

Izrada 3D kartografskog prikaza centra grada Trogira

Melvan, Jelena

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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:256:519105>

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

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



Repository / Repozitorij:

repozitorij.geof.unizg.hr/en



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEODETSKI FAKULTET**

Jelena Melvan

**IZRADA 3D KARTOGRAFSKOG PRIKAZA
CENTRA GRADA TROGIRA**

Diplomski rad

Zagreb, 2024.

Jelena Melvan ♦ DIPLOMSKI RAD ♦ 2024.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEODETSKI FAKULTET

Jelena Melvan

IZRADA 3D KARTOGRAFSKOG PRIKAZA
CENTRA GRADA TROGIRA

Diplomski rad

Zagreb, 2024.

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, **Jelena Melvan**, (JMBAG: 0083223686), rođen/a 28. 9. 1999. u Splitu, 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

I. AUTOR	
Ime i prezime:	Jelena Melvan
Datum i mjesto rođenja:	28. rujna 1999., Split, Republika Hrvatska
I. DIPLOMSKI RAD	
Naslov:	Izrada 3D kartografskog prikaza centra grada Trogira
Broj stranica:	61
Broj tablica:	1
Broj slika:	59
Broj bibliografskih podataka:	20 + 37 URL-a
Ustanova i mjesto gdje je rad izrađen:	Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Mentor:	prof. dr. sc. Stanislav Frangeš
Komentor:	
Voditelj:	prof. dr. sc. Robert Župan
II. OCJENA I OBRANA	
Datum zadavanja teme:	21. 1. 2024.
Datum obrane rada:	20. 9. 2024.
Sastav povjerenstva pred kojim je branjen diplomski rad:	prof. dr. sc. Stanislav Frangeš
	prof. dr. sc. Robert Župan
	izv. prof. dr. sc. Vesna Poslončec-Petrić

Zahvala

Ovim putem želim izraziti svoju duboku zahvalnost svima koji su na bilo koji način doprinijeli mom uspjehu i završetku studentskog razdoblja.

Prije svega, zahvaljujem svom mentoru prof. dr. sc. Stanislavu Frangešu i voditelju prof. dr. sc. Robertu Županu na ukazanom vremenu, pomoći, prijedlozima i savjetima koji su uvelike pridonijeli u održavanju kvalitete ovog rada.

Veliku zahvalnost dugujem i svojoj obitelji, koja je uvijek bila tu za mene, pružajući mi podršku kako je najbolje znala. Hvala majci na bodrenju i razumijevanju tijekom cijelog obrazovanja.

Posebnu zahvalu želim uputiti meni bliskim ljudima i prijateljima, bez kojih ništa od ovoga ne bi bilo moguće. Vaša pomoć, podrška i vjera u mene značili su puno, kada je bilo najpotrebnije.

Od srca, hvala!

Uvijek učinimo sve što je u našoj moći pa ima tko će nam pomoći u nemoći!

Izrada 3D kartografskog prikaza centra grada Trogira

Sažetak: U okviru ovog diplomskog rada izrađen je 3D kartografski prikaz grada Trogira. Područje od interesa je stara gradska jezgra koja je dio UNESCO-ve svjetske kulturne baštine. Cilj istraživanja bio je stvoriti detaljan i vizualno atraktivan 3D prikaz grada koji će omogućiti bolje razumijevanje prostornih odnosa i karakteristika. Također, cilj je karte mnogobrojnim turistima olakšati snalaženje i vizualno prepoznavanje objekata od interesa. Teorijski dio diplomskog rada obuhvaća definicije kartografije, 3D modela grada te 3D kartografskog prikaza kao i karakteristike i mogućnosti korištenih softvera i alata. U praktičnom dijelu je opisan sam postupak izrade 3D kartografskog prikaza koji uključuje odabir podloge, izradu tlocrta te prikupljanje podataka na terenu kao što su visine i fotografije što većeg broja objekata tog područja. Zatim je uslijedila izrada 3D modela koja se sastoji od podizanja visina objekata te crtanja krovova. Zadnji korak je kreiranje karte. Korišteni su GIS alati poput QGIS-a za analizu prostornih podataka te izradu tlocrta, SketchUp-a za modeliranje 3D objekata te Inkscape za stvaranje same karte. Također za podlogu su korišteni i DOF i HOK s Geoportala, kako bi se osigurala točnost i detaljnost prikaza. Cijelo vrijeme izrade modela temeljeno je na praćenju stvarnog izgleda centra grada preko Google Earth Pro aplikacije. Završno, 3D kartografski prikaz ima potencijal za daljnju primjenu u različitim područjima, uključujući turizam, urbanizam i obrazovanje.

Ključne riječi: Google Earth, karta, SketchUp, Trogir, 3D model.

Creation of a 3D map of the centre of the town Trogir

Abstract: The focus of this master thesis was the creation of a 3D map of the town Trogir. The area of interest is the old town centre which is part of the UNESCO World Heritage List. The goal of this thesis was creating a detailed and visually appealing 3D map which enables a better understanding of its spatial relations and characteristics. It will also help tourists with navigating around the town and recognising landmarks. The theoretical part of this thesis explains the definitions of cartography, the 3D model of a town and 3D maps as well as the characteristics and capabilities of the used softwares and tools. The process of creating the 3D map includes selecting a background, creating the floor plan and collecting field data such as the height of buildings and photographing as many buildings as possible inside the area of interest. The next step is creating the 3D model which consists of two parts. The first is setting the correct height for each building and the second is creating the roof of each building. The last step is creating the map. GIS tools, such as QGIS, were used in the analysis of spatial data and creation of the floor plan, SketchUp was used for 3D modeling of the objects and Inkscape was used for creating the map. The Croatian basic map (HOK), as well as digital ortophoto maps (DOF) were used as the background of the map. They were downloaded from the site Geportal, to ensure the map is accurate and detailed. Google Earth Pro was used to monitor the real of appearance of the town. Finally, 3D mapping has potential for further application in various fields, including tourism, urbanism and education.

Keywords: Google Earth, map, SketchUp, Trogir, 3D model.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TROGIR	2
2.1 Položaj, povijest i značajke	2
3. POJMOVI I DEFINICIJE	9
3.1 Kartografija i digitalna kartografija	9
3.2 3D model i 3D karte	12
3.3 Softveri za trodimenzionalno modeliranje	14
4. RAZINE DETALJA PRIKAZA (LOD0 – LOD4)	18
5. GEOPORTAL DGU	22
5.1 HOK i DOF	23
6. TLOCRT	25
6.1 QGIS	25
6.2 OpenStreetMap	26
6.3 Izrada tlocrta	30
7. VISINE	32
7.1 Laserski daljinomjer	32
7.2 Smart Measure aplikacija	33
7.3 Google Earth Pro	34
8. SKETCHUP	36
8.1 Kreiranje ploha, visina i krovova	37
8.2 GIMP	41
8.3 Dodavanje fasada i umetanje stabala	42
8.4 Gotovi 3D model	46
9. PRIKAZ 3D MODELA U GOOGLE EARTH-U	48
10. INKSCAPE	50
10.1 Izrada karte	50
10.2 Prikaz karte	51
11. UMJETNA INTELIGENCIJA – BOLJE, BRŽE?	52
12. ZAKLJUČAK	53
LITERATURA	54
POPIS SLIKA	57
POPIS TABLICA	60
ŽIVOTOPIS	61

1. UVOD

Sve što nas okružuje, oduvijek je imalo potrebu, na bilo koji način, biti zapisano. Kartografija je vrlo staro umijeće, a danas je to samostalna znanstvena disciplina koja je uvijek za cilj imala zabilježiti i dokumentirati ono što je neposredno opažano i prikupljeno (Frangješ, 2011). Prostorni podaci na taj način su korišteni za daljnja istraživanja, obrazovanje i općenito snalaženje. Kako se čovječanstvo razvijalo, tako su i zapisi bili mijenjani i prilagođeni vremenu. Slijedno tome, karte su izrađivane na različitim materijalima, poput kamena i platna. Radi praktičnosti, zaživjele su karte na papiru, kao i globusi koji doprinose vjerodostojnijem izgledu svijeta. Za papirnate karte ne treba ni spominjati da su bile glavni izvor bilo kakvog snalaženja u prostoru i danas imaju jako široku upotrebu, bez obzira na pojavu interneta na globalnoj razini. Papirnate karte će za prave kartografe uvijek imati posebno značenje kod zapisivanja prostornih informacija jer je to vidljivo i opipljivo sredstvo.

Pojavom i širokom upotrebom interneta, izrada karata postaje lakša i brža. Samim time, podaci su dostupniji kao i tehnologije pa je sve veći broj kartografskih nestručnjaka koji preuzimaju taj posao. Općenito, izrada karte je duži postupak u kojem treba paziti na veliki broj detalja, a glavno je postići estetičnost i funkcionalnost. Razvojem interneta, i kartografija dobiva novi oblik. Postoje razne tehnologije, softveri i alati koji omogućuju izradu digitalnih karata i na taj način ubrzavaju proces i kartama daju novu dimenziju.

U modernom svijetu, klasika ne zadovoljava potrebe korisnika. Sve je veća potražnja za digitalnim kartama zbog lakšeg pregledavanja, a i dostupnosti i korištenja. 3D kartografski prikazi su još zanimljiviji i nisu toliko rasprostranjeni, ali su vjerodostojniji i olakšana je orijentacija i vizualno raspoznavanje. Postoje različite razine detalja prikaza na karti pa o tome ovisi koliko podataka karta sadrži, tj. kakva je detaljnost prikaza 3D modela. Razina detalja se kreće od LOD0 što predstavlja samo prikaz volumena, do LOD4 što sadržava potpune arhitektonske detalje. Zaključno je da napredne tehnologije omogućuju izradu 3D modela gradova sa različitim stupnjem detalja, ali i izrađenih na različite načine.

U ovom radu bit će opisan postupak izrade 3D kartografskog prikaza centra grada Trogira. Odabran je grad Trogir, točnije stara jezgra grada, zbog svog velikog povijesnog, kulturnog i turističkog značaja. Istraženo je što je sve dostupno od podataka za samu izradu 3D modela grada, odabrani su softveri i alati prikladni za izradu svih koraka u nastajanju 3D modela. Odabrana je razina detalja LOD2 gdje su detaljno stilizirani krovovi, a zidovi se temelje na općim prikazima sa osnovnim detaljima i sve u jednoj razini.

Cilj je napraviti 3D kartografski prikaz, odnosno, 3D model grada koji je oku privlačniji i zanimljiviji, a i to predstavlja vrlo koristan prikaz za grad koji je turistički jako poznat. Napredne tehnologije omogućuju izradu 3D modela grada na više načina, koristeći različite prikupljene podatke, a u ovom radu, opisan je jedan od njih. Glavni softver koji je korišten pri izradi je SketchUp.

2. TROGIR

Tema ovog diplomskog rada je izrada 3D kartografskog prikaza centra grada Trogira. Grad Trogir je izabran zbog svog položajnog, povijesnog i bogatog kulturnog značaja. Manje, šarmantno mjesto koje odiše posebnim ugođajem. Pogodno za svakodnevni život, ali i vrlo privlačno mjesto za brojne posjetitelje. Za grad je karakterističan polagani životni ritam, bez žurbe, koji je i specifičan za cijelo dalmatinsko podneblje. Kako je i spomenuto, Trogir je bogat kulturom, kulturnim znamenitostima, ali i događajima kojih ne manjka tijekom cijele godine, a posebno ih ima ljeti. Uz brojna događanja, pogodna za sve uzraste, poznata je i osebujna gastronomska ponuda, klasična dalmatinska. Iz svega spomenutog, može se zaključiti da se radi o mjestu koje nudi poseban doživljaj autentičnog mediteranskog načina života, idealno za one koji traže opuštanje, kulturu i gastronomiju u prekrasnom okruženju.

2.1 Položaj, povijest i značajke

Trogir (*lat. Tragurium*) je grad u Hrvatskoj koji se nalazi na području Splitsko-dalmatinske županije. Nalazi se u Srednjoj Dalmaciji 25 km zapadno od Splita i na sjeverozapadu Kaštelanskog zaljeva. Područje Trogira je podijeljeno na tri dijela: kopneni dio, otok Čiovo i otoci Drvenik Veli i Drvenik Mali. Kopneni dio je omeđen općinom Seget na zapadu, na sjeveru i istoku su Kaštela, a na jugu je Trogirski kanal. Nadalje, otok Čiovo je omeđen Trogirskim kanalom i Kaštelanskim zaljevom na sjeveru, na istoku je Split, a dalje južnije je otok Šolta te na zapadu je općina Okrug. Spomenuti otoci Drvenik Veli i Drvenik Mali su omeđeni općinom Marina na sjeveru i na jugoistoku je Šolta. Općenito, grad Trogir sastoji se od osam naselja, a to su: Arbanija, Divulje, Drvenik Mali, Drvenik Veliki, Mastrinka, Plano, Trogir i Žedno (URL 1). Stara jezgra grada Trogira, koja je i tema ovog diplomskog rada, smještena je na malom otoku između kopna i otoka Čiova, povezana s kopnom mostom. Slika 2.1 prikazuje položaj Trogira na karti Hrvatske, a Slika 2.2 uži pojas Trogira.



Slika 2.1 Geografski položaj Trogira na karti Hrvatske (URL 1)



Slika 2.2 Prikaz užeg okruženja grada Trogira (URL 2)

Trogir, grad i luka u Srednjoj Dalmaciji, danas broji nešto više od 10 tisuća stanovnika, a na temelju arheoloških istraživanja, ljudi su na trogirskom otoku boravili već u prapovijesti. Tijekom 3. st. prije Krista, grčki kolonisti koji su bili trgovci s Visa, utemeljili su Trogir (URL 1). Zaključno s tim, Trogir se ubraja u ona naselja za koja bi se moglo reći da postoje oduvijek. U srednjoj Europi smatran je najbolje sačuvanim romaničko-gotičkim gradom. Razlozi davnog nastanka ovog grada se vjerojatno kriju u pogodnoj klimi i geografskom položaju kao i u postojanjima svih ekoloških preduvjeta za nastanak jedne povijesne jezgre.

Kako je i spomenuto, stara jezgra grada Trogira, naselje imenom Trogir, nalazi se na morskome tjesnacu između kopna i otoka Čiova te se od 1997. godine nalazi na UNESCO-voj listi svjetske kulturne baštine. Danas postoje samo nagađanja o tome je li taj otočić oduvijek u potpunosti odvojen od kopna ili je ljudskim radom naknadno odvojen prokopom. Trogir nije mjesto koje je nastalo prisilno, iz potrebe ili iz nekakvih strateških razloga, već isključivo traženjem što pogodnije lokacije za život (URL 3). U jednom od svojih djela, rimski pisac Plinije Stariji, spominje Trogir i naglašava kako je grad poznat po kamenu. I danas se na padinama brda, koje se nalazi sjeverno od grada, vadi kvalitetan kamen, a također su pronađeni i nedovršeni antički stupovi, kapiteli te dva žrtvenika posvećena Heraklu. Tijekom kasne antike i u Trogiru se širi kršćanstvo, a od 10. stoljeća osjeća se utjecaj Venecije. Povijesna zanimljivost je ta da je 1927. godine u Trogiru otvorena prva ljekarna na području Europe (URL 1). Izvorni dokument koji to potvrđuje je u privatnoj zbirci, a kopija u trogirskom muzeju.

Stara gradska jezgra se formirala između 13. i 15. stoljeća unutar antičkih zidina koje je Venecija u 15. stoljeću obnovila. Gradski prostor bio je organiziran po pravokutnoj osnovi, a na isti način su podijeljeni i okolni zemljišni posjedi, što se vidljivo u današnjoj parcelaciji. Slika 2.3 prikazuje pravokutnu podjelu ulica. Kroz desetljeća se u Trogiru smjenjivala vlast Mlečana i hrvatsko-ugarskih kraljeva te su se odvijale borbe za postizanjem autonomije grada (URL 4).

Razlozi stoljetnih borbi za postizanjem vlasti nad Trogirom kriju se i u njegovom plodnom tlu koje se smatra posebnošću u prevladavajućem krškom polju. U Dalmaciji, od Ravnih Kotara pa prema jugu nema nekih većih plodnih zemalja nego tek na području Trogira. Spomenuto polje se u narodu naziva Malim poljem i uvijek je bilo jako bitno mještanima Trogira. Malo istočnije se nalazi Veliko polje, a zbog samih granica tog polja, Trogirani se godinama sukobe sa Splitom. Zaključno je da se na području Trogira nalaze svakakve blagodati, plodna zemlja, pitka voda, pogodna klima, bogata kultura, itd. Pavao Andreis je izrekao jednu rečenicu koja u potpunosti opisuje glavna obilježja i značaj Trogira, a ona glasi: “Njegov opseg ne prelazi 750 koraka, ali u uskosti svoje obodnice zadržava ono što je za obilje jednog grada potrebno i neophodno.” (URL 3).

Kroz povijest glavna djelatnost za Trogirane je bila poljoprivreda. Najviše su se uzgajali pšenica i kukuruz te vinova loza, a nešto manje i povrtlarske kulture čija proizvodnja se povećala sa poboljšanjem prometne povezanosti jer je tada i izvoz svega uzgojenog bio olakšan. Velik dio površina je bio pod plastenicima, a započeo je i masovni uzgoj agruma. U okolnim područjima gdje prevladava krš, uzgajale su se masline, smokve i druge voćke. Nadalje, ribarstvo je bilo jako važno i u prošlosti i danas. Raznolikosti biljnih vrsta je doprinijela blizina mnoštva otoka i otočića, rijeka Pantana te nekolicina potoka. Uvijek se radilo o sitnim ribolovima te bijela riba je uvijek bila unosnija, a razvojem industrije i turizma, ulov se smanjio. U novijoj prošlosti započeo je uzgoj ribljih vrsta u kavezima (URL 1). Brodogradnja je bila razvijena u Trogiru i u prošlosti i danas.

Za turizam ne treba ni spominjati da je uvijek jedna od glavnih djelatnosti, a počeci sežu još od 20. stoljeća. Slika 2.4 pokazuje izgled grada u povijesti. Grad je mediteranski, dalmatinski, ali nije tipično kupališno odredište već turisti dolaze vidjeti bogatu kulturnu baštinu.



Slika 2.3 Plan grada Trogira iz 1755. godine (URL 5)



Slika 2.4 Razglednica grada iz 1900.-tih (URL 6)

Trogir, prijašnji Tragurium, danas poznat i pod nazivom „mala Venecija“, diči se iznimno bogatom povijesnom i kulturnom baštinom (URL 7). Brojni posjetitelji uvijek se iznova oduševavaju kulturno-povijesnim spomenicima i malim ulicama te umjetničkim zbirkama s poznatim remek djelima. Kako je i spomenuto, stara jezgra grada Trogira, smještena na malom otočiću, nalazi se na UNESCO-voj listi svjetske kulturne baštine. Mali dragulj dalmatinske obale ponosno predstavlja očuvanu srednjovjekovnu strukturu. Brojne znamenitosti odražavaju tisućljetni kontinuitet različitih civilizacija koje su ostavile svoj trag. Povijesna jezgra koje je djelomice okružena zidinama, sačuvala je do danas uličnu mrežu iz helenističkog razdoblja s uzorkom šahovnice. Također, raspolaze i s drugim, vrlo dobro očuvanim arhitektonskim remek-djelima iz različitih razdoblja povijesti.

Najznačajniji kulturni spomenik je trogirski katedrala, katedrala svetog Lovre, nazvana i Sveti Ivan, s gotičkim i renesansnim dijelovima, a građena je približno od 13. do 16. stoljeća. Glavno obilježje katedrali daju visoki zvonik i monumentalni Radovanov portal iz 1240. godine. Radovanov portal se ubraja među najznačajnija djela romaničke skulpture u Dalmaciji. Prvi kat zvonika je ranogotički, a drugi u oblicima kičene mletačke gotike, treći, završni kat je u stilu kasne renesanse. Zanimljivost je i što se na vrhu zvonika nalaze kipovi četvorice evanđelista. Ni u unutrašnjosti katedrale ne manjka bogato ukrašenih povijesnih elemenata, a posebno se ističe reljef Krštenje Kristovo te druga djela trogirskog kipara Ivana Duknovića (URL 4).

Dvije kule okružene zidinama sačinjavaju jezgru Trogira. Kula Kamerlengo i kula svetog Marka su objekti koji su služili za obranu, a potječu iz 15. stoljeća. Kula Kamerlengo smještena je na jugozapadnom dijelu trogirске obale, uz more, a izgrađena je od strane Mlečana i služila je kao sjedište vojne posade. Kula izgleda kao masivna građevina od kamena te ima oblik nepravilnog četverokuta s unutarnjim dvorištem i visokim zidinama koje završavaju kruništima. Unutar dvorišta kule nalazi se prostor koji je nekada bio korišten za vojne vježbe i okupljanja vojnika. S vrha kule pruža se prekrasan pogled na Trogir, okolne otoke i more, što

dodatno naglašava njen strateški značaj, a i danas je to vrlo popularno turističko mjesto za razgledavanje. U današnje vrijeme je često otvorena za posjetitelje, a ljeti se najviše koristi kao pozornica za različite kulturne događaje, kao što su koncerti i predstave, zahvaljujući svojoj izvanrednoj akustici i povijesnoj atmosferi.

Spomenuta kula sv. Marka štitila je sjeverozapadni dio grada, a zajedno s kulom Kamerlengo činila neprekinuti obrambeni zid koji je štitio grad od napada s mora. Za razliku od masivnije kule Kamerlengo, kula sv. Marka je kružnog oblika, što je karakteristično za utvrde tog vremena. Danas ima turističku funkciju, zanimljiva je za razgledavanje.

Na istočnoj strani grada, uz katedralu, nalazi se glavni gradski trg naziva Trg Ivana Pavla II. Na trgu se nalazi gradska loža iz 15. stoljeća s reljefima Pravde Nikole Firentinca i likom bana Petra Berislavića I. Meštrovića. Na glavnom trgu se također nalazi i gradski toranj sa satom nad renesansnom crkvicom sv. Sebastijana te Gradska vijećnica iz 15. stoljeća. Uz navedeno, na trgu se još nalazi i gotička palača Čipiko koja se sastoji od velike i male palače međusobno odijeljene ulicom (URL 4).

U palači Garagnin-Fanfogna smjestio se Muzej grada Trogira, živo, zorno i slikovito posvjedočenje iznimne trogirske baštine. Muzej se isto nalazi u blizini glavnog trga, prema Vratima od grada. Garagnini su bili venecijanski trgovci koji su u potrazi za novim tržištima došli u Trogir potkraj 16. stoljeća. Muzej je osnovan 1963. godine te otvara svoja vrata 60-ih godina, a za njim niz crkvenih muzeja, postajući okosnica kulturne turističke ponude grada. Trogir je sačuvao kontinuitet u svemu pa tako i u muzejskoj djelatnosti. Vrijeme 15. stoljeća označava pojavu prvih muzejskih zbirki. Muzejske zbirke utvrđuju se u drugoj polovici 20. st., kada jedna od važnijih gospodarskih grana postaje turizam. Muzej grada Trogira kao i većina muzeja u malim gradskim sredinama, svojim sadržajem, ukratko prikazuje povijesni razvoj grada. Uz svoju redovitu muzejsku djelatnost muzej se nakon osnutka uključio aktivno u kulturni život Trogira, od organiziranja izložbi, znanstvenih skupova, izdavačke djelatnosti, predavanja itd., što mu je glavna djelatnost i danas (URL 7).

Na području povijesne jezgre grada ima mnoštvo sakralnih građevina koje svjedoče o različitim vjerskim i kulturnim utjecajima kroz stoljeća. Od romaničkih građevina očuvane su trobrodna crkva sv. Barbare iz 11. stoljeća, zatim, jednobrodna crkvica sv. Ivana Krstitelja iz 13. stoljeća, uz koju se nalazio muški benediktinski samostan. Barokni su raskošni oltari u crkvi sv. Petra i sv. Nikole (URL 4). Crkva svetog Nikole smještena je pokraj Južnih vrata grada koja omogućuju izlaz na rivu. Nadalje, crkva svetog Dominika, izgrađena u gotičkom stilu, i pripadajući samostan smješteni su uz na samoj rivi grada, a samostan je osnovan u 14. stoljeću. Samostan je poznat po svom klausturu, koji predstavlja jednu od najljepših gotičkih građevina u Dalmaciji. Crkva Svih Svetih je manja, ali vrlo važna crkva koja se nalazi u srcu starog grada, a izgrađena je u 12. stoljeću u romaničkom stilu. Crkva Gospe od Karmela je barokna crkva, a izgrađena je u 17. stoljeću kao dio karmelićanskog samostana koji je u međuvremenu napušten. Posebno se ističe oltar posvećen Gospi, ukrašen pozlatom. Crkva svetog Mihovila je iz 13. stoljeća, a izgrađena je u romaničkom stilu. Nadalje, početkom 20. stoljeća. sagrađene su u neogotičkom stilu zgrada škole i suda. Spomenuta osnovna škola nalazi se na trogirskoj rivi. Trogir je jedan od gradova, koje je najbolje posjetiti uz stručno vodstvo turističkog vodiča, van glavne sezone i turističke gužve. Slika 2.5, Slika 2.6, Slika 2.7 te Slika 2.8 i Slika 2.9 prikazuju samo neke od mnogih kulturno-povijesnih građevina u gradu Trogiru.



Slika 2.5 Trg Ivana Pavla II, Gradski sat i Gradska loža (URL 8)



Slika 2.6 Katedrala svetog Lovre i Gradska uprava (URL 9)



Slika 2.7 Prikaz Radovanovog portala na katedrali (URL 9)



Slika 2.8 Prikaz dijela sadržaja iz Muzeja grada Trogira (URL 7)



Slika 2.9 Prikaz izgleda Južnih vrata i izlaz na rivu (URL 8)

3. POJMOVI I DEFINICIJE

3.1 Kartografija i digitalna kartografija

Tema diplomskog rada je izrada 3D kartografskog prikaza centra grada Trogira te da bi se поближе opisao cijeli postupak izrade, potrebno je definirati pojmove poput karte, kartografije, digitalne kartografije, itd. Kroz povijest bila su različita poimanja pojma karte stoga su brojni znanstvenici karte definirali na razne načine.

Jedna od definicija kaže da je karta grafički prikaz zemljine površine ili prikaz nekog njenog dijela na ravnoj plohi, ali u smanjenom mjerilu i to sa simbolima koji predstavljaju različite objekte i pojave zemljine površine (Robinson i dr., 1995). Nadalje, u svom djelu Monmonier (1996) na sličan način definira kartu i predstavlja je kao generaliziran, smanjen i simbolički prikaz Zemlje ili nekog njenog dijela, ili nebeskog tijela, ili bilo kojeg drugog prostora. Longley i dr. (2005) definiraju kartu kao analogni ili digitalni niz podataka koji grafički prikazuje prostorne informacije i odnose između objekata u prostoru. Prema Međunarodnom kartografskom društvu (ICA) iz 1995. godine: „Karta je kodirana slika geografske stvarnosti koja prikazuje odabrane objekte ili svojstva, nastaje stvaralačkim autorskim izborom, a upotrebljava se onda kada su prostorni odnosi od prvorazredne važnosti“. Nadalje, karta se može definirati kao alat za komunikaciju informacija, koji koristi grafičke simbole za predstavljanje podataka u odnosu na prostorne lokacije i to često s interaktivnim elementima koji omogućuju korisnicima da istražuju te podatke (Kraak i dr., 2020).

Različite su definicije karata jer su i nastajale u različitim vremenima i kulturama. Općenito, karte su definitivno među najstarijim, ali i najpopularnijim oblicima grafičke komunikacije te su služile za prijenos velikog broja prostornih podataka, odnosno, informacija kada se podacima da značenje i kontekst. Slijedno tome, karte su oduvijek bile visoko cijenjene zbog svoje visoke učinkovitosti prijenosa informacija (Goralski, 2009).

Karte su u uporabi dugi niz godina, a one najstarije karte su crtane na zidovima špilja, zatim je kao podloga zapisa podataka postao kamen pa glina, tkanina, drvo te onda tek papir koji i danas prevladava. Vrlo je raširena podjela karata s obzirom na to što prikazuju, tako postoje topografske karte, tematske, političke i mnoge druge. S obzirom na to što prikazuju i koriste se u različitim djelatnostima, u plovidbi, vojsci, trgovini, itd. Općenito, karte služe za navigaciju, prostornu analizu, planiranje, edukaciju i vizualizaciju podataka. Zastupljena je i podjela karata s obzirom na to gdje je one nalaze, odnosno, jesu li tiskane na papiru ili su digitalne. One karte prikazane na papiru su statične, a one prikazane na digitalnim uređajima s mogućnošću zumiranja, pomicanja i prikazivanja dodatnih slojeva informacija su dinamične i interaktivne. Zaključno je da se sa evolucijom karata razvila i disciplina izrade karata koja se zove kartografija.

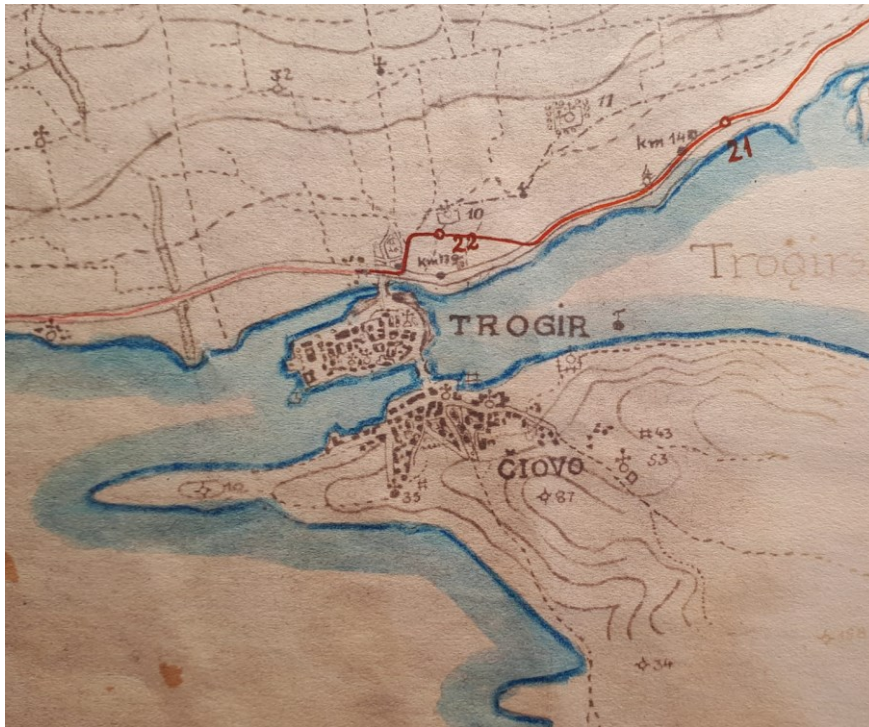
Slijedno tome, prema Monmonier (1996) kartografija je znanost, tehnika i umjetnost izrade karata koje služe kao alat za komunikaciju prostornih informacija. Općenito, kartografija je znanstvena i umjetnička disciplina koja se bavi izradom, proučavanjem i primjenom karata. Obuhvaća proces prikupljanja, analize, interpretacije i vizualizacije geografskih podataka kako bi se stvorile karte. Kartografija također uključuje teorijske aspekte kao što su projekcije, generalizacija podataka, simbolika te dizajn i komunikacija putem karata. Što se tiče prikupljanja podataka, tu spada prikupljanje geografskih podataka iz različitih izvora kao što su satelitske snimke, zračne fotografije, terensko mjerenje, i GIS (geografski informacijski

sustavi). Kod kartografije je ključan odabir kartografske projekcije, a to je proces pretvaranja trodimenzionalne Zemljine površine u dvodimenzionalni prikaz na karti. Generalizacija podataka je proces pojednostavljivanja i apstrahiranja geografskih informacija kako bi karta bila preglednija i razumljivija, ali uz obavezno zadržavanje relevantnih podataka te generalizacija podataka najviše ovisi o mjerilu. Simbolizacija kod kartografije uključuje upotrebu boja, linija, oblika i drugih grafičkih elemenata kako bi se različiti geografski objekti i pojave jasno prikazali i razlikovali na karti. Kartografski ključ određuje načine i boje prikaza elemenata na karti. Kod karte je jako bitna estetičnost pa o tome treba voditi računa kao i o tome da karta bude primjenjiva, točna i korisna.

Kartografija je staro umijeće, ali riječ kartografija prvi se put pojavljuje uz riječi geografija u okrilju koje je bila sve do 19. stoljeća. Objekt istraživanja kartografije je pronalazjenje najprikladnije kartografike i vrste kartografskog prikaza, kako bi taj prikaz bio takav da kod korisnika može izazvati što bolju predodžbu prostorne stvarnosti (Frangeš, 2012/2013). Prema Međunarodnom kartografskom društvu (ICA) iz 1995. godine: „Kartografija je disciplina koja se bavi zasnivanjem, izradom, promicanjem i proučavanjem karata. Za kartografiju su, nadalje, posebno važni položajna točnost, visinska točnost i mogućnost raspoznavanja objekata (Frančula, 2004). Prema objektu prikaza kartografija se dijeli na topografsku i tematsku, a prema namjeni na vojnu i civilnu (Frangeš, 2012/2013).

Dok tradicionalna kartografija uključuje ručno crtanje i izradu karata na papiru, digitalna kartografija donosi revoluciju u pristupu stvaranju, upravljanju i prikazivanju kartografskih podataka korištenjem suvremenih digitalnih tehnologija i računalnih programa. Frančula (2004) u svom radu definira da pod digitalnom kartografijom podrazumijevamo primjenu kompjutorske tehnologije u kartografiji. Prema Longley i dr. (2005) digitalna kartografija je proces stvaranja, upravljanja i prikazivanja kartografskih podataka korištenjem digitalnih tehnologija, uključujući računalne programe za geografske informacijske sustave (GIS). Digitalna kartografija, zaključno, podrazumijeva izradu i primjenu karata putem digitalnih medija, a kako se radi o digitalnoj kartografiji, omogućuje interaktivnost, dinamičnost i prilagodljivost kartografskih prikaza (Kraak i dr., 2020).

Općenito, digitalizacija je postupak pretvaranja grafičkih izvornika u digitalni oblik. S obzirom na vrstu digitalizatora koji se pritom koriste, digitalizacija može biti ručna ili vektorska i automatska ili rasterska, tj. skeniranje (Frančula i dr., 2008). Potpuna automatizacija postupka izrade karata nije tako lako izvediva, pogotovo, za karte različitih mjerila. Tako de termin automatizacija u kartografiji sve više zamjenjuje sa kompjuterski podržanom kartografijom (Frančula, 2004). Kompjutorska kartografija je sinonim za digitalnu kartografiju, a iz samog naziva je vidljivo da se svi procesi odvijaju u digitalnom obliku. Karte koje su nastale djelovanjem digitalne kartografije mogu biti interaktivne, omogućujući korisnicima da zumiraju, mijenjaju slojeve informacija i analiziraju prostorne podatke u stvarnom vremenu. Digitalna kartografija također omogućuje integraciju različitih vrsta podataka, uključujući satelitske snimke, zračne fotografije i GPS podatke, što doprinosi preciznosti i funkcionalnosti modernih karata. Velika je potražnja za raznovrsnim kartama pa primjena kompjutorske tehnologije čini evoluciju u izradi istih jer je na taj način ubrzan proces izrade. Primjena kompjutorske tehnologije ubrzava i osuvremenjivanje karata. Smanjena je cijena izrade, a poboljšani su uvjeti rada i kvaliteta karata. Nedostatak je što sve više kartografskih nestručnjaka izrađuju karte zbog olakšanog postupka, a pravi kartografi moraju ovladati tehničkim umijećima (Frančula, 2004). Slika 3.1 i Slika 3.2 prikazuju različite vrste karata kroz povijest.



Slika 3.1 Prikaz stare analogne karte Trogira (URL 10)



Slika 3.2 Prikaz digitalne karte Trogira (URL 11)

3.2 3D model i 3D karte

Frančula i dr. (2008) definiraju 3D model kao prikaz geometrije objekata na osnovi trodimenzionalnog koordinatnog sustava. 3D model je trodimenzionalna digitalna reprezentacija objekta ili prostora koja prikazuje njegov oblik, strukturu i proporcije u virtualnom okruženju. Za razliku od 2D prikaza, koji koristi širinu i visinu, 3D model dodaje dubinu, omogućujući detaljniji i realističniji prikaz objekta. Što se tiče prostorne orijentacije 3D modeli su definirani u trodimenzionalnom prostoru s osi X, Y i Z, što omogućuje prikaz objekta iz bilo kojeg kuta ili perspektive.

Kod 3D modela dizajniranih baš za profesionalne korisnike bitna je točnost i razina detalja, a kod 3D modela za neprofesionalno korištenje više je naglasak na izgledu (Župan i dr., 2018). 3D modeli postojećeg stanja nekog područja također olakšavaju vizualizaciju potencijalnog budućeg stanja koje je dobar za investicijski posao, praktičnije su od ravninskih karata. U turizmu i u područja nekretnina, 3D modeli olakšavaju zamišljanje prostora i orijentacija. Najbolja metoda za stvaranje velikog 3D modela grada u a kratko vrijeme i po niskoj cijeni je proceduralno modeliranje, koje znači stvaranje 3D modela korištenjem pravila i algoritama (Župan i dr., 2018).

3D modeli koriste se u raznim industrijama, najviše u arhitekturi, na primjer za projektiranje zgrada, zatim u industrijskom dizajnu, industriji igračaka, za razvoj videoigara. Nadalje, modeli se koriste za animaciju i film, medicinu (za simulaciju organa i kirurške zahvate) te u znanstvenim vizualizacijama. Izrađuju se pomoću specijaliziranih softverskih alata za 3D modeliranje, kao što su SketchUp, Blender, AutoCAD, 3DS Max, Maya, i mnogi drugi. Ovi alati omogućuju korisnicima stvaranje, uređivanje i animaciju modela.

Primjer 3D modela je 3D model grada (Slika 3.3), a to je trodimenzionalna digitalna reprezentacija urbanog prostora koja obuhvaća zgrade, ulice, infrastrukturu, prirodne značajke i druge elemente koji su sastavni dio samog grada. 3D modeli mogu sadržavati velik broj detalja, prikazujući točne visine građevina, oblike krovova, fasade pa čak i teksture materijala, čime se postiže visoka razina realističnosti.



Slika 3.3 3D model grada Petrinje (URL 12)

3D karta je umanjena, generalizirani, interaktivni, perspektivni prikaz prostornih pojava, stanja i procesa na dvodimenzionalnom mediju u tri dimenzije sredstvima kartografike, odnosno, digitalni kartografski model na dvodimenzionalnom mediju (Frančula i dr., 2008). Kod naziva 3D karta treba paziti na to da je u 3D prikazan sadržaj, a podloga je dvodimenzionalna te čak nema ni sve osobine karte. Trodimenzionalne karte su vizualni modeli koji integriraju zajedno geografske i visinske podatke kako bi omogućili percepciju topografskih i infrastrukturnih elemenata i sve to u tri dimenzije. U svom radu Jenny (2011) govori o 3D kartama kao općepoznatim kao pejzažne panorame ili pogledi iz ptičje perspektive. „Karta je medij dizajniran za komunikaciju generaliziranih prostornih informacija i odnosa.“ (Lapaine i dr., 2021).

Bez obzira na to koliko su tradicionalne dvodimenzionalne karte učinkovite, trodimenzionalne karte nude značajna poboljšanja i prednosti. Već neko vrijeme postoji tehnologija koja omogućuje izradu trodimenzionalnih karata, ali njihova era još nije u potpunosti stupila na scenu. Iako su koristi trodimenzionalnih karata vrlo značajne, međutim, iz nekog razloga prelazak na 3D kartografiju ne odvija se tako brzo i učinkovito kako bi to dopuštala tehnološka i društvena uvjetovanost (Goralski, 2009).

Za većinu korisnika karata, 3D karte su jedan od najatraktivnijih kartografskih proizvoda. Brojne su prednosti ovakvih karata, a neke od njih su: mogu prikazati stvarno okruženje na fotorealističan, čitljiv način, čuvajući dovoljno geoprostornih informacija za potrebe različitih korisnika (Bandrova, 2022). Korisnici 3D karata su brojniji od korisnika 2D karata. Dodana treća dimenzija omogućuje veću točnost pa samim time moguće su i dublje analize. Trodimenzionalne karte imaju široku primjenu u raznim djelatnostima poput urbanističkog planiranja i arhitekture, geografskim analizama, u turizmu, prometu, telekomunikacijama, zatim kod onečišćenja okoliša ili u nastavama u školama.

Zaključno, svaki 3D model nije karta, ali svaka 3D karta sadrži 3D model. Slika 3.4 prikazuje primjer 3D karte.



Slika 3.4 3D karta grada New Yorka (URL 13)

3.3 Softveri za trodimenzionalno modeliranje

Izrada 3D kartografskog prikaza nekog grada ne bi bila moguća bez softvera koji omogućuje 3D modeliranje. S vremenom je razvijen niz softvera koji omogućuju trodimenzionalno modeliranje i prikazivanje, a biramo ih prema njihovim mogućnostima ovisno o našim potrebama i zahtjevima. Kod odabira softvera, ključno je da ima mogućnost učitavanja odabranih ulaznih podataka. Pojedini programski paketi sadrže osnovne funkcije za izradu 3D modela dok su ostali složenije prirode. Glavna podjela programskih paketa je na one besplatne i komercijalne. Besplatni softveri većinom nude osnovne funkcije, a komercijalni softveri omogućuju izradu nešto profesionalnijeg 3D modela. Općenito, softveri za 3D modeliranje su računalni programi koji omogućuju korisnicima stvaranje, manipulaciju i na kraju vizualizaciju trodimenzionalnih objekata i scena. Ovi alati su ključni u mnogim djelatnostima, uključujući arhitekturu, urbanizam, industrijski dizajn, animaciju i igre. Kada se radi o modeliranju gradova, kao što je slučaj u ovom diplomskom radu, 3D softveri omogućuju detaljno prikazivanje urbanih prostora, uključujući zgrade, ceste, infrastrukturu i prirodne elemente.

Softveri za 3D modeliranje omogućuju izradu osnovnih oblika koji se mogu kombinirati i prilagođavati kako bi se izgradili složeni 3D objekti. Nakon što se izradi 3D model, softveri pružaju i alate za dodavanje materijala i tekstura modelima, što omogućava realistično prikazivanje površina (npr. cigla, kamen, drvo). Također, mnogi 3D softveri nude alate za animaciju, što je korisno za simulacije kretanja kroz grad, promjene u okolišu ili neke druge dinamičke prikaze. Neki 3D softveri mogu integrirati podatke iz geografskih informacijskih sustava (GIS) kako bi se stvorili precizni modeli urbanih područja temeljenih na stvarnim geografskim podacima. Za kraj, softveri omogućuju izvoz modela u različitim formatima te se onda mogu koristiti u drugim aplikacijama ili za 3D ispis.

Kod modeliranja gradova, softveri za 3D modeliranje omogućuju planiranje novih urbanih prostora, analizu infrastrukture i vizualizaciju budućeg razvoja. Također je omogućen prikaz zgrada, krajolika i cijelih četvrti u fotorealističnim prikazima za prezentacije budućim korisnicima. 3D modeli gradova također se koriste i za simulaciju kretanja vozila i pješaka, kao i za analizu protoka prometa. Filmska industrija smatra se pionirima 3D tehnologije jer je prva koristila ovakvu tehnologiju i većina inovacija u tom području dolazi upravo od njih. U novije vrijeme, razvoj videoigara i interaktivnih virtualnih obilazaka često koristi 3D modele gradova za stvaranje uvjerljivih i realističnih okruženja. Softveri za 3D modeliranje koriste se u obrazovnim ustanovama za istraživanje urbanih fenomena, prostorno planiranje i povijesne rekonstrukcije. Zaključno je da softveri za 3D modeliranje npr. gradova omogućuju korisnicima da ideje pretvore u vizualno impresivne i funkcionalne modele, što je ključno za moderne projekte u urbanom razvoju, ali i u mnogim drugim područjima.

3D modeliranje može biti automatsko, ručno ili njihova kombinacija. Kod automatskog modeliranja ključno je imati dobro pripremljene ulazne podatke na temelju kojih će softver moći sam interpretirati podatke i sam izraditi 3D model. Kod ručnog modeliranja, osoba koja modelira ima potpunu kontrolu nad modelom i može interpretirati podatke na način koji želi. Prilikom izrade 3D kartografskog prikaza centra grada Trogira, upotrijebljeno je ručno modeliranje.

Neki od najčešće korištenih softvera za 3D vizualizaciju prostora i objekata su: SketchUp, Blender, 3DS Max, ArcGIS i CityEngine te su u daljnjem tekstu ukratko opisane njihove karakteristike.

- SketchUp

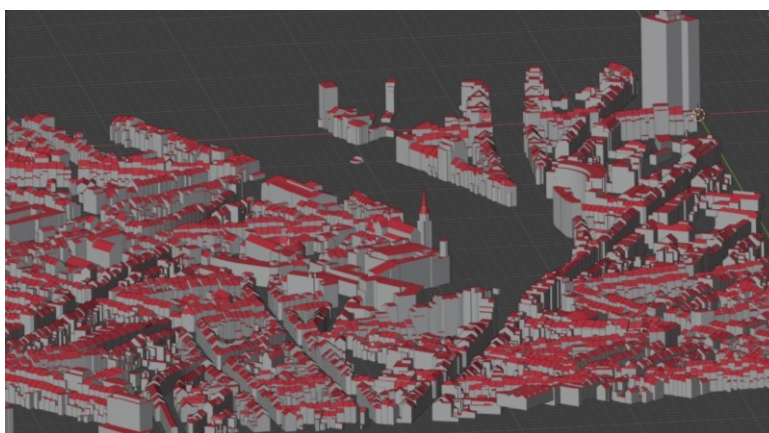
SketchUp je moćan alat za modeliranje 3D prostora koji se često koristi za stvaranje detaljnih i realističnih 3D modela zgrada, krajolika i objekata. Ima sučelje koje je relativno jednostavno za korištenje što ga čini pogodnim alatom za početnike i profesionalce. Također, omogućuje brzo modeliranje 3D objekata pomoću alata za crtanje i manipulaciju te nudi veliku biblioteku gotovih modela kroz 3D Warehouse, što korisnicima omogućuje preuzimanje i dijeljenje objekata. Najviše se koristi u arhitekturi i dizajnu interijera (URL 14). Također, dolazi u besplatnoj verziji za osnovne korisnike, kao i u profesionalnoj verziji s dodatnim značajkama. Za izradu ovog diplomskog rada odabran je upravo SketchUp softver te će o njemu još detaljnije, kasnije biti pisano. Slika 3.5 prikazuje objekte nacrtane u SketchUp softveru.



Slika 3.5 3D model grada Budimpešte u SketchUp softveru (URL 15)

- Blender

Besplatni, profesionalni softver koji nudi alate za modeliranje, namještanje, simulaciju, prikazivanje te praćenje kretanja i uređivanje trodimenzionalnih prikaza. Blender je izuzetno popularan zbog svoje besplatne prirode i širokog spektra funkcionalnosti, a koristi se u raznim industrijama te za izradu animiranih filmova, vizualnih efekata i modela za 3D printere. Blender je tako vremenom postao projekt otvorenog koda, što znači da je izvorni kod dostupan javnosti, a korisnici imaju slobodu pristupa, prilagodbe i dijeljenja programa te je od tada rastao i postao popularan alat u industriji 3D grafike, animacije i vizualnih efekata (URL 16). Slika 3.6 prikazuje objekte nacrtane u Blender softveru.



Slika 3.6 3D model grada u Blender-u (URL 17)

- 3DS Max

3DS Max ili bivši 3D Studio je profesionalni Autodesk-ov softver, a najviše se koristi za 3D modeliranje, animaciju te u arhitekturi i industriji videoigara i filmova. Nudi napredne alate uključujući kontrolne sisteme što ga čini pogodnim za kreiranje spomenutih animacija. Softver je često korišten u arhitekturi i urbanizmu za stvaranje detaljnih modela zgrada i gradskih pejzaža. Podržava razne formate datoteka te se lako integrira s drugim Autodeskovim alatima (URL 18). Slika 3.7 prikazuje model grada u 3DS Max softveru.



Slika 3.7 3D model grada u 3DS Max softveru (URL 19)

- ArcGIS

ArcGIS je GIS softver s 3D modeliranjem koji omogućuje integraciju geografskih podataka s 3D modelima. Također, omogućuje vizualizaciju prostornih podataka, napredne prostorne analize te prikazivanje rezultata u dvodimenzionalnom, trodimenzionalnom i četverodimenzionalnom prostoru. ArcGIS donosi čitav niz alata i usluga kojima se korisnici mogu koristiti kako bi izradili i podijelili kartografske proizvode. Koristi se za stvaranje realističnih i točnih modela gradova, uz mogućnost analize podataka i simulacija (URL 20). Slika 3.8 prikazuje model u ArcGIS softveru.



Slika 3.8 3D model grada u ArcGIS softveru (URL 21)

- CityEngine

CityEngine je trodimenzionalni softver za modeliranje koji je razvio Esri R&D Center Zurich (bivši Procedural Inc.) i specijalizirao se za izradu detaljnih 3D-a urbanih modela. Uz proceduralne pristupe modeliranju, CityEngine omogućuje učinkovito stvaranje detaljnog 3D model grada prikazanog u velikom mjerilu u samo nekoliko klikova mišem, umjesto dugotrajnog i iscrpljujućeg ručnog stvaranja i postavljanje objekata. Kako je i spomenuto, koristi proceduralno modeliranje kako bi brzo stvorio složene gradove na temelju prethodno definiranih pravila. Usko je integriran s GIS-om, što omogućava korisnicima analizu i vizualizaciju geografskih informacija. Koristi se u urbanističkom planiranju i geografskim istraživanjima (Župan i dr., 2018). Slika 3.9 prikazuje model u CityEngine softveru.



Slika 3.9 3D model grada u CityEngine softveru (URL 22)

Zaključno je da postoji niz softvera koji nude različite funkcionalnosti i pristupe. Za izradu 3D kartografskog prikaza centra grada Trogira odabran je SketchUp. Iako SketchUp možda ne nudi sve napredne značajke kao neki spomenuti specijalizirani softveri, njegova fleksibilnost i brzina rada čine ga izvrsnim alatom za mnoge korisnike. Za projekte koji ne zahtijevaju složene simulacije ili visoko sofisticirane efekte, SketchUp nudi učinkovito i pristupačno rješenje za stvaranje 3D modela. Njegovo sučelje omogućuje brzo stvaranje preciznih 3D modela, a dostupnost velike biblioteke gotovih modela putem 3D Warehouse-a dodatno olakšava rad.

4. RAZINE DETALJA PRIKAZA (LOD0 – LOD4)

Za većinu gradova nastoje se sve više izrađivati 3D modeli kao prikazi tih gradova jer 3D modeli pružaju dodatnu vrijednost i dodatnu korist nad 2D skupovima geopodataka (Shibayama i dr., 2012).

Razina detalja prikaza trodimenzionalnog modela definirana je pomoću CityGML direktive. City Geography Markup Language (CityGML) je semantički model podataka koji služi za prikaz terena i 3D objekata u urbanim sredinama te u onim sredinama u kojima je moguća razmjena podataka između različitih aplikacija, bez gubitka kvalitete i kvantitete. Jedno od osnovnih svojstva CityGML direktive je mogućnost prikaza 3D objekata u pet jasno definiranih i hijerarhijski spojenih razina detaljnosti – LOD (engl. Level of Detail) (Žic i dr., 2020). Definicija i karakteristike LOD razina mogu varirati ovisno o industriji u kojoj se primjenjuje, alatima i ciljevima modeliranja. Stoga je bitno prilagoditi razinu detaljnosti prema specifičnim potrebama i ograničenjima svake pojedine situacije. Iako je primjenjiva i na druge objekte, skala razine detalja većinom se odnosi na objekte unutar naselja i njihovu geometrijsku te semantičku složenost. LOD općenito označava detaljnost modela i utječe na njegovu upotrebljivost (Biljecki i dr., 2016).

LOD je skupina tehnika koja se može implementirati na više načina. U suštini, grafički model može se prikazati različitim brojem poligona ovisno o udaljenosti promatrača od grafičkog modela. Što je veća udaljenost, model može biti prikazan s manjom količinom poligona, odnosno, s manjom razinom detalja bez narušavanja istinitosti prikaza (Goralski, 2009).

Unatoč popularnosti i općem prihvaćanju ove kategorizacije, u svom radu Biljecki i dr. (2016) tvrde da je s geometrijskog gledišta pet LOD-ova nedovoljno i da je njihova specifikacija dvosmislena. Te nedostatke moguće je riješiti boljom definicijom LOD-ova i njihovim usavršavanjem. Na taj način je predstavljen pročišćeni skup od 16 LOD-ova usmjerenih na stupanj vanjske geometrije zgrada, koji pružaju strožu specifikaciju i samim time dopuštaju manje slobode modeliranja.

CityGML direktiva definira sljedećih pet razina detalja:

- LOD 0 – prikaz digitalnog modela terena, samo tlocrti, bez visina
- LOD 1 – prikaz osnovnih oblika objekata, tzv. model kutija (*engl. box model*), podignute visine
- LOD 2 – prikaz objekata s teksturama i detaljnom strukturom krova
- LOD 3 – detaljan prikaz vanjske arhitekture objekata (vrata, prozori) s detaljnom strukturom krova
- LOD 4 – detaljan prikaz unutrašnjosti objekata (Žic i dr., 2020).

U prethodno definiranoj podjeli, ukratko su opisane razine detalja prema svojim najbitnijim značajkama, a zaključno je da se sve više razine nadovezuju na osnovnu razinu detaljnosti te to omogućuje jedinstven prikaz svih objekata, bez obzira do koje su razine izvorno modelirani (Žic i dr., 2020).

- Razina detalja nula ili LOD0

LOD0 nastaje iscrtavanjem tlocrta trodimenzionalnih objekata. Kod razine detalja nula, još se radi o dvodimenzionalnom prikazu, zapravo se prikazuje digitalni model terena, samo sa tlocrtima, bez visina. Tlocrt treba položajno odgovarati objektu kojeg prikazuje te svojim oblikom vjerno predstavljati obris tog objekta.

- Razina detalja jedan ili LOD1

LOD1 nastaje na način da se prikaz dobiven korištenjem razine detalja nula prebacuje u trodimenzionalno okruženje, na taj način predstavlja prijelaz sa dvodimenzionalnog u trodimenzionalni prikaz. Ovakva razina detalja definira prikaz osnovnih oblika objekta, na način da su tlocrtima pridružene samo visine objekata. LOD1 je najjednostavniji prikaz koji standard sadrži kada se radi od 3D modelima, to je generalizirani model koji se opisuje samo kao „dobro poznati model blokova koji se sastoji od prizmatičnih zgrada s ravnim krovnim strukturama“ (Open Geospatial Consortium, 2012). LOD1 modeli mogu se koristiti za simulacije sjenčanja, procjene zagađenja bukom, procjenu energetske potražnje, simulacije poplava te općenito vizualizaciju (Ruščić, 2024).

- Razina detalja dva ili LOD2

LOD2 nastaje nadogradnjom LOD1, na način da se visinama, tj. zidovima dodaje tekstura, a dodaje se i osnovna struktura krova. Omogućuje prikazivanje objekata u trodimenzionalnom okruženju koristeći se pojednostavljenim oblicima krovništa te modeliranjem njegovih dijelova u više semantičkih kategorija. Općenito, to su modeli jednostavne strukture i teksture koji sadrže pojednostavljene krovne konstrukcije. LOD2 modeli se koriste za vizualizaciju, kod procjene solarnog potencijala krovova te u procjeni energetske potražnje s većom točnošću nego kod LOD1. LOD2 modeli s diferenciranim krovnim prevjesima koštaju više jer zahtijevaju kombinaciju dviju tehnika prikupljanja (zračne i zemaljske). Kada krovni prepusti nisu definirani, zidovi se obično dobivaju kao projekcije od rubova krova prema tlu te se na taj način, nenamjerno, povećava volumen zgrade što je kod nekih primjena LOD2 modela bitno. Također, krovni prozori i dimnjaci se u LOD2, u praksi rijetko nalaze (Biljecki i dr., 2016).

- Razina detalja tri ili LOD3

LOD3 u odnosu na prethodnu razinu detalja prikazuje arhitektonski precizan model. Objekt izrađen na takav način prikazuje znatno više detalja u odnosu na LOD2. Detaljna je struktura krova uz nacrtane sve otvore na objektima, nacrtani su i balkoni te detaljne krovne konstrukcije. Zbog navedenih poboljšanja ove razine detalja, LOD3 modeli se koriste za procjenu gubitka topline, mapiranje osvjetljenja i analizu bliještanja te planiranje energetske učinkovitih rekonstrukcija. Izrada LOD3 modela je naporan proces stoga su u praksi ograničene dostupnosti i obično su ograničeni na manja područja.

- Razina detalja četiri ili LOD4

LOD4 preuzima detaljnost prethodne razine uz uključivanje unutarnjih značajki objekta. Uz potpunu preciznost i detaljnost vanjskog izgleda objekata, ova razina detalja zahtijeva i prikaz stanja u unutrašnjosti. LOD4 predstavlja u ovom slučaju najvišu razinu detaljnosti. Ona obuhvaća sve prije navedene razine te kako je i spomenuto, upotpunjava ih s modeliranjem unutrašnjosti objekata. Obično se koristi u aplikacijama koje zahtijevaju vrhunski vizualni realizam, kao što su filmska industrija, visokokvalitetne videoigre, vizualizacija arhitekture i slično (Ruščić, 2024).

Slika 4.1 prikazuje razine detaljnosti prema vizualnom razlikovanju, a Tablica 1 prikazuje zahtijevane točnosti za pojedine razine detalja.



Slika 4.1 Prikaz razina detalja - LOD (Biljecki, 2017)

Tablica 1. Definiranje parametara točnosti modeliranih objekata (Kolarek, 2009)

	LOD0	LOD1	LOD2	LOD3	LOD4
Opseg podataka	veća područja	regije i gradovi	dijelovi radova, područje adatka	pojedinačni modeli	pojedinačni modeli
Apsolutna točnost (XY/Z)	>LOD1	5 m/5 m	2 m/2 m	0,5 m/0,5 m	0,2 m/0,2 m
Stupanj generalizacije	maksimalni stupanj generalizacije	blokovi generaliziranih objekata >6×6 m/3 m	pojedinačni generalizirani objekti >4×4 m/2 m	pojedinačni generalizirani objekti >2×2 m/1 m	modelirani konstruktivni elementi objekata
Struktura krova	–	ravni krov	standardni tipovi krova i orijentacija	stvarna struktura krova	stvarna struktura krova
Standardni objekti u urbanim sredinama	–	samo važni objekti	standardni objekti	standardni objekti	modelirani stvarni objekti
Vegetacija	–	važni veći objekti	standardni objekti viši od 6m	standardni objekti viši od 2m	modelirani stvarni objekti
Upotreba zemljišta	–	>50×50 m	>5×5 m	>LOD2	>LOD2

Razina detalja LOD2 je optimalan izbor za naše područje, centar grada Trogira, a i za naše potrebe jer veća razina detalja zahtijevala bi više vremena i resursa. Slijedno tome, stara jezgra grada napravljena je u 3D modelu sa LOD2 razinom detalja, podignute su visine i pridružena im je prikladna tekstura, a krovovi su crtani bez dimnjaka i krovnih prozora, ali u daljnjem tekstu će se još detaljnije o tome pisati. Slika 4.2 predstavlja 3D modele gradova sa različitim razinama detalja.



Slika 4.2 Primjeri 3D modela gradova svijeta s različitim razinama detalja (Biljecki, 2017)

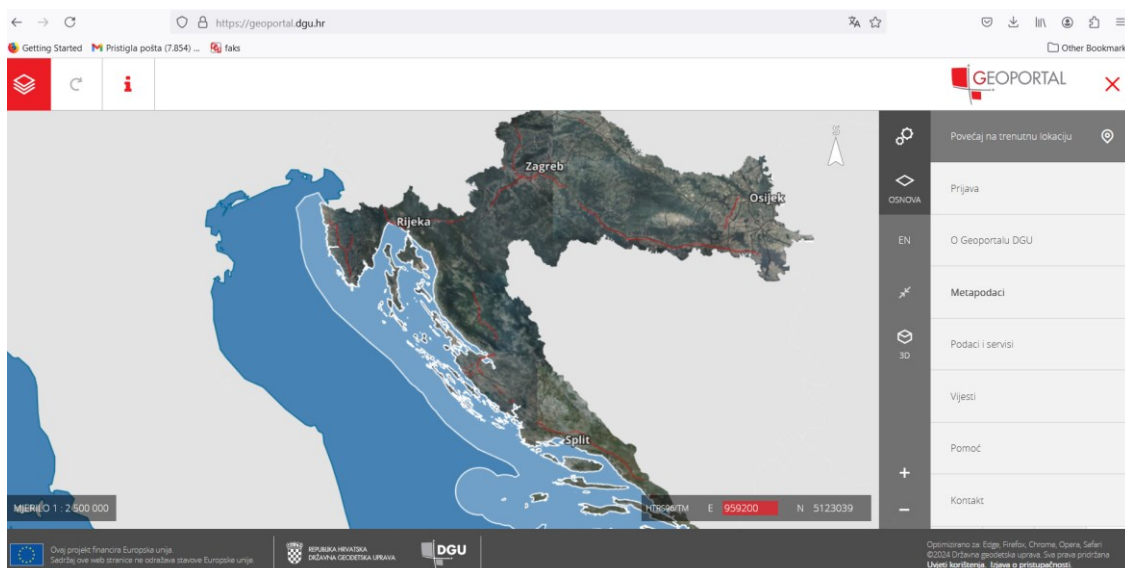
5. GEOPORTAL DGU

Geoportal DGU (Državne geodetske uprave Republike Hrvatske) je web platforma (Slika 5.1) koja omogućuje pristup različitim prostornim podacima i informacijama iz područja katastarskih, topografskih, kartografskih i drugih geodetskih baza podataka u Hrvatskoj. To je ključni alat za prostorno planiranje, upravljanje zemljištem, geodetske radove, ali i za sve one, npr. građane ili tvrtke koji trebaju pristup bitnim prostornim informacijama. Geoportal DGU je središnje mjesto za pristup prostornim podacima te je jedan od osnovnih elemenata Nacionalne infrastrukture prostornih podataka (URL 23).

Kako je i spomenuto, Geoportal DGU je online platforma kojom upravlja Državna geodetska uprava. Državna geodetska uprava (DGU) je državna upravna organizacija koja obavlja upravne i stručne poslove iz područja geodezije, kartografije, katastra i fotogrametrije. Također, DGU vodi brigu o uspostavi Nacionalne infrastrukture prostornih podataka (NIPP), zatim o informatizaciji katastra i geodetsko-prostornog sustava, državnoj službenoj kartografiji, geodetskoj dokumentaciji, statističkim podacima o katastru nekretnina, prostornim jedinicama i vodovima te geodetsko-katastarskim poslovima za državnu granicu (URL 23).

Nacionalna infrastruktura prostornih podataka (NIPP) je skup tehnologija, mjera, normi, provedbenih pravila, usluga i ostalih čimbenika koji omogućuju djelotvorno povezivanje, upravljanje i održavanje dijeljenja prostornih podataka. To se sve obavlja u svrhu zadovoljenja potreba na nacionalnoj pa tako i na europskoj razini. NIPP je sastavni dio europske infrastrukture prostornih podataka definirane INSPIRE direktivom (URL 23).

Nadalje, Geoportal Državne geodetske uprave skoro je u potpunosti izgrađen na softverskim komponentama otvorenog koda. Što se najbolje vidi kod korištenja geoprostornih tehnologija distribuiranih pod licencama koje omogućavaju njihovo slobodno korištenje. Tako je interaktivno kartografsko sučelje razvijeno pomoću OpenLayers biblioteke, a sami podaci su smješteni u PostgreSQL bazi podataka sa PostGIS proširenjem za prostorne podatke (URL 23).



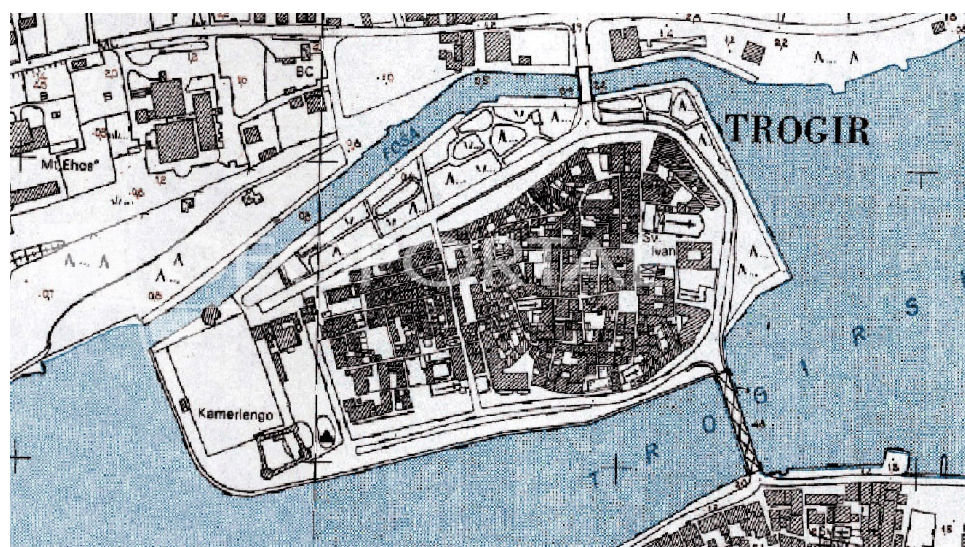
Slika 5.1 Naslovna stranica Geoportala DGU (URL 23)

Glavna karakteristika i mogućnost Geoportala DGU je što korisnici mogu pretraživati i pregledavati katastarske planove, zemljišne čestice i njihove karakteristike. Omogućuje pregled vlasničkih listova, granica parcela i površina. U svhu detaljnog pregleda stvarnog stanja na terenu, Geoportal nudi pregled ortofoto karata visoke rezolucije, izrađenih na temelju zračnih snimaka. Također je moguće pristupiti i topografskim kartama koje prikazuju reljef, vodene površine, prometnice, vegetaciju i druge važne elemente za prostorno planiranje. Omogućeno je pregledavanje i preuzimanje tematskih karata te digitalnih katastarskih planova koji su od iznimne važnosti za geodetske tvrtke. Geoportal također pruža alate za pretvorbu koordinata između različitih koordinatnih sustava, što je ključno za precizne geodetske radove.

5.1 HOK i DOF

- HOK

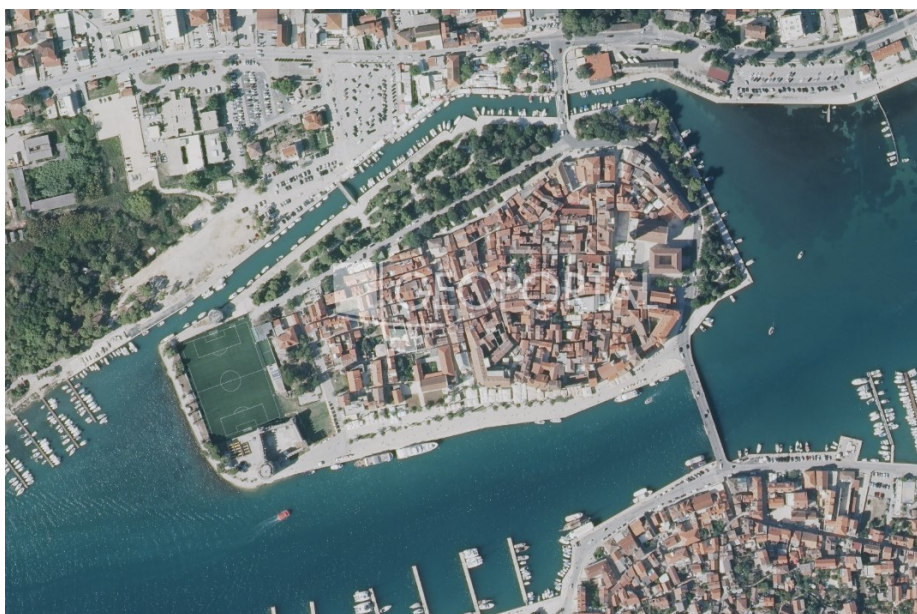
Hrvatska osnovna karta (HOK) je osnovna službena državna karta koja se izrađuje u standardnom mjerilu 1:5000. Općenito, HOK može biti u mjerilu 1:5000 ili 1:10 000. HOK je kodirana slika prirodnih i izgrađenih objekata na zemljinoj površini koja se izrađuje za cjelokupno područje Republike Hrvatske. Hrvatska osnovna karta prije se zvala ODK (Osnovna državna karta), a izrađivana je u razdoblju od 1954. do 2010. godine. Cijeli teritorij Republike Hrvatske prekriven je s 9802 lista HOK-a. Površina jednog lista obuhvaća područje od 675 ha. HOK nastaje aerofotogrametrijskim snimanjem u krupnijem mjerilu, a podaci na karti su prikazani s minimalnim stupnjem generalizacije (Slika 5.2). Nadalje, HOK se koristi za detaljno prostorno planiranje te kod idejnog planiranja i projektiranja infrastrukturnih objekata, stručnoj uporabi u javnom i privatnom upravljanju, planiranju i održavanju, akcijama spašavanja te za turističke i rekreativne aktivnosti i sl. HOK je izrađen u 5. i 6. zoni Gauss-Kruegerove kartografske projekcije na Besselovom elipsoidu 1841, a za potrebe prikaza na Geoportalu DGU listovi su transformirani u HTRS96/TM sustav uz korištenje 7 parametarske transformacije. Od 2011. godine listovi HOK-a se izrađuju u novoj podjeli na listove te u novoj kartografskoj projekciji HTRS96/TM na elipsoidu GRS80 (URL 24).



Slika 5.2 Prikaz centra grada Trogira na HOK podlozi (Geoportal DGU)

- DOF

Digitalna ortofoto karta (DOF5) je službena državna karta i izrađuje se u mjerilu 1:5000 za cjelokupno područje Republike Hrvatske. DOF je zapravo list karte sastavljen od jedne ili više ortofoto snimki jedinstvenog mjerila s nanesenom pravokutnom koordinatnom mrežom, odgovarajućim kartografskim znakovima i nadopunjen izvan okvirnim podacima (Slika 5.3). DOF5 se sustavno izrađuje od 2000. godine za područje Republike Hrvatske. Cijeli teritorij Republike Hrvatske prekriven je s 10945 listova DOF5. Površina jednog lista obuhvaća područje od 600 ha. Osnovni proizvod na kojem se temelji izrada DOF5 su aerofotogrametrijske snimke snimljene prema odgovarajućim Tehničkim specifikacijama proizvoda (URL 24). DOF5 se koristi za administrativne svrhe, a posebice za urbano i ruralno planiranje. Omogućena je upotreba ortofoto karata za prostorno planiranje, urbanizam, poljoprivredu, monitoring okoliša, geološka istraživanja, kartografiju i druge djelatnosti koje zahtijevaju precizne georeferencirane slike. Do 2009. godine DOF5 se izrađivao u 5. i 6. zoni Gauss-Kruegerove kartografske projekcije na Besselovom elipsoidu 1841, a od 2009. godine u novoj kartografskoj projekciji HTRS96/TM na elipsoidu GRS80 (URL 24).



Slika 5.3 Prikaz centra grada Trogira na DOF podlozi (Geoportal DGU)

HOK se koristi za različite geoinformacijske aplikacije i analize u Hrvatskoj, a često se koristi zajedno s drugim prostornim podacima, kao što je digitalni ortofoto (DOF). Slijedno tome, i za izradu ovog rada, točnije za izradu tlocrta grada korištene su obje podloge, a jednostavno interaktivno sučelje Geoportala olakšalo je njihovo pronalaženje, preuzimanje i implementaciju u odabrani softver za dalju izradu 3D modela.

6. TLOCRT

Prvi korak izrade 3D modela nekog grada je odabir podloge na kojoj će se podizati objekti koji sačinjavaju model. Spomenute karte HOK i DOF korištene su kao podloge za izradu tlocrta, odnosno za izradu LOD0 razine detalja modela. Geoportal DGU omogućuje pregledavanje velike količine prostornih podataka, ali i njihovo preuzimanje. Hrvatska osnovna karta u mjerilu 1:5000 i digitalni ortofoto u istom mjerilu preuzeti su sa internetske stranice Geoportala preko WMS sloja. Pojedini podaci na Geoportalu su dostupni i neregistriranim korisnicima te je lako preuzeti takve podatke. Na stranici Geoportala, u odjeljku metapodaci, može se pročitati nešto više o kartografskom prikazu od interesa. Nadalje, kada se pristupi odjeljku podaci i servisi, za registrirane, ali i za anonimne korisnike dostupni su WMS servisi za preuzimanje. Na taj način je preuzet digitalni ortofoto 2021/22 - WMS servis za anonimne korisnike i hrvatska osnovna karta - WMS servis za anonimne korisnike, samo je kopiran odabrani WMS servis.

Web Map Service (WMS) je standardni protokol razvijen od strane Open Geospatial Consortium (OGC) za posluživanje geoprostornih podataka preko interneta. Omogućuje korisnicima da prikazuju i preuzimaju karte iz GIS web aplikacija. Koristi se za integraciju različitih geoprostornih podataka u GIS softverima kao što su QGIS, ArcGIS i slični.

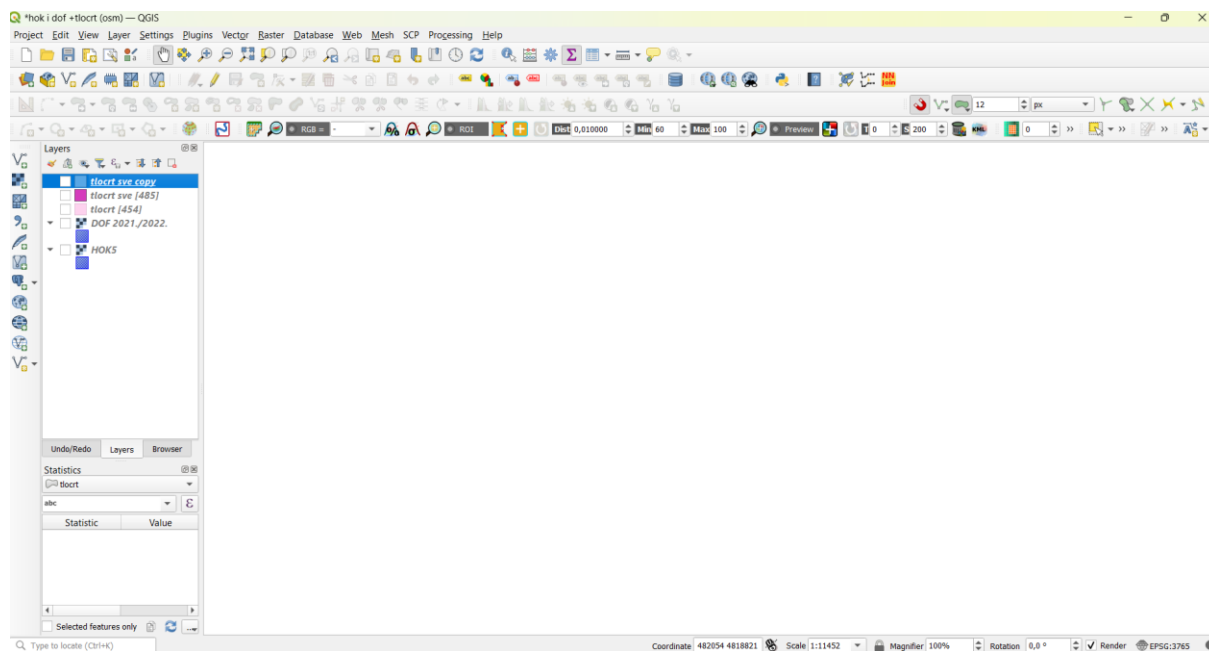
6.1 QGIS

Softver QGIS (Quantum GIS) je računalni GIS softver otvorenog koda koji omogućuje vizualizaciju, upravljanje, uređivanje i analiziranje geopodataka. Besplatan je i može se slobodno preuzeti pod GNU GPL licencom. QGIS je poznat po svojoj fleksibilnosti i funkcionalnosti te omogućava korisnicima izradu, uređivanje, vizualizaciju, analiziranje i objavljivanje geografskih informacija (URL 25).

QGIS je dostupan za mnoge operativne sustave poput: Windows, MacOS, Linux i Android sustava (Slika 6.1). Jako je jednostavan za upotrebu (Slika 6.2) i omogućuje lako učenje te je i izabran zbog već ranijeg korištenja i jako dobrog poznavanja programa. QGIS podržava i vektorske i rasterske formate te vektorski podaci mogu biti pohranjeni kao točke, linije ili poligoni, a podržane su i različite vrste rasterskih slika. Također, podržava i mrežne prostorne podatke (WMS i WFS) koji se međusobno mogu kombinirati te podržava i georeferenciranje. Slijedno tome, softver omogućuje izradu karata u različitim projekcijama i formatima. Mogu se obavljati i razne geometrijske analize te kreirati geoprostorne baze podataka (PostgreSQL i PostGIS). QGIS pruža integraciju s drugim GIS paketima otvorenog koda, uključujući PostGIS, GRASS GIS i SAGA GIS koji korisniku omogućuju dodatnu funkcionalnost. Sam QGIS softverski paket ne omogućuje trodimenzionalnu vizualizaciju, ali preuzimanjem dodataka za 3D modeliranje omogućena je i ta opcija (URL 26).



Slika 6.1 Prikaz loga QGIS softvera (URL 25)



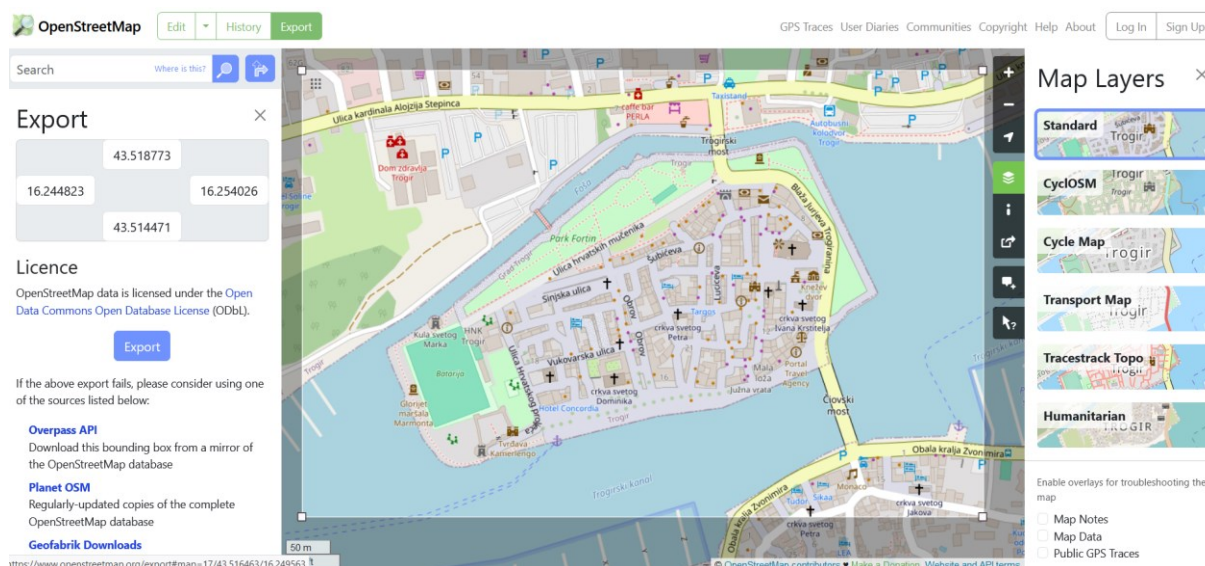
Slika 6.2 Prikaz sučelja QGIS softvera

6.2 OpenStreetMap

OpenStreetMap (OSM) je projekt virtualne zajednice, volontera iz cijelog svijeta, kojoj je cilj izrade slobodne te svima dostupne karte koju svatko može sam i pregledavati i doradivati. Projekt je pokrenut 2004. godine s ciljem stvaranja slobodno dostupnih geografskih podataka koji nisu opterećeni restrikcijama vezanim uz autorska prava ili druge pravne prepreke, kao što je često slučaj s komercijalnim kartama. Svi kartografski podaci na OpenStreetMap projektu su doprinosi suradnika, a većina karata nastaje korištenjem GPS uređaja, zračnim fotografiranjem, iz drugih slobodnih izvora ili jednostavno poznavanjem zemljišta, odnosno naselja. Karte, bilo kao strojno generirane slike ili kao sami vektorski podaci, raspoloživi su prema licenci *engl. Open Database License*. Ukoliko se podaci preuzmu te mijenjaju ili doraduju, potrebno ih je opet objaviti pod novom otvorenom licencom. Omogućeno je i uređivanje karata, odmah na OSM stranici bez potrebe za preuzimanjem istih, a uz to se održava cjelovita povijest svih promjena podataka. Registrirani korisnici mogu doprinijeti svojim GPS snimkama te uređivanjem kartografskih podataka pomoću alata na web stranici ili pomoću samostalnih GIS alata (URL 27).

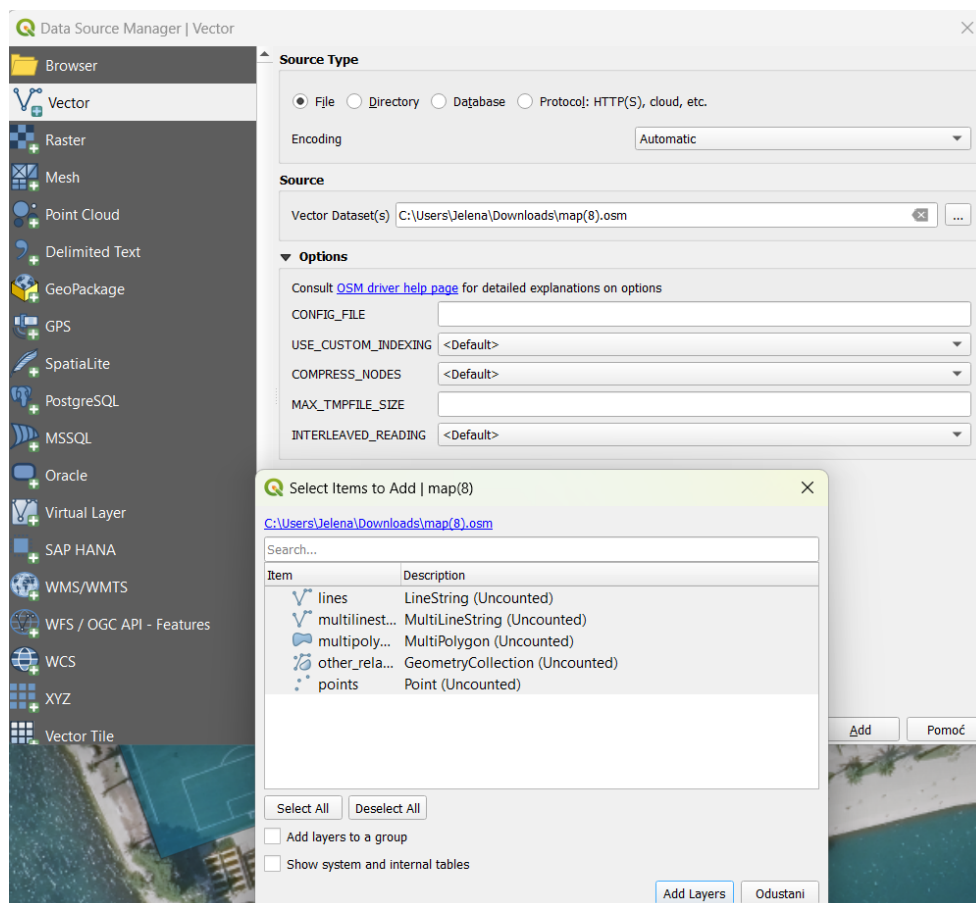
OSM nije samo karta cesta, već uključuje i vrlo detaljne podatke o pješačkim stazama, biciklističkim rutama, zgradama, vodovodima, zelenim površinama, komunalnim objektima i mnogo toga drugog. To čini OSM vrlo korisnim za različite primjene, od urbanog planiranja do GPS navigacije. OpenStreetMap je stoga moćan alat koji omogućuje širok raspon primjena i pruža mogućnost svima da doprinesu stvaranju i održavanju točne i detaljne globalne karte. Jedan od poznatijih softvera u koji se učitavaju preuzeti OSM podaci za daljnju obradu je QGIS. U QGIS-u omogućeno je korištenje OSM podataka za različite prostorne analize, vizualizacije i planiranje ili u ovom slučaju preuzeti podaci čine tlocrt centra grada Trogira.

Za potrebe izrade 3D kartografskog prikaza centra grada Trogira, potrebno je nakon definirane podloge (DOF) prikazati i tlocrt objekata na tom području. Preuzimanje sloja s obrisima zgrada obavljeno je pomoću internetske stranice OSM. Nakon pristupa stranici (URL 28) prvo je odabrano željeno područje prikaza, stara jezgra grada Trogira. Zatim, na desnom dijelu stranice, nalaze se različiti kartografski slojevi, za različite primjene, a izabran je standardni sloj. Nadalje, koristeći Export opciju, prozorom je odabrano za koji točno dio se preuzimaju podaci (Slika 6.3). Slijedno tome, vektorski podaci su preuzeti u .osm formatu.

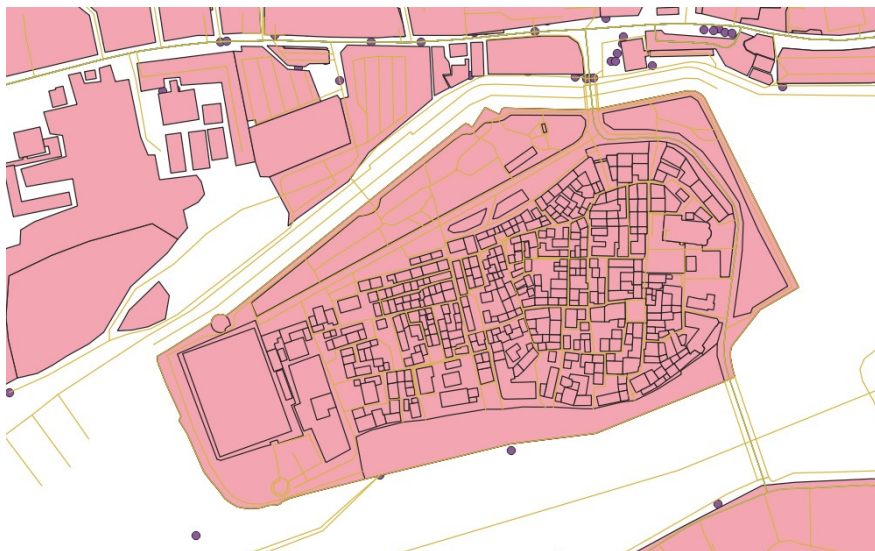


Slika 6.3 Prikaz sučelja OpenStreetMap stranice te preuzimanje podataka (URL 28)

Nakon što su podaci preuzeti, potrebno ih je učitati u odabrani softver. U QGIS softveru verzije QGIS Desktop 3.22.12, opcijom dodavanja sloja, točnije vektorskog sloja (engl. Add Vector Layer), učitano je više vrsta preuzetih shapefile podataka (linijski, multilinijski, multipoligonski, točkasti i dr.) (Slika 6.4). Tlocrti zgrada nalaze se, zajedno s tlocrtima livada, javnih površina i parkirališta, u sloju multipolygons (Slika 6.5). Nakon učitavanja navedenih podataka, uređen je sloj, na način da su izbrisani svi podaci koji se nalaze izvan željenog područja te su ostavljeni samo oni objekti koji predstavljaju građevine, tj. objekte od interesa. Nakon što je sloj uređen, spremljen je kao zaseban, a definirana je i projekcija sloja kao HTRS96/Croatia TM, EPSG broj je 3765.



Slika 6.4 Prikaz postupka učitavanja preuzetih OSM podataka u QGIS



Slika 6.5 Prikaz izgleda učitanoj OSM sloja u QGIS, prije obrade



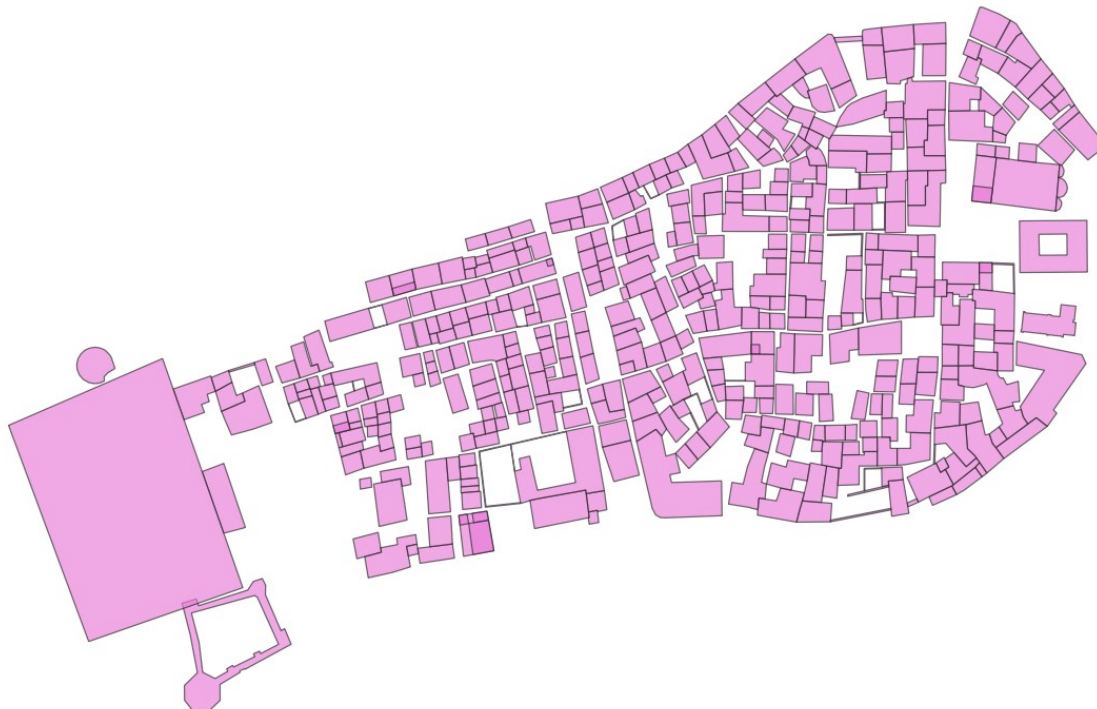
Slika 6.6 Prikaz OSM sloja samo s obrisima zgrada preko DOF podloge (QGIS)

Nakon uređivanja učitanih OSM podataka kao obrisa zgrada, napravljen je preklop tih podataka sa prethodno učitanim podlogom, digitalnim ortofoto (DOF). DOF i HOK su u odabrani softver QGIS učitani preko WMS/WMTS dodatka. Stvori se nova WMS poveznica u koju se zalijepi prethodno kopirani URL sa Geoportala, kako za HOK tako i za DOF. Pojedinačno se naprave nove poveznice te se učitane karte prikazu u sučelju softvera. Definirana im je i HRTS96/Croatia TM projekcija, EPSG broj 3765.

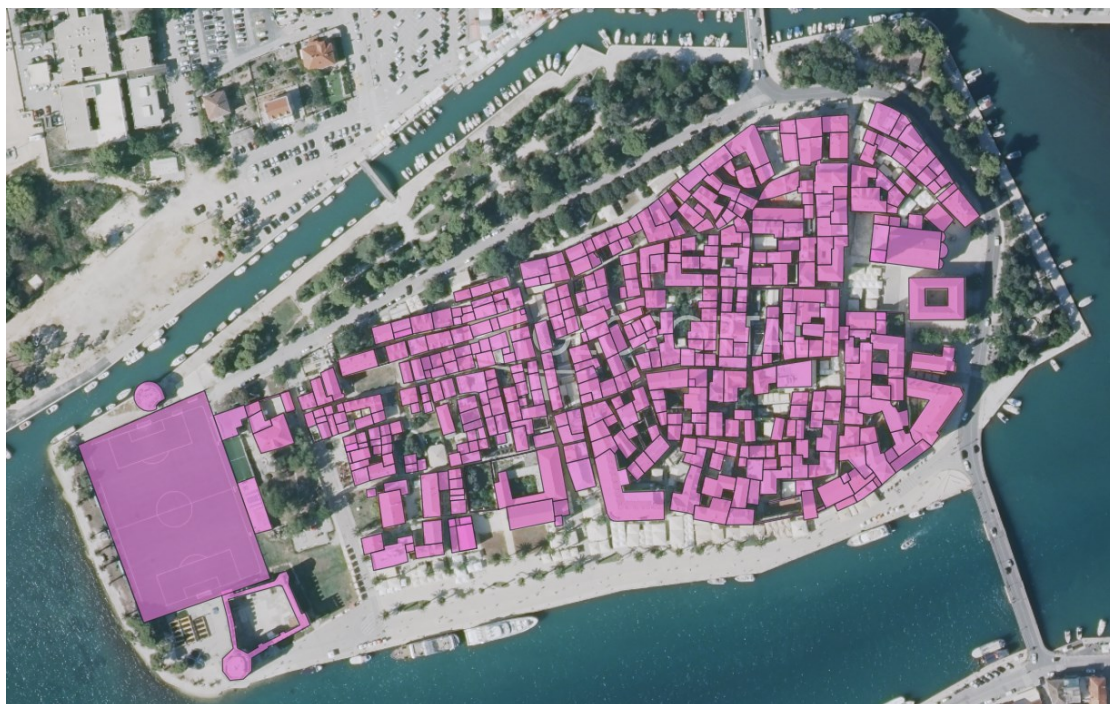
Preklop DOF-a i OSM obrisa zgrada nije izgledao kako je bilo planirano ili očekivano. Kod učitanim obrisa zgrada vidi se da neke čak i nedostaju, a većina ih je pomaknuta pa ne odgovaraju u potpunosti podlozi (Slika 6.6). Nепреklapanje između tlocrta prikazanog na OpenStreetMap (OSM) i stvarnog stanja prikazanog na digitalnom ortofotu (DOF-u), može biti rezultat nekoliko različitih faktora. Moguće je da je riječ o vremenskoj razlici u podacima jer OSM podaci mogu biti ažurirani ili uređeni u različito vrijeme od DOF-a. Nadalje, razlike u izvorima podataka mogu igrati ulogu kod ovog nepreklapanja. OSM uređuju korisnici koji pridonose projektu, dok je DOF kreiran na temelju snimaka zračnih kamera ili satelitskih snimaka. Na kraju, moguće je da postoji greška u georeferenciji digitalnog ortofota ili OSM podataka, što rezultira nepreciznim prikazom na karti. Zaključno s tim, takvi podaci nisu bili iskoristivi u daljnjoj izradi 3D prikaza grada pa je tlocrt rađen ručno, a iz OSM sloja ostavljeni su samo tlocrni obrisi nekolicine objekata, svega 4-5, onih kompliciranijih, težih za crtanje obrisa. Primjer zgrada čiji tlocrtni prikaz je ostavljen iz OSM je kula Kamerlengo, katedrala sv. Lovre te crkva sv. Ivana Krstitelja. U daljnjem tekstu je opisan postupak ručnog ocrtavanja tlocrta.

6.3 Izrada tlocrta

Preuzeti OpenStreetMap podaci, preklapljeni s digitalnim ortofoto, nisu zadovoljavali uvjete za daljnje korištenje, stoga je tlocrt izrađen ručno (Slika 6.7). Općenito, DOF je odabran kao podloga na kojoj je izrađen tlocrt pa i dalje sve što slijedi da se dobije 3D model Trogira (Slika 6.8). Unutar QGIS softvera stvoren je novi shapefile linijski sloj te mu je definirana i prikladna projekcija EPSG broja 3765. Sloj je nazvan tlocrt te se omogućilo uređivanje sloja i alatom za dodavanje poligona (*engl. Add Polygon*) preko DOF podloge iscrtavani su obrisi svakog objekta, tj. građevine pojedinačno. Stara jezgra grada Trogira površinski ne zauzima puno, ali na tom području nalazi se velik broj objekata i to malih te zbijenih i spojenih pa je raspoznavanje građevina bilo otežano. Za bolje razlikovanje pojedinačnih kuća korištena je Hrvatska osnovna karta (HOK5) jer na njoj je dobar tlocrtni prikaz. Nadalje, uz HOK korišten je i prikaz Google Street View te Google Earth za još bolju predodžbu prostora i stvarnog prikaza objekata. Prikaz na Google Earthu je od velike pomoći jer se tu može dovoljno približiti kućama da se razaznaju granice kuća. Kada se gleda prikaz na DOF-u teško je prepoznati radi li se o jednoj kući ili više njih jer ima slučajeva gdje jedna kuća ima dvije različite boje krova. Digitalni ortofoto prikaz je dosta mutan pa je bilo potrebno tražiti pomoć u drugim kartografskim prikazima, kako bi tlocrtni obrisi građevina bili što bolje i vjerodostojnije prikazani. Prilikom iscrtavanja poligona bilo je bitno uključiti opciju (*engl. Snapping options*) koja omogućuje da se susjedni poligon točno poveže na stranicu prethodno nacrtanog, naravno ukoliko je to slučaj da se u stvarnosti kuće dodiruju. Ovaj korak je ključan za daljnju izradu modela i podizanje visina objekata. Bitno je da se tlocrti dodiruju, a ne sijeku. Unutar sloja tlocrt nalazi se 482 objekta, od kojih je većina kuća i nekoliko samostojećih zidova.



Slika 6.7 Prikaz ručno izrađenog tlocrta centa Trogira (QGIS)



Slika 6.8 Prikaz ručno izrađenog tlocrta centa Trogira preko DOF podloge (QGIS)

Postupak izrade tlocrta je zahtijevao puno vremena i pažnje te preciznosti zbog velikog broja objekata te njihove blizine i isprepletenosti. Nakon napravljenog LOD2 prikaza, potrebno je tražiti načine za prikupljanje visina svih nacrtanih objekata kako bi se iz dvodimenzionalnog prikaza prešlo u trodimenzionalni.

7. VISINE

Izrada 3D kartografskog prikaza centra grada Trogira zahtijeva poznavanje visina svih objekata na tom području kako bi se uopće i mogao napraviti 3D model grada. Do sada su prikupljeni dvodimenzionalni podaci, odnosno obrisi zgrada koji predstavljaju tlocrtni prikaz u razini podloge. Nakon istraživanja zaključeno je da postoji više načina za prikupljanje neophodnih visinskih podataka. Ne postoji već napravljeni registar ili baza podataka u kojoj je popis visina svih objekata u povijesnoj jezgri Trogira. Naravno da se može pronaći visina poznatijih objekata poput kampanela katedrale ili kule Kamerlengo. Stoga, potrebno je ručno prikupljati visine, za svaki objekt posebno. Istražene su i isprobane te korištene tri opcije koje su međusobno kombinirane, ovisno o mogućnosti primjene. Spomenute tri opcije su laserski daljinomjer, zatim, Smart Measure mobilna aplikacija i Google Earth Pro aplikacija.

7.1 Laserski daljinomjer

Za mjerenje pojedinih visina građevina povijesne jezgre Trogira korišten je laserski daljinomjer marke Makita LD060P. Makita LD060P je laserski daljinomjer poznat po svojoj preciznosti i pouzdanosti. Kompaktan je i robustan model dizajniran većinom za unutarnju upotrebu, ali moguća je i vanjska upotreba. Ovaj uređaj je dizajniran za različite vrste mjerenja, a omogućuje jednostavno mjerenje udaljenosti, ali i izračunavanje površine i volumena prostorija. Također, omogućuje i trigonometrijsko mjerenje udaljenosti. Na uređaju se nalazi tipka koja, nakon što ju se pritisne tri puta, omogućuje indirektno mjerenje visine pomoću Pitagorinog poučka, tj. mjerenje visine kada su dostupne dvije poznate duljine. Na zaslonu prvo titra ona duljina koja se prva mjeri, što je u ovom slučaju kosa udaljenost do vrha objekta, odnosno, hipotenuza pravokutnog trokuta. Kada se izmjeri ta udaljenost, titra sljedeća, a to je horizontalna koja ide okomito do objekta. Nakon definiranih mjerenja, rezultat, tj. visina građevine, bude vidljiva na zaslonu (URL 29).

LCD zaslon s pozadinskim osvjetljenjem omogućava lakše čitanje podataka u različitim uvjetima osvjetljenja. Ispod zaslona na uređaju nalaze se tipke koje omogućuju jednostavno i brzo zbrajanje, oduzimanje, mjerenje te ostale potrebne funkcije (Slika 7.1). Memorija za pohranu mjerenja, pohranjuje do 10 posljednjih mjerenja. IP54 zaštita je zaštita od prašine i prskanja vodom, što čini uređaj prikladnim za upotrebu na gradilištima. Makita LD060P je idealan za građevinske radove, precizno mjerenje udaljenosti, površina i volumena, arhitekturu i dizajn interijera te za inženjering i geodeziju. Ovaj laserski daljinomjer kombinira jednostavnost korištenja s naprednim funkcijama mjerenja, čineći ga korisnim alatom za širok raspon primjena. Uređaj sadrži dvije baterije AAA, točnost mjerenja iznosi +/- 1.5mm, a raspon mjerenja je od 0.05 m do 60 m, a težina samog uređaja je 100g (URL 30).

Primarna namjena laserskog daljinomjera je mjerenje unutarnjih prostora pa je vani, na terenu bilo otežano njegovo korištenje. Stoga je trigonometrijsko mjerenje visina obavljeno u večernjim satima kada je laserska zraka bila bolje vidljiva. Također, važno je laser namjestiti na stabilno mjesto s kojeg se može pravilno izmjeriti kosa udaljenost prema vrhu te horizontalna prema dnu građevine. Kako je Trogir poznato turističko odredište, velik broj ljudi nije išao u prilog, iako su mjerenja obavljena nešto prije početka sezone.



Slika 7.1 Laserski daljinomjer Makita LD060P (URL 30)

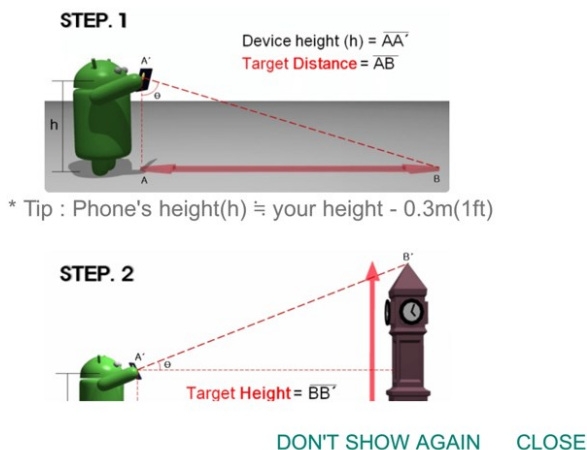
7.2 Smart Measure aplikacija

Uz laserski daljinomjer, za mjerenje visina građevina, korištena je i Smart Measure mobilna aplikacija. Aplikacija određuje visine objekata na sličan način kao i laser, a prednost je što se može i mora koristiti danju.

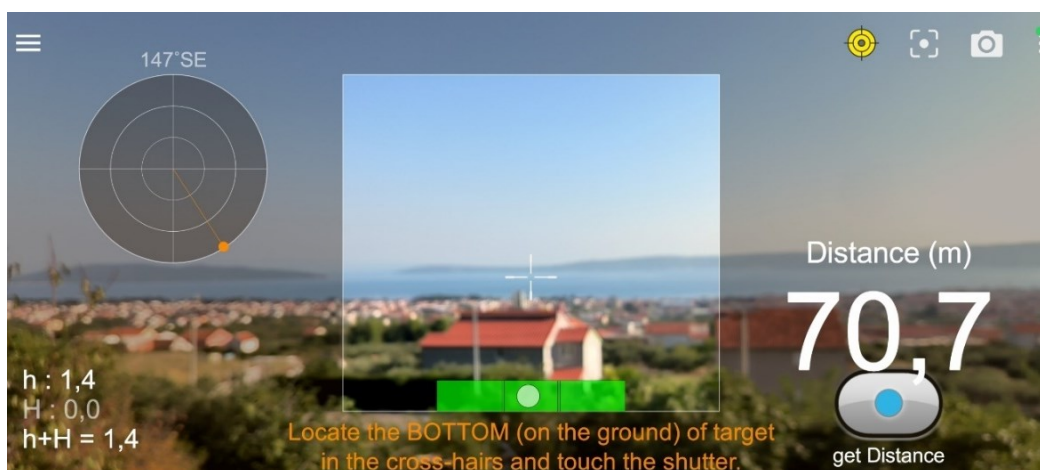
Smart Measure je besplatna mobilna aplikacija koja korisnicima omogućava mjerenje udaljenosti i visine odabranih objekata uz pomoć trigonometrije. Ova moćna aplikacija koristi kameru mobilnog uređaja za automatski izračun udaljenosti između nas i objekta i njegove stvarne veličine. Dostupna je za Android uređaje verzije 2.3 i više. Nije potrebna registracija niti prijava kako bi se aplikacija mogla koristiti, već samo pristup Google Play trgovini (URL 31). Jednostavnog je sučelja i intuitivna za korištenje, a pri svakom pokretanju, aplikacija korisnika kratkim uputama podsjeća kako izmjeriti udaljenost i visinu objekta (Slika 7.2).

Prije početka izvođenja mjerenja, potrebno je namjestiti, tj. prilagoditi sve indikatore kao bi aplikacija mogla davati što točnije informacije. Najvažnije je namjestiti visinu na kojoj se drži mjerni uređaj, a najbolje je u visini očiju. Slijedno tome, početna visina mjerenja namještena je na 1.4 m. Jednostavnim pozicioniranjem oznake za mjerenje na dno objekta alata, izmjerit će se udaljenost, a kada se oznaka pozicionira na vrh objekta, aplikacija će izmjeriti visinu. Dodatna je funkcionalnost automatsko kalibriranje alata kako bi mjerenje bilo što točnije te je moguće spremati prikaz zaslona kako bi korisnik mogao pohraniti vrijednosti mjerenja. Važno je pravilno fokusirati i držati mobilni uređaj pod ispravnim kutom, jer Smart Measure treba najbolju moguću sliku kako bi dao točne rezultate (URL 32). Libela u dnu ekrana nam pomaže u održavanju uređaja u horizontalnom stanju (Slika 7.3). Prema navedenim uputama za korištenje i obavljena su mjerenja nekolicine objekata na području Trogira. Aplikacije je malo nezgodna za korištenje jer je potrebno, za vrijeme pozicioniranja oznake i na dno i vrh objekta, držati mobilni uređaj na istoj početnoj razini.

How to use Smart Measure



Slika 7.2 Upute za korištenje Smart Measure aplikacije (zaslon mobilnog uređaja)



Slika 7.3 Prikaz zaslona Smart Measure aplikacije

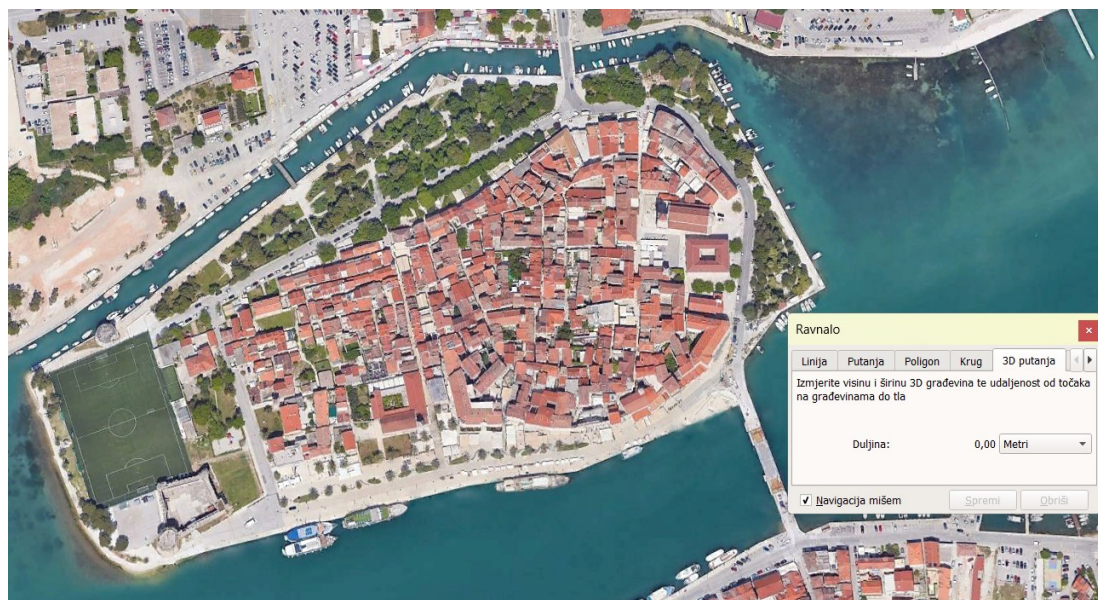
7.3 Google Earth Pro

Google Earth Pro je naprednija verzija popularnog programa Google Earth, koja pruža dodatne značajke i alate korisnicima za istraživanje i analizu geoprostornih podataka. Pruža visokokvalitetne 3D prikaze Zemlje s detaljnim teksturama i terenskim informacijama. Google Earth Pro je besplatna aplikacija koja predstavlja 3D prikaz Zemlje koji se temelji prvenstveno na satelitskim snimkama, ali i na aerofotogrametriji i GIS podacima koji su zajedno implementirani na 3D globus. To omogućuje korisnicima da vide gradove i krajolike iz različitih kutova. Korisnici mogu istraživati različite lokacije koristeći funkcije pomicanja, zumiranja i rotiranja. Osim navigacije Zemlje, Google Earth Pro pruža niz drugih alata poput mjerenja udaljenosti, površine i volumena između točaka na karti. Također, omogućeno je dodavanje markera, oznaka, linija i poligona za označavanje važnih lokacija ili obilježja. Korisnici mogu snimati putanje kretanja i stvarati animacije što je korisno za vizualizaciju

putovanja, planiranje ruta ili stvaranje prezentacija. Google Earth Pro omogućuje pristup različitim geoprostornim podacima, uključujući satelitske snimke, topografske karte, granice zemalja, prometne informacije i još mnogo toga. Ove značajke omogućuju korisnicima detaljno istraživanje Zemlje i njezinih karakteristika iz udobnosti svog računala (URL 33).

Kod izrade 3D modela grada, ključne su dvije funkcije koje Google Earth Pro omogućava, a to je vizualno vjerodostojan trodimenzionalni prikaz te mjerenje visina 3D objekata na karti (Slika 7.4). Unutar Google Earth Pro aplikacije ima alat koji omogućuje mjerenje udaljenosti na 3D objektima i na taj način su mjerene visine, od dna to vrha kuće, bez krova. Točnost određivanja navedenih visina ovisi o više čimbenika. Ako je 3D model detaljan i precizno rekonstruiran, to će rezultirati točnijim mjerenjem visine. Također, točnost može ovisiti o rezoluciji podataka dostupnih za određenu lokaciju. Nadalje, odabir referentne točke bliže bazi objekta može rezultirati točnijim mjerenjem. Moguće su pogreške u georeferenciranju 3D modela ili satelitskih snimaka, što može utjecati na točnost mjerenja visine. Te pogreške mogu biti rezultat različitih faktora, uključujući pogreške u GPS podacima ili pogreške u izračunavanju visine.

Zaključno je da korištenjem Google Earth Pro alata za mjerenje visina na 3D objektima nećemo dobiti u potpunosti točne visine građevina. Toliko precizni podaci o visinama objekata se ne mogu postići ni mjerenjem laserskim daljinomjerom, a ni Smart Measure aplikacijom, ali nije ni potrebno. Kod LOD2 razine detalja, točno su definirane tražene točnosti i dozvoljena odstupanja, a izrada 3D modela grada Trogira ionako ima za cilj vizualno odgovarati stvarnom stanju, na razini prepoznavanja. Korištenjem spomenutog alata, izmjerena je većina visina objekata u centru Trogira. Razlog tomu su visoke građevine te jako uske ulice pa prilikom mjerenja visine neke građevine, npr. kuće, nemoguće je dovoljno se udaljiti od kuće kako bi mjerenja bila preciznija. Stoga, za mjerenje visina objekata, u centru Trogira, kombinirana su tri prethodno navedena načina mjerenja, ovisno o mogućnostima na pojedinom području.

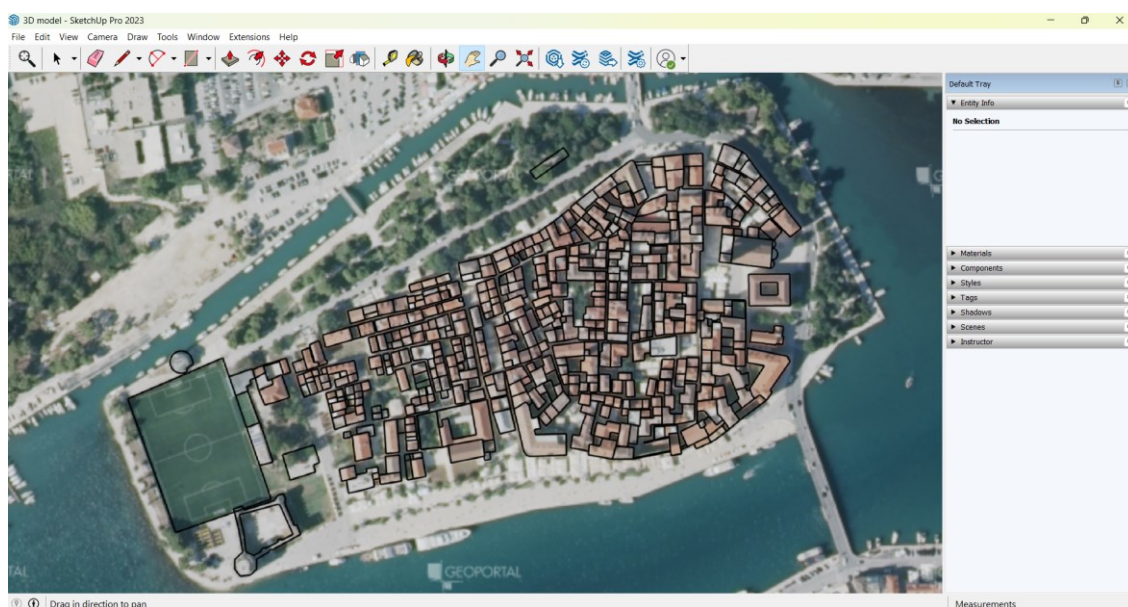


Slika 7.4 Prikaz centra Trogira i alata za mjerenje 3D putanja (Google Earth Pro)

8. SKETCHUP

Softver izabran za izradu 3D modela grada Trogira je SketchUp Pro 2023. SketchUp softver nudi razne mogućnosti za stvaranje raznolikih 3D modela, što ga čini popularnim alatom među arhitektima, dizajnerima, inženjerima i drugim profesionalcima koji se bave modeliranjem i dizajnom. Njegovo jednostavno sučelje i alati omogućuju korisnicima brzo stvaranje detaljnih 3D modela. Omogućeno je brzo stvaranje osnovnih oblika poput linija, pravokutnika, krugova i poligona te sa alatom *Push/Pull* pretvaraju u složenije 3D objekte. Također, SketchUp nudi širok raspon alata za modeliranje, manipulaciju, teksturiranje, animaciju, itd. SketchUp omogućuje dodavanje tekstura, boja i stilova svojim 3D modelima kako bi ih učinili realističnijima i estetski privlačnijima. Mogu se koristiti unaprijed definirane teksture ili se kreiraju vlastite. Nadalje, podržava korištenje komponenata i grupiranje objekata kako bi olakšao organizaciju i manipulaciju kompleksnih 3D modela. To je korisno za stvaranje ponovljivih elemenata ili grupiranje dijelova modela radi lakšeg upravljanja. SketchUp omogućuje jednostavnu integraciju s drugim softverima i platformama, uključujući Google Earth, LayOut, QGIS, CAD softvere i druge alate za modeliranje i dizajn. SketchUp nudi veliku biblioteku gotovih modela kroz 3D Warehouse, koja korisnicima omogućuje preuzimanje i dijeljenje objekata.

Nakon izrade tlocrta 3D modela centra grada Trogira, drugi korak je prijelaz u treću dimenziju. SketchUp softver je izabran jer nudi razne mogućnosti za kreiranje i uređivanje 3D modela te upravljanje njime. Također, SketchUp je korišten i na prethodnim kolegijima te je već usvojeno znanje o većini alata koje softver nudi. Prednost je i što integrira s mnoštvom drugih softvera. Prvi korak kod pokretanja SketchUp softvera je učitavanje DOF podloge te tlocrtnog obrisa objekata. Iz QGIS softvera, digitalni ortofoto je spremljen kao slika na način da je definirano područje za izvoz te rezolucija od 500 dpi. Na taj je način karta izvezena kao slika u .png formatu. Nadalje, sloj sa tlocrtima iz QGIS softvera izvezen je u .dwg formatu, jer SketchUp ne podržava shapefile format. Nakon što su podloga i tlocrti zasebno učitani, tlocrt je pomaknut na podlogu da lijepo ocrta obrise objekata na DOF-u (Slika 8.1).



Slika 8.1 Prikaz preklopa tlocrta i DOF podloge (SketchUp)

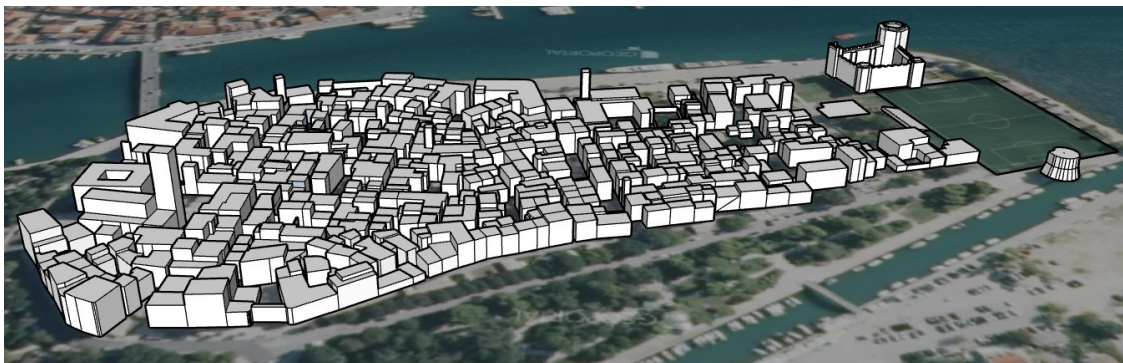
8.1 Kreiranje ploha, visina i krovova

Za prijelaz iz dvodimenzionalnog u trodimenzionalni prikaz, potrebno je tlocrtima pridodati odgovarajuće visine. U SketchUp softveru, učitani tlocrt je definiran samo kao vanjski obris građevina, nije prikazan kao dvodimenzionalna ploha što je neophodno za podizanje visina. Znači, svaki objekt mora biti plošno definiran da bi se ta ploha mogla podignuti na određenu visinu. Slijedno tome, koristeći alat za crtanje linija, u svakom vanjskom obrisu tlocrta nacrtana je dijagonala te na taj način, tlocrtni obris, postaje ploha, a nacrtana dijagonala opcijom *Hide* se sakrije da ne bude vidljiva. Taj postupak je ponovljen za svaki objekt pojedinačno dok svi obrisi nisu postali ispunjene plohe (Slika 8.2).

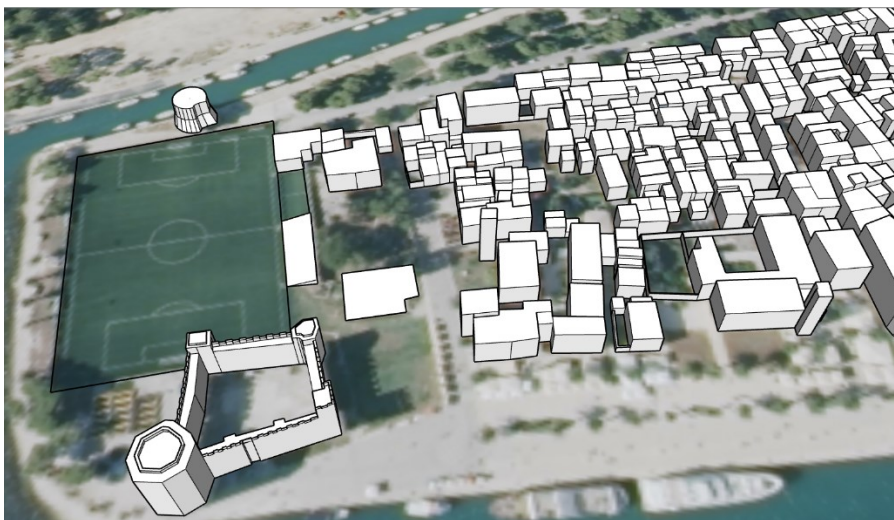


Slika 8.2 Prikaz tlocrta grada Trogira u obliku ploha (SketchUp)

Nadalje, sljedeći korak je pridruživanje visina tim plohamama. Alat unutar softvera koji to omogućuje je *Push/Pull*. Važno je napomenuti kako su sve izmjerene i očitane visine zapisane unutar atributne tablice u QGIS softveru te je svakom objektu pridružena njegova visina. Označavanjem pojedinog objekta u QGIS-u, taj objekt postaje žute boje na prikazu na karti, a u atributnoj tablici se istakne pa je na taj način olakšano očitavanje visina. Najmanja visina je 0 m, to je nogometni teren na zapadnoj strani grada Trogira, a najveća visina je 25 m što odgovara zvoniku katedrale sv. Lovre. Kako je već i spomenuto, ukupno ima 482 objekta. Postupak podizanja visina započinje označavanjem pojedine plohe te se alatom *Push/Pull* ta ploha povuče prema gore s tim da se zada točna visina. Postupak je ponovljen dok svi objekti nisu poprimili svoj 3D oblik (Slika 8.3, Slika 8.4, Slika 8.5). Također, pomoću Google Earth Pro aplikacije promatrano je stvarno stanje centra grada te je provjereno imaju li kuće balkone, a u slučaju da imaju taj dio koji pripada balkonu nacrtan je i spušten za određenu visinu koja odgovara visini balkona, a ta visina je očitana pomoću već spomenutog Google Earth Pro alata za mjerenje duljina na 3D objektima.



Slika 8.3 Prikaz 3D modela sa sjevera nakon podizanja ploha u visine (SketchUp)



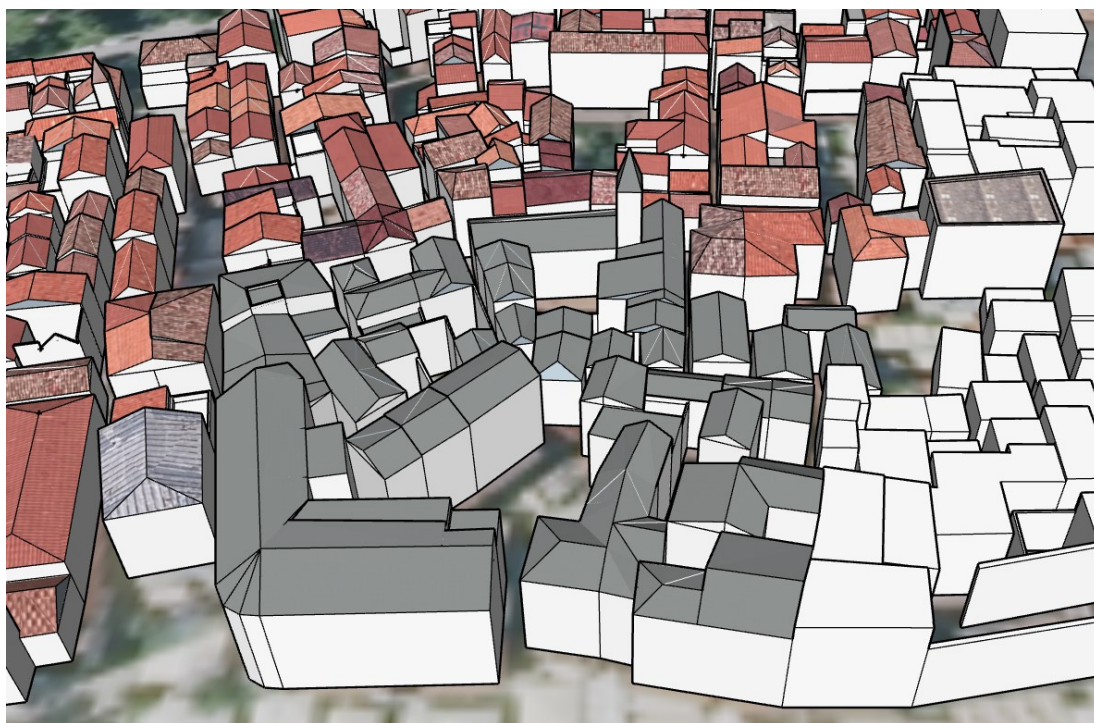
Slika 8.4 Prikaz zapadnog dijela 3D modela centra Trogira, pogled s juga (SketchUp)



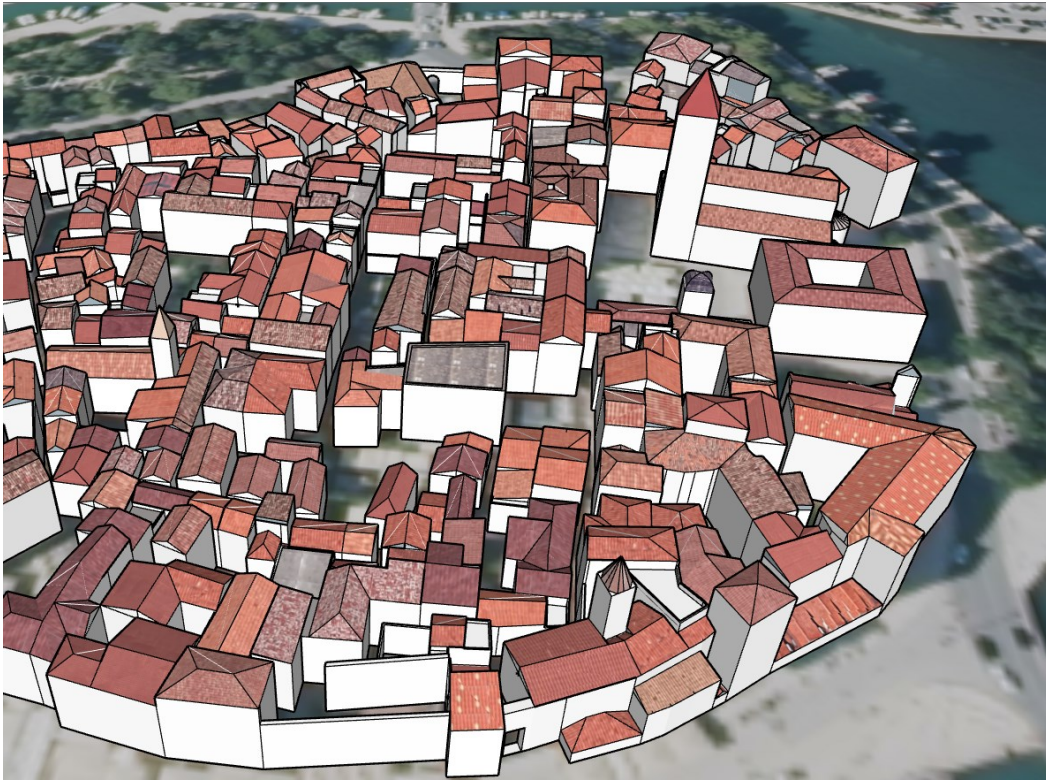
Slika 8.5 Prikaz istočnog dijela 3D modela centra Trogira, pogled s juga (SketchUp)

Nakon podizanja visina objekata, sljedeći korak je crtanje krovova. Google Street View i Google Earth Pro aplikacija omogućuju uvid u stvarno stanje krovova. Prvo je potrebno proučiti izgled krovova da bi se moglo krenuti u njihovo kreiranje, odnosno crtanje te kasnije i bojanje. U povijesnoj jezgri grada Trogira, nalazi se više vrsta krovova, prevladavaju oni krovovi na dvije vode, a slijede ih krovovi na četiri vode. Također, uz njih se još mogu pronaći i oni na tri vode te krovovi samo sa jednom kosinom ili potpuno ravni. Za kreiranje krovova nad visinama objekata, dovoljan je samo alat za crtanje linija. U SketchUp softveru definirane su tri koordinatne osi, svaka je označena drukčijom bojom, a od velike pomoći je bila plava vertikalna os. Kada se crta linija i ona postane plave boje, tada znamo da se linija nalazi u vertikalnoj ravnini. Nadalje, visine krovova su otprilike očitane Google Earth Pro alatom za mjerenje udaljenosti na 3D objektima.

Nakon što su nacrtani svi krovovi, uslijedilo je bojanje istih da što više prikazom odgovaraju stvarnosti. U Google Earth Pro aplikaciji napravljene su snimke zaslona sa uzorcima velike većine krovova. Nije slikan krov svake kuće jer se neki uzorci crijepa ponavljaju. Kada je za odabrani objekt prikupljena slika o uzorku krova, uslijedilo je učitavanje te slike u SketchUp Pro aplikaciju na način da je slika .jpg formata učitana kao tekstura, tj. uzorak. Učitana tekstura se postavlja na svaku padinu krova pojedinačno. Sve učitane teksture krovova, tj. crijepova u softveru se spremne u kartici *Materials*. To uvelike olakšava posao kada se neki uzorak crijepa ponavlja, ne treba ispočetka učitavati sliku kao teksturu već je ona pohranjena u materijalima te se može koristeći alat *Paint Bucket* obojati pripadni krov. Postupak je ponavljan sve dok nisu dodijeljene teksture svakom nacrtanom krovu (Slika 8.6, Slika 8.7, Slika 8.8).



Slika 8.6 Prikaz svih stadija izrade krovova (SketchUp)



Slika 8.7 Prikaz dovršenih krovova istočnog dijela centra grada (SketchUp)

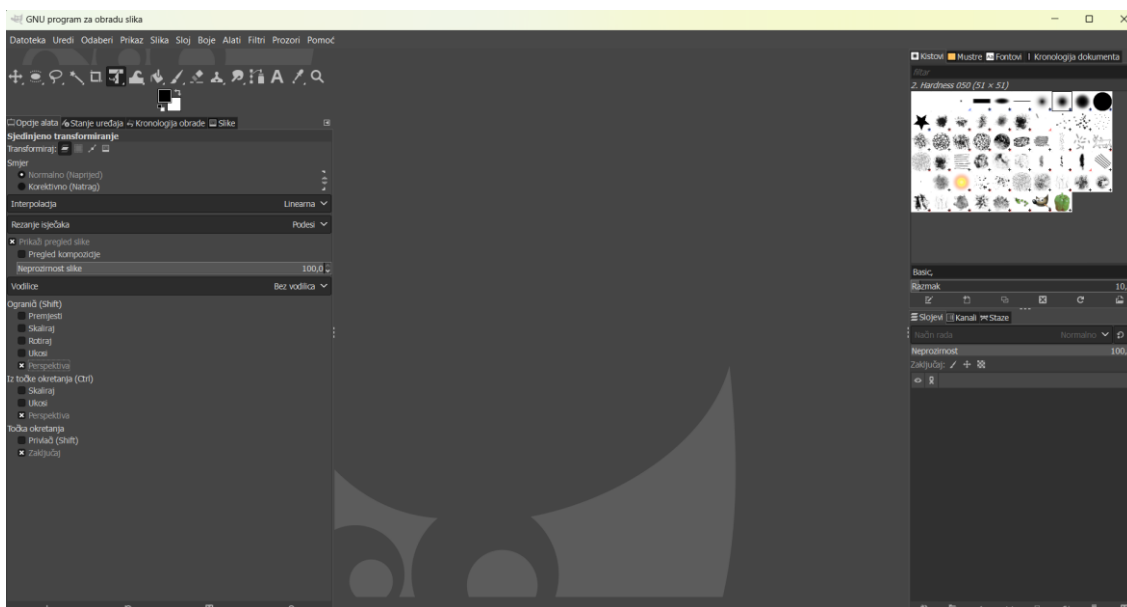


Slika 8.8 Prikaz cijelog centra grada nakon izrade svih krovova (SketchUp)

8.2 GIMP

GIMP (*GNU Image Manipulation Program*) je slobodna aplikacija otvorenog koda za stvaranje i obradu rasterske grafike, a razvijaju je skupine volontera pod okriljem projekta GNU (URL 34). Radi se o višeploatformskom uređivaču slika koji je dostupan za GNU/Linux, macOS, Windows i druge operativne sustave. Svestran je alat, često viđen kao besplatna alternativa Adobe Photoshop-u. Kao i Photoshop, GIMP koristi slojeve kako bi bilo moguće raditi na pojedinim dijelovima slike nezavisno. GIMP pruža brojne alate potrebne za visokokvalitetnu obradu slika (Slika 8.9). Od retuširanja do restauracije do kreativnih kompozita, jedino ograničenje je korisnikova mašta. Najviše se koristi za uređivanje slika, slobodno crtanje, mijenjanje veličine i obrezivanje slika, pretvaranje istih u različite formate i mnoge druge specijalizirane zadatke. Funkcijama uređivanja može se pristupiti iz alatnih traka, izbornika i otvorenog dijaloškog prozora. Tu su uključeni filteri za različite efekte, kistovi, transformacije, slojevi i sl. GIMP podržava širok raspon formata slika, uključujući JPEG, PNG, GIF, TIFF. Bilo da ste grafički dizajner, fotograf, ilustrator ili znanstvenik, GIMP vam pruža sofisticirane alate za obavljanje vašeg posla te s njim možete dodatno poboljšati svoju produktivnost (URL 35).

Nakon što su definirane osnovne karakteristike GIMP aplikacije, važno je napomenuti da je za obradu slika koja je nama potrebna, korišteno rotiranje, skaliranje te najviše perspektiva. Kod izrade 3D modela centra Trogira, nakon podignutih visina i stiliziranih krovova, sljedeći korak je pridruživanje fasada zidovima kako bi 3D model bio što vjerodostojniji. Fotografije koje su korištene za stiliziranje fasada prikupljane su iz tri izvora. Fotografije s terena prikupljene mobilnim uređajima te snimke zaslona sa Google Earth Pro i Google Street View prikaza. Kako je i spomenuto, jedna od glavnih karakteristika centra Trogira su jako uske ulice te većina fotografija prikupljenih na terenu su u žabljoj perspektivi te zahtijevaju daljnju obradu kako bi bile iskoristive kao prikaz fasade pojedinog objekta. Transformacija fotografija obavljena je u GIMP 2.10.36 aplikaciji, popravljena im je perspektiva te prikaz općenito kako bi odgovarale pripadnim stranicama objekta (Slika 8.10). Na isti su način prepravljane i snimke zaslona sa Google Earth-a i Google Street View-a.



Slika 8.9 Prikaz sučelja GIMP aplikacije (GIMP)



Slika 8.10 Prikaz popravljavanja perspektive fotografijama u svrhu postavljanja fasada (GIMP)

8.3 Dodavanje fasada i umetanje stabala

Krenuvši od jednog kraja grada, promatran je 3D model u SketchUp softveru te za svaki pojedini objekt, tj. kuću, prikupljena je pripadajuća fotografija fasade te nakon obrade u GIMP aplikaciji učitana je u SketchUp. SketchUp omogućuje učitavanje mnoštva različitih formata, a jedan od njih je i .jpg. Ključno je kod učitavanja fotografija, koje idu na fasade objekata, da se učitaju kao tekstura, tj. materijal jer se na taj način fotografija ravnomjerno raspoređi preko cijele strane pojedinog objekta. Većini objekata, fasada je pridružena na drugi način, a razlog tomu su uske ulice i nemogućnost prikupljanja fotografija na kojima je prikaz cijele fasade. Za većinu kuća u samom centru, gdje je sve zbijeno, nije bilo mogućnosti da se fasada odjednom zalijepi na pripadajući zid već je fasada objektima kreirana u više koraka. Prvo je ubačen uzorak materijala te fasade, a to je većinom uzorak kamena. Različiti uzorci kamena su prikupljen fotografiranjem na terenu ili snimkama zaslona iz Google Eartha te Google Street View-a. Nakon materijala fasada, stranama zidova pridodani su i prozori i vrata. Fotografije prozora i vrata prikupljene su na ista tri načina kao i uzorci kamena i cijele fasade. Uzorci kamena koje predstavljaju fasade učitani su također kao tekstura da ravnomjerno prekriju cijelu stranu zida. Naknadno dodani, prozori i vrata, u SketchUp softver su učitani kao fotografije te im je prilagođena visina i širina. Sva vrata na kućama su namještena otprilike na realističnu visinu. Ključno je napomenuti da ne odgovara svaki uzorak kamena te prozori i vrata, prikazu u stvarnosti. Jako je velik broj objekata u centru Trogira, njih 482, a naglasak je na sličnosti 3D modela sa stvarnim stanjem.

Cilj i je da se postigne što veća podudarnost sa stvarnošću stoga je uložena velika trud prilikom pridruživanja fasada svim objektima. Slika 8.11, Slika 8.12 i Slika 8.13 predstavljaju prikaz 3D modela centra Trogira sa pridruženim fasadama.



Slika 8.11 Prikaz 3D modela sjeveroistočnog dijela Trogira nakon dodavanja fasada (SketchUp)



Slika 8.12 Prikaz 3D modela istočnog dijela Trogira nakon dodavanja fasada (SketchUp)



Slika 8.13 Prikaz 3D modela zapadnog dijela Trogira nakon dodavanja fasada (SketchUp)

U Tablici 1 definirani su parametri točnosti modeliranja 3D objekata te kod LOD2 razine detalja, potrebno je prikazati onu vegetaciju koja je veća od 6 m. Korišten je Google Earth Pro alat za mjerenje visine stabala te je na taj način stečen uvid u stabla koja su veća i koja trebaju biti prikazana u 3D modelu. Nije mjerena visina baš svakom stablu već je postupak baziran i na procjeni. SketchUp dodatak, 3D Warehouse omogućuje dodavanje gotovih vegetacijskih prikaza u 3D model.

3D Warehouse je besplatna online platforma koja se koristi za preuzimanje, dijeljenje i učitavanje 3D modela. 3D Warehouse omogućava preuzimanje besplatnih 3D modela za različite projekte. Modeli mogu biti kuće, namještaj, vozila, arhitektonske strukture, bilje i još mnogo toga. Umjesto da se pravi svaki 3D model od nule, moguće je preuzeti modele koje su kreirali drugi korisnici i prilagoditi ih za svoj projekt. 3D Warehouse nudi opcije za pretragu prema ključnim riječima i kategorizaciji modela što olakšava pronalazak specifičnih objekata. Također je moguće učitavanje vlastitih 3D modela kako bi bilo omogućeno njihovo dijeljenje sa drugima. Platforma se koristi u raznim industrijama kao što su arhitektura, dizajn interijera, inženjering i razvoj igara. Pruža pristup profesionalnim modelima namještaja, zgrada, dijelova za mehanizme itd.

Prema fotografijama sa terena, zaključeno je o kakvoj se vrsti vegetacije radi te većina stabala spada u zimzelenu bilje, a na rivi prevladavaju palme. 3D Warehouse nudi mnoštvo različitih stabala, a odabrani su oni koji najviše odgovaraju onima u stvarnosti te su preuzeti i pozicionirani na mjesto koje odgovara njihovom položaju u stvarnosti. Slika 8.14 i Slika 8.15 prikazuju stabla dodana u 3D model.



Slika 8.14 3D Warehouse vegetacija učitana u 3D model (SketchUp)



Slika 8.15 Prikaz vegetacije na istočnoj strani grada Trogira (SketchUp)

Nakon što su napravljeni svi koraci izrade 3D modela centra grada Trogira, a to su: odabir podloge (DOF), izrada tlocrtnog prikaza, zatim, podizanje visina, stiliziranje krovova i fasada te učitavanje vegetacije, u 3D modelu dodan je efekt sjena. Efekt je dodan u SketchUp Pro softveru, a korišteno je Sunce za simulaciju sjena. U postavkama sjena, položaj Sunca postavljen je na datum 28. 9. u 14:30 sati. Efekt se manifestira na način da je sa zapadnije strane grad osvjetljen, a u sjeni s druge strane.

8.4 Gotovi 3D model

Slika 8.16, Slika 8.17, Slika 8.18 i Slika 8.19 prikazuju gotovi 3D model centra grada Trogira sa svim elementima.



Slika 8.16 Prikaz gotovog 3D modela centra grada Trogira s juga (SketchUp)



Slika 8.17 Prikaz gotovog 3D modela centra grada Trogira sa zapada (SketchUp)



Slika 8.18 Prikaz gotovog 3D modela centra grada Trogira sa sjevera (SketchUp)



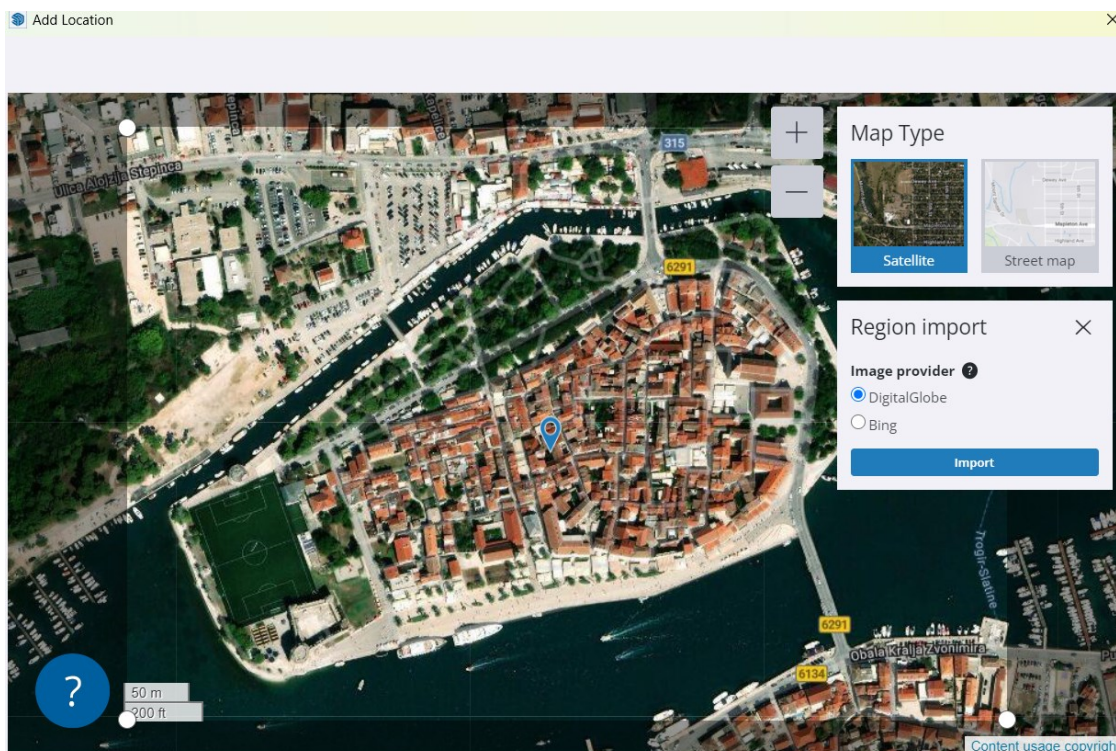
Slika 8.19 Prikaz istočnog dijela gotovog 3D modela centra grada Trogira (SketchUp)

9. PRIKAZ 3D MODELA U GOOGLE EARTH-U

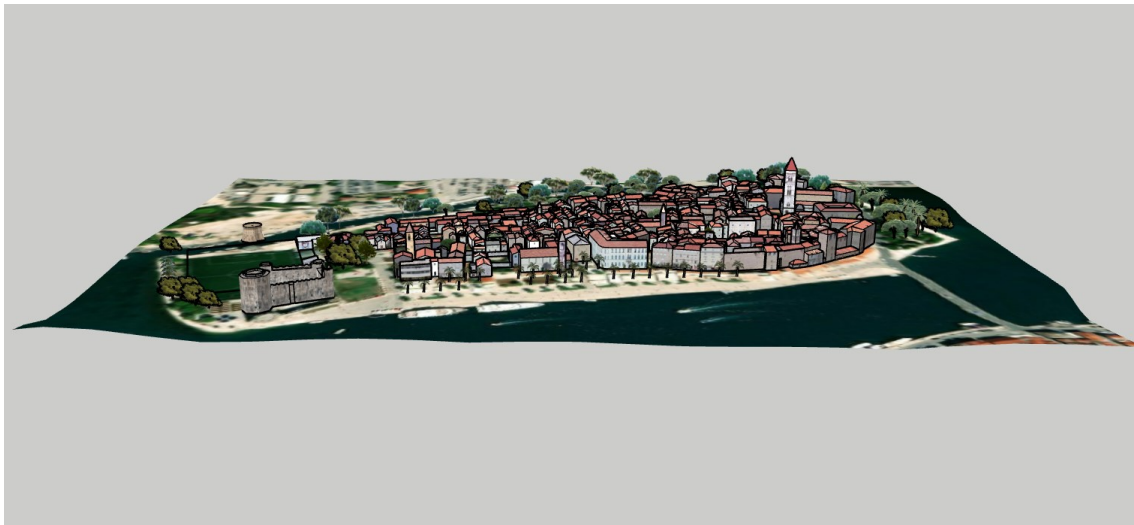
3D model stare jezgre grada Trogira izrađen je SketchUp softveru. Model kao takav nije lako dostupan onima koji nemaju pristup tom softveru. 3D model je u .skp formatu, to je format SketchUp softvera, kao takav može se učitati u SketchUp internetskoj verziji na web-u. U tom slučaju, model sadrži ogromnu količinu podataka te bi učitavanje takvog modela u potpunosti usporilo stranicu i ne bi bilo moguće adekvatno ni pregledati model, a kamoli obaviti bilo kakve nadopune ili izmjene. Svakako je 3D model najbolje vidjeti u stvarnom okruženju, stoga je model izvezen iz SketchUp softvera te učitani prikaz na Google Earth Pro aplikaciji.

Prvi korak je geolocirati napravljeni 3D model unutar SketchUp softvera. Model se geolocira dodavanjem lokacije, odnosno točno se odabere područje prikaza te se ono učita u SketchUp (Slika 9.1). Kada je učitana lokacija, potrebno je napravljeni 3D model preklopiti preko te lokacije. Učitana lokacija prikazana je u dva sloja, jedan sloj se zove *Location Snapshot* te je kod njega ta geolocirana podloga ravna. Drugi sloj lokacije se zove *Location Terrain* te podloga nije ravna već prati prikaz terena u stvarnosti. Sukladno s tim, 3D model lijepo prijanja na ravnu podlogu lokacije, dok kod sloja lokacije koja predstavlja teren, 3D model zapravo lebdi iznad podloge (Slika 9.2).

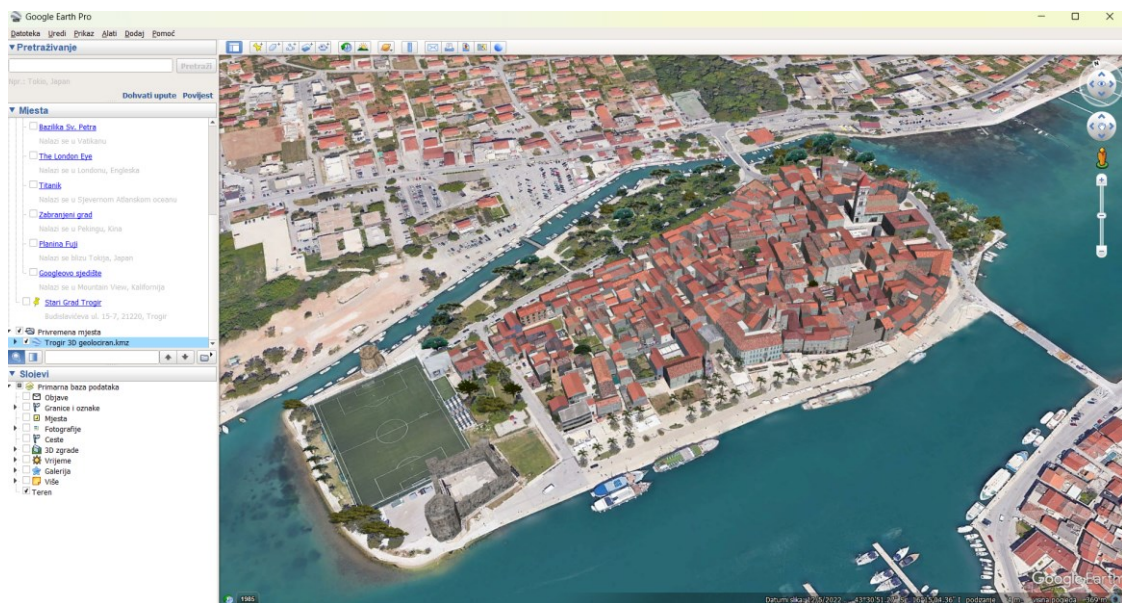
Nakon geolociranja, 3D model se izveze iz SketchUp softvera u .kzm (ili .kml) formatu što je format Google Earth aplikacije. Pokretanjem izvezenog .kmz formata, otvara se Google Earth Pro aplikacija te se prikaže područje centra Trogira, a na njemu napravljeni 3D model. Podloga na Google Earth-u isto prati teren pa model u potpunosti ne prijanja podlozi te stoga nije ni u potpunosti točno namješten na njoj (Slika 9.3). Kako se radi o velikoj količini podataka, treba sačekati malo prije nego što se cijeli model prikaže geolociran u Google Earth Pro aplikaciji.



Slika 9.1 Prikaz postupka učitavanja lokacije za napravljeni 3D model (SketchUp)



Slika 9.2 Prikaz geolociranog 3D modela grada Trogira (SketchUp)



Slika 9.3 Prikaz 3D modela u prirodnom okruženju (Google Earth Pro)

10. INKSCAPE

Inkscape je besplatna aplikacija za uređivanje vektorske grafike, otvorenog koda za tradicionalne operativne sustave kao što su GNU/Linux, Windows i macOS. Temeljni format Inkscape aplikacije je SVG (*Scalable Vector Graphics*). Omogućen je uvoz i izvoz raznih drugih formata datoteka, uključujući SVG, AI, EPS, PDF, PS i PNG. Inkscape koristi vektorsku grafiku kako bi omogućio oštre ispise i prikaze u neograničenoj rezoluciji i nije vezan na fiksni broj piksela kao rasterska grafika što znači da se slike mogu beskonačno povećavati bez gubitka kvalitete. Nudi bogat skup značajki i naširoko se koristi za umjetničke i tehničke ilustracije kao što su crtani filmovi, crteži, logotipi, tipografija, dijagrami i dijagrami toka.

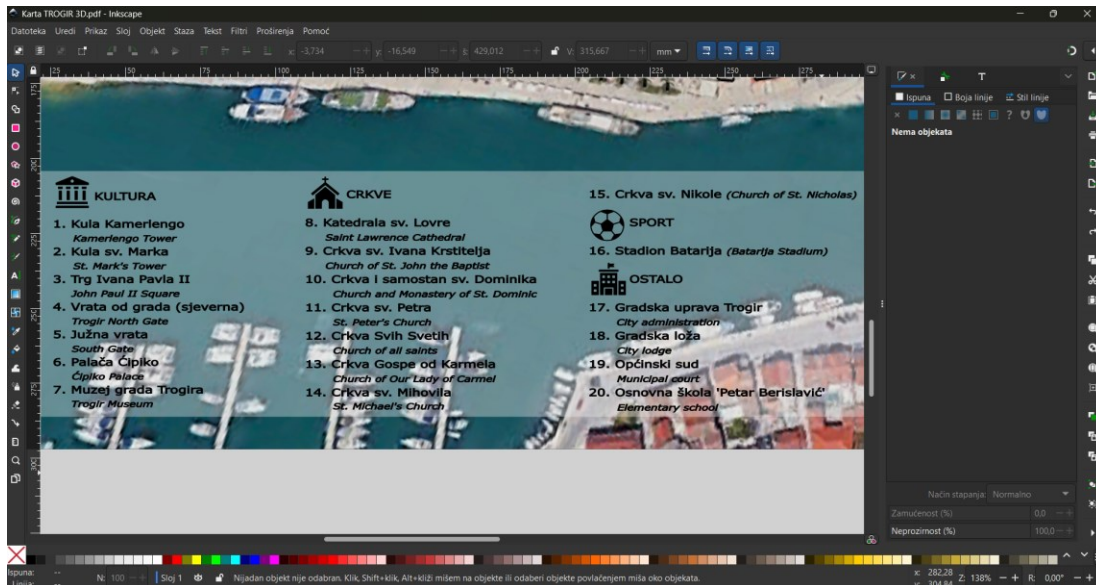
Inkscape može prikazati primitivne vektorske oblike (npr. pravokutnike, elipse, poligone, lukove, spirale, zvijezde i 3D okvire) i tekst. Program podržava dodavanje i uređivanje tekstualnih objekata, uključujući različite fontove, stilove i efekte. Također je podržano ugrađivanje i izorno praćenje rasterske grafike, što omogućuje uređivaču stvaranje vektorske grafike iz fotografija i drugih rasterskih izvora. Stvorenim oblicima može se dalje manipulirati transformacijama, kao što su pomicanje, rotacija, skaliranje i nagib. Program podržava dodavanje boja, ispuna i gradijenta objektima kako bi se postigao željeni izgled. Program podržava transparentnost i razne efekte, poput sjena, izbljeđivanja i transparentnosti. Ovi efekti mogu dodati dubinu i složenost vektorima slikama (URL 36). Inkscape program je odabran za izradu karte napravljenog 3D modela, prvenstveno jer je besplatan softver, a i jednostavan za korištenje te nudi brojne alate i mogućnosti pri uređivanju sadržaja.

10.1 Izrada karte

Izrada karte u Inkscape-u zahtijeva korištenje osnovnih alata za crtanje oblika, dodavanje boja i teksta, ali i dodatnih funkcija poput slojeva za organizaciju elemenata karte. Prije početka izrade karte u aplikaciji Inkscape, unutar SketchUp softvera učitana je nova podloga, snimka zaslona prikaza centra Trogira iz Google Earth Pro aplikacije. Digitalni ortofoto (DOF) preuzet sa Geoportala na sebi ima oznaku Geoportala te je smatrano da taj logo previše oduzima pozornost samom sadržaju 3D modela, stoga je zamijenjen novom podlogom. 3D model grada je preklopljen preko nove podloge te je cijeli prikaz slikan iz jedne perspektive i kao takav ulazi u proces izrade karte.

Kako je i spomenuto Inkscape nudi razne mogućnosti pa tako i učitavanje slike koja predstavlja kartu. Zaključno s tim, karta ima svoj sadržaj, a nedostaje joj tekst kao i oznake na sadržaju sa pripadajućim opisima u legendi. Preko cijelog prostora za kartu, horizontalnog A3 formata, nalazi se slika. Sljedeći korak je dodavanje teksta. Prvo je dodan naslov, zatim kratki opis karte u kojem piše da karta predstavlja trodimenzionalni model stare jezgre grada Trogira, a to područje je na UNESCO-voj listi svjetske kulturne baštine. 3D model općenito služi za lakše prepoznavanje sadržaja i snalaženje. Nadalje, uz opis karte, dodan je tekst i o nakladniku i autoru te vremenu izrade karte. Kako je 3D model slikan iz određenog kuta te takav predstavljen na karti, znak koji prikazuje strane svijeta je od velike važnosti. Legenda zauzima većinu prostor na karti, a u njoj se nalazi popis 20 bitnijih znamenitosti na području stare jezgre grada Trogira. Uz hrvatske nazive, dodani su i engleski. Znamenitosti su podijeljene u četiri grupe, a to su: kultura, crkve, sport i ostalo (Slika 10.1). Na mjestu svake od navedenih znamenitosti, na 3D modelu, postavljen je broj unutar kruga koji odgovara nazivu te

znamenitosti unutar legende. Licenca karte je postavljena na: imenovanje, nekomercijalno, dijeli pod istim uvjetima. Karta je spremljena kao pdf sa rezolucijom rasterizacije od 120 dpi. Također je spremljena i kao HTML dokument i u .svg formatu. Slika 10.2 predstavlja izgled gotove karte.



Slika 10.1 Prikaz sučelja Inkscape aplikacije i prikaz legende karte (Inkscape)

10.2 Prikaz karte



Slika 10.2 3D kartografski prikaz stare jezgre grada Trogira

11. UMJETNA INTELIGENCIJA – BOLJE, BRŽE?

Umjetna inteligencija predstavlja jedan od potencijalno najvećih koraka u dizajniranju i izradi 3D modela. Uspješna integracija umjetne inteligencije ubrzala bi izradu 3D modela, ali i samu kvalitetu krajnjeg proizvoda. Algoritam kojim se služi umjetna inteligencija mogao bi analizirati veliku količinu podataka i uzoraka u svrhu izrade realističnih modela koji uvelike odgovaraju stvarnim objektima.

Primjerice, umjesto ručne izrade tlocrta, umjetna inteligencija mogla bi sama, analiziranjem podloge, izraditi tlocrt i postaviti ga na prikladno mjesto na podlozi. Uvrštavanjem određenih parametara, poput visina, umjetna inteligencija bi mogla izraditi zidove te čak postaviti krovove na kuće ili pak predložiti nekoliko vrsta dizajna za koje smatra da bi se uklapali u projekt, ali uz poštivanje parametara koje smo uvrstili. Slijedno tome, umjetna inteligencija, analiziranjem fasada i vegetacije, mogla bi znatno ubrzati i olakšati korak dodavanja fasada i vegetacije u izradi 3D modela grada budući da bi sama mogla generirati uzorke kamenja, vrata i prozora te čak složene 3D modele stabala koji po sličnosti blisko odgovaraju stvarnim objektima.

U slučaju nailaska na prepreke u izradi 3D modela, umjetna inteligencija može predložiti optimalna rješenja koja potencijalno ne bi bila ni razmatrana od strane izrađivača. Tipično se 3D modeli izrađuju ručno i zahtijevaju prijašnje iskustvo, dok bi umjetna inteligencija mogla automatizirati ovaj proces. Prema tome, umjetna inteligencija ne bi samo ubrzala i olakšala izradu 3D modela, nego bi potencijalno poboljšala kvalitetu i inovativnost izrađenih modela. Umjetna inteligencija mogla bi se koristiti i za provjeru kvalitete i točnosti izrađenih modela te u pronalaženju nelogičnosti i velikih odstupanja unutar samog modela primjerice uspoređivanjem našeg modela sa sličnim. Međutim, umjetna inteligencija ne dolazi bez niza problema od kojih su istaknuti: složenost softvera, kontrola kvalitete te matematičke i inženjerske pogreške, a mnogi alati koji koriste umjetnu inteligenciju su još u beta testiranju (Tarasov i dr., 2024).

Iako umjetna inteligencija obrađuje golemu količinu podataka nije u stanju razumjeti svrhu tih podataka i za što su točno potrebni zbog čega može izraditi 3D modele koji ne ispunjavaju potrebe određenog projekta jer nisu prilagođeni svrsi tj. kontekstu u kojem se nalaze. Dodatno, ukoliko je baza podataka koju umjetna inteligencija analizira nedovoljno velika ili niske kvalitete, može učiniti greške pri izradi modela ili generirati neželjene objekte. Prema tome, svaki put kada umjetna inteligencija sudjeluje u izradi 3D modela potrebno je provjeravanje kvalitete izrađenog (URL 37). Sama integracija umjetne inteligencije i proces tranzicije sa ručne izrade je tehnički izazovan, zahtjeva zamjenu ili veliku nadogradnju postojećeg softvera, obrazovanje osoblja i promjenu radnih odnosa te drastično mijenja sam proces izrade 3D modela. Zaključno, umjetna inteligencija ima golemi potencijal u poboljšanju i ubrzavanju izrade 3D modela, ali trenutno je njena primjena složena i ograničena (Tarasov i dr., 2024).

12. ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu opisan je postupak izrade 3D kartografskog prikaza centra grada Trogira. U korake izrade spadaju odabir podloge na kojoj će sve biti rađeno, a to je digitalni ortofoto, zatim izrada tlocrtnog obrisa svih objekata na tom području. Nadalje, prikupljanje visina na više različitih načina, ovisno o mogućnostima pa i podizanje tih visina te prijelaz iz dvodimenzionalnog u trodimenzionalni prikaz. Nakon toga uslijedilo je kreiranje i stilizacija krovova te je krovovima dodijeljen prikladni uzorak crijepa da što više odgovara stvarnosti. Zatim je na isti način i zidovima pridružena fasada. Fotografije koje su učitavane na fasade, prije toga su prilagođene u GIMP aplikaciji. Za kraj, u gotovi 3D model iz SketchUp dodatka, 3D Warehouse, učitana su i odgovarajuća stabla. Kako bi 3D model bio što pristupačniji svima, učitana je i u Google Earth gdje je omogućeno njegovo pregledavanje. Cilj kreiranja 3D modela je da posluži kod izrade karte, što je i učinjeno.

Nakon što su obavljani svi koraci izrade 3D kartografskog prikaza, došlo se do zaključaka koji dio se mogao brže napraviti te koji softveri stvarno opravdavaju titulu jednih od najboljih, itd. Preuzeti OpenStreetMap podaci o obrisima tlocrta nisu najbolje odgovarali prikazu na digitalnom ortofotu pa je tlocrt izrađen ručno ispočetka. Možda se ipak OSM tlocrt mogao nekako popraviti, tj. prilagoditi podlozi pa bi se uvelike skratilo vrijeme izrade tog dijela rada. Nadalje, što se tiče visina, za iste objekte na terenu primijenjena su sva tri spomenuta načina prikupljanja visina. Laserski daljinomjer, Smart Measure aplikacija i Google Earth Pro alat za isti objekt računali su skoro jednake visine, manje od pola metra razlike. Stoga je zaključeno da su se čak visine svih objekata mogle očitati Google Earth Pro alatom iz udobnosti doma jer taj alat daje prihvatljive i zadovoljavajuće rezultate za naše potrebe. Sve visine nakon što su prikupljene, zapisane su u atributnoj tablici QGIS softvera te je to uvelike olakšalo posao i taj dio valja ponoviti.

U SketchUp softveru napravljena je većina modela te je softver jako jednostavan i vrlo praktičan za korištenje. Znanje stečeno za rad u njemu na prethodnim kolegijima je uvelike olakšalo posao. Nezgodno je što softver nije besplatan i to mu je glavni nedostatak. Blender je besplatni softver te nudi jednake mogućnosti kao SketchUp pa mu je dostojna zamjena. Google Earth Pro aplikacija je korištena pri svakom koraku izrade 3D modela te nudi razne mogućnosti. Vrlo je korisna za sve one koji imaju bilo kakvog posla sa prostornim podacima.

Nadalje, kod izrade krovova, zaključeno je da nema potrebe svakom krovu dodijeliti točno onu vrstu materijala koja je i u stvarnosti. Dovoljno je napraviti snimke zaslona sa maksimalno 10 vrsta različitih crijepova kojih ima najviše na tom području te ih kombinirati ovisno o sličnosti pojedinog krova tom uzorku. 3D model je ionako rađen za lakše snalaženje u prostoru, a boja krova ne utječe toliko na prepoznavanje objekata. Slijedno tome, jako puno truda je uloženo u umetanje fasada na zidove objekata, a većina objekata zbijenih u samom središtu grada se i ne vide. Velik je broj kuća na maloj površini i mnoge od njih su zbijene i spojene. Stoga veću važnost treba posvetiti vanjskim objektima, a kod unutarnjih ispoštovati traženu razinu detalja.

Nakon izrađenog cijelog 3D modela centra grada Trogira, napravljen je i kartografski prikaz sa svim neophodnim elementima karte. Važno je napomenuti da kod izrade 3D karata je mjerilo teško određivo te nije ni korišteno.

LITERATURA

- Bandrova, T. (2022): Real Environment 3D Model—a Base for 3D Map Making. *Kartografija i geoinformacije*, 21(izv./spec.), 12-24.
- Biljecki, F. (2017): Level of detail in 3D city models, Doctoral dissertation, Delft University of Technology, Delft, Nederland.
- Biljecki, F., Ledoux, H., Stoter, J., & Vosselman, G. (2016): The variants of an LOD of a 3D building model and their influence on spatial analyses. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 116, 42-54.
- Frančula, N. (2004): Digitalna kartografija, interna skripta. Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Frančula, N., Lapaine, M. (2008): Geodetsko-geoinformatički rječnik. Državna geodetska uprava, Zagreb.
- Frangeš, S. (2011): Tematska kartografija, predavanja. Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Frangeš, S. (2012/2013): Kartografija, predavanja. Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Góralski, R. (2009): Three-Dimensional Interactive Maps—Theory and Practice. University of South Wales (United Kingdom).
- Jenny, H. M. (2011): Geometric Design Alternatives for Computer-generated 3D Maps Inspired by Hand-painted Panoramas. PhD Theses, DissETH No 1 9790.
- Kolarek, M. (2009): CityGML, *Ekscentar*, 11, 32–35.
- Kraak, M. J., & Ormeling, F. (2020): *Cartography: visualization of geospatial data*. CRC Press.
- Lapaine, M., Midtbø, T., Gartner, G., Bandrova, T., Wang, T., & Shen, J. (2021): Definition of the Map. *Advances in Cartography and GIScience of the ICA*, 3, 1-6.
- Longley, P., Goodchild, M., Maguire, D., Rhind D. (2005): *Geographic Information Systems and Science*. 2nd ed. Chichester, England: John Wiley & Sons.
- Monmonier, M. (1996): Temporal generalization for dynamic maps. *Cartography and Geographic Information Systems*, 23(2), 96-98.
- Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., Guptil, S. C. (1995): *Elements of cartography*, John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Ruščić, J. (2024): Modeli zgrada pomoću proceduralnog modeliranja, diplomski rad (Doctoral dissertation, Geodetski fakultet).
- Shibayama, J., Hirano, T., Yamauchi, J., Nakano, H. (2012): Efficient implementation of frequency-dependent 3D LOD-FDTD method using fundamental scheme, *Electronics letters*, 48, 13, 774–775.
- Tarasov, N., Khamula, O. (2024): Integrating artificial intelligence into 3d modeling software for optimized additive manufacturing. GoS [Internet].

Žic, B., Župan, R., Frangeš, S. (2020): Optimizacija razine detalja 3D kartografskog prikaza na primjeru grada Krka, *Geodetski list*, Vol. 74 (97) No. 2, 199-220.

Župan, R., Župan, K., Frangeš, S., & Vinković, A. (2018): Automatic procedural 3D modelling of buildings. *Tehnički glasnik*, 12(3), 166-173.

POPIS MREŽNIH ADRESA

URL 1: Trogir wikipedija, <https://hr.wikipedia.org/wiki/Trogir> (6.8.2024.)

URL 2: Položaj Trogira - slika, <https://www.croatiawise.com/trogir-croatia.html> (6.8.2024.)

URL 3: Službena stranica grada Trogira, <https://trogir.hr/> (6.8.2024.)

URL 4: Hrvatska enciklopedija Trogir, <https://www.enciklopedija.hr/clanak/trogir> (8.8.2024.)

URL 5: Plan grada Trogira – slika, <https://www.matica.hr> (9.8.2024.)

URL 6: Razglednica grada – slika, <https://tragurium.blogspot.com/2015/03/kula-kamerlengo.html?m=1> (8.8.2024.)

URL 7: Muzej grada Trogira, <https://www.matica.hr/hr/354/muzej-grada-trogira-21084/> (9.8.2024.)

URL 8: Grad turizma - slika, <https://www.moj-posao.net/Vijest/77459/Hrvatska-je-sedma-destinacija-za-ulaganja-u-turizmu/2/> (10.8.2024.)

URL 9: Znamenitosti – slika, <https://travelcroatia.live/listing/katedrala-sv-lovre/> (10.8.2024.)

URL 10: Stare karte Trogira - slika, <https://tragurium.blogspot.com/2015/03/stare-karte-i-planovi.html?m=1> (12.8.2024.)

URL 11: Karta Trogira – slika, https://commons.m.wikimedia.org/wiki/File:Trogir_plan_grada_0807.jpg (12.8.2024.)

URL 12: 3D model Petrinje – slika, <https://oikon.hr/hr/tag/petrinja/> (12.8.2024.)

URL 13: Primjer 3D karte – slika, <https://github.com/openmaptiles/maptiler-3d-gl-style> (12.8.2024.)

URL 14: SketchUp wikipedija, https://hr.wikipedia.org/wiki/Google_SketchUp (13.8.2024.)

URL 15: 3D model grada – slika, <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/29dac5a7-34db-4368-a74a-066469550403/Budapest-City-5th-district?hl=pt-BR> (13.8.2024)

URL 16: Blender wikipedija, <https://hr.wikipedia.org/wiki/Blender> (19.8.2024.)

URL 17: Blender 3D model, <https://medium.com/@timdecraecker/creating-a-city-landscape-in-blender-3d-a06015eb0a1b> (19.8.2024.)

URL 18: 3DS Max wikipedija, https://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_3ds_Max (19.8.2024.)

URL 19: 3DS Max 3D model, <https://www.cgtrader.com/3d-models/architectural-street> (20.8.2024.)

URL 20: ArcGIS wikipedija, <https://en.wikipedia.org/wiki/ArcGIS> (21.8.2024.)

- URL 21: ArcGIS 3D model, <https://images.app.goo.gl/DexFVFGgJeMLYYg79> (21.8.2024.)
- URL 22: CityEngine 3D model, <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-cityengine/overview> (22.8.2024.)
- URL 23: Geoportal DGU, <https://geoportal.dgu.hr/> (24.8.2024.)
- URL 24: HOK i DOF, <https://geoportal.dgu.hr/#/menu/podaci-i-servisi> (24.8.2024.)
- URL 25: QGIS wikipedija, <https://hr.wikipedia.org/wiki/QGIS> (25.8.2024.)
- URL 26: QGIS, <https://www.qgis.org/> (25.8.2024.)
- URL 27: OpenStreetMap wikipedija, <https://en.wikipedia.org/wiki/OpenStreetMap> (26.8.2024.)
- URL 28: OpenStreetMap, <https://www.openstreetmap.org/#map=17/43.516463/16.249563> (26.8.2024.)
- URL 29: Laserski daljinomjer, <https://www.prirucnici.hr/makita/ld060p/priru%C4%8Dnik> (27.8.2024.)
- URL 30: Makita LD060P, https://khusheimstore.com/shop/products/makita-laser-distance-measure-60-meter-range-ld060p?srsId=AfmBOoqNCF7kiGhd_HU9a_45O2It5oSS5pJjCV0rdGoCxjwISR7PYWXA (27.8.2024.)
- URL 31: Smart Measure, <https://e-laboratorij.carnet.hr/mobilne-aplikacije-za-mjerenje/> (31.8.2024.)
- URL 32: Smart Measure, <https://smart-measure.en.uptodown.com/android> (31.8.2024.)
- URL 33: Google Earth wikipedija, https://hr.wikipedia.org/wiki/Google_Earth (2.9.2024.)
- URL 34: GIMP wikipedija, <https://hr.wikipedia.org/wiki/GIMP> (3.9.2024.)
- URL 35: GIMP, <https://www.gimp.org/> (3.9.2024.)
- URL 36: INKSCAPE wikipedija, <https://en.wikipedia.org/wiki/Inkscape> (4.9.2024.)
- URL 37: Umjetna inteligencija, <https://www.cgibackgrounds.com/blog/the-challenges-of-creating-realistic-3d-objects-using-ai> (5.9.2024.)

POPIS SLIKA

- Slika 2.1 Geografski položaj Trogira na karti Hrvatske (URL 1)
- Slika 2.2 Prikaz užeg okruženja grada Trogira (URL 2)
- Slika 2.3 Plan grada Trogira iz 1755. godine (URL 5)
- Slika 2.4 Razglednica grada iz 1900.-tih (URL 6)
- Slika 2.5 Trg Ivana Pavla II, Gradski sat i Gradska loža (URL 8)
- Slika 2.6 Katedrala svetog Lovre i Gradska uprava (URL 9)
- Slika 2.7 Prikaz Radovanovog portala na katedrali (URL 9)
- Slika 2.8 Prikaz dijela sadržaja iz Muzeja grada Trogira (URL 7)
- Slika 2.9 Prikaz izgleda Južnih vrata i izlaz na rivu (URL 8)
- Slika 3.1 Prikaz stare analogne karte Trogira (URL 10)
- Slika 3.2 Prikaz digitalne karte Trogira (URL 11)
- Slika 3.3 3D model grada Petrinje (URL 12)
- Slika 3.4 3D karta grada New Yorka (URL 13)
- Slika 3.5 3D model grada Budimpešte u SketchUp softveru (URL 15)
- Slika 3.6 3D model grada u Blender-u (URL 17)
- Slika 3.7 3D model grada u 3DS Max softveru (URL 19)
- Slika 3.8 3D model grada u ArcGIS softveru (URL 21)
- Slika 3.9 3D model grada u CityEngine softveru (URL 22)
- Slika 4.1 Prikaz razina detalja - LOD (Biljecki, 2017)
- Slika 4.2 Primjeri 3D modela gradova svijeta s različitim razinama detalja (Biljecki, 2017)
- Slika 5.1 Naslovna stranica Geoportala DGU (URL 23)
- Slika 5.2 Prikaz centra grada Trogira na HOK podlozi (Geoportal DGU)
- Slika 5.3 Prikaz centra grada Trogira na DOF podlozi (Geoportal DGU)
- Slika 6.1 Prikaz loga QGIS softvera (URL 25)

Slika 6.2 Prikaz sučelja QGIS softvera

Slika 6.3 Prikaz sučelja OpenStreetMap stranice te preuzimanje podataka (URL 28)

Slika 6.4 Prikaz postupka učitavanja preuzetih OSM podataka u QGIS

Slika 6.5 Prikaz izgleda učitanoj OSM sloja u QGIS, prije obrade

Slika 6.6 Prikaz OSM sloja samo s obrisima zgrada preko DOF podloge (QGIS)

Slika 6.7 Prikaz ručno izrađenog tlocrta centa Trogira (QGIS)

Slika 6.8 Prikaz ručno izrađenog tlocrta centa Trogira preko DOF podloge (QGIS)

Slika 7.1 Laserski daljinomjer Makita LD060P (URL 30)

Slika 7.2 Upute za korištenje Smart Measure aplikacije (zaslon mobilnog uređaja)

Slika 7.3 Prikaz zaslona Smart Measure aplikacije

Slika 7.4 Prikaz centra Trogira i alata za mjerenje 3D putanja (Google Earth Pro)

Slika 8.1 Prikaz preklopa tlocrta i DOF podloge (SketchUp)

Slika 8.2 Prikaz tlocrta grada Trogira u obliku ploha (SketchUp)

Slika 8.3 Prikaz 3D modela sa sjevera nakon podizanja ploha u visine (SketchUp)

Slika 8.4 Prikaz zapadnog dijela 3D modela centra Trogira, pogled s juga (SketchUp)

Slika 8.5 Prikaz istočnog dijela 3D modela centra Trogira, pogled s juga (SketchUp)

Slika 8.6 Prikaz svih stadija izrade krovova (SketchUp)

Slika 8.7 Prikaz dovršenih krovova istočnog dijela centra grada (SketchUp)

Slika 8.8 Prikaz cijelog centra grada nakon izrade svih krovova (SketchUp)

Slika 8.9 Prikaz sučelja GIMP aplikacije (GIMP)

Slika 8.10 Prikaz popravljivanja perspektive fotografijama u svrhu postavljanja fasada (GIMP)

Slika 8.11 Prikaz 3D modela sjeveroistočnog dijela Trogira nakon dodavanja fasada (SketchUp)

Slika 8.12 Prikaz 3D modela istočnog dijela Trogira nakon dodavanja fasada (SketchUp)

Slika 8.13 Prikaz 3D modela zapadnog dijela Trogira nakon dodavanja fasada (SketchUp)

Slika 8.14 3D Warehouse vegetacija učitana u 3D model (SketchUp)

Slika 8.15 Prikaz vegetacije na istočnoj strani grada Trogira (SketchUp)

Slika 8.16 Prikaz gotovog 3D modela centra grada Trogira s juga (SketchUp)

Slika 8.17 Prikaz gotovog 3D modela centra grada Trogira sa zapada (SketchUp)

Slika 8.18 Prikaz gotovog 3D modela centra grada Trogira sa sjevera (SketchUp)

Slika 8.19 Prikaz istočnog dijela gotovog 3D modela centra grada Trogira (SketchUp)

Slika 9.1 Prikaz postupka učitavanja lokacije za napravljeni 3D model (SketchUp)

Slika 9.2 Prikaz geolociranog 3D modela grada Trogira (SketchUp)

Slika 9.3 Prikaz 3D modela u prirodnom okruženju (Google Earth Pro)

Slika 10.1 Prikaz sučelja Inkscape aplikacije i prikaz legende karte (Inkscape)

Slika 10.2 3D kartografski prikaz stare jezgre grada Trogira

POPIS TABLICA

Tablica 1. Definiranje parametara točnosti modeliranih objekata (Kolarek, 2009)

ŽIVOTOPIS



Jelena Melvan

Datum rođenja: 28/09/1999

Državljanstvo: hrvatsko

KONTAKT

Radun 93
21216 Kaštel Stari, Hrvatska
(Kućna)

jelenamelvan@gmail.com

(+385) 998294646



RADNO ISKUSTVO

15/07/2019 – 26/07/2019 Split, Hrvatska

Studentska praksa GEOMAR GEODEZIJA d.o.o.

Pomoć u organizaciji i arhiviranju geodetske dokumentacije i podataka. Upoznavanje sa radom katastra, uvid u digitalne katastarske planove, izvod iz katastarskog plana i posjedovnog lista. Upoznavanje sa pisanjem elaborata.

10/2020 – 02/2021 Split, Hrvatska

Demonstrature na Katedri za analizu i obradu geodetskih mjerenja Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Adresa Ulica Matice hrvatske 15, Split, Hrvatska

OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE

09/2014 – 06/2018 Split, Hrvatska

Opća gimnazija V. gimnazija "Vladimir Nazor"

Adresa Zagrebačka ulica 2, 21000, Split, Hrvatska | Internetske stranice <http://gimnazija-peta-vnazor-st.skole.hr/>

10/2018 – 07/2022 Split, Hrvatska

Sveučilišni prvostupnik (baccalaureus) inženjer geodezije i geoinformatike Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Adresa Ul. Matice hrvatske 15, 21000, Split, Hrvatska

Internetske stranice <https://gradst.unist.hr/>

10/2022 – **TRENUTAČNO** Zagreb, Hrvatska

Magistar inženjer geodezije i geoinformatike Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Adresa Kačićeva ulica 26, 10000, Zagreb, Hrvatska

JEZIČNE VJEŠTINE

MATERINSKI JEZIK/JEZICI: hrvatski

Drugi jezici:

engleski

Slušanje B2

Čitanje B2

Pisanje B2

Govorna produkcija B2

Govorna interakcija B2

Razine: A1 i A2: temeljni korisnik; B1 i B2: samostalni korisnik; C1 i C2: iskusni korisnik

DIGITALNE VJEŠTINE

Rad na raunalu | MS Office (Word Excel PowerPoint) | Razvijene vještine u korištenju stručnih programa: AutoCAD, QGIS, Google Earth | Dobro poznavanje modeliranja u programu SketchUp

VOZAČKA DOZVOLA

Vozačka dozvola: B

