

# Ispitivanje preciznosti rada 3D printera izradom kocke te izradom nosača za LCD panel prema crtežu br. 010

---

Jurić, Deni

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište u Rijeci, Filozofski fakultet u Rijeci**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:186:068741>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-31**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences - FHSSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**FILOZOFSKI FAKULTET U RIJECI**  
**Odsjek za politehniku**

**ZAVRŠNI RAD**

**Ispitivanje preciznosti rada 3D printera izradom kocke te izradom nosača za  
LCD panel prema crtežu br. 010.**

**Rijeka, 2017.**

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
Filozofski fakultet  
Odsjek za politehniku

Studijski program: Preddiplomski studij politehnike  
Student: Deni Jurić, mat. broj: 0009060820

Tema završnog rada: **Ispitivanje preciznosti rada 3D printera izradom kocke te izradom nosača za LCD panel prema crtežu br. 010.**

Mentor: Prof.dr.sc. Marko Dunder  
Student: Deni Jurić

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**Odsjek za politehniku**  
Rijeka, Sveučilišna avenija 4.  
Povjerenstvo za završne i diplomske ispite

U Rijeci, .6.2017.

## **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

**Pristupnik:** Deni Jurić

**Zadatak:** Ispitivanje preciznosti rada 3D printera izradom kocke te izradom nosača za LCD panel prema crtežu br. 010.

**Rješenjem zadatka potrebno je obuhvatiti sljedeće:**

1. Uvod. Razvoj i primjena tehnologije brze izrade proizvoda.
2. Postupci brze izrade proizvoda
3. Značajke postupka 3D tiskanja
5. Eksperimentalni dio - ispitivanje preciznosti stroja izradom kocke 10mm x 10mm x 10mm. Izrada nosača za LCD panel prema crtežu br. 010.
6. Zaključak

U završnom se radu obvezno treba pridržavati **Pravilnika o završnom radu i Uputa za izradu završnog rada sveučilišnog preddiplomskog studija.**

**Zadatak uručen pristupniku:** .6.2017.

**Rok predaje završnog rada:** 9.2017.

**Datum predaje završnog rada:** \_\_\_\_\_

**Koordinator povjerenstva za  
diplomske ispite:**

**Mentor**

**Doc.dr.sc. Tomislav Senčić**

**Prof.dr.sc. Marko Dunder**

## **IZJAVA**

Izjavljujem pod punom moralnom odgovornošću da sam Završni rad izradio samostalno, isključivo znanjem stečenim na Filozofskom fakultetu u Rijeci odsjeka za Politehniku, služeći se navedenim izvorima podataka i uz stručno vodstvo mentora prof.dr.sc. Marka Dundera, kome se srdačno zahvaljujem.

Nadalje se zahvaljujem svojim roditeljima i obitelji koji su mi kroz cijelo vrijeme mog školovanja potaknuli i bili najveća podrška. Zahvaljujem se i asistentu gospodinu Goranu Salopeku koji mi je uz mentora pomagao sa radom na Završnom Radu.

Deni Jurić

---

## POPIS SLIKA

Slika 2.1. Charles Deckard Hull, Izumitelj 3D printera.....	2
Slika 4.1. Prikaz modela.....	8
Slika 4.2. Greška prilikom printanja (1) [17].....	10
Slika 4.3. Greška prilikom printanja (2) [17].....	10
Slika 5.1. Kućište (1) [10].....	11
Slika 5.2. Kućište (2) [13].....	11
Slika 5.3. Ekstruder[6].....	12
Slika 5.4. Grijaća ploča.....	13
Slika 5.5. Koračni motori.....	14
Slika 5.6. Ekstruder sa mehanizmom koji dovodi materijal[14].....	15
Slika 5.7. Materijal (filament) [18].....	15
Slika 5.8. Remenski prijenos.....	16
Slika 5.9. Linerani motor.....	16
Slika 5.10. Linerana vodilica.....	16
Slika 5.11. Arduino kartica[15].....	17
Slika 5.12. Napajanje.....	17
Slika 6.1. Zupčanik od akrilonitril butadiene stirena (ABS) [21].....	19
Slika 6.2. Proizvod od polilaktida (PLA).....	19
Slika 6.3. Poliamid 6 (PA 6) [22].....	20
Slika 6.4. Polikarbonat (PC).....	21
Slika 7.1. Prikaz 3D prostora za crtanje (autocad).....	22
Slika 7.2.. Prikaz 2D prostora za crtanje (autocad).....	23
Slika 7.3. Prikaz softvera Repetier-Host (dio sa “ručnim” micanjem osi i još nekim mogućnostima).....	24
Slika 7.4. Prikaz modela kocke u 3D prostoru.....	25
Slika 7.5. Prikaz modela kocke (repetier).....	25
Slika 7.6.. Prikaz modela kocke za printanje (repetier).....	26

Slika 7.7. Prikaz dobivenog modela kocke (1).....	27
Slika 7.8. Prikaz dobivenog modela kocke (2).....	27
Slika 7.9. Prikaz crteža prednjeg i stražnjeg dijela kućišta u 2D prostoru.....	30
Slika 7.10. Prikaz modela prednjeg dijela kućišta (repetier).....	30
Slika 7.11. Prikaz modela stražnjeg dijela kućišta (repetier).....	31
Slika 7.12.. Prikaz proizvoda prednjeg dijela kućišta.....	32
Slika 7.13. Prikaz proizvoda stražnjeg dijela kućišta.....	32
Slika 7.14. Prikaz ručne baterijske bušilice i svrdla koje sam koristio.....	33
Slika 7.15. Prikaz viličastih ključeva, odvijač, vijaka, matica i podloški koje su korištene.....	34
Slika 7.16. Prikaz proizvoda montiranog na 3D printer (1).....	35
Slika 7.17. Prikaz proizvoda montiranog na 3D printer (2).....	35

## **POPIS TABLICA**

Tablica 7.1. Postavke 3D printera za dobivanje tražene preciznosti.....	27
---	----

## SAŽETAK

U ovom radu bit će obrađena tehnologija 3D printanja. U uvodnom dijelu razraditi će se 3D printanje od samih početaka do danas. Kako je tehnologija 3D printanja rasla, mijenjala se zajedno uz tržište i druge usko vezane tehnologije i uz tehniku općenito.

U razradi Završnog rada objasniti će se način rada 3D printera, što je potrebno za njegov rad, neki nedostaci, problemi vezane uz rad i način njihovog otklanjanja. Prikazati će se komponente od kojih se sastoji 3D printer, te će biti detaljno pojašnjene. U svijetu tehnologija konstantno se ide naprijed tako da je već sutra nešto novo u pripremi, ali treba težiti uvijek nečemu boljem, suvremenijem. Prikazati će se jedan od najboljih printera sadašnjice koji tek treba doći u svakodnevnu upotrebu, na svakodnevno tržište.

Različiti su tipovi materijala koje ova tehnologija koristi. ABS (akrilonitril butadien stiren) i PLA (Polilaktid) su jedni od najznačajnijih ali biti će dane značajke i nekih drugih.

Svaka tehnologija ima svojih nedostataka tako i ova, ali moglo bi se reći da prednosti sve više nadilaze mane i da će se u budućnosti te prednosti biti značajnije. 3D printeri su zanimljivi i još uvijek novi način brze izrade prototipa. U ovom radu će se obraditi niskobudžetni 3D printeri koji su u današnjem svijetu dostupni svima. Tko god želi može se upustiti u rad s ovakvom tehnologijom, bilo zbog neke poslovne ideje, bilo zbog hobija. Zahvaljujući nastavnicima fakulteta imao sam priliku raditi s 3D printerom te će biti podijeljena neka iskustva i saznanja koja su tijekom rada dobivena.

Ključne riječi: 3D printer, 3D printanje, komponente 3D printera



# SADRŽAJ

IZJAVA .....	I
POPIS SLIKA .....	II
POPIS TABLICA .....	III
SAŽETAK .....	IV
1. UVOD.....	1
2. POVIJEST 3D PRINTANJA.....	2
3. 3D PRINTANJE.....	4
3.1.Postupci brze izrade prtotipova.....	5
3.2.Prednosti i nedostaci korištenja brze izrade prototipova.....	5
3.3.Programi (softveri) za korištenje.....	6
4. NAČIN RADA 3D PRINTERA.....	7
4.1.Problemi i greške kod izrade proizvoda.....	8
5. KOMPONENTE 3D PRINTERA.....	11
5.1.Kućište.....	11
5.2.Ekstruder (mlaznica, glava).....	12
5.3.Grijaća ploča (radna podloga).....	13
5.4.Koračni motori.....	14
5.5.Mehanizam koji dovodi materijal do ekstrudera.....	15
5.6.Materijal (žica namotana na kolut, filament).....	15
5.7.Prijenosi gibanja.....	16
5.8.Ostali dijelovi.....	17
6. MATERIJALI KOJI SE KORISTE ZA 3D PRINTANJE.....	18
6.1.Akrilonitril butadiene stiren (ABS).....	18
6.2.Polilaktid (PLA).....	19
6.3.Poliamid (PA).....	20
6.4.Polikarbonat (PC).....	21
7. IZRADA DIJELA PREMA CRTEŽU BROJ 010.....	22
7.1.Modeli izrađeni u autocadu i printani sa programom Repetier-Host.....	22
7.2.Ispitivanje preciznosti stroja izradom kocke 10mmx10mmx10mm.....	24
7.3.Nosač za LCD panel (kućište) crtež br. 010.....	28

8. NAJNOVIJA TEHNOLOGIJA 3D PRINTANJA.....	36
9. ZAKLJUČAK.....	37
10. LITERATURA .....	38

## 1. UVOD

U današnje je vrijeme tehnologija 3D printanja dostupna svima koji se žele upustiti u rad sa tom tehnologijom bila to veća poduzeća, bili to pojedinci koji na taj način žele ostvariti neke vlastite ideje, pokrenuti vlastitu proizvodnju ili se žele sa time jednostavno okušati radi neke svoje vlastite želje, hobija, da steknu određeno znanje o toj aditivnoj tehnologiji (aditivna proizvodnja je dio proizvodnog strojarstva a bavi se izradom predmeta kojim se čestice nanose jedna na drugu u tankim slojevima). Baš se zbog tehnologije 3D printanja, aditivna tehnologija počela sve više koristiti i postala poznatija i pristupačnija svima.

Ova se tehnologija može reći smatra jednim velikim iskorakom u svijetu tehnologije. Nekad je dugotrajnost i cijena proizvoda bio najbitniji čimbenik koji je utjecao na proizvodnju proizvoda. Danas je vijek trajanja većine proizvoda puno kraći, međutim traži se kvaliteta, traži se raznovrsnost proizvoda, mogućnost izrade bilo kakvog oblika proizvoda u različitim djelatnostima. Veliki čimbenik je cijena, a zbog razvoja tehnologije cijena 3D printera je sve manja, tako je cijena proizvoda koji oni mogu proizvesti sve manja a i samim time sve pristupačnija tržištu.

## 2. POVIJEST 3D PRINTANJA

Prvi funkcionalni 3D printer napravljen je 1984. godine, napravio ga je Charles Deckard Hull. On je nazavao tu tehniku Stereo lithography i napravio patent za tu tehnologiju 1986. godine. Bila je to možemo reći revolucija, da stroj može proizvesti 3D objekte od crteža napravljenih u programima za crtanje.

Kasnije su ostale kompanije razvile 3D printere, taj se razvoj dogodio 1990. godine. Tijekom godina taj se sustav sve više razvijao a 2005. godine Z Corp je lansirao prvi high definition color 3D printer (3D printer visoke razlučivosti).

3D printer je napravljen još od 1984. godine, međutim bio je ograničen u tome što može proizvesti zbog razine tehnologije u to vrijeme. Njegova je proizvodnja bila prilično skupa (puno skuplja nego danas) i previše skupa za tržište za koje je bio namjenjen. Kako je prolazio kroz fazu prilagodbe tržištu, na važnosti dobiva tek 1990. godine. Licenciran je od strane MIT-a (Massachusetts Institute of technology) u SAD-u.



COURTESY 3D SYSTEMS

Slika 2.1. Charles Deckard Hull, Izumitelj 3D printera

Njegova primjena raste iz dana u dan i polako postaje prisutna u svim industrijskim granama, tako je tehnologija za izradu 3D modela sve učestalija i sve važniji dio svakodnevice.

To možemo vidjeti i po nekim podacima koje imamo:

- 80 tvrtki je 1993. godine pružalo usluge izrade modela, bilo je prodano oko 157 jedinica po izrađenom modelu i cijena izrade modela bila je oko 1000 dolara, zarada je bila oko 99,3 milijuna dolara
- 2001. godine broj tvrtki koje su pružale izradu modela popeo se na 397
- 2003. godine su proizvođači prodali 14.000 jedinica za izradu modela i cijena modela je pala na 200 dolara, što je dovelo do zarade od oko 590 milijuna dolara, što je 6 puta više nego što se zarađivalo 1993. godine

Posljednjih par godina kvaliteta 3D printera je jako porasla, cijene su kako tehnologija ide sve više naprijed, počele se sve više smanjivati. U zadnje se vrijeme kod dizajnera koristi uzrečica ako možeš nacrtati, možeš i napraviti, tako da su mogućnosti sve veće a upotreba sve učestalija i traženija.

### 3. 3D PRINTANJE

Trodimenzionalno printanje (3D printanje) je brz način izrade prototipova pomoću kojih se zasnovani uređaji na 3D tehnologiji i pomoću 3D CAD programa izrađuju predmeti u prostoru.

Takav način izrade daje mogućnost jasnog uvida inženjerima, dizajnerima i svim ostalima koji koriste tu tehnologiju u toku postupka dizajniranja. Na taj se način mogu brzo i efikasno ispraviti i uočiti greške, mogućnost isticanja raznih parametara.

Ova tehnologija omogućuje da se skрати vrijeme izrade, poveća kvaliteta i razina prototipa, modela. Omogućuje se izrada jedinstvenih predmeta koje ne bi bilo moguće napraviti s nekim klasičnim metodama, primjena je na jako velikom području. Područja u kojima se primjenjuje 3D printer mogu biti arhitektura, informatika, edukacija, strojogradnja, medicina, molekularna kemija, modelarstvo, metalurgija, geo-info sistemi i dr.

Jedan od glavnih uzroka primjenjivanja 3D printera (aditivnih tehnologija) je: zadovoljenje tržišta, koje je zahtijevalo sve manje troškove proizvoda, bolju kvalitetu proizvoda, brže vrijeme proizvodnje i razvoja, kao i fleksibilnost. Kako u svemu tako i ovdje je na tržištu dostupan velik broj konkurentnih tehnologija, tako ima različitih vrsta 3D printera. Neke od glavnih razlika između njih je broj materijala koji koriste, brzina, kvaliteta, broj ekstrudera.

Španjolski proizvođač Iksia koje se bavi 3D printanjem (PLA ćelije, filament) uspio je napraviti širine pora  $0.96 \pm 0.05$  mm, visina pora  $0.30 \pm 0.03$  mm. Do sada još nitko nije uspio dobiti tako mali nanos filameta. To bi moglo biti izrazito bitno kod upotrebe 3D printera za medicinske svrhe, ali i u svim drugim područjima rada.

### **3.1.Postupci brze izrade prototipova**

Navesti ćemo različite brze izrade prototipova, kako bi se znalo koje sve tehnologije brze izrade prototipova postoje.

[1] Postupci brze izrade prototipova:

- Stereolitografija
- PolyJET postupak
- Trodimenzionalno tiskanje
- Tonografski postupak izrade
- Više mlazno modeliranje
- Srašćivanje taloženjem
- Selektivno srašćivanje laserom
- Lasersko direktno oblikovanje
- Taljenje praha elektronskim snopom
- Laminiranje

### **3.2.Prednosti i nedostaci korištenja brze izrade prototipova**

[1] Postupci brze izrade proizvoda namjenjeni su najprije izradi prototipa još u fazi razvoja proizvoda.

Prednosti:

- prepoznavanje i uklanjanje pogrešaka dok je proizvod još u fazi razvoja
- moguće je ispitati koliki je interes tržišta za konceptni proizvod
- otkrivaju se pogreške u konstrukciji prije nego što se alat izradi
- nepregledni i veliki tehnički crteži nisu više potrebni
- moguća je provjera sastavljanja sklopova proizvoda

Nedostaci:

- cijena je relativno visoka
- većinom lošija mehanička svojstva prototipova od konvencionalno izrađenih proizvoda

### **3.3. Programi (softveri) za korištenje**

Neki od najpoznatijih softvera za korištenje su Repetire, Marlin i Smoothieware. U izradi Završnog rada korišten je Repetier koji je jedan od najčešćih, najpopularnijih i najboljih programa za rad s 3D printerom. Jednostavan je za korištenje, nakon što se dobro upoznamo s programom. Možemo spojiti izravno 3D printer preko USB kabla s osobnim računalom, a postoje i serveri preko interneta koji omogućavaju stvaranje profila preko kojih možemo spojiti više različitih printera. Moguć je rad s više različitih printera odjednom, možemo pokrenuti printer gdje god da se nalazi, ako je taj printer spojen na internet a korisnik koji ga koristi ima pristup internetu. To je uvelike pojednostavilo korištenje. U radu je korištena klasična metoda spajanja preko USB kabla i spajanje preko SD kartice.

Ti se programi koriste za sve postavke koje želimo postaviti prilikom 3D printanja. Vizualno je jako pregledan, imamo dobar uvid na model koji želimo isprintati, možemo raditi preinake na modelu, kao i namještati njegove specifikacije. Sve što treba za rad na 3D printeru nalazi se na njemu.



## 4. NAČIN RADA 3D PRINTERA

Postupak 3D printanja započinje tako da se u program za 3D modeliranje kreira (modelira) proizvod ili se skenira sa 3D skenerom, dobije se CAD fajl (model u Završnom je rađen u programu autocad 2014). U tom je djelu procesa bitno je iskustvo, znanje, brzina crtača koji modelira taj 3D objekt zato jer se tu može uštedjeti vrijeme, može se dati neki savjet kako proizvod učiniti još boljim i konkurentnijim.

Nakon toga se taj CAD fajl pretvara u STL datoteku, datoteku potrebnu da bi printer mogao očitati proizvod koji smo modelirali. Za čitanje toga tipa datoteke i korištenje 3D printerom koristi se poseban softver, o kojem će detalji biti obrađeni u drugom dijelu rada.

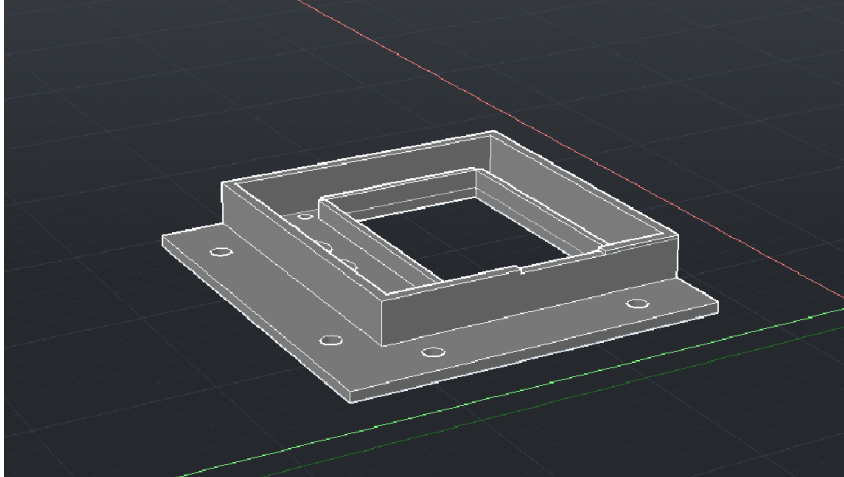
Kada smo STL datoteku prebacili u softver za printanje preko računala ili preko kartice, softver prepoznaje izradak koji smo izradili, dobiva se G kod i model je spreman za printanje. U tom dijelu programa postavljamo postavke s kojima želimo da naš printer printa model (neki od njih su brzina printanja, temperature, brzina nanošenja materijala itd.). Nakon toga počinje izrada na uređaju. Printer nanosi materijal sloj po sloj, ide po linijama koje su ekstruderu zadane u programu, materijal izlazi preko glave (ekstrudera). Ekstruder se zagrijava i topi materijal koji služi za izradu modela, ploča na koju se materijal nanosi se isto zagrijava i ona održava temperaturu modela. Ekstruder se kreće po y i x osi, a ploča se kreće po z osi.

Ovo su karakteristike i primjer rada printera koji je korišten. Kada je printanje završeno moguća je dodatna obrada u slučaju ako je to potrebno (glodanje, šmirglanje itd.).

Od početka do kraja postupka primjenjuju se sljedeći koraci izrade:

- Izrada CAD modela
- CAD model se pretvara u STL datoteku
- STL datoteka se prebacuje na 3D printer
- podešavanje parametara stroja
- izrada prototipa
- vađenje prototipa
- naknadna obrada po potrebi

- prototip je spreman za uporabu



Slika 4.1. Prikaz modela

#### **4.1. Problemi i greške kod izrade proizvoda**

U ovom dijelu navesti ćemo neki od najčešćih problema i greški koje se znaju događati prilikom izrade 3D printanjem. Normalno je da postoje problem prilikom izrade, svaka tehnologija ima neke svoje probleme i nedostatke s kojima se suočava.

##### **4.1.1. Prijanjanje materijala na podlogu**

Materijal ne prijanja dobro na podlogu. Takav problem nastaje zato jer ne dolazi do adhezije materijala na podlogu. Više je uzroka koji mogu dovesti do toga a neki od njih su da temperature ploče ili ekstrudera nisu dovoljno visoke. Podloga na kojoj se printa može biti onečišćena, ekstruder može biti preblizu ili predaleko grijaćoj ploči. Vrh mlaznice morao bi biti udaljen od grijaće ploče najviše za veličinu promjera (0.5 mm kod printera kojega sam ja koristio) kojeg ta mlaznica ima.

Može doći do podizanja rubova, zbog toga nam se dimenzija ili izgled predmeta može promijeniti. To se većinom događa na vanjskim rubovima kako se process printanja odvija. Razlog je slabo prijanjanje na podlogu i temperature izradka su manje na krajevima modela.

Kada materijal i podloga na koju se printa nisu kompaktilni, njihova svojstva nisu dobra za međusoban rad, onda može doći do prevelikog prijanjanja materijala na podlogu i predmet se “zalijepi” za podlogu.

#### 4.1.2. Kalibracija i pogon

Može se desiti da zbog prevelike brzine printanja dobijemo neispravan proizvod. Pri prevelikoj brzini ili presporoj brzini može doći do izmjene dimenzija, promjena specifikacija proizvoda od onih koje smo postavili. Treba imati određeno iskustvo i znanje da bi se 3D printer mogao podesiti, a potrebno je pažljivo odabrati postavke.

Događa se i klizanje motora. Različiti su razlozi zbog kojih se dešava klizanje koraka, a to se posebno zna događati na 3D printerima koji koriste koračne motore. To može uslijediti zbog prevelikih vibracija na printeru prilikom printanja. Može biti preslaba ili prevelika snaga motora gdje može doći do pregrijavanja, dolazi i do zvukova koji upućuju da je nastao neki problem. Razlozi preskakanja mogu biti i problemi u softveru.

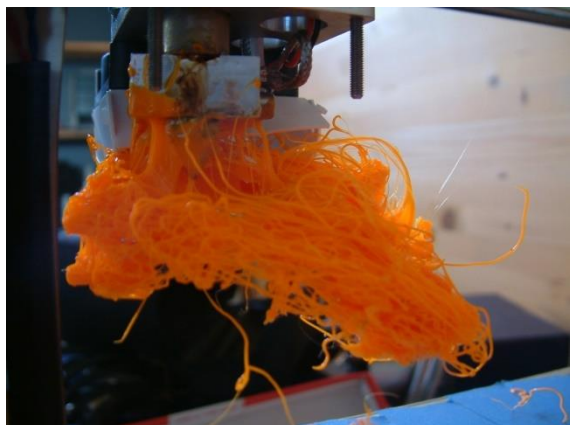
Printer treba dobro kalibrirati, kalibriranje se vrši ovisno o tome kako je potrebno.

Remeni mogu biti ti koji trebaju zatezanje ili savijene vodilice prilikom nekog većeg oštećenja.

#### 4.1.3. Materijal i greške modela

Materijal je bitan čimbenik u 3D printanju koji može uzrokovati puno problema. Što je kvalitetniji materijal to je bolja kvaliteta proizvoda, nekvalitetni materijali mogu sadržavati strane čestice i biti onečišćeni. Tada može doći do začepljenja ekstrudera i do rupica u modelu ako ekstruder ima otežan protok materijala.

Svi ti problem mogu dovesti do grešaka u modelu (slike 4.2 i 4.3) , a neki od najznačajnijih su površinske nepravilnosti i netočnost dimenzija. Oba problema su fizički uočljiva, površinske nepravilnosti daju modelu “grubi” oblik, ne ugodan oku a to može značiti i oslabljenu strukturu proizvoda. Dimenzije modela su bitne, zato jer ako radimo neki dio namjenjen posebnoj svrsi, krive dimenzije mogu dovesti do nemogućnosti realizacije posla a to u konačnici može dovesti do nezadovoljstva samog klijenta.



Slika 4.2. Greška prilikom printanja (1) [17]



Slika 4.3. Greška prilikom printanja (2) [17]

## 5. KOMPONENTE 3D PRINTERA

### 5.1. Kućište

Kućište čini veliki fizički dio 3D printera. Prva stvar koju uočimo na 3D printeru je kućište. Ono određuje kako će 3D printer izgledati. Komponente, dijelovi printera se slažu unutar njega. Postoji mnogo tipova kućišta, napravljenih od različitih materijala.

Tipovi kućišta:

- zatvoreno
- otvoreno

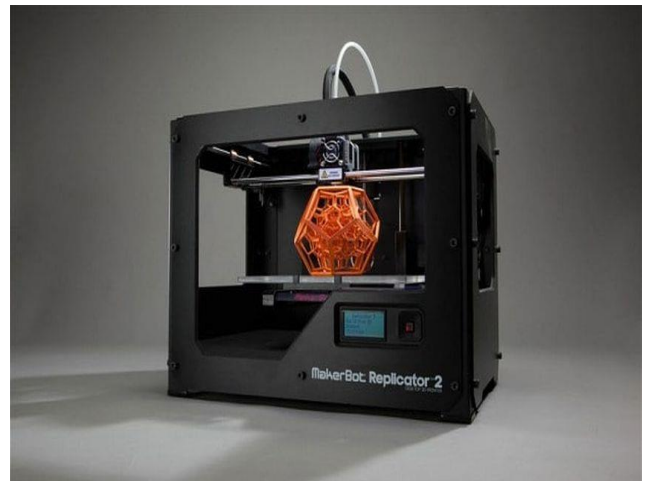
Kućište zatvorenog tipa osigurava održavanje konstantne temperature, osigurava sigurnost korisnika i smanjuje razinu buke. Pokretni dijelovi su zbog sigurnosti korisnika smješteni unutar kućišta. Oblik kućišta prilagođuje tržište, što je kućište uočljivije, ugodnije oku to će naravno prije privući kupca, ali naravno da u svemu tome ne izgubi ono najbitnije a to je funkcionalnost za koju je predviđen.

Materijal za izradu kućišta 3D printera:

- aluminij, plastika, čelik, drvo, staklo itd.



Slika 5.1. Kućište (1) [10]



Slika 5.2. Kućište (2) [10]

## 5.2. Ekstruder (mlaznica, glava)

Ekstruder je najvažniji i najskuplji dio 3D printera (slika 5.3). To je funkcionalni element koji se giba po osima, on se zagrijava preko grijača koji se nalaze unutar njega. Kroz njega prolazi i tali se materijal koji dolazi do njega preko mehanizma za dostavu materijala. Materijal izlazi iz ekstrudera i kretanjem po osima se sloj po sloj nanosi na ploču gdje se hladi. Ploča ima i dalje svoju temperaturu koju konstantno održava.

Moglo bi se reći kako se ekstruder sastoji od dva dijela, grijaćeg dijela i hladnog dijela. Grijaći dio je dio ekstrudera koji tali materijal koji prolazi kroz njega. Većina grijaćih dijelova je napravljeno od bakra a znaju biti napravljeni i od aluminijske ili staklene. Materijal ulazi s jedne strane, zagrijava se i topi te potom izlazi na mlaznicu i sloj po sloj - formira se predmet kojeg printamo.



Slika 5.3. Ekstruder [6]

Hladni dio je većinom dio preko kojeg se ekstruder giba, to je veći dio ekstrudera. Njegova je zadaća da spriječi daljnje zagrijavanje koje se dešava u grijaćem dijelu. Kako bi se to spriječilo ekstruder zna biti opremljen ventilatorom, hladnjakom, oblici hlađenja koji su dostupni. Ta dva dijela znaju biti povezana preko nekog izolatora ili toplinskog mosta. Oni moraju formirati vezu koja mora biti čvrsta, da se ne dešava veliki prijenos topline i da materijal bez većih problema i poteškoća može prolaziti kroz njih. Stavlja se i potpora od nehrđajućeg čelika. Temperature se mogu kretati od 150°C do 250°C.

Mlaznica je promjera:

- od 0.3 mm do 1.0 mm, promjer koji koristi većina printera je 0.4 mm

### 5.3. Grijaća ploča (radna podloga)

Grijaća ploča ili možemo reći da je to radna podloga 3D printera (slika 5.4), na nju se nanosi rastaljeni materijal koji dolazi iz ekstrudera (mlaznice). Ona se isto zagrijava na neku određenu temperaturu, te temperature su manje od temperature ekstrudera. Njezina uloga je da spriječi naglo hlađenje predmeta i savijanje koje bi se desilo da se predmet naglo ohladi. Materijal koji izlazi iz sapnice puno bolje prijanja na podlogu, zato jer se podloga zagrijava i time spriječava savijanje te dobivamo bolju kvalitetu proizvoda.

Grijaća ploča ima i svoje dimenzije koje su zapravo radna površina printera, to je površina na kojem printer može printati. To su zapravo dimenzije predmeta koje su nam dozvoljene za rad na nekom printeru. Ploče printera na kojem ja rađen rad bile su dimenzija 200 mm x 200 mm. Grijaća ploča tako zapravo održava ravnomjerne temperature kroz cijeli predmet koji se printa, omogućava da se svojstva materijala bolje ponašaju na toj podlozi i ne dozvoljava naglo hlađenje i skupljanje materijala.



Slika 5.4. Grijaća ploča

Dijelovi grijaće ploče:

- ploča koja se grije napravljena od nekog električni vodljivog materijala - obično se koristi metalni materijal (aluminij) zbog dobre i ravnomjerne provodljivosti ali koriste se i drugi

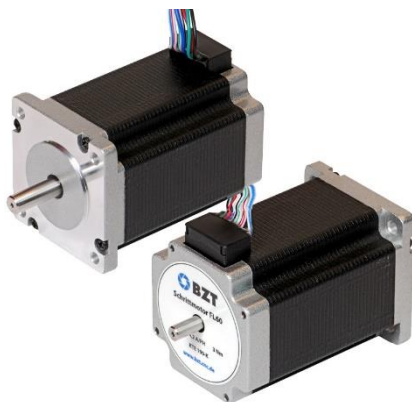
- površinska ploča je materijal koji se nanosi na površinu i puno bolje prijanja na taj tip površine. Neki od primjera su plava vinil traka, poliamidna traka, ljepila, premazi, ploče od aluminija, bakra i dr.

Za PLA materijal se preporuča temperatura ploče od 50°C do 60°C, a za ABS 100°C. Za zagrijavanje ploče potrebna je struja jakosti 6 A.

#### 5.4. Koračni motori

Koračni motori (slika 5.5) su elektromehanički pretvornici energije, oni pulsnu električnu pobudu pretvaraju u koračni mehanički pomak (translacijski ili rotacijski). Koriste se za većinu prijenosa u 3D printeru. Ovim tipom motora se upravljanje provodi izravno s računala, programabilnim logičkim upravljačem ili mikrokontrolerom. Omogućuje precizno pozicioniranje opterećenja. Motor je izdržljiv, pouzdan i ne zahtijeva održavanje.

Koračna brzina se kod komercijalnih motora kreće od oko 100 do preko 10.000 koraka u sekundi [k/s]. Pri malim brzinama rotor se zaustavlja na svakom koračnom položaju, pri srednjim brzinama kutna brzina oscilira ovisno o položaju i nema zaustavljanja na svakom koračnom položaju, a pri velikim koračnim brzinama dešava se kontinuirano gibanje.



Slika 5.5. Koračni motori



## 5.5. Mehanizam koji dovodi materijal do ekstrudera

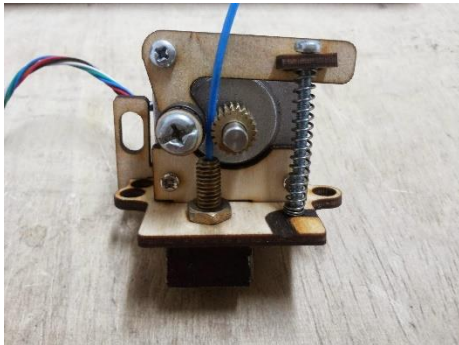
Mehanizam služi da se dovede materijal do ekstrudera (slika 5.6), gdje materijal dalje ide kroz postupak printanja. Materijal koji se dovodi je u obliku žice i namotan je na kolut.

Načini dostave materijala ovisno o tome gdje se motor nalazi:

- mehanizam kao jedan dio ekstrudera: mehanizam se nalazi na području hladnog dijela, spojen s motorom, povećava težinu ekstrudera
- odvojeni mehanizmi: težina ekstrudera je manje nego kod mehanizma koji je spojen s ekstruderom, mehanizam i motor nisu spojeni s ekstruderom

Dva najčešća tipa ovog prijenosa jesu pužni prijenosnik i mehanizam kotača.

Pužni prijenosnik se može okretati većim brzinama, gdje je potreban manji okretni moment, a mehanizam kotača zahtjeva sporost okretanja motora i da na materijal izravno djeluje moment motora.



Slika 5.6. Ekstruder sa mehanizmom koji dovodi materijal [14]

## 5.6. Materijal (žica namotana na kolut, filament)

Kao što je navedeno materijal je u obliku polimerne žice namotan na kolutu. Standardan promjer žice je 1,75 mm ili 3 mm. Materijal se nalazi na kućištu printera i okreće se kako je potrebno, ovisno koliko materijala je potrebno prilikom printanja. Materijali od kojih se proizvodi su većinom PLA i ABS.



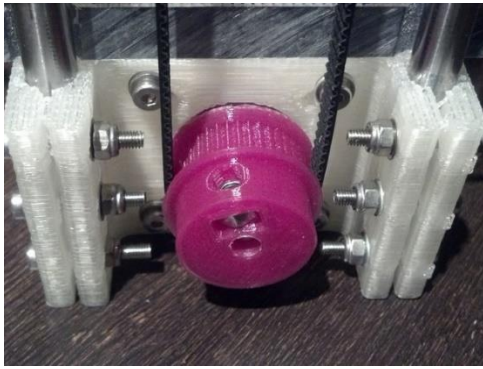
Slika 5.7 Materijal (filament)[18]

## 5.7. Prijenosi gibanja

Prijenosi gibanja su načini kako se 3D printer kreće po svojim osima. Ekstruder se kreće po x, y osi a grijaća ploča se kreće po z osi. Po tim se osima kreće preko vodilica koje održavaju smjer gibanja svih komponenti koje se kreću.

Vrste prijenosa gibanja su:

- remenski prijenos (slika 5.8): ovaj način koristi većina 3D printera, Remenice koje su nazubljene vežu se za pokretni dio, rotacijom motora se rotira zupčanik koji se nalazi na vratilu motora, zupčanik pokreće remenice i ide u smjeru koji želimo, smjer koji smo zadali



Slika 5.8. Remenski prijenos

- linearni motor: to je oblik elektromotora koji nema rotirajućih dijelova (rotora), umjesto okretnog momenta djeluje linearna sila uslijed koje dolazi do linearnog gibanja i oslobađa se mehanički rad



Slika 5.9.  
Linerani  
Motor



Slika 5.10.  
Linerana  
vodilica

- prijenos preko vretana: s ovim načinom prijenosa dobivamo bolji i precizniji prijenos, vreteno je s motorom povezano izravno, dvije vrste takvog prijenosa su navojno vreteno i kuglično vreteno.

## 5.8. Ostali dijelovi

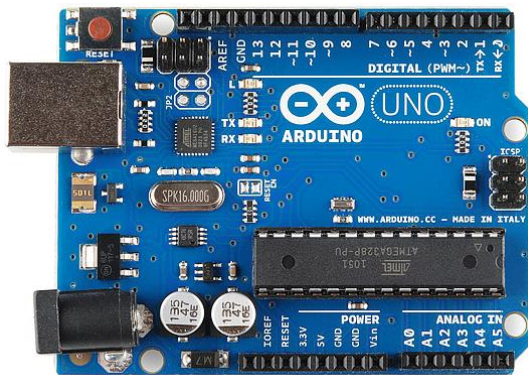
3D printer se još sastoji od kartice, napajanja, grijača, termistora, žica, mikroprekidača, ventilator.

Kartica koja pokreće printer na kojemu raden Završni rad naziva se Arduino Mega 2560 R3. Ona je jednostavna za korištenje, jeftina, lako se povezuje s računalom i dostupna svima.

Napajanje (slika 5.12) je dio koji pruža printeru struju i napon, te osigurava da svaki dio prima određenu količinu energije. Glavni zadatak napajanja je pretvoriti 220V u 3.3V, 5V i 12V. Na našem se printeru trenutno koristi napajanje koje može napajati i osobno računalo.

Mikroprekidači šalju svoje signale kao povratnu informaciju matičnoj ploči, a oni nastaju pri dolasku u određeni položaj.

Žice povezuju cijeli sistem, svi dijelovi su međusobno povezani preko žica.



Slika 5.11. Arduino kartica [15]



Slika 5.12. Napajanje

## 6. MATERIJALI KOJI SE KORISTE ZA 3D PRINTANJE

Postoji puno različitih materijala koji se koriste za 3D printanje. Većina materijala koji se koriste su polimeri, ali naravno zbog sve veće potražnje različitih vrsta materijala i predmeta koji se s ovom tehnologijom žele proizvesti konstantan je napredak u tom smjeru. Dva materijala koja se najčešće koriste su akrilonitril butadiene stiren (ABS) i polilaktid (PLA).

### 6.1. Akrilonitril butadiene stiren (ABS)

ABS je amorfni polimer i nastaje polimerizacijom emulzije ili mase akrilonitrila i stirena u prisustvu polibutadiena. Neke od svojstava (najvažnijih) ABS-a su tvrdoća i otpornost na udar. Jedni od najvećih proizvođača jesu LG Chem, Chi-Mei, Trinseo i Styrolution. Proizvođači većinom za proizvodnju ABS-a koriste polimerizaciju emulzije, a Trinseo koristi polimerizaciju mase.

Tri glavna svojstva preko kojih se obično definira jesu:

- tečljivost
- otpornost na udar
- otpornost na topline

Dodavanjem pojedinih aditiva i promijena u proporcijama komponenata može dovesti do različitih tipova sa specifičnim svojstvima. Akrilonitrin daje ABS-u krutost, otpornost na kemikalije i toplinu. Stiren monomer mu daje jako dobru mogućnost prerade a butadien ga čini otpornijim i tvrdim i pri niskim temperaturama. Zbog slabe otpornosti na vremenske uvjete preporuka je da se primjenjuje u enterijeru.

ABS se koristi pri temperaturama između  $-20^{\circ}\text{C}$  do  $+80^{\circ}\text{C}$ . Rastvorljiv je u ketonima, esterima, etilen dikloridu ili acetenu, prerađivati se može u procesima ekstruzije ili brizganja.

Akrilonitril butadiene stiren je otporan na alkale, vodene rastvore kiselina, koncentriranu klorovodičnu i fosforu kiselinu, alkohole, mineralne i biljne masti. Šteti mu koncentrirana sumporna i azotna kiselina .

Primjene ABS-a jesu:

- opće: igračke, roba široke potrošnje, zaštitne kacige, telefoni itd.

- automobilska industrija: stupovi, rešetke, obrubi sjedišta itd.
- uređaji za kućanstvo: kućišta uređaja za kućanstvo, kontrolne ploče itd.
- ekstruzija: krovovi traktora, tepisi, obrubi namještaja itd.



Slika 6.1. Zupčanik od akrilonitril butadiena stirena (ABS) [21]

## 6.2. Polilaktid (PLA)

PLA je biorazgradivi plastomer i dobiva se iz obnovljivih izvora. Dozvoljava bojanje, ne mrvlji se, dozvoljava završnu obradu (glodanje, poliranje, šmirglanje itd.). Može izdržati temperature od 60 °C bez deformacija. To je zdrava organska plastika, ima reputaciju ekološkog materijala za 3D printanje i pravi se od kukuruza.



Slika 6.2. Proizvod od polilaktida (PLA)

Tvrđi je od ABS materijala, njegova svojstva se smanjuju ako se dugo ostavi izložen na suncu i nije fleksibilan. Međutim PLA je jako dobra plastika za konceptne i funkcionalne prototipe, završne proizvode i materijale za marketing. Zbog dodatne čvrstoće ova plastika nije baš dobra

za uklapanje elemenata i razvoj kompleksnih mehanizama. Ona dozvoljava da isprintamo sloj debljine 0.05 milimetara (50 mikrona). Ima površinu ugodnu na dodir, bolje izgleda od ABS plastike i izuzetno je precizna.

### 6.3. Poliamid (PA)

Poliamidi su polimeri dugih lanaca s jedinicama amida. Ova vrsta polimera se dobiva polimerizacijom amidom kiseline odnosno poliamid 6.6 (PA 66) je taj koji se dobiva reakcijom jantarne kiseline s heksametilenediaminom.

Poliamidi spadaju u grupu polimera s najširoom primjenom, zbog odličnog odnosa performansi i cijene.

Glavani tipovi poliamida su:

- poliamid 6 (PA 6)
- poliamid 6.6 (PA 66)



Slika 6.3. Poliamid 6 (PA 6) [22]

Neke od glavni karakteristike poliamida jesu:

- velika snaga i krutost
- otporni su na starenje pod utjecajem visokih temperature i tokom dugih vremenskih perioda
- tvrdoća i pri niskim temperaturama
- visoka protočnost za lako punjenje kalupa
- otpornost na abraziju
- izvanredna kemijska otpornost
- odličan odnos cijene i performansi

Neke od primjene poliamida jesu:

- automobilska industrija: poklopci motora, mjenjač, spojke, zatezači lanaca itd.
- elektrika i elektronika: konektori, prekidači, razvodni uređaji niskog napona itd.

- opća primjena: folije za pakiranje, motorni alati, vezovi skija, roleri itd.

#### **6.4. Polikarbonat (PC)**

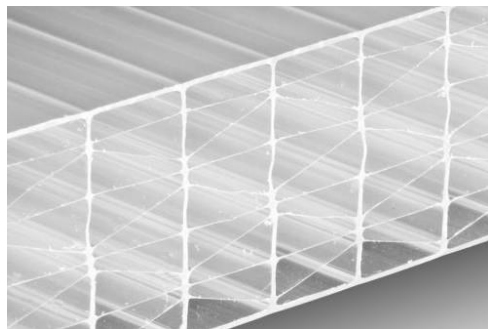
Polikarbonati spadaju u skupinu plastomera. Polikarbonati s povećanjem temperature polako omekšavaju, time omogućuju uspješno ali sporije ekstrudiranje pri nižim temperaturama nego što je propisano (zna biti korisno pri zamjeni materijala). Polikarbonat je plastomer visoke čvrstoće, ima visoku temperaturu taljenja i optičku prozirnost.

Neke od primjene polikarbonata jesu:

- u automobilskoj i zrakoplovnoj industriji
- u medicini
- općenito u mnogim različitim područjima

Polikarbonat omogućuje izdržljivost, preciznost, stabilnost a njegovi dijelovi su vrlo čvrsti i omogućavaju različita funkcionalna ispitivanja. Imaju posebnu kombinaciju žilavosti, krutosti, čvrstoće te su im mehanička svojstva bolja od ABS-a.

Polikarbonati su još uvijek materijali prilično novi u području 3D printanja i njihova veća upotreba tek dolazi, baš zbog dobrih svojstava. Mali je problem što su im pri printanju potrebene i temperature od 250°C do 320°C, temperature podloge od 120°C do 130°C, a kada se završi s printanjem trebaju se dobro ohladiti.



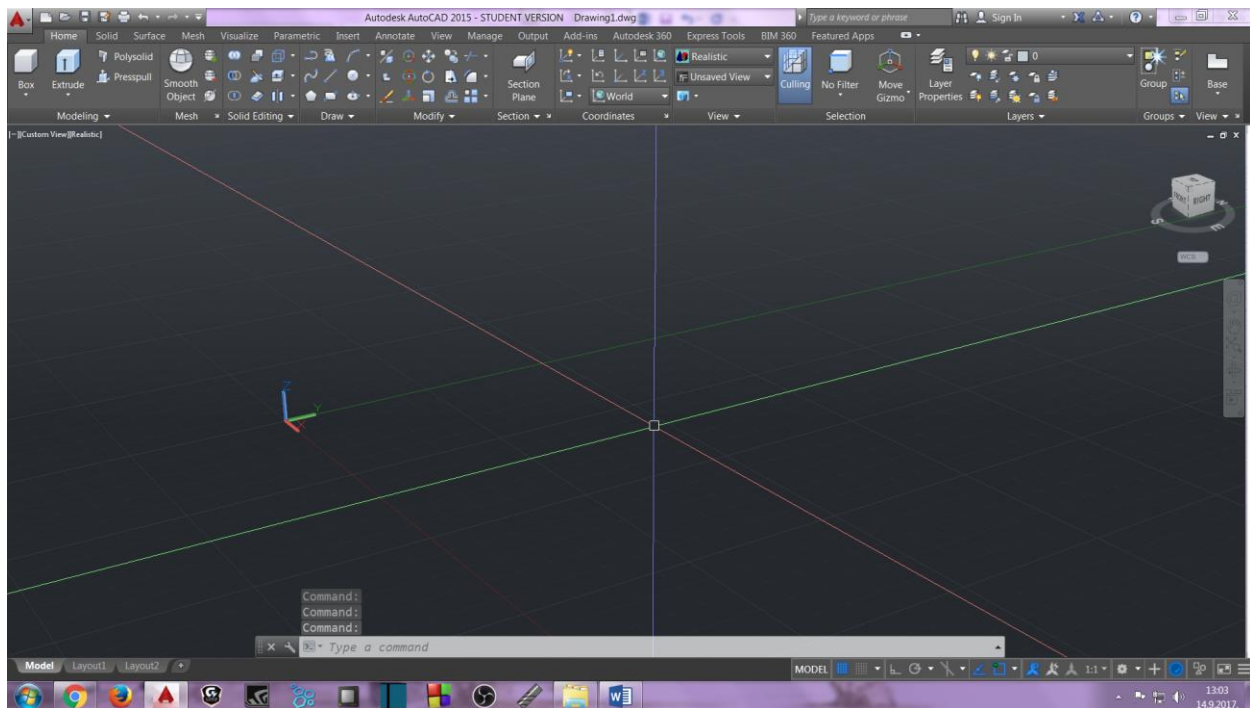
Slika 6.4. Polikarbonat (PC)

## 7. IZRADA DIJELA PREMA CRTEŽU BROJ 010

Printer na kojem je rađen Završni rad izrađen je kao tema jednog diplomskog rada. U ovom dijelu završnog rada prvo će se objasniti crtanje modela u programu (AutoCAD), rad s tim modelom (repetier-host), postavkama za bolje printanje, ispitivanje preciznosti i printanje modela.

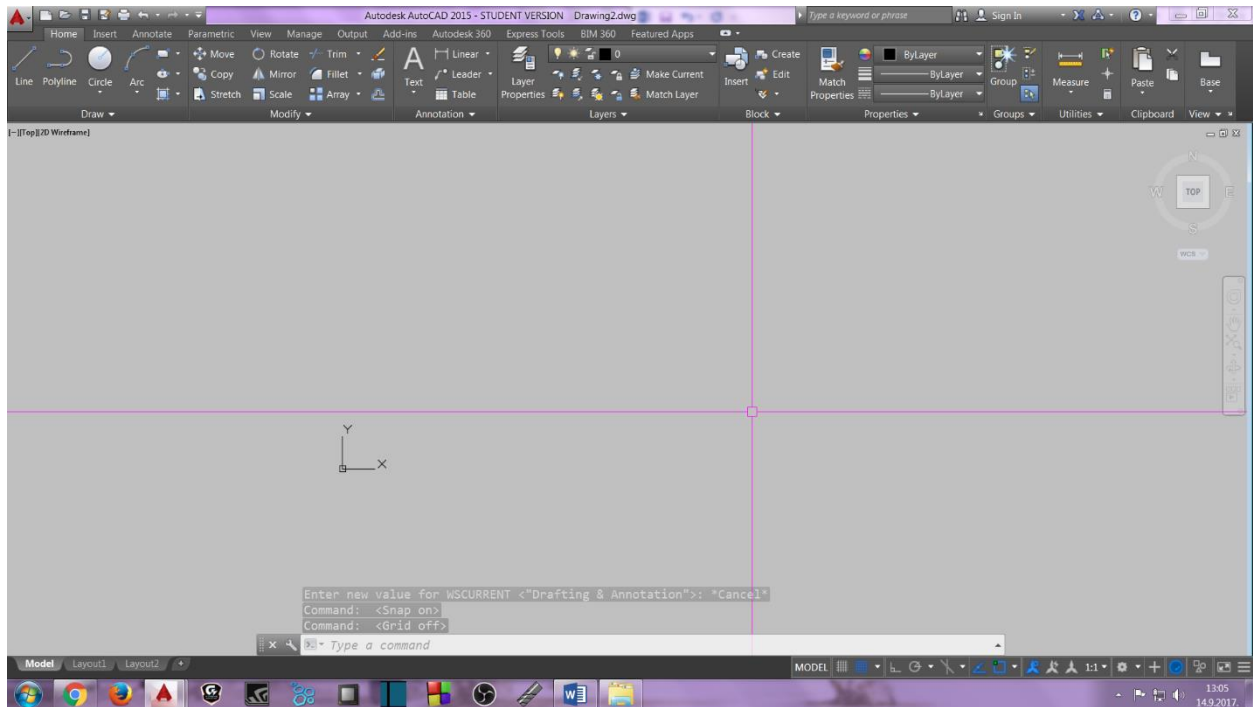
### 7.1. Modeli izrađeni u autocadu i printani s programom Repetier-Host

AutoCAD je jedan od najpoznatijih CAD proizvoda, za projektiranje koje se obavlja na računalu. U autocadu se može raditi u 2d (dvodimenzionalno) i u 3d (trodimenzionalno) crtanje. Ima veliki broj alata koji se u njemu može koristiti, posebno je precizan i dobar za rad u 2d crtanju.



Slika 7.1. Prikaz 3D prostora za crtanje (AutoCAD)

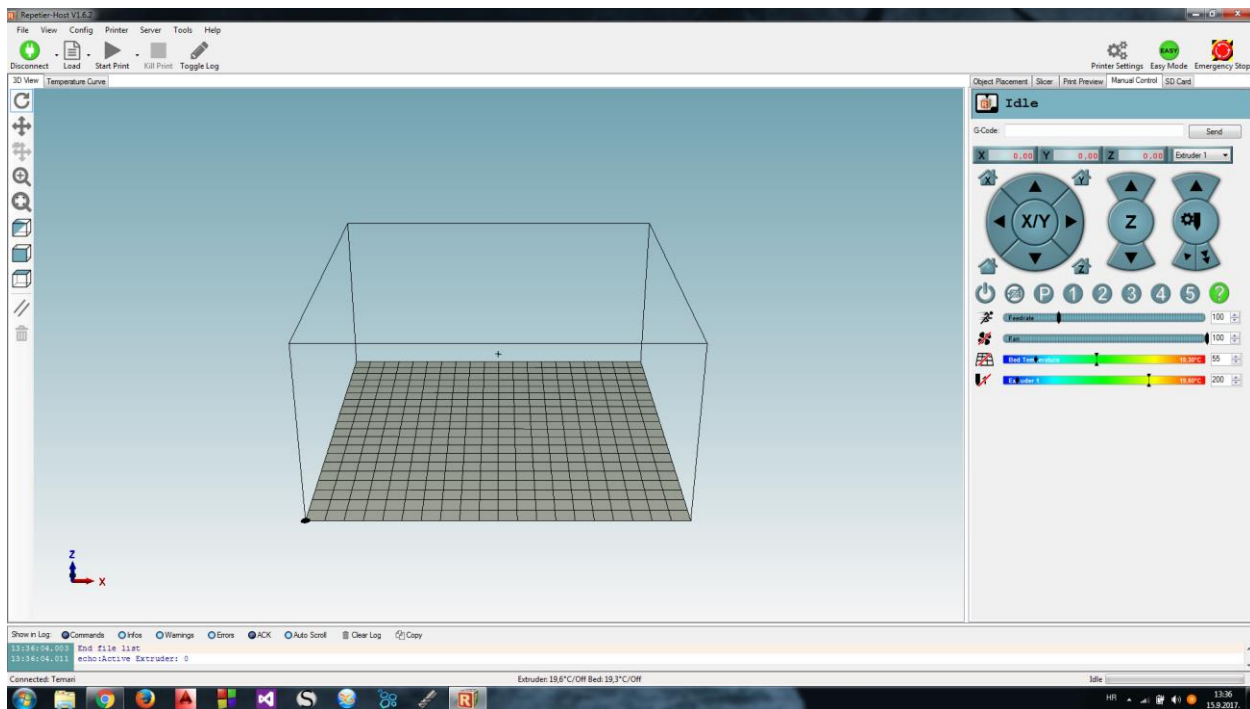




Slika 7.2. Prikaz 2D prostora za crtanje (AutoCAD)

Ovdje će biti prikazani modeli nacrtani u AutoCAD-u. Modeli su crtani u 2D za bolju preglednost i u 3D za printanje. Postoje lakši i bolji programi za crtanje u 3D ali je korišten AutoCAD zbog toga jer se već prije susretalo s tim programom i postoje određena iskustva za rad u AutoCAD-u.

Repetier-Host je jedan od najkorištenijih softvera za rad na 3D printeru. Mogu se dodati i pozicionirati STL datoteke koje predstavljaju simulirani izgled proizvoda. Na njemu možemo postavljati razne postavke za model koji printamo (brzine printanja, temperature ekstrudera i grijaće ploče, postavke slojeva, veličinu radne površine itd.), vidjeti putanje kretanja ekstrudera i još mnogo toga.



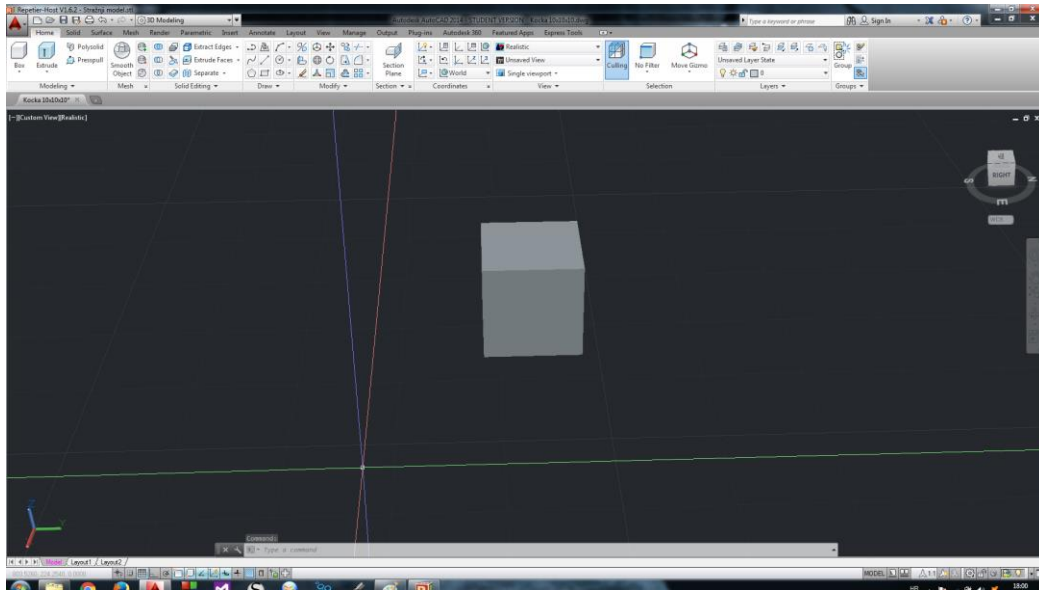
Slika 7.3. Prikaz softvera Repetier-Host (dio s “ručnim” micanjem osi i još nekim mogućnostima)

Prilikom rada na 3D printeru bio je problem prepoznavanja 3D printera, javljao se kao nepoznat uređaj. To se može dogoditi prilikom nadogradnje windowsa i ovisno o windowsu kojeg koristimo. Onda se zapravo preko posebnog arduino programa “ručno” pronade taj nepoznati uređaj i označi ga se kao uređaj koji ima svoje ime i kojeg želimo koristiti. Tako da kompaktibilnost windowsa i 3D printera zna imati svojih problema, često puta zna problem biti USB kabel, ali za sve postoji rješenje.

## 7.2. Ispitivanje preciznosti stroja izradom kocke 10mm x 10mm x 10mm

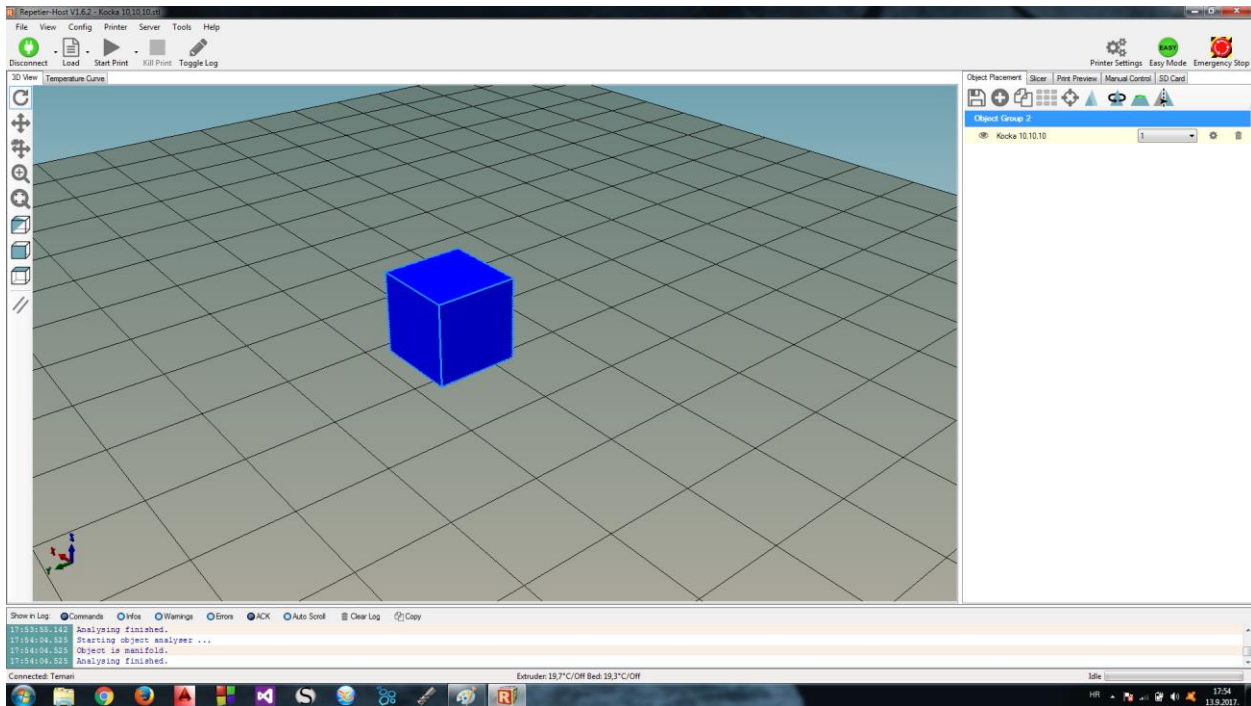
U ovom dijelu završnog rada pokušala se dobiti što bolja preciznost stroja tako što se ispitivala preciznost rada printera na kocki veličine 10mm x 10mm x 10mm.

Prikaz modela kocke u 3D programu (AutoCAD):

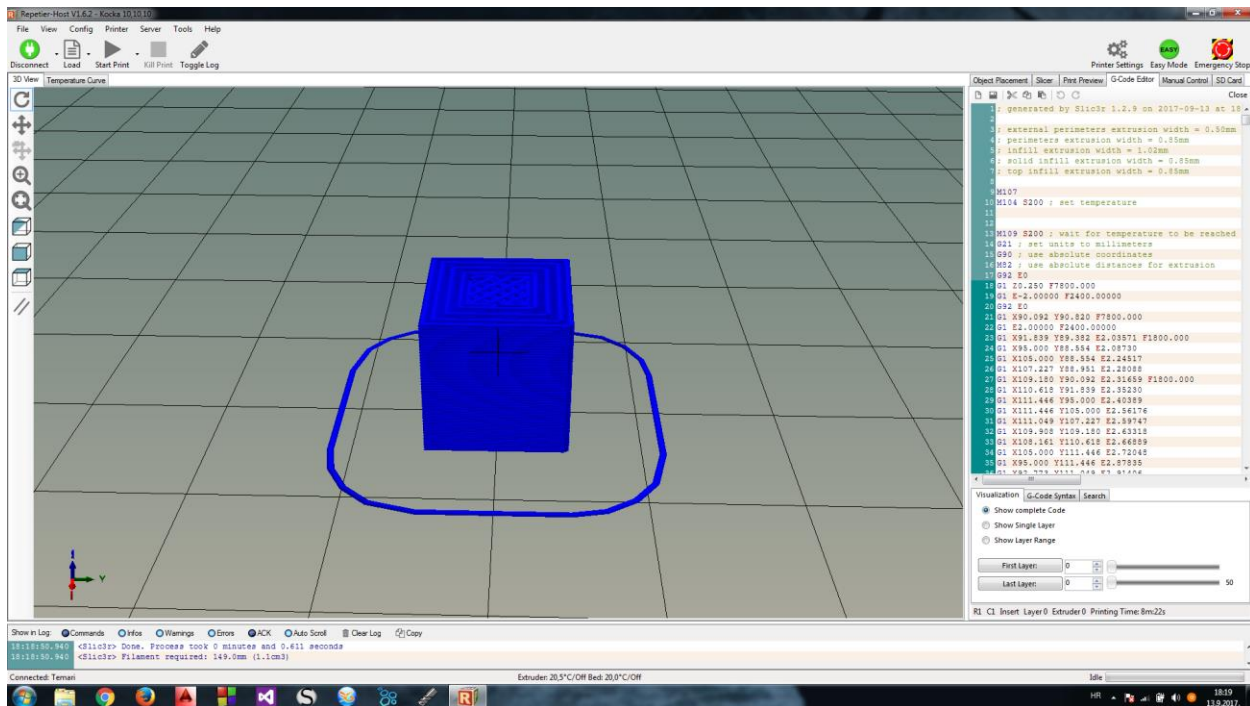


Slika 7.4. Prikaz modela kocke u 3D prostoru

Nakon ovog postupka (crtanje modela) modeli su pretvoreni u STL format da se mogu koristiti u programu za rad na printeru. Prikaz modela kocke u programu za printanje (repetier):



Slika 7.5. Prikaz modela kocke (repetier)



Slika 7.6. Prikaz modela kocke za printanje

Dobivanje što bolje preciznosti je bilo prilično zahtjevno, javljali su se različiti problemi koji su se pojavljivali u radu. Printer nije serijske proizvodnje i nije imao svoje točno zadane specifikacije.

Žica s kojom se printalo bila je debljine 1.75mm, promjer mlaznice 0.5 mm. Na početku su se dobivali jako slabi modeli. Pri prvom printanju dobio se model koji je bio i do nekoliko milimetara drugačiji od zadanog modela. Tako je u par navrata pokušala isprintati kocka veličine 10mm x 10mm x 10mm. Provjerene su sve osi i remeni da su u dobrom stanju, dodatno su učvršćeni - ako su neki olabavljeni tokom vremena, podmazivani su ležajeve, prilagođeno je postavljanje osi u nultu poziciju. Podešena je grijaća ploča, opruge na kojima je postavljena ploča su podešavane da budu ravne u odnosu na ekstruder. Unutar “slic3ra” je pokušavano dobiti dobru kvalitetu proizvoda.

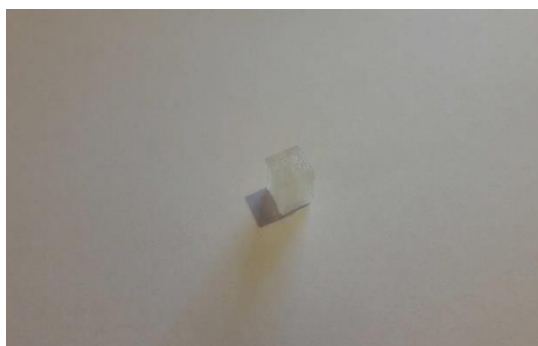
Bitne postavke za dobivanje ove preciznosti kocke prikazane su u tablici 7.1.:

Tablica 7.1. Postavke 3D printera za dobivanje tražene preciznosti

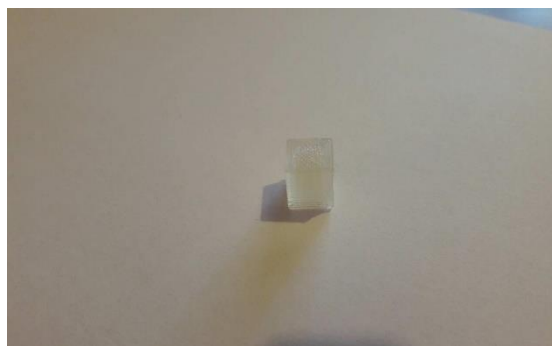
<b>Slojevi i parametri</b>		<b>Brzina</b>	
Visina prvog sloja	0.35 mm	Kruto ispunjavanje vrh	30 mm/s
Visina sloja	0.2 mm	<b>Filament</b>	
Vodoravne ljuške - čvrsti sloj	dno 5 vrh 4	Ekstruder	prvi sloj 203°C ostali 200°C
<b>Ispunjavanje</b>			
Gustoća napunjenosti	70 %		
Gustoća uzorka	saće		
Gustoća uzorka vrh/dno	koncentričan		
Kut ispunjenja	45°		
<b>Brzina</b>			
Ispunjavanje	50 mm/s		
Kruto ispunjavanje	50 mm/s		

Temperatura grijanja je bila manja prilikom printanja kocke, nego kod printanja kućišta jer se kocka ne hladi dovoljno brzo. Za svaki novi model treba ponovno isprobati i namjestiti ako je potrebno da model bude još bolji, ali ove postavke nam mogu poslužiti kao jako dobar indikator od kuda krenuti a i u većini slučajeva bi nas i ove postavke trebale zadovoljiti ovisno koju kvalitetu proizvoda tražimo.

Preciznost kocke koja je dobivena bila je dimenzija: 10.15mm x 10.15mm x 10.15mm.

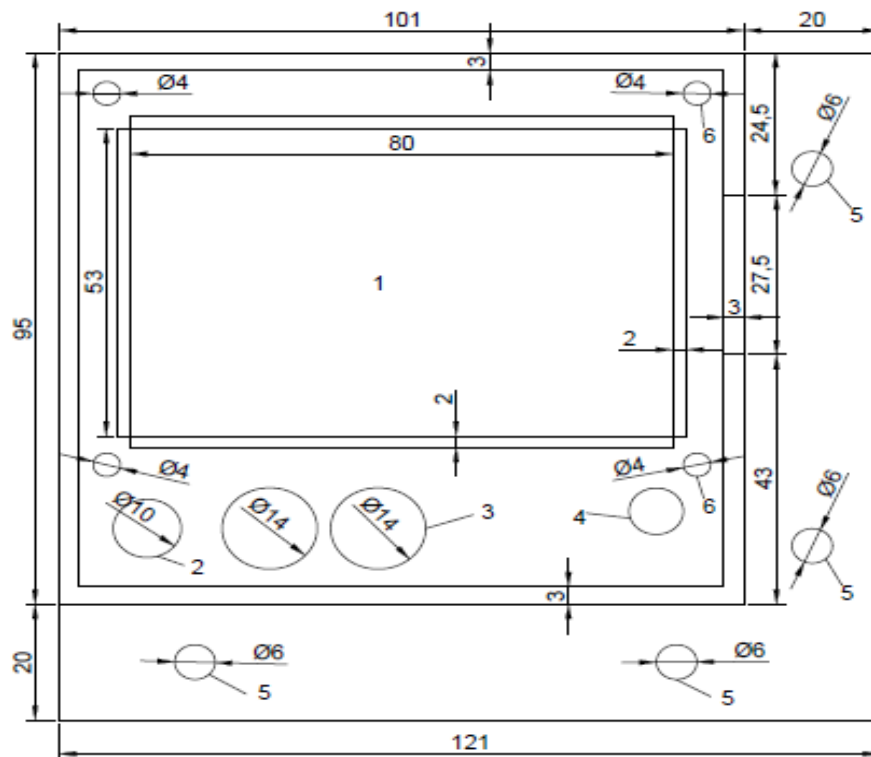


Slika 7.7. Prikaz modela kocke (1)

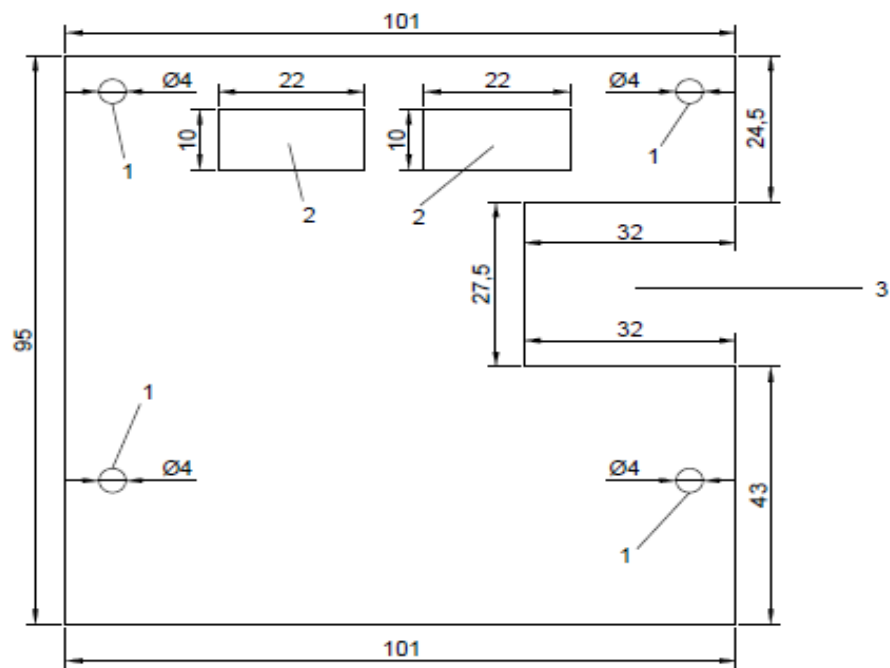


Slika 7.8. Prikaz modela kocke (2)

### 7.3. Nosač za LCD panel (kućište) crtež br. 010

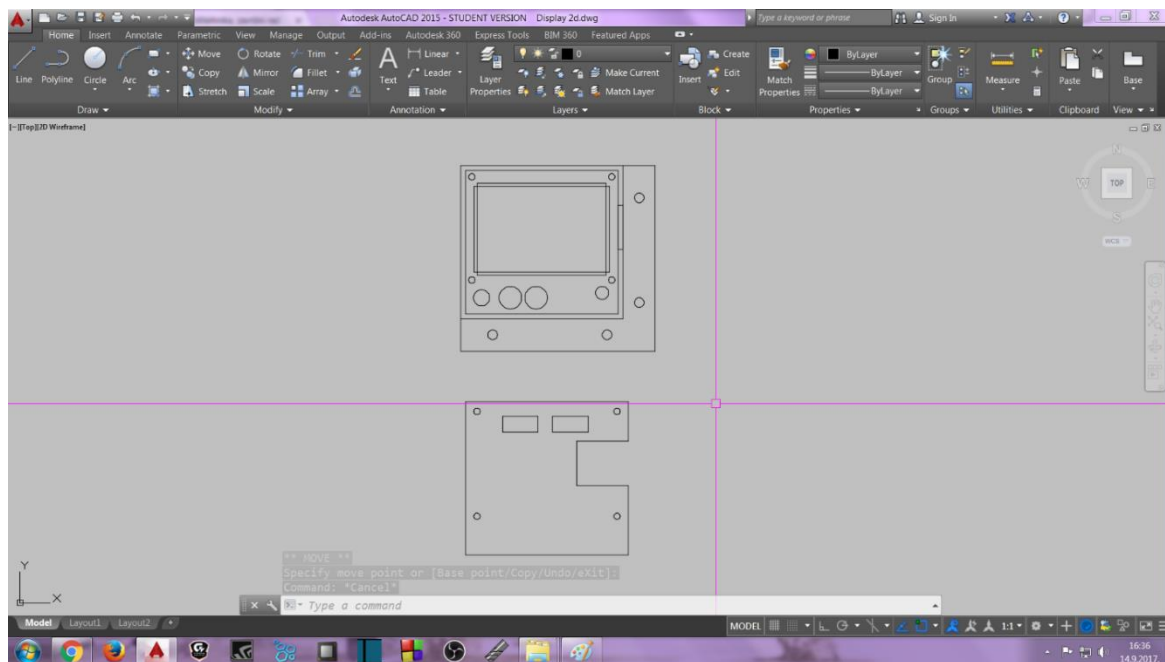


6	Rupa Ø4 za spajanje dva dijela i stabiliziranje displeja		
5	Rupa Ø6 za montiranje kućišta na 3D printer		
4	Otvor za EDE		
3	Otvor za STOP, zaustavu displeja		
2	Otvor za kontrolu displeja		
1	Otvor za displej 12864LCD		
Filozofski Fakultet Rijeka	Naziv rada: Prednji dio kućišta	Broj crteža: 2	Mjerilo 1:1



3	Otvor za SD karticu		
2	Otvori za žice spojeni sa arduino karticom		
1	Rupa Ø4 za spajanje dva dijela i stabiliziranje displeja		
Filozofski Fakultet Rijeka	Naziv rada: Stražnji dio kućišta	Broj crteža: 1	Mjerilo 1:1

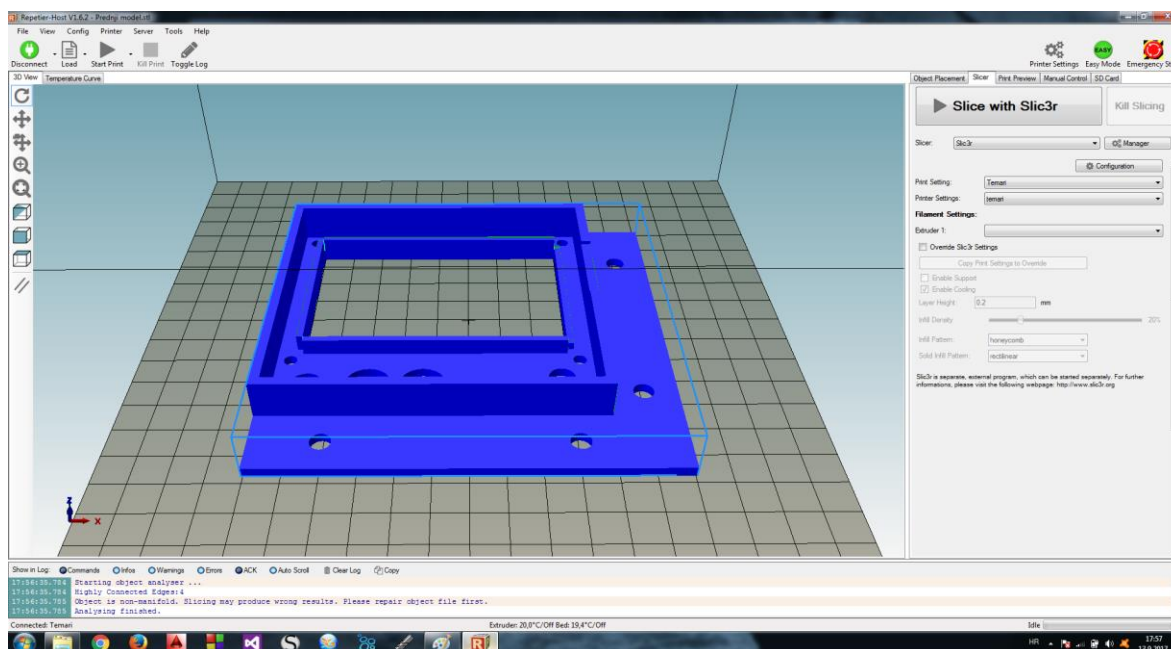
## Prikaz crteža kućišta u 2D programu (AutoCAD):



Slika 7.9. Prikaz crteža prednjeg i stražnjeg dijela kućišta u 2D prostoru

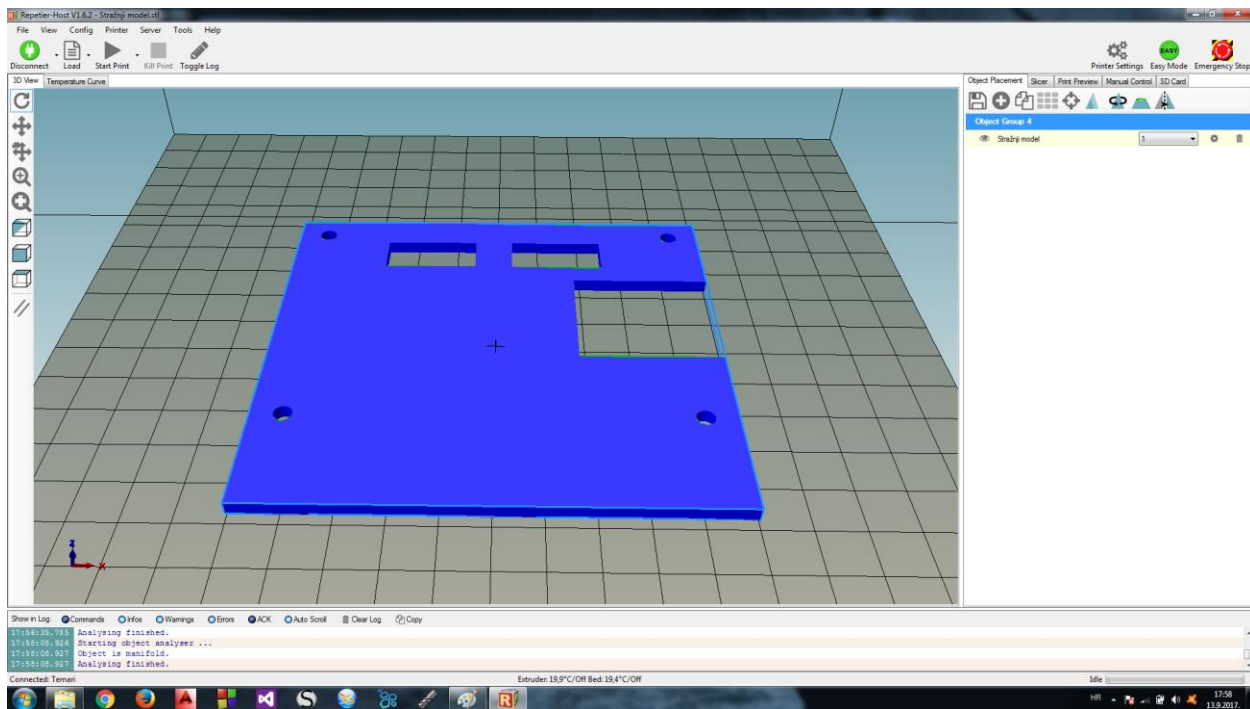
Nakon ovog postupka (crtanje modela) ti modeli su pretvoreni u STL format da se mogu koristiti u programu za rad na printeru.

## Prikaz modela kućišta u program za printanje (repetier):



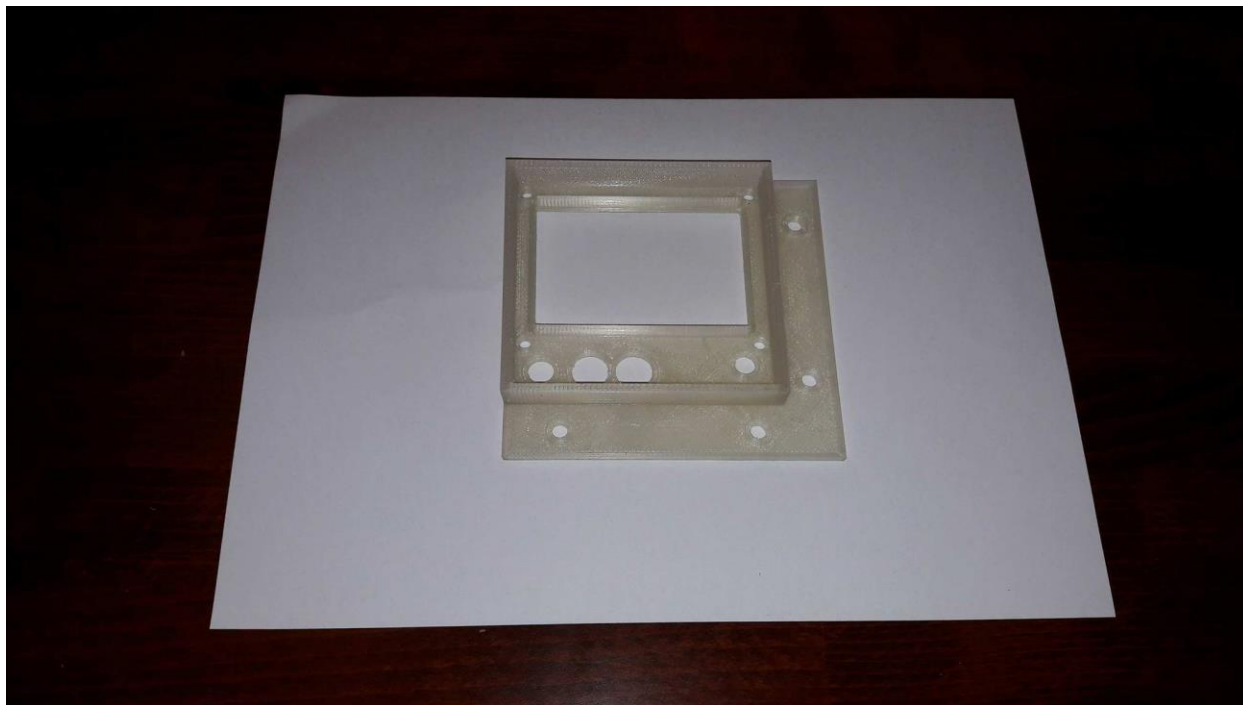
Slika 7.10. Prikaz modela prednjeg dijela kućišta (repetier)





Slika 7.11. Prikaz modela stražnjeg dijela kućišta (repetier)

Nakon svih postavki za printanje u programu dobivenih prilikom ispitivanja preciznosti na kocki, da proizvod bude što bolji, modeli su spremni za printanje i potom je uslijedilo printanje.



Slika 7.12. Prikaz proizvoda prednjeg dijela kućišta



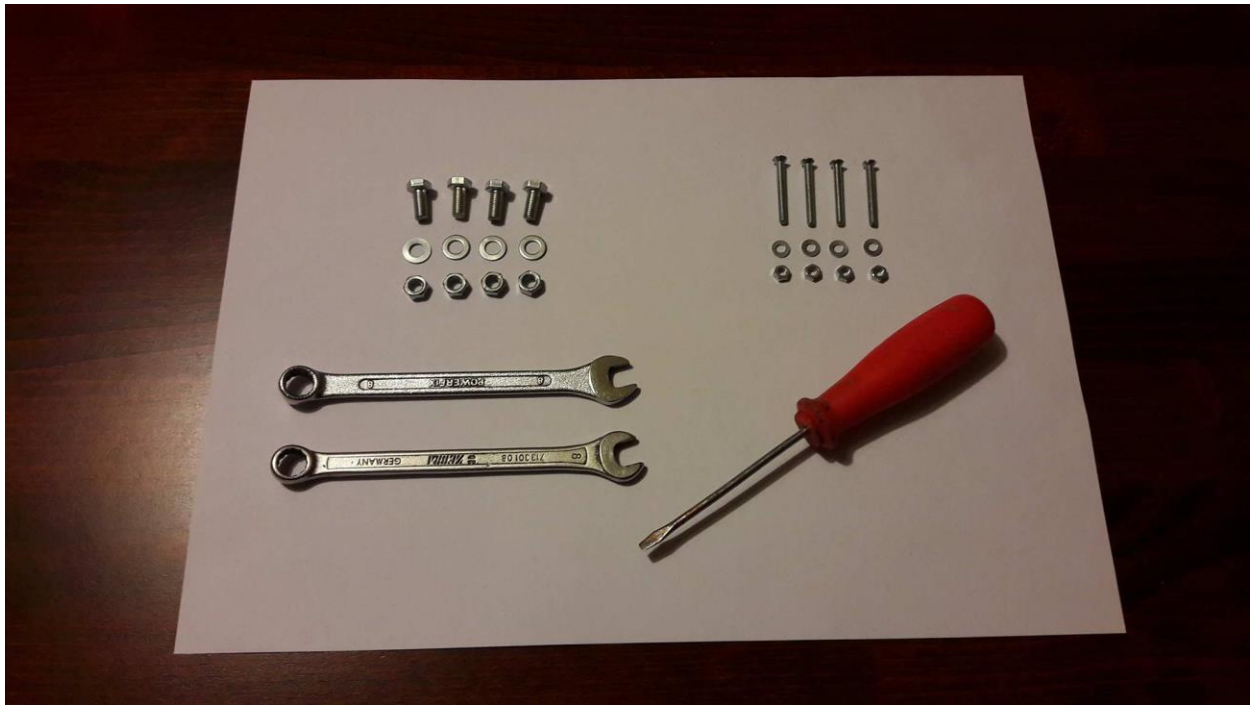
Slika 7.13. Prikaz proizvoda stražnjeg dijela kućišta

## Monitriranje kućišta

Nakon što je isprintano kućište, izbušeni su provrti na kućištu 3D printera s ručnom baterijskom bušilicom. Koristilo se svrdlo debljine  $\text{Ø}5$  za željezo. Provrti su bušeni jedan po jedan tako da provrt bušen s manjim svrdlom  $\text{Ø}3$  pa sa svrdlom  $\text{Ø}4.2$  radi manjeg zagrijavanja i lakšeg prolaska kroz materijal (da ne dođe do puknuća svrdla). Na početku je bio lagani pritisak na početku da svrdlo uđe u materijal i nakon toga s jačim pritiskom da svrdlo prođe kroz materijal i izbuši provrt.



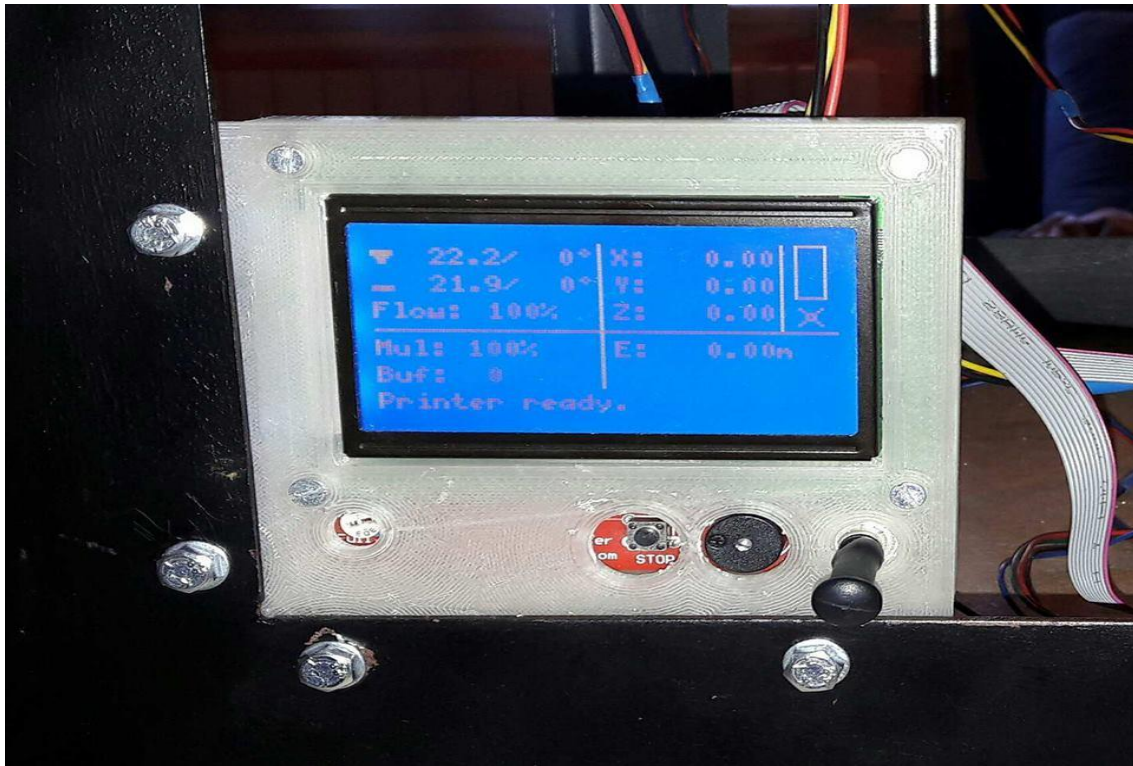
Slika 7.14. Prikaz ručne baterijske bušilice i svrdla koje je korišteno



Slika 7.15. Prikaz viličastih ključeva, odvijača, vijaka, matica i podloški koje su korištene

Nakon bušenja provrta odvijačem i viličastim ključem za šesterokutne glave vijka i matice spojena su dva dijela kućišta. Najprije se s vijcima M3 i maticama za te vijke pomoću viličastog ključa i odvijača spojilo dva dijela kućišta s unutra postavljenim displejom što je blokiralo displej unutar kućišta.

Potom se kućište s displejom montiralo (pričvrstilo) na kućište 3D printera tako da je s viličastim ključem pričvršćen vijak M5 i matice (s njihovim podloškama).



Slika 7.16. Prikaz proizvoda montiranog na 3D printer (1)



Slika 7.17. Prikaz proizvoda montiranog na 3D printer (2)

## 8. NAJNOVIJA TEHNOLOGIJA 3D PRINTANJA

Neke od najnovijih dostignuća u 3D printanju je printer koji može printati 10 različitih materijala odjednom. Ovakav tip printera stvara potpuno nove mogućnosti kreiranja i proizvodnje objekata koje je bilo prije jako teško, gotovo nemoguće ispisati.

Znanstvenici osmišljavaju načine kako koristiti nove i neobične materijale u 3D printerima, međutim to i dalje ostavlja jedan veliki problem a to je da velika većina printera i dalje funkcionira s jednim izvorom materijala (jedan od primjera je polimer), zbog toga se ozbiljno umanjuje kompleksnost predmeta koji se s time mogu napraviti. Znanstvenici u SAD-u su tako po prvi put razvili printer koji može printati 10 materijala odjednom, to će omogućiti potpuno novi niz predmeta (objekata) koji se mogu brzo isprintati a da nije potrebno naknadno ručno sastavljanje odvojeno ispisanih elemenata. Postoje već printeri koji mogu printati s više materijala ali maksimalan broj materijala s kojima mogu printati je tri i cijena im je prilično visoka (cijena im može biti i do 250.000 dolara).

Nova vrsta printera koja omogućava printanje 10 različitih materijala naziva se MultiFab 3D printer, kojeg su razvili znanstvenici Laboratorija za računalstvo i umjetnu inteligenciju na institutu za tehnologiju u Massachusettsu (MIT). Takav printer će biti puno jeftinije izraditi (oko 7000 dolara) i izrada kompleksnih predmeta biti će puno jednostavnija. Objekt koji se izrađuje od 10 materijala biti će puno kompleksniji i zbog toga MultiFab će koristiti posebne tehnike skeniranja kako bi vodio samog sebe tijekom ispisivanja.

MultiFab ima i mogućnost 3D skeniranja objekta i ispisivanja oko njega ekstremnom preciznošću. Inženjeri koji su radili na njemu kažu da će možda biti moguće staviti svoj elektronski uređaj (npr. mobitel) unutar 3D printera i unijeti postavke da ispisuje ravno na uređaj ili bi se moglo printati oko njega, što će omogućiti da se 3D objekt isprinta oko funkcionalnog elektronskog uređaja.

## 9. ZAKLJUČAK

3D printer kao i svaki stroj zahtjeva održavanje, u slučaju neodržavanja stroj će naravno izgubiti na performansama. Prilikom rada na stroju može doći do različitih poteškoća, grešaka, na to se mora uvijek biti spreman. Meni je na radu na ispitivanju preciznosti stroja trebalo jako puno vremena da savladam greške koje su se dešavale prilikom pritanja a neke od njih su namještanje temperature kako bi se dobilo optimalne temperature ekstrudera i podloge, brinzine printanja, postavke slojeva, prijanjanje na podlogu. Zahvaljući nastavnicima na fakultetu imalo se priliku steći praksu na 3D printeru i kada bi se ponovno radilo na nekom drugom printeru sigurno bi se lakše postupalo u nekim situacijama.

Za izradu kocke nije trebalo puno materijala jer je ona dimenzija 10mm x 10mm x 10mm a vrijeme koje je bilo potrebno da se ta kocka isprinta je manje od 10 minuta. Za kućište je bilo potrebno za oba dva dijela oko 4 sata (2 i pol sata za veći dio, sat i 20 minuta manji dio) i bilo je potrebno oko 100 grama materijala. A ako uračunamo da je cijena jednog kilograma polilaktida oko 200 kuna, onda dobijemo da smo na kućište potršili materijala od oko 20 kn. Prilikom završetka printanja treba proizvod ostaviti da se ohladi, da ne bi došlo prilikom vađenja do deformacije proizvoda. Kada se proizvod ohladi treba se pažljivo izvaditi.

Možemo zaključiti kako cijene materijala i materijal koji je potrošen na izradu je prihvatljiv za rad, međutim vrijeme koje je potrebno da se neki primjerak proizvede je još uvijek prilično dugo i baš se u tom dijelu treba tražiti napredak kako bi ova tehnologija i dalje nastavila ići pravim smjerom.

Ovo je tehnologija budućnosti, koja tek mora pokazati svoj puni potencijal. Ova tema je odabrana baš zbog svoje zanimljivosti i potencijala. Sve se više ljudi želi baviti tom tehnologijom i traži nove ideje. Kako je sve veći broj ljudi uključen u to područje tako je i napredak konstantan. Pronalaze se novi načini, novi materijali koji se kasnije mogu iskoristiti i za druga područja. Postoji puno različitih modela, printera s različitim specifikacijama tako da je svaki savjet, nečije iskustvo dobro došlo. Najbolje se samostalno upustiti u taj proces te polako skupljati znanje i iskustvo koje će dovesti do boljeg i pametnijeg izbora 3D printera.

## 10. LITERATURA

- [1] <https://www.ffri.hr/~mdundjer/> (pregledano, 12.kolovoza 2017.)
- [2] <https://www.3drepublika.com/sta-je-poly lactide/> (pregledano, 13.kolovoza 2017.)
- [3] Pilipović, A.: Aditivna proizvodnja, Polimeri 33(2012)3-4, 134 - 135
- [4] <http://www.resinex.hr/polimer-vrste/abs.html> (pregledano, 5.kolovoza 2017.)
- [5] <https://geek.hr/znanost/clanak/prvi-3d-printer-koji-printa-10-razlicitih-materijala-odjednom/> (pregledano, 6.kolovoza 2017.)
- [6] <http://repozitorij.fsb.hr/3036/1/Diplomski%20rad.pdf> (pregledano, 10.kolovoza 2017.)
- [7] <http://anaruzic.wixsite.com/3dprinter/vrste> (pregledano, 3.kolovoza 2017.)
- [8] [https://www.nabava.net/3d-pisaci\\_4030](https://www.nabava.net/3d-pisaci_4030) (pregledano, 13.kolovoza 2017.)
- [9] <http://www.3ders.org/articles/20160210-the-20-biggest-3d-printers-in-2016.html> (pregledano, 8.kolovoza 2017.)
- [10] <http://www.123print.hr/blog/xyzprinting-da-vinci-junior-3d-printer/> (pregledano, 9.kolovoza 2017.)
- [11] [https://bs.wikipedia.org/wiki/3D\\_printanje](https://bs.wikipedia.org/wiki/3D_printanje) (pregledano, 7.kolovoza 2017.)
- [12] <https://3dprinting.com/what-is-3d-printing/> (pregledano, 3.kolovoza 2017.)
- [13] <http://pcchip.hr/printer/3d-printeri-iz-virtualnog-u-materijalno/> (pregledano, 14.kolovoza 2017.)
- [14] <http://diy3dprinting.blogspot.hr/2014/11/atom-diy-low-cost-simple-extruder-made.html> (pregledano, 12.kolovoza 2017.)
- [15] <https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-an-arduino> (pregledano, 8.kolovoza 2017.)
- [16] [https://motherboard.vice.com/en\\_us/article/53d9vk/the-brutal-edit-war-over-a-3d-printers-wikipedia-page-reprap](https://motherboard.vice.com/en_us/article/53d9vk/the-brutal-edit-war-over-a-3d-printers-wikipedia-page-reprap) (pregledano, 9.kolovoza 2017.)
- [17] <https://manufaktura28.com/2012/11/23/sto-3d-printer-radi-po-noci/> (pregledano, 9.kolovoza 2017.)
- [18] [http://eprints.grf.unizg.hr/2239/1/Z576\\_Leko\\_Helena.pdf](http://eprints.grf.unizg.hr/2239/1/Z576_Leko_Helena.pdf) (pregledano, 11.kolovoza 2017.)



- [19] <http://www.plastikainfo.com/tehnologija/materijali-abs-akrilonitril-butadien-stiren-acrylonitrile-butadiene-styrene> (pregledano, 4.kolovoza 2017.)
- [20] <http://ba.asia-billion-plastic.com/info/abs-plastic-material-properties-18267327.html>
- [21] <https://www.thingiverse.com/thing:343922> (pregledano, 8.kolovoza 2017.)
- [22] <http://italtehnasi/prodajni-program/tehnicka-plastika/poliamind6.html>(pregledano, 13.kolovoza 2017.)
- [23] <http://www.izit.hr/primjena/> (pregledano, 2.kolovoza 2017.)
- [24] <http://repozitorij.fsb.hr/3036/> (pregledano, 3.kolovoza 2017.)
- [25] <http://www.womeninadria.com/3d-printanje-od-ideje-proizvoda-u-nekoliko-minuta/>  
(pregledano, 6.kolovoza 2017.)