

Izrada prototipa 3D modela konusa i podloge za staklenu ogradu

Klanac, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:423104>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-29**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB**

ZAVRŠNI RAD

Josip Klanac

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB

Smjer: Tehničko - tehnološki

ZAVRŠNI RAD

IZRADA PROTOTIPA 3D MODELA KONUSA
I PODLOGE ZA STAKLENU OGRADU

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Dubravko Banić

Student:

Josip Klanac

Zagreb, 2023.

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

SAŽETAK

Završni rad bavi se izradom modela za staklenu poluogradu i izradom pričvrzne plastike korištenjem postupaka 3D modeliranja i 3D printanja. Za izradu modela korišten je program *Blender 3D*, a za izradu *slicer-a Ultimaker Cura*. Postupak izrade prototipa uključuje nekoliko koraka poput izrade 3D modela u *Blender-u*, pretvaranja u format koji je razumljiv za 3D printer te izrade fizičkog modela pomoću 3D printera. Nakon izrade prototipa, provedena je evaluacija kvalitete modela te je napravljena konačna verzija s optimiziranim dimenzijama i oblicima. Također, rad se fokusira na izradu pričvrzne plastike koja se koristi za povezivanje staklene poluograde s okvirom. Uz korištenje istih postupaka i softverskih alata, izrađena je i ova komponenta. Uz ispravan dizajn, korištenje 3D printera omogućava brzu i preciznu izradu prototipa te time uštedu vremena i sredstava u procesu razvoja proizvoda. Konačni proizvod pokazao se kao funkcionalan i kvalitetan te zadovoljava sve potrebne uvjete za upotrebu u praksi.

Ključne riječi: 3D, *Blender*, modeliranje, *slicer*, *Ultimaker Cura*, 3D ispis, 3D printer, prototip

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	TEORIJSKI DIO	2
2.1.	Povijest 3D modeliranja i ispisa	2
2.2.	Blender – povijest i razvoj	3
2.3.	Sliceri	4
2.3.1.	Ultimaker Cura – <i>slicer</i>	5
2.4.	3D modeliranje	5
2.5.	Blender – preuzimanje	8
2.6.	Blender – korisničko sučelje	9
2.7.	Modeliranje	13
2.8.	Pisači	19
3.	PRAKTIČNI DIO	21
3.1.	Blender	21
3.2.	Cura slicer	28
3.3.	3D ispis Creality Ender 3 pro	32
4.	REZULTATI I RASPRAVA	34
4.1.	Rezultati ispisa	34
4.2.	Anketa upotreba 3D programa, <i>slicer-a</i> , printera i filamenata	35
5.	ZAKLJUČCI	43
6.	LITERATURA	44
7.	PRILOZI	45

1. UVOD

Tema ovog rada prikaz je cjelovitog procesa od nacрта prototipa, izrade istog u 3D programu, te pripreme u *slicer-u* i ispis na 3D pisaču. Cilj završnog rada je približiti cjelokupan proces izrade modela pa sve do njegovog ispisa. Svaki korak detaljno će biti opisan kako bi svaki čitatelj mogao u nekoliko koraka izraditi svoj vlastiti model i ispisati ga.

Model koji će se izraditi držač je staklene stijenke i konusna plastika držača. Držač staklene stijenke bit će izrađen prema prilagođenom nacrtu koji će se kasnije raditi od čelika. Cijeli proces izrade klasičnog prototipa i prvog modela u praksi je dugotrajan i skup. Uz te probleme javlja se i problematika prilagodbe modela prototipa. Ukoliko dođe do greške u nacrtu proces se treba ponoviti kako bi se došlo do idejnog rješenja. Upravo zbog toga 3D ispis izuzetno je efikasno i učinkovito rješenje za ovaj proces. Ispis je jeftin i modeli se, prema potrebi, lako i bez dodatnih komplikacija prilagođavaju. Sam ispis može se napraviti i kod kuće gdje nisu potrebni veliki strojevi i dodatno poznavanje drugih tehnologija. Nakon ispisa koji u prosjeku traje 12-24 sata (ovisno o veličini i finoći ispisa), pojedinac može vidjeti svoj prototip i provjeriti jesu li mjere modela odgovarajuće i zadovoljava li njegove kriterije.

3D modeliranje i ispis posljednjih su godina sve popularniji načini ispisa prototipova, izrade zamjenskih dijelova, alata, figura, igračaka i ostalih proizvoda. Radi se o izuzetno korisnom i učinkovitom načinu koji omogućuje vrlo precizne rezultate u kratkom vremenskom periodu. Ova tehnologija nastala je još krajem prošlog stoljeća i još uvijek je u razvoju, no svakako je dobila izuzetnu pažnju posljednjih 10-ak godina zbog jeftinijih FDM printera, u jednom od kojih će se ispisati prototip ovog završnog rada.

Ispis na 3D pisaču ne bi bio moguć bez adekvatnog programa za izradu 3D modela. Danas na tržištu postoji mnogo programa za izradu 3D modela, od kojih su najpoznatiji: *Autodesk 3DS max*, *Cinema 4D*, *Fusion 360*, *Blender*. U ovoj temi za 3D modeliranje koristit će se *Blender 3.3.1*. koji je besplatan za korištenje i omogućuje modeliranje vlastitog modela.

Nakon *Blendera*, u kojem će biti izrađen željeni model, potreban je program za izradu *slicera*. *Slicer* služi za generiranje modela koji će 3D pisač ispisati. Koristit će se također besplatni program *Ultimaker Cura 4.12.0* u kojem će se detaljno opisati kako pripremiti model za 3D ispis na pisaču.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Povijest 3D modeliranja i ispisa

3D tehnologija nije nova tehnologija kao što većina osoba misli. Naime, 3D tehnologija počela se pojavljivati početkom 20. stoljeća (1930-ih) gdje se koristila za prikazivanje filmova koji bi koristili dvije projekcije i tako stvarali iluziju trodimenzionalnog prostora. Filmovi su se prikazivali u posebnim kino dvoranama gdje bi se koristila dva projektora. S obzirom da je taj način bio, tako reći, ispred svoga vremena, tehnologija nije pridobila osobitu pažnju. [1]

Nakon nekoliko desetaka godina pauze, filmska se industrija znatno promijenila i doživjela veliki prasak. Ljudi su zaključili da su sa određenim resursima koje pruža 2D grafika ipak ograničeni te da im je potrebna bolja i učinkovitija tehnologija koja bi pružala treću dimenziju njihovih filmova. Upravo je to presudilo razvoju računalne grafike gdje su ljudi mogli kreirati razne oblike/modele uz pomoć računala.

Početkom razvoja računalne grafike, zbog ograničenih specifikacija i memorija računala, koristili su se primitivni oblici (kao što su kocka, cilindar, kugla, piramida i drugi) koji nisu zahtjevni odnosno nisu im potrebne snažne konfiguracije za *renderiranje* scena. 1980-ih godina računalna grafika znatno je napredovala. Uzrok toga veliki je razvoj računalne tehnologije koji je omogućio veću dostupnost osobnog računala što se ujedno odrazilo i na smanjenje cijene.

Sve ovo značilo je stvaranje kompleksnijih i kvalitetnijih modela korisnika. Tako je tih godina patentiran prvi 3D pisac, stereolitografski printer. Stereolitografski pisac (tzv. SLA printer) ispisivao je sloj po sloj materijala pod utjecajem UV svjetla. Zbog ograničenosti, pisac je mogao ispisivati samo primitivne objekte. [2]

Ovaj događaj bio je ključan za razvoj 3D pisaca gdje su nakon toga otkriveni i ostali pisaci poput FDM, SLS i ostali. 3D pisaci su se tek otprilike prije 15-ak godina počeli komercijalno prodavati. [2]

2.2. Blender – povijest i razvoj

Blender je besplatni i otvoreni program za generiranje, modeliranje, animaciju, teksturiranje i vizualizaciju 3D ili 2D modela. Jedan je od najpopularnijih i najboljih programa na tržištu gdje se, između ostalog, sve više koristi i za filmsku i *gaming* industriju. S obzirom da je program besplatan, široke je namjene i eksponencijalno se razvija (osobito zadnjih nekoliko godina) te sve više se novaca ulaže u njegov razvoj. Uz to što je besplatan, program sam po sebi nije hardverski zahtjevan, što znači da se uz pomoć slabijeg računala mogu postići zadovoljavajući rezultati. Dostupan je za sve računalne operativne sisteme MacOS, Windows i Linux, što znači da ima veliku podršku i omogućuje pristup korištenju velikom broju korisnika. [3]

Neprofitna organizacija *Blender Foundations* iz Nizozemske odlučila je izraditi program koji će biti besplatan i otvorenog pristupa kako bi svi mogli modelirati ili *skulpturirati* svoje 3D modele. Glavni cilj i motiv bio im je otpor prema poduzećima poput Autodesk (naplaćuju uslugu korištenja programa) i plasirati program otvorenog pristupa – dostupnog za sve korisnike. Tako je 2002. godine nastao 3D program pod nazivom *Blender*. [3]

Od 2002. do danas *Blender* kao program znatno se razvio te se može smatrati jednim od najboljih programa za modeliranje, prvenstveno zbog toga što je široke namjene i otvorenog je pristupa. Također, *Blender* ima snažnu zajednicu korisnika koji sudjeluju u razvijanju programa i programiranja dodataka na program. Programski dodatci pospješuju i ubrzavaju rad samog programa na način da za pojedine elemente (animacije, oblikovanja, teksturiranja i slično) korisnik ne mora nužno trošiti vrijeme na generiranje odnosno modeliranje sadržaja, već u nekoliko klikova može doći do željenog rezultata. Većina profesionalnih grafičkih studija opire se prelasku na ovaj program zbog tako zvanih grešaka (koje se mogu dogoditi), no njihov se broj svakim novim ažuriranjem smanjuje i danas su te potencijalne greške gotovo zanemarive. [3,4]

Iako neki još uvijek smatraju da nije postigao industrijski standard poput Autodesk, Cinema 4D, Zbrush-a, ipak u *Blender* ulažu novac velike kompanije poput Epic Games, Ubisoft, NVIDIA, AMD i mnoge druge. Navedeno znači da program ima izrazit potencijal da uskoro postane dio industrijskog standarda. [5]



Slika 1. Interes o Blenderu,
Izvor: <https://trends.google.com/trends/explore?date=today%205-y&q=Blender%203D>

Slika 1. prikazuje Google analitiku pretraživanja posljednjih pet godina na temu *Blender* 3D. Prema grafikonu, evidentno je da pretraživanje programa linearno raste. Ove godine vidljiv je eksponencijalni rast interesa pretraživanja. Može se zaključiti da interes o *Blender-u* izrazito raste i samim time dobiva na popularnosti. Ono što je ključno kod *Blender-a* je to što je otvorenog pristupa što znači da programeri iz čitavog svijeta mogu doprinijeti njegovom rastu i razvoju. Samim time postoje mnogi priključci za program koji se mogu dodati u program i ubrzati rad korisnika. Upravo zbog takvih primjera *Blender* se svake godine sve više razvija i unapređuje.

2.3. Sliceri

Sliceri su programi koji u zadanim parametrima pripremaju digitalne 3D modele i pretvaraju u jezik za 3D printere. Postupak se naziva *slicanje* upravo zbog tog što se digitalni 3D model u *sliceru* pretvara u slojeve koji se nakon toga ispisuju sloj po sloj na 3D pisaču kako bi se dobio fizički model. *Sliceri* omogućuju veliku kontrolu nad izgledom fizičkog modela (gotovog proizvoda) zbog svoje mogućnosti prilagodbe parametara kao što su brzina, debljina sloja, gustoća, ispuna i temperatura ispisa te ostale dodatne mogućnosti. Nakon svih zadanih parametara o modelu koji će biti ispisan potrebno je pretvoriti sve te naredbe u jezik 3D printera. Kako 3D printeri ne razumiju jezik programa za 3D modeliranje, *slicer* na kraju postupka pretvara model u poseban jezik koji je razumljiv odabranom 3D printeru. [6]

2.3.1. Ultimaker Cura – slicer

Cura slicer jedan je od najpoznatijih i najkorištenijih *slicera*. Razvijen je kao program otvorenog pristupa što znači da ga svaki korisnik može besplatno preuzeti i koristiti u privatne ili službene svrhe. Kao takav najčešće je korišten program te je podržan na svim računalnim operativnim sistemima. [7]

Program je nastao 2017. godine od strane programera Davida Braama koji je kreirao kod otvorenog pristupa za *Cura slicer* na stranici *GitHub-a*. Zbog svoje jednostavnosti i kvalitete program je ubrzo postao jedan od najpoznatijih programa za *slicanje*. Tijekom godina dodane su razne dodatne funkcije i poboljšanja kako bi se unaprijedio proces pripreme digitalnog modela za 3D ispis što je ujedno omogućilo povjerenje korisnika u sigurnost takvog programa. Osim toga, program podržava razne korisne dodatke koji se mogu priključiti u program, a koji omogućuju bolju kvalitetu, kontrolu, brzinu i ostale korisne mogućnosti kako bi korisnici što uspješnije pripremili svoj digitalni model za 3D ispis. [7]

Korisničko sučelje programa *Cura* je poprilično intuitivno i jednostavno za korištenje. Na samome vrhu vidljiva je alatna traka s padajućim izbornicima *File*, *Edit*, *View*, *Settings*, *Extensions*, *Preferences* i *Help*. Na plavoj alatnoj traci, koja se nalazi ispod, vidljive su tri opcije odnosno *Prepare* – priprema modela, *Preview* – pregled ispisa modela i *Monitor* – funkcija za praćenje ispisa u realnom vremenu (opcija je moguća ukoliko 3D printer ima takvu funkciju). Ispod plave alatne trake vidljiva je veća bijela traka koja sadrži podešavanja: ikonu za ubacivanje modela u program, odabir proizvođača 3D printera, odabir materijala i na kraju desno podešavanje parametara ispisa. U lijevom donjem kutu vidljive su kocke s različito označenim licima. Klikom na svaku od tih kocki korisniku se omogućuje pregled modela iz različitih uglova odnosno strana na virtualnom 3D printeru. *Cura slicer* također ima mogućnost podešavanja postavki za pojedinačne modele kao i mogućnost spremanja i dijeljenja profila ispisa s drugim korisnicima.

2.4. 3D modeliranje

Računalna grafika danas se koristi u širokom aspektu života i znatno olakšava pojedine ljudske potrebe. Jedna od tih komponenti je svakako 3D modeliranje koje je sve više zastupljeno u današnjici. To je proces kreacije trodimenzionalnih objekata u specijaliziranom programu za 3D modeliranje. Proces modeliranja uključuje matematičku reprezentaciju živog

ili neživog objekta u njegovoj 3D dimenziji: visina, širina i dužina. To omogućuje kreiranje realističnih digitalnih modela koji se koriste u različitim područjima od filmske industrije, videoigre, arhitekture, medicine, inženjerstva, industrijskog dizajna i ostalo. [8]

Na samom početku procesa 3D modeliranja važno je odabrati 3D program. S obzirom da je tržište veliko postoji mnogo programa. Neki od najpoznatijih takvih programa su Autodesk 3DS max i Maya, Zbrush, Houdini, Cinema4D, SketchUp, *Blender* i mnogi drugi. Namjena svih navedenih programa je različita bez obzira što su sve 3D programi. Stoga je važno istražiti i odabrati koji segment korisnika najviše zanima kako bi odabrao adekvatni program za 3D modeliranje. [8]

Postoji četiri osnovne tehnike 3D modeliranja:

- *box modeling*,
- *polygonal modeling*,
- *NURBS modeling* i
- *sculpt*.

Box modeling

Tehnika je koja se uglavnom koristi za brzo kreiranje objekata od primitivnih oblika, poput kocke. Ova tehnika uključuje rezanje, ekstrudiranje, spajanje i dodatno oblikovanje kako bi se postigao željeni model. *Box modeling* se najčešće primjenjuje u industriji videoigara i animacija, no može poslužiti i za modeliranje objekata za 3D ispis. [8]

Polygonal modeling

Najčešće je korištena tehnika kod 3D modeliranja gdje se stvaraju objekti od poligonalne mreže koja je u 2D obliku. Mreža se sastoji od *vertices* odnosno točaka koje su povezane u jedan kvadrat. Pomicanjem, dodavanjem, izvlačenjem i brisanjem točaka korisnik manipulira objekt te dolazi do željenog oblika. [8]

NURBS modeling

Koristi se za kreiranje krivulja i površina uz pomoć matematičkog pristupa. Najviše se koristi za kreiranje visokokvalitetnih fleksibilnih i neravnih oblika. Njegova je najveća primjena u autoindustriji i arhitekturi. [8]

Sculpt

Skulpturiranje je proces sličan kiparskom procesu odnosno oblikovanju gline. Korisnik uz pomoć raznih kistova *skulptutira* model iz jednog primitivnog objekta. Tehnika zahtjeva snažnu računalnu konfiguraciju s obzirom da koristi mnogo točaka (*vertices-a*). Dobiveni rezultati impresivni su i realistični. Najčešće je korištena tehnika kod dizajnera jer je riječ o tehnici koja pruža veliku umjetničku slobodu. [8]

Svaka navedena tehnika ima svoje prednosti i nedostatke stoga je važno unaprijed istražiti projekt i model koji će se modelirati. Postoji i mogućnost kombiniranja dviju tehnika na jednom objektu poput *box-modeling* i *sculpting*.

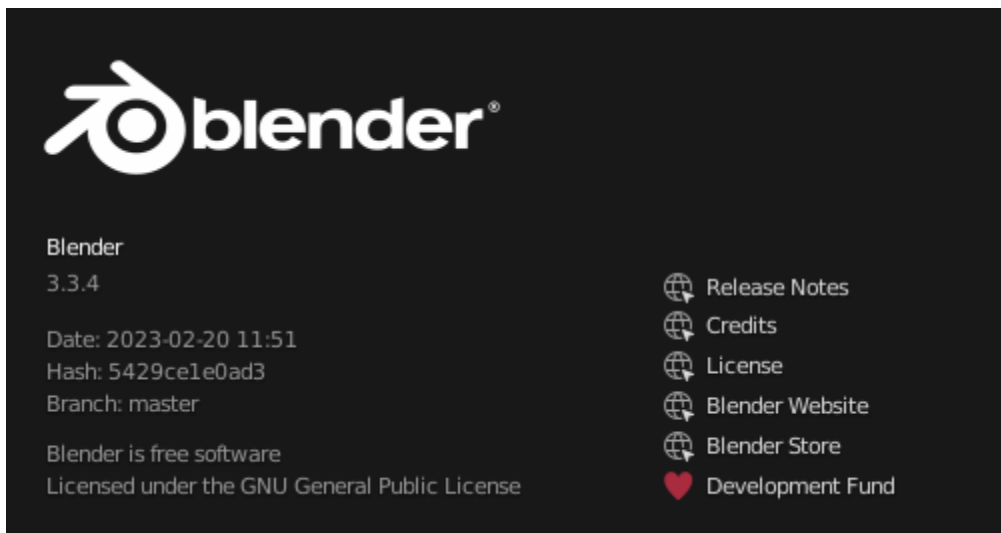
Jedna od tehnika koja postaje sve popularnija je 3D skeniranje fizičkih objekata. Radi se o skeniranju fizičkog objekta uz pomoć uređaja s kamerom i laserom gdje se prikupljaju podatci s površine objekta i pretvara se u digitalni 3D model. Proces je vrlo jednostavan – objekt se postavlja na osvijetljenu površinu i skenira uređajem. Lasersko skeniranje koristi laserski snop koji skenira objekt, čita informacije s površine i prikuplja podatke kako se svjetlo ponaša od objekta. Koriste se slike objekta različitih kutova i prebacuju se u 3D računalni program. Model je potrebno skenirati sa svih strana odnosno 360° gdje je zaokupljen cijeli model. Takva vrsta tehnike koristi se sve više za izradu prototipa, medicinske svrhe, arheologiju, geodeziju, videoigre, filmsku industriju i ostale svrhe. Tehnika se ne može svrstati pod tehnikom modeliranja jer zahtjeva dodatnu obradu modela u 3D programu, no važno ju je spomenuti s obzirom da je popularna i sve više se razvija zbog široke primjene. [9]

2.5. Blender – preuzimanje

Program je besplatan i može se preuzeti na njihovoj službenoj internet stranici. Prije same instalacije programa potrebno je provjeriti zadovoljavaju li računalne konfiguracije minimalne ili preporučene hardverske zahtjeve (Sl.2).

	<i>Minimalni zahtjevi</i>	<i>Preporučeni zahtjevi</i>
<i>Procesor</i>	64-bit quad core CPU with SSE2 support	64-bit eight core CPU
<i>Radna memorija</i>	8 GB	32 GB
<i>Grafička kartica</i>	2 GB, OpenGL 4.3	8 GB
<i>Monitor</i>	Full HD	2k
<i>Dodatci</i>	grafički tablet	grafički tablet

*Slika 2. Hardverski zahtjevi Blender-a,
Izvor: <https://www.blender.org/download/requirements/>*

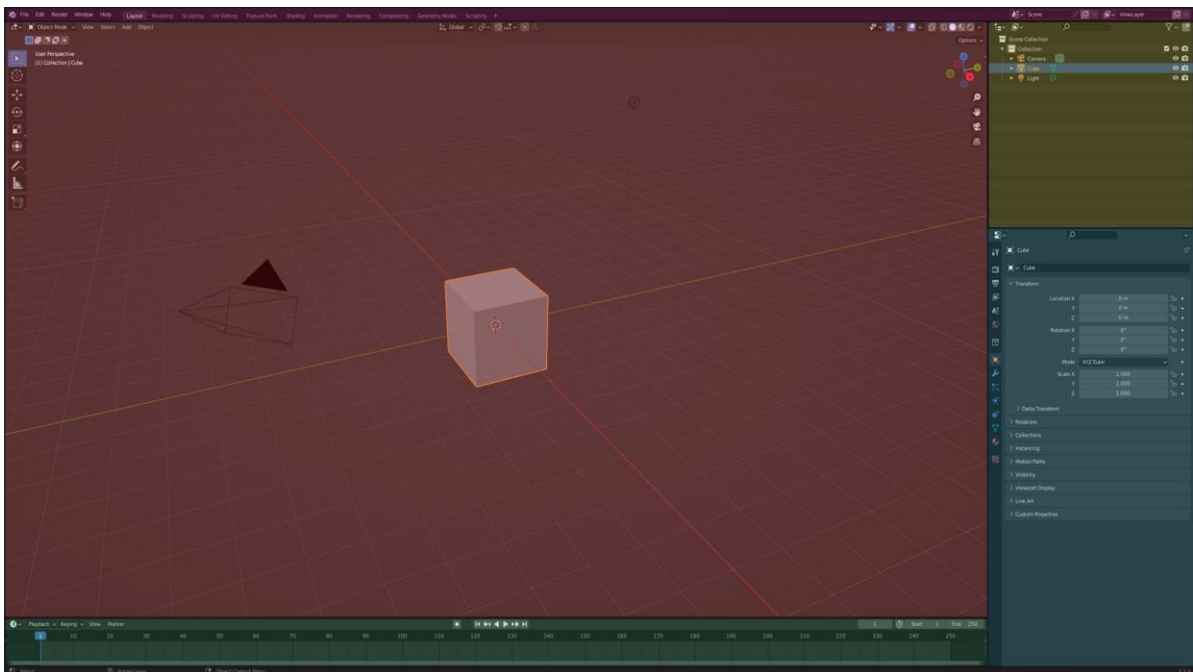


*Slika 3. Prikaz verzije 3.3.4 Blendera,
Izvor:, vlastiti izvor*

Pisanjem ovog rada koristit će se program *Blender 3D* verzija LTS (*long term support*) 3.3.4. (Sl. 3.). Razlog korištenja te verzije jesu njene posebnosti: pruža dugotrajnost, stabilnost i podršku programa. Takve verzije dugo se mogu koristiti i ažuriranjima primaju zakrpe poput ispravka pada programa, poboljšanje funkcionalnosti, ispravke grešaka i ostalo. Nadalje, takve verzije obično traju tri do pet godina odnosno poprimaju ažuriranja, stoga zbog takve sigurnosti korisnici koji profesionalno koriste softvere biraju upravo takve verzije programa.

Uz LTS verzije postoje novije verzije koje sadrže nove, dodatne funkcije ili poboljšanja. Koriste se, no ne pružaju potpunu stabilnost programa poput LTS što je i navedeno na službenoj stranici prije preuzimanja od strane programera. Osim 3.3 verzije *Blender-a*, u trenutku pisanja završnog rada postoji još verzija 3.4, 3.5 Beta i 3.6 Alpha. Svaka od tih verzija nadograđena je novim sadržajem. 3D entuzijasti željno iščekuju takve verzije kako bi vidjeli nove mogućnosti koje će program pružiti. Neke od takvih mogućnosti su brže renderiranje, jednostavniji prikaz, dodavanje dodatnih sadržaja koji pospješuju ili ubrzavaju rad u programu, dizajn sučelja i ostalo.

2.6. Blender – korisničko sučelje



*Slika 4. Početno sučelje Blender-a,
Izvor: vlastiti izvor*

Pokretanjem *Blender-a* korisniku se prvo prikazuje korisničko sučelje koje nudi pristup svim alatima i sadržajima. Pojedini alati sadrže ikone dok ostali samo ime. Sučelje je poprilično jednostavno za početnik u usporedbi s ostalim programima slične ili iste namjene. Prvo što se može uočiti pokretanjem programa je početno sučelje odnosno predefinirana scena koja se automatski otvara pokretanjem novog projekta. [10] Prema slici 4., program je podijeljen u nekoliko segmenata odnosno panela koji se najlakše mogu rasporediti u obojenih 5 dijelova sa slike:

Magenta dio – alatna traka sa svim klasičnim mogućnostima kao i kod drugih programa. Pruža sve od pohrane do otvaranja projekta, promjene postavki programa, uvoz i izvoz dodataka za program, promjene izgleda sučelja i ostale mogućnosti. Glavna namjena alatne trake je podešavanje samog programa. Uz navedeno, sadrži i dodatne prozore koje korisnik može koristiti ovisno o potrebi. Prozori su prilagođeni namjeni, na primjer otvaranjem prozora *Sculpting* otvara se prozor koji je namijenjen za skulpturiranje modela. [10] Pisanjem završnog rada koristiti će se početni *Layout* prozor koji je prikazan na slici 4.

Crveni dio – *viewport* panel prikaz je glavnog dijela programa gdje se odvija najviše vremena. Naime, to je prostor u kojem korisnik kreira svoj model, scenu, animaciju i ostale mogućnosti. S lijeve strane nalaze se ikone koje prikazuju funkcije odnosno radnje koje se odvijaju nakon odabira kursorom. Funkcije alata od najvišeg prema najnižem su alat za odabir, promjena mjesta kursora, pomicanje, rotiranje, skaliranje i transformacija objekta, olovka za crtanje, ravnalo te mogućnost dodavanja primitivnih objekata. S desne strane nalaze se alati namijenjeni za gledanje scena. Prvo što korisnik može uočiti je XYZ os koja prikazuje prostor u kojem se gleda scena. Ispod osi nalazi se povećalo za zumiranje scene, ruka koja služi za pomicanje scene, kamera koja služi za *render* scene (može se koristiti tek kada je kamera postavljena u sceni) i ortogonalni ili perspektivni prikaz scene. Na vrhu nalaze se dodatne opcije koje služe za gledište scene, selektiranje objekata, dodavanje objekata i dodatne funkcije objekata. Nakon toga slijedi traka za dodatne funkcije transformacije i prilagodba izgleda scene od mrežnog, punog bez teksture i *teksturiranog* izgleda scene. [10]

Zeleni dio – vremenska traka (*timeline*) segment je koji je na dnu zaslona i prikazuje vremensku traku animiranog 3D modela. Korisnik naknadno može prilagoditi što će biti prikazano u tom dijelu prozora. Na početnom projektu prikazan je *timeline* koji se neće koristiti za potrebe ovog rada. [10]

Žuti dio – traka sa slojevima (*layer*). U njoj se nalaze svi objekti dodani u scenu, a prikazani su u slojevima i kolekcijama. Nezaobilazni je dio korištenja programa jer korisnik može jednostavnije vidjeti sve objekte koji se nalaze u sceni, lakše ih odabrati i grupirati po kolekcijama. Svaki objekt može se „upaliti i ugaziti“ odnosno vidjeti ili sakriti u *viewport* prikazu ili na samom *renderu*. [10]

Plavi dio – traka sa svojstvima također je nezaobilazni dio prilikom rada u programu baš kao i glavni dio jer u njemu korisnik ima potpunu i detaljnu kontrolu nad cijelim projektom. Traka je poprilično bogata s mogućnostima od kojih su dodavanje dodataka za prilagodbu modela,

postavljanja scene (izgled, mjerne jedinice, format), postavke za teksturiranje, renderiranje, mapiranje i ostale funkcije. Posjeduje nekoliko prozora koji se odabiru kursorom na ikone s lijeve strane. Svaki prozor ima određenu funkciju za koju je namijenjen. [10]

Rad će se najviše odvijati u crvenome dijelu sa slike 4 gdje se obavlja najveći dio rada u *Blender-u*.

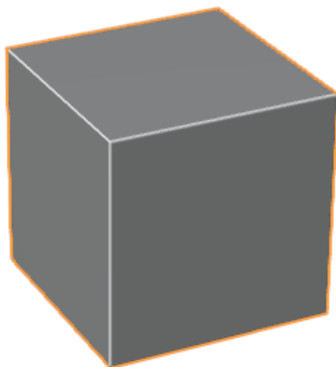
Za pregled, korištenje i sam prikaz koriste se 3 glavne navigacijske tipke:

- eng. *zoom* – što znači zumiranje odnosno približavanje ili udaljavanje od objekta, koristi se jednostavnim pomicanjem (*skrolanjem*) kotačića na računalnom mišu
- eng. *orbit* – kruženje oko objekta koristi se uz pomoć pritiska kotačića (eng. *scroll*) i držanja istog te istovremeno pomicanje računalnog miša u željenu stranu
- eng. *pan* – pomicanje gledišta ili hodanje po sceni. Naredba se izvodi isto kao kruženje oko objekta, ali uz pomoć držanja tipke *shift* na tastaturi [10]



*Slika 5. Pregled XYZ osi i navigacijskih tipki,
Izvor: vlastiti izvor*

Sve ove glavne navigacijske tipke mogu se koristiti i odabirom u *Blender-u*. Nalaze u gornjem desnom kutu na crvenome dijelu. Prema slici 5 mogu se uočiti ikone povećala, ruke, XYZ osi. Povećalo približava i udaljava, ruka pomiče i pomicanjem XYZ osi kruži oko objekta. *Blender* je prepun kratica koje se koriste, stoga je preporuka koristiti ih kako bi se ubrzao i pojednostavio rad u samom programu [10].



*Slika 6. Primitivni objekt kocke,
Izvor: vlastiti izvor*

Odabirom objekta lijevim klikom miša (Slika 6.) njegovi rubovi postaju označeni narančastom bojom i tako korisnik zna kojim objektom upravlja odnosno radi. Kako bi se objektom moglo upravljati osnovnim funkcijama, potrebni su alati za transformaciju koji se nalaze lijevo od objekta. [10]



*Slika 7. Pregled osnovnih alata,
Izvor: vlastiti izvor*

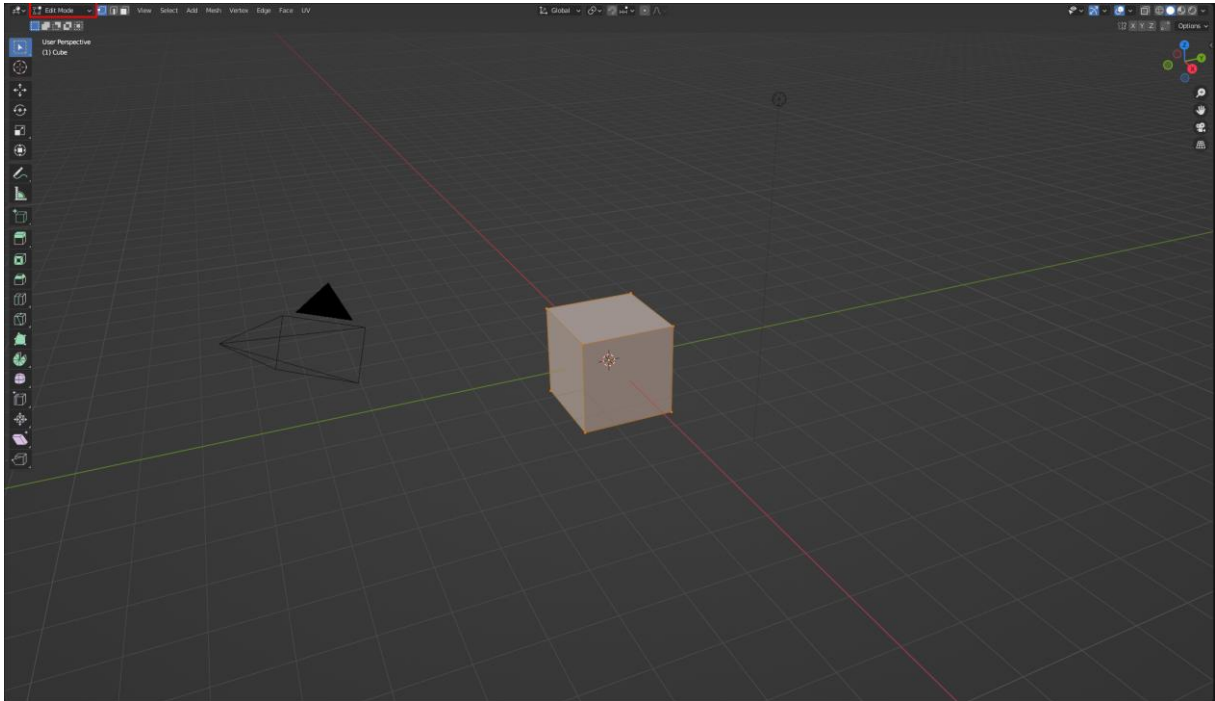
Osnovni alati prikazani su na slici 7. Može se uočiti kako su podijeljeni u 4 grupe gdje svaka grupa ima posebnu namjenu što znači da imaju slične funkcije unutar grupa. [10]

1. Grupa za selektiranje:

- Selekcija objekta – duljim lijevim klikom miša korisnik može odabrati opcije kojima može selektirati objekt od kvadratnog, kružnog, laso i ostalih selektiranja.
 - Odabir je 3D kursora koji služi gdje će se novi objekt dodati u scenu, osim toga ima glavnu ulogu prilikom transformacije objekta kako u *object* modu tako i u *edit* modu.
2. Grupa za transformaciju:
 - Alat za pomicanje objekta – njegova namjena je pomicanje objekta po x,y i z osi.
 - Alat za rotaciju – služi za rotiranje modela po x, y i z ili samo po jednoj osi.
 - Alat za skaliranje – skalira model u svim smjerovima ili po x, y i z osi.
 - Alat za transformaciju – sadrži sve funkcije zajedno: pomicanje, rotiranje i skaliranje
 3. Grupa za mjerenje
 - Olovka – koristi se kao alat za informativno crtanje po sceni
 - Ravnalo – korisnik jednostavnim odabirom minimalno dviju točaka može provjeriti dimenziju kao na primjer duljinu stranica
 4. Grupa za dodavanje objekata – služi za dodavanje primitivnih objekata kao što su kocka, kugla, piramida, cilindar i ostali. Duljim lijevim klikom miša izlazi opcija s primitivnim objektima koje korisnik može ubaciti u scenu.

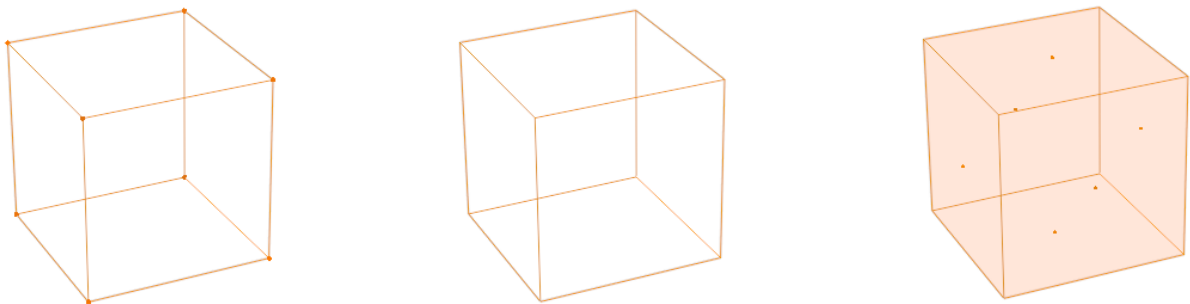
2.7. Modeliranje

Modeliranje se odvija u *3D Viewport-u* s mrežom i naznačenim x i y osima. Za sami početak modeliranja korisnik se nalazi u *object mode* odnosno objekt modu. Objekt mod obično se koristi za slaganje scene koja će biti modelirana, animirana ili *renderirana*. Kako bi se model mogao početi modelirati potrebno je prebaciti se iz objekt moda u mod za editiranje odnosno *edit mode*. Selektiranjem lijevim klikom miša odabire se željeni model za modelaciju i zatim se je potrebno prebaciti u *edit mode*. Najlakši put do tog moda je klikom tipke *TAB* na tipkovnici koji je kratica za prebacivanje iz *edit mode* u *object mode* i obratno. Osim toga, u gornjem lijevom kutu može se primijetiti naziv moda u kojem se korisnik nalazi. Klikom na isti izbacuje se padajući izbornik gdje se također može odabrati navedeni mod.[10,11]



Slika 8. Layout sučelje, prikaz odabira ulaska u edit mode,
Izvor: vlastiti izvor

Ulaskom u *edit mode* prema slici 8, može se primijetiti kako se sučelje blago promijenilo. Prvo što se uočava promjena je izgleda prethodno selektiranog primitivnog objekta. Objekt je u potpunosti blago narančast i na sebi osim linija, sadrži i točkice odnosno *vertex*. [10]



Slika 9. Prikaz vrhova, bridova i lica primitivnog oblika kocke,
Izvor: vlastiti izvor

Vertex ili na hrvatskome vrh (Sl. 9.) prikazan na prvoj kocki, u 3D modeliranju je točka u x,y i z prostoru koja se koristi za određivanje položaja objekta. Osnovni je element svakog 3D objekta, povezuju bridove (*edge*) i tvore lica objekta (*face*). [10]

Edge ili na hrvatskome brid (druga kocka, slika 9.) linija je koja povezuje dva vrha (*vertex*). Može se jednostavno zamisliti kao linija između dvije točke odnosno linija koja spaja

dvije točke. Služi za definiranje objekta, povezivanjem bridova odnosno točaka (najmanje tri brida ili točke) dobije se lice. [10,11]

Face ili na hrvatskome lice (treća kocka) ravna je površina i osnovni je element svakog objekta. Povezivanjem minimalno tri točke ili brida stvara se lice objekta. Lica su najvažniji dio modeliranja jer definiraju izgled te tvore teksturu ili boju samog modela. [10,11]

Zaključuje se kako su vrhovi, bridovi i lica osnovne građevne jedinice u 3D modeliranju i pridonose stvaranju objekta. [10]



Slika 10. Prikaz odabira moda za selektiranje vrhova, bridova i lica,
Izvor: vlastiti izvor

Vrhovi, bridovi ili lica sa slike 10. odabiru se u gornjem lijevom kutu pokraj padajućeg izbornika za odabir moda (slika 8.). Jednostavnim lijevim klikom miša u modu za *editiranje*, odabire se prikaz elementa koji korisnik želi prikazati odnosno raditi. [10,11]



Slika 11. Prikaz lijeve alatne trake u edit mode-u,
Izvor: vlastiti izvor

Osim promjene izgleda objekta, u modu za editiranje, vrlo lako može se uočiti promjena alatne trake s lijeve strane (slika 11.). Alatna traka mijenja svoje alate i izgled, postaje detaljnija, duža i kompleksnija.

Kao i kod *object* moda alatnu se traku može podijeliti na pet grupa. Prve četiri grupe iste su kao i kod *object* moda, no zadnja, peta grupa dodatna je i karakterizira upravo posebnost *edit* moda. [10,11]

1. Grupa za modeliranje

- 1.1. Alat za izvlačenje odnosno *extrude region* služi za izvlačenje to jest dodavanje vrha, brida ili lica. Izvlačenjem navedenog dobivaju se nova povezana lica, bridovi ili vrhovi. Može izvlačiti u svim osima. Osnovni je alat za modeliranje i najkorišteniji je.
- 1.2. Alat za lica dodavanje lica *inset faces* služi za dodavanje novih lica unutar postojećeg lica. Obično se koristi za dodatno izvlačenje ili uvlačenje lica. Većinom se dodaje za stvaranje okvira ili udubljenja lica.
- 1.3. Alat za zaobljavanje bridova *bevel edges* služi za zaobljavanje ili stvaranje tupih kutova na oštrim bridovima.
- 1.4. Alat za kružne rezove *loop cut* služi za dodavanje novih kružnih rezova na modelu odnosno stvaranje novih bridova i lica na modelu. Tvori kružne rezove ili kružni rez na objektu.
- 1.5. Alat za rezove *knife tool* služi kao i alat za kružne rezove, ali njegova posebnost je u tome što ne tvori isključivo kružni rez već se može koristiti kao pojedinačni rez. Poprilično kompleksan alat, izričito se koristi za stvaranje kompleksne i pravilne topologije modela što je posebna znanost u 3D modeliranju.
- 1.6. Alat za stvaranje poligona *poly build* služi za dodavanje novih poligona na već postojećem modelu, omogućuje vrlo precizno oblikovanje dodavanjem novih vrhova, bridova i lica.
- 1.7. Alat za rotiranje (vrtnju) *spin tool* služi za vrtnju ili rotiranje modela oko zadane točke stvarajući nove, identične objekte u zadanom koraku rotiranja.
- 1.8. Alat za izravnavanje *smooth tool* služi za glatko izravnavanje oštih kutova kako bi se postigao gladi, tuplji kut odnosno stvaranje prirodnijeg izgleda modela.
- 1.9. Alat za zaglađivanje – koristi se za zaglađivanje geometrije objekta.
- 1.10. Alat za pomicanje kružnih rezova – pomicanje kružnih rezova duž geometrije.
- 1.11. Alat za stiskanje/rastezanje – koristi se za stiskanje ili rastezanje odabranog dijela geometrije (točka, brid ili lice) prema željenoj ravnini.
- 1.12. Alat za rotiranje geometrije u ravnini – koristi se za stiskanje ili rastezanje odabranog dijela geometrije (točka, brid ili lice) prema željenoj ravnini.

1.13. Alat za odvajanje – koristi se za odvajanje dijela geometrije (točka, brid ili lice) u novu, zasebnu površinu. [10,11]

Tablica najčešće korištenih kratica u *object mode-u*.

NAZIV	KRATICA	OBJAŠNENJE
Move/pomicanje modela	G	pomicanje modela u svim smjerovima
Scale/skaliranje modela	S	skaliranje modela u svim smjerovima
Rotate/rotiranje modela	R	rotiranje modela u svim smjerovima
Select all/označi sve	A	selektiranje svih modela
Select/označi	LIJEVI KLIK	odabir jednog modela klikom miša
Custom select/višestruko odabiranje	SHIFT+ LIJEVI KLIK	odabir željenih višestrukih modela (drži se shift i mišem se klika)
Rotate viewport/rotiranje u viewportu	SCROLL+POMAK MIŠA	pomicanje kamere po sceni
Zoom viewport/zumiranje viewport-a	SCROLL	pomicanje scroll-a zumiranje ili odzumiranje
Pan/pomak	SCROLL+POMAK MIŠA	pomicanje kamere na željenu poziciju
Copy/kopiraj	CTRL+C	kopiranje
Paste/zalijepi	CTRL+V	lijepljenje
Undo/poništi	CTRL+Z	vraćanje koraka unazad
Redo/ponovi	SHIFT+CTRL+Z	vraćanje koraka unaprijed
Add/dodaj	SHIFT+A	dodavanje primitivnih modela u scenu
Delete/izbriši	X	brisanje modela

Move axis/pomakni po osi	G+X/Y/Z	pomicanje modela po osi
Rotate axis/rotiraj po osi	R+X/Y/Z	rotiranje modela po osi
Scale axis/skaliraj po osi	S+X/Y/Z	skaliranje modela po osi

*Tablica 1. Prikaz tablice najčešćih korištenih kratica u object mode-u,
Izvor: vlastiti izvor*

Tablica najčešće korištenih kratica u edit mode-u.

NAZIV	KRATICA	OBJAŠNJENJE
Scale + (xyz)	S+X / S+Y / S+Z	skaliranje modela po X/Y/Z osi
Rotate + (xyz)	R+X / R+Y / R+Z	rotiranje modela po X/Y/Z osi
Vertex/točka	1	odabir isključivo točaka
Edge/brid	2	odabir isključivo kutova/linija
Face/lice	3	odabir isključivo lica
Extrude/ekstrudanje	E	izvlačenje lica/kutova/točaka
Loop cut/kružni rezovi	CTRL+R	rezanje modela po linijama
Extrude options/opcije ekstrudanja	ALT+E	opcije ekstrudanja modela
Delete/izbriši	X	brisanje lica/kutova/točaka
Move axis/pomakni po osi	G+X/Y/Z	pomicanje lica/kutova/točaka po osi
Rotate axis/rotiraj po osi	R+X/Y/Z	rotiranje lica/kutova/točaka po osi
Scale axis/skaliraj po osi	S+X/Y/Z	skaliranje lica/kutova/točaka po osi
Bevel/zatupi	CTRL+B	dodavanje nagiba/kosine kutovima
Join/pridruži	J	spaja odabrane geometrije u jednu, pridruživanjem bridova

Select all/označi sve	A	odabiru se svi objekti i geometrije u sceni
Separate/odvoji	P	odvajanje/separiranje geometrije
Merge/spoji	M	omogućuje spajanje dvaju ili više elemenata u jedan

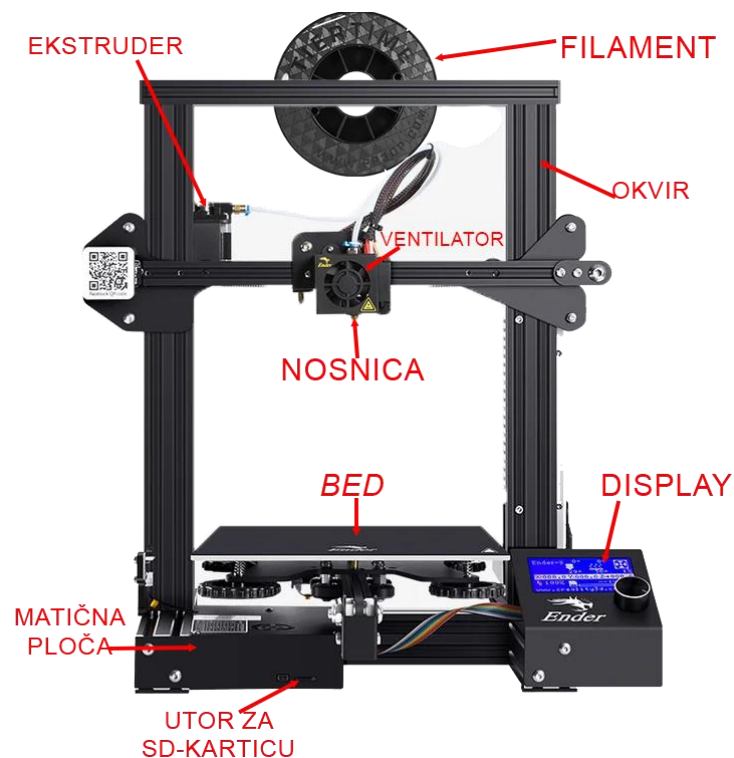
Tablica 2. Prikaz tablice najčešćih korištenih kratica u edit mode-u,
Izvor: vlastiti izvor

2.8. 3D pisači

3D pisači ili aditivni pisači su uređaji koji omogućuju stvaranje fizičkih objekata sloj po sloj koristeći različite vrste materijala. Tehnologija 3D pisača omogućuje brzo i precizno izrađivanje trodimenzionalnih modela i prototipova. [12]

3D pisači koriste različite tehnologije za rastvaranje i polaganje materijala. Najčešća tehnologija je Fused Deposition Modeling (FDM), koja koristi termoplastične filamente. Drugi tipovi pisača uključuju stereolitografiju (SLA), selektivno lasersko sinteriranje (SLS) i više materijalno 3D ispisivanje. [12]

U ovome radu koristit će se FDM pisač proizvođača Creality Ender 3 pro. Osnovni princip rada navedenog FDM pisača temelji se na slojevitoj izgradnji objekata (ispis sloj po sloj). Počevši od digitalnog 3D modela, zatim pripreme *slicer-a* u odabranom programu za izradu *slicer-a* koji pretvara model na slojeve i generira *G-code* datoteku. Datoteka sadrži informacije o putanjama kretanja glave pisača, temperaturi, brzini ispisa i drugim parametrima koji su potrebni za 3D ispis modela.[12]



Slika 12. Prikaz FDM pisača proizvođača Creality Ender 3 pro,
Izvor: Creality store

Postupak ispisa započinje zagrijavanjem i potiskivanjem rastopljene sirovine (filamenta) kroz nosnicu pisača (slika 12.). Materijal se taloži sloj po sloj na *bed* (print platforma) koji je također zagrijan u skladu sa zadanim vrijednostima sa *slicer-a*. Nakon što se jedan sloj materijala ispiše, mlaznica se spušta za visinu jednog sloja (kod pojedinih FDM pisača se spušta *bed*) i ponavlja se proces ispisa sljedećeg sloja. Takav proces se ponavlja dok se ne izgradi cijeli objekt sa *slicer-a*. [12,13]

Prednosti korištenja 3D pisača su mnogobrojne. Omogućuju brzu izradu prototipa što je korisno u industriji dizajna i razvoja proizvoda novog ili redizajnom sadašnjeg proizvoda. Osim prototipa, 3D pisači omogućuju izradu složenih geometrija koje je teško ili nemoguće proizvesti tradicionalnim metodama izrade modela. Sve više su prisutni u različitim granama industrije kao što su medicina, autoindustrija, arhitektura, građevinarstvo, edukacija, istraživanje i ostale grane industrije.[12,13]

Unatoč napretku tehnologije, 3D pisači imaju određena ograničenja. Kvaliteta ispisa može varirati ovisno o vrsti pisača, postavkama ispisa i materijalima. Osim kvalitete, vrijeme ispisa može biti relativno dugo, posebno kod složenih modela stoga je potrebno iskustvo i znanje u

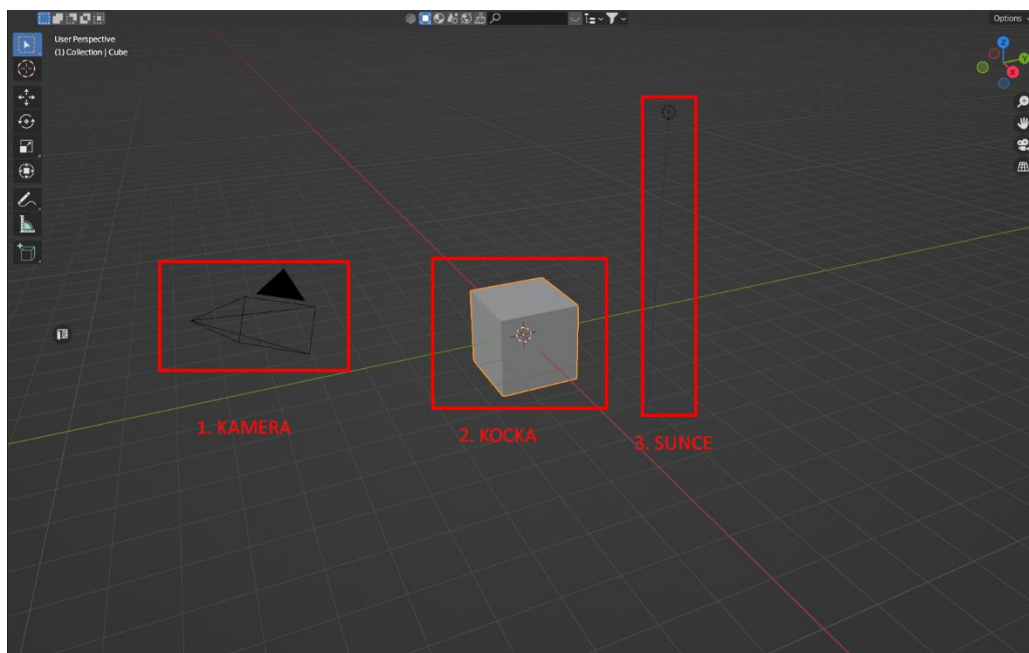
radu s 3D programima i *slicer*-ima. Ono što može biti ograničavajuće je i obrada koja ponekad zahtjeva vještine i vremena kako bi se postigla željena glatkoća ili finiš.[11,12]

3. PRAKTIČNI DIO

3.1. Blender

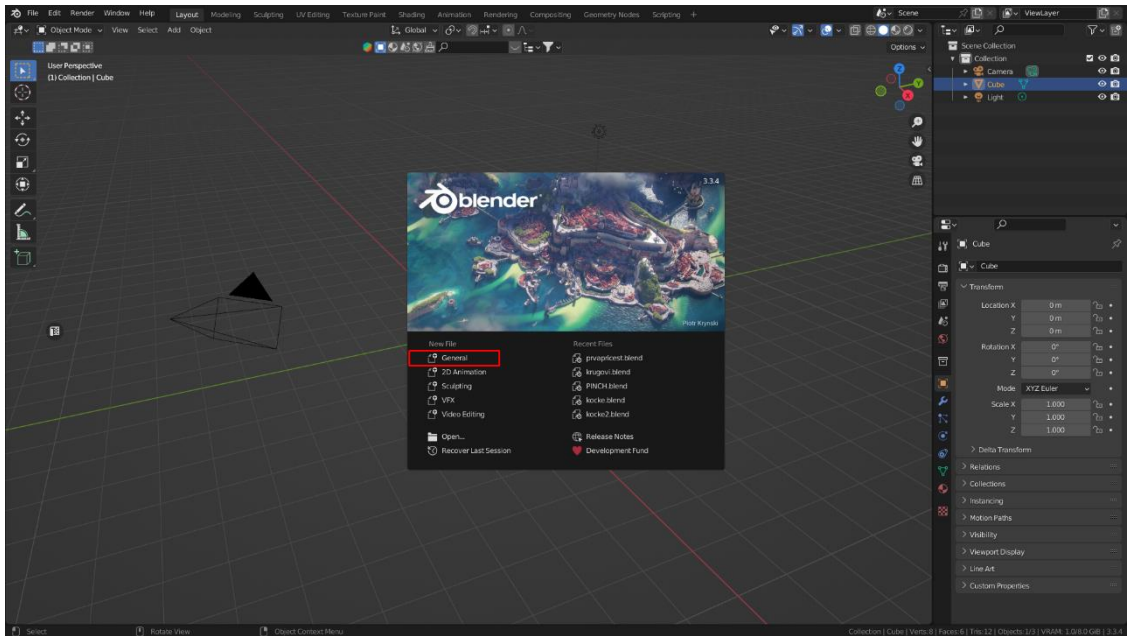
Praktični dio izrađen je pomoću 3D programa *Blender*.

Pokretanjem *Blender-a* prvo što se korisniku prikaže je takozvani *Splash screen*, odnosno prozor u kojem korisnik odabire projekt na kojem će raditi. S obzirom da je *Blender* široke namjene tako nudi i različite predefimirane projekte. U ovom radu koristit će se *General* koji je ujedno standardni odabir većine korisnika.



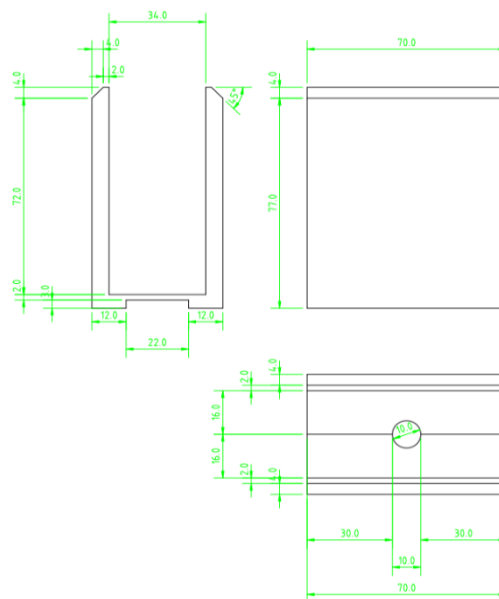
Slika 13. Prikaz *Splash screen-a* i odabir projekta,
Izvor: vlastiti izvor

Odabirom projekta prema slici 13., prikazana je početna scena koja sadrži kameru, sunce (svijetlost) i objekt (kocka).



Slika 14. Prikaz predefiniranih objekta prilikom početka projekta,
Izvor: vlastiti izvor

Za praktični dio predefinirana scena s objektima sa slike 14. je nepotrebna. Stoga se označuju svi objekti osim kocke i brišu na samome početku. Nakon brisanja primitivni objekt kocke poslužit će kao baza za modeliranje modela prema zadanim dimenzijama. Kako bi modeliranje bilo realizirano, potrebne su dimenzije prema kojima se model oblikuje. Stoga, model će biti izrađen prema definiranim dimenzijama sa slike ispod (slika 15).



Slika 15. Prikaz dimenzija modela za staklenu poluogradu, nacrtan u CAD programu,
Izvor: vlastiti izvor

Skica sa slike 15. nacrtana je u CAD programu, a mjerne jedinice izražene su u milimetrima. Točne dimenzije i skica korisniku omogućuju jednostavnije i brže modeliranje.

U izradi 3D modela, skica ili referentna slika ključna je za preciznost i kvalitetu samog modela. Nakon dobivanja referentne slike, početni korak modeliranja u *Blender-u* je skaliranje kocke do zadane dimenzije slike. Nakon toga, model se prebacuje u *edit mode*, gdje se manipulira geometrijom lica, bridova i točaka kako bi se dobio što precizniji model. Korištenje kratice iz tablica 1. i 2. u ovom procesu omogućuje znatno brže modeliranje i prilagodbu samog modela.



*Slika 16. Prikaz modela za staklenu polugradu po X osi,
Izvor: vlastiti izvor*

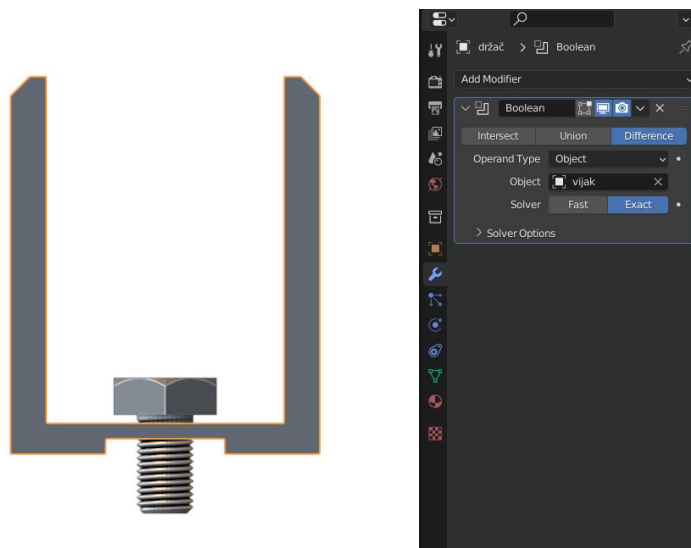
D: [-(-4)] = -4 mm (4 mm) along global Y

*Slika 17. Dimenzije u lijevom gornjem kutu prilikom preciznog modeliranja u Blender-u,
Izvor: vlastiti izvor*

Nakon dobivanja "kostura" modela (slika 16.), sljedeći korak je modeliranje detalja. Za to se koriste alati poput ekstrudiranja, dodavanja kružnih rezova, spajanja, skaliranja i pomicanja geometrije. Kako je primarni fokus na dimenzijama detalja (slika 17.), potrebno je uz sve elemente promatrati zadane dimenzije kako bi se dobio što precizniji model.

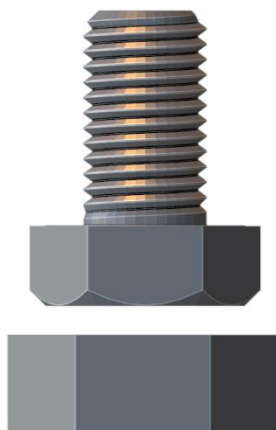
Kako bi se pojedine kuteve oblikovalo na 45° , koristi se alat za tupljenje (*bevel*) koji će dodati još geometrije odnosno liniju reza na model. Ako model nije previše detaljan, dodatna geometrija ne igra ulogu.

Nakon što se zadovolje kriteriji skice, sljedeći korak je dodati otvor u modelu, odnosno napraviti rez za M8 vijak. U ovom slučaju, u scenu se ubacuje model vijka koji se prilagođava dimenzijama modela uz pomoć osnovnih alata za manipuliranje modelom. Nakon uspješne prilagodbe vijka na definiranu dimenziju, potrebno je napraviti rez u modelu. Za takve kompleksnije radnje koriste se modifikatori koji uz svega nekoliko klikova odrađuju kompleksnije radnje i ubrzavaju rad korisnika. Korištenjem modifikatora *boolean*, prema slici ispod (slika 18.) odabire se objekt koji će manipulirati rez (držač) i drugi u kojem će se odvijati radnja rezanja odnosno koji će biti izrezan (vijak).



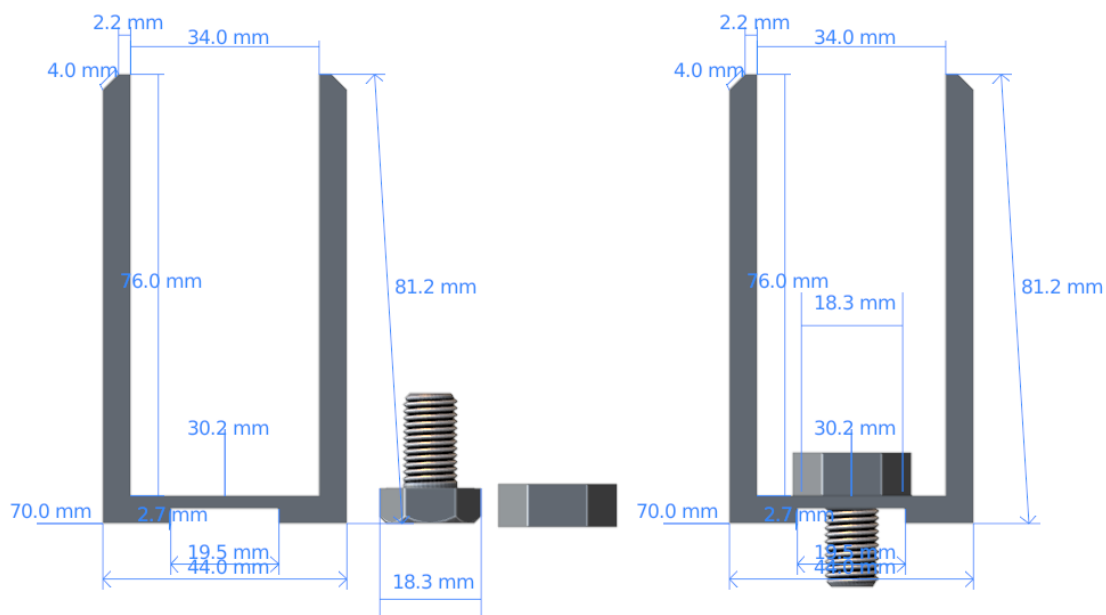
Slika 18. Prikaz korištenja boolean modifier-a, izrezivanje rupe za vijak ,
Izvor: vlastiti izvor

Izrezivanjem rupe za vijak definiran je točan promjer koji odgovara vijku koji će pričvrstiti držač. Nakon toga potrebno je izraditi „kapu“ koja će biti na glavi vijka kako se staklo ne bi oštetilo u dodiru s metalnim vijkom (slika 19.).



Slika 19. Prikaz vijka i „kape“ za vijak,
Izvor: vlastiti izvor

Jednostavnim selektiranjem vijka i odlaskom u *edit mode* označe se potrebna lica, odvoje se, te uz pomoć osnovnih alata za modeliranje oblikuje se „kapa“ točne dimenzije koja odgovara vijku.

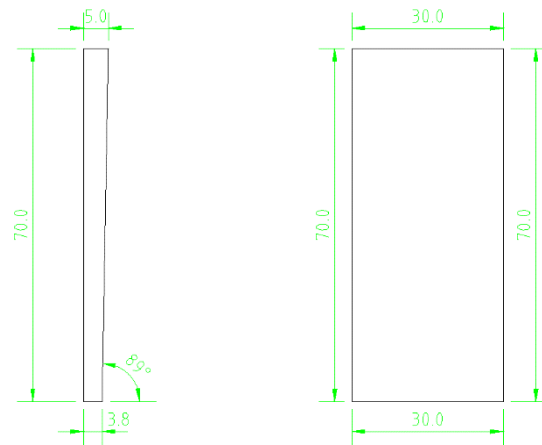


Slika 20. Prikaz provjera dimenzija modela za staklenu poluogradu u Blender-u,
Izvor: vlastiti izvor

Nakon izrade potrebno je provjeriti sve modele, odnosno prekontrolirati sve dimenzije modela prema slici 20. i provjeriti odgovaraju li dimenzijama sa skice.

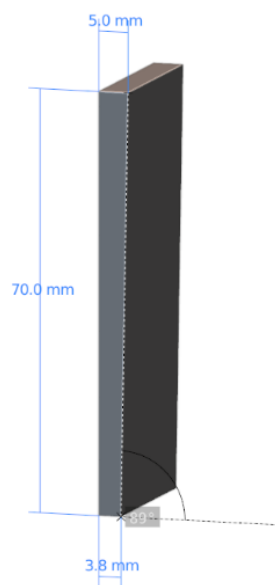
Nakon izrade držača, M8 vijka i „kapice“ sljedeći je korak izrada pričvrsne plastike. Kako se staklena stijenka ne bi pomicala, zadatak pričvrsne plastike je spriječiti pomicanja i stabilizirati prostor između stijenke i držača stakla.

Za izradu pričvrsne plastike ponovo se koristi skica odnosno referentna slika.



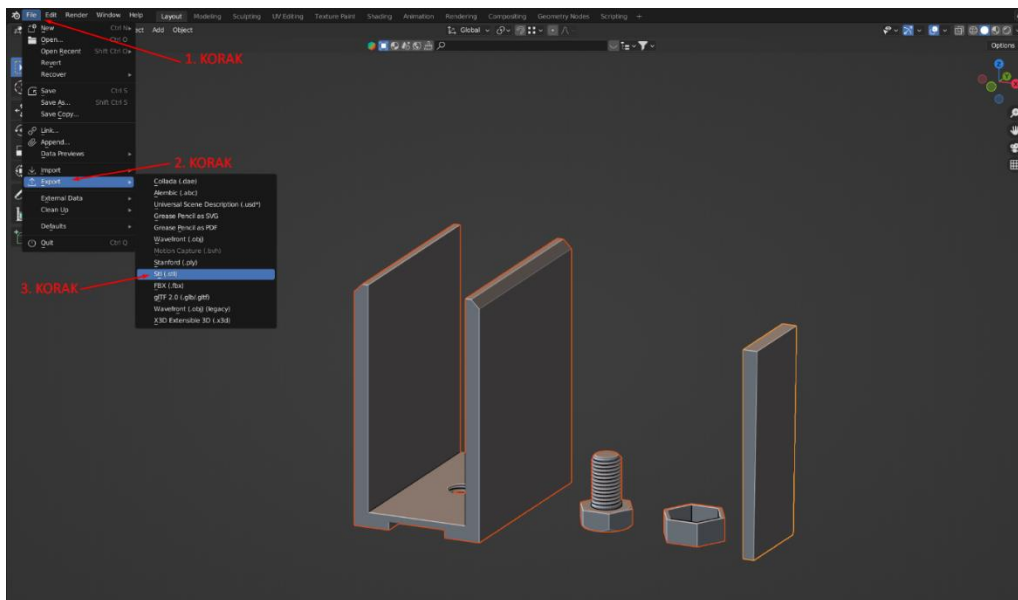
Slika 21. Prikaz dimenzija pričvrsne plastike, nacrtana u CAD programu,
Izvor: vlastiti izvor

Ubacivanjem primitivnog oblika kocke manipulira se njenim oblikom uz pomoć alata, kao i u prethodnome modelu: skaliranje, pomicanje i ostalo. Kada se objekt modelira do „baze“, potrebno je zadovoljiti točne dimenzije (Sl. 21.) i precizno modelirati u *edit mode-u*. Zadnji korak je provjera dimenzija s referentne slike (skice) gdje bi se na kraju trebao dobiti model (Sl. 22.).



Slika 22. Prikaz provjera dimenzija modela pričvrsne plastike u Blender-u,
Izvor: vlastiti izvor

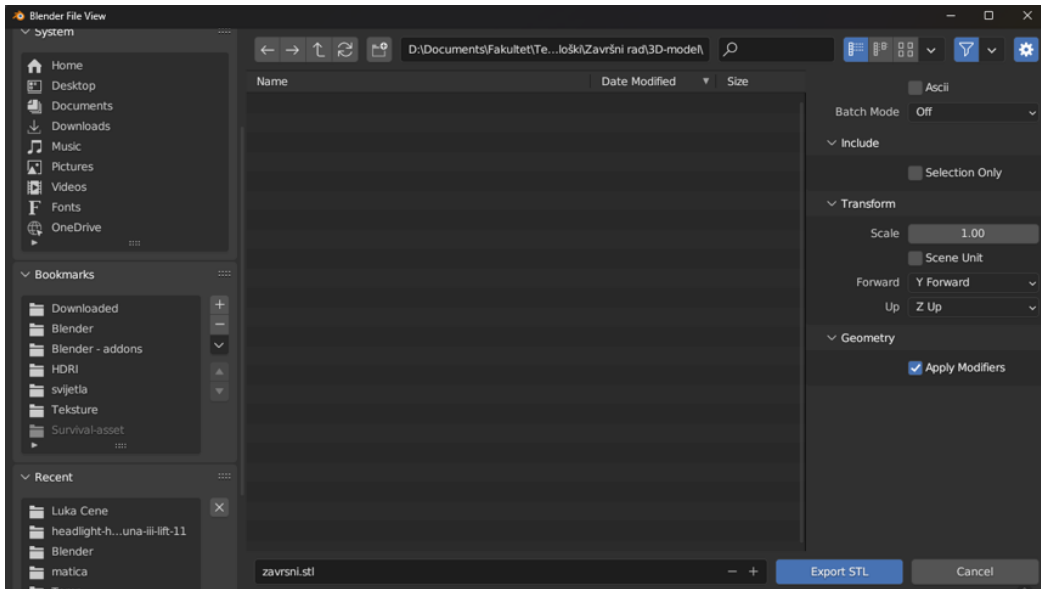
Zadnji korak u *Blender-u* je izvoz modela, odnosno prebacivanje u odgovarajući oblik datoteke za program *Cura slicer* gdje se modeli pripremaju za 3D ispis. Označivanjem svih modela u *Blender-u* potrebno je otići u gornju alatnu traku gdje piše *File*. Kao što je prikazano na slici 22., klikom na padajući izbornik prikazuju se opcije od kojih se odabire *Export* i zatim se odabire odgovarajući izlazni format. Od ponuđenih formata odabire se *.stl* format koji je kompatibilan s programom za izrade *slicer-a*.



Slika 23. Prikaz izvoza modela iz *Blender-a* u *.stl* format,
Izvor: vlastiti izvor

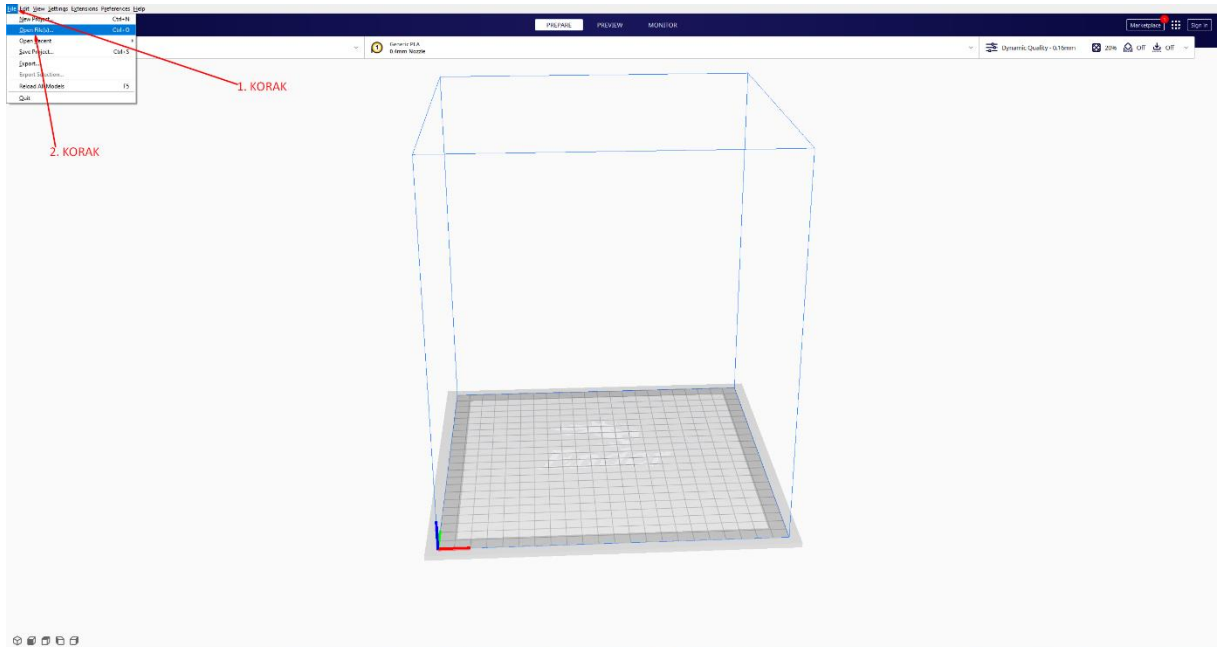
Klikom na odgovarajući format prikazat će se prozor s odabirom repozitorija gdje će se datoteka spremiti na računalu (slika 23.).

Potrebno je odabrati naziv datoteke i kliknuti plavi gumb *Export STL*. Nakon toga modeli su pohranjeni i spremni za pripremu u programu *Cura slicer* (Sl. 23.).



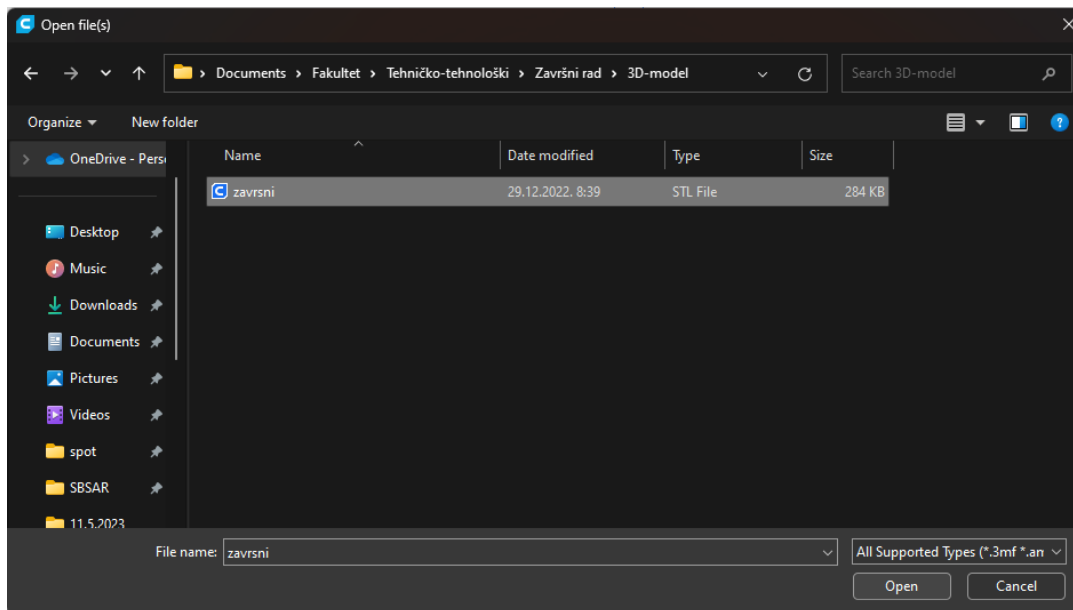
Slika 24. Prikaz pohrane modela u odabrani repozitorij u Blender-u,
Izvor: vlastiti izvor

3.2. Cura slicer



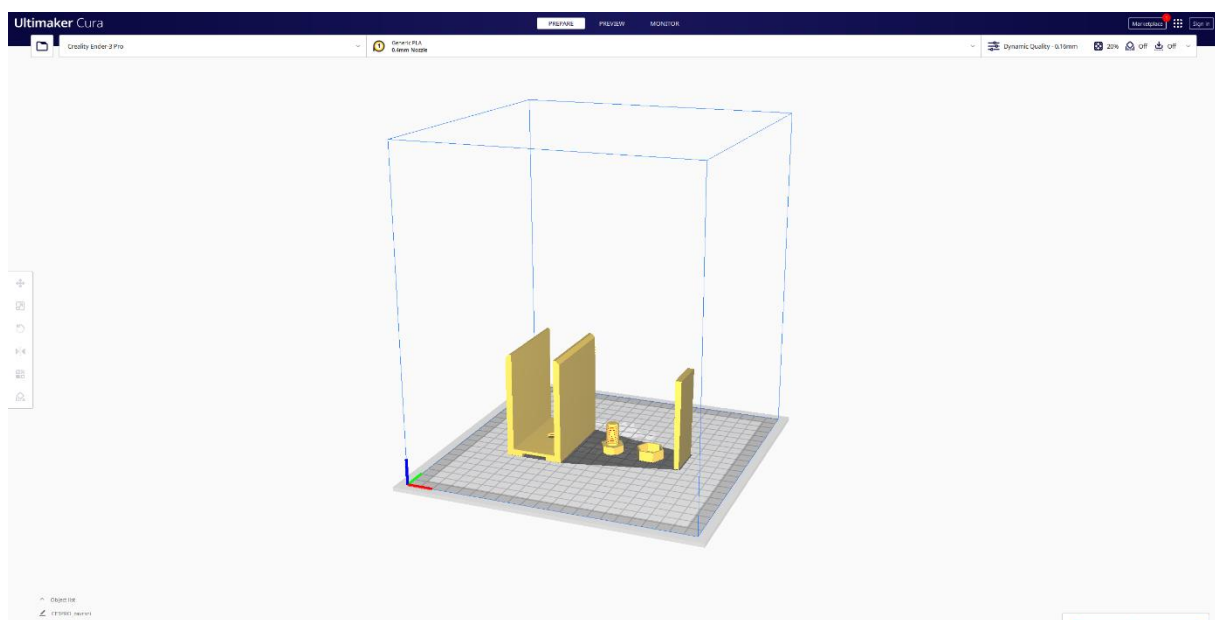
Slika 25. Prikaz početnog zaslona Cura,
Izvor: vlastiti izvor

Pokretanjem *Cura slicer-a* (Sl. 25.) prvo što korisnik može uočiti prikaz je *kreveta* 3D pisaa. Kako bi se ubacio model odnosno *.stl* datoteka potrebno je otići u gornji lijevi kut i pritisnuti na *File* gdje se na padajućem izborniku odabire *Open files*.



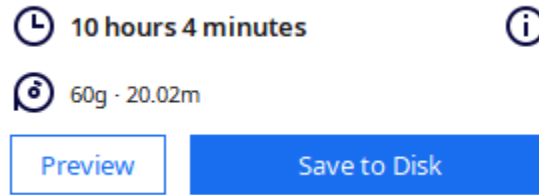
Slika 26. Prikaz uvoza modela u *Cura slicer*,
Izvor: vlastiti izvor

Slično kao i kod *Blender-a*, otvara se skočni prozor gdje je potrebno odabrati točan repozitorij prethodno spremljene datoteke, u ovom slučaju izlaznu *.stl* datoteku iz programa *Blender*. Odabirom datoteke pritisne se *Open* (slika 26).



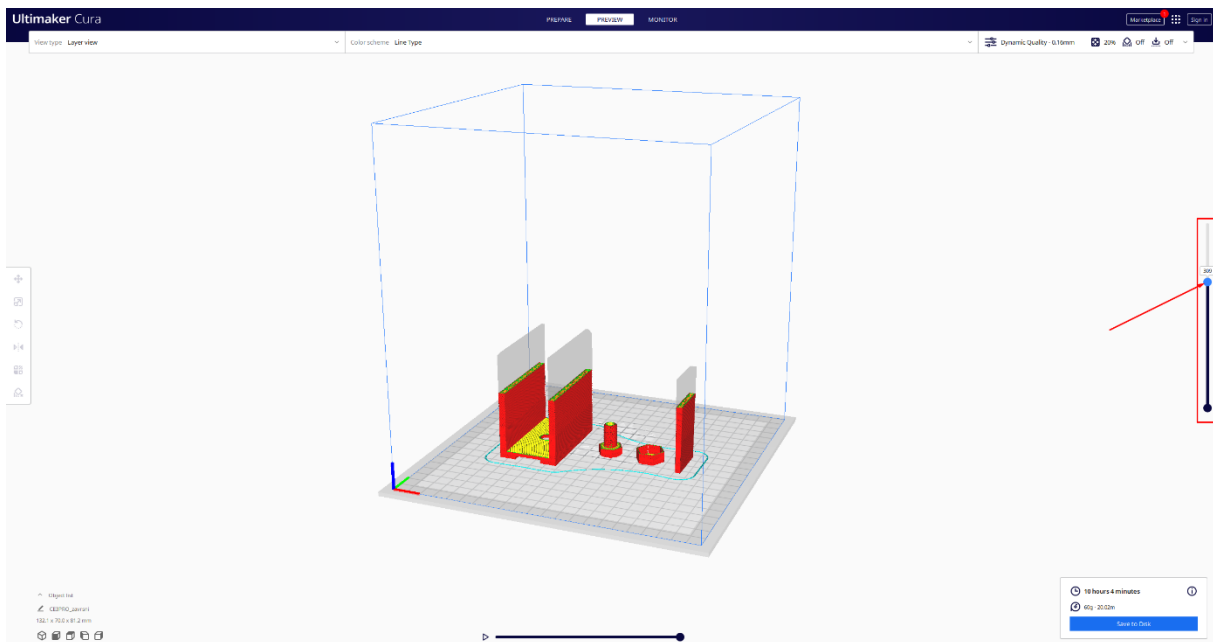
Slika 27. Prikaz modela nakon uvoza u *Cura slicer*,
Izvor: vlastiti izvor

Nakon uvoza datoteke, instantno je vidljiv identičan model s *Blender-a* na početnom zaslonu programa *Cura slicer*. Sljedeći korak je pritisnuti plavo označeno *Slice* u donjem desnom kutu sa slike 27. koji će pokrenuti proces pripreme modela.



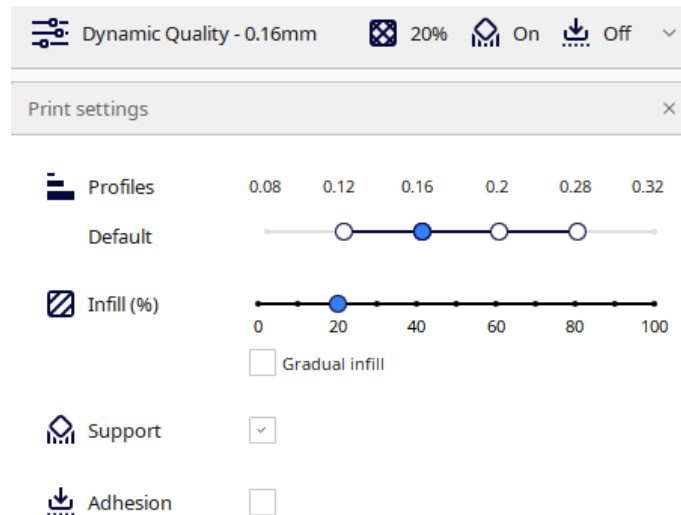
Slika 28. Prikaz trajanja ispisa modela,
Izvor: vlastiti izvor

Završetkom pripreme prikazano je vrijeme ispisa, potrebna količina materijala za ispis, prikaz procesa i spremanje na računalo (Sl. 28.).



Slika 29. Prikaz modela u slojevima,
Izvor: vlastiti izvor

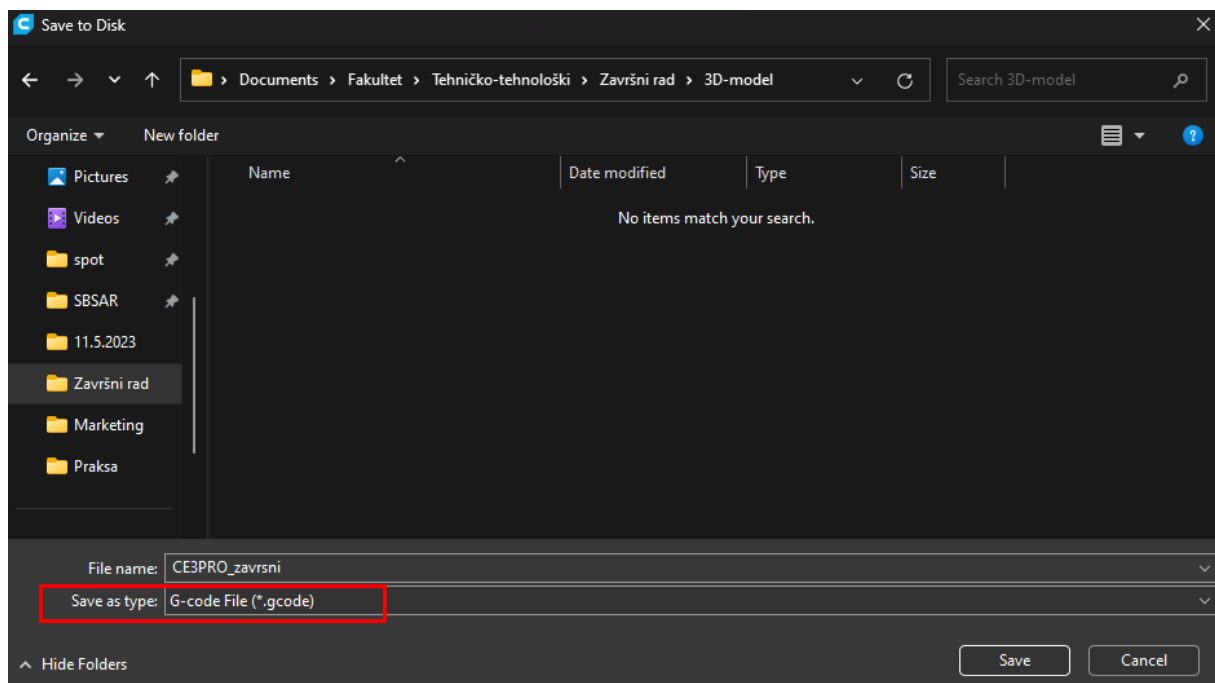
Pritiskom na *Preview* prikazat će se model u procesu ispisa (Sl. 29.) te svi slojevi ispisa što omogućuje provjeru gotovog proizvoda. Detaljnu provjeru po slojevima omogućuje pomak klizača prema gore ili dolje koji se nalazi na desnoj strani.



Slika 30. Prikaz prilagodbe parametra ispisa,
Izvor: vlastiti izvor

..

Prilagodbe kvalitete ispisa moguće je podesiti odabirom na gornji desni kut trake s ikonama gdje pritiskom izlazi padajući izbornik sa postavkama. U postavkama se odabire kvaliteta ispisa 0.16mm, ispuna 20% i odabere podrška za model (Slika 30.).



Slika 31. Prikaz izvoz slicer-a modela za 3D ispis,
Izvor: vlastiti izvor

Nakon prilagodbe modela, potrebno je izvesti i spremiti 3D model u jezik za 3D pisaače. Pravilni koraci procesa izvoza isti su kao i kod procesa uvoza (odabirom *File* padajući

izbornik), jedino što se za izvoz odabire *Export*. Odabire se mjesto pohrane datoteke, ali s obzirom da se za ispis koristi 3D pisač Creality Ender 3 pro, potrebno je odabrati kompatibilni format, u ovome slučaju *gcode* (Slika 31.).

3.3. 3D ispis Creality Ender 3 pro

Početak ispisa na 3D printeru Creality Ender 3 pro započinje nakon pripreme modela u *Cura slicer-u*. Prije samog početka potrebno je provjeriti je li printer pravilno postavljen i kalibriran. Nakon toga slijedi zagrijavanje nosnica kako bi se mogao printer pripremiti za ispis.

Nakon svih provjera potrebno je ubaciti model u printer odnosno spojiti SD-karticu (ovisi o mogućnostima printera) i odabrati model koji će biti ispisan. Odabirom modela korisnik potvrđuje ispis, te se nosnica i *bed* pisača zagrijava na postavljenu temperaturu sa *slicer-a*.



Slika 32. Prikaz zaslona pisača Creality Ender 3 pro,
Izvor: vlastiti izvor

Kada su zadovoljene temperature, pisač započinje postupak ispisa i ispisuje prve slojeve. Trajanje ispisa predefinirano je prethodno u *slicer-u*, te se može vidjeti koliko je vremena prošlo i na samom pisaču, osim toga prikazane su vrijednosti poput temperature nosnice, *bed-a* i brzine ventilatora (Slika 33.).



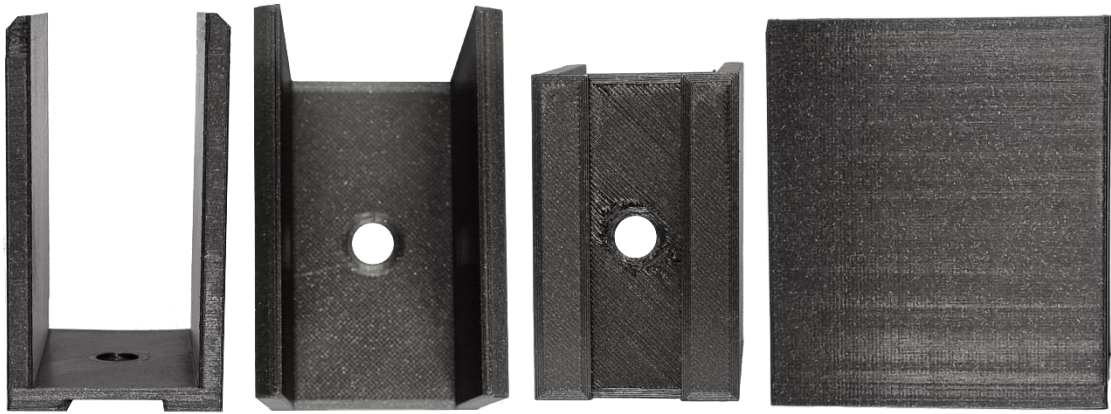
*Slika 33. Prikaz završenog ispisa na 3D printeru Creality Ender 3 pro,
Izvor: vlastiti izvor*

Nakon uspješnog ispisa 3D printer Creality Ender 3 pro izbacuje *bed* prema van sa gotovim modelom i vraća nosnicu na početnu poziciju (Sl. 34). Temperatura pisača nosnice i *bed-a* postepeno se snižava na sobnu temperaturu (cca. 25°C) i korisnik može jednostavno koristiti ispisani model.

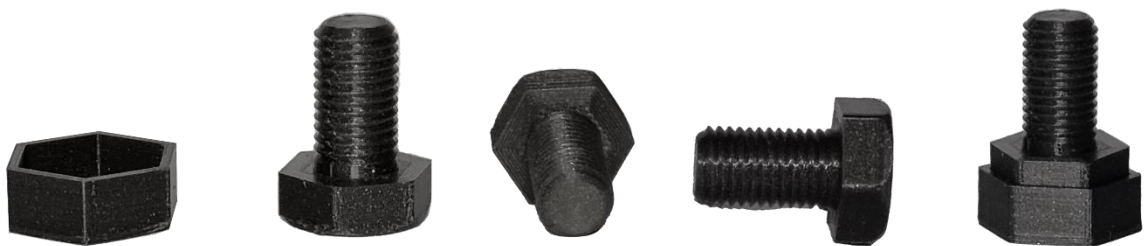
4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Rezultati ispisa

Ključni aspekti 3D ispisa su kvaliteta ispisa, koja između ostalog obuhvaća: preciznost, glatkoću površine, detalje i čvrstoću modela. Nakon uspješnog ispisa koji je trajao gotovo nekoliko sati, rezultati su više nego zadovoljavajući.



*Slika 35. Prikaz 3D ispisanog modela držača,
Izvor: vlastiti izvor*



*Slika 34. Prikaz 3D ispisanog modela vijka i poklopca vijka,
Izvor: vlastiti izvor*



*Slika 36. Prikaz 3D ispisanog modela pričvrzne plastike,
Izvor: vlastiti izvor*

Za procjenu preciznosti ispisa, uspoređene su dimenzije 3D ispisa i zadanih dimenzija modela. Korištenjem pomičnog mjerila izmjerene su sve stranice modela i uspoređene dimenzijama nacрта modela. Rezultati su pokazali da je 3D pisac uspješno reproducirao dimenzije s odstupanjem unutar prihvatljivog raspona tolerancije što iznosi +/- 0.1mm. Dobiveni raspon tolerancije identičan je sa rasponom opisanom u tehničkim specifikacijama 3D pisaca.

Glatkoća ispisa jedna je od važnih karakteristika gotovog modela (slike 34., 35., 36.). Modeli su ispisani u najtanjem mogućem sloju koji može pisac (Crealiti Ender 3 pro) ispisati, što iznosi 0.1mm. Svi slojevi su gotovo savršeno ispisani, no mogu se uočiti manje površinske nepravilnosti (gotovo neprimjetne) koje su prouzročene zbog strujanja zraka u prostoriji.

Detalji modela, kao što su sitni izdanci ili fini elementi, također su važni za ocjenu kvalitete ispisa. Analizom modela 3D pisac je uspješno reproducirao većinu detalja modela, međutim vidljive su manje poteškoće kod glatkoće ispisa te donjeg dijela modela koji je imao potporu za ispis. Obzirom da je pogreška donje strane modela držača (Sl. 35.) estetske osobnosti, sve dok je dimenzionalno točna ne može se smatrati velikom pogreškom. Takav slučaj pogreške može se riješiti na način bolje prilagodbe potpora na modelu u pripremi *slicer-a*.

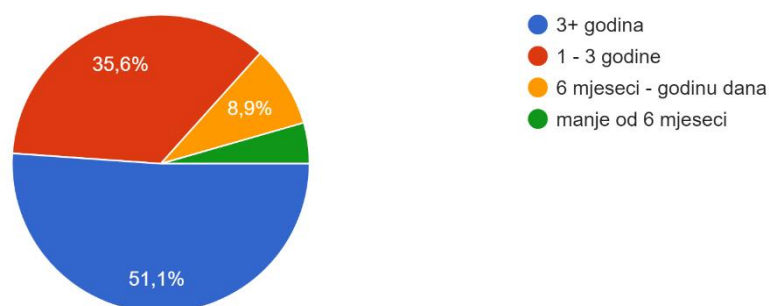
Čvrstoća ispisanih modela je zadovoljavajuća s obzirom na namjenu. Kako su ispisani modeli prototipi, odnosno namjena im je isključivo provjera dimenzija i prezentativna. Ispisan model bio je dovoljno čvrst za predviđenu primjenu.

4.2 Anketa upotreba 3D programa, *slicer-a*, printera i filamenata

Anketa na temu „Upotreba 3D programa, *slicer-a*, printera i filamenata“ provedena je na ukupno 90 ispitanika u Hrvatskoj. Ispitanici su članovi grupa čija je glavna tema 3D printanje, prema čemu se može zaključiti kako se radi o ciljanoj publici koja je aktivno uključena u tehnologije ovog završnog rada. Glavni cilj istraživanja bio je prikupiti relevantne podatke o iskustvu, preferencijama ispitanika u korištenju tehnologija 3D modeliranja, *slicer-a* i 3D ispisa (cjelokupan proces).

Koliko dugo se bavite 3D printanjem?

90 odgovora

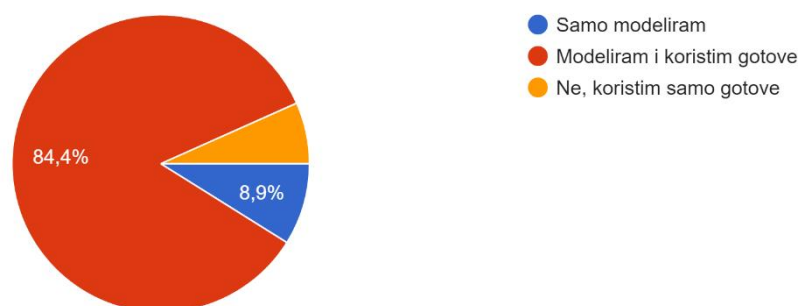


Slika 37. Grafički prikaz 1. pitanja s ankete,
Izvor: vlastiti izvor

Analizom prikupljenih podataka s prvog pitanja (slika 37.) utvrđeno je kako gotovo svaki drugi ispitanik ciljane grupe ima više od 3 godina iskustva u 3D printanju.

Modelirate li svoje 3D modele ili koristite gotove?

90 odgovora

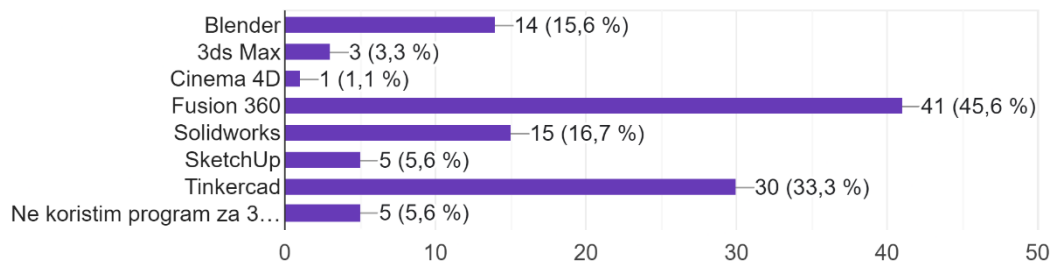


Slika 38. Grafički prikaz 2. pitanja s ankete,
Izvor: vlastiti izvor

Drugo pitanje temelji se na 3D modele odnosno, generiraju li 3D entuzijasti svoje ili koriste gotove ili kombiniraju modele. Prema slici 38 može se utvrditi kako gotovo svi (84%) ispitanika kombinira gotove i svoje modele, ovim odgovorima dolazi se do zaključka kako većina članova koristi programe za 3D modeliranje.

Koji program koristite prilikom 3D modeliranja?

90 odgovora

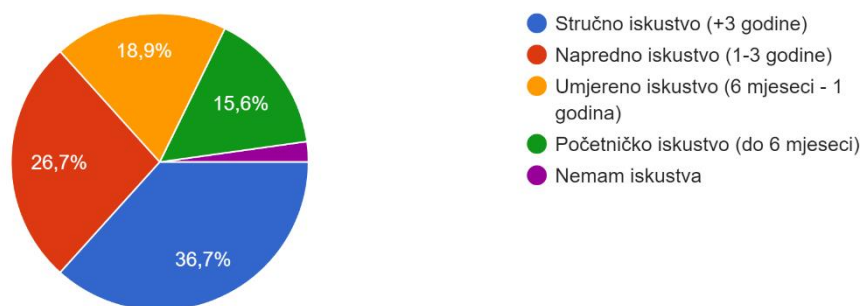


Slika 39. Grafički prikaz 3. pitanja s ankete,
Izvor: vlastiti izvor

Postoji mnogo programa za 3D modeliranje, svaki ima svoju određenu namjenu stoga pitanje je bilo višestrukog odgovora (pojedini korisnici koriste dva ili više programa za modeliranje). Prema trećem pitanju (Sl. 39.) uočljivo je da ispitanici (gotovo svaki drugi ispitanik) koristi *Fusion 360*, nakon njega slijedi *Tinkercad*, zatim *Solidworks* i tek na četvrtome mjestu *Blender*. Iako je *Blender* korišten u ovome radu, ne znači nužno da je i najbolji ili jedini 3D program za izradu 3D modela.

Koliko iskustva imate u korištenju odabranom 3D programu?

90 odgovora

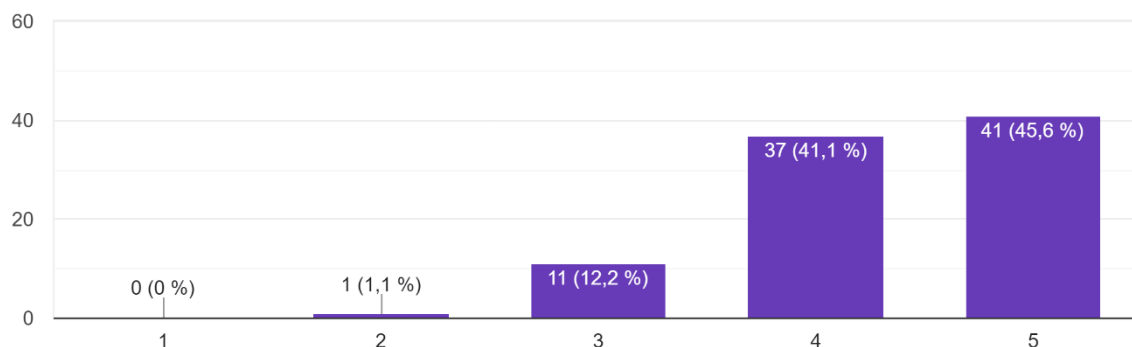


Slika 40. Grafički prikaz 4. pitanja s ankete,
Izvor: vlastiti izvor

Prema četvrtome pitanju (Slika 40.) vidljivo je kako svaki treći ispitanik ima stručno iskustvo s više od 3 godine rada u 3D modeliranju, nakon čega slijedi napredno iskustvo te umjereno, početničko i ostalo. Može se zaključiti kako ipak većina osoba ima vrlo dobra iskustva u 3D modeliranju.

Koliko ste zadovoljni korištenjem odabranog 3D programa?

90 odgovora

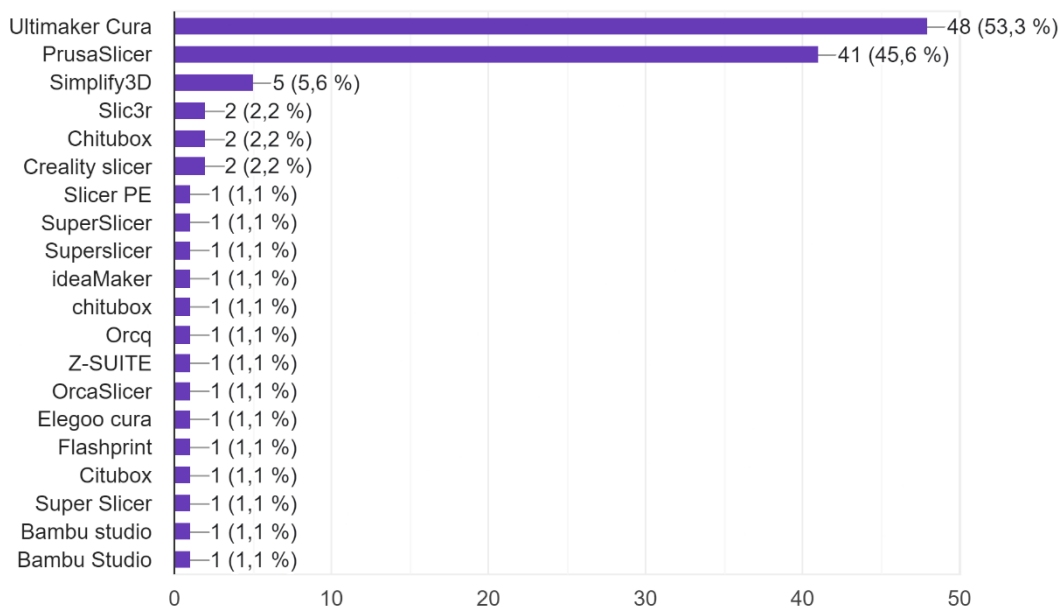


Slika 41. Grafički prikaz 5. pitanja s ankete,
Izvor: vlastiti izvor

Većina ispitanika zadovoljna je korištenjem odabranog 3D programa (Slika 41), odgovori su postavljeni u rasponu od 1-5 gdje 1 prikazuje nezadovoljstvo, a 5 zadovoljstvo.

Koji slicer koristite? (ukoliko ih više koristite odaberite koji najčešće koristite/preferirate)

90 odgovora

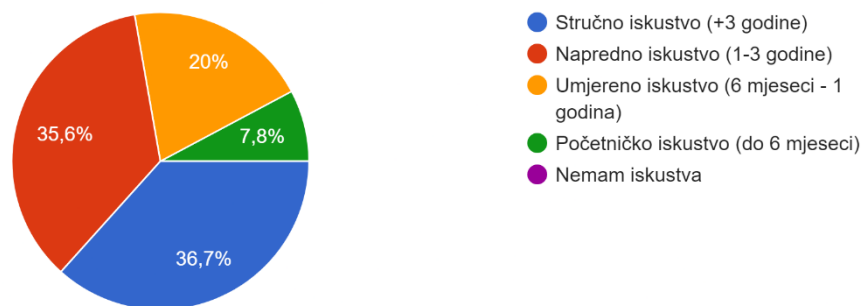


Slika 42. Grafički prikaz 6. pitanja s ankete,
Izvor: vlastiti izvor

Pitanje broj šest (Slika 42.) prikazuje koje programe za slicer-e najčešće koriste, odgovori su višestruki jer ponekad se koriste više slicer-a za različite pisalice. Ono što je lako uočljivo kako ipak dominiraju dva programa *Ultimaker Cura* i *PrusaSlicer*.

Koliko iskustva imate u korištenju odabranom sliceru?

90 odgovora

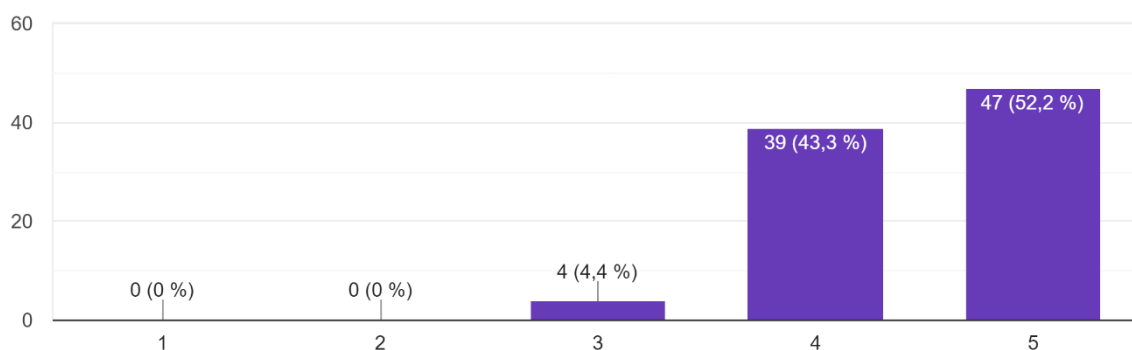


Slika 43. Grafički prikaz 7. pitanja s ankete,
Izvor: vlastiti izvor

Sedmo pitanje (Slika 43) prikazuje iskustvo u odabranom/im slicer-u/ima. Većina ima napredna iskustva, no ukoliko usporedimo sa iskustvima u 3D modeliranju može se zaključiti kako ipak dominira veće iskustvo u slicer-u nego u 3D modeliranju.

Koliko ste zadovoljni korištenjem odabranog slicera?

90 odgovora

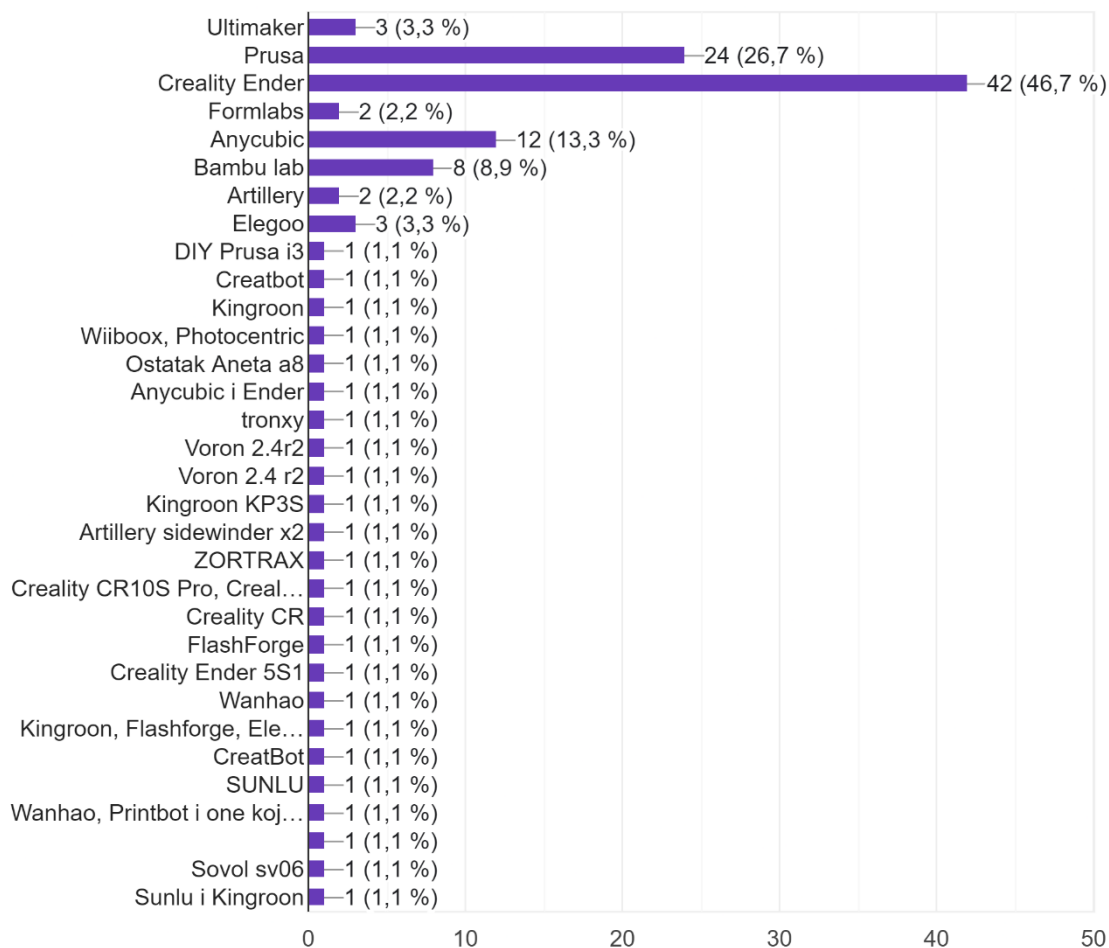


Slika 44. Grafički prikaz 8. pitanja s ankete,
Izvor: vlastiti izvor

Osim iskustva važno je i zadovoljstvo (Slika 44.) prikazuje zadovoljstvo u odabranom/im slicer-u/ima. Gotovo svi korisnici su uvjerljivo zadovoljni sa odabranim slicer-om. Ipak usporedimo zadovoljstvo sa programima za 3D modeliranje može se zaključiti kako ipak dominira veće zadovoljstvo u slicer-u nego u 3D modeliranju.

Kojeg proizvođača 3D printera imate? (ukoliko imate više printera odaberite koji najviše koristite/preferirate)

90 odgovora

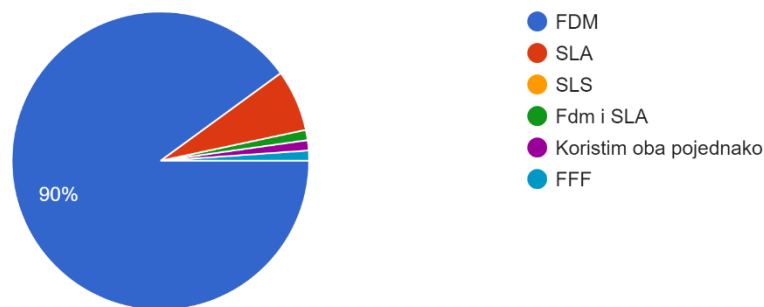


Slika 45. Grafički prikaz 9. pitanja s ankete,
Izvor: vlastiti izvor

Nakon analize programa slijedi pitanje o proizvođačima 3D printera (Slika 45) odnosno koji proizvođač je najzastupljeniji. S obzirom kako postoje mnogi proizvođači printera četiri su uvjerljivo dominantna na našem tržištu. Prema odgovorima najzastupljeniji je *Creality*, zatim *Prusa*, *Anycubic*, *Bambu lab*, te *Ultimaker* i *Elegoo*.

Koju vrstu 3D printera najčešće koristite?

90 odgovora

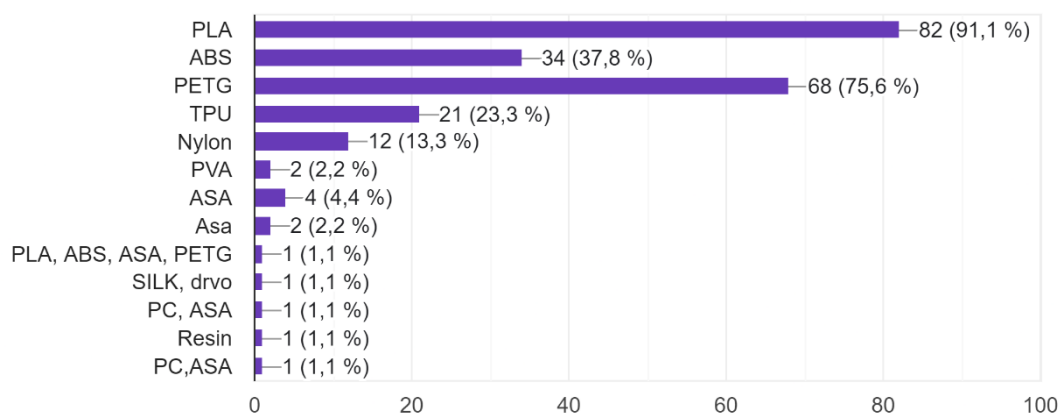


Slika 46. Grafički prikaz 10. pitanja s ankete,
Izvor: vlastiti izvor

Kao i na globalnom tržištu tako i kod nas, najzastupljenija vrsta printera prema slici 46 je FDM sa 90% odgovora (81 ispitanik).

Koju vrstu filameta koristite?

90 odgovora

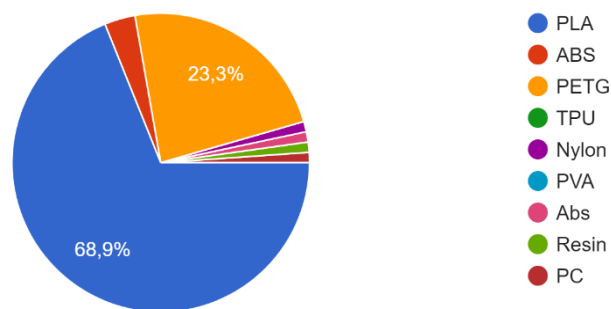


Slika 47. Grafički prikaz 11. pitanja s ankete,
Izvor: vlastiti izvor

S obzirom da postoji mnogo vrsta filamenata, vidljivo je kako se najviše koriste PLA, PETG, ABS i TPU. Odgovori sa pitanja 11 (Slika 47) višestrukog su odgovora iz razloga što korisnik može koristiti više filameta odjednom ili ih skladištiti (ovisno o zahtjevima i projektima).

Koju vrstu filamenta najčešće koristite?

90 odgovora



Slika 48. Grafički prikaz 12. pitanja s ankete,
Izvor: vlastiti izvor

Iako se koriste mnogi filamenti za 3D ispis, ipak najčešće korišteni filament je PLA (Slika 48) nakon čega slijedi PETG, ABS i ostali filamenti. Bez obzira što ispitanici u prethodnome pitanju su ukazali kako imaju gotovo podjednak broj filamenata PLA i PETG, iz ovog pitanja može se zaključiti kako je PLA uvjerljivi pobjednik kao najčešće korišteni filament za 3D ispis.

Kada se sumiraju svi podatci odnosno odgovori ispitanika sa ankete po pitanju cjelokupnog procesa od početka 3D modeliranja, izrade *slicer-a*, odabir 3D pisača i filamenta. Može se zaključiti sljedeće.

1. Potrebno je pronaći program za 3D modeliranje koji će odgovarati korisniku s obzirom da ih je mnogo na tržištu te učiti raditi u njemu kako bi se izbjegle greške ili unaprijedili modeli.
2. Korisnici su zadovoljniji sa korištenjem *slicer-a* u odnosu na programe za 3D modeliranja. Može se zaključiti kako zasigurno postoji problem koji korisnike odvlači od programa za 3D modeliranje ili više privlači kod korištenja *slicer-a*.
3. Najčešće korištena vrsta 3D pisača je FDM, s obzirom na svoju jednostavnost i široku namjenu FDM, vrsta takvih pisača ujedno je i cjenovno dostupnija velikoj većini sadašnjih i budućih korisnika.
4. Najčešće korišteni filament je PLA. Bez obzira što postoje mnogi drugi filamenti, te koji su duže na tržištu od PLA, ipak je dokazano u odgovorima kako je to najdominantnija vrsta filamenta. Osim toga vidljivo je kako velika većina ispitanika ima dvije ili više vrsta filamenta pohranjeno.

5. ZAKLJUČCI

Izradom ovog završnog rada potvrđena je hipoteza kako cjelokupan proces izrade 3D modela do 3D ispisa predstavlja inovativan i brz pristup izrade prototipa i gotovih modela. Korištenje aditivnih tehnologija pruža mogućnost relativno brze izrade modela uz značajno manje troškove procesa u usporedbi s tradicionalnim metodama koje zahtijevaju dulje vrijeme, skuplju opremu i alate, te svakako više financijskih izdataka.

Kroz rad je jasno dokazano kako je 3D ispis snažan alat koji pruža nevjerojatnu fleksibilnost i kreativnu slobodu u izradi složenih i detaljnih geometrija modela. Besplatni programski alati *Blender-a* i *Cura slicer*, dokaz su kako svaki pojedinac ima mogućnost naučiti i isprobati tehnologiju izrade 3D modela i njihovih priprema za 3D ispis.

Važno je naglasiti da, unatoč prividnoj jednostavnosti izrade modela, uspješan cjelokupan proces zahtijeva, iskustvo, stručnost, poznavanje rada alata i programa. Bez obzira na rapidan rast razvoja tehnologije, ključni faktor uspjeha procesa je vještinama i znanju korisnika.

Za ispis gotovog prototipa u ovom radu korišten je relativno cjenovno pristupačan 3D pisac proizvođača *Crealiti* marke *Ender 3 pro*. Ispisom gotovog modela dokazano je kako za ispis prototipa nije potreban profesionalni pisac, nego je dovoljan i pisac srednje klase.

Kako postoje mnogi programi za 3D modeliranje, izradu *slicer-a*, 3D pisaci i filamenti provedena je anketa korisnika industrije 3D tehnologije i 3D ispisa gdje je sudjelovalo 90 ispitanika iz Republike Hrvatske. Može se zaključiti kako postoje najdominantniji programi, pisaci i materijali, no usprkos tome postoje korisnici koji izlaze izvan okvira dominantnih programa, pisaca i filamenata. Potrebno je pronaći odgovarajući programe za 3D modeliranje, izrade *slicer-a* koji će zadovoljiti potrebe korisnika i kompatibilno raditi na odabranom 3D pisacu.

Izrada prototipa putem 3D ispisa pruža brojne prednosti, uključujući brži razvojni ciklus, testiranje prototipa prije masovne proizvodnje i mogućnost personalizacije. Tehnologija 3D ispisa predstavlja iznimno potentan alat s neograničenim mogućnostima. Dokazano je da ovaj tehnološki proces omogućuje bržu i ekonomičniju izradu prototipa i gotovih modela.

6. LITERATURA

- [1] <https://www.acmi.net.au/stories-and-ideas/50s-third-dimension/>, (dostupno 12.6.2023.)
- [2] E. Canessa, Fonda C., Zennaro M. (2013). „Low-cost 3D printing for science, education & sustainable development“, ICTP—The Abdus Salam
- [3] https://docs.blender.org/manual/en/latest/getting_started/about/history.html (dostupno 12.6.2023.)
- [4] https://docs.blender.org/manual/en/latest/getting_started/about/introduction.html#who-uses-blender, (dostupno 16.6.2023.)
- [5] <https://www.blender.org/category/press/page/3/>, (dostupno 16.6.2023.)
- [6] <https://izradi.croatianmakers.hr/lessons/digitalni-3d-modeli/>, (dostupno 16.6.2023.)
- [7] <https://all3dp.com/2/cura-versions-overview-editions-versions/>, (dostupno 12.6.2023.)
- [8] <https://hrcak.srce.hr/file/127863>, (dostupno 16.6.2023.)
- [9] <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:223629>, (dostupno 16.6.2023.)
- [10] <https://docs.blender.org/manual/en/latest/index.html>, (dostupno 16.6.2023.)
- [11] Van Gumster, J. (2020). „Blender For Dummies“. John Wiley & Sons.
- [12] https://eprints.grf.unizg.hr/2219/1/DB408_Jezidzic_Nikolina.pdf , (dostupno 12.6.2023.)
- [13] Aranda, S. (2021). „3D Printing Failures: 2022 Edition: How to Diagnose and Repair ALL Desktop 3D Printing Issues“

7. PRILOZI

Slika 1. Interes o Blenderu,	4
Slika 2. Hardverski zahtjevi Blender-a,.....	8
Slika 3. Prikaz verzije 3.3.4 Blendera,	8
Slika 4. Početno sučelje Blender-a,.....	9
Slika 5. Pregled XYZ osi i navigacijskih tipki,.....	11
Slika 6. Primitivni objekt kocke,.....	12
Slika 7. Pregled osnovnih alata,	12
Slika 8. Layout sučelje, prikaz odabira ulaska u edit mode,	14
Slika 9. Prikaz vrhova, bridova i lica primitivnog oblika kocke,,.....	14
Slika 10. Prikaz odabira moda za selektiranje vrhova, bridova i lica,	15
Slika 11. Prikaz lijeve alatne trake u edit mode-u,.....	15
Slika 12. Prikaz FDM pisaa proizvoaa Crealiti Ender 3 pro,	20
Slika 13. Prikaz Splash screen-a i odabir projekta,.....	21
Slika 14. Prikaz predefiniranih objekta prilikom poetka projekta,.....	22
Slika 15. Prikaz dimenzija modela za staklenu poluogradu, nacrtan u CAD programu,	22
Slika 16. Prikaz modela za staklenu poluogradu po X osi,	23
Slika 17. Dimenzije u lijevom gornjem kutu prilikom preciznog modeliranja u Blender-u,,..	23
Slika 18. Prikaz korištenja boolean modifier-a, izrezivanje rupe za vijak ,,	24
Slika 19. Prikaz vijka i „kape“ za vijak,.....	25
Slika 20. Prikaz provjera dimenzija modela za staklenu poluogradu u Blender-u,.....	25
Slika 21. Prikaz dimenzija pričovrsne plastike, nacrtana u CAD programu,.....	26
Slika 22. Prikaz provjera dimenzija modela pričovrsne plastike u Blender-u,	26
Slika 23. Prikaz izvoza modela iz Blender-a u .stl format,	27
Slika 24. Prikaz pohrane modela u odabrani repozitorij u Blender-u,	28
Slika 25. Prikaz početnog zaslona Cura,.....	28
Slika 26. Prikaz uvoza modela u Cura slicer,,.....	29
Slika 27. Prikaz modela nakon uvoza u Cura slicer,.....	29
Slika 28. Prikaz trajanja ispisa modela,.....	30
Slika 29. Prikaz modela u slojevima,	30
Slika 30. Prikaz prilagodbe parametra ispisa,,	31
Slika 31. Prikaz izvoz slicer-a modela za 3D ispis,.....	31
Slika 32. Prikaz zaslona pisaa Crealiti Ender 3 pro,.....	32

Slika 33. Prikaz završenog ispisa na 3D printeru Creality Ender 3 pro,	33
Slika 34. Prikaz 3D ispisanog modela vijka i poklopca vijka,.....	34
Slika 35. Prikaz 3D ispisanog modela držača,	34
Slika 36. Prikaz 3D ispisanog modela pričvrsne plastike,	34
Slika 37. Grafički prikaz 1. pitanja s ankete,	36
Slika 38. Grafički prikaz 2. pitanja s ankete,	36
Slika 39. Grafički prikaz 3. pitanja s ankete,	37
Slika 40. Grafički prikaz 4. pitanja s ankete,	37
Slika 41. Grafički prikaz 5. pitanja s ankete,	38
Slika 42. Grafički prikaz 6. pitanja s ankete,	38
Slika 43. Grafički prikaz 7. pitanja s ankete,	39
Slika 44. Grafički prikaz 8. pitanja s ankete,	39
Slika 45. Grafički prikaz 9. pitanja s ankete,	40
Slika 46. Grafički prikaz 10. pitanja s ankete,.....	41
Slika 47. Grafički prikaz 11. pitanja s ankete,.....	41
Slika 48. Grafički prikaz 12. pitanja s ankete,.....	42
Tablica 1. Prikaz tablice najčešćih korištenih kratica u object mode-u,.....	18
Tablica 2. Prikaz tablice najčešćih korištenih kratica u edit mode-u,.....	19