



**ODREĐIVANJE ZAPREMINE PODRUČJA OD INTERESA U GRADSKOM NASELJU  
PETROVARADIN KORIŠĆENJEM PROGRAMSKOG ALATA AUTOCAD CIVIL 3D**

**DETERMINING THE VOLUME OF THE AREA OF INTEREST IN PETROVARADIN  
URBAN SETTLEMENT USING THE AUTOCAD CIVIL 3D SOFTWARE TOOL**

Boris Tadić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GEODEZIJA I GEOMATIKA**

**Kratak sadržaj** – U radu su teorijski obrađene metode snimanja i prikupljanja prostornih podataka, digitalno modelovanje terena kao i neki od primenjenih softverskih alata za obradu podataka. U okviru eksperimentalnog dela rada izvršena je obrada podataka u programskom alatu AutoCAD Civil 3D koji su prikupljeni GNSS metodom.

**Ključne reči:** Zapremina, GNSS, AutoCAD Civil 3D, DMT

**Abstract** – *Methods of surveying and collecting data, digital terrain modeling, as well as some of the applied software tools for data processing are theoretically treated in the paper. In the experimental part of the paper, data, which were collected using the GNSS method, were processed in the AutoCAD Civil 3D software tool.*

**Keywords:** Volume, GNSS, AutoCAD Civil 3D, DTM

**1. UVOD**

Predmet istraživanja u ovom radu odnosi se na izračunavanje zapremine uvale koja će se koristiti za skladištenje otpadnog materijala. Metoda snimanja koja je korišćena je GNSS metoda, a područje snimanja bila je uvala u gradskom naselju Petrovaradin grada Novog Sada. U prvom delu praktičnog dela rada je opisan postupak snimanja uvale i područje od interesa, dok se drugi deo odnosi na formiranje digitalnog modela terena i računanje zapremine tj. kubature u programskom alatu AutoCAD Civil 3D.

**2. METODE SNIMANJA I PRIKUPLJANJA  
PROSTORNIH PODATAKA**

Kod nekih inženjerskih radova, kao što su eksploatacija mineralnih sirovina, izgradnja puteva, železničkih pruga i slično, greške u određivanju zapremina mogu prouzrokovati velike materijalne gubitke. Geodetske metode određivanja zapremina, podrazumevaju korišćenje geodetskih podloga. Za potrebe izrade geodetskih podloga neophodno je izvršiti akviziciju prostornih podataka određenom geodetskom metodom. Pored klasičnih metoda premera, poslednjih godina do izražaja je došao i razvoj fotogrametrije i laserskog skeniranja. Razvoj ovih tehnologija omogućio je izradu 3D modela objekata i gradova.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Dubravka Sladić, docent.**

Najzastupljenije metode premera su: klasične terestričke metode, GNSS metoda, fotogrametrija i lasersko skeniranje [1].

**2.1. Klasične terestričke metode**

U klasične terestričke metode premera ubrajaju se ortogonalna i polarna metoda.

Kod ortogonalne metode snimanja za svaku detaljnu tačku određuju se pravouglo X i Y koordinate u odnosu na lokalni pravougli koordinatni sistem. Vrednosti apscisa X očitavaju se na poljskoj pantlji razvučenoj po pravcu X-ose (linije za snimanje), a vrednosti ordinata Y se mere ručnom pantljikom od položaja upravne do detaljne tačke koja se snima [2].

Kod polarne metode snimanja za svaku detaljnu tačku određuju se polarne koordinate, polarni ugao i polarno rastojanje. Za polarnu osu se usvaja pravac poligonske strane, a za pol se usvaja poligonska tačka (stanica) snimanja. Polarni uglovi se mere pomoću teodolita, a polarna rastojanja se mogu odrediti ručnom ili poljskom pantljikom, elektro-optičkim daljinomerom i totalnom stanicom [2].

**2.2 GNSS metoda**

Sistemi satelita u orbiti oko Zemlje gde se sateliti koriste kao referentne tačke za pozicioniranje nazivaju se globalni navigacioni satelitski sistemi (GNSS). Jedni od najpoznatijih GNSS sistema su NAVSTAR GPS, GLONASS, Compass i Galileo [3]. Globalni pozicioni sistem (GPS) je trenutno jedini potpuno funkcionalan satelitski navigacioni sistem, svima dostupan. GPS prijemnik je uređaj koji proračunava svoju poziciju na osnovu merenja udaljenosti od tri ili više GPS satelita. Svaki satelit emituje radio signal koji je poznat prijemniku. Dok prijemnik prima taj signal, u stanju je da odredi vreme koje protekne od emitovanja radio signala sa satelita do prijema na svojoj poziciji. Udaljenost prijemnika od satelita se proračunava na osnovu tog vremena, budući da radio signal putuje poznatom brzinom. Globalni pozicioni sistem se sastoji od 3 komponente: kosmičke, kontrolne i korisničke.

Pod pozicioniranjem se podrazumeva određivanje prostornih položaja stacionarnih ili mobilnih objekata. Postoje dve vrste pozicioniranja: apsolutno i relativno. Apsolutno podrazumeva korišćenje jednog prijemnika kojim se mere rastojanja do satelita, pomoću kodova, dok relativno podrazumeva primenu najmanje 2 prijemnika kojima se vrši istovremeno opažanje na iste satelite [4].

## 2.3 Fotogrametrijska metoda

Pod ovom metodom se podrazumeva korišćenje fotografije snimljenog terena ili objekta pomoću kog se dolazi do njihovih položaja, oblika, dimenzija i koordinata. Koristi se za snimanje većih površina terena. S obzirom na položaj kamere u prostoru, fotogrametrija se deli na:

1. Terestričku fotogrametriju – snimanje se obavlja sa površine zemlje i ova metoda se koristi za snimanje manjih područja kao što su kanjoni reka, strme padine, klizišta, nasipi i dr.

2. Aerofotogrametrijsku metodu - snimanje se obavlja iz vazduha i primenjuje kod snimanja većih površina. To je postupak u kome se na osnovu fotogrametrijskih snimaka, nastalih snimanjem iz vazduha putem merne kamere ugrađene u trup aviona (helikoptera ili balona), prikupljaju geometrijski podaci o objektima ili pojavama na fizičkoj površi zemlje [5].

Bespilotne letelice (Unmanned Aerial Vehicle - UAV) ili popularno dronovi su jedna od savremenih platformi za nošenje opreme za digitalnu fotogrametriju. To su daljinski kontrolisani, poluautomatski ili potpuno automatski sistemi koji ne zahtevaju ljudsku posadu. Sistem se primenjuje kod izviđanja, vršenja nadzora u realnom vremenu, praćenju saobraćaja i slično [6].

## 2.4 Lasersko skeniranje

Lasersko skeniranje terena predstavlja jednu od najmodernijih tehnologija koja se koristi za masovno prikupljanje prostornih podataka u formi koordinata tačaka u prostoru pomoću lasera. Rezultat ovakvog načina snimanja je skup trodimenzionalnih X, Y, Z koordinata tačaka koji se naziva oblak tačaka. Jedna od glavnih prednosti je prikupljanje, procesiranje i isporuka podataka u digitalnom formatu [7]. U zavisnosti od platforme sa koje se vrši skeniranje postoje:

1. Lasersko skeniranje sa zemlje - glavna prednost ove vrste skeniranja je u činjenici da se za kratko vreme može prikupiti velika količina podataka, što ima za posledicu značajno smanjenje obima radova na terenu [8].

2. Lasersko skeniranje iz vazduha - vrši se iz nekoliko preleta, gde jedan prelet aviona predstavlja jednu liniju skeniranja [9].

3. Mobilno lasersko skeniranje - predstavlja skeniranje pomoću skenera pričvršćenog na pokretno vozilo koje prikuplja podatke po putu [7].

## 3. DIGITALNO MODELOVANJE TERENA

Proces modelovanja površi terena u digitalnom obliku naziva se digitalno modelovanje terena. Ono obuhvata čitav niz aktivnosti koje se odnose na prikupljanje i obradu podataka o površi terena, izradu odgovarajućih računarskih modela, rukovanje modelom i analize, kao i aspekte korišćenja dobijenih digitalnih modela terena u različitim oblastima primene. Osnovne digitalne predstave terena su:

1. Digitalni model visina (engl. Digital Elevation Model – DEM) se po pravilu odnosi na sistem visina u pravilnoj mreži tačaka i obično je to pravougaoni raster koji prekriva površ terena.

2. Digitalni model terena (engl. Digital Terrain Model – DTM) uključuje ne samo visine tačaka, već

može sadržati i neke izvedene informacije, kao što su nagibi, vidljivost i slično. U užem smislu DMT predstavlja reljef terena, dok u širem on može da obuhvati pored reljefa i objekata i pojave koje se nalaze na površini terena.

3. Digitalni model površi (engl. Digital Surface Model – DSM) se odnosi na model površi koja pored terena uključuje i objekte i pojave koji su neposredno na površi terena (zgrade, vegetacija...) [10].

## 3.1 Strukture DMT-a

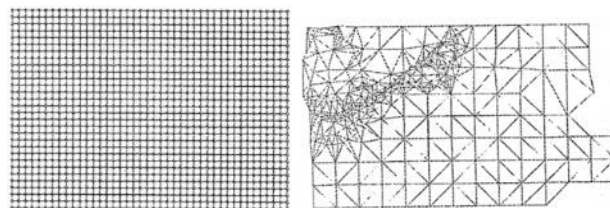
Površ terena se može predstaviti na tri načina:

1. Izohipsama

2. Volumetrijskim (zapreminskim) modelom

3. Preko funkcija dveju varijabli – ovo je najčešći način predstavljanja površi terena u digitalnom obliku, pri čemu te varijable pripadaju odgovarajućem domenu. Najpoznatiji i u praksi najčešći modeli terena zasnovani na ovim principima su digitalni modeli zasnovani na gridnoj (rasterskoj), TIN (engl. Triangular Irregular Network) i hibridnoj strukturi podataka.

Predstavljanje terena preko grida se sastoji u tome da se površ terena predstavi preko skupa tačaka sa poznatim visinama uređenim u pravilnu mrežu tačaka. Na taj način je površ terena u stvari predstavljena digitalnim modelom koji se naziva digitalni model visina (DMV).



Slika 1. Grid i TIN u XoY ravni

Kod TIN-a teren je definisan preko tačaka koje predstavljaju temena mreže nepravilnih trouglova. Kod modeliranja površi terena, čvorovi TIN-a su tačke sa poznatim visinama. Trouglovi TIN-a su međusobno povezani u kontinuitetu tako da što bolje aproksimiraju površ koja se modelira.

U pravom smislu te reči, hibridni DMT je onaj koji se bazira na kombinaciji grid i TIN strukture podataka. Ovakva struktura podataka koristi dobre strane i gridne i TIN strukture podataka [10].

## 4. PRIMENJENI SOFTVERSKI ALATI

Kompleksna arhitektonska dela, savremene tehnike gradnje i upravljanje celokupnim gradilištem nezamislivo je raditi bez savremenih tehnoloških i tehničkih rešenja. Jedna od tehnologija koja se istakla u rukovođenju i upravljanju projektom, gradilištem i upravljanjem u toku eksploatacije jeste BIM (Building Information Modeling - informacioni model objekta) tehnologija.

BIM je sveobuhvatni proces projektovanja koji počinje idejnim projektom objekta, a završava se izradom projektne dokumentacije za izgradnju objekta, upravljanjem izgradnjom objekta i održavanjem objekta u fazi eksploatacije. Neki od najpopularnijih BIM alata su: Revit, Tekla Structures, AlarmCAD, ArchiCad, AutoCad AEC i dr [11].

#### 4.1 BIM u geodeziji

Uloga geodezije u stvaranju BIM-a jeste da na bazi merenja obezbedi informacije o fizičkim i funkcionalnim karakteristikama mesta i prezentuje ih u digitalnom formatu. Bilo da se radi o terenu, projektu praćenja implementacije planske dokumentacije ili o kreiranju BIM-a postojećeg objekta, savremene tehnologije prikupljanja prostornih podataka omogućuju kreiranje detaljnih i kvalitetnih digitalnih reprezentata stvarnih objekata. Razvoj savremenih geodetskih tehnologija poput laserskog skeniranja i UAV omogućio je prikupljanje velike količine prostornih podataka u kratkom vremenskom intervalu.

Najčešća primena BIM-a u geodeziji je za: analizu i planiranje lokacije, 3D modelovanje, detekciju konflikata, verifikaciju progressa gradnje, upravljanje imovinom. Upravljanje zemljištem i katastrom jeste još jedna od sfera gde BIM traži svoje mesto, dok primena BIM-a u projektovanju i upravljanju koridorima, putevima, prugama, mostovima i tunelima ima posebne karakteristike i prednosti za ove infrastrukturne projekte. Neki od najčešće korišćenih BIM alata u geodeziji su: AutoCAD Civil 3D, Trimble Business Center, Bentley OpenSite Designer, Leica Infinity, Topcon MAGNET [11].

#### 5. PRAKTIČNI DEO RADA

Za izradu praktičnog dela rada korišćeni su podaci prikupljeni GNSS metodom. Područje snimanja bila je uvala u gradskom naselju Petrovaradin grada Novog Sada. Glavni zadatak ovog rada jeste da se na osnovu prikupljenih podataka na terenu izračuna zapremina uvale koja će se koristiti za skladištenje otpadnog materijala. U prvom delu praktičnog dela rada biće opisan postupak snimanja uvale i područje od interesa, dok će se drugi deo odnositi na formiranje digitalnog modela terena i računanje zapremine tj. kubature u programskom alatu AutoCAD Civil 3D.

##### 5.1. AutoCAD Civil 3D

AutoCAD Civil 3D omogućava kreiranje digitalnih modela terena u formi grida i TIN-a. TIN algoritam je baziran na Delaunay-jevoj triangulaciji koja je jednoznačna. Površ terena se predstavlja trougaonim elementima čija su temena tačke prikupljene prilikom geodetskog snimanja terena.

Kako bi se izradio model terena u Civil 3D-u potrebno je ispratiti sledeće korake: uvoz podataka premera, definisanje granice površine, dodavanje podataka površine, generisanje površine, analiziranje površine, dok za izračunavanje zapremine treba ispoštovati sledeći stavke: kreiranje površine, definisanje granice zapremine, izračunavanje zapremine, analiziranje rezultata.

##### 5.2 Područje od interesa

U bliskoj budućnosti će se u sklopu projekta "Fruškogorski koridor" praviti manji tunel nazvan "Širine" po istoimenom delu gradskog naselja Petrovaradin. Za potrebe skladištenja iskopanog zemljišta i otpadnog materijala zapremine oko 100000 m<sup>3</sup> bilo je potrebno pronaći pogodno mesto za odlaganje istog. Nakon duže analize odabrana je jedna uvala u blizini pomenutog tunela. Ovo područje je sa tri strane omeđeno strmim kosinama čije se visine kreću od 4m do 8m, pa se s toga

lako može izračunati potrebna zapremina za odlaganje gore pomenutog materijala.



Slika 1. Područje od interesa

##### 5.3 Postupak snimanja

Snimanje uvale je izvršeno GNSS metodom pomoću GPS prijemnika Leica Viva GS08 plus, a korišćena je relativna kinematička metoda pozicioniranja u realnom vremenu (RTK).

Kako bi se izračunala zapremina u programskom paketu Civil 3D bilo je potrebno da se naprave dva digitalna modela terena, poziciono jedan iznad drugog, s određenom visinskom razlikom između njih. U tom slučaju, za bazu je odabrana gornja ivica uvale, a za površ sa kojom je poređena je uzeto dno uvale.

Pošto je uvala omeđena sa 3 strane prvo su snimljene gornje ivice strmine tako što se išlo po obodu tj. iscrtanoj granici u Google Earth-u i na svakih 5 metara je merena po jedna tačka sa GPS-om. Nakon toga je snimljena donja ivica kosine na isti način kako bi se na crtežu što verodostojnije prikazala razlika u visini i lakše izračunala zapremina uvale. Na kraju je snimljeno dno uvale gde su tačke merene na svakih 10-15 metara jer je nam je konfiguracija terena, koja je bila poprilično jednolična, to dozvoljavala. Svake značajnije promene u reljefu terena su snimljene sa što većim brojem tačaka.



Slika 2. Snimljene tačke gornje ivice i dna uvale

##### 5.4 Modelovanje u Civil 3D-u

Kao što je prethodno rečeno, da bi se izračunala zapremina u programskom paketu Civil 3D potrebno je da se naprave 2 digitalna modela terena, poziciono jedan iznad drugog. Za bazu je odabrana gornja ivica uvale, a za površ sa kojom će da se poredi je izabrano dno uvale.

Prilikom formiranja baze, od podataka snimanja sa terena su dobijene samo koordinate 3 gornje ivice uvale. Kako bi se baza što vernije predstavila bilo je potrebno da se izvrši

interpolacija tačaka tj. umetanje dodatnih tačaka između postojećih, a finalni produkt je predstavljen na slici 3.



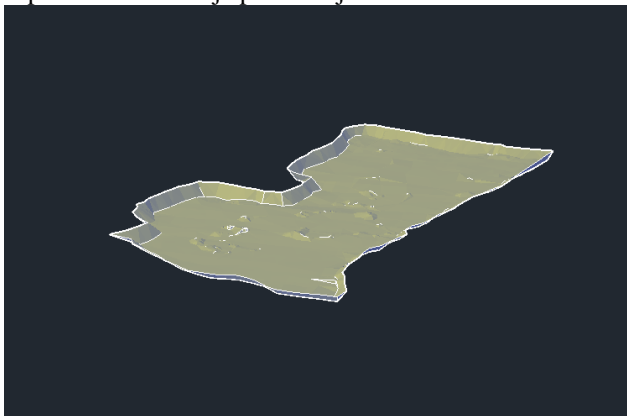
Slika 2. Izgled gornje površi tj. baze

Postupak za kreiranje donje površi tj. dna uvale je identičan kao i za bazu, a finalni produkt je prikazan na slici 4.



Slika 4. Izgled donje površi tj. dna uvale

Na osnovu prethodno kreiranih površi formirana je zapremina a model je predstavljen na slici 5.



Slika 5. Izgled modela zapremine

РАЧУНАЊЕ ЗАПРЕМИНЕ	
Површ коришћена за основу	База
Површ коришћена за поређење	Дно
Структура података	TIN
Број снимљених тачака	843
Укупан број тачака (рачунајући интерповане)	1011
Површина подручја од интереса (приближно)	4.5 ha
Запремина подручја од интереса	202427 m <sup>3</sup>

Tabela 1. Konačni rezultati računanja zapremine

## 6. ZAKLJUČAK

Na kraju rada se može doći do zaključka da dobijena zapremina uvale koja iznosi 202427m<sup>3</sup> ispunjava uslove za odlaganje iskopanog zemljišta i otpadnog materijala kubature 100000m<sup>3</sup>. Na osnovu sprovedenog istraživanja dolazi se do zaključka da je računanje zapremine snažan alat za različite profesionalne i naučne oblasti. Omogućava nam da bolje razumemo prostor, izračunamo kapacitete, planiramo projekte i efikasno upravljamo resursima. Stoga, određivanju zapremine treba posvetiti veliku pažnju. Kako ne bi došlo do raznih grešaka i gubitaka potrebno je koristiti određene geodetske metode prikupljanja podataka kao i savremene računarske programe za 3D modelovanje koji omogućavaju precizne kalkulacije kubatura.

## 7. LITERATURA

- [1] Ашанин С., „Инжењерска геодезија 1“; Агео, Београд, 2003.
- [2] Врачарић К., Алексић Р. И. и Гучевић Ј., „Геодетски премејр“; Републички геодетски завод, 2011
- [3]<http://geoinformatika.uns.ac.rs/index.php/gnss-i-lokacijski-bazirani-servisi/> 30.07.2023
- [4][https://sr.wikipedia.org/sr-ec/Globalni\\_pozicioni\\_sistem](https://sr.wikipedia.org/sr-ec/Globalni_pozicioni_sistem) 30.07.2023
- [5][https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog\\_5019/objava\\_9482/fajlovi/Tre%C4%87e%20predavanje%20in%C5%BEnjerska%20geodezija%20\\_%20saobra%C4%87ajni%20s\\_mjer.pdf](https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_5019/objava_9482/fajlovi/Tre%C4%87e%20predavanje%20in%C5%BEnjerska%20geodezija%20_%20saobra%C4%87ajni%20s_mjer.pdf) 30.07.2023
- [6] <http://ftn.uns.ac.rs/1524108960> 01.08.2023
- [7]<https://geogis.rs/delatnosti/lasersko-skeniranje/> 05.08.2023
- [8]<https://grafar.grf.bg.ac.rs/bitstream/handle/123456789/338/336.pdf?sequence=1&isAllowed=y> 06.08.2023
- [9] Говедарица Мирко, Презентација са предавања - Ласерско скенирање терена и објеката, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, 2019
- [10] Борисов Мирко, Бугариновић Жељко, Презентација са предавања - Дигитални модели терена, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, 2015
- [11] <http://www.gf.uns.ac.rs/~zbornik/doc/ZR30.13.pdf> 12.08.2023

### Kratka biografija:



**Boris Tadić** рођен је 1996. године у Врбасу где је и завршио гимназију 2015. године. Исте године уписује Факултет техничких наука у Новом Саду, смер геодезија и геоматика, на ком дипломира октобра 2019. године са темом „Геодетски радови на одржавању катастра водова у општини Врбас“. Исте године уписује мастер студије које завршава 4 године касније.