

ŠOLA ZA STROJNIŠTVO, GEOTEHNIKO IN OKOLJE
Trg mladosti 3, VELENJE 3320

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ SAŠA REGIJE

RAZISKOVALNA NALOGA

3D TISKANJE Z ODPADNO PLASTIKO

Tematsko področje: TEHNIKA IN TEHNOLOGIJA

Avtorja:

Dane Šibanc, 3. letnik

Marcel Plaskan Hodnik, 3. letnik

Mentorja:

Jožef Hrovat, dipl. inž. str.

Stanislav Glinšek, inž. str.

Velenje, 2024

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Šoli za strojništvo, geotehniko in okolje Velenje.

Mentor: Jožef Hrovat, dipl. inž. str.

Somentor: Stanislav Glinšek, inž. str.

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

II

ŠD Srednja šola za strojništvo, geotehniko in okolje, 2023/2024

AV Dane ŠIBANC, Marcel Plaskan HODNIK,

SA Jože HROVAT, Stanislav GLINŠEK,

KZ 3320, Velenje, SLO, Velenje

ZA Srednja šola za strojništvo, geotehniko in okolje

LI 2024

IN Izdelava naprave za 3D-tiskanje z odpadno plastiko

TD Raziskovalna naloga

OP VIII,

IJ S1

JI sl/en

AI

Raziskovalna naloga se osredotoča na razvoj naprave za izdelavo filamenta za 3D tiskanje iz odpadnih plasten, s ciljem ustvariti trajnostno rešitev za ponovno uporabo plastičnih odpadkov. Znotraj naloge razvija tehnične vidike naprave, ki omogoča učinkovito recikliranje in pretvarjanje odpadne plastike v kakovostno surovino za 3D tiskanje. Pomemben vidik raziskave vključuje tudi oceno okoljskih in ekonomskih dejavnikov ter preučevanje potencialne uporabe naprave v lokalnih okoljih. S to nalogo želiva spodbuditi trajnostno prakso in zmanjšati obremenitev z odpadno plastiko, hkrati pa ponuditi inovativno rešitev za razvoj okolju prijaznih tehnologij za domačo uporabo.

KEY WORDS DOCUMENTATION

III

ND Srednja šola za strojništvo, geotehniko in okolje, 2023/2024

AU Dane ŠIBANC, Marcel Plaskan HODNIK,

AA Jože HROVAT, Stanislav GLINŠEK,

PP 3320, Velenje, SLO, Velenje

PB High school for engineering, geotechnical engineering and environment

PY 2024

TI Manufacturing of a device for 3D printing with waste plastic

DT Research work

NO VIII,

LA SI

AL sl/en

AB

The research project focuses on the development of a device for producing filament for 3D printing from waste plastic bottles, with the aim of creating a sustainable solution for reusing plastic waste. Within the project, we are developing the technical aspects of the device, which enable efficient recycling and conversion of waste plastic into high-quality material for 3D printing. An important aspect of the research also involves assessing the environmental and economic impacts and studying the potential use of the device in local environments. With this project, we aim to promote sustainable practices and reduce the burden of plastic waste, while also offering an innovative solution for the development of environmentally friendly technologies for household use.

KAZALO

Vsebina

1. UVOD	8
1.1 HIPOTEZE	8
2. TEORETIČNI DEL / 3D TISKANJE	9
2.1 Tehnologija 3D tiskanja	9
2.2 Uporaba 3D tiskalnika	9
2.3 Uporabnost postopka 3D tiskanja	10
2.4 Vrste 3D tiskanja.....	10
3. VRSTE MATERIALOV ZA 3D TISKANJE	12
3.1 Material za tiskanje PETG	12
4. RECIKLIRANJE PLASTIKE	14
4.1 Postopki reciklaže	15
4.2 Kaj je odpadek	16
4.3 Vrste odpadkov	16
4.4 Stanje na področju ločevanja odpadkov in recikliranja v Sloveniji.....	17
4.5 Odpadna embalaža.....	17
4.6 Recikliranje plastenk.....	17
5. PRAKTIČNI DEL.....	18
5.1 Idejna zasnova	18
5.2 izbira tipa filameta glede na 3D tiskalnik, ki so na trgu.....	18
6. NAČRTOVANJE IN IZDELAVA NAPRAVE	19
6.1 Načrtovanje mize.....	19
6.1.1 Model noge za mizo	20
6.2 Natisnjeni deli za električno inštalacijo	21
6.3 Komponente za priklop napajanja in termostat.....	22
6.4 Komponente za navijalni mehanizem	23
6.5 Vse 3D natisnjene komponente za napravo za izdelavo filameta.....	23
6.6 Izdelava šobe MK8.....	24
6.7 Mehanske komponente	25
6.7.1 DC motor	25
6.7.2 PWM krmilnik	26
6.7.3 Napajalnik.....	26
6.8 Elementi za taljenje plastike.....	27

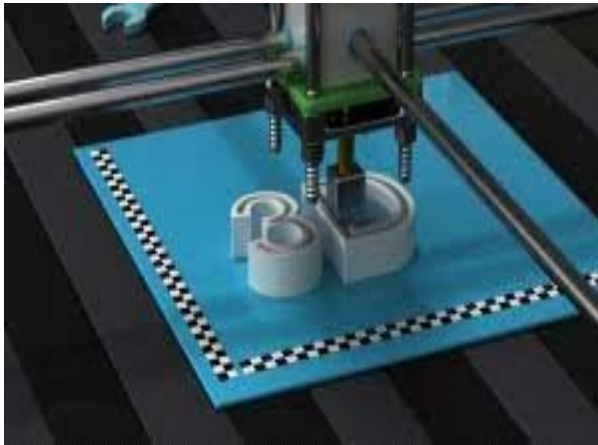
6.9 Stroški izdelave kalkulacija izdelka	27
7. Postopek priprave reciklaže.	28
7.1 Priprava plastenke za reciklažo	28
7.2 Nastavitev parametrov reciklaže	29
7.3 Napeljava PETG filamenta do navijalnega koluta.....	30
8. TISKANJE Z RECIKLIRANIM FILAMENTOM	32
8.1 3D tiskanje in ocena kvalitete kalibracijske kocke.....	32
9. RAZPRAVA.....	34
10. IZBOLJŠAVE	35
11. VIRI	35
12. ZAHVALA.....	35
13. PRILOGE	36

Kazalo slik

Slika 1: Tehnologija 3D tiskanja	9
Slika 2: Primer 3D tiskanih objektov.....	10
Slika 3: Postopek FDM.....	11
Slika 4: Model, izdelan s 3D tiskalnikom FDM.....	11
Slika 5: Material za tiskanje PLA.....	12
Slika 6: Različno obarvan PETG filament	13
Slika 7: Morje, onesnaženo s plastičnimi odpadki.....	14
Slika 8: Znak za ponazarjanje recikliranja.....	15
Slika 9: Odpadki.....	16
Slika 10: Odpadne plastenke	
Slika 11: Jezero, polno plastičnih odpadkov.....	18
Slika 12: FDM 3D tiskalnik in izdelek	19
Slika 13: SolidWorks logotip	19
Slika 14: Model mize.....	19
Slika 15: Dokončana miza.....	20
Slika 16: Model noge za mizo	21
Slika 17: Natisnjeni deli za električno inštalacijo.....	21
Slika 18: Priprava modelov pred 3D tiskanjem.....	22
Slika 19: Komponenta za regulacijo temperature, komponenta za priklop elektrike z stikalom.....	22
Slika 20: Komponente za navijalni mehanizem	23
Slika 21: Vse 3D natisnjene komponente	23
Slika 22: Model še ne predelane šobe.....	24
Slika 23: Model predelane šobe	25
Slika 24: DC motor	25
Slika 25:PMW komponenta	26
Slika 26: Napajalnik 12V5A.....	26
Slika 27: Grelec in termistor	27
Slika 28: Končni produkt naprava za recikliranje plastenke v filament.....	28
Slika 29: Priprava plastenke.....	28
Slika 30: Začetek rezanja materiala.....	29
Slika 31: Napeljava plastičnega traku skozi grelno komponento	29
Slika 32: Gumbi za nastavitve	30
Slika 33: Napeljava materiala	30
Slika 34: Naprava med delovanjem	31
Slika 35: Recikliran filament	31
Slika 36: Merjenje debeline materiala.....	32
Slika 37: 3D tiskanje z recikliranim filamentom	32
Slika 38: Tiskanje kalibracijske kocke	33
Slika 39: Merjenje kalibracijske kocke.....	33
Slika 40: 3D tiskanje z recikliranim filamentom	34

1. UVOD

3D tiskanje, znano tudi kot aditivna proizvodnja, je revolucionarna tehnologija, ki omogoča ustvarjanje tridimenzionalnih predmetov plast za plastjo iz digitalnega modela. Za razliko od tradicionalnih proizvodnih metod, ki vključujejo odvzem materiala z rezanjem ali oblikovanjem, 3D tiskanje ustvarja predmete z dodajanjem materiala natančno tam, kjer je potreben, kar prinaša minimalne odpadke in največje možnosti prilagajanja. Ta izjemna tehnologija najde aplikacije v različnih industrijah, od letalske in avtomobilske do zdravstva in potrošniških izdelkov, omogoča hitro prototipiranje, proizvodnjo po naročilu in kompleksne geometrije oblikovanja, ki so bile prej nedosegljive. Ker se 3D tiskanje zelo hitro razvija, obljublja, da bo preoblikovalo proizvodne paradigme, ponudilo nove ustvarjalne možnosti in preoblikovalo način, kako razmišljamo, proizvajamo in interakcijo z objekti v digitalni dobi.



1.1 HIPOTEZE

Hipoteze, ki sva jih postavila pri izdelavi naprave za reciklažo plasten v filament za 3D tiskanje, so naslednje:

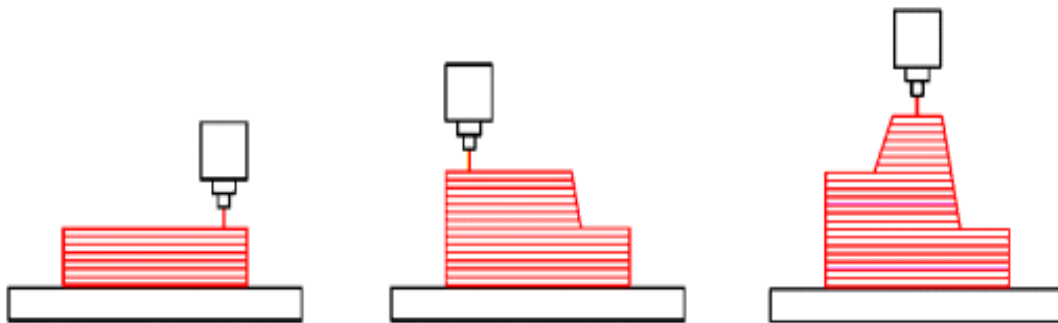
1. Izdelava lahko delujočo napravo za recikliranje plastenke v filament za 3D tiskanje.
2. Izdelani filament je v merskih tolerancah kupljenega filameta.
3. Temperatura tiskanja je enaka kot za standardni PETG filament.
4. Z recikliranim filamentom lahko natisnemo 3D izdelek.

2. TEORETIČNI DEL / 3D TISKANJE

3D tiskalnik je naprava, ki omogoča izdelavo tridimenzionalnih predmetov s plastenjem materiala po plasteh na podlagi digitalnega modela. Ta tehnologija je znana tudi kot aditivna proizvodnja, saj se material postopoma dodaja, namesto da bi ga odvezemali, kar je značilno za tradicionalne proizvodne procese. 3D tiskalniki lahko delujejo s številnimi materiali, vključno s plastiko, kovinami, keramiko, smolami in celo biološkimi materiali. Uporabljajo se na različnih področjih, npr. v proizvodnji, medicini, arhitekturi, izobraževanju, umetnosti in obrti ter za raziskovalne in prototipne namene.

2.1 Tehnologija 3D tiskanja

3D tiskanje je tehnološki proces, ki z dodajanjem materiala ustvari tridimenzionalen objekt. Obstaja več vrst tiskalnikov, v osnovi pa vsi delujejo po principu nanašanja slojev, ki stvarijo končni model. Zato temu postopku strokovno rečemo tudi slojevita tehnologija in spada med dodajalne tehnologije. Danes se za poimenovanje dodajalnih, oziroma slojevitih tehnologij najpogosteje uporablja izraz 3D tiskanje, zato ga bomo uporabili tudi v raziskovalnem delu.



Slika 1: Tehnologija 3D tiskanja

Tehnologija 3D tiskanja se poleg uporabe za namen izdelave prototipov uporablja tudi za izdelavo končnih izdelkov. Pojem imenujemo hitro izdelovanje (angl. Rapid manufacturing). Uporablja se predvsem za izdelovanje personaliziranih izdelkov, prilagojenih vsakemu posamezniku.

2.2 Uporaba 3D tiskalnika

3D tiskalniki se uporabljajo v številnih industrijah in seveda tudi za domače namene. Nekatera področja pogoste uporabe:

- Izdelava prototipov: 3D tiskanje omogoča hitro in poceni izdelavo prototipov, kar je koristno pri razvoju novih izdelkov in idej.

- Izdelava končnih izdelkov: V nekaterih primerih se 3D tiskalniki uporabljajo za proizvodnjo končnih izdelkov, še posebej v ciljnih ali prilagojenih industrijskih segmentih.
- Medicinska uporaba: V medicini se 3D tiskalniki uporabljajo za izdelavo protetičnih delov, ortopedskih pripomočkov, modelov organov za kirurško načrtovanje in celo za tiskanje tkiva in organov.
- Arhitektura in gradbeništvo: 3D tiskanje omogoča hitro izdelavo arhitekturnih modelov, prototipov in celo manjših stavb s posebnimi tiskalniki za gradnjo.
- Izobraževanje: 3D tiskanje se vse bolj uporablja tudi v izobraževalne namene, saj omogoča učencem praktično izkušnjo ustvarjanja in oblikovanja.

2.3 Uporabnost postopka 3D tiskanja

- Hitra izdelava prototipov za preizkušanje in razvoj izdelkov.
- Možnost ustvarjanja prilagojenih in personaliziranih izdelkov.
- Popravila in izdelava nadomestnih delov za različne naprave.
- Uporaba v izobraževanju za praktično učenje in poučevanje STEM konceptov.
- Ustvarjanje edinstvenih umetniških del in oblikovalskih eksperimentov.
- Medicinske aplikacije, kot so izdelava ortopedskih pripomočkov in modelov organov.
- Uporaba v arhitekturi in gradbeništvu za izdelavo modelov in manjših struktur.
- Znanstvene in raziskovalne aplikacije, vključno z ustvarjanjem laboratorijskih modelov in opreme.



Slika 2: Primer 3D tiskanih objektov

2.4 Vrste 3D tiskanja

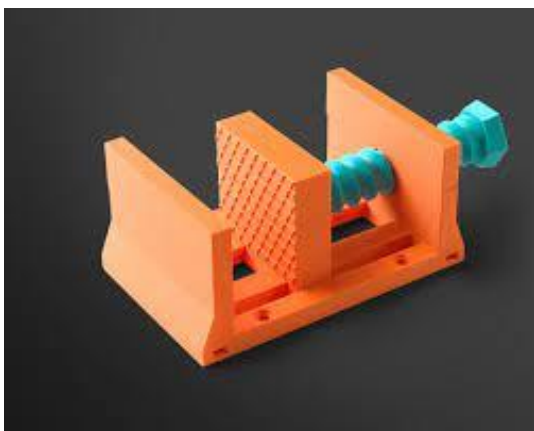
Danes obstaja več deset vrst postopkov 3D tiskanja, najpogosteje pa uporabljamo:

- FDM (Fused Deposition Modeling): Pri tem postopku se plastična žica, imenovana filament, stopi in natančno nanese na platformo ena na drugo, dokler ni oblikovan celoten predmet.

- SLA (Stereolitografija): Ta tehnologija uporablja lasersko svetlobo, ki utrjuje tekočo smolo plast za plastjo, pri čemer ustvarja tridimenzionalne objekte s točnostjo in podrobnostmi.
- SLS (Selektivno lasersko sintranje): Pri tem postopku se fin prah materiala (npr. plastika, kovina) selektivno stopi s pomočjo laserskega žarka, ki sledi vzorcu iz digitalnega modela.
- SLM (Selektivno lasersko taljenje): Podobno kot SLS, pri čemer se uporablja lasersko taljenje za stopanje finih plasti kovin ali zlitin, da se ustvari tridimenzionalni objekt.
- DLP (Digitalno svetlobno projiciranje): Ta metoda uporablja digitalno projiciranje svetlobe za utrjevanje plasti smole, kar omogoča hitrejšo izdelavo objektov v primerjavi s SLA.



Slika 3: Postopek FDM



Slika 4: Model, izdelan s 3D tiskalnikom FDM

3. VRSTE MATERIALOV ZA 3D TISKANJE

Obstaja več vrst materialov, ki se uporabljajo za 3D tiskanje. Najpogostejši izmed njih so:

- PLA (polilaktid) je biološko razgradljiv polimer, pridobljen iz naravnih virov, kot sta koruza ali sladkorni trs. Je enostaven za tiskanje, okolju prijazen in ima manj moči kot nekateri drugi materiali. Primeren je za tiskanje modelov, prototipov in okrasnih predmetov.
- ABS (akrilonitril butadien stiren) je trden in vzdržljiv termoplastični polimer, ki se uporablja za tiskanje delov, ki zahtevajo večjo trdnost in odpornost na udarce. Je bolj odporen na vročino kot PLA, vendar je težji za tiskanje in zahteva ogrevano tiskalno ploščo.
- PETG (polietilen tereftalat s glikolom) je trpežen in prozoren material z dobrimi mehanskimi lastnostmi, primeren za tiskanje funkcionalnih delov, embalaže in prosojnih predmetov. Je enostaven za tiskanje in ima manjše krčenje kot ABS.
- NYLON je najboljši material za tiskanje funkcionalnih delov z visoko trdnostjo, prožnostjo in odpornostjo na udarce. Je vpojen in zahteva posebne nastavitve tiskanja.
- TPE (termoplastični elastomer) se uporablja za tiskanje prožnih predmetov, kot so tesnila, ovitki za telefone, in za elastomerne dele.
- PVA (polivinil alkohol) je topljiv v vodi in se uporablja kot podporni material za kompleksne geometrije. Idealen je za tiskanje podpornih struktur, ki jih nato enostavno izperemo.



Slika 5: Material za tiskanje PLA

3.1 Material za tiskanje PETG

PETG je kratica za polietilen tereftalat s glikolom. Gre za termoplastični polimer, ki je pridobljen iz kombinacije polietilenskega glikola in polietilen tereftalata. Ta material se lahko uporablja pri 3D tiskanju.

Značilnosti:

- **Trpežnost:** PETG je izjemno trden material, kar ga naredi primerne za tiskanje funkcionalnih delov, ki zahtevajo moč in vzdržljivost.
- **Odpornost:** Zaradi svoje odpornosti na udarce je PETG primeren za tiskanje predmetov, ki morajo zdržati obremenitve in nevarnosti poškodb.
- **Transparentnost:** PETG je delno prozoren material, kar omogoča tiskanje prosojnih ali delno prozornih predmetov, ki imajo estetski ali praktični pomen.
- **Manjše krčenje:** Med tiskanjem in ohlajanjem se PETG manj krči kot nekateri drugi materiali, kar zmanjšuje tveganje za deformacije in zagotavlja bolj natančne rezultate.
- **Odpornost na vremenske vplive:** PETG je odporen na vlago in UV sevanje, kar ga naredi primerne za uporabo v zunanjih okoljih ali za izdelavo predmetov, ki so izpostavljeni soncu in vlagi.



Slika 6: Različno obarvan PETG filament

Priporočila za tiskanje:

- Za najboljše rezultate tiskajte pri temperaturi 220-240 °C*.
- Priporočena temperatura grelne mize je 80 °C.
- Uporabite stekleno ploščo, PEI folijo, kapton ali modri trak za tiskalno površino s pršilom 3Dlac.

4. RECIKLIRANJE PLASTIKE

Reciklaža plastičnih mas je izjemno pomembna iz več razlogov:

- Varčevanje z viri: Reciklaža omogoča ponovno uporabo plastičnih materialov, kar zmanjšuje potrebo po pridobivanju novih surovin in s tem varčevanje z naravnimi viri.
- Zmanjšanje odpadkov: Plastični odpadki predstavljajo velik del smeti, ki konča na odlagališčih ali v naravi. Reciklaža pomaga zmanjšati količino odpadkov, ki se odvržejo, kar ima pozitiven vpliv na okolje.
- Zmanjšanje onesnaževanja: Plastični odpadki lahko onesnažujejo okolje in ogrožajo živali ter ekosisteme. Reciklaža pomaga zmanjšati količino plastičnih odpadkov, ki končajo v naravi, s čimer se zmanjšuje tudi negativen vpliv na okolje.
- Energijska učinkovitost: Reciklaža plastičnih mas pogosto zahteva manj energije kot proizvodnja novih plastičnih izdelkov iz prvotnih surovin. To pomeni manjšo porabo energije in zmanjšanje emisij toplogrednih plinov.
- Ekonomski učinki: Reciklaža lahko ustvari delovna mesta v industriji reciklaže in poveča ponovno uporabo materialov, kar lahko prispeva k gospodarskemu razvoju.
- Če strnemo, reciklaža plastičnih mas prispeva k bolj trajnostnemu ravnanju z viri, zmanjšanju onesnaževanja in ohranjanju okolja za prihodnje generacije.



Slika 7: Morje, onesnaženo z plastičnimi odpadki

4.1 Postopki reciklaže

Obstaja več postopkov recikliranja plastike, od katerih ima vsak svoje prednosti in možnosti uporabe, odvisno od vrste plastike, ki jo recikliramo, in zelenega končnega produkta.

Nekateri glavni postopki recikliranja plastike:

- Mehansko recikliranje je najpogostejši postopek recikliranja plastike. Vključuje mehansko obdelavo plastičnega materiala, kot je mletje, drobljenje in taljenje, da se ustvari ponovno uporabna surovina. Ta postopek se običajno uporablja za recikliranje termoplastov, kot so PET, HDPE, LDPE in PP.
- Kemično recikliranje je postopek, pri katerem se plastika razgradi v osnovne kemične spojine, ki se lahko nato uporabijo za proizvodnjo novih materialov ali goriv. Vključuje lahko postopke, kot so piroliza, hidroliza in plazemska piroliza.
- Toplotno recikliranje je postopek, ki vključuje uporabo visokih temperatur za razgradnjo plastike v osnovne molekule. Proces se imenuje tudi termična depolimerizacija. Pri tem postopku se plastika običajno pretvori v gorivo ali kemikalije.
- Kemično-toplotno recikliranje je kombinacija kemičnih in toplotnih postopkov, ki omogočajo razgradnjo plastike v osnovne spojine pod določenimi temperaturnimi in kemičnimi pogoji.
- Biološko recikliranje je postopek, ki vključuje razgradnjo plastike s pomočjo mikroorganizmov, kot so bakterije in glive. Ti mikroorganizmi lahko plastiko razgradijo v manj kompleksne spojine, ki se lahko nato uporabijo kot hranila za druge organizme ali pa so v okolju neškodljive.

Vsak od teh postopkov ima svoje prednosti in omejitve ter se lahko uporablja za različne tipe plastike in končne produkte. Pomembno je, da se izbere ustrezna metoda recikliranja, ki bo zagotovila čim večjo ponovno uporabo plastike in čim manjši vpliv na okolje



Slika 8: Znak za ponazarjanje recikliranja

4.2 Kaj je odpadek

Opadek je določena snov ali predmet, ki ga njegov povzročitelj ali druga oseba, ki ima snov ali predmet v posesti, zavrže, namerava ali mora zavreči. Odpadki nastajajo v številnih gospodarskih dejavnostih in v gospodinjstvih. Pojavljajo se pri pridobivanju surovin in pri proizvodnji materialov, nastajajo pa tudi v drugih fazah življenjskega cikla izdelka do takrat, ko izdelek postane odpadek.



Slika 9: Odpadki

4.3 Vrste odpadkov

Po izvoru je množica odpadkov, ki so posledica različnih človekovih dejavnosti, v klasifikacijskem seznamu dejavnosti razvrščena v 20 skupin in 111 podskupin.

Vsak odpadek je razvrščen v eno od skupin odpadkov. Delimo jih na komunalne in ne-komunalne. Med komunalne odpadke sodijo gospodinjski in njim podobni odpadki iz industrije, obrti in storitvenih dejavnosti. Pri komunalnih odpadkih pa govorimo še o ločenih frakcijah komunalnih odpadkov, nevarnih frakcijah komunalnih odpadkov in o kosovnih odpadkih.

Zelo pomembna z vidika funkcionalnosti in zlasti predelave je delitev odpadkov po kemijski sestavi, npr. na biološko razgradljive odpadke, steklo, plastiko, kovine, sestavljene materiale, odpadno usnje, kože, krzno, gume in gumi, kisline, luge, topila, barve, lake, kite, smole, kemikalije, mineralna olja, kamenje, zemljo, žlindro, pepel, mulj itd.

Opadke pogosto delimo na odpadke iz primarnih dejavnosti (npr. kmetijstva, gozdarstva, rudarstva), odpadke iz industrije, energetike ter odpadke iz gradbeništva.

Posebno skupino tvorijo odpadki iz naprav za obdelavo odpadkov in naprav za čiščenje odpadnih voda.

Tudi pravno zakonsko ločeno pa se obravnavajo posamezne specifične skupine zaradi velikega nevarnostnega potenciala (npr. vsebnosti težkih kovin, zlasti živega srebra, kadmija, svınca in šest valentnega kroma) ali zaradi posebne vloge (težka nadomestljivost oziroma zamenljivost izhodiščnih nevarnih kemikalij z nenevarnimi) in posebnega ravnanja (na primer odpadna embalaža).

4.4 Stanje na področju ločevanja odpadkov in recikliranja v Sloveniji

Področje upravljanja z odpadki v Sloveniji se vedno bolj razvija, vendar se pozitivni rezultati kažejo počasi. Potreben je nov in inovativen pristop k državljanom, da bi okrepili in povečali njihovo delovanje v smislu ločevanja odpadkov, ponovne uporabe in recikliranja. Po podatkih statističnega urada Republike Slovenije je stanje pri ravnanju z odpadki nespremenjeno že nekaj let in ne kaže trenda doseganja postavljenih ciljev. Ravnanje z odpadki je še vedno med najslabše rešenimi področji varstva okolja. Kakšno je trenutno stanje na področju Slovenije lahko razberemo iz podatkov statističnega urada Republike Slovenije.

4.5 Odpadna embalaža

Opadna embalaža zajema materiale, ki so uporabljeni za pakiranje, prevoz ali predstavitev izdelkov, in postanejo odvečni po uporabi. Sem spadajo škatle, steklenice, plastenke, vreče in drugi materiali iz plastike, stekla, kovine, papirja ipd. Njen obseg je pomemben del skupnega odpadka.

Zaradi okoljskih problemov so se prizadevanja za obvladovanje odpadne embalaže povečala. Kar vključuje recikliranje, zmanjševanje enkratne uporabe embalaže ter spodbujanje ponovne uporabe. Odpadna embalaža lahko postane vir sekundarnih surovin, ki se lahko ponovno uporabijo, kar pripomore k trajnostnemu upravljanju z viri in zmanjšanju pritiska na okolje. Sistemski predpisi in sheme za recikliranje igrajo ključno vlogo pri spodbujanju trajnostnih praks med proizvajalci in potrošniki. Z ozaveščenim pristopom k odpadni embalaži lahko družba prispeva k zmanjšanju vpliva na okolje in k ohranjanju naravnih virov.

4.6 Recikliranje plastenek

Recikliranje plastenek od pijač je pomemben korak v boju proti onesnaževanju okolja in ohranjanju naravnih virov. Plastenke, iz katerih pijemo različne vrste pijač, so običajno izdelane iz plastike, imenovane PET (polietilen tereftalat).

Recikliranje teh plastenek ima več prednosti za okolje in družbo:

- Zmanjšanje porabe surovin: Recikliranje plastenek zmanjšuje potrebo po pridobivanju novih surovin, zlasti nafte in plina, ki se uporabljajo pri izdelavi plastike. To pomeni manjši pritisk na omejene naravne vire.
- Manjše emisije toplogrednih plinov: Proces recikliranja plastenek običajno proizvaja manj toplogrednih plinov kot izdelava novih plastenek iz surovin. To prispeva k zmanjšanju ogljičnega odtisa in podnebnih sprememb.
- Manj odpadkov: Recikliranje plastenek zmanjšuje količino odpadkov, ki končajo na odlagališčih ali v naravi. Plastenke imajo dolgo razgradnjo, zato je pomembno, da jih ustrezno recikliramo, namesto da končajo v okolju.
- Ustvarjanje delovnih mest: Industrija recikliranja ustvarja delovna mesta v zbiranju, sortiranju in predelavi odpadkov. To je pomembno za gospodarsko rast in zaposlovanje.
- Spodbujanje trajnostnega vedenja: Recikliranje plastenek spodbuja zavedanje o pomenu trajnostnega ravnanja in ločevanja odpadkov. To lahko vodi k bolj odgovornemu vedenju potrošnikov in poslovanju.

Če želimo prispevati k uspešnemu recikliranju plastenk, je ključnega pomena, da sledimo smernicam za ločeno zbiranje odpadkov, ki jih določajo lokalne oblasti. Potrošniki lahko tudi zmanjšajo uporabo plastenk z izbiranjem trajnostnih alternativ, kot so večkrat uporabne steklenice ali bidoni. S skupnimi prizadevanji lahko ustvarimo bolj trajnostno prihodnost in zmanjšamo negativne vplive plastike na okolje.



Slika 10: Odpadne plastenke



Slika 11: Jezero, polno plastičnih odpadkov

5. PRAKTIČNI DEL

5.1 Idejna zasnova

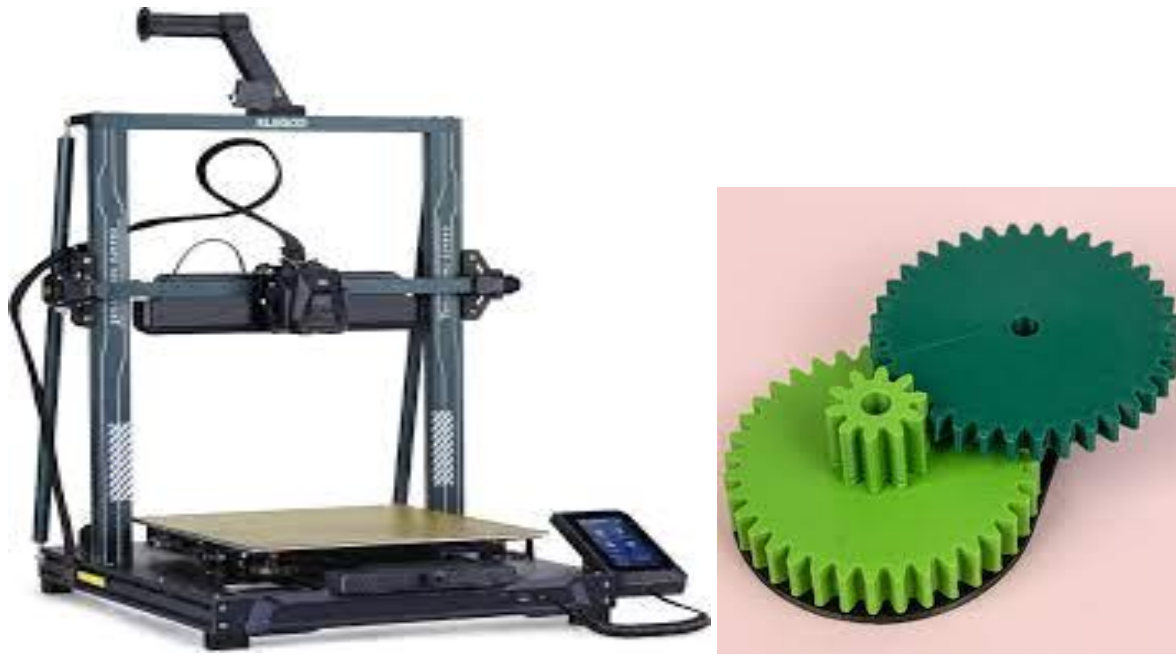
Najprej je bilo potrebno izdelati tip naprave. Naprava je morala zadostiti naslednjim zahtevam:

- uporaba brez spreminjanja podatkov programske opreme za 3D tiskalnik
- naprava naj bo poceni
- enostavnost rokovanja z napravo
- avtomatsko delovanje
- zadovoljiva struktura končnega filamenta
- naprava mora biti varna za uporabo

5.2 izbira tipa filamenta glede na 3D tiskalnike, ki so na trgu

Večina plastenk je izdelanih iz materiala PETG, zato je bila edina logična odločitev, da bo filament iz tega materiala. Material PETG se uporablja pri postopku FDM, ki je tudi najbolj razširjen postopek tiskanja. Postopek sam po sebi ni zahteven in je okolju prijazen.

Postopek 3D tiskanja FDM (Fused Deposition Modeling) deluje tako, da plastični filament stalimo in nanašamo plast za plastjo, dokler ne ustvari želenega izdelka. FDM tiskalniki so cenovno dostopni, enostavni za uporabo in primerni za domačo uporabo.



Slika 12: FDM 3D tiskalnik in izdelek

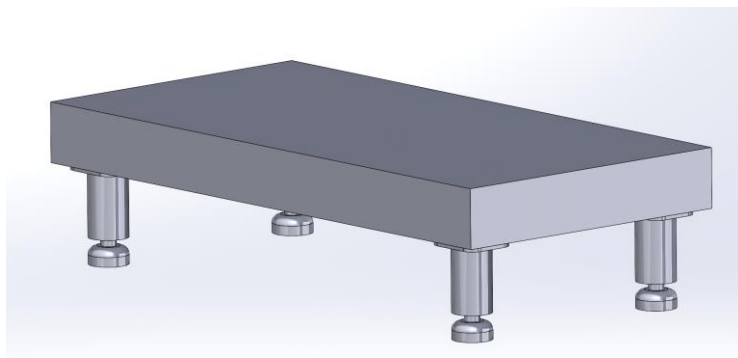
6. NAČRTOVANJE IN IZDELAVA NAPRAVE

6.1 Načrtovanje mize

Za načrtovanje sva uporabila program SolidWorks, ki je zmogljiv program za računalniško podprto oblikovanje ter se uporablja za načrtovanje in izdelavo izdelkov, konstrukcijo mehanizmov in strojne opreme. Program omogoča izrisovanje, oblikovanje, simulacijo in analizo izdelkov v tridimenzionalnem prostoru, kar omogoča zelo natančno oblikovanje izdelkov. Iz obstoječih modelov lahko tudi generiramo STL datoteke za 3D print in DXF datoteke za lasersko rezanje.



Slika 13: SolidWorks logotip



Slika 14: Model mize

Uporablja parametrično modeliranje, kar pomeni, da se oblikovalski elementi lahko spreminjajo z uporabo različnih parametrov, kot so dolžina, širina in višina. Parametrično modeliranje omogoča enostavno spreminjanje oblike in dimenzij izdelka, saj se lahko spremenijo le parametri, namesto da bi bilo potrebno ponovno risati celoten izdelek. To je zelo koristno pri oblikovanju izdelkov, saj omogoča hitrejšo in učinkovitejšo izdelavo.

SolidWorks ponuja številna orodja za oblikovanje različnih vrst izdelkov. Med njimi so orodja za izdelavo delov in sestavnih sklopov, orodja za izrisovanje površin, orodja za simulacijo in analizo ter orodja za izrisovanje 2D risb. Program ponuja tudi orodja za ustvarjanje animacij in prezentacij, kar je uporabno pri predstavitvah izdelkov.

Poleg tega SolidWorks omogoča izdelavo različnih vrst simulacij, kot so simulacije gibanja, simulacije trdnosti in simulacije toplotnih učinkov. To omogoča preverjanje učinkovitosti in trdnosti izdelka, preden je ta dejansko izdelan, kar lahko prihrani čas in denar.

Program omogoča izvoz datotek za izdelavo prototipov in končnih izdelkov z uporabo različnih proizvodnih metod, kot so 3D tiskanje in CNC obdelava. Program lahko izvozi datoteke v različne formate, vključno z datotekami STL, IGES, STEP in drugimi.

V skupnosti SolidWorks je na voljo veliko virov za učenje in izobraževanje, s spletnimi tečaji, priročniki in video posnetki. Skupnost uporabnikov omogoča tudi izmenjavo izkušenj med uporabniki in reševanje težav.

Zaradi vsega tega je SolidWorks vodilni program za CAD in CAM, ki se pogosto uporablja v inženirstvu, proizvodnji in drugih industrijskih panogah.



Slika 15: Dokončana miza

6.1.1 Model noge za mizo

Takšen model noge za mizo sva izbrala zaradi njene enostavnosti montaže ter možnosti nastavitve višine posamezne noge, kar je lahko zelo uporabno, če je površina, na katero postavljaš stroj, neravna.



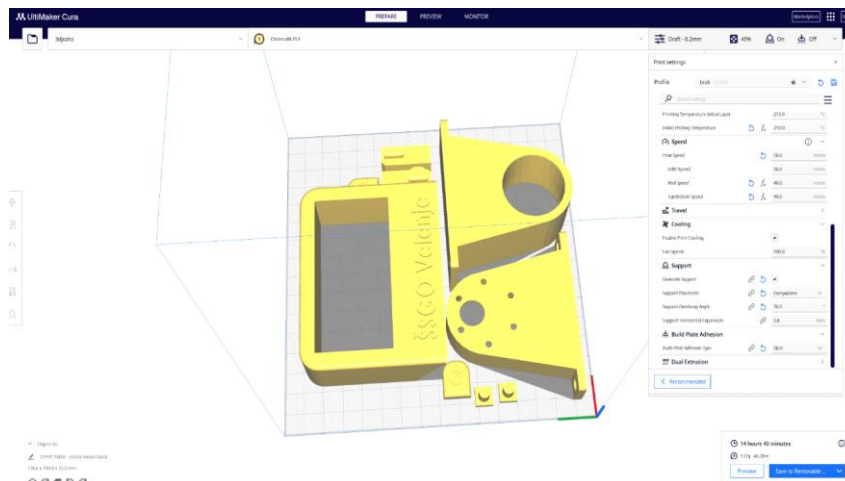
Slika 16: Model noge za mizo

6.2 Natisnjeni deli za električno inštalacijo

Deli za električno inštalacijo so zelo pomembni, saj omogočajo nastavitev naprave z uporabo gumbov hitrosti in višine rezila. Nujni so tudi za pritrditev komponent na leseno podlago, poleg tega pa izboljšujejo estetiko stroja. Za 3D tisk sva uporabila plastiko PLA, ki se enostavno tiska in je dovolj trdna.



Slika 17: Natisnjeni deli za električno inštalacijo



Slika 18: Priprava modelov pred 3D tiskanjem

6.3 Komponente za priklop napajanja in termostat

Komponenta za priklop je bila izbrana zaradi njenega priklopnega kabla, ki je uporabljen v mnogih elektronskih napravah. Ene izmed naprav, ki uporabljajo enak kabel, so računalniki, ki jih uporabljamo vsi, kar pomeni, da ne bo stroška za kabel. Priklopna komponenta pa ima tudi stikalo, ki je uporabljeno za popoln izklop stroja, in varovalko za preobremenitev.

Za regulacijo temperature sva uporabila termostat, ki ima dva displeja, in sicer večjega, ki kaže trenutno temperaturo grelca, in manjšega za nastavitev željene temperature. V termostat sva priklopila termistor, ki meri temperaturo ekstruzijske šobe.



Slika 19: Komponenta za regulacijo temperature, komponenta za priklop elektrike z stikalom

6.4 Komponente za navijalni mehanizem

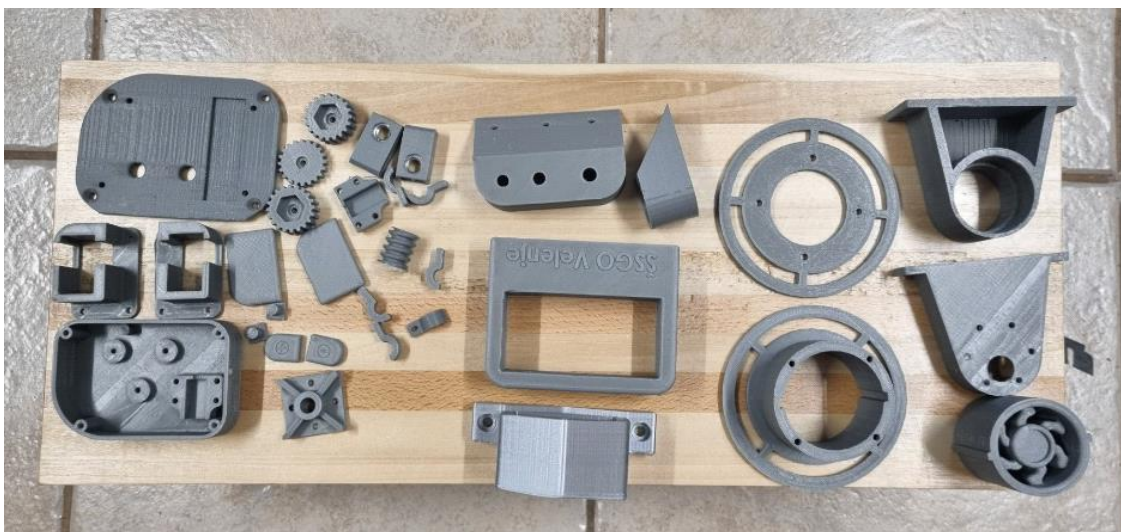
Komponente za navijalni mehanizem so v celoti 3D tiskane. Ohišje, v katerega je pritrjen električni motor, je sestavljeno iz treh delov. Dva pozicijska dela držita motor v pravi višini, tretji del pa je pritrjen na motor z vijaki, kar ga tudi drži na mestu in preprečuje rotacijo v ohišju. Na os motorja je pritrjena cilindrična prirobnica z dvema izbočinama, ki se prilegata utoru na kolutu, kar nam omogoča vrtenje navijalnega koluta in hitro montažo.



Slika 20: Komponente za navijalni mehanizem

6.5 Vse 3D natisnjene komponente za napravo za izdelavo filamenta

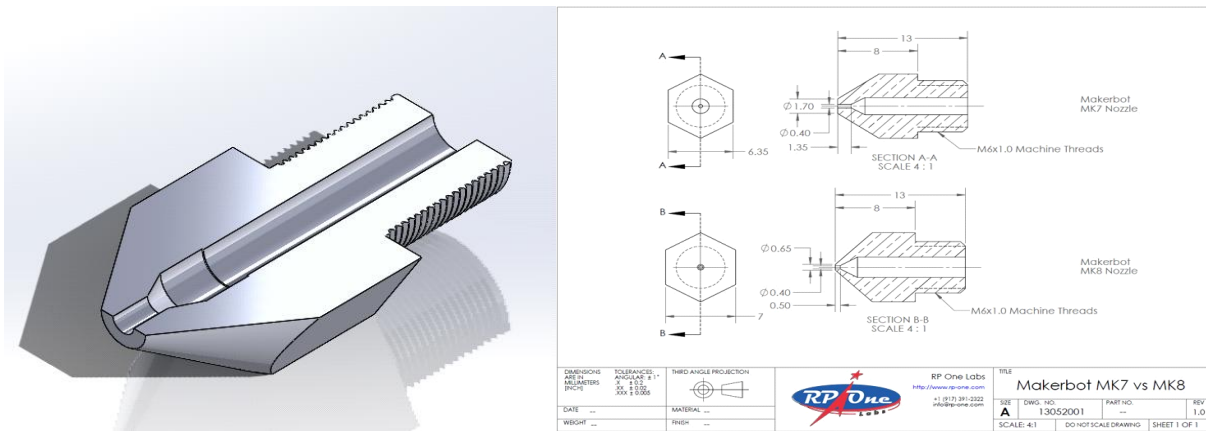
Pred montažo stroja sva opravila pregled vseh komponent, saj morajo biti deli, ki se premikajo očiščeni kakršnih koli podpor, ki so morda ostale na delih.



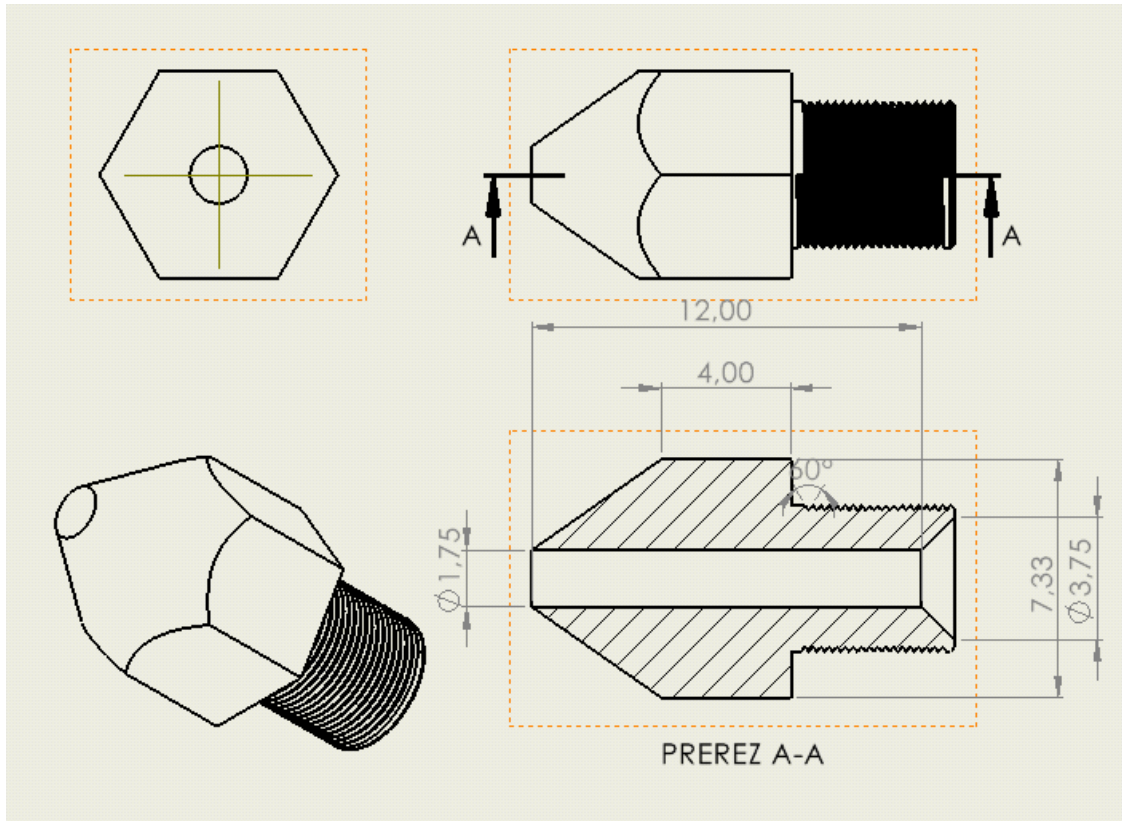
Slika 21: Vse 3D natisnjene komponente

6.6 Izdelava šobe MK8

Šoba MK8 je del 3D tiskalnika, ki omogoča tiskanje modelov. Izdelana je iz medenine in to zelo natančno, kar omogoča lepše, boljše in zanesljivejše 3D tiskanje. Obstajajo tudi različice iz kaljenega jekla za posebne tiskalne materiale. Za napravo sva uporabila standardno medeninasto šobo MK8 z izvrtino 0,4 mm, ki sva jo s svedrom debeline 1,5 mm povrtala, da bo lahko segret neobdelan trak iz plastenke brez zatikanja potoval skozi njo in na izstopu formiral filament dimenzije 1,75 mm. Zadnji del šobe sva pogrezila, da je napeljava plastičnega traku skozi hladno šobo enostavnejša, pri vroči šobi pa je utek bolj tekoč. Sprednji del šobe sva rahlo pobrusila in odstranila srh od vrtanja.



Slika 22: Model še ne predelane šobe



Slika 23: Model predelane šobe

6.7 Mehanske komponente

Mehanske komponente, uporabljene v tem stroju, so bile vse v celoti 3D tiskane. Natisnjeni so bili zobniki, drsni del med kolutom in nastavkom za os ter dve komponenti za dvig rezila.

6.7.1 DC motor

DC motor z reduktorjem sva uporabila za pogon vlečnega - navijalnega koluta. Ta motor se pogosto uporablja v aplikacijah, ki zahtevajo nadzorovano hitrost in povečan navor. Deluje pri napetosti od 3-12 V.



Slika 24: DC motor

6.7.2 PWM krmilnik

PWM omogoča krmiljenje števila obratov DC motorja. Z zasukom gumba 1 povečujemo ali zmanjšujemo število obratov navijalnega koluta, kar nam definira tudi hitrosti vlečenja skozi grelni element.



Slika 25: PWM komponenta

6.7.3 Napajalnik

Napajalnik LPV-60-12 (60 W, 12 V)

Napajalnik z napetostjo 12 V in izhodnim tokom 5 A je električna naprava, namenjena zagotavljanju enosmerne napetosti električnim napravam. Izhodna moč napajalnika je 60 W, kar zadošča našim potrebam energije za gretje šobe in vlečenje filameta skozi šobo. Napajalnik sva dobila v šolskem skladišču odpadnega materiala.



Slika 26: Napajalnik 12 V, 5 A

6.8 Elementi za taljenje plastike

Za taljenje plastike potrebujemo:

- termo blok
- tiskalno šobo
- grelec
- kovinski nosilec

Termo blok V5 se nanaša na del 3D tiskalnika, ki je odgovoren za ogrevanje filameta v tiskalni glavi (hotend), omogočajoč taljenje in plastenje plastike med postopkom tiskanja. V termo blok privijemo šobo, kateri smo luknjo povrtali na 1,75 mm, kar nam v nadaljevanju zagotavlja, da dobimo iz šobe premer filameta 1,75 mm. Da se bo termo blok segrel, moramo vanj vstaviti grelec, za regulacijo temperature pa termistor.



Slika 27: Grelec in termistor

6.9 Stroški izdelave, kalkulacija izdelka

Kalkulacija je računski postopek, s katerim ugotovljamo nabavne, lastne, prodajne in druge cene. To je tudi razporejanje stroškov na tiste izdelke in storitve, ki so njihov nastanek povzročili.

Kalkulacija cene enega izdelka se običajno izračuna po naslednji formuli:

Cena materiala + cena dela = cena izdelka

naziv elementa	št. kosov	cena na kos €	vsota €
vijačni material	1		10
elektro material	1		15
3D tiskani elementi kpl.	30	1	60
termostat z termistorjem	1	6,33	6,33
DC motor	1	1,62	15
miza z nogami	1	20	20
termo blok z grelcem	1	4,07	4,07
palica, ki drži platenko	1	0,5	0,5
šoba MK8 z nosilcem	1	1	1
delo			200
cena skupaj			337,4

6.10 Izdelana naprava za recikliranje plastenke v filament



Slika 28: Končni produkt naprava za recikliranje plastenke v filament

7. Postopek priprave reciklaže

7.1 Priprava plastenke za reciklažo

Pravilna izbira in predpriprava plastenke je eden od bistvenih pogojev za izdelavo kvalitetnega filamenta.

Izbrani plastenki je potrebno odrezati dno in jo temeljito očistiti zunaj in znotraj. Če so po čiščenju ostale kapljice tekočine, jih je potrebno posušiti, saj bi voda penetrirala v filament, tiskanje z vlažnim filamentom pa je slabo.



Slika 29: priprava plastenke

7.2 Nastavitev parametrov reciklaže

Očiščeni platenki je potrebno izmeriti debelino, kajti na osnovi debeline plastike določimo potrebno širino traku za taljenje.

Odnos širine odrezane plastike in debeline je podan v tabeli, ki sva jo izdelala na osnovi kalkulatorja, ki sva ga našla na strani:

<https://petamentor2.c> **HYPERLINK** "<https://petamentor2.com/strip-calc/>" o **HYPERLINK** "<https://petamentor2.com/strip-calc/>"m/strip-calc/

Tabela širine traku v odvisnosti od debeline platenke:

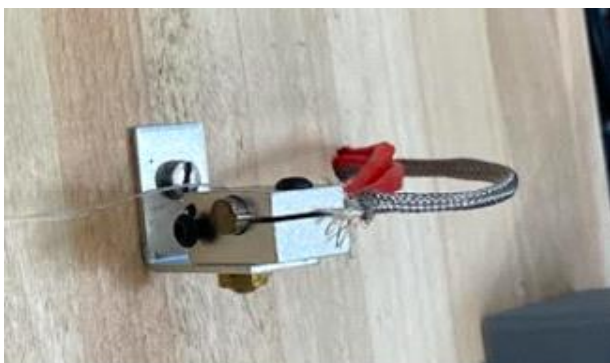
debelina platenke mm	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16
širina traku mm	10,9	10,8	10,6	10,5	10,4	10,2	10,1	10,0	9,8



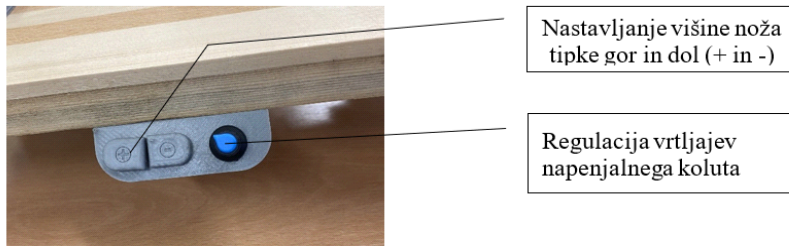
Slika 30: Začetek rezanja materiala

S pomočjo gumbov za gor in dol na komandni plošči nastavimo željeno višino in skozi avtomatski rezalnik napeljemo plastičen trak. Ročno ga potegnemo skozi rezalnik vsaj pol metra, na koncu pa trak prirežemo in ga potisnemo skozi še hladno tiskalno šobo. Prosti konec traka mora biti tako dolg, da ga lahko kasneje primemo s kleščami in povlečemo skozi vročo šobo.

Sledi segrevanje talilnega bloka na temperaturo 250 °C, ki je potrebna za taljenje plastičnega traka.



Slika 31: Napeljava plastičnega traka skozi grelno komponento

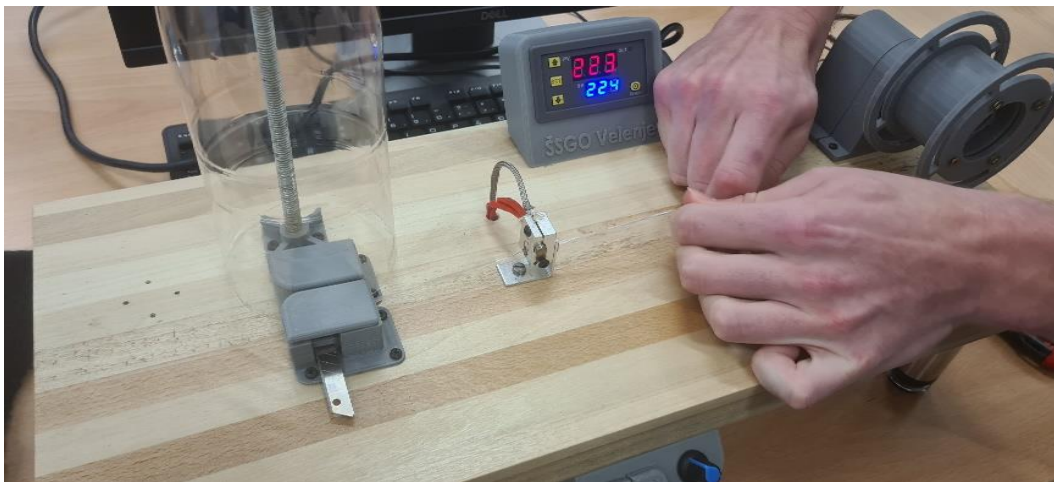


Slika 32: gumbi za nastavitve

Prosti konec, ki gleda iz šobe, primemo.

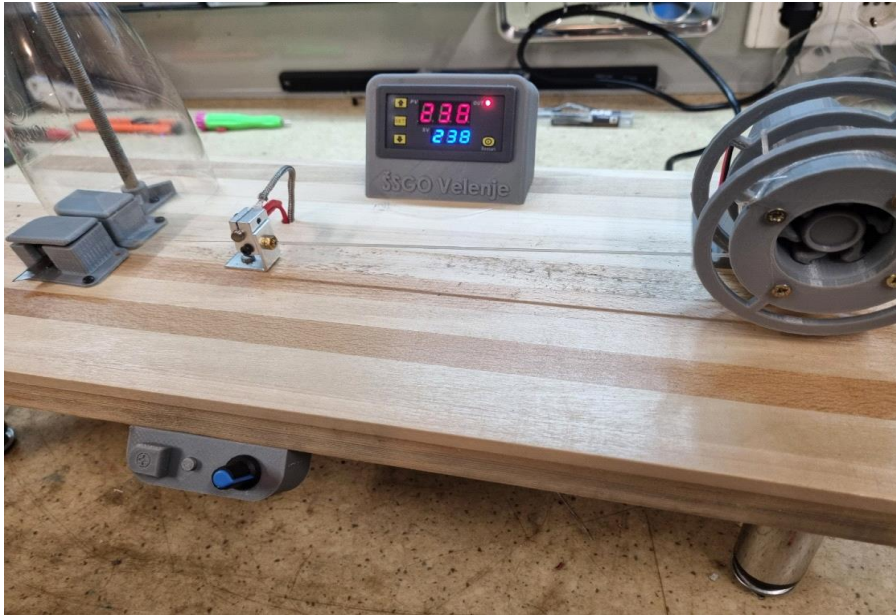
7.3 Napeljava PETG filamenta do navijalnega koluta

Najprej s škarjami odrežemo začetni del traku, da ima na kocu konico, ki jo porinemo skozi hladno šobo. Sedaj vključimo napravo in segrevanje šobe se prične. Ko temperatura šobe doseže nastavljeno željeno temperaturo (v našem primeru 250 °C), prosti konec primemo s kleščami in ga do dolžine 500 mm povlečemo skozi šobo. Nato ta konec filameta pritrdimo na kolut. Nastavimo še pravilno hitrost vrtenja koluta, ki nam definira hitrost izdelave filameta in počakamo, da se platenka predela v filament. Med samim procesom občasno kontroliramo premer filameta, ki mora znašati 1.75 mm, in vizualni izgled.



Slika 33: Napeljava materiala

Platenka se samodejno razreže in reciklira v filament, primeren za tiskanje.



Slika 34: Naprava med delovanjem

Iz plastenke 1,5 l smo izdelali približno 15 m filameta. Postopek je trajal približno 30 minut. Po koncu izdelave je potrebno izmeriti debelino materiala, ki mora biti 1,75 mm z manjšimi odstopki. Poleg tega pa moramo odrezati 0,2 m materiala, saj na začetku in koncu procesa ne dosežemo zadovoljive merske kvalitete filameta, kar bi lahko povzročilo težave pri 3D tiskanju.



Slika 35: Recikliran filament

Občasno je potrebno izmeriti debelino filameta z vijačnim merilom.



Slika 36: Merjenje debeline materiala



8. TISKANJE Z REKILIRANIM FILAMENTOM

V začetku raziskovalne naloge sva postavila nekaj hipotez, ki sva jih hotela skozi celoten proces izdelave naprave za reciklažo plastenk v filament za 3D tiskanje potrditi. V to nalogo sva vložila veliko truda in dela, saj projekt ni bil enostaven.

Na koncu pa se je vse izšlo in uspelo nama je narediti delujočo napravo, ki je zmožna proizvesti uporaben filament.



Slika 37: 3D tiskanje z recikliranim filamentom

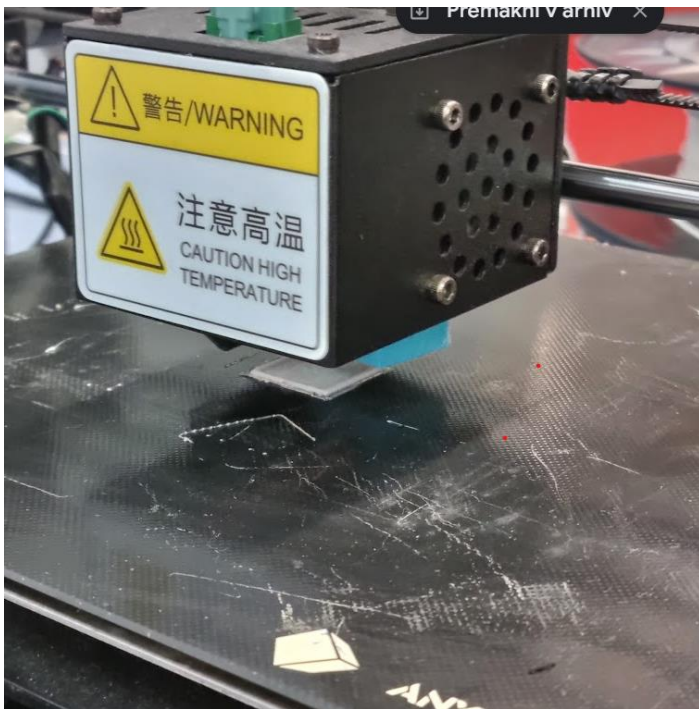
8.1 3D tiskanje in ocena kvalitete kalibracijske kocke

Za preizkus 3D tiskanja sva izbrala kalibracijsko kocko dimenzij 20x20x20 mm. Model kocke v formatu stl. sva dobila na internetu. S pomočjo programa za tiskanje Cura sva izdelala program za 3D tiskalnik. Uporabila sva standardne nastavitve za tiskanje, le temperaturo

tiskanja sva dvignila na 250 °C, ker pri priporočeni temperaturi za standardni PETG material, ki znaša do 230 °C, tiskanje ni bilo mogoče.

Po uspešnem tiskanju kalibracijske kocke pa je bil čas za oceno kvalitete natisnjene izdelka.

Recikliran filament iz materiala PETG se je enostavno odstranil s podlage 3D printerja, prav tako se je kocka brez težav ločila od podpore, ki je bila natisnjena pred kocko. Vse črke, postavljene na vsaki strani kocke, so bile dobro razvidne in poglobljene. Po vizualni evalvaciji kocke je bilo potrebno še z merjenjem preveriti njene dimenzije. Po merjenju kocke iz vsake strani, sva primerjala meritve in ugotovila, da so odstopki minimalni.



Slika 38: Tiskanje kalibracijske kocke



Slika 39: Merjenje kalibracijske kocke

9. RAZPRAVA

3D printanje je v zadnjih letih napredovalo, saj se z njim ukvarja vedno več ljudi. Midva vidiva v 3D printanju prihodnost in tudi zato sva naredila to napravo. Meniva, da lahko prispeva k zmanjšanju onesnaževanja okolja, z njo pa lahko hkrati privarčujemo tudi pri ceni filameta.

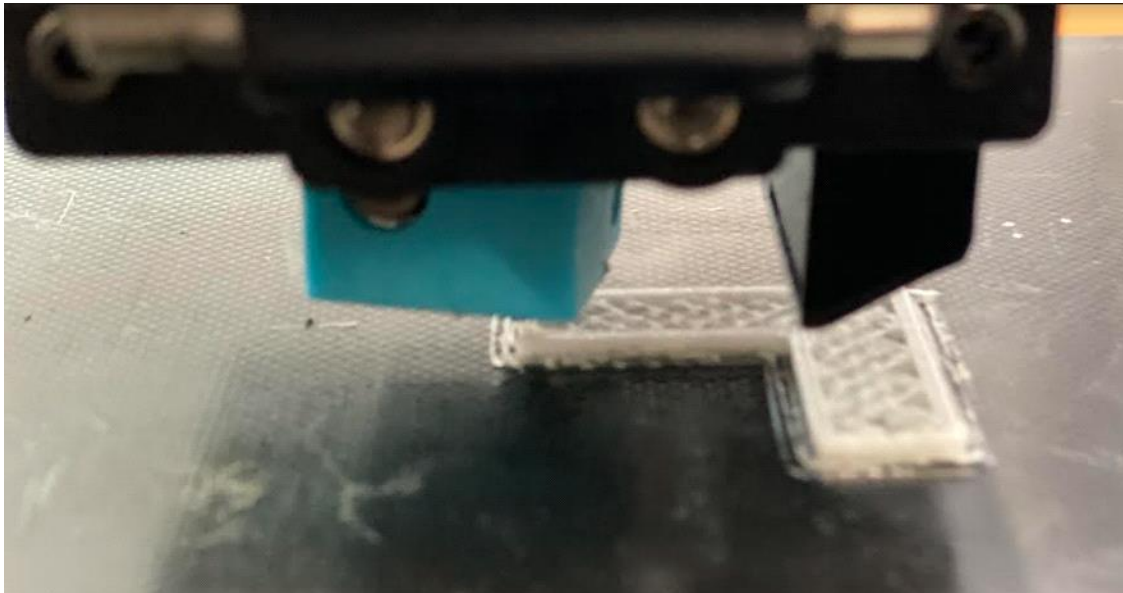
Na začetku raziskovalne naloge sva postavila naslednje hipoteze:

1. Izdelava lahko delujočo napravo za recikliranje plasten v filament za 3D tiskanje.
2. Izdelani filament je v merskih tolerancah kupljenega filameta.
3. Temperatura tiskanja je enaka kot za standardni PETG filament.
4. Z recikliranim filamentom lahko natisnemo 3D izdelek.

Prvo hipotezo sva v celoti potrdila, saj sva izdelala delujočo napravo za recikliranje plasten v filament za 3D printanje.

Drugo hipotezo sva ovrgla, saj izdelani filament mersko ni bil tako natančen kot kupljen, ki je običajno izdelan v toleranci $1,75 \pm 0,03$ mm.

Tretjo hipotezo sva prav tako ovrgla, saj je priporočena temperatura za PETG material (glej prilogo) od 220-240 °C, midva pa sva potrebovala temperaturo min 250 °C.



Slika 40: 3D tiskanje z recikliranim filamentom

Četrto hipotezo pa sva z natisnjnim izdelkom v celoti potrdila.

10. IZBOLJŠAVE

Izboljšamo lahko način rezanja platenke, saj se tam ustvarjajo velike sile, ki bi lahko škodovale stroju. Poleg tega se tam občasno ustvarja glasen zvok, katerega bi se znebili s to izboljšavo. Potrebna bi bila zaščita termo bloka z grelcem, saj je nezaščitena lahko nevarna upravitelju stroja, poleg tega pa je komponenta dovolj vroča, da bi lahko vnela gorljivo snov ob dovolj dolgem kontaktu. Potrebna bi bila tudi kvalitetneje izdelana šoba z natančnejšo luknjo (1,75 mm), s čimer bi lahko proizvedli bolj natančen premer filameta. Ker so deli filameta dolgi le 15 m, bi lahko na mizo dodali napravo za spajanje kratkih delov filameta.

11. VIRI


- Reciklaža: https://sl.wikipedia.org/wiki/Recikla%C5%BEEa_plastenk
- Program Chat gpt: <https://chat.openai.com/auth/login>
- Slike: http://www.dompel-sp.si/projekti_PET.htm
- Slike : https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing

12. ZAHVALA

Z največjim zadovoljstvom se želiva zahvaliti svojemu mentorju, Jožefu Hrovatu, ki naju je spodbujal in nama pomagal pri teoretičnem delu in pri izdelavi stroja, ter somentorju Stanislavu Glinšku za spodbudo pri izdelavi. Ob tej priložnosti se želiva zahvaliti tudi najinima družinama, ki sta naju spodbujali in pripomogli z zanimivimi idejami. Prav tako bi se rada zahvalila ga. Mariji Glinšek, ki nama je raziskovalno nalogo slovnično pregledala.

13. PRILOGE

Tehnični list za Filament PETG Slovenskega proizvajalca Azurefilm

**Technical Data Sheet**

PETG TDS

AzureFilm PETG (Copolyester) for FDM 3D Printers

Product Description

AzureFilm PETG (Copolyester) filament is a plastic thread that combines the properties of the ABS filament (solid, temperature-resistant, extremely durable, flexible) and the PLA filament (easy to print). Because of these properties, PETG is a filament material for 3D printing that you must have.

Properties

Property of 3D printed specimens	Test method	Value
Material	Copolyester	Color Transparent
Specific Density	ASTM D-792	1,29 g/cm ³
Tensile Yield Stress	ISO 527-2	51 MPa
Tensile Modulus	ISO 527-2	2980 MPa
Tensile Stress at Break	ISO 527-2	20 MPa
Elongation at yield	ISO 527-2	4%
Elongation at break	ISO 527-2	29%
Flexural Modulus	ISO 178	2040 MPa
Flexural Strength	ISO 178	68 MPa

Test specimens print settings

3D printer: AzureFilm	Infill: 100 %	Nozzle temperature: 230 °C
Slicer: Cura	Shells: /	Bed temperature: 80-90 °C
Nozzle: 0,4 mm	Layer height: 0,2 mm	Print speed: 50 mm/s

Printing Recommendations

Nozzle temperature: 220 – 240 °C
Heated bed: recommended 80-90 °C
Print speed: 50 – 200 mm/s
Build platform: Blue tape, Kapton tape. Recommended: Glass bed + Dimafix spray

The technical information contained on this sheet is furnished without charge or obligation and accepted at the recipient's sole risk. The information provided in this data sheet corresponds to our knowledge on the subject at the date of its publication. This information may be subject to revision as new knowledge and experience becomes available. The data provided should not be used to establish specification limits or used alone as the basis of design; they are not intended to substitute for any testing you may need to conduct to determine for yourself the suitability of a specific material for your particular purposes. Since we cannot anticipate all variations in actual end-use conditions, AzureFilm d.o.o. makes no warranties and assumes no liability in connection with any use of this information.