

# Konstrukcija 3D elemenata za pločnu igru

---

**Mikolić, 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:216:658125>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-10**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET**

# **ZAVRŠNI RAD**

Josip Mikolić



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

Smjer: Dizajn grafičkih proizvoda

# ZAVRŠNI RAD

**Konstrukcija 3D elemenata za pločnu igru**

Mentor:  
Izv. prof. dr. sc. Dubravko Banić

Student:  
Josip Mikolić

Zagreb, 2023.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GRAFIČKI FAKULTET**  
**Getaldićeva 2**  
**Zagreb, 6. 7. 2023.**

Temeljem podnijetog zahtjeva za prijavu teme završnog rada izdaje se

## **R J E Š E N J E**

kojim se studentu/ici Josipu Mikoliću, JMBAG 0128065837, sukladno čl. 5. st. 5. Pravilnika o izradi i obrani završnog rada od 13.02.2012. godine, odobrava izrada završnog rada, pod naslovom: Konstrukcija 3D elemenata za pločnu igru, pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Dubravka Banića.

Sukladno čl. 9. st. 1. Pravilnika o izradi i obrani završnog rada od 13.02.2012. godine, Povjerenstvo za nastavu, završne i diplomske ispite predložilo je ispitno Povjerenstvo kako slijedi:

1. doc. dr. sc. Itrić Ivanda Katarina, predsjednik/ica
2. izv. prof. dr. sc. Banić Dubravko, mentor/ica
3. izv. prof. dr. sc. Kulčar Rahela, član/ica



Dekan/

Prof. dr. sc. Klaudio Pap

## **Sažetak**

S rastućom popularnošću društvenih igara i napretkom u 3D tehnologiji ispisa, dolazi do sve većeg izražaja u printanju određenih dijelova pločnih društvenih igara s metodom 3D ispisa. Kako sve više ljudi ima pristup 3D printeru tako raste i želja za izrađivanje vlastitih modela s kojima se mogu osobe koristiti. U ovom radu će se prikazati uvodno znanje o 3D printanju, metodama 3D ispisa i kako se s ovom tehnologijom mogu izraditi dijelovi pločne igre.

Obradit će se povijest 3D printanja i svih metoda s kojima možemo u današnjici printati, od printanja s prahom i plastikom do printanja sa smolom. Opisat će se i određeni elementi izrade pločne društvene igre i kako njeni dizajni mogu utjecati na samo prikazivanje igre. Dizajnirani modeli pločne društvene igre će se prebaciti u program za izrezivanje preko kojeg se model priprema za trodimenzionalno printanje. Zadani printeri će u određenom vremenskom periodu isprintati figurice koje će imati različita fizička svojstva i time dati rezultate o kvaliteti isprintanih modela.

### **Ključne riječi:**

3D ispis, pločna igra, modeli, figurice, kvaliteta.

# Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO .....	2
2.1. 3D printanje .....	2
2.2. Stereolitografija .....	3
2.3. Metode 3D printanja .....	4
2.3.1. DLP (Digital Light Processing).....	5
2.3.2. Laser Sintering/Laser Melting.....	6
2.3.3. Extrusion/FDM/FFF .....	7
2.3.4. Inkjet.....	8
2.3.5. Selective Deposition lamination (SDL).....	10
2.3.6. Electro Beam Melting (EBM) .....	11
2.4. Proces 3D printanja.....	12
2.5. Izrada pločne igre i uvođenje 3D printanje.....	13
2.5.1. Početno predstavljanje igre.....	13
2.5.2. Pravila igre.....	14
2.5.3. Izgled mape .....	16
2.5.4. Dodatni dijelovi igre.....	17
2.5.5. Različiti dizajni pločne društvene igre .....	19
2.6. Dizajniranje figurica i ploče .....	20
2.6.1. Prvi model figurica .....	20
2.6.2. Drugi model figurica .....	21
2.6.3. Treći model figurica .....	22
2.7. Izrađeni model igre .....	23
2.8. Korišteni printeri.....	25
2.8.1. Creality Ender 3.....	25
2.8.2. Anycubic Photon Mono x 6K.....	26
3. REZULTATI PRINTANJA .....	28
4. ZAKLJUČAK.....	30
5. LITERATURA .....	31

# 1. UVOD

Posljednjih se godina 3D ispis pojavio kao jedan od glavnih transformativnih tehnologija s potencijalom razvoja mnogih industrija. Jedan od tih područja gdje se koristi 3D ispis kao glavna značajka su pločne društvene igre. U svom početku društvene igre su se pretežno oslanjale na tehnike masovne proizvodnje dijelova koje su manje kvalitete ali koji se mogu proizvoditi u većoj količini u kraćem vremenskom periodu. Cjenovno pristupačnom pojavom 3D ispisa otvorili su se mnogi putevi u razvoj društvenih igara za dizajnere, entuzijaste i proizvođače. Iskorištavanjem 3D ispisa entuzijasti društvenih igara mogu stvoriti jedinstvene komponente igre i s novim metodama mogu izraditi čak i potpuno nova iskustva igre. 3D ispis nudi potencijal u skraćivanju troškova proizvoda dijelova i uklanjanju određenih ograničenja koja pridonose fleksibilnosti i inovativnosti u dizajnu igre. Cilj ovog rada je prikazivanje 3D ispisa, koje metode se koriste u izradi određenih elemenata društvene igre, kako započeti s pravljenjem pločne igre te obrađivati elemente same igre, postupke dizajniranja dijelova i pogled na rezultate koje se dobiju nakon odrađivanja svih potrebnih postupaka. Ovim radom se želi prikazati uvodne dijelove 3D printanja i izrade igre te time pridonjeti u boljem razvijanju i razmatranju korištenja 3D ispisa u izradi društvenih igara.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. 3D printanje

3D printanje je naziv za proces izrađivanja trodimenzionalnog fizičkog oblika dodavanjem slojeva od određenog materijala jedan na drugi radi pravljena završnog oblika. Taj fizički oblik se dobija iz digitalnog 3D modela koji se dizajnira u određenim programima. Proces izrade 3D printanog oblika uključuje:

Dizajniranje 3D modela u digitalnom programu gdje se model prebacuje kao STL (stereolitography) dokument koji sadrži informacije o obliku i strukturi objekta. Također se može skenirati objekt i prebaciti u program za dizajniranje.

Priprema se STL datoteka u program koji će analizirati model i generirati skup uputa koje 3D printer treba slijediti.

3D printer se postavlja tako da se svi određeni materijali koje ulaze u njega pripreme i da se postave sve određene opcije.

Printanje objekta gdje se uneseni materijal zagrijava i postavlja sloj po sloj.

3D printanje je konceptualno jednostavno. Objekt se stvara tako da se započne ni s čim i doda materijal sloj po sloj dok se ne dobije dovršeni objekt. Postoji mnogo prirodnih primjera procesa i niže-tehnološke varijacije koje su se tisućljećima koristile pod drugim nazivima - na primjer, izrada zida od opeke. [1]

Prvi procesi razvijanja 3D printanja se pojavljuju osamdesetih godina dvadesetog stoljeća te se zvalo stereolitografija koju je razvio Charles Hull. Prvi strojevi stereolitografije su koristili laser kako bi stvrdnuli tekući materijal i tako bi izrađivali kompleksne oblike i geometrije koje su u tadašnjem vremenu bile teže za proizvoditi. Kasnije kroz godine bi se izradili prvi 3D printeri koji bi radili na sličnoj funkciji kao i ink-jet printeri te su se koristile drugačije metode printanja kao Fused Deposition Modeling (FDM), Selective Laser Sintering (SLS) i Electron Beam Melting (EBM).



Početno se 3D printanje koristilo u raznim prototipovima i manjim projektima u industrijama ali kako je ova tehnologija postala pristupačnija počela se koristiti u širem rasponu. 3D printanje je posljednjih godina doživio veliki rast interesa zbog njegovog potencijala da revolucionira proizvodnju u industriji. Prema nekim stručnjacima 3D printanje bi pretvorilo proizvodnju s masovnog aspekta na više lokalnu koja je prilagodljiva svakodnevnoj proizvodnji.

## **2.2. Stereolitografija**

Prvi izumi koji su povezani s današnjim 3D printanjem se pojavljuju tijekom sedamdesetih godina dvadesetog stoljeća. Prikazan je izum koji bi koristio dvije zrake radijacije koje bi proizvele promjenu u materijalima da proizvede 3D objekte. Zbog problema fotoničnog upijanja te zbog ulaganja ova ideja je napuštena. [2] Sredinom osamdesetih godina dvadesetog stoljeća se pojavljuje stereolitografija, tehnologija 3D printanja koja je revolucionizirala svijet manufakture.

Izumitelj SLA (stereolitografija) je Chuck Hull, koji je osnovao 3D Systems Corporation u Valenciji, Kalifornija. Hull je godinama radio s fotopolimerima i shvatio je da ih može koristiti za stvaranje 3D objekata sloj po sloj.

Izumitelj stereolitografije Charles (Chuck) Hull je podnio patent za stereolitografiju i razvio prvi radni SLA stroj 1986 te je definirao stereolitografski proces proizvodnje 3D predmeta kao metodu i uređaj za izradu čvrstih predmeta uzastopnim printanjem tankih slojeva ultraljubičastog otvrdnjavajućeg materijala jedan na drugi. Koncentrirajuća ultraljubičasta zraka je fokusirana na površinu posude ispunjena tekućim fotopolimerom. Platforma je zatim spuštena u smolu tek toliko da pokrije sloj, a ultraljubičasti laser je korišten za skrućivanje smole u željeni oblik, prateći putanju računalno generiranog modela.

Očvršćivanjem prvog sloja platforma se malo spuštala te je drugi sloj fotopolimera raširen preko vrha gdje bi laser iscrtavao sljedeći sloj, skružujući smolu u željeni oblik te bi se taj proces nastavljao sve dok bi se objekt formirao. Nakon što je predmet u potpunosti otisnut, uklonjen je iz pisača i potopljen u kupku otapala kako bi se uklonio sav višak smole. Na kraju je predmet polimeriziran ultraljubičastim svjetlom kako bi se materijal stvrdnuo i stabilizirao. Stereolitografija se u početku koristila za brzu izradu prototipova u industrijama poput automobilske i zrakoplovne. Tehnologija je omogućila dizajnerima i inženjerima da brzo stvore fizičke modele svojih dizajna, koji se mogu testirati i doraditi prije nego što se obvežu na skupe alate za masovnu proizvodnju. Kako se stereolitografska tehnologija poboljšavala i postajala sve dostupnija, počela se koristiti za širi raspon primjena, uključujući izradu složenih medicinskih implantata i protetike, nakita i arhitektonskih modela. Danas je stereolitografija samo jedna od mnogih dostupnih tehnologija 3D ispisa, ali ostaje važna metoda za proizvodnju visokokvalitetnih, detaljnih dijelova s glatkom završnom obradom.

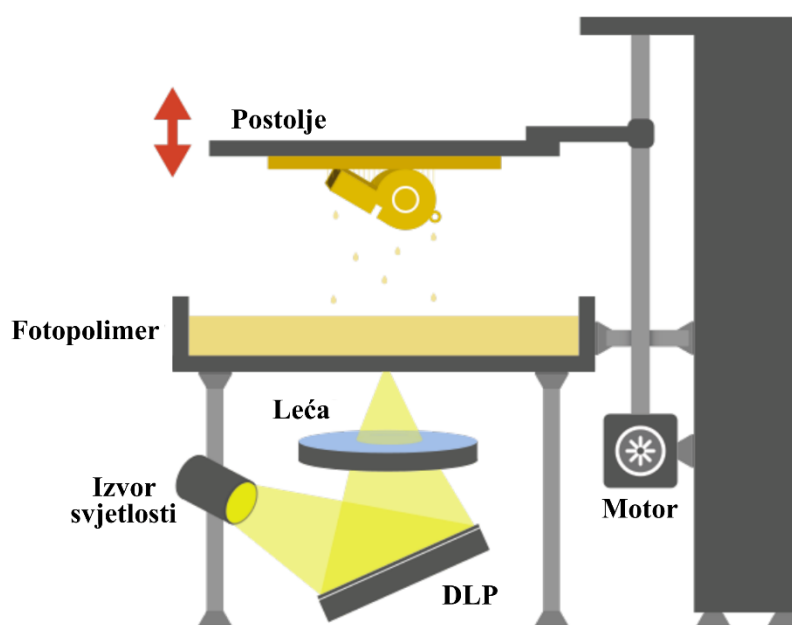
### **2.3. Metode 3D printanja**

Stereolitografija je na užem spektru priznata kao prvi proces 3D printanja. Budući da je modernu stereolitografiju predložio Hull, doživjela je četiri generacije tehnološke inovacije. Koristeći različite tehnologije, istraživači su razvili različite vrste fizičkih sustava za poboljšanje performansi stereolitografije. Imajući koristi od ovih sustavima, u mogućnosti smo ispisati sofisticirane objekte s nekoliko redova veličine u mjerilu korištenjem a raznolikost materijala. [1]

Zbog određenih procesa i zahtjeva stereolitografija je imala potrebne strukture te neke dijelove s posebnim prevjesima koje su se morale ručno ukloniti. Među ostalih koraka obrade 3D predmeta spadali su i čišćenje objekata te osvjetljavanje da se izrađeni predmet stvrdne i to izlaganjem intenzivnom svijetlu. Stereolitografija je prihvaćena kao jedan od najpreciznijih procesa 3D printanja ali uz nju imamo i druge procese izradnje 3D modela. [3]

### 2.3.1. DLP (Digital Light Processing)

Kod ove metode 3D ispisa koriste se fotopolimerni materijali u proizvodnji 3D modela. Razlika među ovom metodom i stereolitografijom je izvor svjetlosti, gdje DLP koristi konvencionalniji izvor svjetlosti. DLP 3D ispis je ono što je poznato kao tehnika polimerizacije gdje umjesto upotrebe termoplastike koristimo tekuće termoreaktivne smole za izradu modela u 3D ispisu. Ovaj proces podvrgava posudu s smolom s svjetlošću većeg intenziteta iz projektora te se selektivno stvrdnjavaju dijelovi na građevnu platformu i to sloj po sloj prikazano na slici 1. Slično kao i stereolitografija, DLP proizvodi isto jako detaljne dijelove s izvrsnom rezolucijom ali također su i slični zbog stavljanja potporne strukture i naknadno stvrdnjavanje izrađenih modela.

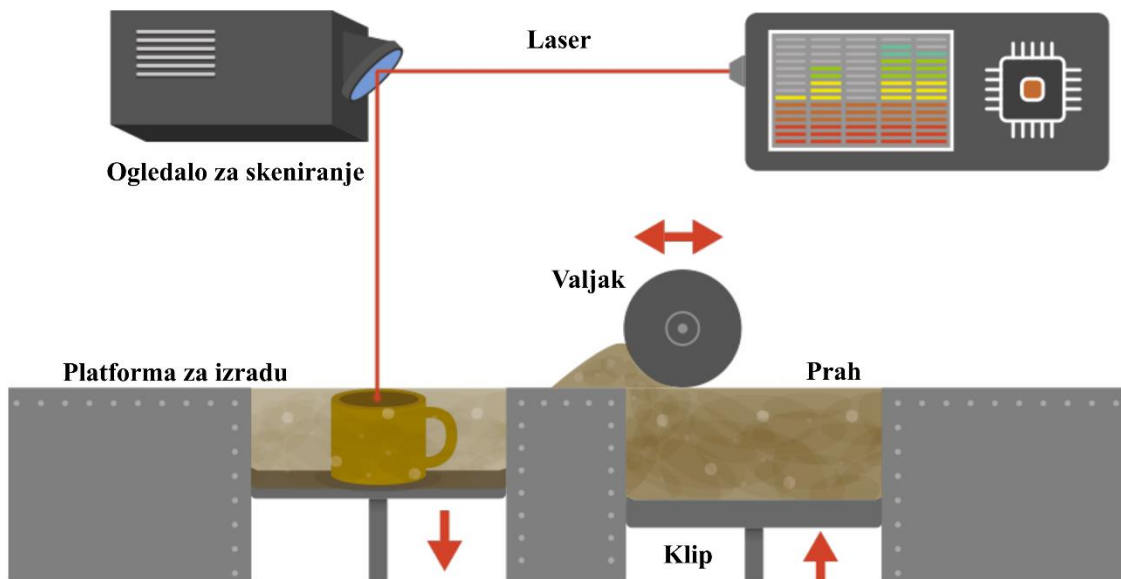


Slika 1. Šematski prikaz DLP ispisa, Izvor: The free beginners guide to 3D printing, 3D printing industry [4]

Među prednostima DLP je to što je samo potrebna plitka posuda smole što rezultira manjim otpadom i nižim troškovima, dosta su precizni i imaju sjajnu završnu obradu površine. Sami ispisi općenito traju manje za razliku od drugih. Određene mane kod ovog ispisa su da se više koristi samo za vizualne prototipe, sunce lako oštećuje izgled i mehanička svojstva i imaju manji izbor materijala. [3] [4] [5]

### 2.3.2. Laser Sintering/Laser Melting

Ova dva pojma se zajedno odnose na proces 3D printanja koji se temelji na printanje i izradu 3D modela koristeći laser i materijale u prahu. Aditivna je metoda printanja koja s jakim laserom velike snage sinterira male čestice polimernog praha u čvrstu strukturu na temelju 3D modela.. Laser se prati preko sloja praha koji se sastoji od od čvrsto zbijenog praškastog materijala. Dovršavanjem svakog sloja, taj sloj praha postupno pada te valjak zaglađuje prah preko površine sloja prije sljedećeg prolaza lasera.

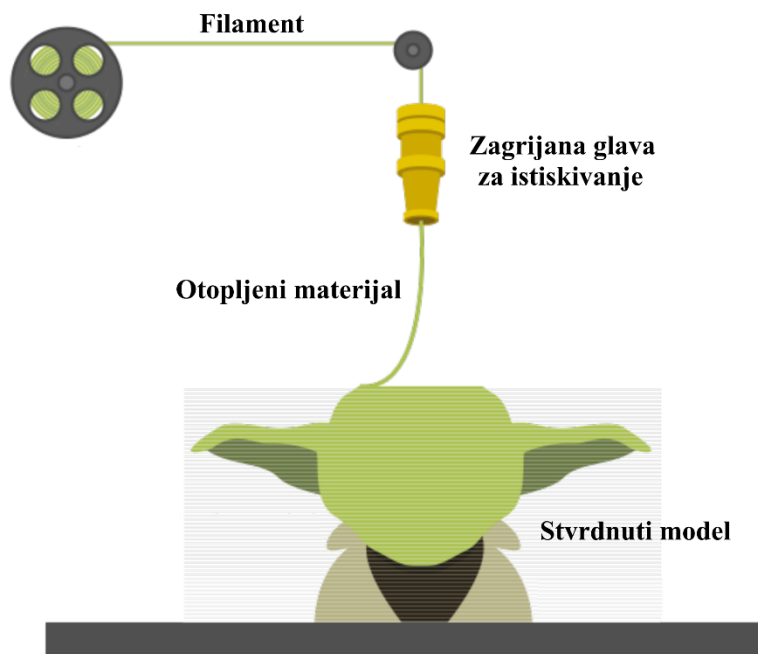


Slika 2. Šematski prikaz Laser Sintering/Laser Melting ispisa, Izvor: The free beginners guide to 3D printing, 3D printing industry [4]

Tako se onda nastavlja formiranje novog sloja i on se spaja s predhodnim slojem te je proces prikazan na slici 2. Zbog potrebe održavanja precizne temperature komora za izradu je potpuno zatvorena. Potrebna je specifična temperatura kako bi se postigla točka taljenja praškastog materijala. U zavšetku se uklanja višak praška kako bi ostali samo isprintani dijelovi. Najčešći materijal koji se koristi za ovu tehniku 3D ispisa jest najlon koji je idealan za složene sklopove i izdržljive dijelove. Prednost ovog procesa je mogućnost pravljenja složenih oblika jer sloj praha služi kao potporna stuktura. Među negativnim aspektima ovog procesa je visoka temperatura koja se pojavljuje tijekom izrade pa se modeli moraju duće hladiti. [3] [4] [6]

### 2.3.3. Extrusion/FDM/FFF

Danas među najčešćim i najprepoznatljivim procesima 3D printanja gdje je glavni razlog to što nude veliku mogućnost izrade dosta detaljnih i jako jeftinih modela. Fused Deposition Modeling (FDM) je najpopularniji naziv za ovu vrstu printanja čija je tehnologija prisutna od devedesetih godina dvadesetog stoljeća sve do dan danas. Također sličan proces ovome je Freeform Fabrication (FFF) koji se pojavio 2009. godine.

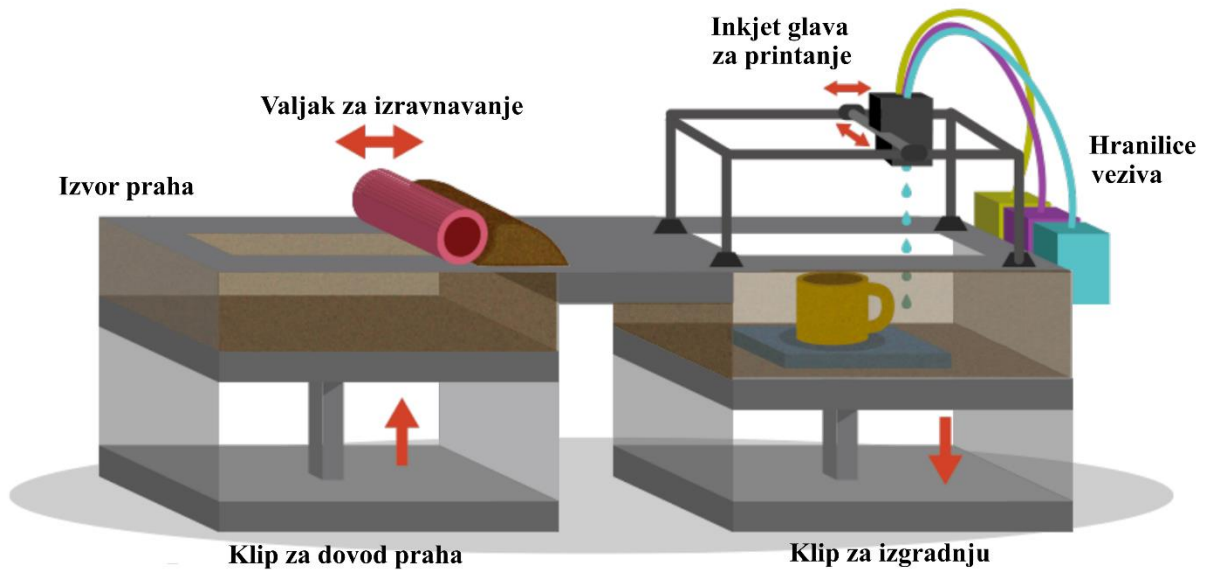


Slika 3. Šematski prikaz Extrusion ispisa, Izvor: The free beginners guide to 3D printing, 3D printing industry [4]

FDM/FFF tehnologija radi u principu tako što osnovni materijal koji se zove filament prolazi kroz zagrijane glave za istiskivanje. Plastična nit se topi, koja preko zagrijanog ekstrudera, se sloj po sloj taloži na površinu na kojoj printamo naš 3D model (slika 3). FDM i FFF procesi zahtjevaju potporne strukture za svaki model koji ima nadvišenu geometriju. FDM je zahtjevao drugi vodotopivi materijal koji bi se lako isprao ali također se koristio i materijal koji bi se lagano uklonio ručnim otkidanjem tog potpornog dijela. FFF printeri u početku su bili ograničeni s tim strukturama. FDM modeli bi bili točni i pouzdani nakon printanja ali bi bila ponekad potrebna i opsežna naknadna obrada, dok kod FFF printanja modeli bi bili manje precizni. [4]

### 2.3.4. Inkjet

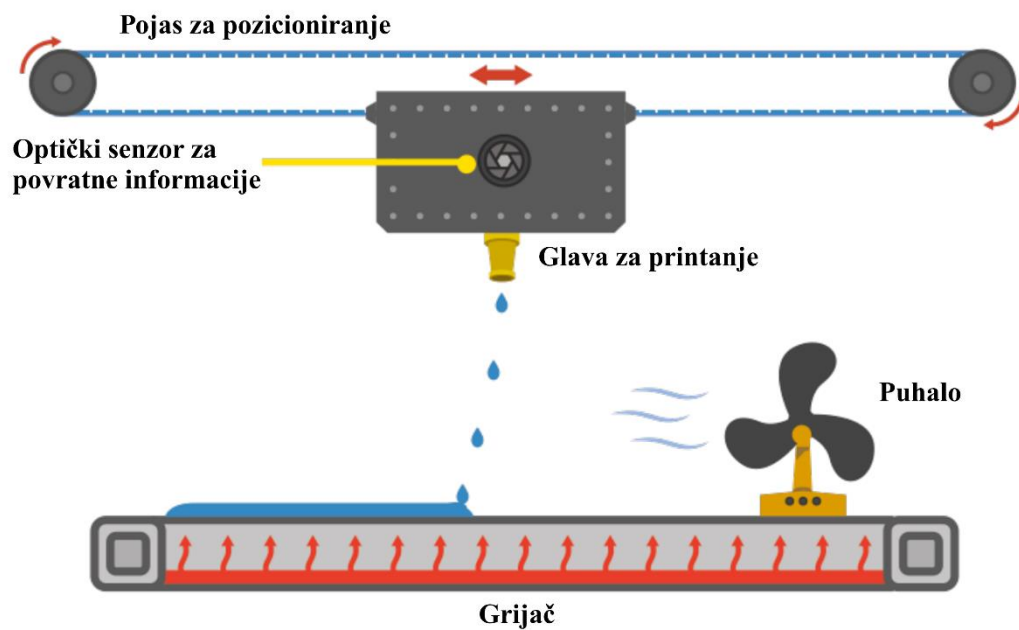
**Binder jetting** je proces kod kojeg se praškasti materijal širi u tankim slojevima na građevnu platformu, zatim se selektivno nanosi tekući vezivni materijal na sloj praha pomoću tehnologije inkjet printanja (slika 4). Vezivo pomaže u povezivanju čestica praha u željeni oblik, tvoreći čvrsti sloj.



Slika 4. Šematski prikaz Binder jetting ispisa, Izvor: The free beginners guide to 3D printing, 3D printing industry [4]

Ovaj se postupak ponavlja sloj po sloj dok se ne stvori konačni 3D objekt. Nakon što je objekt u potpunosti otisnut, uklanja se s platforme za izradu i sav višak praha se čisti. Predmet se zatim sinterira ili peče u pećnici kako bi se uklonio sav preostali vezivni materijal i spojile čestice praha zajedno, stvarajući konačni čvrsti predmet. Proces sinteriranja pomaže u poboljšanju mehaničkih svojstava tiskanog dijela i daje mu konačni oblik. Ova metoda je poznata po svojoj velikoj brzini i točnosti te je relativno jeftina i ekološki prihvatljiva tehnika 3D printanja. [4] [7]

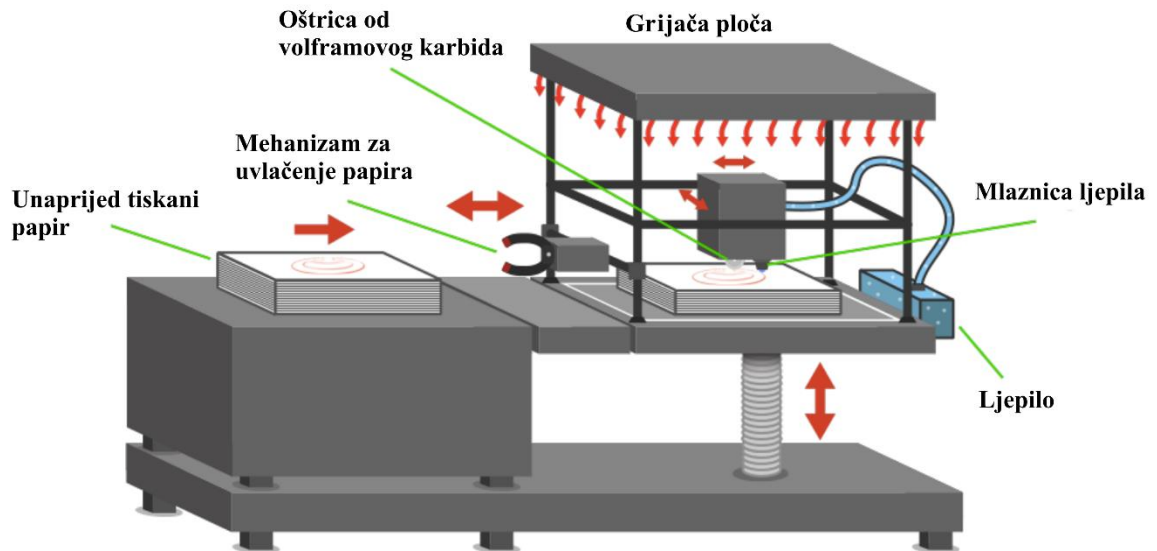
**Material jetting** je druga tehnika printanja koja koristi inkjet proces za izradu 3D modela. Ovom metodom se nanose kapljice tekućeg materijala na platformu za izradu modela sloj po sloj. Kod mlaza materijala, tekući fotopolimer se puni u glavu za ispis, koja ima niz mlaznica kroz koje se materijal taloži na platformu za izradu. Fotopolimer se zatim stvrdnjava ili stvrdnjava UV svjetlom kako bi se sloj učvrstio. Ovaj se postupak ponavlja za svaki sljedeći sloj dok se ne stvori konačni objekt (slika 5). Ovom tehnikom mlaza se mogu proizvesti dijelovi visoke rezolucije i točnosti te možemo izraditi dijelove s različitim fizikalnim svojstvima. Ograničenje kod ove metode je što možemo proizvoditi samo relativno male predmete. [4]



Slika 5. Šematski prikaz material jetting ispisa, Izvor: The free beginners guide to 3D printing, 3D printing industry [4]

### 2.3.5. Selective Deposition lamination (SDL)

Tehnika je aditivne proizvodnje koja koristi kombinaciju 2D i 3D printanja. Kod ove metode se izrezuje ravna ploča materijala u obliku poprečnog prijesjeka predmeta sloj po sloj, a zatim se spaja pomoću ljepljivog materijala.



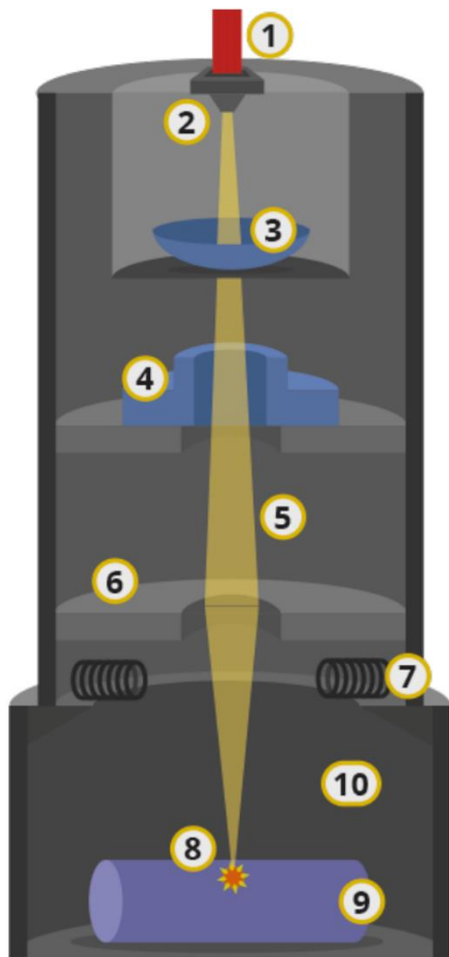
Slika 6. Šematski prikaz Selective Deposition lamination ispisa, Izvor: The free beginners guide to 3D printing, 3D printing industry [4]

Dizajnira se prvo 2D dizajn predmeta koji se printa, zatim se reže na niz 2D slojeva poprečnog prijesjeka koji će se koristiti za izrezivanje oblika predmeta iz pločastog materijala. Nakon rezanja svakog sloja s laserom ili drugim alatom nanosi se ljepilo na površinu materijala te se sljedeći sloj postavlja na vrh i spaja zajedno. Cijeli proces je prikazan na slici 6. Nakon otiskivanja predmeta sav višak materijala se uklanja. Metoda printanja je dosta ekoliški prihvatljiva jer koristi lako dostupne materijale za printanje. [4] [8]



### 2.3.6. Electro Beam Melting (EBM)

Ova metoda 3D printanja je slična Laser sinering metodom u slučaju formiranje dijelova od praha materijala. Koristi snop elektrona za taljenje i stapa čestice metalnog praha sloj po sloj kako bi stvorio 3D predmet. Sloj metalnog praha se rasprostire preko platforme za printanje a snop elektrona se usmjerava na sloj praha gdje otapa i spaja čestice zajedno. Ta platforma se onda spušta i dodaje se novi sloj pudera na predhodni sloj gdje se taj proces nastavlja sloj po sloj. Ovaj proces (slika 7) je relativno spor i zahtjeva specijaliziranu opremu ali zato tvori jako složene geometrije i predmete s čvrstim i detaljnim strukturama koje su teške za proizvesti s tradicionalnim metodama proizvodnje. [4] [9]



1. Visokonaponsko kablo
2. Katoda sa žarnom niti
3. Šalica za pristranost
4. Primarna anoda
5. Elektronska zraka
6. Zavojnica za fokusiranje
7. Otklonska zavojnica
8. Zrna za zavarivanje
9. Radni komad
10. Vakuumska komora

Slika 7. Šematski prikaz Electro Beam Melting ispisa, Izvor: The free beginners guide to 3D printing, 3D printing industry [4]

## 2.4. Proces 3D printanja

Ovisno o vrsti printera koji se koriste te o materijalima koji se koriste, proces 3D printanja uključuje nekoliko koraka:

1. Dizajniranje 3D modela koristeći se programima za 3D modeliranje koji omogućuje stvaranje modela od početka. Među tim programima spadaju Autodesk Fusion, tinkercad, SketchUp, Blender, SolidWorks i tako dalje. Također može se koristiti i 3D skenere kako bi bilježili oblik postojećeg predmeta i prebacili ga u digitalni dokument.
2. Model koji se priprema treba se izrezati. To uključuje rezanje modela na tanke slojeve, koje pisac zatim može izraditi sloj po sloj. To se obično radi pomoću specijaliziranog programa koji generira format datoteke koji pisac može čitati.
3. Postavljanje postolja printera i učitavanje materijala koje ćemo koristiti za printanje. Ovisno o vrsti printera, određene postavke trebaju se promijeniti da bi se dobili željeni rezultati.
4. Kada završimo s printanjem trebamo ukloniti predmet iz printera te odvajamo sve potporne strukture koje se nalaze na predmetu. U ovom procesu također čistimo i predmet od bilo kojeg viška materijala.
5. Ovisno o isprintanom predmetu, možda je potrebno vršiti dodatnu obradu što bi uključivalo brušenje ili glačanje grubih površina, nanošenje završne obrade, premazivanje ili sastavljanje više isprintanih dijelova zajedno.

## **2.5. Izrada pločne igre i uvođenje 3D printanje**

Kao dio završnog rada objasniti će se procesi koji su korišteni u proizvodnji pločne igre te se uvodi na pločnu društvenu igru element 3D printanja figurica i mape na koju se može igrati.

### **2.5.1. Početno predstavljanje igre**

Među prvim stvarima kod proizvodnje pločne društvene igre je predstavljanje samog projekta drugim osobama u što manje riječi. Koristi se takozvani „Pitch“ te prezentacijom kojom budimo zainteresiranost drugih ljudi za zadani projekt.

Inspiracija je od igre „Čovječe ne ljuti se“, dva do tri igrača bacaju kocku da bi mogli postaviti i kretati svoje figurice do konačnog cilja, gdje se međusobno mogu eliminirati ali sa dodatkom nove figurice lovca koja svakom igraču može pomoći. Uz dodatka na trokutastoj mapi, igrači imaju i takozvana „Mystery“ polja koja mogu preokrenuti tijekom igre u njihovu korist te ih unazadovati.

Glavni koncept bi se trebao bazirati na „Čovječe, ne ljuti se!“, ali s time što se uvodi nova komponenta, figuricu lovca. Zbog ubacivanja nove uloge reducira se broj normalnih igrača te se smanjuje broj njihovih figurica.

Vizualni pregled svega i prvi naziv za igru bi bio „Board Hunter“ ili Lovac ploče, figurice igrača bi bile normalne veličine, dok bi lovac bio izdužen.

Mapa je trokutastog oblika što označuje oblik igranja sadržan od tri obična igrača (može i manje) i jednog lovca u sredini. Pravila igre su jednostavna, svaki igrač igra za sebe i pokušava doći do svoje sigurnosne zone koristeći lovca kao dodatnu figuricu.

Za početak igrači bacaju kocku po redu i kad netko dobije 6 izlazi, time drugi igrač uzima drugu kocku koja je namijenjena samo za lovca. U svom bacanju jedna kocka je

za lovca a druga za sebe. Time svi igrači pokreću lovca sa drugom kockicom. Igra završava kada jedan igrač uspije staviti sve svoje figurice u sigurnosnu zonu.

### **2.5.2. Pravila igre**

Nakon predstavljanja igre potrebno je razraditi sve određene mehanike koje će se koristiti u igri i time pišemo sva pravila koja će biti potrebna u igri.

Igra započinje sa biranjem određenih boja koje će igrači koristiti, stavljanjem figurica na početna tri polja te kada se to odredi igrači bacaju kocku i tko dobije najveći broj kreće prvi. Svatko kod prvog bacanja kad nema figuricu na polje ima pravo tri puta bacati, kad dobije šesticu stavlja svoju prvu figuricu na prvo polje označeno njegovom bojom te opet baca da se pokrene. Dobivanjem šestice igrač ima pravo opet baciti kocku, osim ako četiri puta zaredom dobije 6, tada se četvrto bacanje ne uvažuje i ide drugi igrač. Ako igrač dobije 6 kod kocke lovca ima je pravo opet bacati, lovac nema limit koliko puta zaredom može dobiti 6.

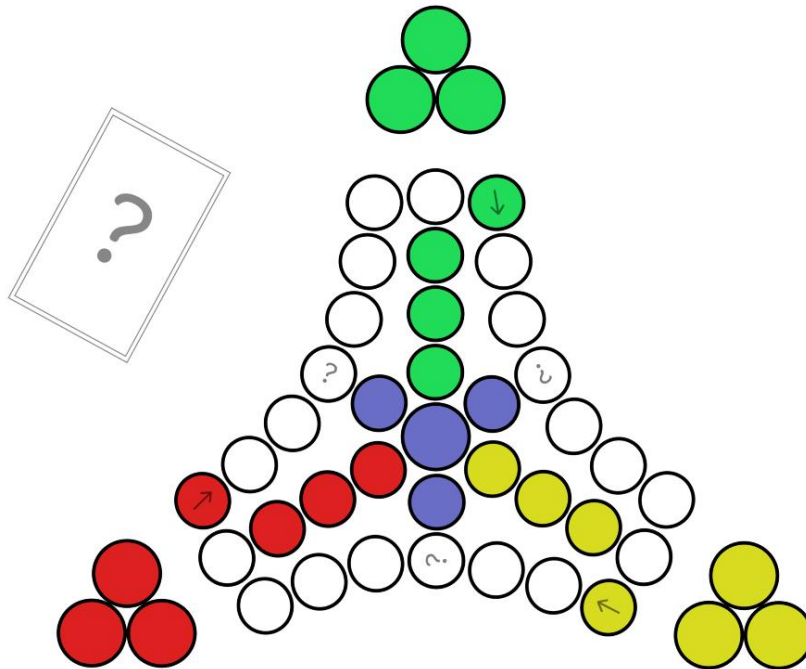
Kada igrač, koji je izvadio prvu figuricu, završi svoj potez, igrač nakon njega uvodi u igru drugu kockicu koju će svi igrači koristiti u igri. Istovremeno baca obje kocke i pomjera lovca za taj broj polja, pa ako ne dobije 6 u svom prvom bacanju, ima pravo baciti još dva puta da bi izvadio figuricu. Ako ne uspije dobiti 6, sljedeći igrač baca obje kockice, pomjera lovca i pokušaje sam svoje figurice izvaditi i njih pomjerati. Tako u krugu bacanja svaki igrač ima pravo pomjerati figuricu lovca. Prednost u kretanju ima prvo figurica od igrača, kod bacanja kocki prvo se kreće figurica igrača, taj igrač u slučaju da stane na mystery zonu odrađuje što mu karta kaže, te se onda kreće figurica lovca.

U tijeku igre lovac je dodatna figurica koja neprestano kruži poljem. Njegova svrha je da bude prijatna igračima i da figurice izbaciti iz igre. On sam može biti pojeden pa je time vraćen natrag na svoju središnju poziciju i ponovnim bacanjem se kreće opet. Lovac kao dodatna figurica ima pravo se kretati između mape kroz polja označena njegovom bojom, igrači nisu sposobni da se tako kreću. Igrači nakon bacanja kocke

kreću se u smjeru kazaljke na satu, i moraju doći do svojeg kraja ili sigurnosne zone koja je obilježena njihovom bojom. Igrači mogu jest figurice svojih protivnika i figuricu lovca, ali ne smiju preskakat svoje figure ili ih redat na jednom polju, samo jedna figurica može bit na određenom polju. Kada igrač sa svojom figuricom pojede drugu figuricu od svojeg protivnika, ona nije izbačena iz polja, već počinje ponovno od prvog polja izlaska, ako lovac pojede figuricu igrača onda ta figurica izlazi iz polja i može se vratit samo ako se dobije broj 6 s bacanjem kocke. Igra je završena kada jedan igrač uspije stavit sve svoje figurice u kućicu. U slučaju da je pojedena figurica igrača, i on je vraćen na početak svog kruga, i na tom početku je nečija figurica ili lovac, ta figurica je pojedena i vraćena na svoje početničko polje te ako je figurica jednog igrača vraćena na početak, i tamo se nalazi još jedna njegova figura, on mora izbacit svoju figuricu van igre dok ne dobije 6 da je opet izvadi. Ako igrač dođe blizu kraja, i baci brojku koja prekoračuje broj polja, tada se ne kreće i mora čekat svoje sljedeće bacanje. Sva pravila bi bila zapisana u maloj bilježnici koju bi igrači dobili dok igraju ovu igru.

### 2.5.3. Izgled mape

Nakon definiranja pravila izrađuje se mapa te se određuju sve određene mjere koje će se koristiti. Mapa na kojem se bude igrala igra je trokutastog oblika. Sastojat će se od obojanih polja za ulazak svake figurice igrača, obojana polja za krajnju kućicu, polja na kojem će se igrači kretati, tri „Mystery“ polja označene s upitnikom, srednje veliko polje za lovca i tri obojana polja za lovca, gdje bude izlazio (slika 8).

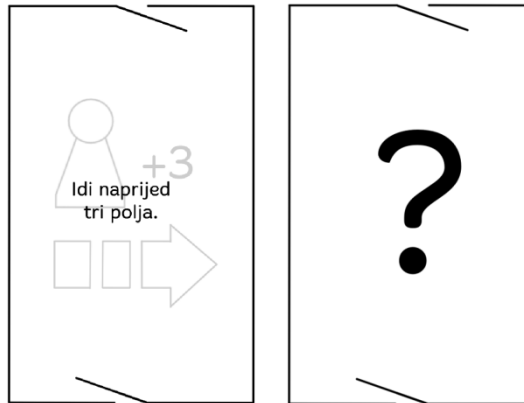


Slika 8. Prikaz igrajuće mape od igre trokutastog oblika s pozicijom za „Mystery“ kartice, Izvor: vlastiti izvor

Tri boje će biti za igrače (crvena, žuta i zelena) i jedna boja za lovca (plava). Svaki igrač će imati kod početka svojeg kruga obojano polje da se zna gdje stavlja prvu figuricu i tri obojana polja na kraju svog kruga. Figura lovca se stavlja u sredini mape i od nje lovac kreće svoje korake, pri tome kad izlazi bira jedno od tri smjera na kojem započinje svoj prvi korak.

#### 2.5.4. Dodatni dijelovi igre

Uz mapu i bilježnice s pravilima igrači bi dobili i figurice koju će prije početka igre izabrat, dobivaju dvije kockice te posebne „Mystery“ kartice za igranje (slika 9). Svaki igrač dobiva po tri figurice za boju koju su izabrali, i kreće se od polja njihove boje.



Slika 9. Prikaz prednje i stražnje strane „Mystery“ kartice, Izvor: vlastiti izvor

Uz figurice igrača koje su zadane veličine dodana je figurica lovca koja se razlikuje od ostalih figurica po svojoj visini. Uz figurice dodane su dvije d6 kocke (skraćena za kocku od 6 strana, termin se često koristi u pločnim društvenim igrama) i 20 „Mystery“ kartica. Kartice se dijelu na karte koje se mogu iskoristiti kada god igrač želi (hand card), te kartice koje se moraju odmah iskoristiti kada se izvuku. Uz sve navedene dijelove igrači bi uz igru dobili i priručnik s pravilima igre.

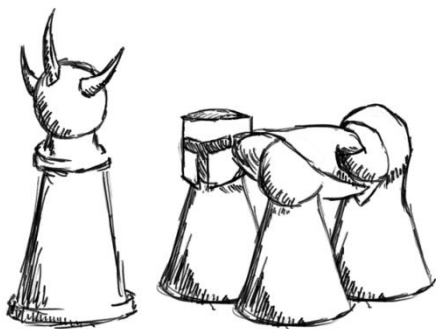
Tablica 1. Objašnjenje kartica koje će se koristiti tijekom igranja

Zamijeni poziciju jedne svoje figurice s figuricom desnog igrača. Ako igrač nema figuricu na polju ta osoba baca dva puta svoju kocku u sljedećem bacanju.
Zamijeni poziciju jedne svoje figurice s figuricom lijevog igrača. Ako igrač nema figuricu na polju ta osoba baca dva puta svoju kocku u sljedećem bacanju.
Lovac preskače sljedeće bacanje.
Zamijeni svoju figuricu s figuricom lovca, ako lovac nije izašao na igrajuće polje bacaj ponovno svoju samo kocku.
Baci samo svoju kocku ponovno i toliko ideš polja unazad.
Vrati lovca u sredinu. Ako je lovac već u sredini bacaj kocku opet i toliko ideš unazad.
Možeš jednog pijuna staviti na polje. Ako već imaš tri pijuna na polju baci opet svoju kocku.
Izbaci jednog svog pijuna iz mape.
Bacaš dva puta obje kocke i zbraja se bacanje (Hand card).
Idi naprijed tri polja
Idi naprijed dva polja.
Preskoči sljedeće bacanje svoje kocke.
Protivnik po izboru kod sljedećeg bacanja se može kretati samo neparnim brojem (Hand card).
Protivnik po izboru kod sljedećeg bacanja se može kretati samo parnim brojem (Hand card).
Idi nazad tri polja.
Idi nazad dva polja.
Izvadi figuricu protivniku po izboru, ako nijedan protivnik nema figurice vrati lovca u sredini.
Zamijeni dvije protivničke figurice (Hand card).
Vrati se na poziciju prije bacanja, i bacaj opet svoju kocku.
Protivnik po izboru ili ne može vući mystery kartu ako stane na mystery polje ili mora izbaciti jednu Hand kartu bez da je iskoristi (Hand card).

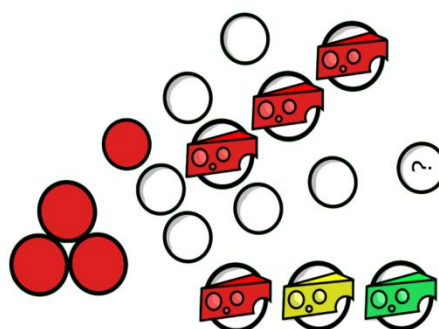


### 2.5.5. Različiti dizajni pločne društvene igre

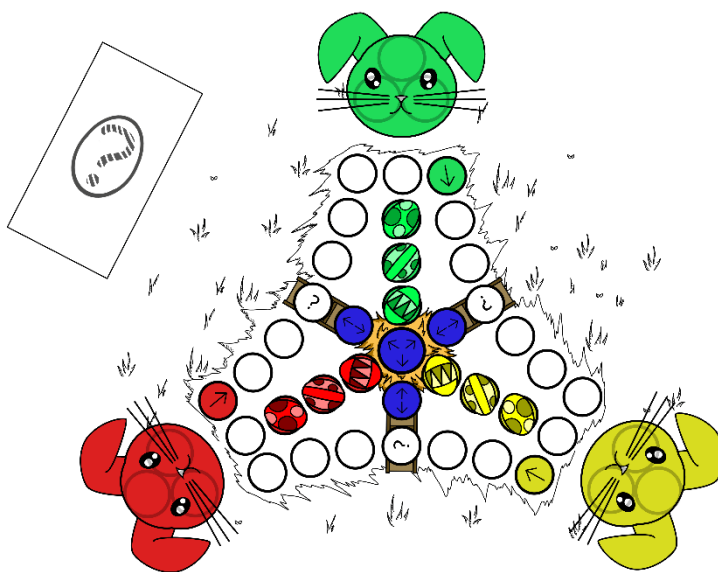
Tijekom izrade pločne društvene igre različiti dizajn figurica i same ploče imaju ključnu ulogu u poboljšanju ukupnog iskustva i užitka svih igrača. Dosta kvalitetni detalji, jake upečatljive boje ili visokokvalitetni materijali mogu učinit bilo koju pločnu društvenu igru privlačnima i tako pridonjeti uživanju u igri. Tako različite tematike kao na primjer za fantazijsku srednjovjekovnu igru (slika 10) ili igru s miševima i mačkama (slika 11) te određeni događaji u godini (slika 12) mogu privući kupce da kroz određene praznike, blagdane, slavlja izaberu igru koja spada uz tu tematiku. Bilo koja igra s promjenom tematike može imat utjecaj na različite osobe, gdje sam koncept igre ostaje isti, njena pravila i tematika su nepromjenjeni, ali dizajn se mjenja u skladu s određenim uvjetima.



Slika 10. Prikaz figurica u stilu srednjovjekovne fantazije, Izvor: vlastiti izvor



Slika 11. Prikaz dijela ploče gdje su polja zamjenjena s nacrtom sira, Izvor: vlastiti izvor



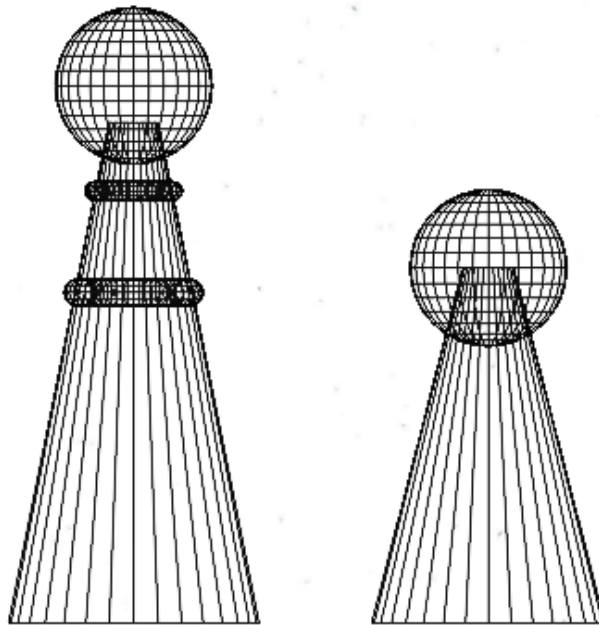
Slika 12. Prikaz ploče gdje je glavna tematika Uskrs, Izvor: vlastiti izvor

## 2.6. Dizajniranje figurica i ploče

U praktičnom dijelu završnog rada obrađeno je dizajniranje više vrsta figurica pločne društvene igre koji bi s svojim svojstvima imali drugačiji utjecaj na igrača. Uz navedeno dizajnirana je i mapa koja je isprintana metodom 3D printanja i na kojoj je prilijepita obična mapa od igre. Tijekom dizajniranja korišten je program Blender u kojem je svaka figurica napravljena koristeći se svim potrebnim alatima koje nudi program.

### 2.6.1. Prvi model figurica

U prvom modelu figurice su napravljene kao svakodnevne figurice za igranje pločnih društvenih igara.

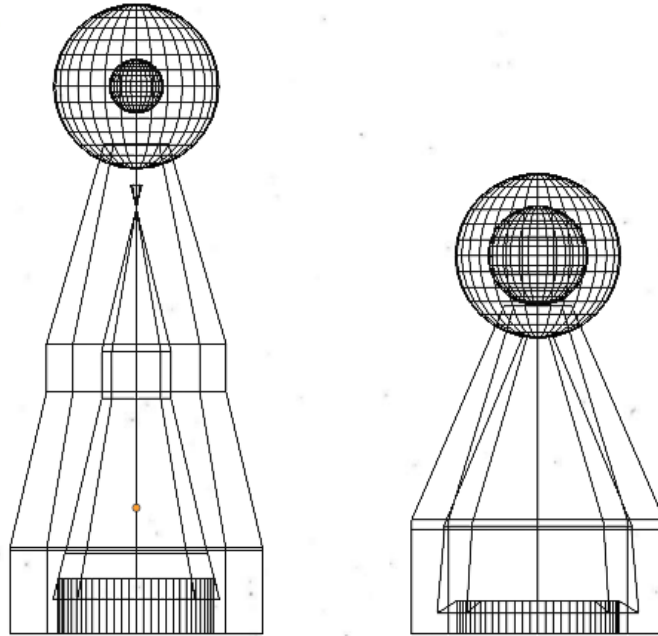


Slika 13. Prozirni prikaz prvog dizajniranog modela figurice,  
Izvor: vlastiti izvor

Model se sastoji od običnog stožastog tijela i okrugle glave. Model lovca je uzdužene veličine s prstenovima oko njega da bi se označilo razlika između njega i drugih figurica. Ovaj model nema nikakvih dodataka koje bi utjecale na igrajuće polje (slika 13).

### 2.6.2. Drugi model figurica

U drugom modelu figurice su napravljene istim principom kao i prve ali s unutarnjom rupom i poligonalnog su oblika.



Slika 14. Prozirni prikaz drugog dizajniranog modela figurice, Izvor: vlastiti izvor

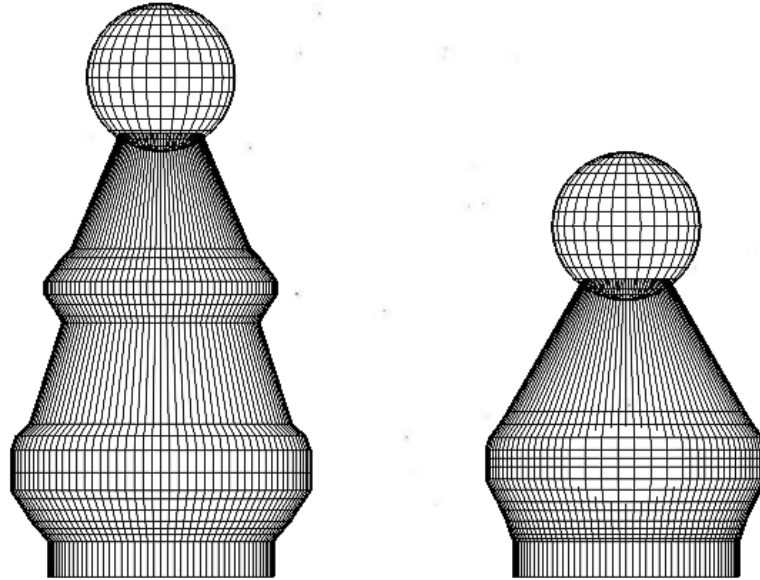
Model bi bio poligonalnog izgleda gdje bi iznutra bila praznina. Ta praznina bi služila da se unutra stave mali magneti koji bi omogućavali figuricama (slika 14) da se spoju za ploču koja bi na sebi imala metalnu površinu. Jedan sloj bi bila isprintana ploča a drugi bi bio metal za kojim bi se magnet spojio (slika 15). Time bi igračima bilo omogućeno igranje pločne igre bez da se brinu o micanju figurica izazvanim određenim okolnostima.



Slika 15. Prikaz kuta od pločne igre, ovaj kutak je radi prikazivanja isprintan, Izvor: vlastiti izvor

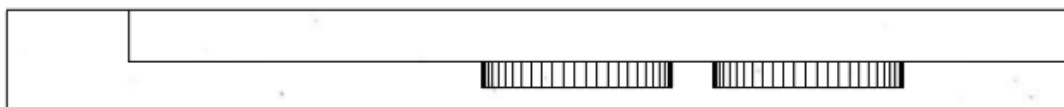
### 2.6.3. Treći model figurica

U trećem modelu izrađene figurice ispod imaju izbočine koje bi se stavljale unutar rupa od ploče. Cilj toga je stabilnost figurica na ploči bez korištenja magneta (slika 16).



Slika 16. Prozirni prikaz trećeg dizajniranog modela figurice, Izvor: vlastiti izvor

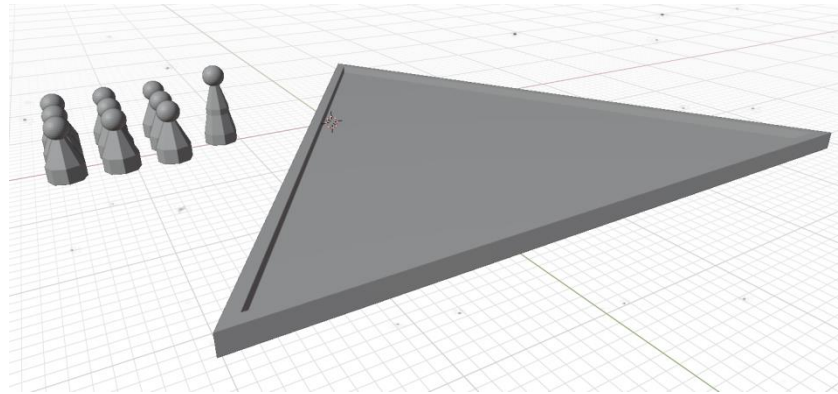
Igrajuća ploča bi imala rupice koje su točnog omjera da izbočina od figurice stane unutra (slika 17). Pomoću tih rupica igrači bi mogli, u situaciji gdje se kreću nekim vozilom, igrati bez da im se figurice istresi u ispadnu s ploče.



Slika 17. Prikaz kuta od pločne igre gdje se vidu rupice za igrajuće figurice, ovaj kutak je radi prikazivanja isprintan, Izvor: vlastiti izvor

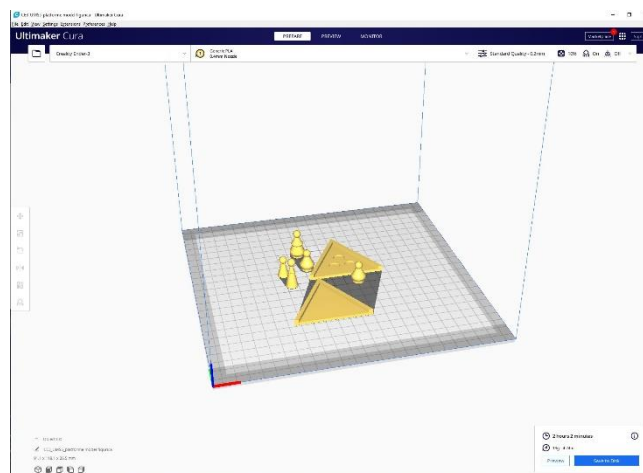
## 2.7. Izrađeni model igre

Kao glavni model za cijelu igru izabran je drugi model figurica, stavljeno je devet manjih i jedna veća figurica te uz njih je napravljena platforma na kojoj će bit zalijepita pločna igra isprintana na običnom papiru odgovarajuće veličine (slika 18).



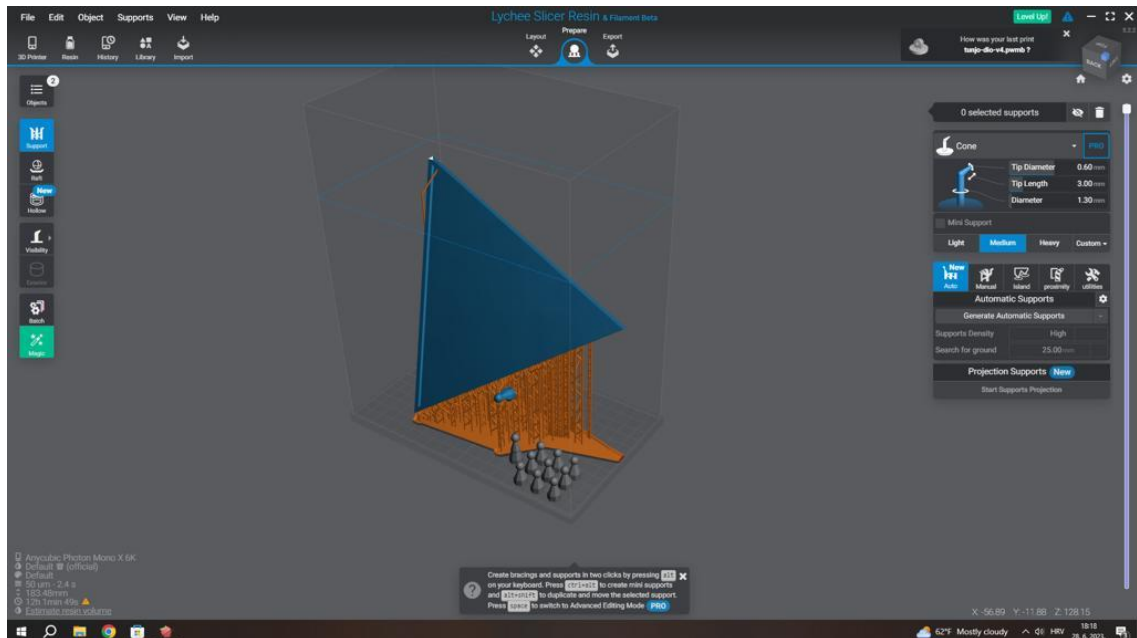
Slika 18. Prikaz cijele pločne igre s svim potrebnim dijelovima u blenderu koje se mogu isprintati, Izvor: vlastiti izvor

Nakon dizajniranja svih potrebnih modela, dizajni su pretvoreni u stl dokumente. Korištena su dva programa koja će izrezati naše modele i pripremit ih za printanje u printere. Prvi i treći model su ubačena u program Ultimaker Cura prikazano na slici 19, koji se naširoko smatra pouzdanim i moćnim softverom za rezanje. Njegova priroda otvorenog koda i kompatibilnost s raznim pisačima čine ga popularnim izborom među entuzijastima i profesionalcima u 3D ispisu. Ova dva modela se printaju s Extrusion ispisom.



Slika 19. Prikaz prvog i trećeg modela figurica u programu Ultimaker Cura zajedno s njihovim platformama, Izvor: vlastiti izvor

Drugi model stavlja se zajedno s cijelom igrom jer će se printati DLP ispisom. Kod ovog ispisa se koristio Lychee Slicer Resin program prikazano na slici 20, koji se koristi za rezanje smole posebno dizajniranih za 3D ispis s pisačima na bazi smole.



Slika 20. Prikaz drugog modela figurica u programu Lychee Slicer Resin zajedno s cijelom igrom, Izvor: vlastiti izvor

Zbog prevelikog zauzimanja prostora modela ploča igre je ogrnuta 70 do 80 stupnjeva kako bi mogla stati i isprintat se u printeru. Zbog toga program nudi automatsko postavljanje podrške za modele kako nebi došlo do padanja samog modela tijekom printanja.

Sve postavke se ostavljaju da budu kakvi jesu te se priključuju printeri na računala da se mogu isprintati zadani modeli.

## 2.8. Korišteni printeri

U procesu printanja koristila su se dva printera kako bi se isprintali modeli i cijela igra. Za prvi i treći model se koristio Creality Ender 3 printer a za drugi model i cijelu igru Anycubic Photon Mono x 6K printer.

### 2.8.1. Creality Ender 3

Creality Ender 3 (slika 21) je popularan i široko priznat 3D printer na potrošačkom tržištu koji je poznat po svojoj jednostavnosti i pristupačnosti, što ga čini popularnim izborom među hobistima pa čak i profesionalcima. Kombinira robustan okvir, pristojan volumen izrade i prirodu otvorenog koda, što ga čini popularnim izborom. Uz podršku zajednice i mogućnost nadogradnje, Ender 3 nudi fleksibilnost te potencijal za prilagodbu, omogućujući korisnicima da istraže i prošire svoje mogućnosti 3D ispisa. [10]



Slika 21. Slika Creality Ender 3 printera, Izvor: <https://manufactur3dmag.com/creality-ender-3-v2-desktop-3d-printer-features-specs-review-2020/>

Tablica 2. Ključne značajke i specifikacije Creality Ender 3 [10]

Značajka	Opis
Ugrađeni volumen	Približno 220 mm x 220 mm x 250 mm (8,6" x 8,6" x 9,8")
Okvir	Čvrsti okvir od ekstruzije aluminija
Ekstruder	Bowden-style ekstruder
Podloga za ispis	Grijana podloga za bolje prianjanje i sprječavanje savijanja
Korisničko sučelje	Osnovni LCD zaslon i upravljački gumb

Dizajn otvorenog koda	Omogućuje izmjene i nadogradnje
Nadogradivost i modularnost	Poboljšanja i dodaci koje pokreće zajednica
Povezivost	USB, SD kartica
Kompatibilnost filamenta	PLA, ABS, PETG i više
Podržani softver	Creality Slicer, Cura, Simplify3D i drugi popularni rezači
Operativni sustav	Kompatibilan s Windows, macOS i Linux
Zahtjevi za napajanje	Ulaz: 100-240 V AC, Izlaz: 24 V DC
Dimenzije pisaača	Približno 440 mm x 410 mm x 465 mm (17,3" x 16,1" x 18,3")
Težina	Oko 8 kg (17,6 lbs)

### 2.8.2. Anycubic Photon Mono x 6K

Anycubic Photon Mono X 6K (slika 22) je 3D printer na bazi smole poznat po svojim mogućnostima ispisa visoke rezolucije i velikom volumenu izrade. snažan je 3D printer od smole koji je prikladan za korisnike koji zahtijevaju detaljne i precizne ispise, poput hobista, umjetnika i profesionalaca u raznim industrijama, uključujući izradu nakita, izradu prototipa modela i još mnogo toga. [11]



Slika 22. Slika Anycubic Photon Mono X 6K printera, Izvor: <https://www.3dkongen.no/produnkt/anycubic-photon-mono-x-6k/>

Tablica 3. Ključne značajke i specifikacije Anycubic Photon Mono X 6K [11] [12]

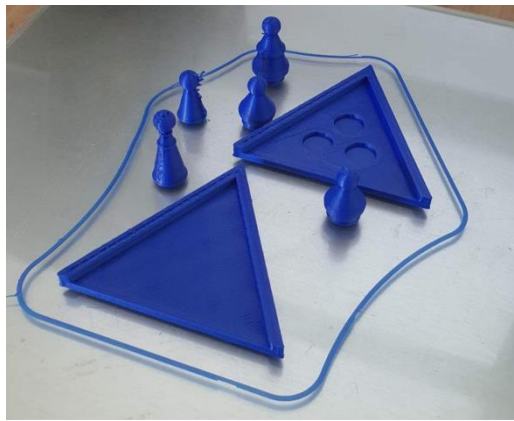
Značajka	Opis
Ugrađeni volumen	Približno 192 mm x 120 mm x 245 mm (7,6" x 4,7" x 9,6")
Tehnologije ispisa	Maskirana stereolitografija



UV LED Matrix	Matrix Ujednačena UV izloženost za dosljedno stvrdnjavanje
Korisničko sučelje	LCD zaslon jednobojni 6.144 x 3.840 piksela (2K po inču), jednostavno sučelje za jednostavnu navigaciju i kontrolu
Brzina ispisa	Veće brzine u usporedbi s prethodnim modelima, i do 60mm/h
Povezivost	USB povezivanje za izravan ispis s računala
Kompatibilnost smolom	Kompatibilan sa širokim rasponom smola koje stvrdnjavaju UV zračenjem
Sustav Z-osi	Dvostruki linearni sustav tračnica za stabilnost i preciznost
Podržani softver	Anycubic Photon Workshop i slični
Operativni sustav	Kompatibilan s Windows, macOS i Linux
Zahtjevi za napajanje	Ulaz: 100-240 V AC, Izlaz: 24 V DC
Dimenzije pisaa	Približno 270 mm x 290 mm x 475 mm (10,6" x 11,4" x 18,7")
Težina	Oko 13 kg (28,7 lbs)

### 3. REZULTATI PRINTANJA

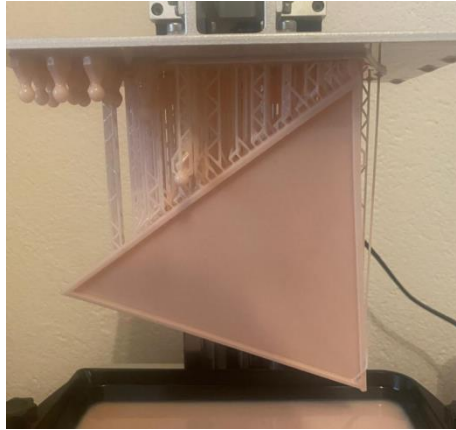
Nakon svih odrađenih postupaka i postavljanja printera, prvi i treći model se printa u Creality Ender 3 printeru a drugi model i cijelu igru u Anycubic Photon Mono x 6K printeru. Rezultati printanja u Ender printeru su bili uspješni te su oba modela printana oko 20 do 30 minuta. Za printanje prvog i trećeg modela zajedno s njihovim platformama bilo je potrebno oko 2 sata printanja FDM ispisom (slika 23).



Slika 23. Isprintani modeli figurica i platforme, Izvor: vlastiti izvor

Modeli su po svojoj teksturi malo hrapavi te su imali dosta plastike koja je stršila iz njih, uz to kod trećeg modela figurica je došlo do proširenja promjera koje je uzrokovano zbog težine modela nad njenom bazom. Zbog tog proširenja figurice nisu bile sposobne ući u rupicu te su se morale sa šmirglom papirom skratiti kako bi ušle. Tim skraćivanjem došlo je do uništavanja površine figurice i time je figurica postala neprivlačna..

Drugi model je printan zajedno s cijelom igrom DLP ispisom (slika 24). Modeli su bili visoke kvalitete i tekstura samih figurica je dosta glatka s malo hrapavom površinom. Zbog poteškoća s skidanjem dodataka došlo je do pucanja igrajuće ploče prije stvrdnjavanja UV zrakama, te se sama ploča morala priljepiti lijepilom i trakom.



Slika 24. Isprintani modeli figurica  
icijele pločne igre, Izvor: vlastiti izvor

Sve figurice su odlično isprintane. Cijeli proces printanja u ovom printeru je trajao 14 sati i 30 minuta, dosta je vremena uzelo printanje, ali je glavni razlog tome što je postavljeno dosta potpornika na modele. Printanje samo dvije figurice od drugog modela je uzelo 2 sata.

## 4. ZAKLJUČAK

Uvodom tehnologije 3D ispisa u područje izrade pločnih društvenih igara otvorila je svijet ogromnih mogućnosti i inovacija koje mogu pridonjeti u razvoju objih grana. Korištenjem metode 3D ispisa entuzijastima i dizajnerima je omogućeno oživljavanje i stvaranje svojih ideja u realnost preko izrađivanja jedinstvenih i presonaliziranih elemenata igre. Rezultati ovog rada su pokazali kako u određeni projekt izrade pločne društvene igre možemo uvest tehnologiju 3D ispisa i tako poboljšati vizualne aspekte igre. Prikazani su osnovni koraci proizvodnje pločne igre te vizualno prikazivanje dizajna figurica prebačenih u program za izrezivanje i postavljene za printanje. U zaključku se uviđaju poteškoće koje se pojavljuju tijekom izrade i printanja te kako taj proces nudi mnoge mogućnosti u dizajnerskom razvoju osobe.

## 5. LITERATURA

- [1] Horvath J., (2014): *Mastering 3D printing : A Guide to Modeling, Printing, and Prototyping*, Tehnology in Action, Apress.
- [2] Bártolo P. Jorge, (2011): *Stereolithography: Materials, Processes and Applications*, Springer .
- [3] Huang J. , Qin Q., Wang J., (2020) : *A Review of Stereolithography: Processes and Systems*, School of Mechanical Engineering, Sichuan University, Chengdu.
- [4] 3D Printing Industry, *The free beginners guide to 3D printing*,  
URL: <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide> (stranica posječena 23.6.2023.)
- [5] *All About Digital Light Processing 3D Printing*, URL:  
<https://www.thomasnet.com/articles/custom-manufacturing-fabricating/digital-light-processing-dlp-3d-printing/> (stranica posječena 26.6.2023.)
- [6] Formlabs, *Guide to Selective Laser Sintering (SLS) 3D Printing*, URL:  
<https://formlabs.com/blog/what-is-selective-laser-sintering/> (stranica posječena 26.6.2023.)
- [7] Miyanaji H., (2018): *Binder jetting additive manufacturing process fundamentals and the resultant influences on part quality*, University of Louisville.
- [8] Additive-X, *What is Selective Deposition Lamination (SDL)?* URL: <https://additive-x.com/blog/selective-deposition-lamination-sdl/> (stranica posječena 26.6.2023.)
- [9] GE Additive: *Electro Beam Melting* URL: [https://go.additive.ge.com/rs/706-JIU-273/images/GE%20Additive\\_EBM\\_White%20paper\\_FINAL.pdf](https://go.additive.ge.com/rs/706-JIU-273/images/GE%20Additive_EBM_White%20paper_FINAL.pdf) (stranica posječena 26.6.2023.)
- [10] Koslow T, (2020): *Creality Ender 3 Review: Best 3D Printer Under \$200*, All3DP,  
URL: <https://all3dp.com/1/creality-ender-3-3d-printer-review/> (stranica posječena 26.6.2023.)

[11] Weatherbed J, (2022): *Anycubic Photon Mono X 6K review*, TechRadar, URL: <https://www.techradar.com/reviews/anycubic-photon-mono-x-6k> (stranica posjećena 26.6.2023.)

[12] Dwamena M., *Simple Anycubic Photon Mono X 6K Review – Worth Buying or Not?*, 3D Printerly, URL: <https://3dprinterly.com/simple-anycubic-photon-mono-x-6k-review-worth-buying-or-not/> (stranica posjećena 26.6.2023.)