

Šolski center Celje  
Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

# EKSTRUDER FILAMENTA

## Raziskovalna naloga

Področje: strojništvo

Avtorji:

Leon Knez, S-4. a  
Aljaž Knez, S-2. a  
Žiga Čmer Strašek-4. a

Mentor:

Žan Podbregar, mag. inž. energ.

Celje, marec 2024

# **EKSTRUADER**

## **POVZETEK**

V naši raziskovalni nalogi smo razvili inovativni ekstruder za filament, namenjen proizvodnji filamenta za 3D-tiskanje iz plastičnih mas. Cilj je bil zmanjšati stroške, povezane z uporabo tradicionalnih filamentov. Ekstruder vključuje napredne mehanizme za uravnavanje temperature, enakomerno dovajanje materiala in učinkovito hlajenje, ki omogočajo visokokakovostno proizvodnjo. Testiranja so potrdila, da ekstruder zagotavlja stabilnost, kakovost in učinkovitost. Naše delo prispeva k razvoju trajnostnih tehnologij v 3D-tiskanju in odpira poti za nadaljnje raziskave in uporabo recikliranih materialov. Pričakujemo, da bo to vodilo k večji ekonomičnosti in zmanjšanju okoljskega odtisa industrije 3D-tiskanja.

**Ključne besede:** ekstruder filamenta, modeliranje, izdelava

# **1 EKSTRUUDER**

## **ABSTRACT**

In our research, we developed an innovative extruder for filament, intended for the production of filament for 3D printing from plastic materials. The aim was to reduce costs associated with the use of traditional filaments. The extruder includes advanced mechanisms for temperature regulation, uniform material feed, and efficient cooling, which allow for high-quality production. Testing confirmed that the extruder provides stability, quality, and efficiency. Our work contributes to the development of sustainable technologies in 3D printing and opens pathways for further research and the use of recycled materials. We expect this to lead to greater cost-effectiveness and a reduction in the environmental footprint of the 3D printing industry.

**Keywords:** filament extrudor, 3D modelling, manufacturing,

# KAZALO

1	EKSTRUDER.....	II
2	EKSTRUDER.....	III
3	UVOD.....	- 1 -
3.1	Hipoteze .....	- 2 -
3.2	Struktura raziskovalnega dela .....	- 2 -
3.3	Predstavitev problema.....	- 2 -
3.4	Namen naloge .....	- 3 -
4	RAZISKAVA TRGA .....	- 4 -
4.1	Metode raziskovanja .....	- 4 -
4.2	Raziskovanje trga.....	- 4 -
5	EKSTRUDER ZA BRIZGANJE FILAMENTA .....	- 5 -
6	RAZVOJ.....	- 6 -
6.1	Koncepiranje.....	- 6 -
6.2	Zahtevnik .....	- 10 -
6.3	Snovanje.....	- 12 -
6.4	Razdelava.....	- 13 -
7	MODELIRANJE .....	- 16 -
7.1	EKSTRUDER.....	- 17 -
7.2	HLAJENJE .....	- 17 -
7.3	ŠKATLA.....	- 18 -
8	IZDELAVA.....	- 19 -
8.1	Laserski razrz .....	- 19 -
8.2	Kriviljenje .....	- 21 -
8.3	3D-tisk.....	- 22 -
8.4	Vrezovanje navojev .....	- 23 -

8.5	Razrez navojnih palic.....	- 24 -
8.6	Varjenje.....	- 25 -
8.7	Preizkus ujema ter vijačenje .....	- 25 -
8.8	Spajkanje in vezava električne napeljave .....	- 27 -
8.9	Kočno testiranje .....	- 28 -
9	NAVODILA ZA UPORABO.....	- 29 -
9.1	Opozorila in varnostni ukrepi .....	- 29 -
9.2	Legenda.....	- 31 -
9.3	Funkcije in nastavitev .....	- 32 -
9.3.1	Termostati grelcev .....	- 32 -
9.3.2	Glavno stikalo za vklop motorja.....	- 33 -
9.3.3	Nastavitev hitrosti vrtenja motorja.....	- 33 -
9.3.4	Temperatura hladilne vode.....	- 33 -
9.3.5	Termostat vodne črpalke .....	- 34 -
9.3.6	Potenciometer 8 .....	- 34 -
9.3.7	Potenciometer 9 .....	- 34 -
9.3.8	Potenciometer 10 .....	- 34 -
9.3.9	Potenciometer 11 .....	- 34 -
9.3.10	Potenciometer 12 .....	- 35 -
9.3.11	Izklop motorja v sili .....	- 35 -
9.3.12	Meritev toka ter napetosti .....	- 35 -
9.3.13	Glavno stikalo.....	- 35 -
9.3.14	Hitri zagon in uporaba.....	- 36 -
9.3.15	Zaustavitev stroja .....	- 37 -
9.3.16	KONTROLA HLADILNE TEKOČINE .....	- 38 -
9.4	dodatne možnosti in prednosti stroja .....	- 39 -
9.4.1	Odstranitev lijaka za dovajanje granulata .....	- 39 -
9.4.2	Napajanje sklopa hlajenja filamenta ter dodatni izhod napetosti.....	- 40 -

9.5	POPRAVILA IN MENJAVE DELOV.....	- 41 -
9.5.1	Menjava sklopke .....	- 41 -
10	CENOVNA IN ČASOVNA ANALIZA.....	- 42 -
11	REZULTATI RAZISKAVE.....	- 45 -
12	ZAKLJUČEK .....	- 46 -
13	ZAHVALA .....	- 47 -
14	VIRI IN LITERATURA.....	- 47 -

# KAZALO SLIK

Slika 1: Ekstrudor Filabot EX6 [4] .....	- 4 -
Slika 2: Skica komponent(osebni arhiv) .....	- 7 -
Slika 3: Skica hlajenja(osebni arhiv) .....	- 8 -
Slika 4: sSkica postavitve(osebni arhiv) .....	- 8 -
Slika 5: Skica škatle(osebni arhiv).....	- 9 -
Slika 6: 3D-model ekstrudorja (osebni arhiv).....	- 13 -
Slika 7: 3D- model škatlje (osebni arhiv) .....	- 14 -
Slika 8: 3D- model hlajenja (osebni arhiv) .....	- 14 -
Slika 9: 3D- model ekstrudorja (osebni arhiv).....	- 17 -
Slika 10: 3dD-model hladilnika(osebni arhiv).....	- 17 -
Slika 11:3dD-model škatle (osebni arhiv) .....	- 18 -
Slika 12: Laserski razrez (osebni arhiv).....	- 19 -
Slika 13: Krivljenje pločevine[5].....	- 21 -
Slika 14: 3dD-tiskalnik (osebni arhiv).....	- 22 -
Slika 15: Vrezovanje navojev[6] .....	- 23 -
Slika 16: Žaganje.navojnih palic (osebni arhiv) .....	- 24 -
Slika 17: Privarejne navojne palice(osebni arhiv) .....	- 25 -
Slika 18: Spajkanje in vezava (osebni arhiv).....	- 27 -
Slika 19: kKonna sestava (osebni arhiv) Slika 20: Končna sestava (osebni arhiv)-	28 -
-	
Slika 21: Pozor napetost[7].....	- 29 -
Slika 22: Pozor visoka temperatura[8].....	- 29 -
Slika 23: Pozor nevarnost poškodbe[9] .....	- 29 -
Slika 24: egenda (osebni arhiv).....	- 31 -
Slika 25: Termostat[10] .....	- 32 -
Slika 26:Termostat črpalke[11].....	- 34 -
Slika 27: Hitri zagon (osebni arhiv).....	- 36 -
Slika 28: Zaustavitev stroja(osebni arhiv) .....	- 37 -
Slika 29: Kontrola hladilne tekočine (osebni arhiv) .....	- 38 -
Slika 30: Dolivanje hladila (osebni arhiv) .....	- 38 -
Slika 31:Dolivanje hladila (osebni arhiv) .....	- 38 -

Slika 32: Odstranitev lijaka (osebni arhiv) .....	- 39 -
Slika 33: Napajanje (osebni arhiv).....	- 40 -
Slika 34: Sklopka (osebni arhiv).....	- 41 -

## **KAZALO TABEL**

Tabela 1: Zahtevnik naprave.....	- 10 -
Tabela 2: Cenovna evidenca .....	- 43 -
Tabela 3: Časovna evidenca.....	- 44 -

## **UPORABLJENE KRATICE**

kg – kilogram

mm – milimeter

cm – centimeter

m – meter

## 2 UVOD

Ekstruder je naprava, ki je nepogrešljiva pri 3D-tiskanju. Proizvaja filament (oz. polnilo) za 3D-tiskalnik. Ekstruder proizvaja filament iz granulata plastike (oz. plastičnih zrnec) in jih segreje na temperaturo, pri kateri se granulat stali. Nato ga s pomočjo polža potiska proti šobi, kjer se staljeni granulat preoblikuje v tanko plastično nit, debelo 1.75 mm. Nastalo nit hladimo s pomočjo ventilatorjev in jo nato navijamo na kolut.

Za ta projekt smo se odločili, ker nam je pri 3D-tiskanju ostalo veliko neuporabljene plastike, ki bi jo lahko ponovno pretvorili v filament. Cene filamenta so precej visoke, zato je smiselno neuporabljeni plastik ponovno pretvoriti v filament. . Odpirajo se tudi možnosti prodaje našega izdelka, saj takšnega izdelka ni na razpolago v Evropi.

Cilj projektne naloge je ponovno uporabiti odpadno plastiko in odpraviti težave, ki jih imajo do sedaj narejeni prototipi ekstrudorjev (npr. pregrevanje, vlaga v filamentu, prepočasno ogrevanje ...).

Ekstruder te raziskovalne naloge je opremljen s koračnim motorjem za podajanje granulata. Motor ima reduktor s prenosom moči 5:1, iz reduktorja je pogon vezan na polž, ki poriva granulat skozi železno cev, na kateri so trije 200-vatni keramični grelci, ki talijo granulat. Ko je granulat staljen, ga porine polž čez šobo. Vsi elementi so opremljeni z elektronskimi regulatorji.

## **2.1 HIPOTEZE**

Pri izvedbi naše raziskovalne naloge smo postavili naslednje hipoteze:

1. Stroj, ki smo ga zasnovali za proizvodnjo 3D-filamenta, bo omogočal neprekinjeno delovanje brez pregrevanja.
2. Naš stroj bo zaradi svoje zmožnosti ekstrudiranja različnih vrst plastičnih mas in recikliranih materialov ponudil širšo uporabnost in prilagodljivost v primerjavi s trenutno dostopnimi rešitvami na trgu.
3. Stroški izdelave našega stroja ne bodo presegli predvidenega proračuna 1000 €, kar bo omogočilo dostopno rešitev za potencialne uporabnike.
4. Zasnovani stroj bo imel hitro dostopnost do komponent, kar bo omogočilo enostavno vzdrževanje in dolgoročno uporabnost.
5. Uporaba recikliranih plastičnih mas in zdrobljenih neuspešnih tiskov kot surovin bo primerljivo učinkovita z uporabo novih plastičnih mas pri uporabi filimenta.
6. Implementacija različnih nastavitev in funkcij bo omogočila prilagajanje parametrov ekstrudiranja glede na specifične potrebe materiala.
7. Ekstruder bomo konstruirali in izdeli v relativno kratkem času.

## **2.2 STRUKTURA RAZISKOVALNEGA DELA**

V prvem sklopu raziskovalne naloge smo raziskali trg in analizirali približke oziroma poskuse, ki smo jih našli na internetu. V drugem sklopu smo na splošno predstavili stroje za ekstrudiranje plastičnih mas in njihovo delovanje. V tretjem sklopu smo opisali razvoj in naše ideje. Sledi opis modeliranja vseh notranjih komponent in ohišja stroja. Nato smo opisali posamezne postopke izdelave. Naredili smo tudi cenovno in časovno analizo. Temu sledijo rezultati raziskave, s katerimi smo potrdili oz. ovrgli naše hipoteze.

## **2.3 PREDSTAVITEV PROBLEMA**

V raziskovalni nalogi se bomo osredotočili na izdelavo ekstruderja, ki ga na evropskem trgu še nismo zasledili. Naš cilj je izdelati napreden in priročen ekstruder, primeren za domačo ali laboratorijsko uporabo. Naš izdelek omogoča proizvajanje filamenta različnih materialov in neprekinjeno delo, saj smo poskrbeli za vodno

hlajenje in tako odpravili težavo pregrevanja. Da lahko ekstrudiramo različne materiale, smo na grelno cono postavili tri keramične 200 W-grelce, ki omogočajo postopno ogrevanje granulata in natančnejše gretje. Naš izdelek je naprednejši od konkurenčnih, saj omogoča boljše hlajenje, podrobnejše nastavite temperature in natančnejše podajanje granulata. Primeren je za manjša ekstrudiranja (npr. domača uporaba, laboratorijska uporaba). Izdelek je v ohišju, zato je njegova uporaba varna.

## 2.4 NAMEN NALOGE

Osnovni namen naše raziskovalne naloge je, da izdelamo izdelek, ki ga še ni na evropskem trgu. To je ekstruder, ki lahko ekstrudira različne materiale, ki imajo podobne lastnosti kot plastika. Izdelek je namenjen za domačo uporabo. Je prenosljiv. Naprava je opremljena s hladilnikom, zaradi katerega se ne pregreva in omogoča neprekinjeno delovanje.

### **3 RAZISKAVA TRGA**

#### **3.1 METODE RAZISKOVANJA**

Proizvoda, ki ga želimo izdelati, nismo našli na evropskem trgu. Podoben izdelek smo zasledili v Ameriki. Pregledali smo posnetke prototipov ter raziskovali njihove napake in pomankljivosti. Z drugačnimi pristopi smo jih skušali odpraviti. Naš izdelek bo naprednejši od konkurenčnih, saj bo imel natančnejše in naprednejše nastavitev.

#### **3.2 RAZISKOVANJE TRGA**

Naredili smo analizo svetovnega trga ekstruderjev za brizganje plastičnih mas in ugotovili, da obstaja nekaj prototipov ekstruderja. V Ameriki smo našli podjetje, ki proizvaja podoben ekstruder, kot ga želimo izdelati sami. To je podjetje Filabot, izdelek pa se imenuje EX6 Filament Ekstruder -Standert Series.

Cena izdelka je 17 176,95 EUR.



*Slika 1: Ekstrudor Filabot EX6 [4]*

## **4 EKSTRUDEZ ZA BRIZGANJE FILAMENTA**

Ekstruder je naprava, ki je zgrajena iz sestavnih delov. Ima nosilno ploščo, ki drži na sebi vse ostale komponente. Nosilna plošča ima pod sabo več nosilnih nogic, ki omogočajo lažje kroženje zraka pod njim in ne povzročajo prask na tleh. Na nosilni plošči so pretvorniki, napajalnik motorja, elektronska plošča, koračni motor, reduktor 5:1, polž, na polžu grelci in hlajenje, šoba in posodo za vodo, v kateri je tudi turbinska črpalka za njeno kroženje. V nosilno ploščo so vpeti tudi stranici in pokrov. Na njih so ventilatorji, hladilnik za vodo, termostati (za grelce in kroženje vode), stikala za reguliranje naprave, stikalo v sili in ekran za prikaz porabe elektrike. Ohišje je narejeno iz 1,5-milimetrskega nerjavečega jekla. Na notranji del ohišja so pritrjeni sestavni deli z vijaki in maticami po evropskih standardih.

Pomembno je, da smo preučili kroženje zraka in nato postavili hladilne reže na ustrezen del ekstruderja in pravilno usmerili tok zraka iz ventilatorjev. Skonstruirali in izdelali smo močno ohišje za zaščito celotnega ekstruderja.

## **5 RAZVOJ**

»V prejšnjih stoletjih so se snovalci ukvarjali predvsem s tem, kako kaj narediti. Danes pa je čas, ko razmišljamo o tem, kako določeno stvar narediti čim bolj učinkovito, kar pomeni, da naj bo narejena iz kar se da poceni materiala, na čim bolj enostaven način, povrhu vsega pa mora biti tudi lepa in brez problemov mora zdržati predvideno življensko dobo [2].«

### **5.1 KONCEPIRANJE**

V zgodnji fazi razvoja našega projekta smo se osredotočili na ustvarjanje osnovne skice, ki je služila kot temelj za nadaljnje konstruiranje. Ta skica nam je omogočila, da smo si bolje predstavljali celotno zasnova in kako bodo med seboj povezane posamezne komponente, ki smo jih naročili.

Ko so bile komponente naročene in dostavljene, smo nadaljevali s konstruiranjem, pri čemer smo upoštevali dimenzijske in specifikacijske karakteristike vsake komponente. Na tej točki smo se odločili, da bomo vse komponente namestili v škatlo. Ta odločitev je bila sprejeta iz več razlogov:

1. za zagotavljanje varnosti, saj smo s tem zmanjšali možnost opeklin uporabnika,
2. za boljšo estetiko izdelka, saj je škatla omogočila čistejši in bolj profesionalni videz,i
3. zaradi boljše zaščite komponent pred zunanjimi vplivi.

Ta strategija namestitve vseh komponent v škatlo je bila ključna za zagotavljanje, da je naš izdelek ne samo funkcionalen, ampak tudi varen in vizualno privlačen za končnega uporabnika. Ta pristop je odseval našo zavezanost k znanstvenemu pristopu pri snovanju in konstrukciji, saj smo upoštevali tako tehnične kot estetske vidike našega projekta.

S to skico smo vizualizirali, katere komponente bomo potrebovali, da bomo lahko ekstruder izdelali,



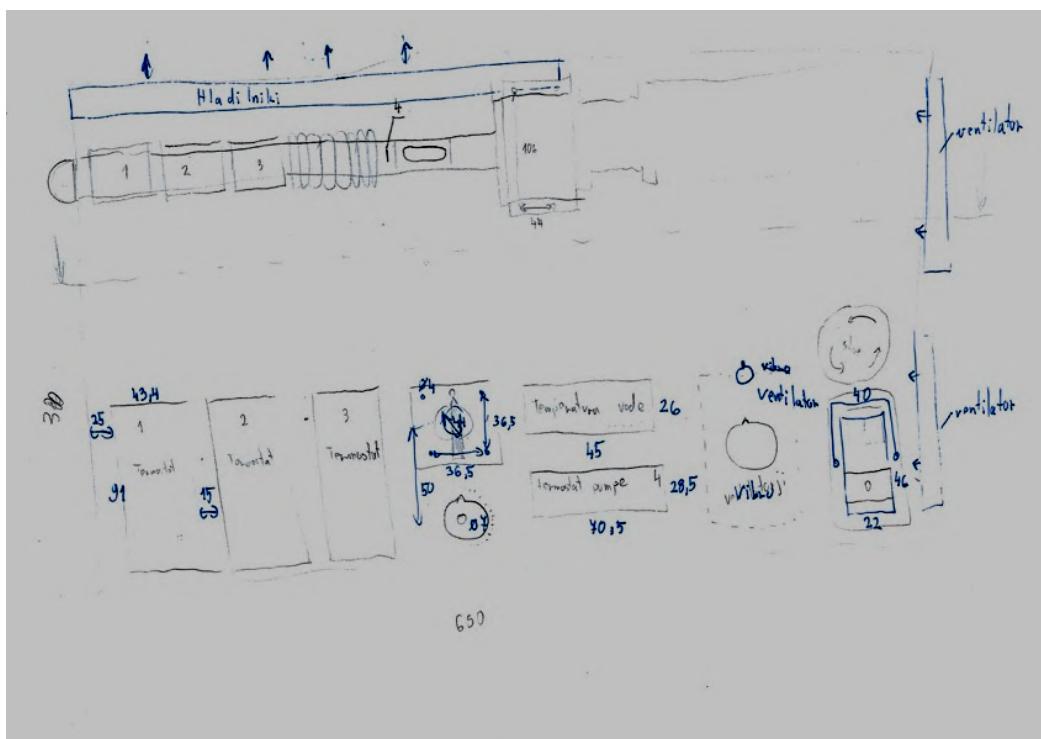
*Slika 2: Skica komponent (osebni arhiv)*

S to skico smo vizualizirali sistem vodnega hlajenja.



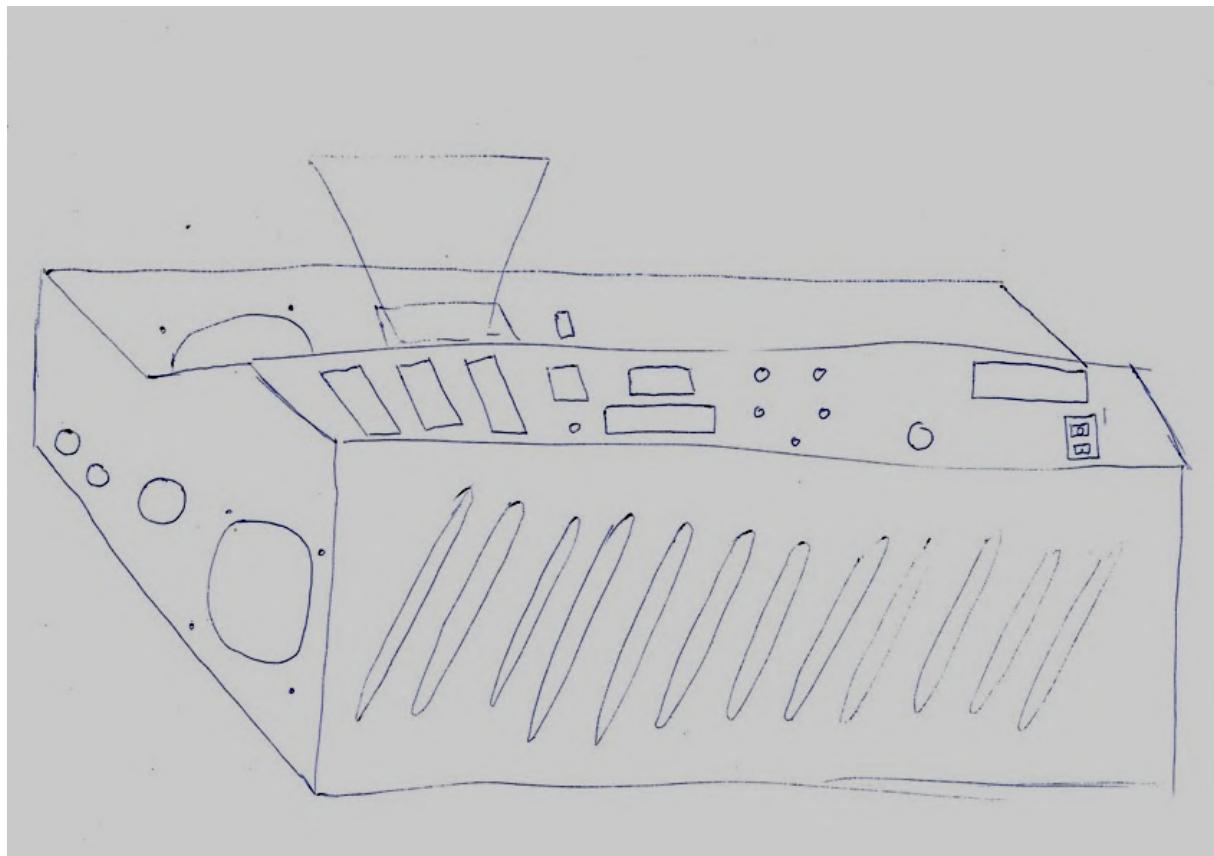
Slika 3: Skica hlajenja(osebni arhiv)

Na tej sliki je narisano, kako smo postavili ventilatoje in hladilnike, ter prikazuje postavitev ostale elektronike.



Slika 4: Skica postavitev (osebni arhiv)

S to skico smo okvirno določili obliko škatle.



*Slika 5: Skica škatle (osebni arhiv)*

## 5.2 ZAHTEVNIK

Zahtevnik je spisek tehničnih zahtev, ki jih mora izpolnjevati tehnični sistem oziroma izdelek (Tabela 4.1). »Zahtevnik je del tehnične dokumentacije izdelka, prav tako kot je to delavnška risba. V zahtevniku je opredeljen namen izdelka, postavljene so omejitve, znotraj katerih morajo ležati njegove lastnosti, in opredeljeno je okolje, v katerem bo izdelek obratoval. Zahtevnik se uporablja od začetnih faz razvoja in vse do faze, dokler ni razvojni proces povsem končan [2].«

*Tabela 1: Zahtevnik naprave*

Št.	Področje	Informacije	Zahtega (Z)/ Želja (Ž)
1	Princip delovanja	Enakomeren premer eksrudiranega materiala	Ž
2	Oblika, material	Najmanjše zunanje mere naprave, nerjaveče jeklo, čim manj varjenja, gladke površine, uporaba standardnih elementov in polizdelkov, mala obraba gibajočih se strojnih delov	Z
3	Varnost	Varnostna zaščita mora preprečiti seganje rok v območje grelcev in elektro inštalacij	Z
4	Ergonomija, estetika	Kompakten, enostavnen in uporaben ekstrudor	Ž
5	Kakovost	Visoka natančnost izdelave komponent proizvoda, saj je zahtevana natančnost naprave	Z
6	Montaža	Nastavni postopki montaže z uporabo čim manj orodij in varjenja	Z
7	Transport	Možnost premikanja z rokami	Z
8	Uporaba	Dolga življenjska doba, električni vir energije, minimalni stroški obratovanja	Ž
9	Vzdrževanje	Redni preventivni servisni pregledi in vzdrževalna dela, minimalni stroški	Z

		vzdrževanja	
--	--	-------------	--

»se nadaljuje«

»nadaljevanje«

10	Recikliranje	Vsi sestavni deli proizvoda so lahko razstavljeni in obstaja možnost recikliranja	Z
11	Porabljeni resursi	Čas razvoja 1 mesec	Ž

### **5.3 SNOVANJE**

V procesu snovanja našega ekstruderja za filament smo se osredotočili na natančno načrtovanje vsakega posameznega dela v programu SolidWorks. To nam je omogočilo, da smo vse komponente natančno prilegali med seboj s pomočjo sklopa (assembly), kar je bilo ključno za določanje položajev izvrtin in oblike ogrodja.

Naš pristop je bil iterativen, kar pomeni, da so bile ideje in izboljšave vpeljane sproti, kar je omogočalo neprestano prilagajanje in izboljševanje našega dizajna. Poleg tega smo se soočili z izzivom visokih temperatur, ki nastajajo pri ekstrudiranju, zato smo načrtovali sistem hlajenja, ki vključuje tako zračno kot vodno hlajenje.

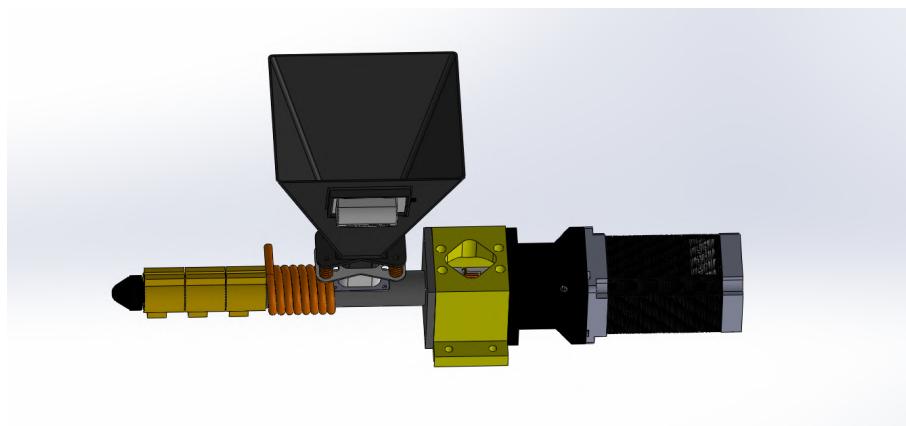
Ob upoštevanju, da je masa enega od podsklopov relativno velika, smo posebno pozornost namenili načrtovanju dovolj močnega ogrodja, ki bi lahko brez težav preneslo te obremenitve. Skozi proces 3D-modeliranja smo nenehno izboljševali naše ideje, kar nam je omogočilo, da smo končno obliko izdelka prilagodili vsem našim zahtevam in potrebam.

Celoten proces snovanja in modeliranja v SolidWorks nam je tako omogočil, da smo svoje zamisli prenesli v konkreten, funkcionalen izdelek, pri čemer smo bili sposobni sproti identificirati in reševati morebitne težave ter optimizirati dizajn za končno izdelavo.

## 5.4 RAZDELAVA

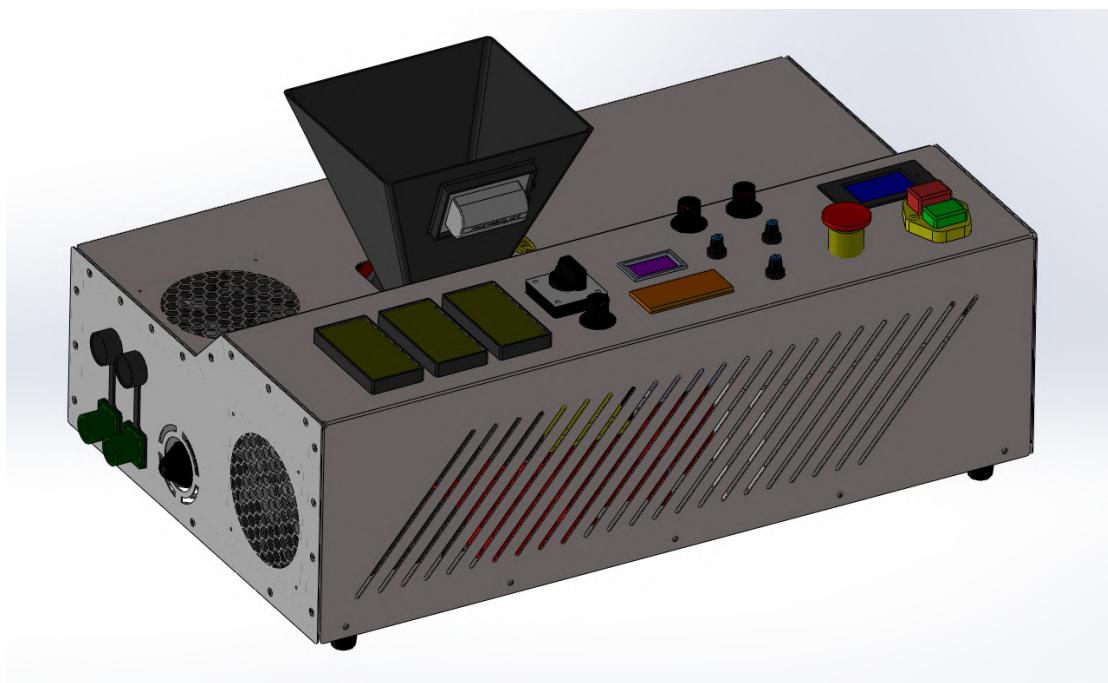
Pri razvoju našega projekta smo se odločili za modularno zasnovo, ki je omogočila boljšo preglednost, lažjo montažo in morebitno nadgradnjo v prihodnosti. Projekt smo razdelili na tri glavne podsklope:

1. ekstruder - srce našega sistema, kjer poteka proces pretvarjanja granulata v filament. Ta del zahteva natančno oblikovanje, da zagotovi enakomerno taljenje in iztiskovanje materiala.



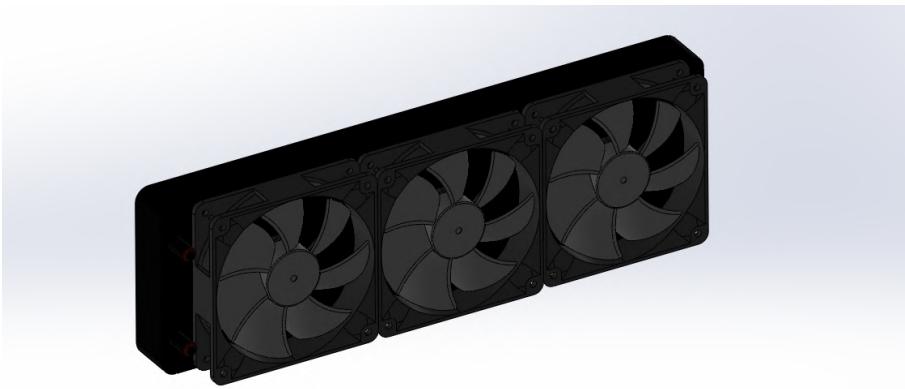
*Slika 6: 3d model ekstrudorja (osebni arhiv)*

2. škatla - najbolj kompleksen del našega projekta, ki služi kot ohišje za vse komponente. Njena zasnova je bila ključna za zagotavljanje varnosti, estetike in funkcionalnosti. Škatla ne samo da ščiti uporabnika pred visokimi temperaturami, ampak tudi integrira vse komponente v enoten in učinkovit sistem.



Slika 7: 3D- model škatle (osebni arhiv)

3. hlajenje - ključno za vzdrževanje optimalnih delovnih pogojev in preprečevanje pregrevanja komponent. Sistem hlajenja smo skrbno načrtovali, tako da učinkovito odvaja toploto, ki nastaja med delovanjem ekstruderja.



Slika 8: 3dD-model hlajenja (osebni arhiv)

Razdelitev na podsklope nam je omogočila, da smo se podrobneje osredotočili na vsak segment posebej, kar je prispevalo k boljšemu razumevanju potrebnih funkcij in zahtev za vsak del posebej. Škatla je kot najbolj kompleksen podsklop zahtevala posebno pozornost pri oblikovanju, da bi zadovoljila vse tehnične in varnostne standarde, hkrati pa ohranila estetsko privlačnost izdelka.



## **6 MODELIRANJE**

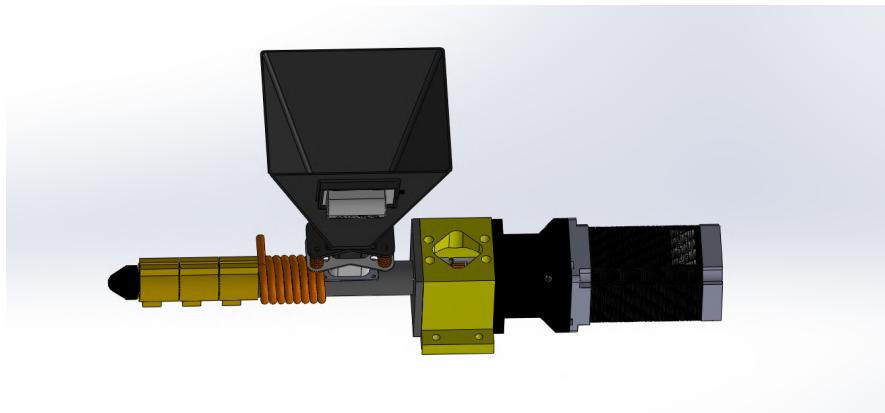
V fazi začetnega konstruiranja smo se osredotočili na natančno izrisovanje vseh standardnih delov, kot so napajaniki, motorji in ventilatorji. Ti deli so bili ključni za nadaljnje načrtovanje, saj so nam omogočili, da smo v kasnejšem sklopu (assembly) lahko začeli z načrtovanjem ogrodja in škatle.

Pri oblikovanju prostora za komponente znotraj škatle smo postopek prilagajali sproti. Komponente smo eno za drugo dodajali v celoten sklop, kar nam je omogočilo, da smo vsak prostor optimizirali glede na potrebe in dimenzijs posameznih delov. Ta pristop nam je omogočil, da smo zagotovili funkcionalnost in varnost končnega izdelka, obenem pa ohranili estetsko dovršenost in celovitost zasnove.

Zaradi predvidenega krivljenja materialov smo za večino komponent škatle uporabili funkcijo sheet metal v našem CADprogramu, kar je omogočilo preprosto pretvorbo 3Dmodelov v 2D-načrte, potrebne za kasnejši razrez. Ta metoda je bistveno poenostavila postopek izdelave in zagotovila natančnost pri končnem izdelku.

## 6.1 EKSTRUADER

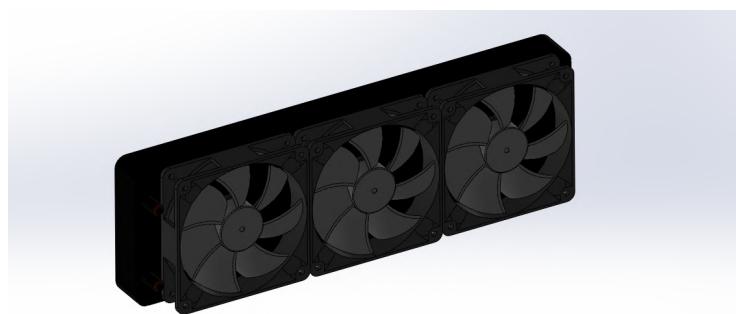
Pri načrtovanju vsakega dela podsklopa ekstruderja smo skrbno upoštevali toplotne in mehanske obremenitve, ki vplivajo na njegovo delovanje. Ta pristop nam je omogočil, da smo optimizirali ekstruder za zagotavljanje najvišje možne učinkovitosti in zanesljivosti pri njegovi uporabi. Z detajlnim razumevanjem teh obremenitev smo lahko izdelali komponente, ki ne samo da prenesejo zahtevane pogoje, ampak tudi izboljšajo celotno delovanje ekstruderja, zagotavljajoč visokokakovosten in enakomeren iztis filimenta.



Slika 9: 3D- model ekstrudorja (osebni arhiv)

## 6.2 HLAJENJE

Pri podsklopu hlajenja smo se osredotočili na integracijo vodnega hladilnega sistema v škatlo, kar je ključno za vzdrževanje optimalnih delovnih temperatur. Na sliki je prikazan izmenjevalnik z vgrajenim ventilatorjem, ki učinkovito odvaja toploto iz sistema in preprečuje pregrevanje. Ta rešitev ne samo da zagotavlja stabilno delovanje ekstruderja, ampak tudi podaljšuje njegovo življenjsko dobo.



Slika 10: 3D- model hladilnika(osebni arhiv)

### 6.3 ŠKATLA

V tem podsklopu smo se osredotočili na oblikovanje robustnega in funkcionalnega ohišja, ki zagotavlja zaščito vseh notranjih komponent in hkrati omogoča enostaven dostop za vzdrževanje. Kot je prikazano na sliki, ima škatla luknje za hlajenje, različne vhode in izhode za povezavo s kontrolnimi elementi in napajanjem ter jasno označene upravljalne plošče za enostavno uporabo. Ta dizajn združuje estetiko z visoko funkcionalnostjo, zagotavljač, da je izdelek ne samo varen in zanesljiv, ampak tudi vizualno privlačen.



Slika 11:3D- model škatle (osebni arhiv)

## 7 IZDELAVA

Izdelava izdelka se je začela šele po končanem modeliranju ter narejenih delavnih risbah. Pri modeliranju smo poudarek dali zahtevnosti izdelavi izdelka. Med modeliranjem smo vnaprej razmišljali, kako bi čim lažje prenesli izdelek iz programa v realni produkt. Med modeliranjem smo uporabljali simulacije in virtualizacije, ki jih ponuja program SOLIDWORKS. Ta funkcija nam omogoča, da vidimo, kako je stroj videti in kako deluje, še preden se izdela.

### 7.1 LASERSKI RAZRZ

»Uporaba sodobne tehnologije laserskega razreza omogoča precizno obdelavo različnih materialov, kot so železo, aluminij in inox. Ta metoda se odlikuje po svoji natančnosti, ki preprečuje poškodbe materiala, in hitrosti, kar zmanjšuje potrebo po dodatni obdelavi in proizvodne stroške. Učinkovitost izrabe materiala je visoka, kar prispeva k ekonomičnosti procesa. Laserski razrez je še posebej primeren za izdelavo kompleksnih oblik in se izkaže v proizvodnji večjih serij, zagotavljač optimalno razmerje med kakovostjo in stroški. [3]

Za laserski razrez smo se odločili predvsem zaradi potrebe po vrezovanju navojev v izrezane luknje, kar nam je z natančnostjo in kvaliteto odrezane površine lahko omogočil laserski razrez. [3]«



Slika 12: Laserski razrez (osebni arhiv)



## 7.2 KRIVLJENJE

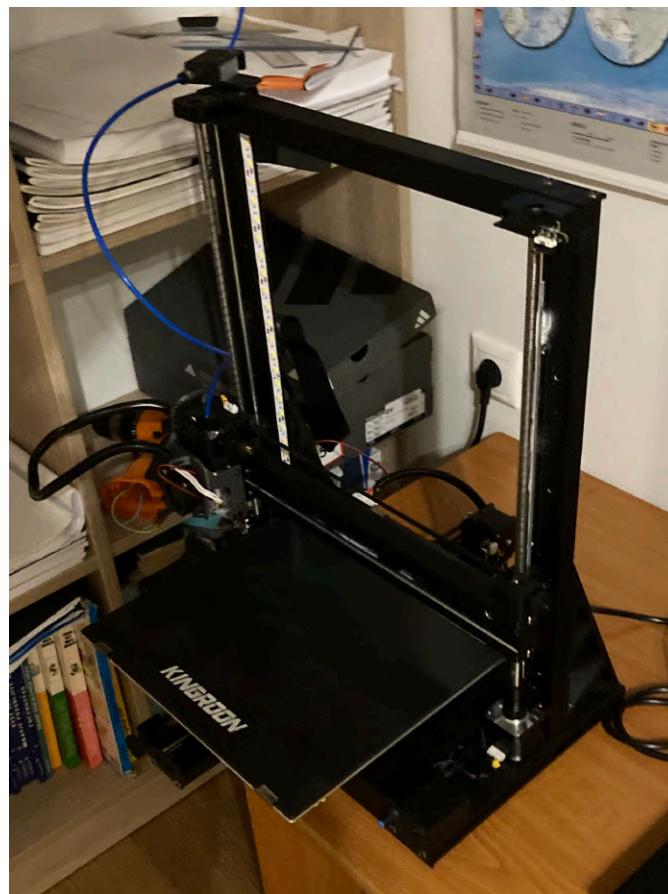
Kriviljenje je postopek preoblikovanja materiala v želeno obliko, s pomočjo krivilnega stroja, ki z orodjem posebnih oblik in veliko silo preoblikuje pločevino. Postopek kriviljenja smo izvedli v podjetju Hekos, d.o.o.



*Slika 13: Kriviljenje pločevine[5]*

### 7.3 3D-TISK

3D-tiskanje je tehnologija, ki omogoča izdelavo tridimenzionalnih objektov z nalaganjem materiala plast za plastjo. Ta postopek omogoča izjemno natančnost, prilagodljivost pri oblikovanju in sposobnost izdelave zapletenih oblik. S 3D-tiskanjem smo izdelali lijak, škatlice za elektroniko, rezervoar in gumice za rezervoar.



Slika 14: 3D- tiskalnik (osebni arhiv)

## 7.4 VREZOVANJE NAVOJEV

Vrezovanje navojev je postopek ustvarjanja not navojev na materialu, kar omogoča združevanje delov z vijačenjem. Ta postopek smo izvedli tudi na škatli, kjer so bili navoji potrebni za pritrditev navojnih palic. Vse operacije vrezovanja smo izvedli v domači delavnici z veliko natančnostjo in pozornostjo na detajle.



*Slika 15: Vrezovanje navojev[6]*

## 7.5 RAZREZ NAVOJNIH PALIC

Navojne palice smo narezali v domači delavnici na želene dolžine. Uporabili smo žago. Pri tem smo bili pozorni na to, da se ne poškodujejo navoji, ki omogočajo pritrditev delov. Prav tako je bilo pomembno, da smo pred razrezom določili pravilne dimenzije palic, kar nam je zmanjšalo odpadni material.



Slika 16: Žaganje navojnih palic (osebni arhiv)

## 7.6 VARJENJE

Varjenje je postopek spajanja dveh ali več delov v eno celoto z uporabo toplote, pritiska ali obojega. Pri varjenju je bila pomembna izbira pravilnega varilnega postopka, mi smo izbrali TIG-varjenje. Upoštevali smo varnostne ukrepe, kot so uporaba zaščitne opreme in pravilno prezračevanje delovnega prostora. Postopek varjenja smo opravili v domači delavnici. Varili smo navojne palice, škatlo in povezavo lijaka.



Slika 17: Privarejene navojne palice (osebni arhiv)

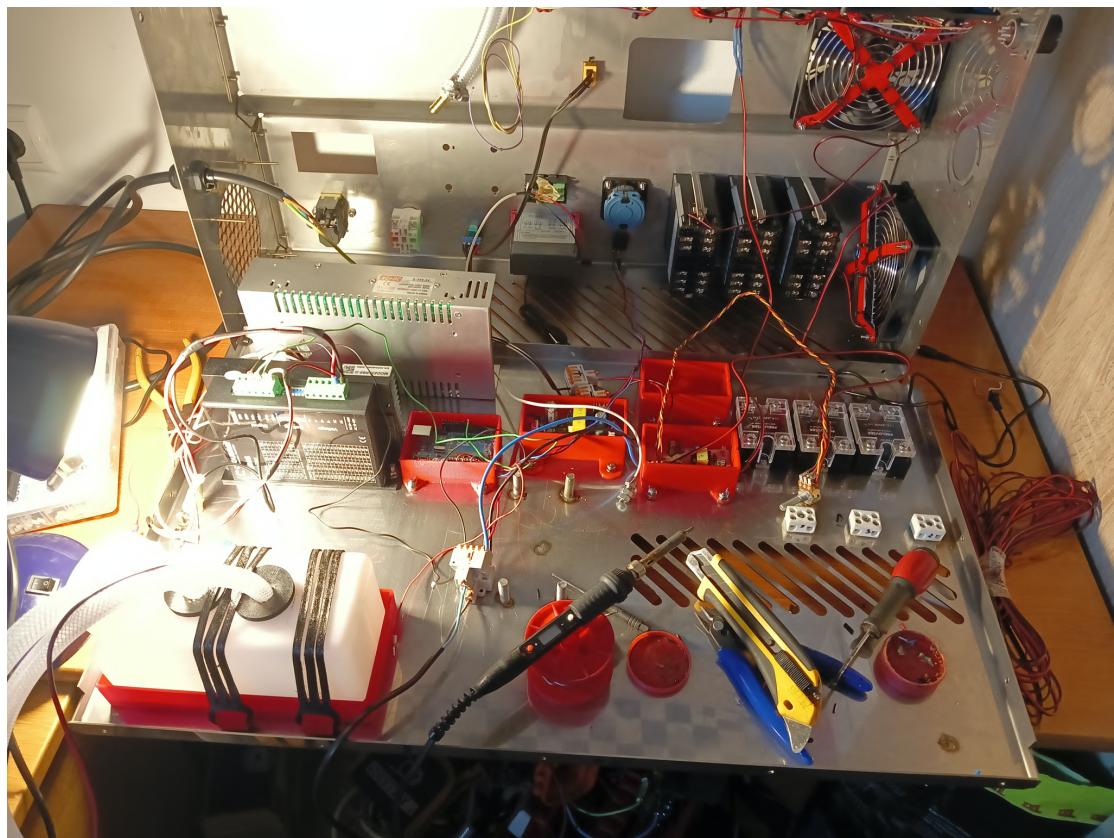
## 7.7 PREIZKUS UJEMA TER VIJAČENJE

V procesu sestavljanja škatle smo najprej preverili ujemanje vseh dimenziij z načrtovanimi vrednostmi, da bi zagotovili pravilno montažo vseh komponent. Kljub temeljitemu načrtovanju so bili potrebni manjši popravki pri krivljenju. Ko smo ugotovili ujemanje in natančnost, smo privijačili posamezne komponente v škatlo.



## 7.8 SPAJKANJE IN VEZAVA ELEKTRIČNE NAPELJAVE

Spajkanje je proces, ki omogoča združevanje kovinskih delov z uporabo polnilnega materiala, ki ima nižje tališče kot deli, ki se spajajo. Ta metoda zagotavlja trdno in trajno povezavo med kovinskimi komponentami. Je učinkovito za povezovanje različnih vrst kovin.



Slika 18: Spajkanje in vezava (osebni arhiv)

## 7.9 KOČNO TESTIRANJE

Po zagotovitvi, da so vsi deli pravilno nameščeni in varno pritrjeni, smo napravo preizkusili. Preverili smo funkcionalnost vseh mehanizmov, stabilnost temperature in učinkovitost hlajenja. Ta postopek nam je omogočil identifikacijo morebitnih tehničnih težav in njihovo pravočasno odpravo. Tako smo lahko zagotovili, da končni izdelek deluje brezhibno in skladno s pričakovanji.



Slika 19: Končna sestava (osebni arhiv)



Slika 20: Končna sestava (osebni arhiv)

## 8 NAVODILA ZA UPORABO

### 8.1 OPOZORILA IN VARNOSTNI UKREPI



Pozor! Izdelek deluje pod visoko napetostjo. Seganje v notranjost stroja med delovanjem strogo prepovedano in smrtno nevarno.



Pozor! Izdelek med delovanjem dosega visoke temperature, zato je potrebna previdnost pri rokovanju in je potrebno upoštevati znake vročih površin. Možnost opeklin.

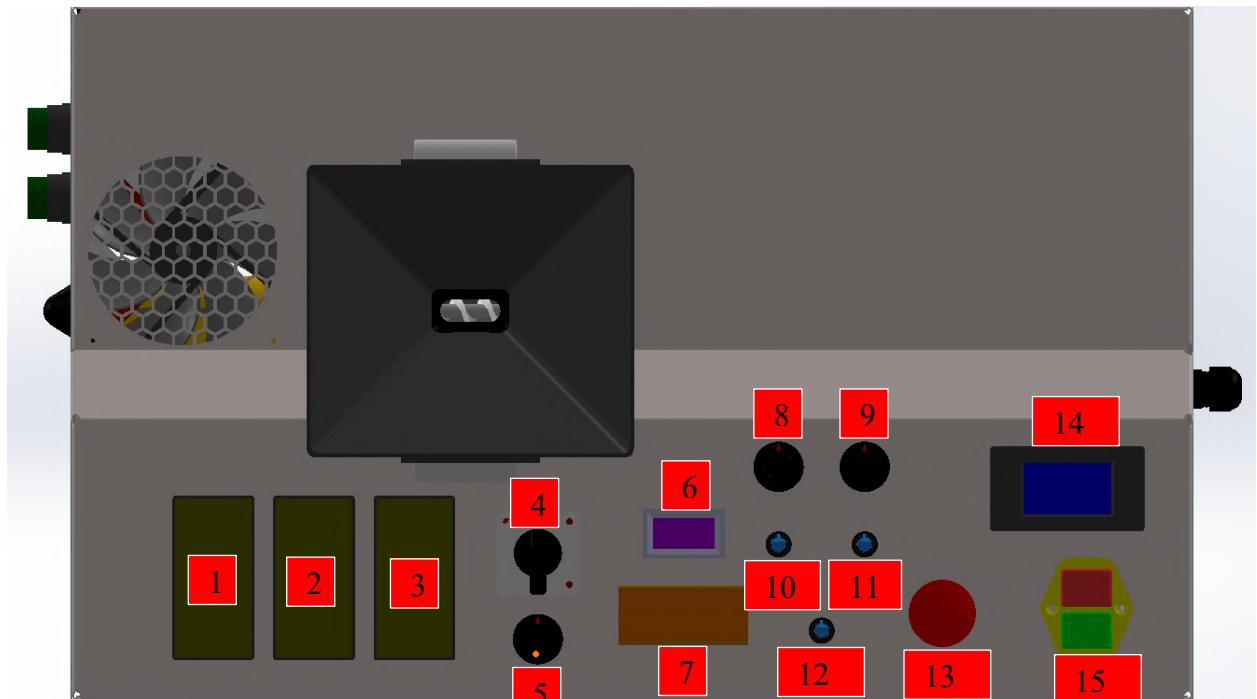


Pozor! Izdelek za delovanje uporablja polžasto gonilo, v katerega je poseganje z roko ali ostalimi okončinami strogo prepovedano. Potrebno je upoštevati navodila in preprečiti poseganja v nevarna območja.

Slika 23: Pozor nevarnost poškodbe[9]

Uporaba izdelka na lastno odgovornost!

## 8.2 LEGENDA



Slika 24: legenda (osebni arhiv)

<b>1</b>	<b>Termostat grelca 1</b>
<b>2</b>	<b>Termostat grelca 2</b>
<b>3</b>	<b>Termostat grelca 3</b>
<b>4</b>	<b>Glavno stikalo za vklop motorja-vrtenje polža</b>
<b>5</b>	<b>Nastavitev hitrosti vrtenja motorja</b>
<b>6</b>	<b>Temperatura hladilne vode</b>
<b>7</b>	<b>Termostat za avtomatski vklop vodne črpalke</b>
<b>8</b>	<b>Vklop in nastavitev moči ventilatorjev na hladilniku vode</b>
<b>9</b>	<b>Nastavitev moči ventilacije celotnega stroja</b>
<b>10</b>	<b>Vklop ventilacije na liniji hlajenja filamenta</b>
<b>11</b>	<b>Vklop osvetlitve v napravi ter na sklopu hlajenja filamenta</b>
<b>12</b>	<b>Vklop in nastavitev jakosti vibracijskih motorjev na lijaku</b>
<b>13</b>	<b>Izklop motorja v sili</b>
<b>14</b>	<b>Informativni podatki o električnem toku ter napetosti</b>
<b>15</b>	<b>Glavno stikalo za vklop/izklop stroja</b>

## 8.3 FUNKCIJE IN NASTAVITVE

### 8.3.1 Termostati grelcev



Slika 25: Termostat[10]

Termostati grelcev 1, 2 in 3 so popolnoma enaki in se nastavlja na enak način. Za upravljanje imamo 4 tipke, s katerimi nastavimo želeno vrednost temperature v stopinjah. Tako po zagonu naprave najprej počakamo, da se termostati prižgejo in začnejo prikazovati dejansko temperaturo. Nato pritisnemo tipko SET in tako smo v funkciji nastavljanja vrednosti temperature.

S tipkama, na katerih so puščici gor in dol, lahko spremenjamo vrednosti od 0 do 9. S skrajno levo tipko, ki kaže v levo, pa se lahko premikamo od desne proti levi in tako nastavimo želeno vrednost.

Ko posveti oziroma gori zelena lučka OUT 1, pomeni, da je tok z grelci sklenjen, torej grejejo.

Lučka ALM 1 bo zasvetila v primeru, ko bomo vrednost grelcev znižali pod nastavljenoto, in če bo razlika v temperaturi dovolj velika, se prižge alarm, ki ima le opozorilno funkcijo.

Za več nastavitev termostatov si oglejte priloga 1.

### 8.3.2 Glavno stikalo za vklop motorja

Stikalo, ki je na zgornji tabeli označeno s številko 4, ima funkcijo vklopa in izklopa motorja, ki poganja oziroma vrti polž v ekstrudorju. Da pa je funkcija vklopa motorja omogočena, je pogoj, da imamo stikalo za izklop motorja v sili (številka 13) v nevtralnem položaju (gobica je sproščena oziroma jo zavrtimo v desno). Z vklopom stikala se bo motor in s tem tudi proces ekstrudiranja pričel, saj bo skozi šobo začelo podajanje materiala. To stikalo lahko vklopimo šele nekaj minut po tem, ko so grelci dosegli želeno temperaturo.

**Pozor! Vklop glavnega stikala motorja je dovoljen le, ko so vsi grelci dosegli dano temperaturo oziroma je ekstrudor dovolj segret da topi material! Vžiganje motorja pri hladnem ali ne dovolj segretem stroju lahko povzroči poškodbe sklopke ali polža.**

### 8.3.3 Nastavitev hitrosti vrtenja motorja

Da bi lahko čim bolj optimizirali hitrost ekstrudiranja materiala, potrebujemo nastavitev hitrosti, ki jo ima stroj na potenciometru pod številko 5. Z njim nastavljamо hitrost vrtenja polža ter posredno podajanje materiala v ekstrudor in skozi šobo.

### 8.3.4 Temperatura hladilne vode

Pod številko 6 imamo informativni inštrument, ki nam prikazuje temperaturo vode, ki hladi zadnji del ekstrudorja. Informacija oziroma prikazana vrednost je informativne narave ter je namenjena varnostni kontroli procesa hlajenja.

### 8.3.5 Termostat vodne črpalke

Številka 7 prikazuje termostat, na katerega je priključena vodna črpalka, ki je namenjena kroženju vode v sistemu. Termostat je predhodno nastavljen na vrednosti, ki omogočajo avtomatske vklope in izklope črpalke, ko je to potrebno.

Dodatna navodila in možnosti spremnjanja vrednosti termostata so v prilogi 2.



Slika 26:Termostat črpalke[11]

### 8.3.6 Potenciometer 8

Je namenjen vklopu ter nastavitevi jakosti in hitrosti delovanja ventilatorjev, ki so pritrjeni na vodni hladilnik, torej posledično s to nastavitevijo vplivamo na temperaturo vode. Pri tem nam je v pomoč prikazovalnik temperature vode. Ko ta naraste nad 30 °C, ventilatorje vklopimo na polno moč, če pa je temperatura manjša, lahko zmanjšamo tudi hitrost ventilatorjev oziroma jih celo izklopimo.

### 8.3.7 Potenciometer 9

Ima funkcijo nastaviteve jakosti delovanja hitrosti ventilatorjev, kii so namenjeni hlajenju komponent v ohišju stroja. Priporočljivo jih je nastaviti na polno moč ob segrevanju ekstrudorja in daljših proizvodnjah, v ostalih primerih pa jih lahko nastavimo na srednjo vrednost.

### 8.3.8 Potenciometer 10

Nadzoruje vklop in izklop ter jakost delovanja hlajenja filamenta na drugi napravi. Nastavitev se prilagaja ob kontroli filamenta, ki ga proizvajamo.

### 8.3.9 Potenciometer 11

Vklopi ter nastavlja vrednost osvetlitve neposredno v stroju ter prav tako na liniji hlajenja filamenta. Prav tako pa osvetli vodni rezervoar, da lahko lažje odčitamo oziroma kontroliramo nivo vode.

### 8.3.10 Potenciometer 12

Vklopi in izklopi ter nastavlja jakost delovanja vibracijskih motorjev na lijaku. Motorja sta namenjena tresenju lijaka, v katerem je granulat, ter tako omogočita nemoteno dovajanje oziroma sipanje surovine v proces. Vklop je priporočljiv ob recikliranih granulatih, ki so nepopolnih oblik, ali v vseh ostalih primerih nepopolnega odvzemanja surovine.

### 8.3.11 Izklop motorja v sili

Stikalo pod številko 13 (rdeča gobica) je namenjen izklopu motorja v sili. V primeru čudnih zvokov motorja oziroma nepopolnega ekstrudiranja ali zaznave napake takoj sprožimo stikalo in s tem bomo ustavili motor. Stikalo prav tako deluje kot varovalo, da se motor ne bi nikoli zagnal pri hladnem ekstrudorju. Stikalo obrnemo v nevtralen položaj le v primeru, ko je stroj segret ter pripravljen na delovanje, v kolikor teh pogojev ni, je iz varnostnih razlogov stikalo aktivirano.

### 8.3.12 Meritev toka ter napetosti

Pod številko 14 ima stroj inštrument za neprestano kontrolo električnega toka, napetosti ter porabe električne energije. Meritve so varnostnega pomena, saj s hitrim povečanjem toka lahko zaznamo napake na napeljavi oziroma med delovanjem motorja zasledimo povečane obremenitve.

Dodatna navodila so v prilogi 3.

### 8.3.13 Glavno stikalo

Glavno stikalo (pod številko 15) sklene ali prekine dovod električnega toka do naprave. Za vklop pritisnemo zeleno tipko, za izklop pa rdečo. Prav tako je stikalo varnostno, saj se ob prevelikem toku avtomatsko izključi. Omogoča pa tudi hitro zaustavitev stroja v sili, saj je gumb za izklop bolj izrazit ter hitro dostopen v nujnih primerih.

### 8.3.14 Hitri zagon in uporaba

Hitri zagon se izvede po naslednjih korakih:

1. Vklop glavnega stikala.
2. Nastavitev vrednosti temperatur na termostatu.
3. Motor vklopimo šele, ko je stroj ogret.
4. Ko je stroj ogret, vstavimo material v lijak ter vklopimo motor in nastavimo hitrost.
5. Prilagajamo hitrost motorja ter skrbimo, da delujejo vse hladilne funkcije.



Slika 27: Hitri zagon (osebni arhiv)

### 8.3.15 Zaustavitev stroja

Ko je proizvodnja končana sledi zaustavitev stroja po korakih:

1. Nastavitev potenciometra motorja na minimalno vrednost ter izklop stikala za motor.
2. aktivacija gumba za izklop motorja v sili.
3. Ventilacija in hlajenje sta nastavljena na maksimalno vrednost.
4. Nastavitev temperature na termostatih grelcev je na 20°C (izklop gretja).
5. Spremljati je potrebno temperature in postopno izklopliti ventilacije.
6. Izklop naprave z glavnim stikalom.



Slika 28: Zaustavitev stroja(osebni arhiv)

### 8.3.16 KONTROLA HLADILNE TEKOČINE

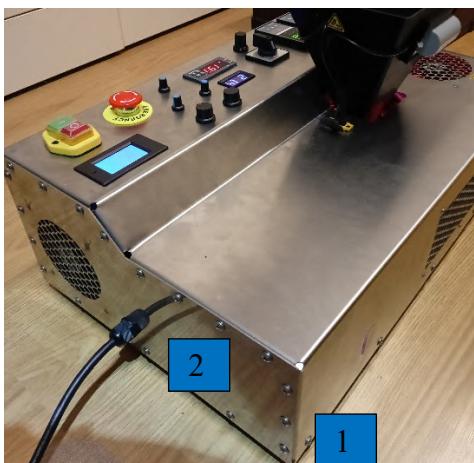


Slika 29: Kontrola hladilne tekočine (osebni arhiv)

Na zadnji strani stroja se nahajajo hladilne odprtine ter šipka, ki je namenjena kontroli nivoja hladilne vode v sistemu. Da lahko jasno vidimo gladino, moramo na kontrolni plošči prižgati osvetlitev stroja, ki nam bo v veliko pomoč pri odčitavanju. V kolikor je nivo vode med črticama na desni strani je vode dovolj.

V primeru, da vode ne bi bilo dovolj oziroma, da jo je potrebno doliti, je postopek naslednji:

1. odvijačenje vijakov na levi strani stroja (glede na zgornjo sliko)
2. odstranitev pokrova z ventilatorjem in napajalnim kablom
3. odvijačenje pokrova posode in dotok vode



Slika 31:Dolivanje hladila (osebni arhiv)



Slika 30: Dolivanje hladila (osebni arhiv)

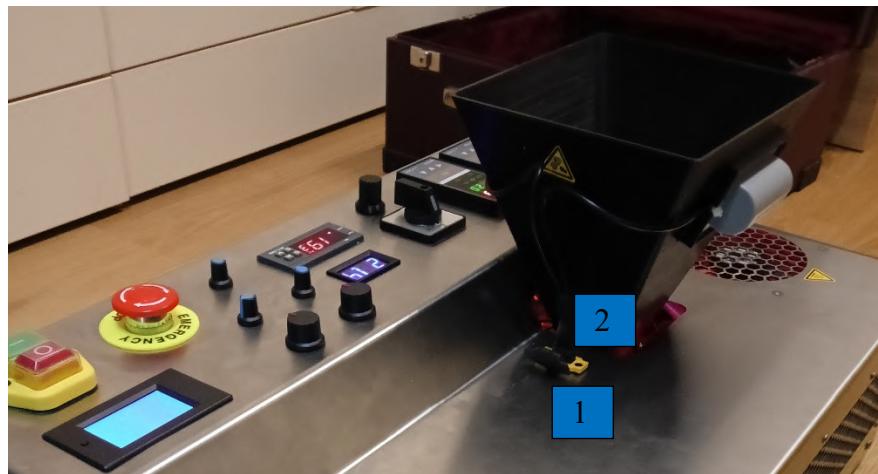
Pri tem opravilu mora biti stroj obvezno izključen iz električne napeljave. Pri razstavljanju moramo biti pozorni na morebitno električno napeljavo in dele, ki jih ne smemo poškodovati.

V sistemu hlajenja je hladilna tekočina **DESTILIRANA VODA** in v nobenem primeru voda iz vodovoda, saj lahko ogrozi delovanje hladilnega sistema!

## 8.4 DODATNE MOŽNOSTI IN PREDNOSTI STROJA

### 8.4.1 Odstranitev lijaka za dovajanje granulata

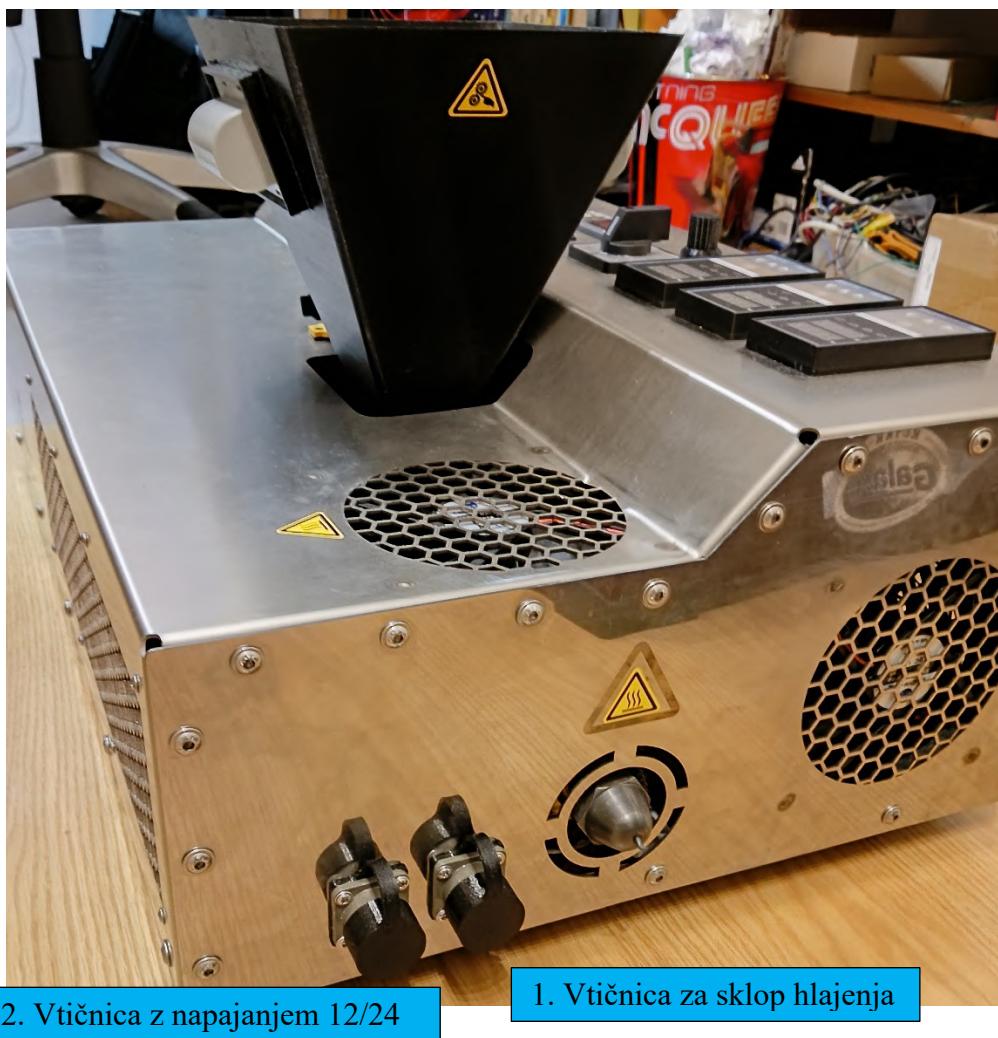
S stroja lahko dokaj enostavno odstranimo lijak, ki ga uporabljam za dovod granulatov. Najprej odklopimo vibracijska motorja iz napajanja (rumeni priključek), nato odvijačimo matici ter lijak enostavno odstranimo. Ta postopek je uporaben in predviden predvsem z vidika transporta stroja in preprečitvi poškodb.



Slika 32: Odstranitev lijaka (osebni arhiv)

#### 8.4.2 Napajanje sklopa hlajenja filamenta ter dodatni izhod napetosti

Na čelni strani stroja sta nameščeni dve vtičnici. Prva je namenjena napravi za hlajenje proizvedenega filamenta (linija ventilatorjev), ki jo nastavljamo in kontroliramo na sklopu ekstruderja. Druga vtičnica je namenjena napravi za vlek in navijanje filamenta. Ko vtičnici nista v uporabi, sta pokriti z gumijastimi čepi. Vtikanje prevodnih predmetov v vtičnice je strogo prepovedano, saj lahko povzroči poškodbe telesa ali naprave. Prav tako pa sta prva in druga vtičnica med sabo različni, tako da se ne moremo zmotiti in vklopiti v napačni vhod.



Slika 33: Napajanje (osebni arhiv)

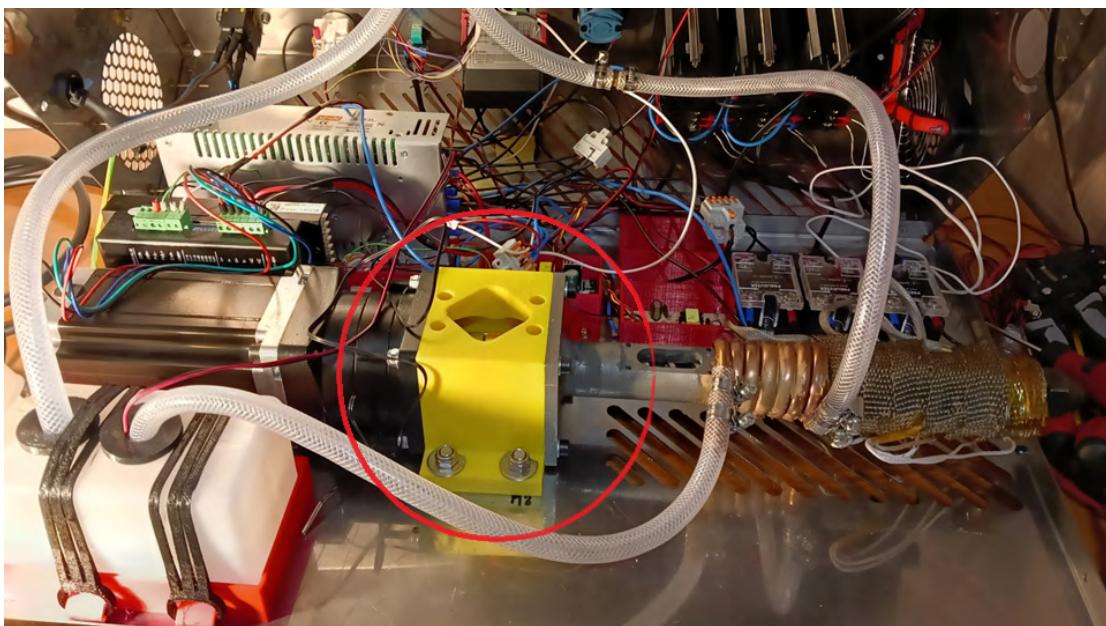
## 8.5 POPRAVILA IN MENJAVE DELOV

### 8.5.1 Menjava sklopke

Povezovalni del med polžem ekstruderja ter motorjem je sklopka, ki je varnostnega pomena v primeru, da bi bilo v ekstruderju preveliko breme oziroma v primeru, ko bi zagnali motor pri hladnem stroju. V kolikor vklopimo motor in zaznamo, da se polž ne vrati, motor pa slišimo delovati, pomeni, da je sklopka uničena.

Menjava sklopke sledi po naslednjih korakih:

1. Izključitev naprave iz omrežja.
2. Odstranitev lijaka.
3. Odvijačenje vseh vijakov, ki so v spodnji liniji (privijačijo spodnjo ploščo na zgornji del naprave).
4. Odstranitev zgornjega dela naprave.
5. Odvijačimo štiri vijke, ki povezujejo sklop ekstruderja, motorja in sklopke (4 imbus dolgi črni vijaki).
5. Preverimo stanje sklopke ter jo odstranimo z odvijačenjem dveh imbus vijakov neposredno na sklopki.
6. Novo sklopko dobro pritrdimo, pazimo na zračnost, ter po enakem vrstnem redu ponovno sestavimo stroj.



Slika 34: Sklopka (osebni arhiv)

## 9 CENOVNA IN ČASOVNA ANALIZA

V procesu razvoja ekstruderja smo se srečali s številnimi izzivi, ki so vplivali na časovno in finančno strukturo projekta. Cilj naše analize je cenovna in časovna obravnava celotnega razvojnega cikla naprave, od idejne zasnove do končne realizacije. Naš namen je bil ne samo analizirati stroške in čas potreben za izgradnjo ekstruderja, ampak tudi ponuditi vpogled v potencialne prihranke in izboljšave za prihodnje projekte.

Naziv	Kos	Cena [€]
05_1_0_ekstrudor	1	225
05_1_1_motor_nema_34	1	186,7
05_1_2_reduktor	1	71,11
05_1_3_connection_clutch	1	15,78
05_1_4_grelec	3	48,73
05_1_5_4_lijak	1	20
05_1_5_5_spring	4	1,15
05_1_6_vibro	2	12,28
05_1_7_assembly_crew_clutch	1	14,68
05_2_1_1_termostat	3	40,23
05_2_1_2_stikalo_termostat	3	4,97
05_2_1_3_potenciometer_motor	1	2
05_2_1_4_stikalo_motor		5,17
05_2_1_5_stikalo_v_sili		1,72
05_2_1_6_termostat_pumpa		4,57
05_2_1_7_potenciometer_ventilatorji		5
05_2_1_8_temperatura_vode		4,47
05_2_1_9glavno_stikalo		6,58
05_2_1_10_potenciometer_vibro		15
05_2_1_11_napajalec_24v		70,51
05_2_1_12_krmilnik		28,51
05_2_1_13_vodna_črpalka		4,38

»se nadaljuje«

»nadaljevanje«

05_2_1_14_skatla_arduino		3,5
05_2_1_15_skatla_napajalec_12v		5,2
05_2_1_16_skatla_napajalec_9v		1,2
05_2_1_17_fan_120	6	37,64
05_2_1_18_connector_4pin	1	2,85
05_2_1_19_polprevodniški_rele	3	85,52
05_2_1_20_grelec_connector	3	8,51
05_2_1_21_potenciometer_ventilatorji		4
05_2_1_22_skatla_12v_potenciometer_ventilatorji		4
05_2_1_23_xt60ef_connector	2	7,04
05_2_1_24_merilec_toka	1	11,87
05_2_1_25_gumijasti_cep_connector	1	6
05_2_5_Sprednja_stranica		250
05_3_1_spirala		4,5
05_3_2_gumica_rezervoar		8
05_3_3_nosilec_rezervoar		4
05_3_4_rezervoar	1	14,19
05_3_5_hladilnik	1	30,14
cable hoder	1	1,76
thermal tape	1	2,39
vodni priključek 8mm	1	1,34
connectors	50	2,38
napajalec 12V	1	4,3
reducir za vodo 10 to 8mm	2	2,77
električne spojke	2	3,48
zaščite ventilatorji	2	2,73
termotipala	3	3,59
arduino		6
cev 10mm	1m	80
<b>SKUPAJ</b>		<b>1387,44</b>

Tabela 2: Cenovna evidenca

<b>PODROČJE</b>	<b>ČAS [URA]</b>
Modeliranje	170
Izdelava	60
<b>SKUPAJ</b>	<b>230</b>

*Tabela 3: Časovna evidenca*

Cenovna in časovna analiza je bil korak v našem projektu, ki nam je omogočil, da ocenimo učinkovitost naših procesov in identificiramo možnosti za izboljšave. Na koncu cenovne in časovne analize lahko vidimo, da je bil projekt zahteven s finančnega in časovnega vidika. Celotni stroški projekta so dosegli 1387,44 €, kar presega naš prvotni proračun. Medtem ko je bilo za modeliranje in izdelavo potrebnih 230 ur dela.

## 10 REZULTATI RAZISKAVE

V raziskavi smo nekatere hipoteze potrdili, nekatere pa ovrgli. Izpostaviti želimo, da je bil stroj, ki smo ga zasnovali za proizvodnjo 3D filamenta, sposoben neprekinjenega delovanja brez pregrevanja.

Na drugi strani pa smo morali ovreči hipotezo, da stroški izdelave našega stroja ne bodo presegli predvidenega proračuna, saj so bili končni stroški višji od naših prvotnih ocen.

Potrjene hipoteze:

- Stroj, ki smo ga zasnovali za proizvodnjo 3D-filamenta, bo omogočal neprekinjeno delovanje brez pregrevanja.
- Naš stroj bo zaradi svoje zmožnosti ekstrudiranja različnih vrst plastičnih mas in recikliranih materialov ponudil širšo uporabnost in prilagodljivost v primerjavi s trenutno dostopnimi rešitvami na trgu.
- Zasnovani stroj bo imel hitro dostopnost do komponent, kar bo omogočilo enostavno vzdrževanje in dolgoročno uporabnost.
- Uporaba recikliranih plastičnih mas in zdrobljenih neuspešnih tiskov kot surovin bo primerljivo učinkovita kot uporaba novih plastičnih mas pri uporabi filamenta.
- Implementacija različnih nastavitev in funkcij bo omogočila prilagajanje parametrov ekstrudiranja glede na specifične potrebe materiala.

Ovržene hipoteze:

- Stroški izdelave našega stroja ne bodo presegli predvidenega proračuna 1000 €, kar bo omogočilo dostopno rešitev za potencialne uporabnike.
- Ekstruder bomo konstruirali in izdeli v relativno kratkem času.

## 11 ZAKLJUČEK

Naše raziskovalno delo je zajemalo obsežen proces od ideje do realizacije inovativnega ekstruderja za filament, ki je namenjen recikliraju plastičnih odpadkov in proizvodnji visokokakovostnega filimenta za 3D-tiskanje. V okviru naše raziskave smo uspešno dokazali, da naš stroj omogoča neprekinjeno delovanje brez pregrevanja, kar je ključnega pomena za vzdrževanje stalne kakovosti proizvedenega filimenta. Dodatno smo potrdili, da naš ekstruder omogoča uporabo različnih vrst plastičnih mas in recikliranih materialov, kar pomeni večjo prilagodljivost in širšo uporabnost v primerjavi z obstoječimi rešitvami na trgu.

V procesu testiranja smo opazili, da naš ekstruder zagotavlja izjemno prilagodljivost pri delu z različnimi vrstami plastike, vključno z recikliranimi materiali, kar poudarja njegovo vsestransko in prispeva k zmanjšanju okoljskega odtisa. Zmožnost spremnjanja parametrov v realnem času omogoča prilaganje specifičnim potrebam materiala, kar izboljšuje kvaliteto in doslednost proizvedenega filimenta.

Kljub temu da smo dosegli večino zastavljenih ciljev, so bili stroški izdelave višji od prvotno predvidenih. To pomeni, da bo potrebno v nadaljnjem razvoju izdelek optimizirati z namenom znižanja proizvodnih stroškov, da bi postal dostopnejši širšemu krogu uporabnikov.

V zaključku lahko rečemo, da je naš projekt prispeval k razvoju tehnologije 3D-tiskanja s poudarkom na trajnosti in recikliraju. Pričakujemo, da bo naša rešitev spodbudila nadaljnje inovacije in izboljšave v industriji 3D-tiskanja.

V prihodnosti nameravamo nadaljevati z raziskavami in razvojem, da bi izboljšali učinkovitost našega ekstruderja in še naprej prispevali k bolj trajnostni prihodnosti.

## 12 ZAHVALA

Zahvaljujemo se vsem, ki so sodelovali pri projektu in prispevali k njegovemu uspehu. Zahvaljujemo mentorju za strokovno podporo in usmerjanju med potekom raziskovalne naloge. Zahvala pa je namenjena tudi podjetju Slovenske železnice, d.o.o., SŽ VIT, za finančno podporo v obliki štipendije v času šolanja.

## 13 VIRI IN LITERATURA

[1] Kraut, B. Krautov strojniški priročnik. 17. izdaja. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, 2019.

[2] S. Pehan, Osnove konstruiranja: univerzitetni učbenik-osnutek. Fakulteta za strojništvo. Maribor: 2010.

[3] LASERSKI RAZREZ (spletni vir). 2020. (povzeto 28. 3. 2020). Dostopno na:  
<http://www.vija.si/sl/laserski-razrez-plo%C4%8Devine-kovine>

[4] Filabot ex6 ekstrudor (Spletni vir). Dostopno na:

<https://www.filabot.com/cdn/shop/products/FB00655-02-04.jpg?v=1705606313&width=2048>

[7. 3. 2024]

[5] Krivljenje pločevine (spletni vir). Dostopno na:

[https://www.google.com/search?q=krivljenje+plo%C4%8Devine&sxsrf=ALeKk02QCUaq8ovptZuOKhjdOAX9ypBWng:1582885149580&source=lnms&tbo=isch&sa=X&ved=2ahUKEwig9r3YgvTnAhUBzKQKHdnfDOIQ\\_AUoAXoECA0QAw&biw=1145&ampbih=855#imgrc=x0lYEgpL96ZjtM](https://www.google.com/search?q=krivljenje+plo%C4%8Devine&sxsrf=ALeKk02QCUaq8ovptZuOKhjdOAX9ypBWng:1582885149580&source=lnms&tbo=isch&sa=X&ved=2ahUKEwig9r3YgvTnAhUBzKQKHdnfDOIQ_AUoAXoECA0QAw&biw=1145&bih=855#imgrc=x0lYEgpL96ZjtM)

[28. 2. 2024]

[6] Vrezovanje navojev (spletni vir). Dostopno na:

<https://images.ctfassets.net/p21je6uyqi6o/4wLIeysumC2Fap5T54TIP9/f7ffe5d78d27f3cb81332dbca58948fd/tapping.jpg?w=450&h=300&fl=progressive&q=50&fm=jpg>

[28. 2. 2024]

[7] Pozor napetost (spletni vir). Dostopno na:

[8] Pozor visoka temperatura(spletni vir). Dostopno na:

[9] Pozor nevarnost poškodbe (spletni vir). Dostopno na:

[10] Termostat (spletni vir). Dostopno na:

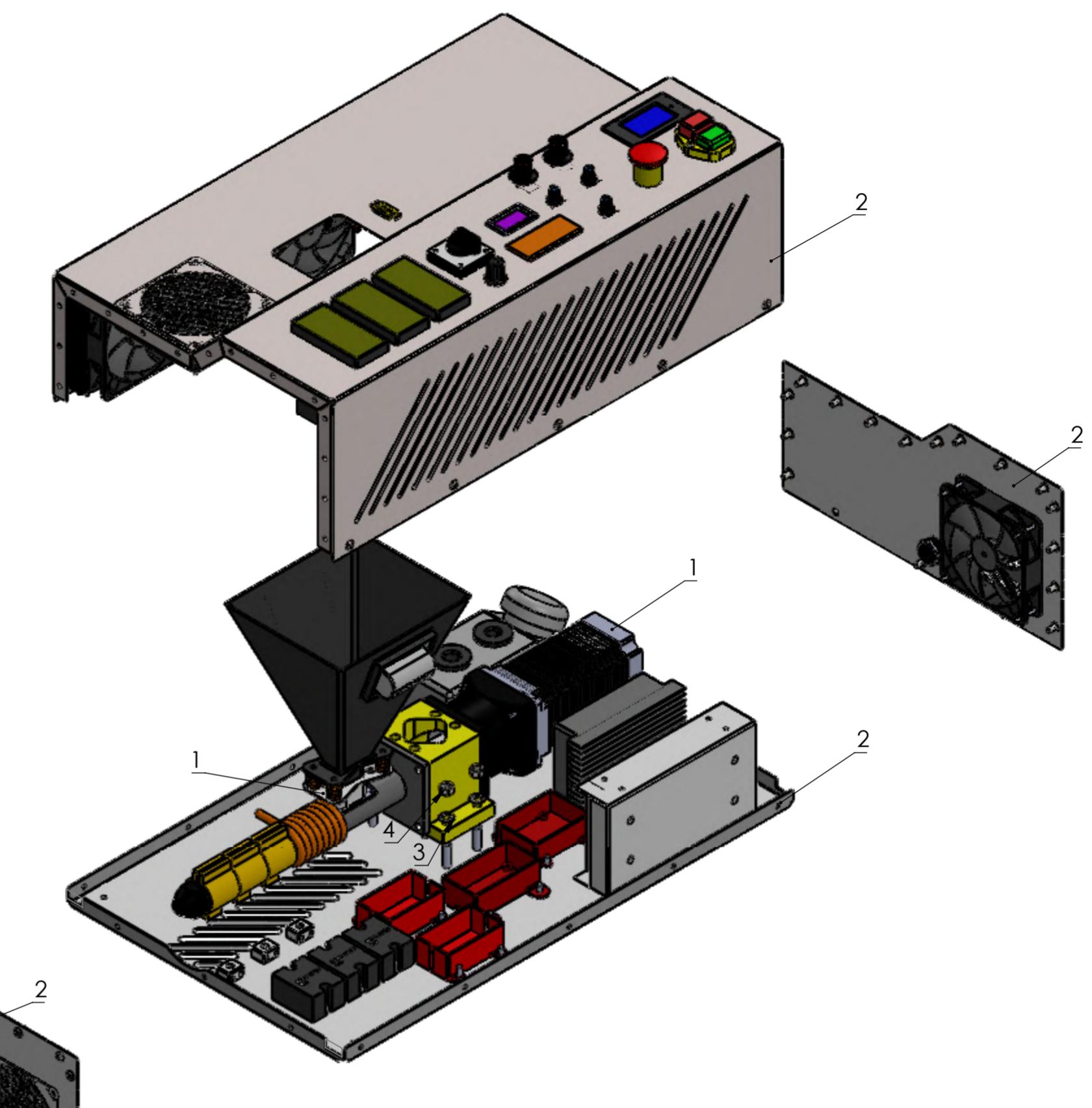
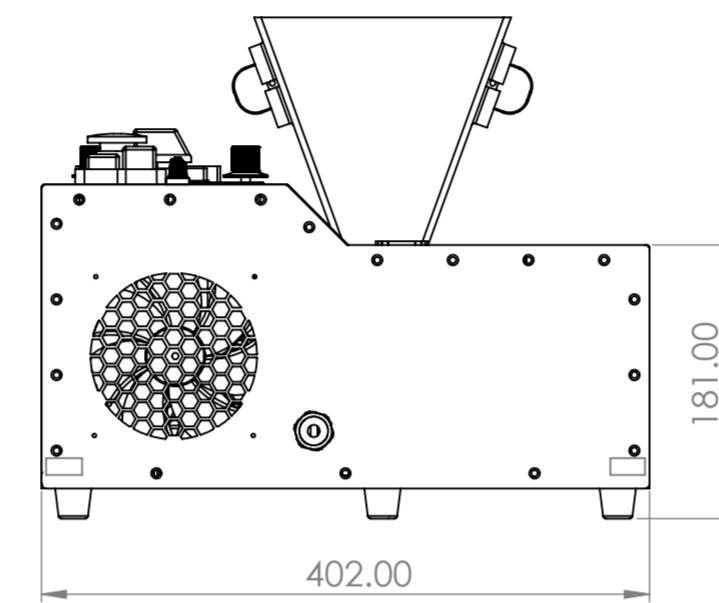
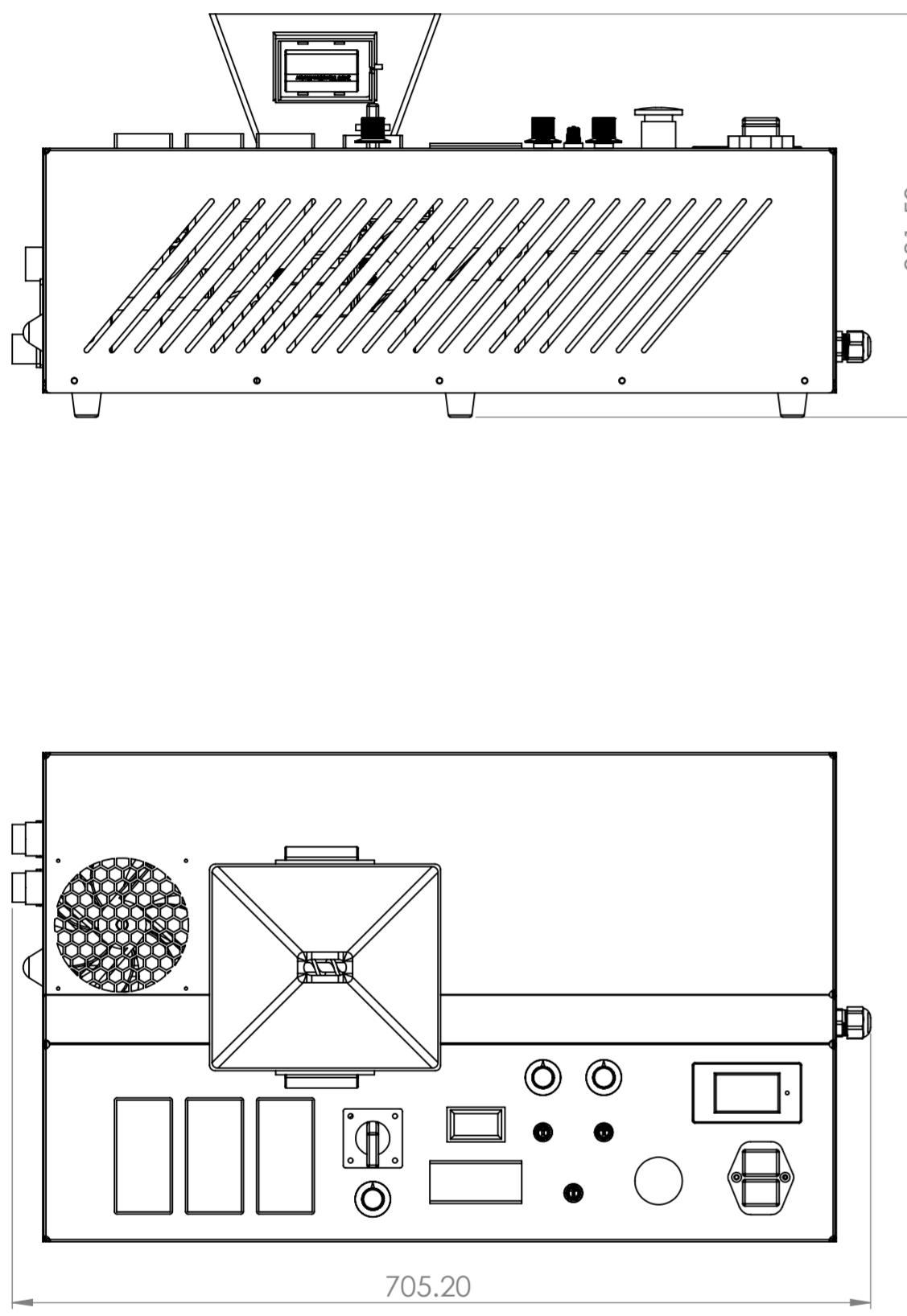
<https://www.rkcinst.co.jp/english/downloads/8933/imnzc22e1/>

[7. 3. 2024]

[11] Termostat črpalke (spletni vir). Dostopno na:

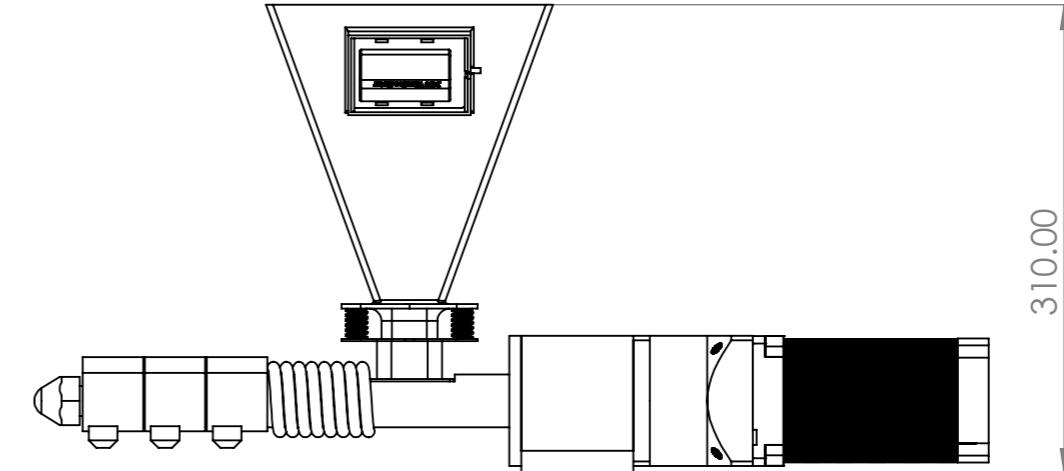
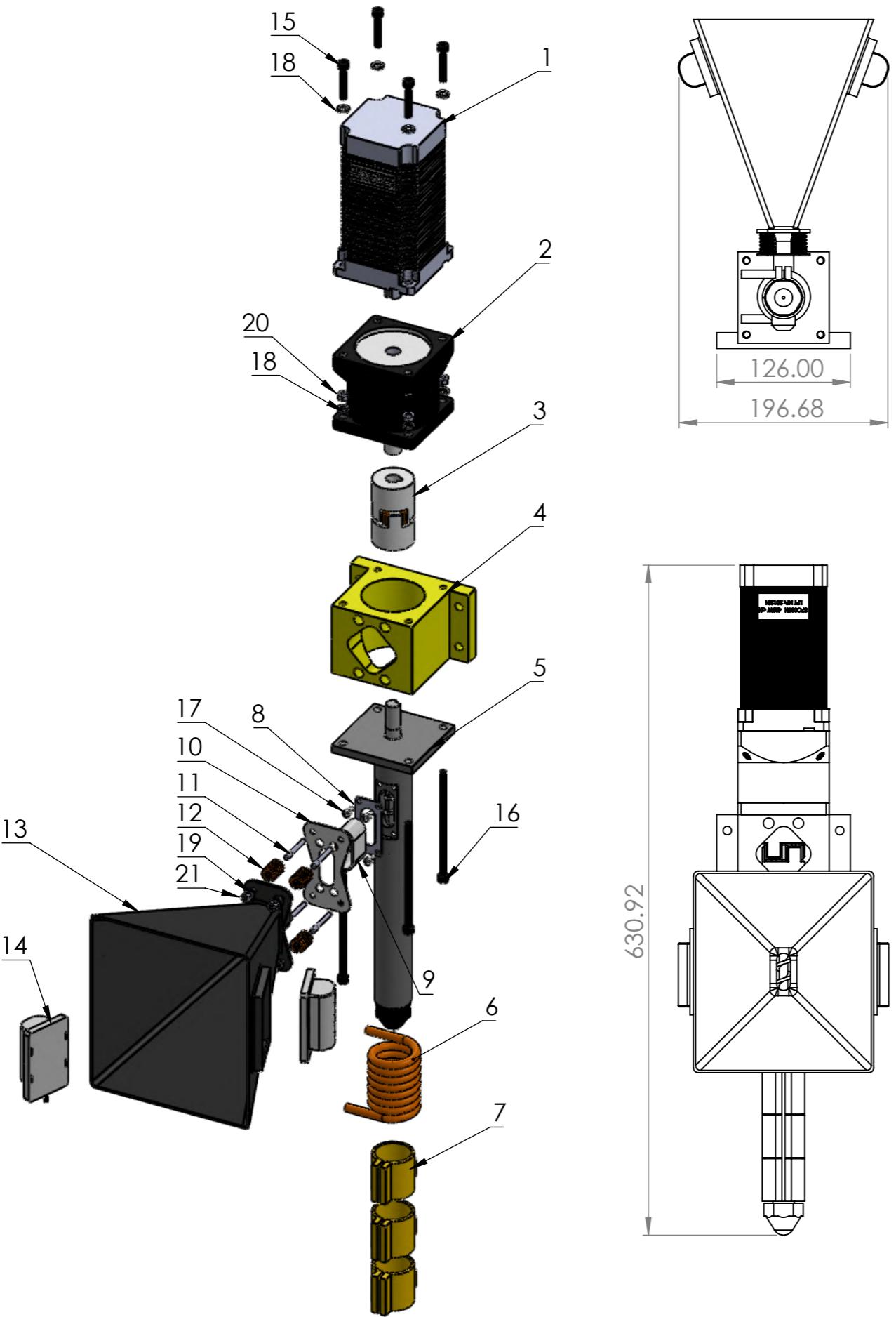
<https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/71VSFdFfszL.pdf>

[7. 3. 2024]



POZ	NAZIV	KOS
1	2024_1_ekstrudor	1
2	2024_2_ohišje	1
3	podložka M8 A4 9021	4
4	matica sam. M8 A4 985	4

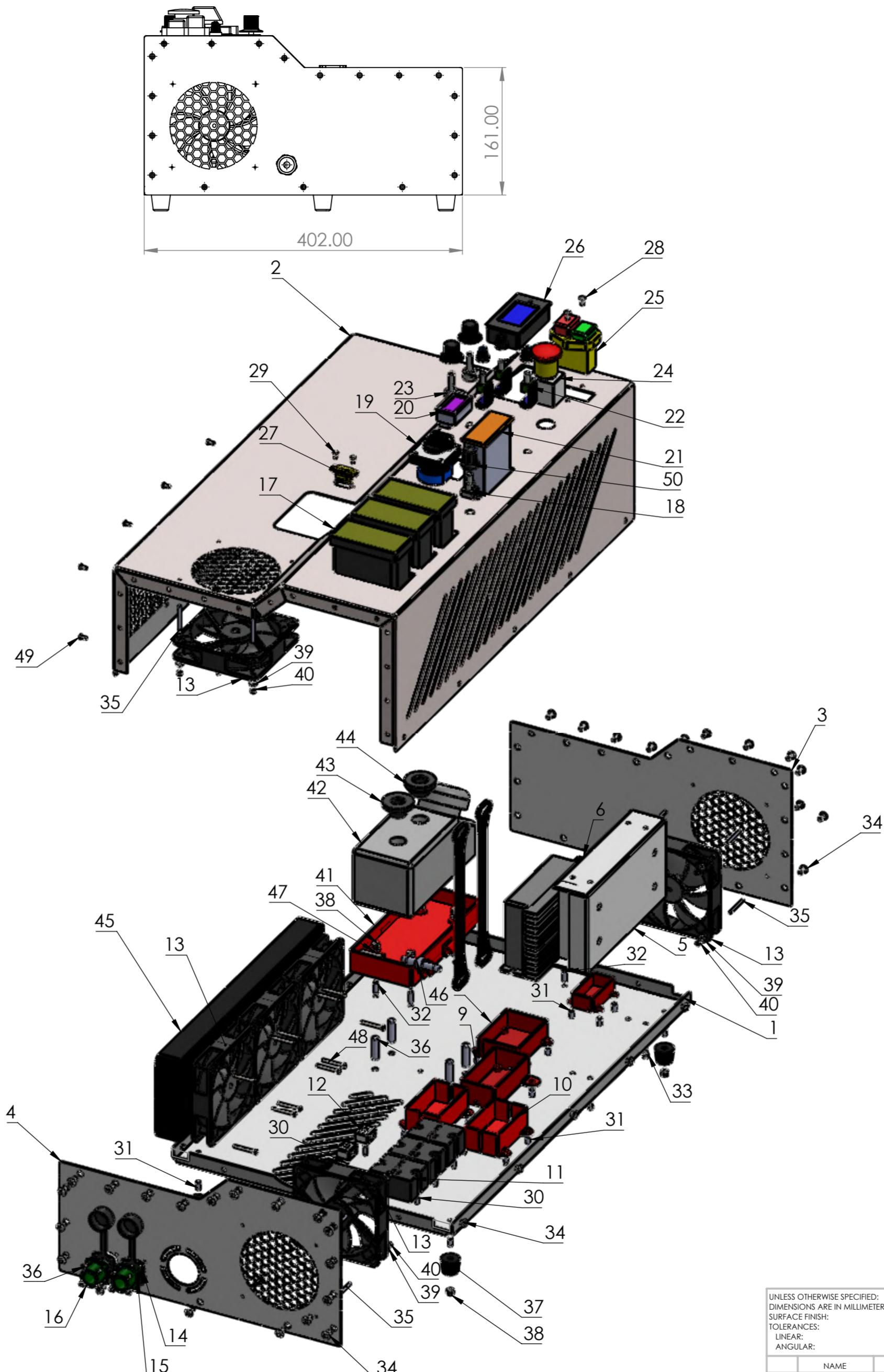
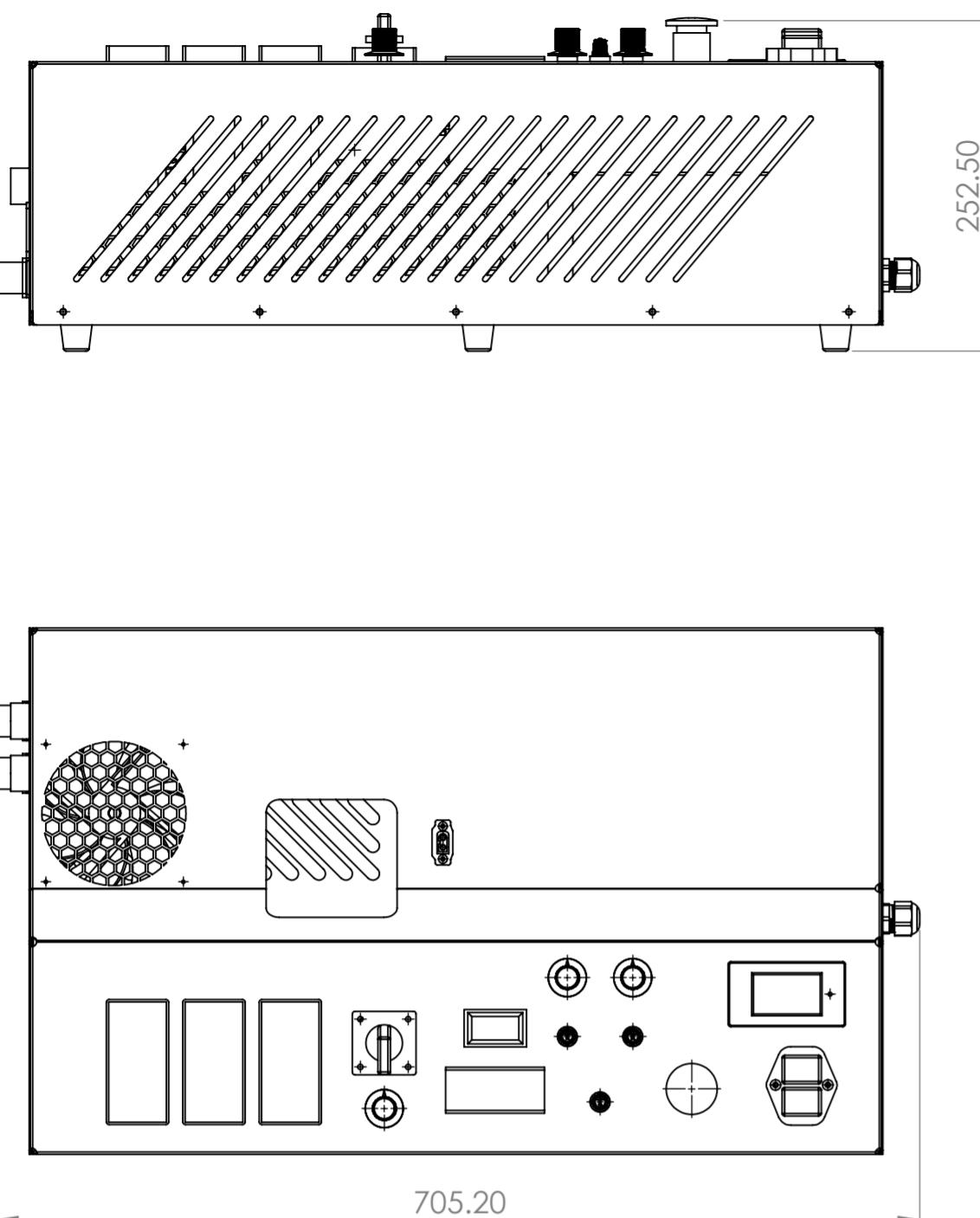
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:			DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:     A	
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A.							
					MATERIAL:	DWG NO.	A2
						2024_ekstruudor_filamenta	
					WEIGHT:	SCALE:1:20	SHEET 1 OF 1



POZ	Naziv	KOS
1	motor NEMA 34	1
2	reduktor 5:1	1
3	sklopka	1
4	2024-1-1-nosilec	1
5	robotdigg extruder E20SB300	1
6	2024_1_3_spirala	1
7	3540-220V200W	3
8	2024-1-101-spodaj	1
9	2024-1-102-pvezava	1
10	2024-1-103-zgoraj	1
11	2024-1-104-vodilo	4
12	3D printer spring 25mm	4
13	2024-1-2-lijak	1
14	DC12V 2430 Vibracion motor	2
15	vijak imbus M6X40 12.9 DIN 912	4
16	vijak imbus M6X120 12.9 DIN 912	4
17	ibus vijak M4X8 DIN 912	4
18	podložka M6 A4 125	8
19	podložka M5 A4 125	4
20	RF matica SAM. M6 A4 985	4
21	RF matica SAM. M5 A4 985	4

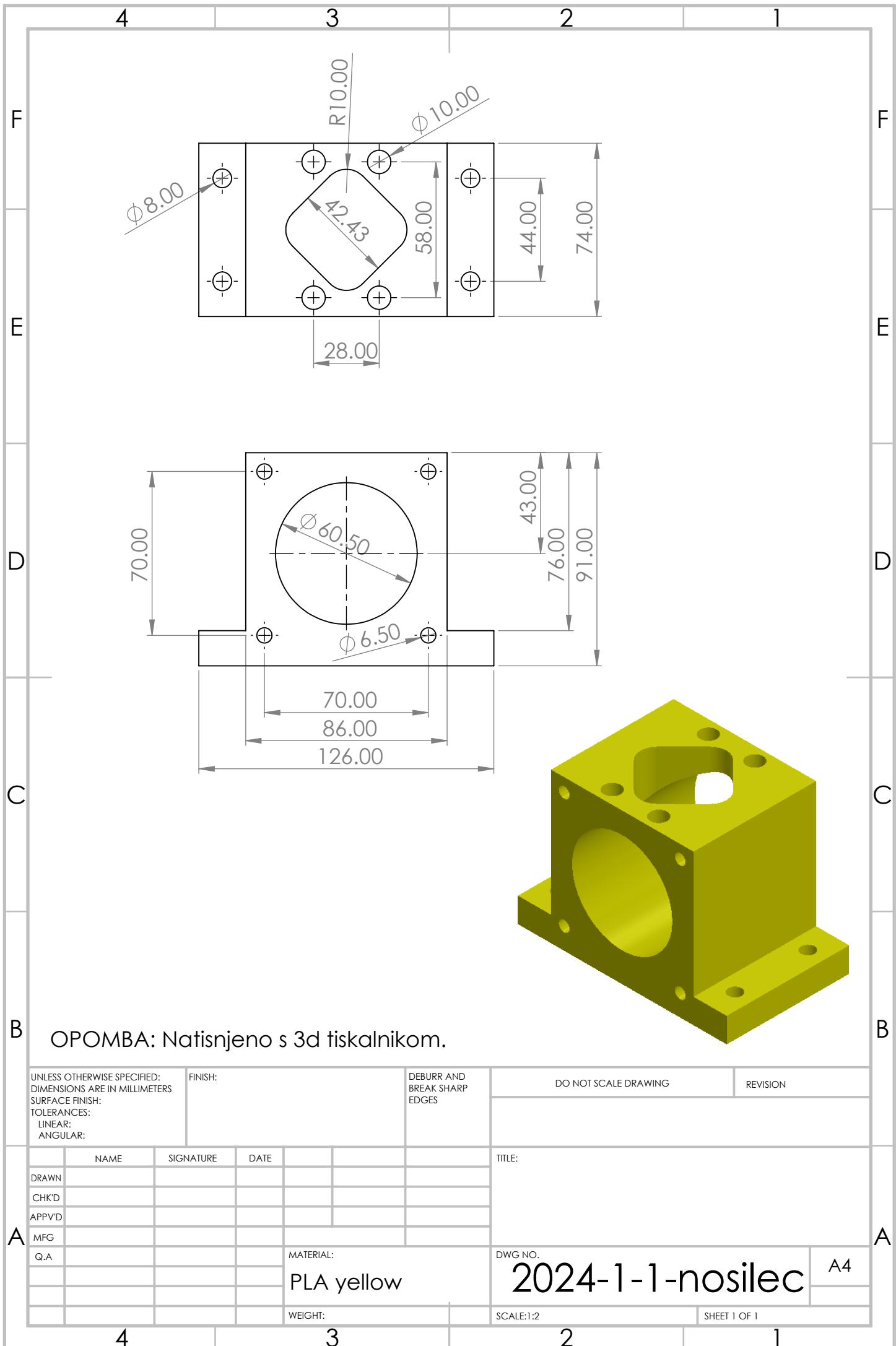
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE	
CHK'D				
APP'D				
MFG				
Q.A.				
	MATERIAL:			
	WEIGHT:			SCALE:1:20
				SHEET 1 OF 1
				A3

DWG NO.  
**2024\_1\_ekstrudor**



POZ	NAZIV	KOS
1	2024_2_1_spodnja_plošča	1
2	2024_2_2_pokrov	1
3	2024_2_3_zadnja_stranica	1
4	2024_2_4_sprednja_stranica	1
5	napajalec ZL-360-24V	1
6	krmilnik Cloudray DM860S	1
7	2024_2_13_skatla_napajalec_9v	1
8	2024_2_11_skatla_arduino	1
9	2024_2_12_skatla_napajalec_12v	1
10	2024_2_14_skatla_12v	2
11	polprevodniški rele Prelovšek 25A	3
12	20A Ceramics wire terminal block	3
13	ventilator 120X120X25 12V	6
14	2024_2_15_pokrov	2
15	P20K6Q- 4pin connector	1
16	P20J6Q	1
17	REX-C400 TERMOSTAT	3
18	potenciometer 10ohm	1
19	rotaty switch 2 positions 660V 20A	1
20	K-type M6 digital temperature XH-B310	1
21	STC-1000 DC24V termostat	1
22	10A DC voltage regulator PWM	3
23	WH148 potenciometer 10ohm	2
24	emergency stop switch AC 660V 10A	1
25	KJD17B 230V electromagnetic switch	1
26	PZEM-061 AC digital-function meter	1
27	XT60EF 2pin connector	1
28	M4x8 10.9 DIN7991, vgreznjena glava	2
29	M3x8 10.9 DIN7991, vgreznjena glava	2
30	2024_2_9_M4_I12	9
31	2024_2_6_M5_I11	26
32	2024_2_7_M5_I15	6
33	imbus M4x8 912 A4	4
34	imbus ULF M5x8 ISO 7380-2 9084 s prirobnico	46
35	2024_2_8_M3_I35	12
36	2024_2_10_M8x30	4
37	2024_2_5_podloge	5
38	matica M5 A4934	31
39	podložka M3 A4 125	12
40	matica sam. M3 A4 985	12
41	2024_2_19_nosilec_rezervoar	1
42	REZERVOAR INK 80X180X80mm 1000ml	1
43	2024_2_21_tesnilo_cevi_fi10	1
44	2024_2_20_tesnilo_cevi_fi8	1
45	HBXE liquid cooling radiator 360mm	1
46	reducir fi 10 to fi8	1
47	podložka M5 A4 125	26
48	vijak križni M3x30	12
49	vijak ULF M3x8 ISO 7380-2	8
50	2024_2_17_cep_pot.	1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:			DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:		
CHK'D								
APP'D								
MFG								
Q.A				MATERIAL:		DWG NO.	A2	
						2024_2_ohišje		
			WEIGHT:			SCALE: 1:5	SHEET 1 OF 1	



12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

H

H

G

G

F

F

E

E

D

D

C

C

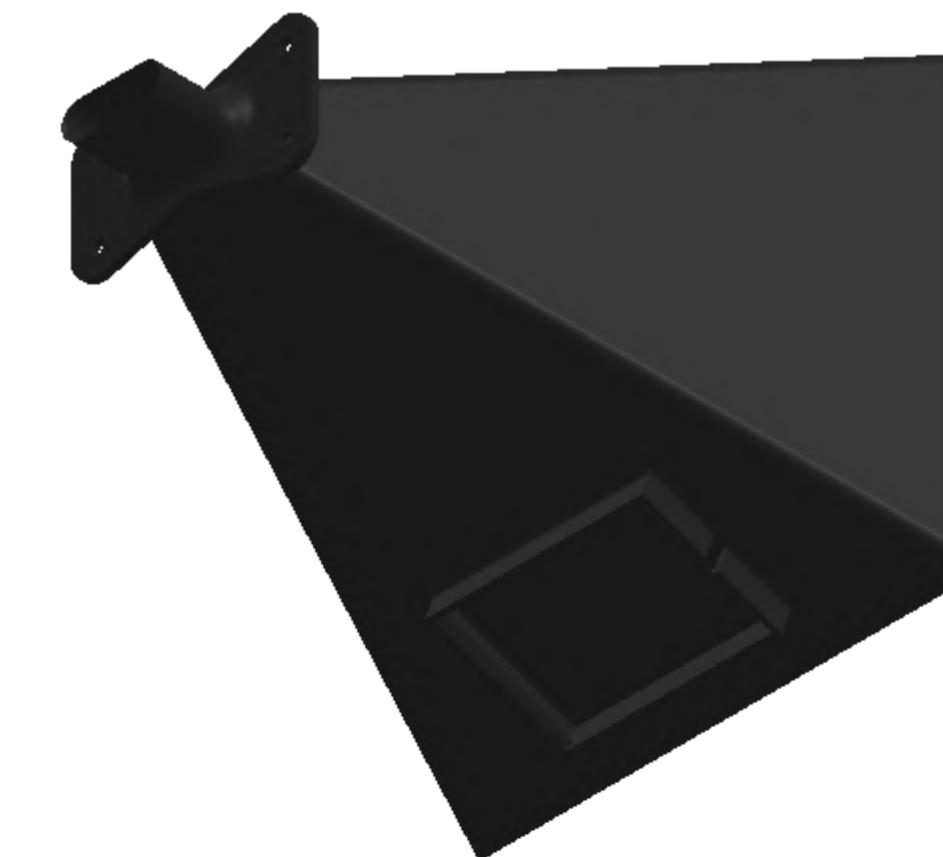
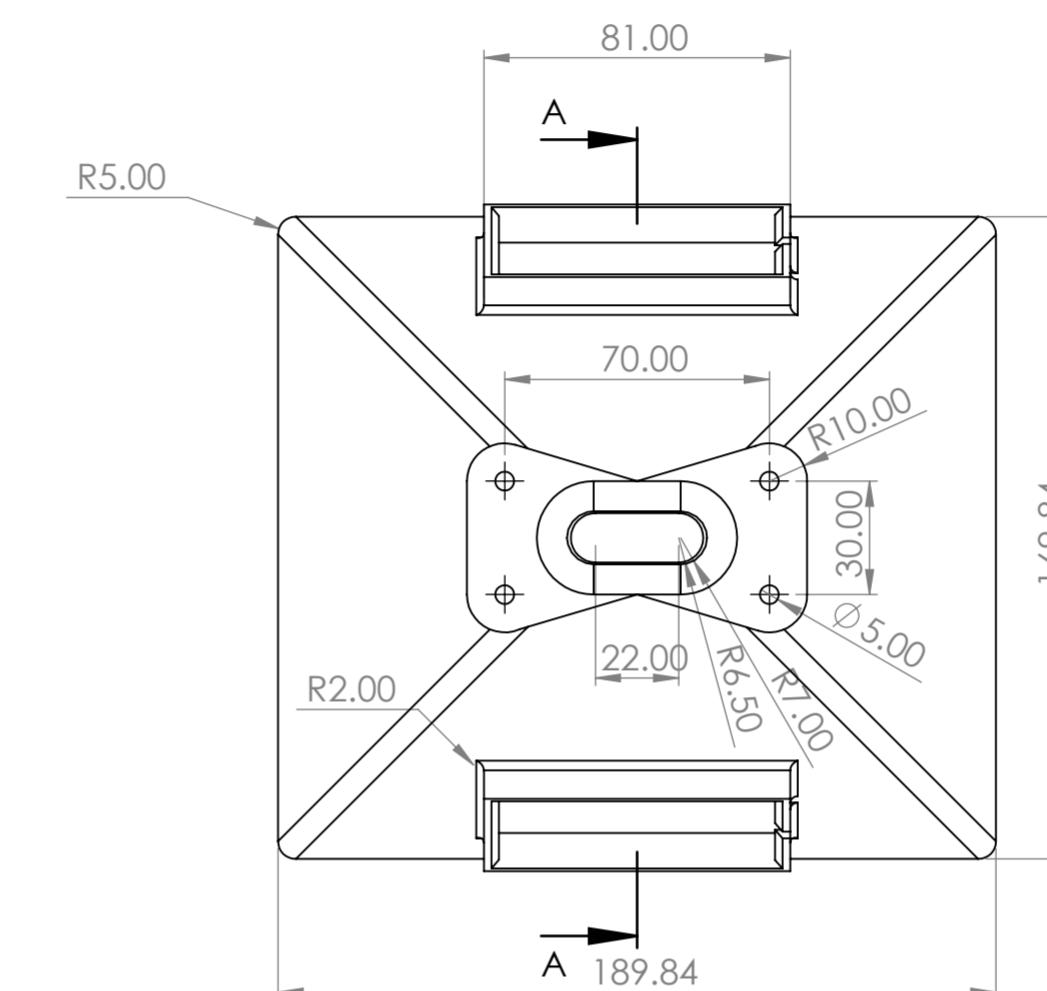
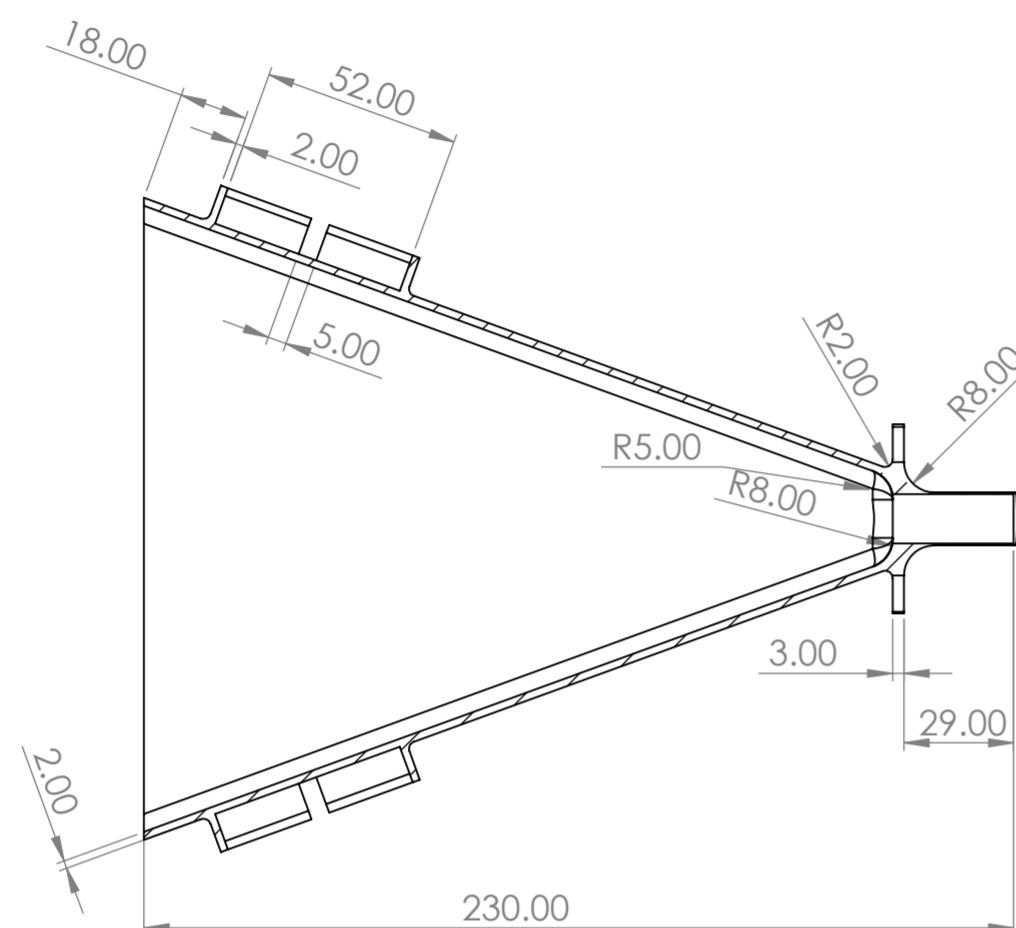
B

B

A

A

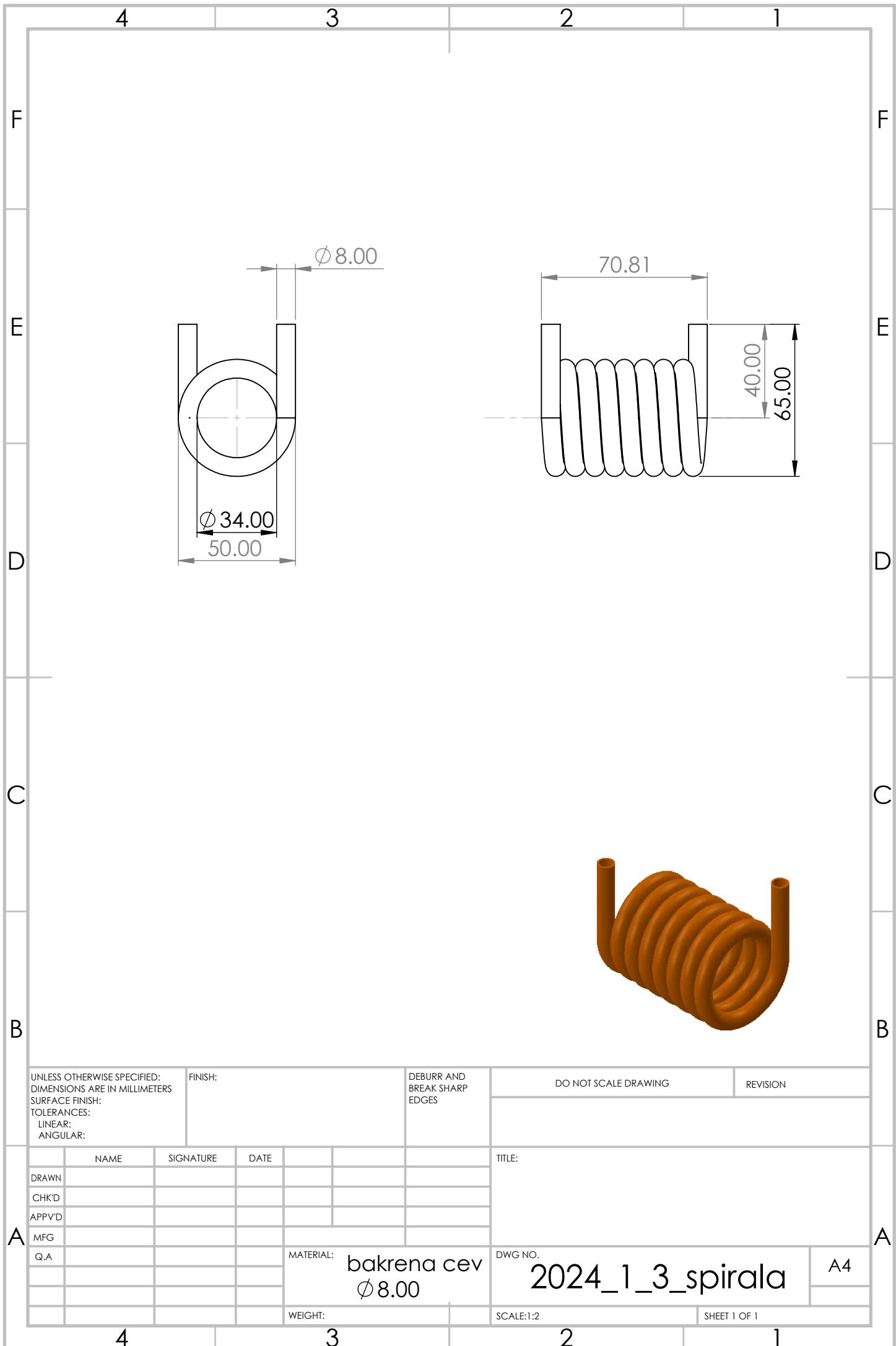
PREREZ A-A



OPOMBA: Natisnjeno s 3d tiskalnikom.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
QA				MATERIAL:		DWG NO.	
				PLA black		2024-1-2-lijak	A2
				WEIGHT:		SCALE:1:2	
							SHEET 1 OF 1

12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1



8 7 6 5 4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

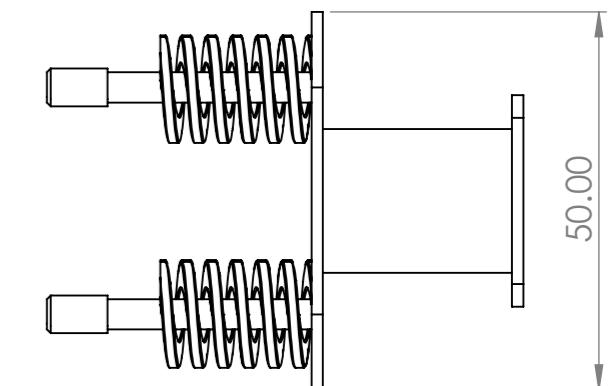
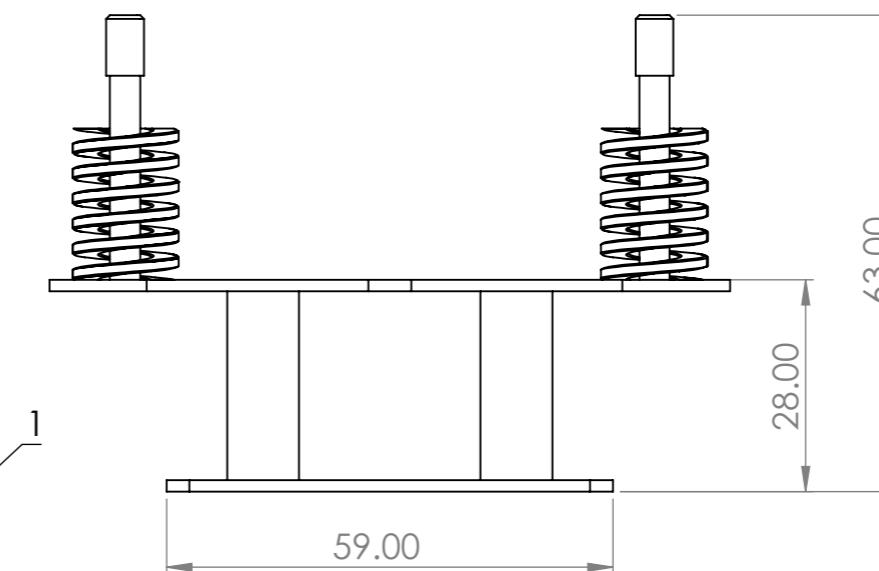
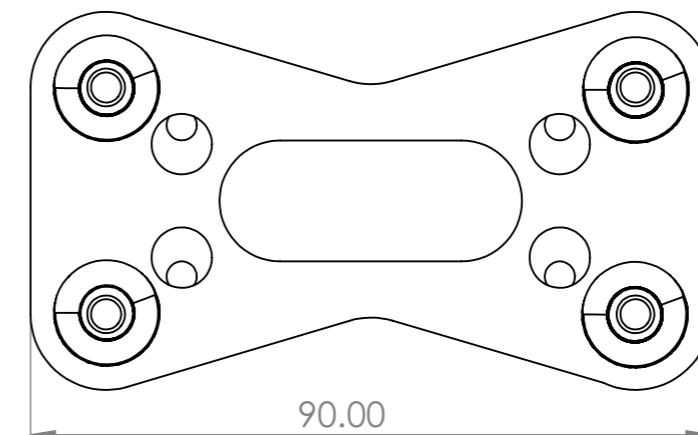
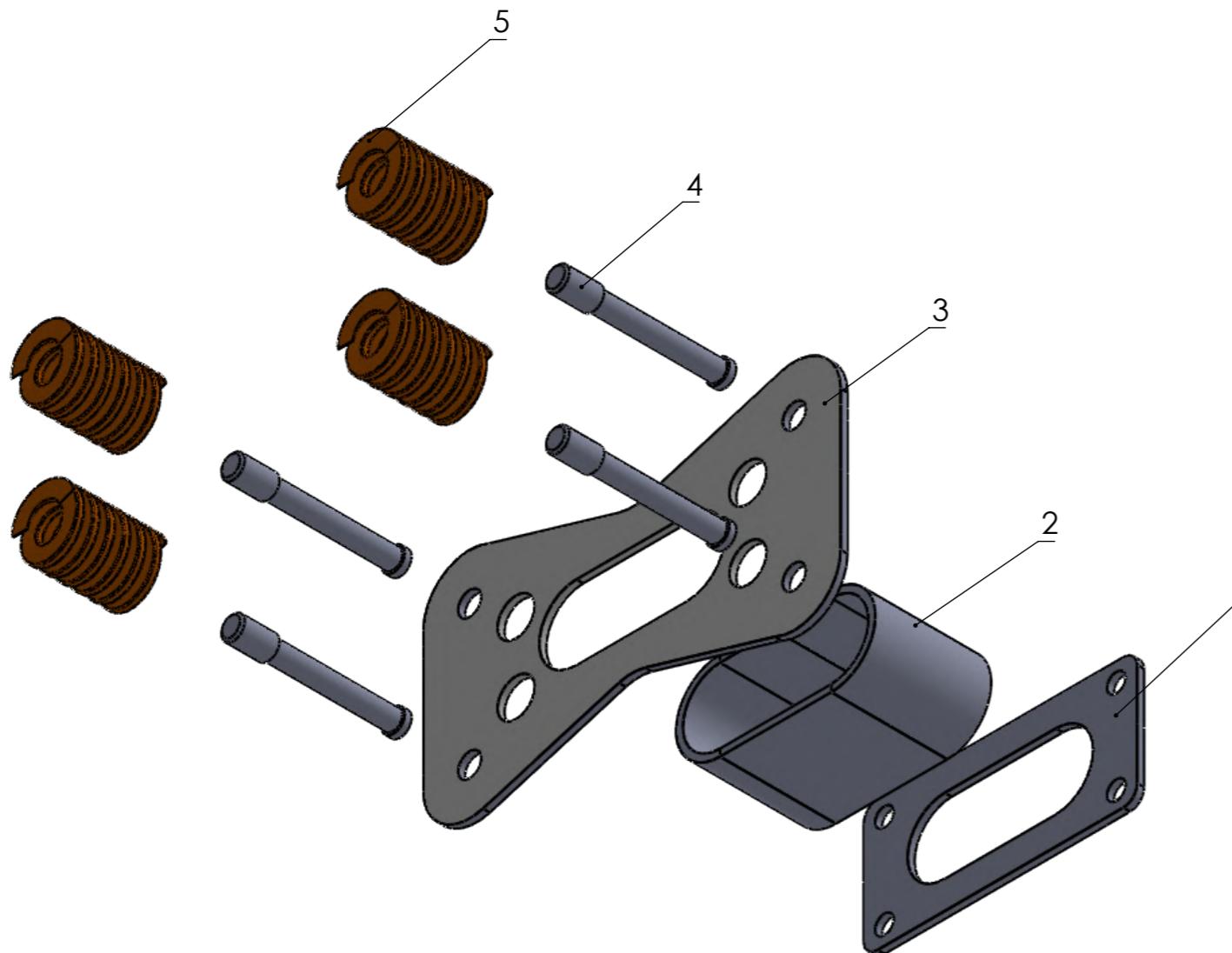
C

B

B

A

A



POZ	NAZIV	KOS
1	2024-1-101-spodaj	1
2	2024-1-102-pvezava	1
3	2024-1-103-zgoraj	1
4	2024-1-104-vodilo	4
5	3D printer spring 25mm	4

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:			DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE								TITLE:
CHK'D											DWG NO.
APP'D											2024-1-100-nosilec-ljijaka
MFG				MATERIAL:							A3
Q.A.							WEIGHT:				SCALE:1:1
											SHEET 1 OF 1

OMPOMBA: Izdelek se zvari, kot prikazuje risba. Priporočeno varjenje s Tig varilnim paratom.

8

7

6

5

4

3

2

1

4

3

2

1

F

E

D

Q

B

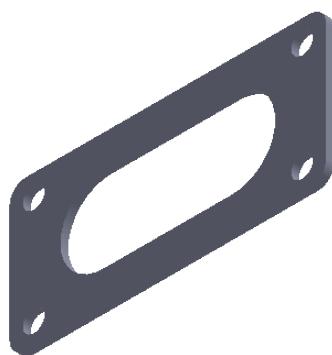
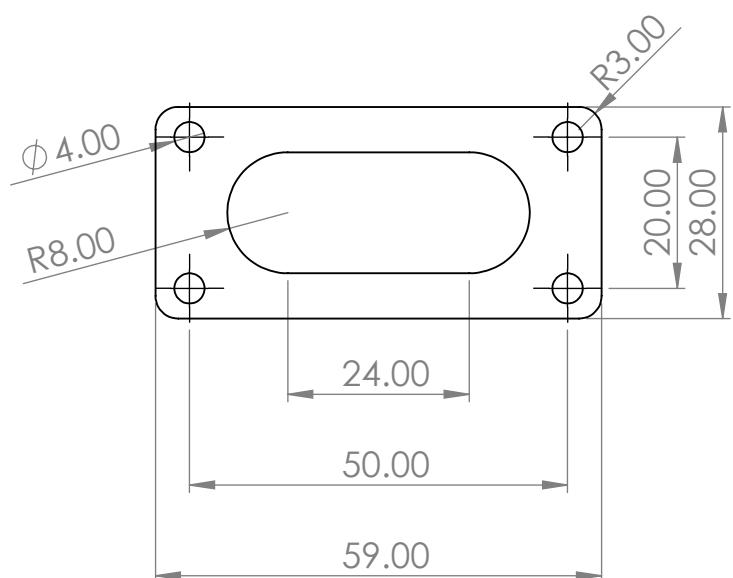
F

E

D

Q

B



4

3

2

1

F

E

D

C

B

A

F

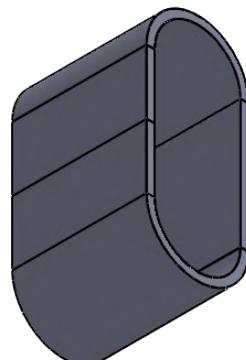
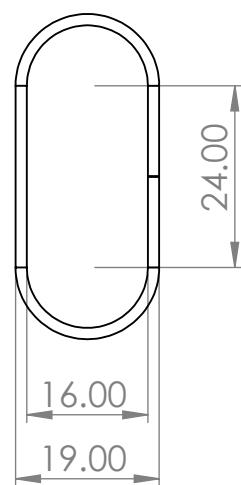
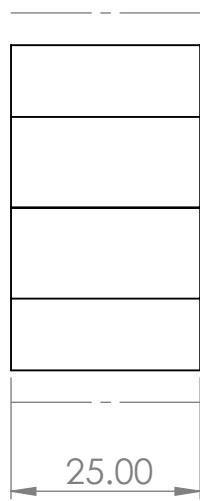
E

D

C

B

A



OPOMBA: Ukrivljeno iz 1,5 mm iNOX pločevine, dolge 130mm.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

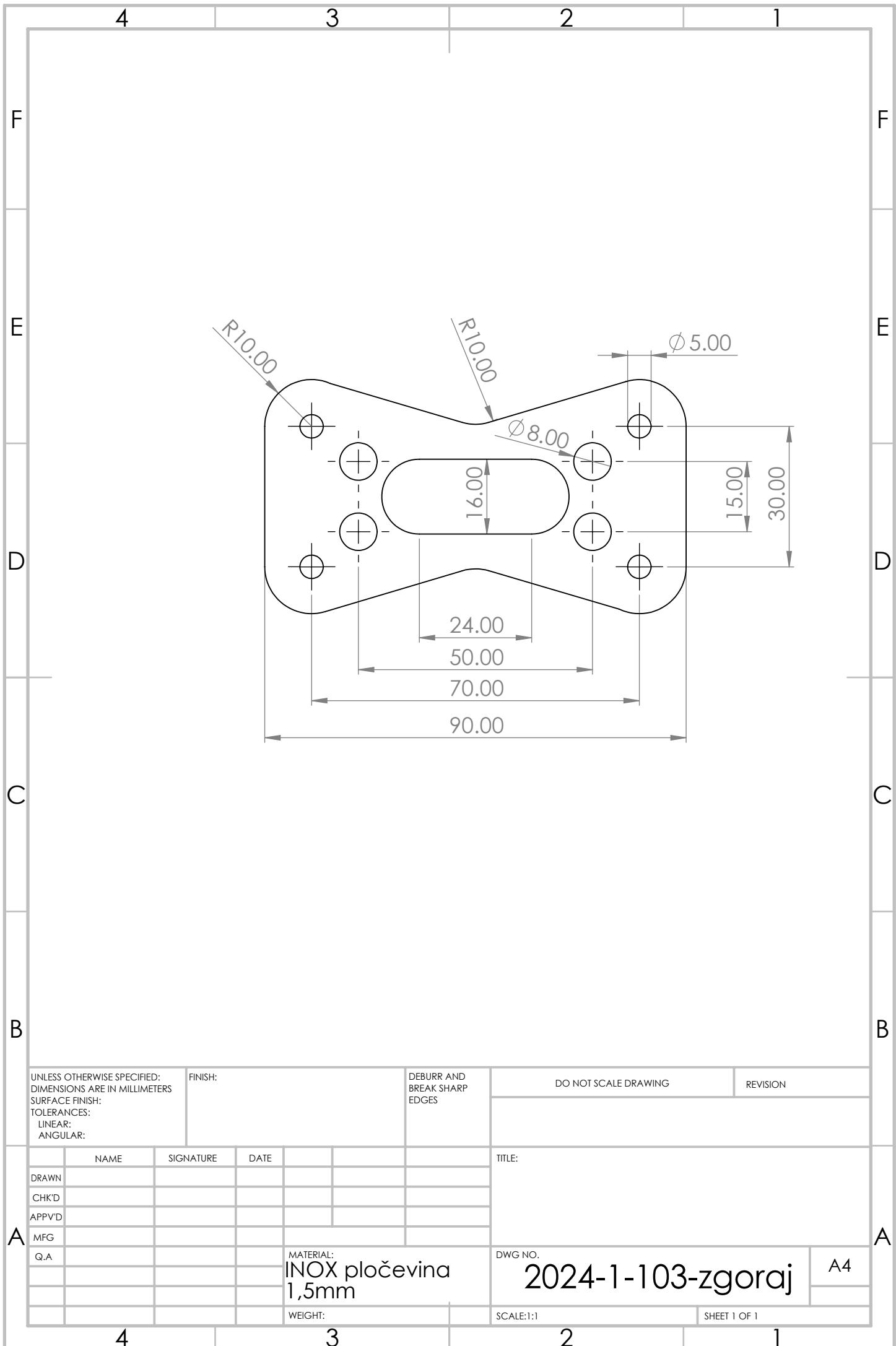
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE:
CHK'D					
APP'D					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	DWG NO.
					2024-1-102-pvezava
				WEIGHT:	SCALE:1:1
					A4
					SHEET 1 OF 1

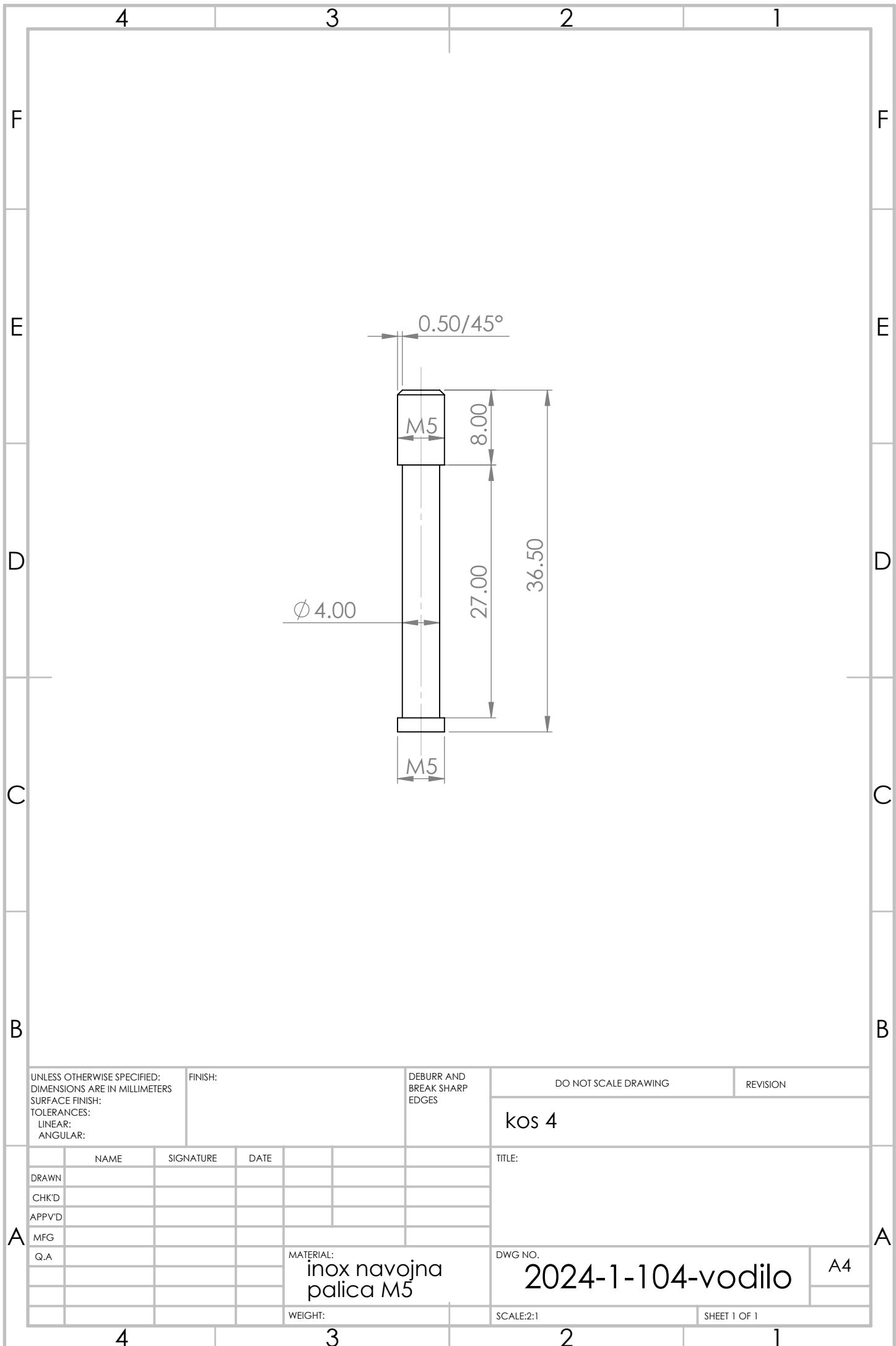
4

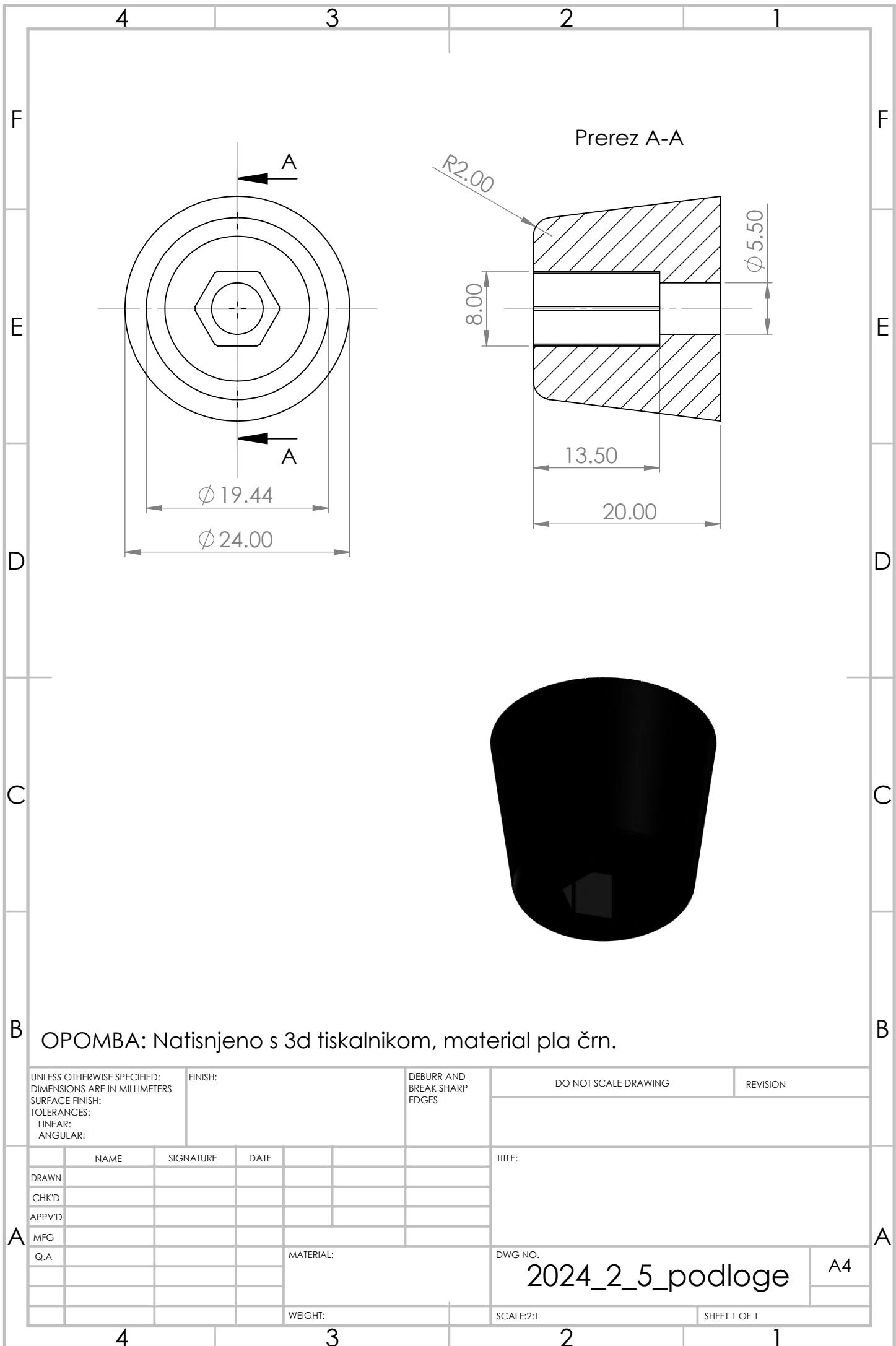
3

2

1







4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

kos 34

DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE		
CHK'D					
APP'D					
MFG					
Q.A.					

MATERIAL:  
 inox navojna  
 palica M5

WEIGHT:

TITLE:

DWG NO.

2024\_2\_6\_M5\_l11

A4

SCALE:5:1

SHEET 1 OF 1

4

3

2

1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

kos 5

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APP'D					
MFG					
Q.A.					

MATERIAL:  
inox navojna  
palica M5

WEIGHT:

TITLE:

DWG NO.

2024\_2\_7\_M5\_l15

A4

SCALE:5:1

SHEET 1 OF 1

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

A

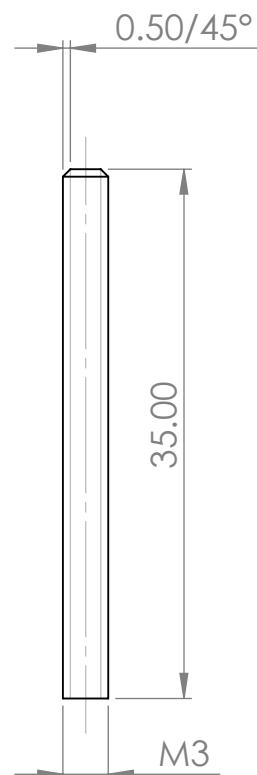
A

4

3

2

1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

kos 12

DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE		
CHK'D					
APP'D					
MFG					
Q.A					

MATERIAL:  
inox navojna  
palica M3

WEIGHT:

TITLE:

DWG NO.

2024\_2\_8\_M3\_I35

A4

SCALE:2:1

SHEET 1 OF 1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

kos 3

DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE	
CHK'D				
APP'D				
MFG				
Q.A.				

MATERIAL:  
inox navojna  
palica M4

WEIGHT:

DWG NO.

2024\_2\_9\_M4\_I12

A4

SCALE:5:1

SHEET 1 OF 1

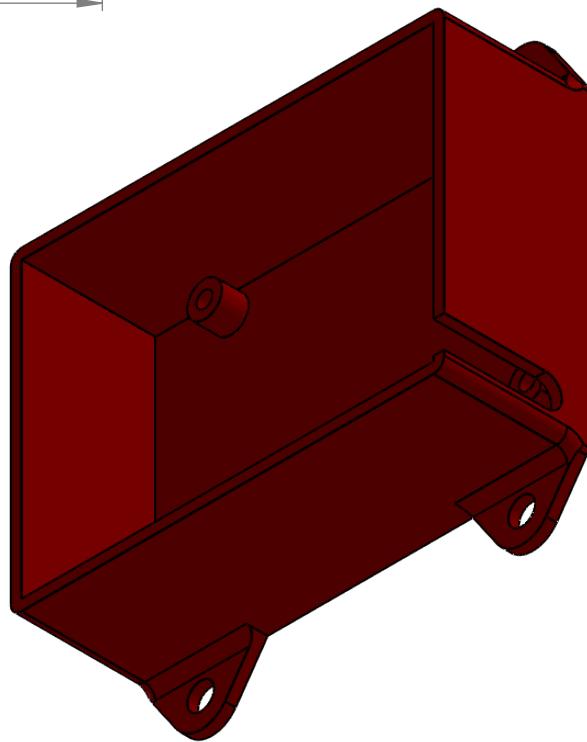
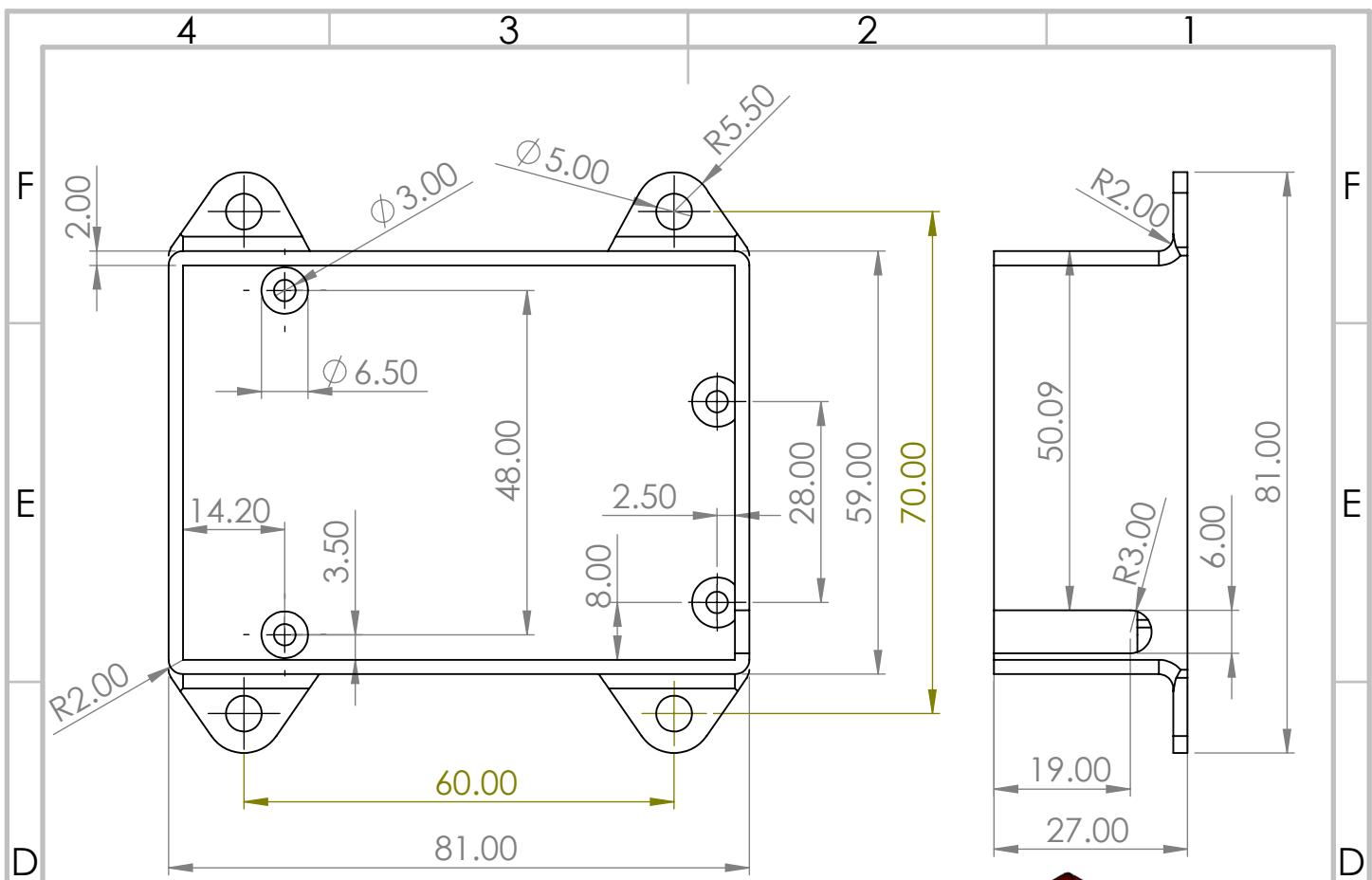
4

3

2

1





OPOMBA: Natisnjeno s 3d tiskalnikom, material PLA red.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
					1 kos	
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE:	
CHK'D						
APP'D						
MFG						
Q.A						
MATERIAL: <b>PLA red</b>				DWG NO. <b>2024_2_11_škatla_arduino</b>	A4	
WEIGHT:				SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1	

	4	3	2
F			1
E			F
D			D
C			C
B			B
A			A

**PREREZ A-A**

Technical drawing showing the cross-section of the part at section A-A. Dimensions include:

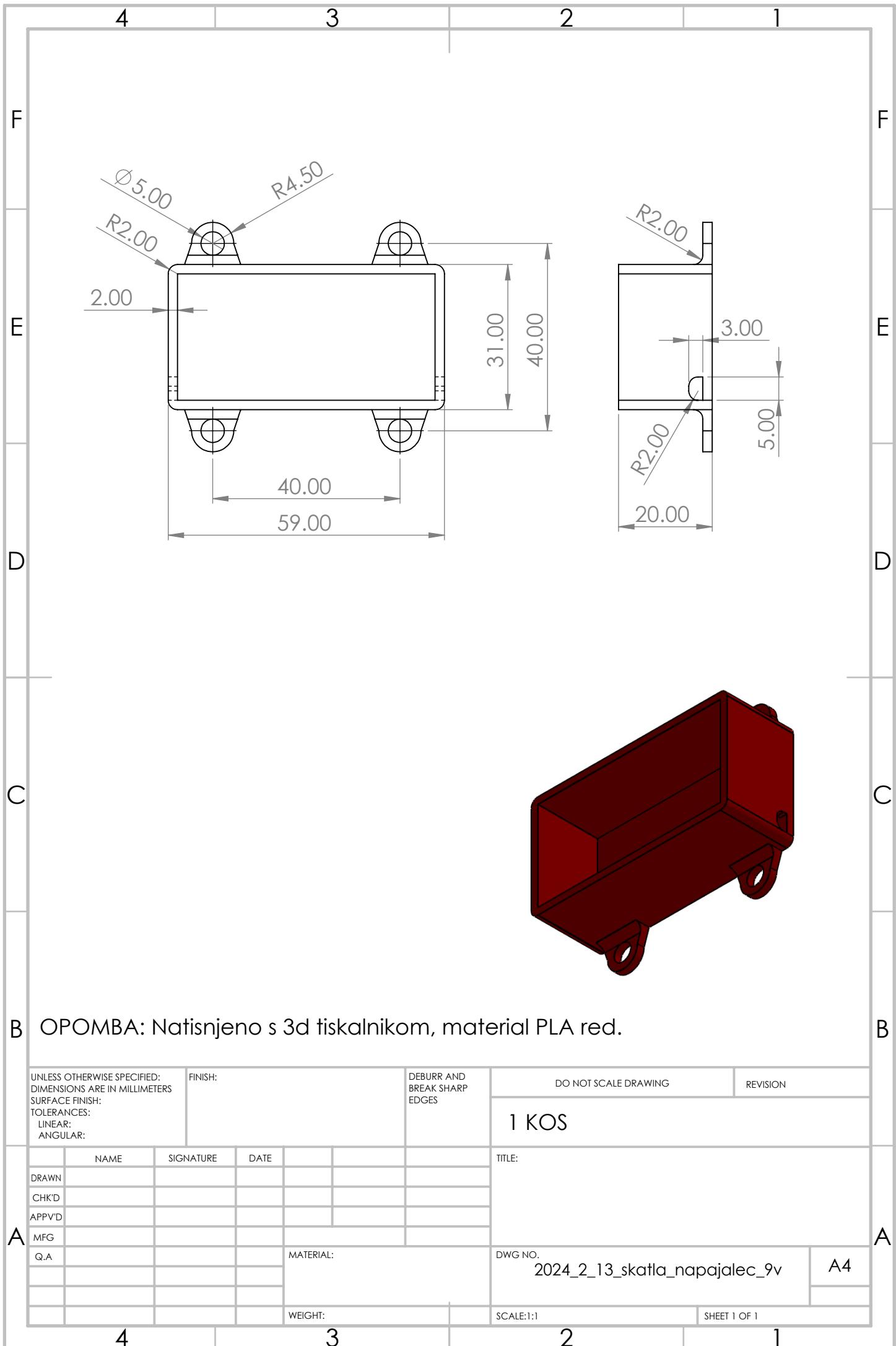
- Width: 90.00 mm
- Height: 31.00 mm
- Thickness: 5.00 mm
- Bottom gap: 8.00 mm
- Outer corner radius: R2.00 mm
- Inner corner radius: R2.00 mm

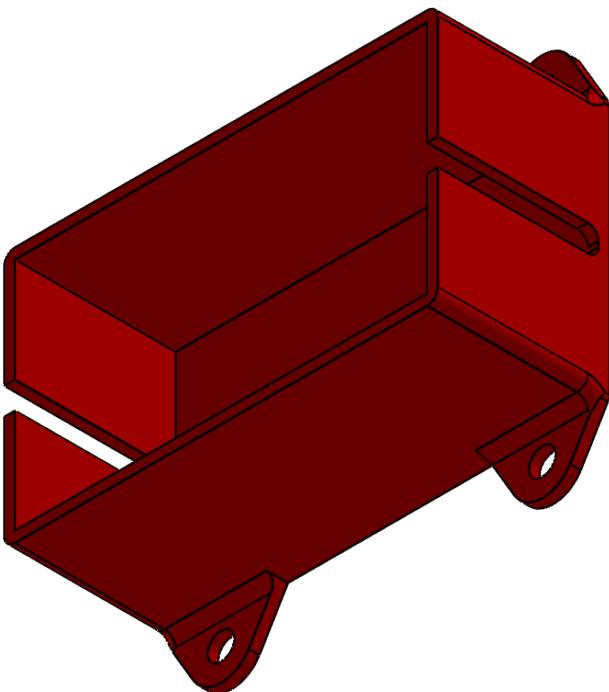
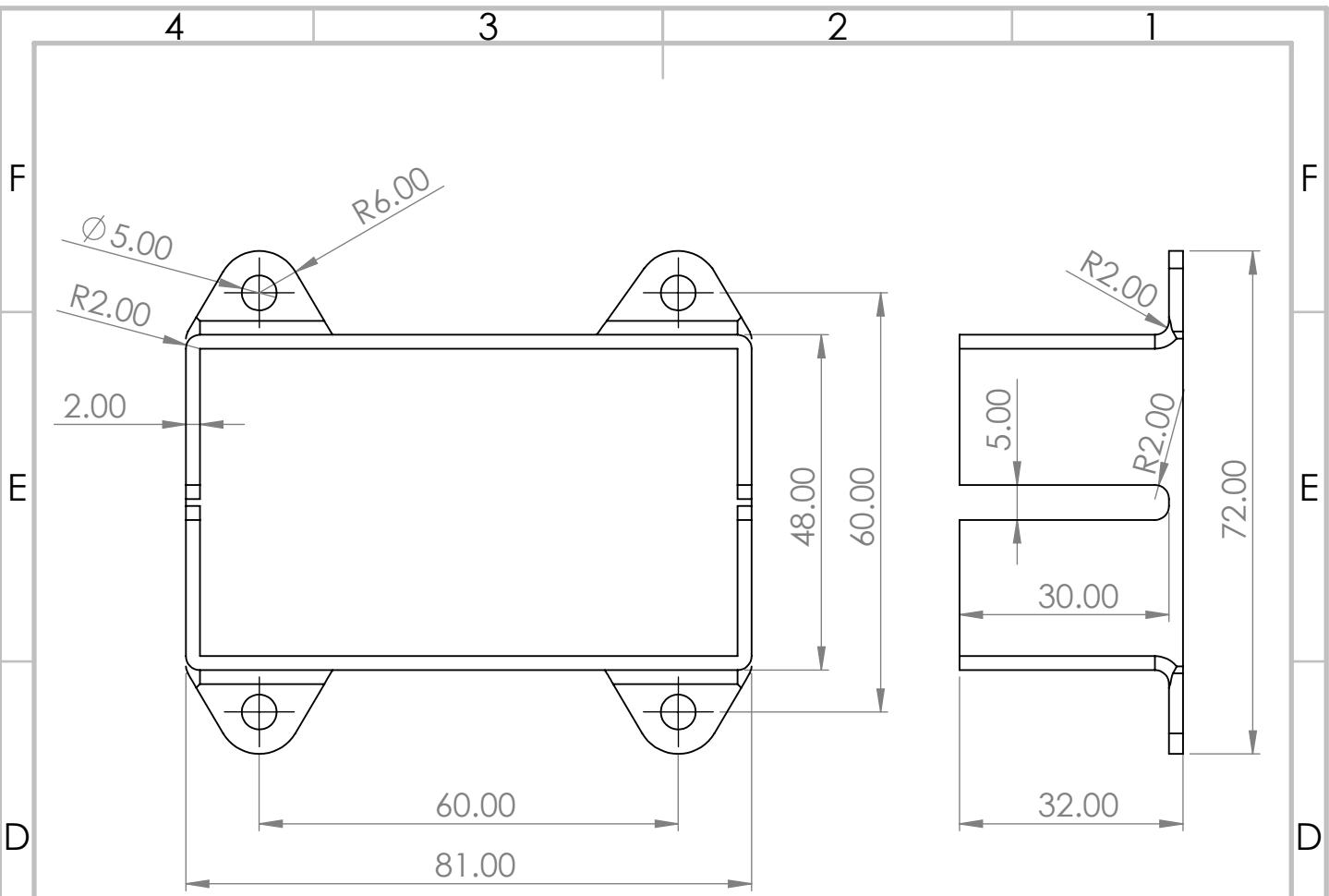
**OPOMBA:** Natisnjeno s 3d tiskalnikom, material PLA red.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING
			REVISION

DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE:
CHK'D					
APP'D					
MFG					
Q.A					

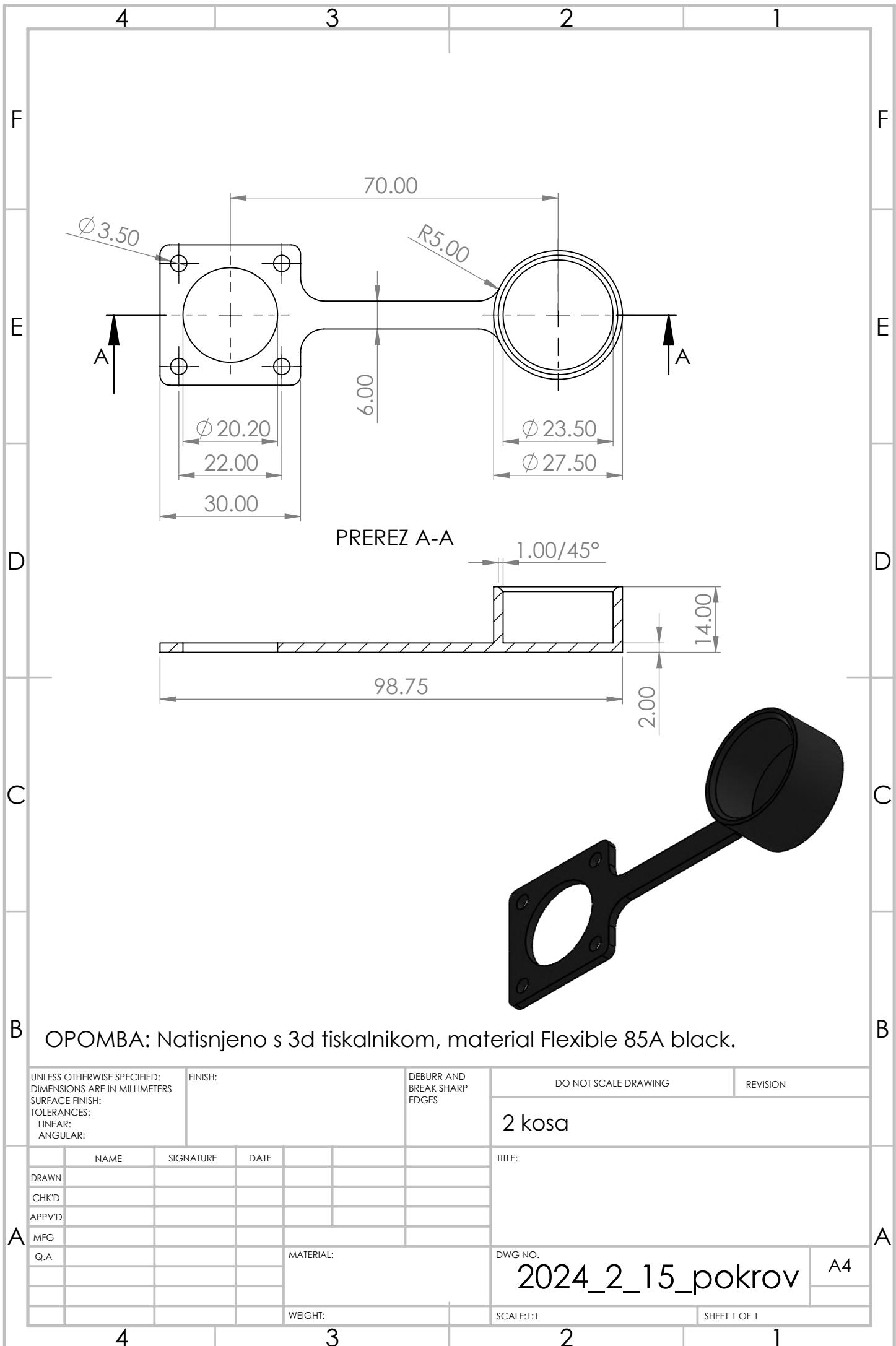
	MATERIAL:	DWG NO.	A4
		2024_2_12_skatla_napajalec_12v	
	WEIGHT:	SCALE:1:2	SHEET 1 OF 1

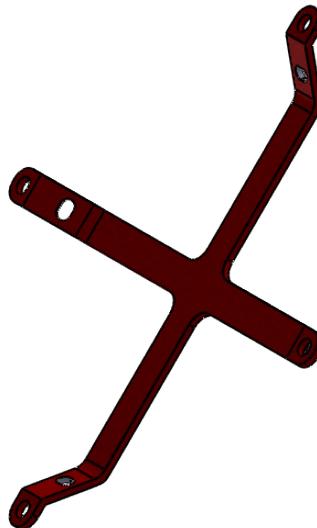
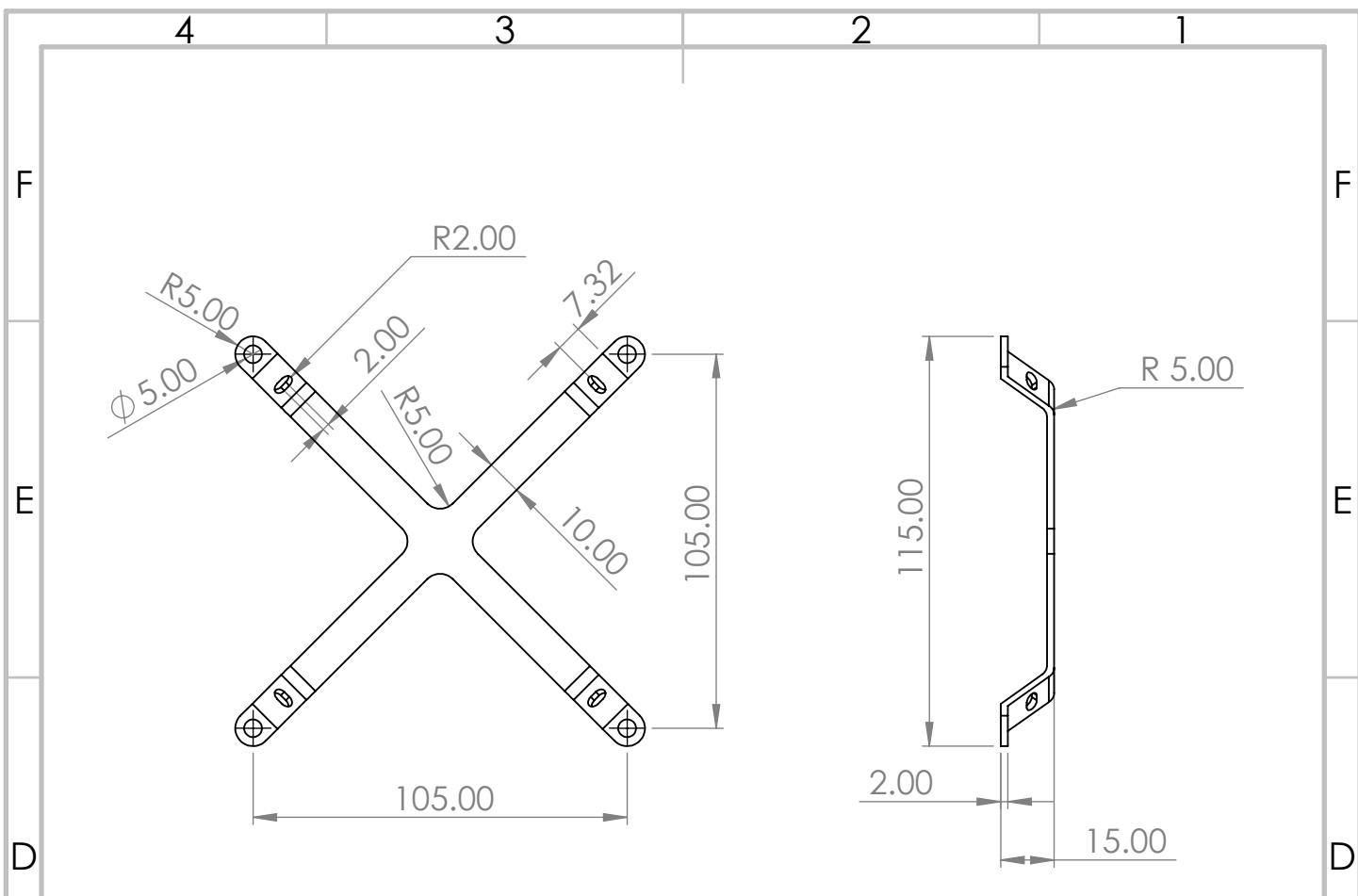




OPOMBA: Natisnjeno s 3d tiskalnikom, material PLA red.

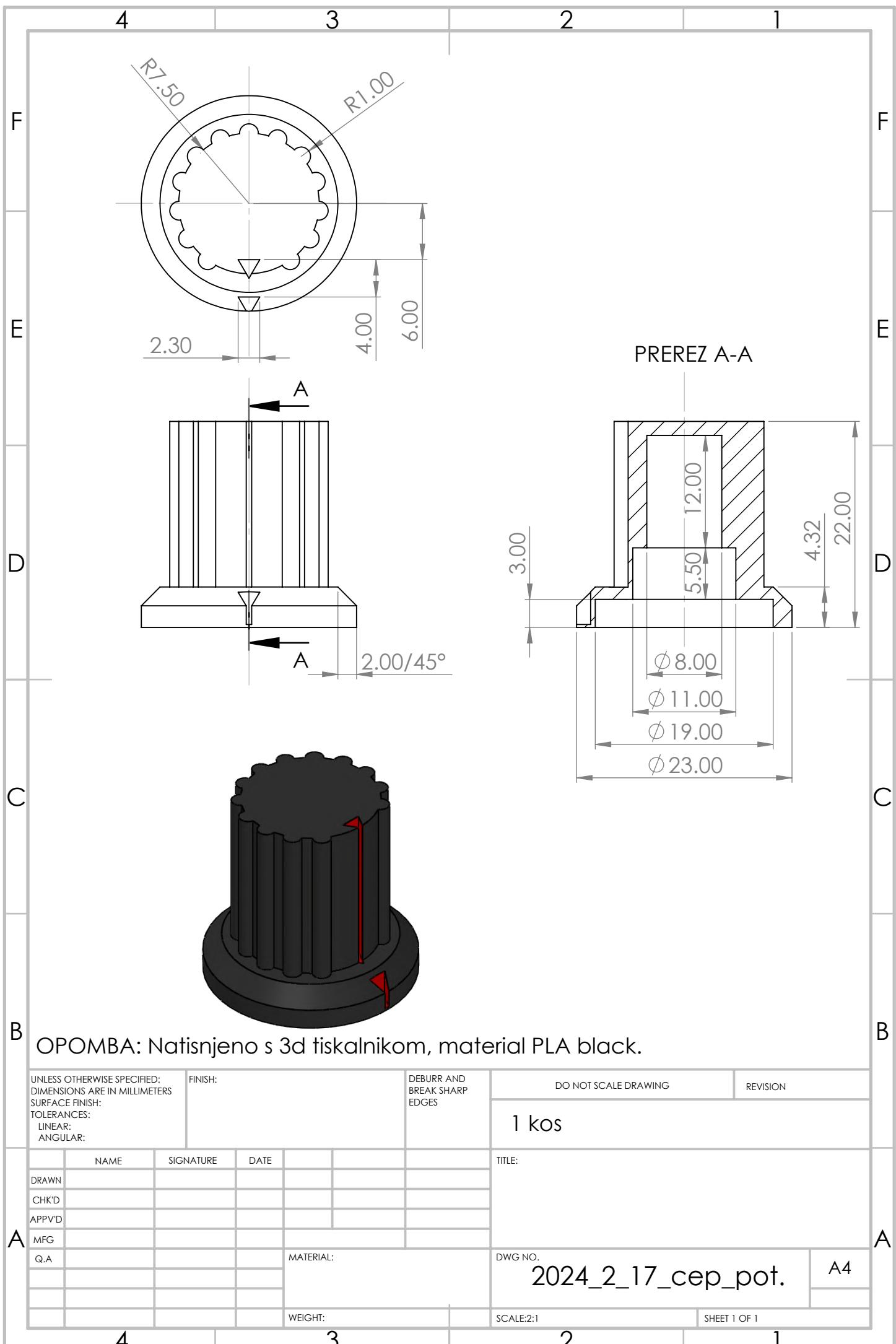
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:			DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
A	DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:
	CHK'D						
	APPV'D						
	MFG						
	Q.A						
MATERIAL:					DWG NO.  2024_2_14_skatla_12v		A4
WEIGHT:							
4	3	2	1				





**B** OPOMBA: Natisnjeno s 3d tiskalnikom, material PLA red.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:			DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
						5 kos	
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:	
CHK'D							
APP'VD							
MFG							
Q.A.				MATERIAL:		DWG NO.	A4
						2024_2_16_led_ventilatorji	
				WEIGHT:		SCALE:1:2	SHEET 1 OF 1
4		3			2		1



4

3

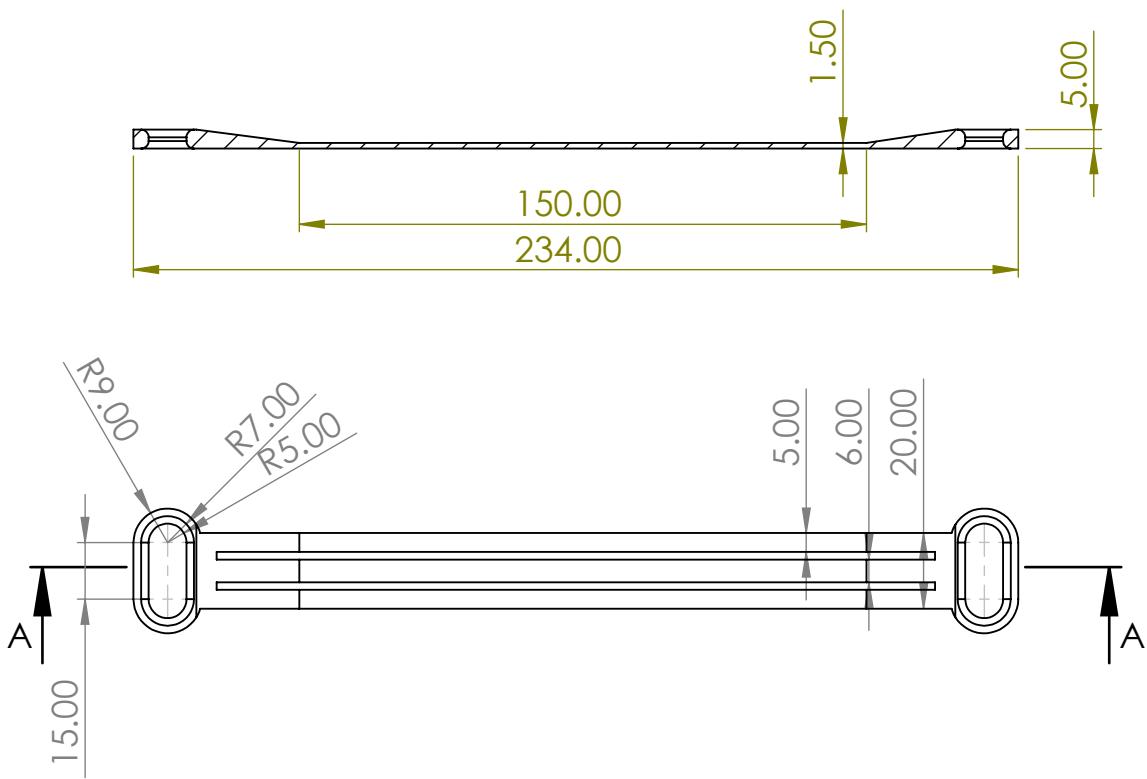
2

1

F

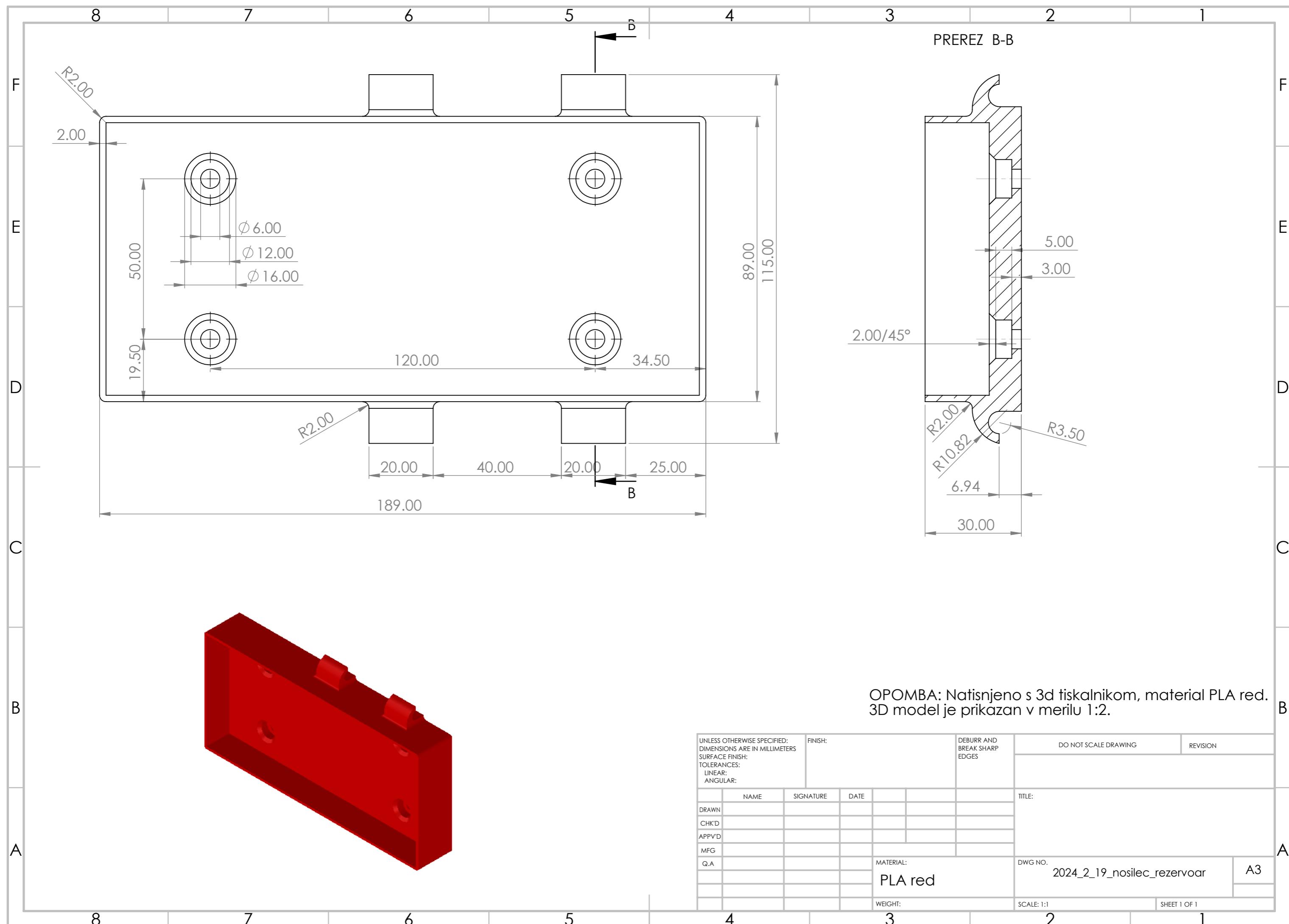
F

Prerez A-A



OPOMBA: Natisnjeno z 3d tiskalnikom iz gume.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:			DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
A	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:	
	DRAWN						
	CHK'D						
	APPV'D						
	MFG						
	Q.A					DWG NO.	
						2024_2_18_guma_rezervoar	
MATERIAL: <b>Flexible 85A black</b>					A4		
WEIGHT:					SCALE:1:5		
					SHEET 1 OF 1		
1	3	2	1				



4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

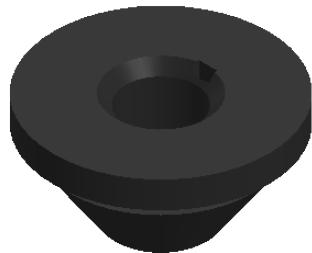
C

B

B

The technical drawing shows a cross-sectional view of a mechanical part labeled 'A'. The part has a total width of 40.00 mm, indicated by a dimension line at the bottom. A central vertical line represents the axis of two holes. The top hole is located 34.00 mm from the bottom edge and has a diameter of 20.00 mm. The bottom hole is located 2.90 mm above the top hole and also has a diameter of 20.00 mm. The distance between the two holes is 5.00 mm. The overall height of the part is 20.00 mm.

The diagram shows a rectangular block with a total width of 2.00 and a height of 0.70. The front face has a central vertical slot of width 0.70 and two side slots of width 0.35 each. The top surface features a central rectangular cutout of width 1.30 and height 0.35, flanked by two triangular cutouts. The bottom surface has a central circular hole of diameter 13.00.



OPOMBA: Natisnjeno s 3d tiskalnikom, materialflexible 85A.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:			DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:	
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A				MATERIAL:	DWG NO.		
				flexible 85A	2024_2_20_tesnilo_cevi_fi8	A4	
			WEIGHT:	SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1		
1		3		2		1	

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

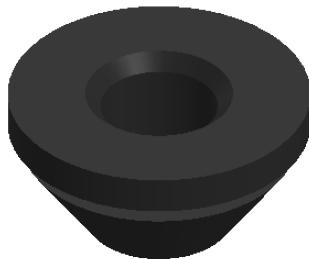
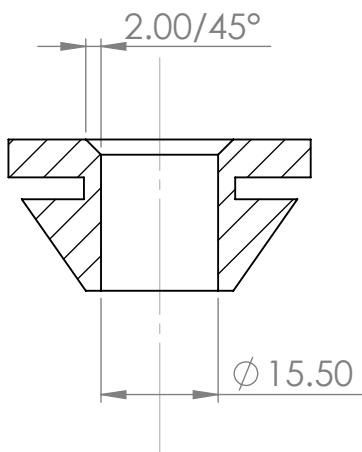
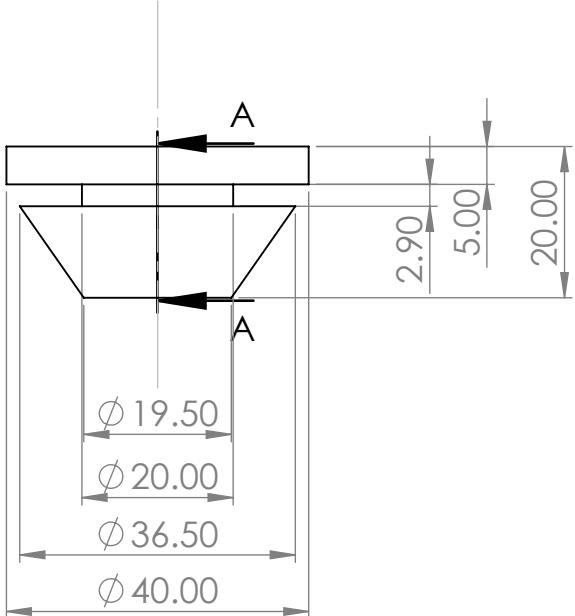
Q

C

B

B

PREREZ A-A



OPOMBA: Natisnjeno s 3d tiskalnikom, materialflexible 85A.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:			DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:	
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A.							
					MATERIAL:  flexible 85A	DWG NO. 2024_2_21_tesnilo_cevi_fi10	A4
					WEIGHT:	SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1
4	3	2	1				