Fotogrametrija, Izmjera zemljišta, Analiza i obrada geodetskih mjerenja, Satelitsko pozicioniranje, Državna izmjera itd. Stečene vještine: upotrebljavanje informatičke tehnologije u rješavanju geodetskih i geoinformatičkih zadataka, baza prostornih podataka

[Rujan 2014-Lipanj 2018]

**Gimnazija dr. Mate Ujević, Imotski**  
Usmjerenje: Prirodoslovno-matematički smjer

Materinski jezik hrvatski

Ostali jezici	RAZUMIJEVANJE		GOVOR		PISANJE
	Slušanje	Čitanje	Govorna interakcija	Govorna produkcija	
Engleski jezik	B2	B2	B2	B2	B2
Njemački jezik	B2	B2	B2	B2	B2
Slovenski jezik	B2	B2	A2	A2	A2

**Komunikacijske vještine** ▪ dobre komunikacijske vještine stečene tijekom rada sa strankama na katastarskim izmjerama

Vozačka dozvola B