

VISOKA TEHNIČKA ŠKOLA U BJELOVARU

ZAVRŠNI RAD br: 15/MEH/2015

**Proračun i modeliranje ekstrudera za ABS
niti**

Valentino Mik

Bjelovar, travanj 2016.

VISOKA TEHNIČKA ŠKOLA U BJELOVARU

ZAVRŠNI RAD br: 15/MEH/2015

**Proračun i modeliranje ekstrudera za ABS
niti**

Valentino Mik

Bjelovar, travanj 2016.



Visoka tehnička škola u Bjelovaru

Trg E. Kvaternika 4, Bjelovar

1. DEFINIRANJE TEME ZAVRŠNOG RADA I POVJERENSTVA

Kandidat: **Mik Valentino**

Datum: 03.06.2015.

Matični broj: 000498

JMBAG: 0314004928

Kolegij: **ELEMENTI PRECIZNE MEHANIKE**

Naslov rada (tema): **PRORAČUN I MODELIRANJE EKSTRUADERA ZA ABS NITI**

Mentor: **Mr.sc. Stjepan Golubić** zvanje: **viši predavač**

Članovi Povjerenstva za završni rad:

1. Tomislav Pavlic, mag.ing.mech., predsjednik
2. Mr.sc. Stjepan Golubić, mentor
3. Božidar Hršak, mag.ing.mech., član

2. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA BROJ: 15/MEH/2015

U radu je potrebno:

- Opisati ekstrudere;
- Opisati materijale za izradu dijelova ekstrudera;
- Proračunati osnovne elemente ekstrudera za ekstrudiranje ABS polimera promjera 1,75 mm, za količinu 1 kg/sat;
- Izraditi 3D model ekstrudera i osnovnih dijelova;
- Generirati 2D dokumentaciju;
- Izraditi ekstruder ugradnjom standardnih elemenata i 3D printanjem.

Zadatak uručen: 03.06.2015.

Mentor: **Mr.sc. Stjepan Golubić**



Zahvaljujem se svome mentoru mr.sc. Stjepanu Golubić, dipl.ing.stroj.

Zahvaljujem se svojim roditeljima i djevojcima koji su mi bili podrška!

Zahvaljujem se majstorima Antunu Strmoti i Josipu Nožariću na pomoći oko obrade!

Zahvaljujem se Dejanu Obradović na savjetima i iskustvenim informacijama!

Sadržaj

Uvod.....	1
1. Opis ekstrudera	2
<i>1.1 Vrste ekstrudera</i>	<i>2</i>
1.1.1 Jednopužni ekstruder.....	2
1.1.2 Dvopužni ekstruder.....	3
<i>1.2 Proces ekstrudiranja</i>	<i>5</i>
<i>1.3 Dobava polimera u ekstruder.....</i>	<i>5</i>
2. Svojstva plastičnih materijala za 3D printanje	8
<i>2.1 ABS plastika</i>	<i>8</i>
<i>2.2 PLA plastika.....</i>	<i>9</i>
3. Proračun ekstrudera.....	10
<i>3.1 Proračun volumena.....</i>	<i>11</i>
<i>3.2 Proračun duljine niti.....</i>	<i>11</i>
<i>3.3 Proračun zavojnice</i>	<i>12</i>
4. Modeliranje ekstrudera.....	14
<i>4.1 Izrada 3D modela.....</i>	<i>14</i>
<i>4.2 3D modeli pozicija ekstrudera</i>	<i>16</i>
4.2.1 Aksijalni ležaj.....	16
4.2.2 Cilindar.....	18
4.2.3 Kućište	18
4.2.4 Desna strana kućišta	18
4.2.5 Lijeva strana kućišta	19
4.2.6 Gornja strana kućišta	20
4.2.7 Stražnja strana kućišta	20
4.2.8 Držači	21
4.2.9 Graničnik grijaća	22
4.2.10 Grijać	22
4.2.11 Izolacija cilindra	23
4.2.12 Izolacija kućišta	24
4.2.13 Mlaznica	24
4.2.14 Nosači spremnika.....	25
4.2.15 Sigurnosna cijev.....	25
4.2.16 Postolje	25
4.2.17 Pričvršćivač.....	26
4.2.18 Ručica	27
4.2.19 Spremnik.....	27
4.2.20 Ukrasna pločica.....	28
4.2.21 Upravljačka kutija.....	28
4.2.22 Zavojnica	29
5. Izrada ekstrudera	30
6. Zaključak.....	33
7. Literatura	34

Sažetak.....	35
Abstract.....	36
Zusammenfassung	37
Privitak.....	39

Uvod

Ekstrudiranje je postupak gdje se iz posebno konstruiranoga stroja kroz mlaznicu kontinuirano protiskuje otopljena ili omekšana plastika. Mogu se koristiti različite vrste plastičnih masa, ovisno o upotrebi. Najčešće se kao materijal za ekstrudiranje koristi ABS plastika, ali to može biti i PVC plastika od koje se najčešće ekstrudiraju cijevi. Za obavljanje tog tehnološkog procesa upotrebljava se ekstruder.

U svijetu se najviše plastičnih prerada izvodi sa ekstruderima. Gledajući dugoročno ekstruderi su isplativi strojevi koji će nakon nekog vremena isplatiti uloženo u stroj. Budući da se sve više koriste 3D printeri, sve je veća potražnja za ABS plastikom koja je neophodna za printanje istoimenim printerom. Najvažniji razlozi korištenja je razlika cijene gotovog proizvoda (plastične niti) i granulirane plastike, neograničena proizvodnja i primjena.

U ovom radu biti će opisani ekstruderi općenito, materijali za izradu ekstrudera, proračuni za ekstrudiranje mase od 1kg u vremenu od 1h, modelirani dijelovi ekstrudera u programskom alatu „SolidWorks2013“, te u istom programskom alatu napravljena i 2D radionička dokumentacija. Na temelju 3D modela i 2D radioničke dokumentacije izrađen je ekstruder za izradu niti.

1. Opis ekstrudera

Ekstruderi su najčešće vodoravno položeni strojevi koji protiskuju omešani ili otopljeni polimer kroz mlaznicu. Polimer je potrebno zagrijati na temperaturu do 220°C , tako da ne dođe do deformacije neposredno nakon prolaza kroz mlaznicu. Nakon prolaska plastične niti kroz mlaznicu potrebno ju je ohladiti sa ventilatorom ili upuštanjem plastične niti kroz bazen napunjen vodom. Zamjenama mlaznica (alata) mogu se dobiti razni profili i željena debljina niti.

1.1 Vrste ekstrudera

U industriji prerađe plastičnih masa postoje različite vrste ekstrudera.

Najvažnije vrste ekstrudera su:

- ekstruder s pužnim vijkom:
 - jednopužni ekstruderi
 - dvopužni ekstruderi
- klipni ekstruderi

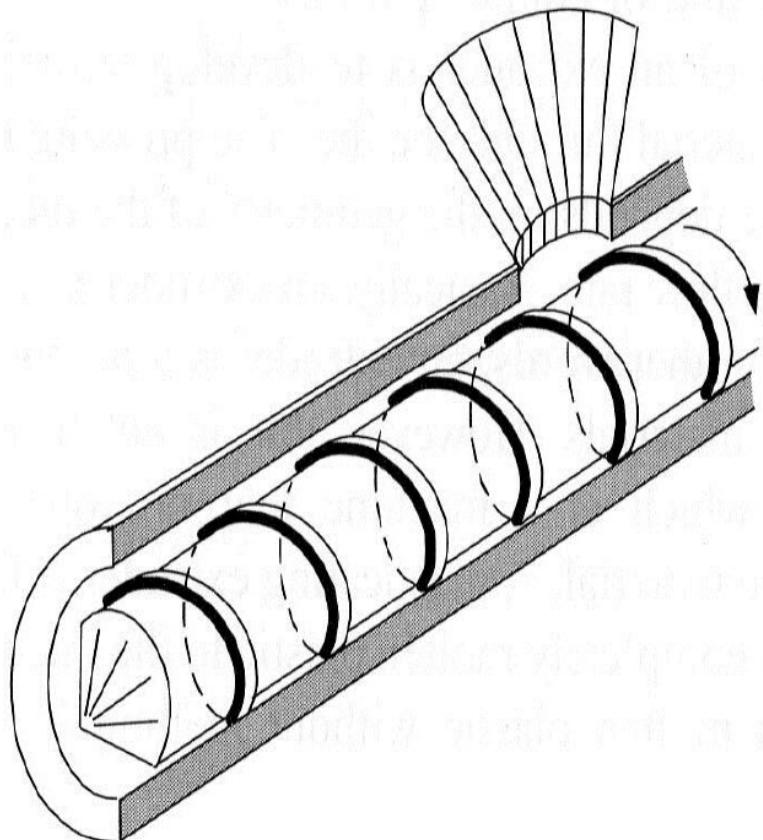
1.1.1 *Jednopužni ekstruderi*

Jednopužni ekstruder je najvažnija vrsta ekstrudera koja se upotrebljava u plastičnoj industriji. Prednosti jednopužnog ekstrudera su jednostavnost pri upotrebi i održavanju, niska cijena i pouzdanost. Princip rada je jednostavan [1]. Materijal pod utjecajem gravitacijske sile ulazi iz lijevka u cilindar. Rotirajući pužni vijak transportira materijal unutar cilindra i pod utjecajem sile trenja i topline grijajući se zagrijava. Nakon što se postigne temperatura taljenja dolazi do rastaljenog filma na stjenci cilindra. Tada prestaje uvlačna zona i započinje zona stlačivanja. Na kraju zone stlačivanja počinje istisna zona gdje se taljevina istiskuje u alat.

Jednopužni ekstruder prikazan je na slici 1.1.

Glavne komponente jednopužnog ekstrudera su:

- pogonski sustav (motor, aksijalni ležaj, reduktor i mjenjačka kutija);
- dobavni sustav (lijevak za dobavu i otvor za dobavu);
- pužni vijak i sustav grijanja;
- cilindar i mlaznica;
- upravljački sustav.



Slika 1.1 Jednopužni ekstruder [1]

1.1.2 *Dvopužni ekstruder*

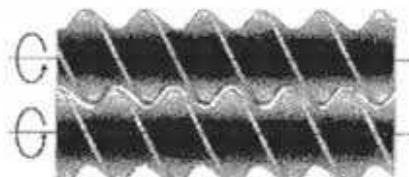
Dvopužni ekstruder može sadržavati jedan ili više pužnih vijaka. Ukoliko sadržava više pužnih vijaka naziva se višepužni ekstruder. Dvopužni ekstruder najčešći je višepužni ekstruder.

Dvopužni ekstruder sadržava dva Arhimedova vijka. Važno je napomenuti da postoji mnogo vrsta dvopužnih ekstrudera koji se ipak razlikuju u građi, načinu rada i samom području primjene. Odlika ovakvih ekstrudera je u tome što kod njih ne postoji istjecanje taljevine natrag.

S obzirom na smjer vrtnje pužnih vijaka razlikujemo:

- istosmjerni dvopužni ekstruder - Ovaj tip se vrlo često koristi u prehrabenoj industriji, a naročito u proizvodnji snack (čokoladni deserti, bombonijere, krem-proizvodi i proizvodi slični čokoladi, bomboni, gume za žvakanje, keksi, vaflji, industrijski kolači i sl.) proizvoda. Karakterizira ga visok stupanj prijenosa topline, ujednačena kvaliteta proizvoda te visok učinak potiskivanja materijala. [2]

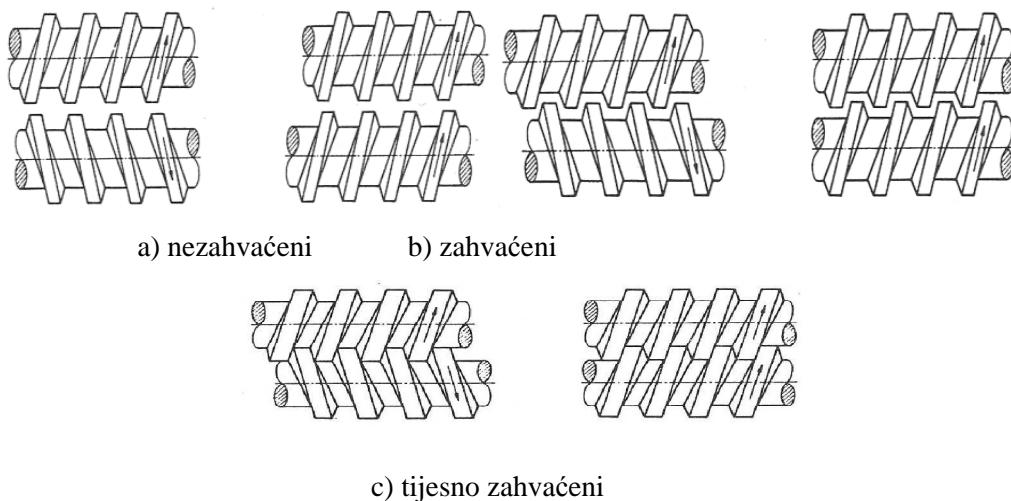
Istosmjerni dvopužni ekstruder prikazan je na slici 1.2.



Slika 1.2. Istosmjerni dvopužni ekstruder [2]

- protusmjerni dvopužni ekstruder - Ukoliko se vijci dvopužnog ekstrudera rotiraju u suprotnom smjeru, tada govorimo o protusmjernim dvopužnim ekstrudерima. Protusmjerni ekstruderi imaju bolja transportna svojstva od istosmjernih. Upravo iz tog razloga većina dvopužnih ekstrudera za profilno ekstrudiranje su protusmjerni ekstruderi. Veoma bitna značajka ekstrudera je duljina zahvata vijka. Pužni vijci mogu biti nezahvaćeni, zahvaćeni i tjesno zahvaćeni.

Vrste zahvata pužnih vijaka prikazani su na slici 1.3.



Slika 1.3. Vrste zahvata pužnih vijaka [1]

1.2 Proces ekstrudiranja

Sirovina koja se upotrebljava za preradu dolazi u formi praha ili granula raznih geometrijskih presjeka, obojanih ili u prirodnoj boji. Moguće je bojiti materijal tako da se u spremnik dodaju boje. Granulat ili prah dodaje se u lijevak, koji omogućuje kontinuirano doziranje plastičnih granula unutar cilindra. Cilindar je obložen električnim grijачima, koji se preko kontaktnog termometra uključuje ili isključuje na temelju propisanih temperatura za pojedine zone i za vrste plastične mase. U cilindru rotira posebno konstruiran beskonačan transportni vijak – puž (zavojnica), koji ima transportnu funkciju, a omogućuje i dobro miješanje suho obojene plastične mase u svrhu dobivanja homogene smjese. Rotaciju zavojnice osigurava pogonski motor, koji regulira količinu plastične mase koja izlazi. Glava ekstrudera ili mlaznica daje željeni oblik masi koja izlazi [3].

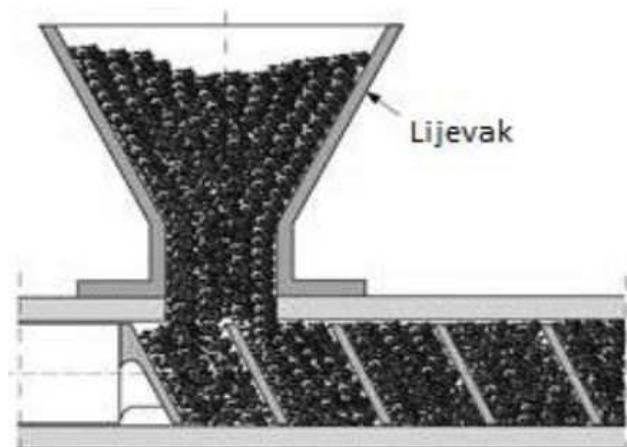
1.3 Dobava polimera u ekstruder

Postoje 4 načina dobave polimera:

- izravna dobava;
- posredna;
- dobava vijka;
- dobava taljevine.

Najčešće se koristi izravna dobava gdje se polimer stavlja izravno u ekstruder, pa gravitacija i vijak dovode polimer u ekstruder. Kod ovog načina dobave brzina ekstrudiranja ovisi o brzini vrtnje pužnog vijka.

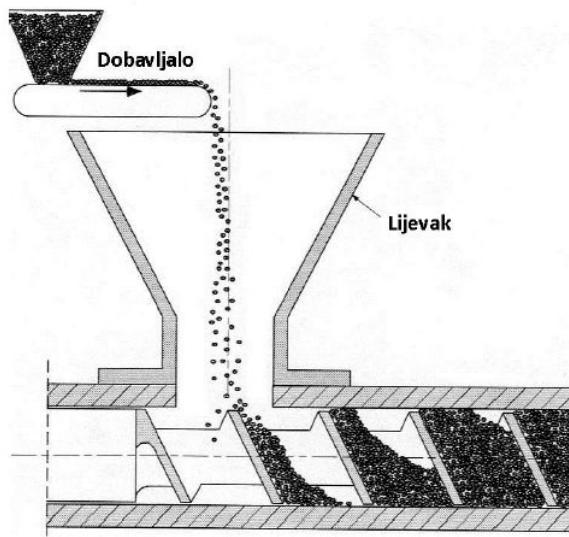
Slika izravne dobave polimera prikazana je na slici 1.4.



Slika 1.4. Izravna dobava polimera [1]

Princip rada kod posredne dobave je sličan. Posredna dobava dodatno sadrži dobavljač koji se nalazi točno iznad otvora cilindra i polimer upada točno u pužni vijak. Za razliku od izravne dobave, brzina ekstrudiranja ne ovisi više o brzini motora, već o brzini dobave polimera. Prednost posredne dobave je nemogućnost zapinjanja polimera unutar lijevka i dodavanje svih komponenta smjese u određenom omjeru na pužni vijak. Brzina dobave mora biti veća od brzine vrtnje motora. Najčešće se primjenjuje kod dvopužnih ekstrudera, ali može se primjenjivati i kod jednopužnih.

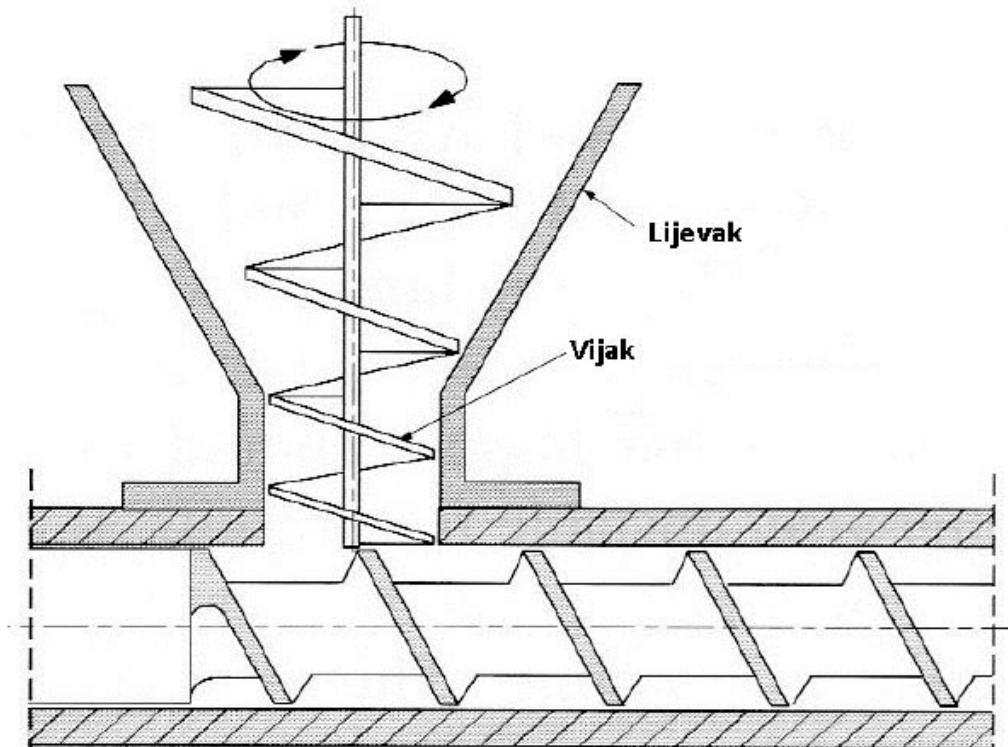
Posredna dobava prikazana je na slici 1.5.



Slika 1.5. Posredna dobava [1]

Dobava vijkom je sustav dobave koji dobro funkcioniра s materijalima koji su skloni zastojima (zbog oblika granulata), kao i s ostalim tvrdim materijalima. Vijak unutar lijevka dostavlja materijal u ekstruder. Protok kroz ekstruder je značajno povećan primjenom vijka za dobavu pošto se dodatni materijal nabija u ekstruder. Treba paziti da se ne dovede više materijala nego što ekstruder može rastaliti.

Dobava vijkom prikazana je na slici 1.6.



Slika 1.6. Dobava vijkom [4]

Neki ekstruderi primjenjuju dobavu taljevine iz drugog ekstrudera. Ekstruder koji dostavlja taljevinu je kraći jer ne mora rastaliti polimer. Općenito, ekstruder je pumpa koja stvara polimernu taljevinu jednolike temperature i tlaka za alat.

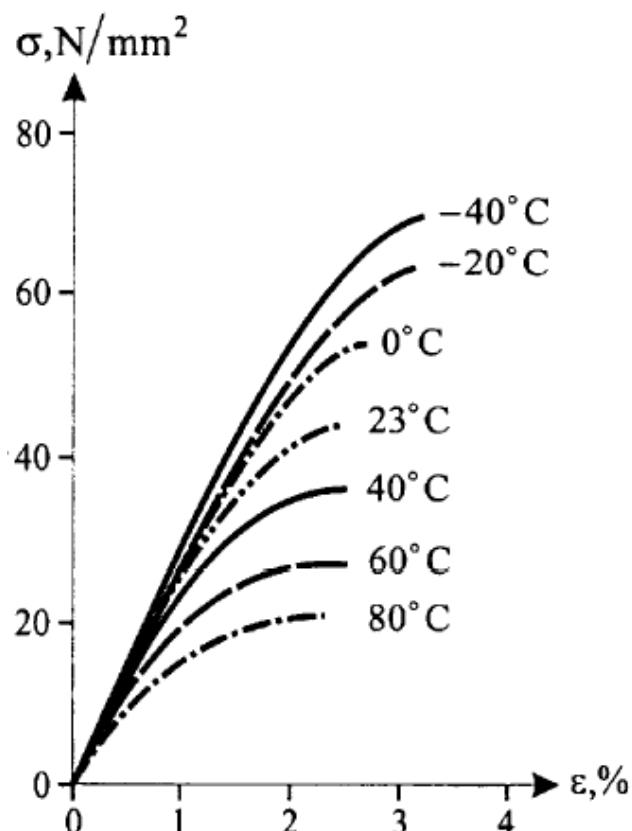
2. Svojstva plastičnih materijala za 3D printanje

Materijali koji se najčešće koriste za 3D printere su ABS i PLA plastika.

2.1 ABS plastika

ABS (akrilonitril-butadien stirel) je plastični materijal koji se primjenjuje kao jedna od masa za ekstrudiranje. Prednosti su jako dobra mehanička svojstva na nižim temperaturama i efikasan je kod printanja objekata sa većim zakošenjima. Mana je intenzivniji miris na povišenim temperaturama. Primjenjuje se za printanje 3D printerom, monitore, kućišta računala, dječje igračke i mnoge druge stvari. Temperatura postojanosti oblika je između 105°C i 120°C [5]. Temperatura postojanosti oblika (HDT – Heat Deflection Temperature) je kriterij za temperaturnu osjetljivost polimera.

Dijagram istezanja ABS plastike ovisno o temperaturi prikazan je na slici 2.1.



Slika 2.1. Dijagram istezanja ABS plastike za različite temperature [6]

2.2 PLA plastika

PLA (Polimlijeca kiselina ili polilaktid) plastika je zadnjih nekoliko godina postala sve prisutnija. Temperatura ekstrudiranja može biti puno niža nego kod ABS-a te se ne treba koristiti grijana platforma. PLA ima sjajniju završnu obradu te se ne iskrivljava toliko kao ABS. Krhkija je ali i jača. Biorazgradiva je i za razliku od ABS plastike ima ugodniji miris tijekom printanja.

Usporedba ABS i PLA plastike prikazan je u tablici 2.1.

Tablica 2.1. Usporedba ABS i PLA plastike [5]

	ABS	PLA
Sastav	Nafta	Biljni škrob
Svojstva	Dugotrajna, čvrsta, otporna na toplinu	Tvrda i čvrsta
Temperatura mlaznice	210°C – 250°C	160°C – 220°C
Cijena	14-60\$ / kg	19-75\$ / kg
Naknadna obrada	Jednostavno brušenje i lijepljenje, lako zagladiv u acetonu	Moguće brušenje, ograničeno lijepljenje

3. Proračun ekstrudera

Opisan je proračun za volumen plastike i duljinu ekstrudirane niti uz pretpostavku da plastika neće mijenjati svoj volumen. Osim ova dva parametra proračunata je i vrijednost minimalne brzine ekstrudiranja da bi se zadovoljio uvjet ekstrudiranja jednog kilograma plastike u jednom satu. Proračunati su osnovni elementi ekstrudera za ekstrudiranje ABS polimera promjera 1,75 mm, za količinu 1 kg/sat.

Oznake proračuna prikazane su u tablici 3.1.

Tablica 3.1. Oznake proračuna

Oznaka	Jedinica	Opis
m	kg	masa
V	m^3	volumen
ρ	kg/m^3	gustoća
d	m	promjer niti
v	m / h	brzina ekstrudiranja
l	m	duljina niti
t	h	vrijeme
n	okr. / min	broj okretaja
S	m^2	površina kružnice

Ulagani parametri:

$$d = 1.75 [\text{mm}] = 0.00175 [\text{m}]$$

$$r = \frac{0.00175}{2} [\text{m}]$$

$$m = 1 [\text{kg}]$$

$$\rho = 1.05 \left[\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right] = 1.05 * 10^3 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

3.1 Proračun volumena

Prvo se računa volumen ABS plastike preko poznatih parametara mase i gustoće.

Relacija (3.1) predstavlja jednadžbu za volumen.

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (3.1)$$

$$V = \frac{1}{1.05 * 10^3} = 9.5238 * 10^{-4} [\text{m}^3]$$

3.2 Proračun duljine niti

Budući da je ekstrudirana plastika u obliku valjka, može se izračunati kolika je visina toga valjka, odnosno kolika je duljina ekstrudirane plastike (niti) preko formule za volumen valjka.

Relacija (3.2) predstavlja jednadžbu za volumen valjka.

$$V = S * l \quad (3.2)$$

$$V = S * l \Rightarrow l = \frac{V}{S} = \frac{V}{\frac{d^2 * \pi}{4}} = \frac{9.5238 * 10^{-4}}{\frac{0.00175^2 * \pi}{4}} = 395.95395 [\text{m}]$$

Na temelju podataka o duljini, niti je potrebno podijeliti sa vremenom da bi se izračunala brzina ekstrudiranja.

Relacija (3.3) predstavlja jednadžbu za brzinu ekstrudiranja.

$$v = \frac{l}{t} \quad (3.3)$$

$$v_h = 395.95395 \left[\frac{\text{m}}{\text{h}} \right]$$

$$v_{min} = \frac{395.95395}{60} = 6.59923 \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

$$v_s = \frac{395.95395}{3600} = 0.10999 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] = 1.0999 * 10^{-1} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

3.3 Proračun zavojnice

Potrebno je izračunati volumen navoja zavojnice, da bi se mogao izračunati podatak o dobivenoj količini plastične niti ovisno o brzini vrtnje motora. Prvo se računa volumen punog valjka (zbog veće preciznosti zadane dimenzije su za 10 koraka, odnosno cijelu zavojnicu) dimenzija:

$$d=16\text{mm} \Rightarrow r = \frac{d}{2} \Rightarrow r = \frac{16}{2} \Rightarrow r = 8 \text{ mm}$$

$$l = 285\text{mm}$$

Relacija (3.4) predstavlja jednadžbu za volumen valjka.

$$V = r^2 * \pi * l \quad (3.4)$$

Relacija (3.5) predstavlja jednadžbu visine (duljine) zavojnice jednog koraka.

$$l_1 = \frac{l}{10} \quad (3.5)$$

$$l_1 = \frac{285}{10} = 28,5 \text{ [mm]}$$

Relacija (3.6) predstavlja jednadžbu volumena valjka za jedan korak zavojnice.

$$V = r^2 * \pi * l_1 \quad (3.6)$$

$$\begin{aligned} V &= 8^2 * 10^3 * \pi * 28,5 * 10^3 \\ &= 5,73 * 10^3 \text{ [mm}^3\text{]} \end{aligned}$$

Volumen punog djela zavojnice izmjerен je pomoću menzure (radi veće preciznosti izmjerjen je volumen za 5 koraka), a dobivena vrijednost je 11 ml(11 000 mm³).

Relacija (3.7) predstavlja jednadžbu volumena punog djela zavojnice za jedan korak.

$$V_p = \frac{V_u}{n} = \frac{11 * 10^3}{5} = 2,2 * 10^3 \text{ [mm}^3\text{]} \quad (3.7)$$

Da bi se izračunao volumen jednog koraka zavojnice, potrebno je oduzeti volumen punog dijela zavojnice (jednog koraka) od volumena valjka za visinu jednog koraka:
Relacija (3.8) predstavlja jednadžbu volumena jednog koraka zavojnice.

$$\begin{aligned} V_{(n=1)} &= V - V_p & (3.8) \\ V_{(n=1)} &= V - V_p = 5.73 * 10^3 - 2.2 * 10^3 \\ &= 3.53 * 10^3 \text{ [mm}^3\text{]} \end{aligned}$$

Relacija (3.9) i (3.10) predstavljaju jednadžbe brzine vrtnje motora.

Računanje broja okretaja motora za istiskivanje 1kg plastike:

$$1\text{kg}=1000\text{g} = 952.4 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$n = \frac{V_{(1\text{kg})}}{V_{(n=1)}} = \frac{952.4 * 10^3}{3.53} = 269,8 \approx 270 \text{ [okr/h]} \quad (3.9)$$

$$\frac{270}{60} = 4.5 \text{ [okr/min]} \quad (3.10)$$

Istiskivanje 1kg plastike zahtjeva sljedeću brzinu motora: 270 okretaja / h, odnosno 4.5 okr. / min.

4. Modeliranje ekstrudera

Ekstruder je izrađen od dijelova prilagođenih za ekstruder, kao što su:

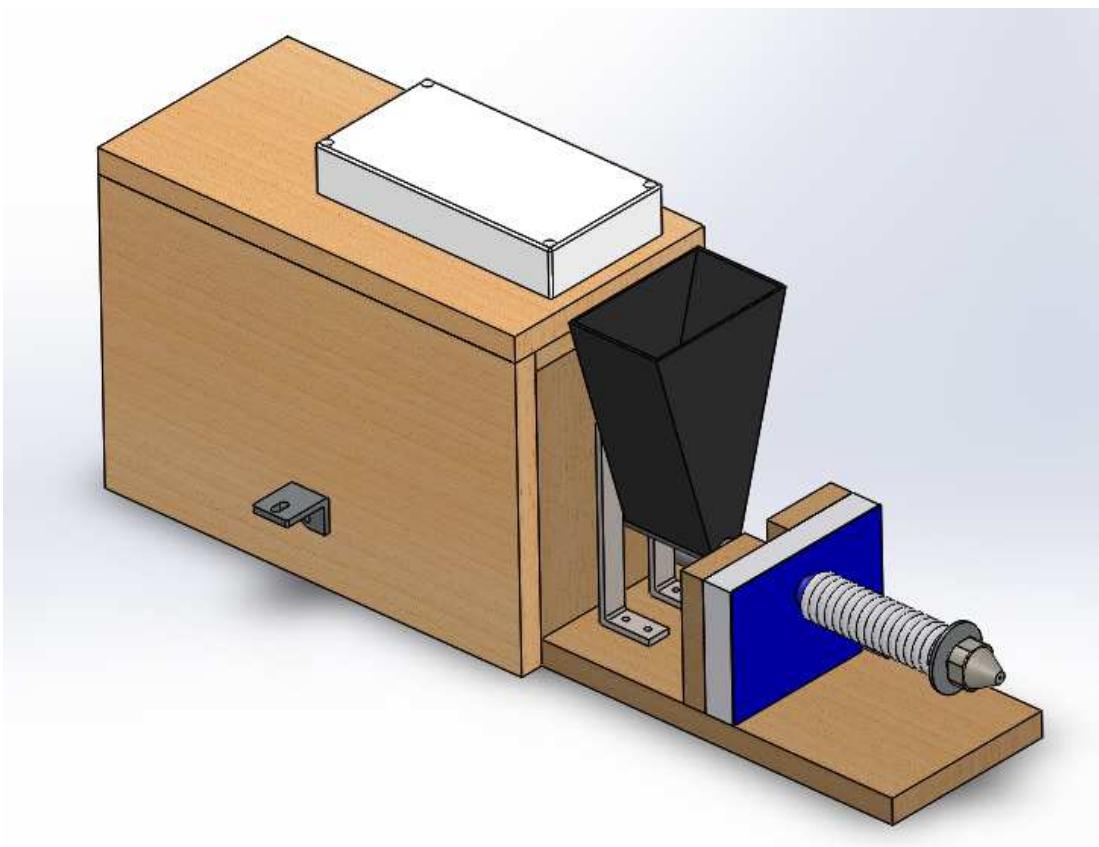
- grijач- namjena zagrijavanja vode u perilici za sudje;
- zavojnica – svrdlo za drvo;
- upravljačka kutija – kućište razvodne kutije;
- motor – korišten sa mehanizma[7].

4.1 Izrada 3D modela

3D model je izrađen u programskom alatu „SolidWorks 2013“. Ekstruder je izrađen od sljedećih dijelova:

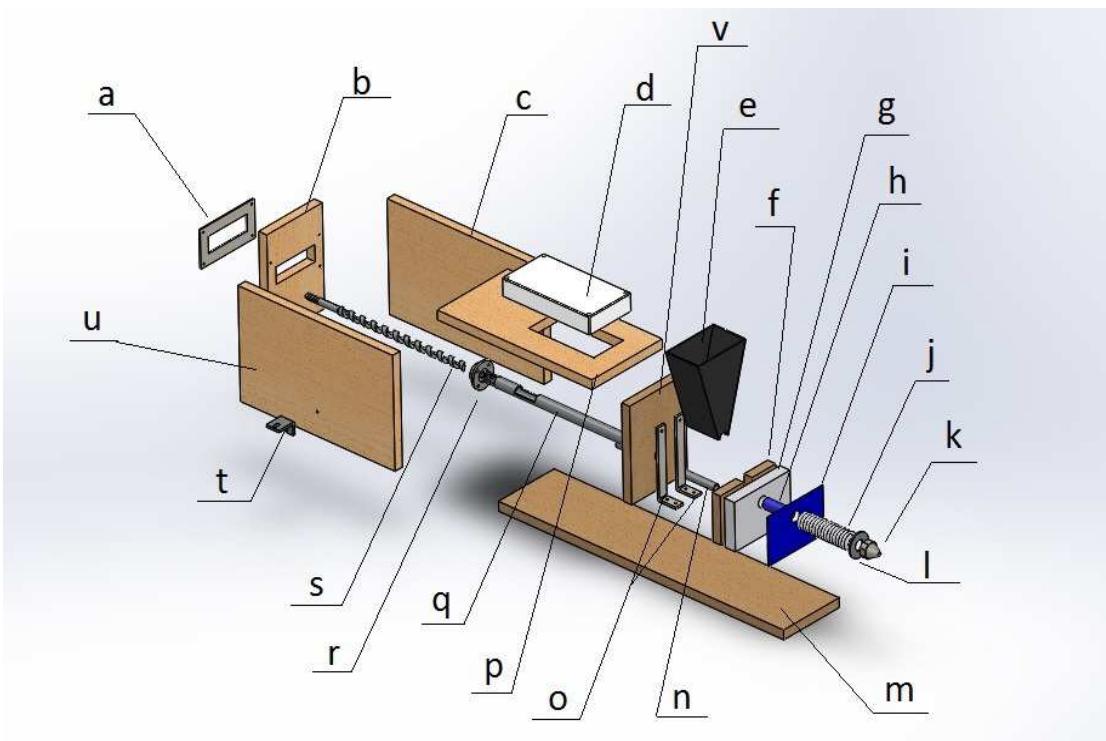
- Aksijalni ležaj s kućištem
- Cilindar
- Kućište
- Držaci
- Graničnik
- Grijач
- Izolacije
- Mlaznice
- Nosača spremnika
- Sigurnosne cijevi
- Postolja
- Pričvršćivača
- Spremnika
- Upravljačke kutije
- Zavojnice

3D model sklopa ekstrudera je prikazan na slici 4.1.



Slika 4.1. 3D model sklopa ekstrudera

Rastavljen model ekstrudera s popisom pozicija prikazan je na slici 4.2.



Slika 4.2. Rastavljen prikaz 3D modela sklopa ekstrudera

Pozicije ekstrudera:

- | | |
|--|--------------------------------|
| a) Ukrasna pločica | k) Mlaznica |
| b) Stražnja strana kućišta | l) Graničnik grijača |
| c) Lijeva strana kućišta | m) Postolje |
| d) Upravljačka kutija | n) Sigurnosna cijev |
| e) Spremnik | o) Nosač spremnika |
| f) Držač 1 | p) Gornji dio kućišta |
| g) Izolator (promoform) | q) Cilindar |
| h) Izolator između cilindra i drvenog
držača (termoplast) | r) Aksijalni ležaj sa kućištem |
| i) Izolator ispred promoforma
(termoplast) | s) Zavojnica |
| j) Zavojnica grijača | t) Ručica |
| | u) Desna strana kućišta |
| | v) Držač 2 |

4.2 3D modeli pozicija ekstrudera

U nastavku su prikazane modelirane pozicije ekstrudera pomoću programskog alata „SolidWorks2013“.

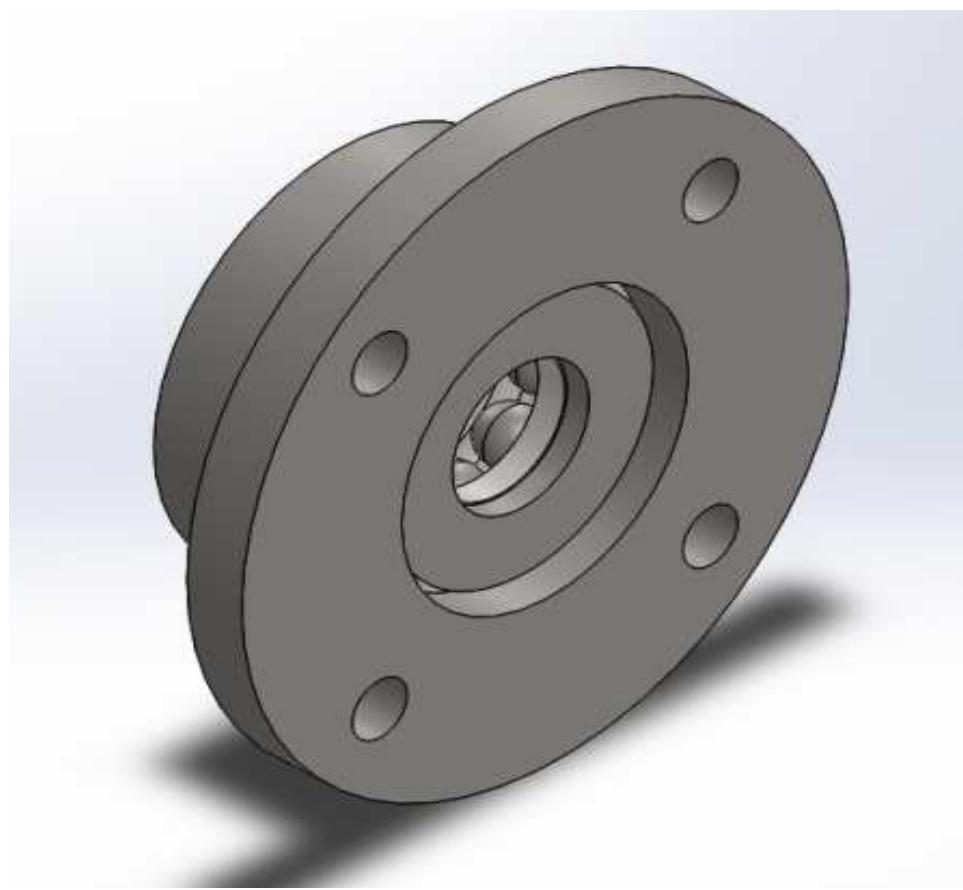
4.2.1 *Aksijalni ležaj*

Svrha aksijalnog ležaja je da rastereti opterećenje motora iz razloga što motor nije predviđen za takvo opterećenje. Aksijalni ležaj čine 5 dijelova, a to su:

- kućište;
- kuglice;
- podloška;
- dvije podloške sa utorom za kuglice.

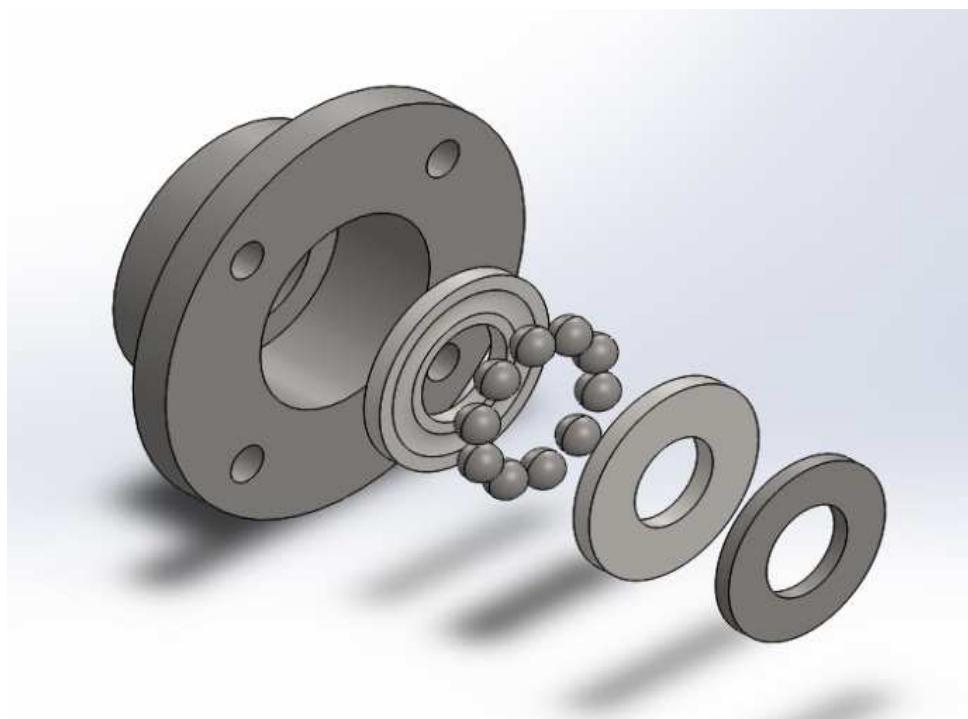
Za izradu kućišta predviđen je konstrukcijski čelik (Č0361).

Aksijalni ležaj sa kućištem prikazan je na slici 4.3



Slika 4.3. 3D model aksijalnog ležaja sa kućištem

Rastavljeni prikaz sklopa aksijalnog ležaja sa kućištem prikazan je na slici 4.4.

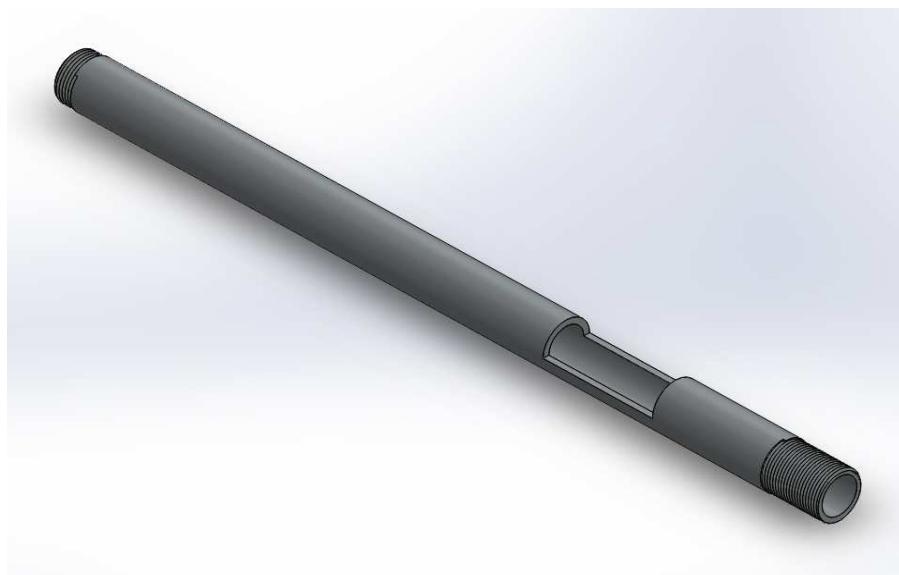


Slika 4.4. 3D model rastavljenog sklopa aksijalnog ležaja sa kućištem

4.2.2 *Cilindar*

Cilindar je modeliran sa navojima na početku i kraju, te jednim otvorom. Na jednu stranu cilindra pričvrsti se mlaznica, a na drugu stranu pričvrsti se pričvršćivač, koji ga fiksira. Mlaznica i pričvršćivač se pričvršćuju pomoću navoja koji je urezan na vanjsku stranu cilindra. Kroz otvor se dobavlja plastika u granulama koja dolazi u cilindar iz spremnika uslijed djelovanja gravitacijske sile. Predviđen materijal za izradu cilindra je čelik za bešavne cijevi DX55D (Č1212).

3D model cilindra je prikazan na slici 4.5.



Slika 4.5. 3D model cilindra ekstrudera

4.2.3 *Kućište*

Kućište je izrađeno od drveta (bukva). Unutar kućišta se nalazi motor, spojki i žice od elemenata sa upravljačke kutije.

4.2.4 *Desna strana kućišta*

Desnu stranu kućišta moguće je otvoriti da se vidi:

- motor;
- spoj između motora i zavojnice;
- aksijalni ležaj;
- pričvršćivač.

3D model desne strane kućišta prikazan je na slici 4.6.

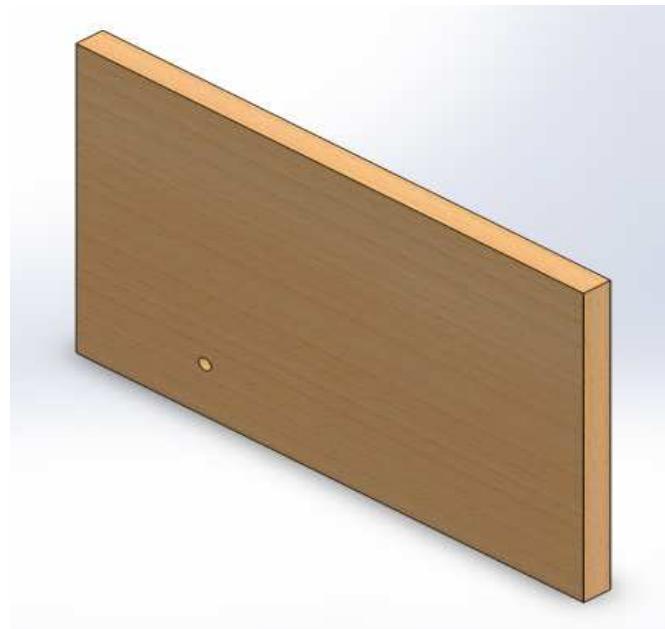


Slika 4.6. 3D model desne strane kućišta

4.2.5 *Lijeva strana kućišta*

Lijeva strana kućišta ima provrt promjera 9 mm kroz koju prolazi kabel napajanja cijelog ekstrudera.

3D model lijeve strane kućišta prikazan je na slici 4.7.

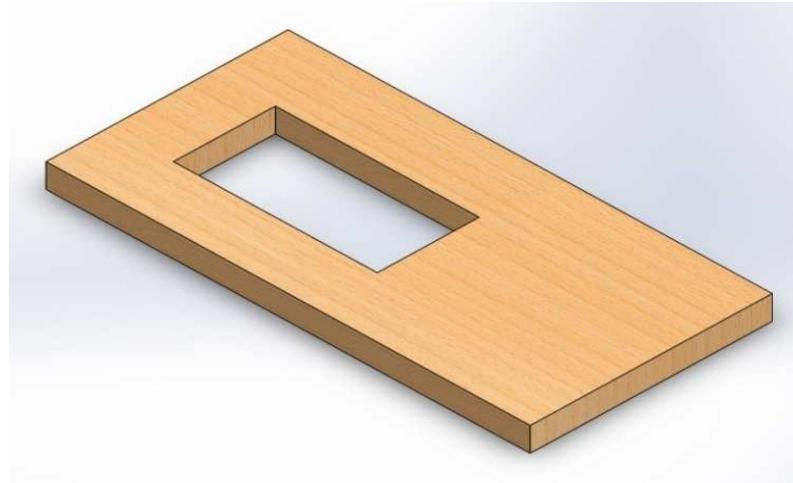


Slika 4.7. 3D model lijeve strane kućišta

4.2.6 *Gornja strana kućišta*

Gornji dio kućišta ima rupu pravokutnog oblika, te kroz nju prolaze žice svih elemenata sa upravljačke kutije do redne stezaljke.

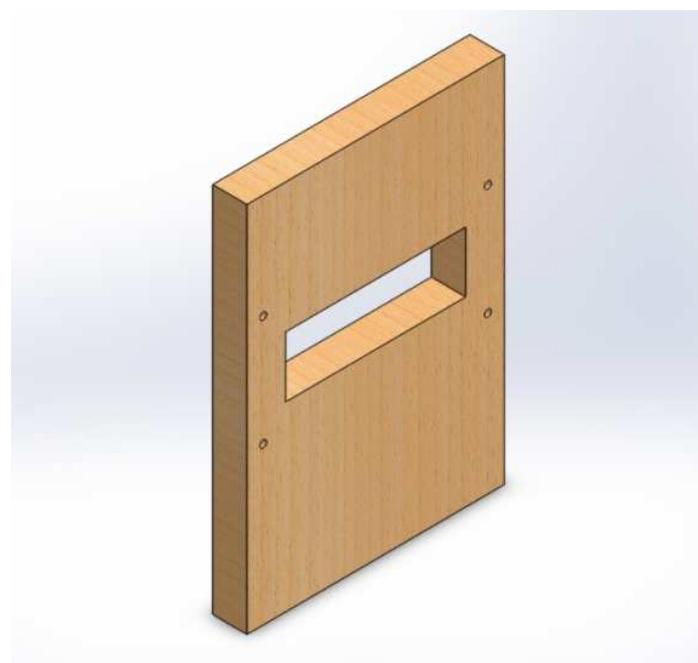
3D model gornje strane kućišta prikazan je na slici 4.8.



Slika 4.8. 3D model gornje strane kućišta

4.2.7 *Stražnja strana kućišta*

3D model stražnje strane kućišta prikazan je na slici 4.9.



Slika 4.9. 3D model stražnje strane kućišta

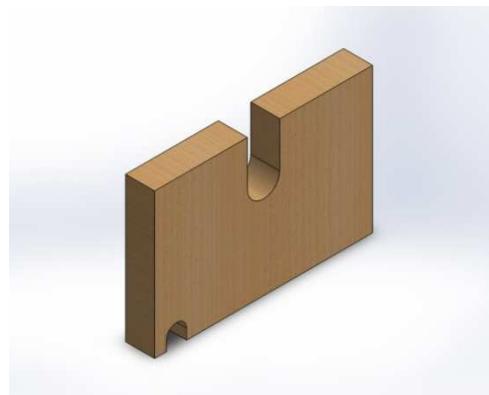
4.2.8 *Držaci*

Konstruirana su 2 držača, a zadnji držač ima dvije zadaće:

1. Držanje cilindra
2. Služi kao prednji dio kućišta

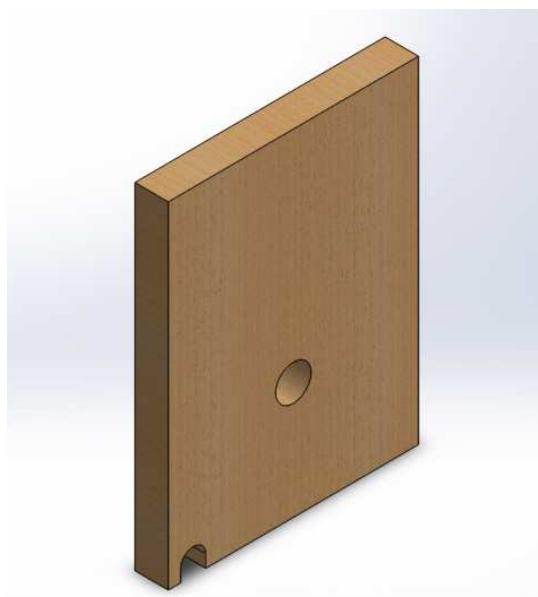
Visina stražnjeg držača je manja od duljine između postolja i gornje strane držača radi toga bi se dobio mali otvor koji ima zadaću da ne dođe do zagrijavanja motora unutar drvenog kućišta.

3D model prednjeg držača je prikazan na slici 4.10.



Slika 4.10. 3D model prednjeg držača

3D model stražnjeg držača koji je ujedno i prednji dio kućišta je prikazan na slici 4.11.

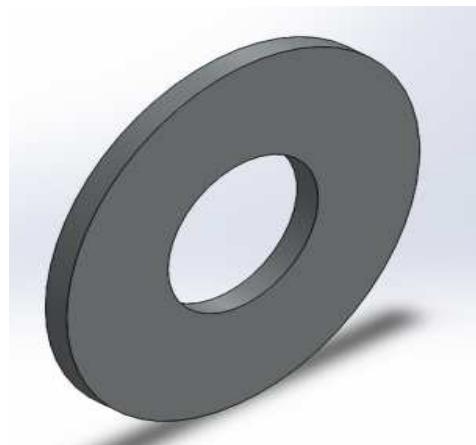


Slika 4.11. 3D model stražnjeg držača

4.2.9 *Graničnik grijača*

Graničnik je zavaren na cilindar. Materijal graničnika je čelik legiran kromom X5CrNi18-10 (Č4580) koji ima oblik prstena koji sprječava da se pomakne grijač dalje od kraja cilindra.

3D model graničnika je prikazan na slici 4.12.



Slika 4.12. 3D model graničnika grijača

4.2.10 *Grijač*

Grijač ima spiralno namotanu žicu oko cilindra i nalazi se između graničnika i izolatora drveta. Izvana je obložen metalnim kućištem. Može postići temperaturu iznad 300°C, ali za upotrebu kod ekstrudiranja je potrebna temperatura do 220°C. Snaga grijača je 1950 W.

3D model spirale grijača je prikazan na slici 4.13.



Slika 4.13. 3D model spirale grijača

4.2.11 *Izolacija cilindra*

Koristi se tesnit koja ima glatku površnu, plave boje i estetski dobrog izgleda. Može izdržati temperaturu do 400°C. Sa takvom je izolacijom obložen cilindar kod mjesta gdje se nalazi prednji držač. Glavni razlog tome je da ne bi bilo kontakta između drvenog držača i zagrijanog cilindra.

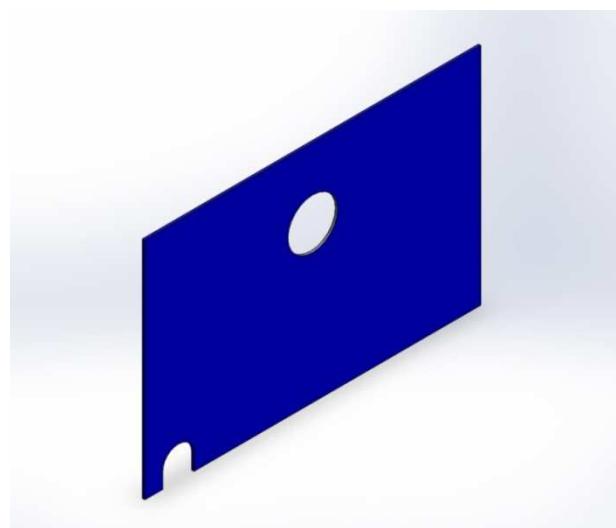
3D model izolacije oko cilindra prikazan je na slici 4.14.



Slika 4.14. 3D model izolacije oko cilindra - tesnit

Ispred prednjeg držača se nalaze dva toplinska izolatora. Za toplinsku izolaciju korištena su dva izolatora, promoform i tesnit. Tesnit se nalazi ispred promoforma radi ljestvog estetskog izgleda.

3D model izolatora je prikazan na slici 4.15.

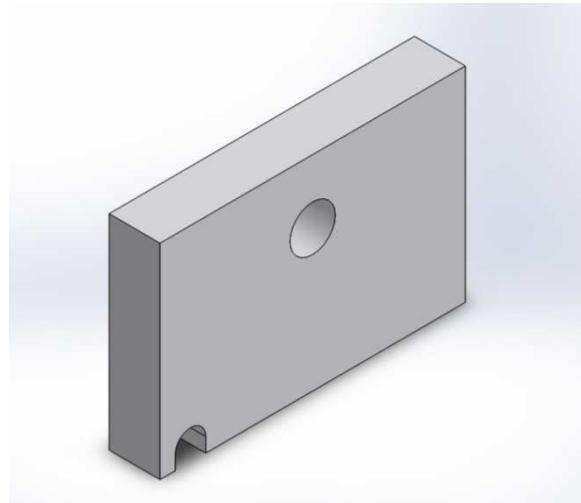


Slika 4.15. 3D model toplinskog izolatora - tesnit

4.2.12 *Izolacija kućišta*

Za izolaciju kućišta predviđen je promoform. Koristi se u staklo-industriji i može podnijeti temperature do 1000°C.

3D model termoizolacije je na slici 4.16.

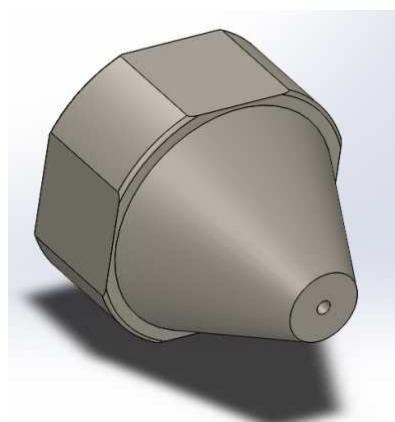


Slika 4.16. 3D model termoizolacije

4.2.13 *Mlaznica*

Mlaznica je izrađena od čelika legiranog kromom. Unutarnji navoj koji se nalazi prije konusnog djela se navija na vanjski navoj cilindra. Na kraju konusnog djela je probušena rupica $\phi = 1.7$ mm kroz koju se protiskuje omekšana ili otopljena ABS plastika.

3D model mlaznice je prikazan na slici 4.17.

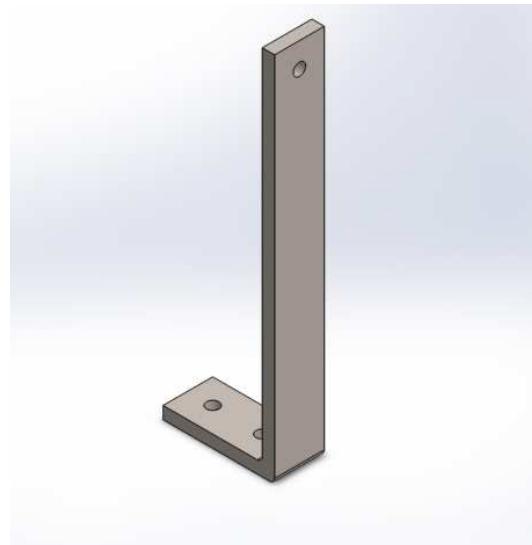


Slika 4.17. 3D model mlaznice

4.2.14 *Nosači spremnika*

Modelirana su 2 željezna nosača u obliku slova „L“. Nosač se vijcima stegne u postolje i spremnik.

3D model nosača je prikazan na slici 4.18.



Slika 4.18. 3D model nosača spremnika

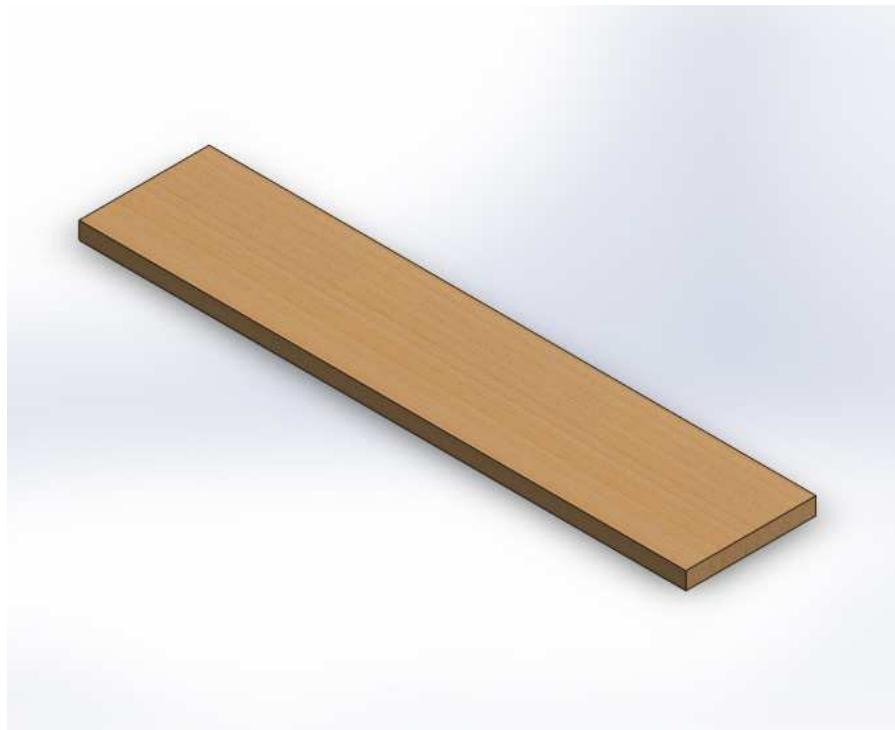
4.2.15 *Sigurnosna cijev*

Unutar sigurnosne cijevi nalaze se žice koje spajaju grijач i termostat sa upravljačkom kutijom. Prolazi kroz 2 nosača i polegnuta je na postolje ekstrudera.

4.2.16 *Postolje*

Drveno postolje je dimenzija 700mm * 150mm * 20mm.

3D model drvenog postolja prikazan je na slici 4.19.

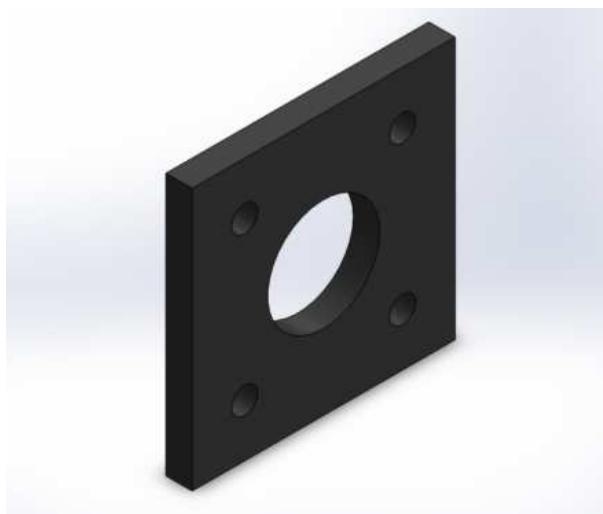


Slika 4.19. 3D model drvenog postolja

4.2.17 *Pričvršćivač*

Modeliran je sa provrtom unutar koje je narezan navoj. Zategne se na početak cilindra, a zatim pričvrsti vijcima za držač. Onemoguće translaciju cilindra po njegovoj uzdužnoj osi. Za izradu je predviđen niskougljični čelik.

3D model pričvršćivača je prikazan na slici 4.20.

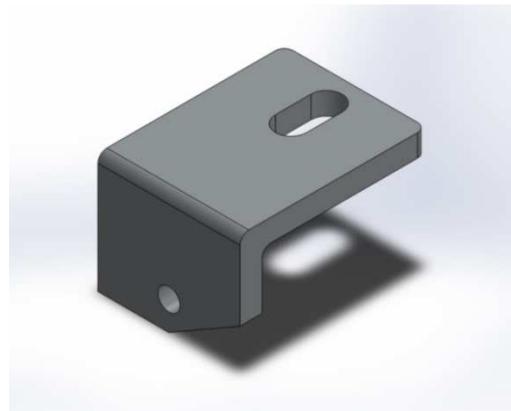


Slika 4.20. 3D model pričvršćivača

4.2.18 *Ručica*

Modelirana je tako da se pričvrsti na desnu stranu kućišta sa malim vijkom M5. Pomoću ručice moguće je otvoriti desnu stranu kućišta.

3D model ručice je prikazana na slici 4.21.

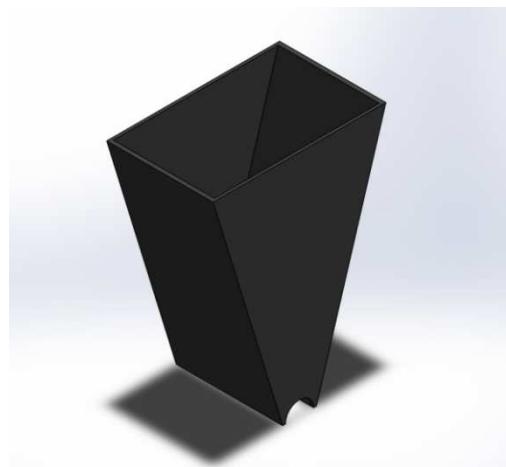


Slika 4.21. 3D model ručice

4.2.19 *Spremnik*

Spremnik je modeliran tako da ima polukružni otvor na kraju svog konusa kroz koji će usred djelovanja gravitacijske sile propadati granulirana plastika u cilindar. Polumjer polukružnog otvora je isti kao i vanjski polumjer cilindra iz razloga da se može nasloniti na cilindar. Dodatno učvršćenje spremnika čine 2 nosača koji ga fiksiraju.

3D model spremnika je prikazan na slici 4.22.

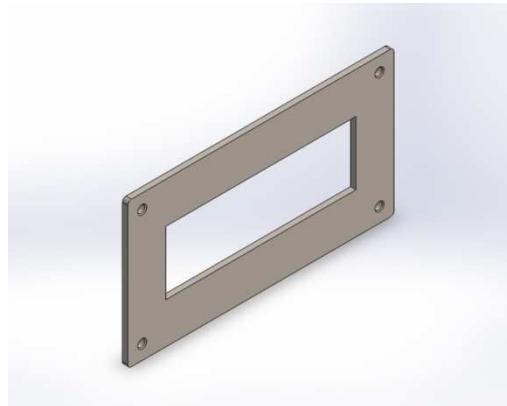


Slika 4.22. 3D model spremnika

4.2.20 *Ukrasna pločica*

Ukrasna pločica od aluminijskog materijala pričvršćuje se na zadnju stranu kućišta sa 4 vijka M4. Ima rupu pravokutnog oblika radi mogućeg strujanja zraka unutar kućišta ekstrudera.

3D model ukrasne pločice je prikazana na slici 4.23.



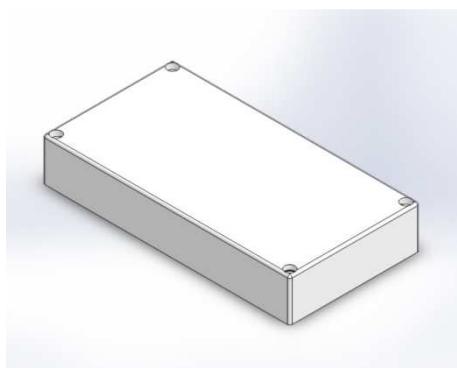
Slika 4.23. 3D model ukrasne pločice

4.2.21 *Upravljačka kutija*

Upravljačka kutija se sastoji od:

- glavne sklopke;
- prekidača za grijач;
- prekidača za motor;
- termostata;
- kontrolne lampice.

3D model upravljačke kutije je prikazan na slici 4.24.



Slika 4.24. 3D model upravljačke kutije

4.2.22 *Zavojnica*

Zavojnica je modelirana sa 11 koraka u modeliranju. Nalazi se u cilindru koji dozvoljava samo rotaciju, a sa aksijalnim ležajem je onemogućen i uzdužni pomak, tako da zavojnica ima samo jedan stupanj slobode gibanja, a to je rotacija oko središnje osi koja prolazi kroz centar zavojnice.

3D model zavojnice je prikazan na slici 4.25.



Slika 4.25. 3D model zavojnice

5. Izrada ekstrudera

U nastavku rada prikazan je izrađeni ekstruder i dijelovi ekstrudera. Osnova za izradu dijelova bili su 3D modeli pozicija i sklopa i 2D radionička tehnička dokumentacija.

Sklop ekstrudera prikazan je na slici 4.1.



Slika 4.1. Sklop ekstrudera

Slika 4.2. Prikazuje prednji dio ekstrudera



Slika 4.2. Prednji dio ekstrudera

Slika 4.3. Prikazuje unutarnji dio kućišta



Slika 4.3. Unutarnji dio kućišta

Slika 4.4. Prikazuje upravljačku kutiju



Slika 4.4. Upravljačka kutija

Slika 4.5. Prikazuje aksijalni ležaj sa kućištem



Slika 4.5. Aksijalni ležaj sa kućištem

Slika 4.6 Prikazuje mlaznicu



Slika 4.6. Mlaznica ekstrudera

6. Zaključak

Cijena ABS niti je jako visoka, stoga je isplativo prerađivati plastične granule u niti pomoću ekstrudera. Sa malim preinakama (zamjenom mlaznice) je moguće ekstrudirati različite debljine niti ili nekih drugih profila koji se mogu koristiti i u neke druge svrhe. Relativno mala veličina stroja omogućuje da se lagano i brzo premjesti na novi radni prostor.

7. Literatura

- [1] Smiljan, Antun; „*Konstrukcija elemenata za ekstrudiranje polimerne žice*“ diplomski rad, FSB, Zagreb, 2014
- [2] Tanasković, Ivana; „*Utjecaj dodatka zobi na svojstva ekstrudiranih proizvoda na bazi kukuruzne krupice*“ diplomski rad, Osijek, 2014
- [3] Kovač, Branko“et al“; „Praktičar 2, Strojarstvo 1“, Školska knjiga Zagreb, Zagreb, 1972
- [4] Rauwendaal, Cris; „*Polymer Extrusion*“, Carl Hanser Verlag, Munich, 2001.
- [5] „Koja je razlika? ABS ili PLA filament?“<http://www.123print.hr/blog/abs-ili-pla-filament-koja-je-razlika/>, (dostupno: 18.2.2016.)
- [6] Filetin, Tomislav; „Izbor materijala u uvjetima povišenih i visokih temperatura“, FSB, Zagreb, 2012
- [7] Mario Buac “et al“, „*Tim 9 – Drinking assistant*“, *Mehanizmi*, VTS, Bjelovar, 2010

Sažetak

Ekstruder

Ekstruder je stroj koji izvršava tehnološki proces prerade plastičnih granulata u nit ili cijev. Granulirana plastika se nalazi u lijevku iznad cilindra i pod utjecajem gravitacijske sile propada kroz otvor na cilindru. Oko kraja cilindra se nalazi električni grijач. Nakon paljenja glavne sklopke može se upaliti grijач koji zagrijava kraj cilindra. Kad se postigne željena temperatura gasi se kontrolna lampica koja nam daje signal da kroz grijач više ne teče struja i da se može upaliti motor. Motor rotira zavojnicu u cilindru koja transportira plastiku do kraja cilindra, gdje se plastika topi ili omešava, te istiskuje kroz mlaznicu koja daje željeni oblik izlaznoj masi (plastičnoj niti). Brzinom vrtnje motora se regulira količina istisnute mase kroz stroj.

Ključne riječi: Ekstruder, zavojnica, grijач

Abstract

Extruder

The extruder is a machine that carries out the technological process of turning plastic granulates into a plastic wire or tube. Granulated plastic is inside of a hopper that sits above the cylinder and is under the influence of gravity which makes it fall onto the cylinder. The cylinder is attached to an electric heater. After turning on the main power switch, the electric heater can then be turned on which heats up the cylinder. When the desired temperature is reached the pilot light switches off which signals to us that no more electricity is running through the heater and we can turn the motor on. The motor spins a screw conveyor in the cylinder that transports the plastic to the end of that cylinder, where the plastic is then melted or softened. The melted/ softened plastic is extruded through a nozzle which gives us a desired shape of the output mass (plastic wire). We use the speed of the motor to regulate the amount of the plastic mass we are extruding through the machine.

Key words: Extruder, screw, cylinder

Zusammenfassung

Der Ekstruder

Der Ekstruder ist ein Maschine, welche Kunststoffgranulate zu Rohren oder Drähten verarbeitet. Das Plastikgranulat befindet sich in einem Behälter oberhalb des Zylinders und wird mittels Schwerkraft in den Zylinder befördert. Der Zylinder ist am Ende mit einer Heizspule umwickelt. Nach Betätigen des Hauptschalters kann man die Heizspule aktivieren um das Ende des Zylinders anzuwärmen. Wenn die gewünschte Temperatur erreicht ist, erlischt die Kontrollleuchte. Dies ist das Zeichen, dass an der Heizspule keine Spannung mehr anliegt und man den Motor einschalten kann. Der Motor treibt eine archimedische Schnecke an, welche das Granulat ans beheizte Ende des Zylinders transportiert, wo das Plastik schmilzt oder erweicht und dieses dann durch eine Düse gedrückt wird, die der Masse die entgültige Form verleiht (Plastikdraht). Durch die Geschwindigkeit der Rotation wird die Menge der durch die Düse gedrückten Masse reguliert.

Schlüsselwörter: der Ekstruder, die Schraube, der Zylinder

Prema Odluci Visoke tehničke škole u Bjelovaru, a u skladu sa Zakonom o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, elektroničke inačice završnih radova studenata Visoke tehničke škole u Bjelovaru bit će pohranjene i javno dostupne u internetskoj bazi Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu. Ukoliko ste suglasni da tekst Vašeg završnog rada u cijelosti bude javno objavljen, molimo Vas da to potvrdite potpisom.

Suglasnost za objavljivanje elektroničke inačice završnog rada u javno dostupnom
nacionalnom repozitoriju

VALENTINO MIK

(Ime i prezime)

Dajem suglasnost da se radi promicanja otvorenog i slobodnog pristupa znanju i informacijama cjeloviti tekst mojeg završnog rada pohrani u repozitorij Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu i time učini javno dostupnim.

Svojim potpisom potvrđujem istovjetnost tiskane i elektroničke inačice završnog rada.

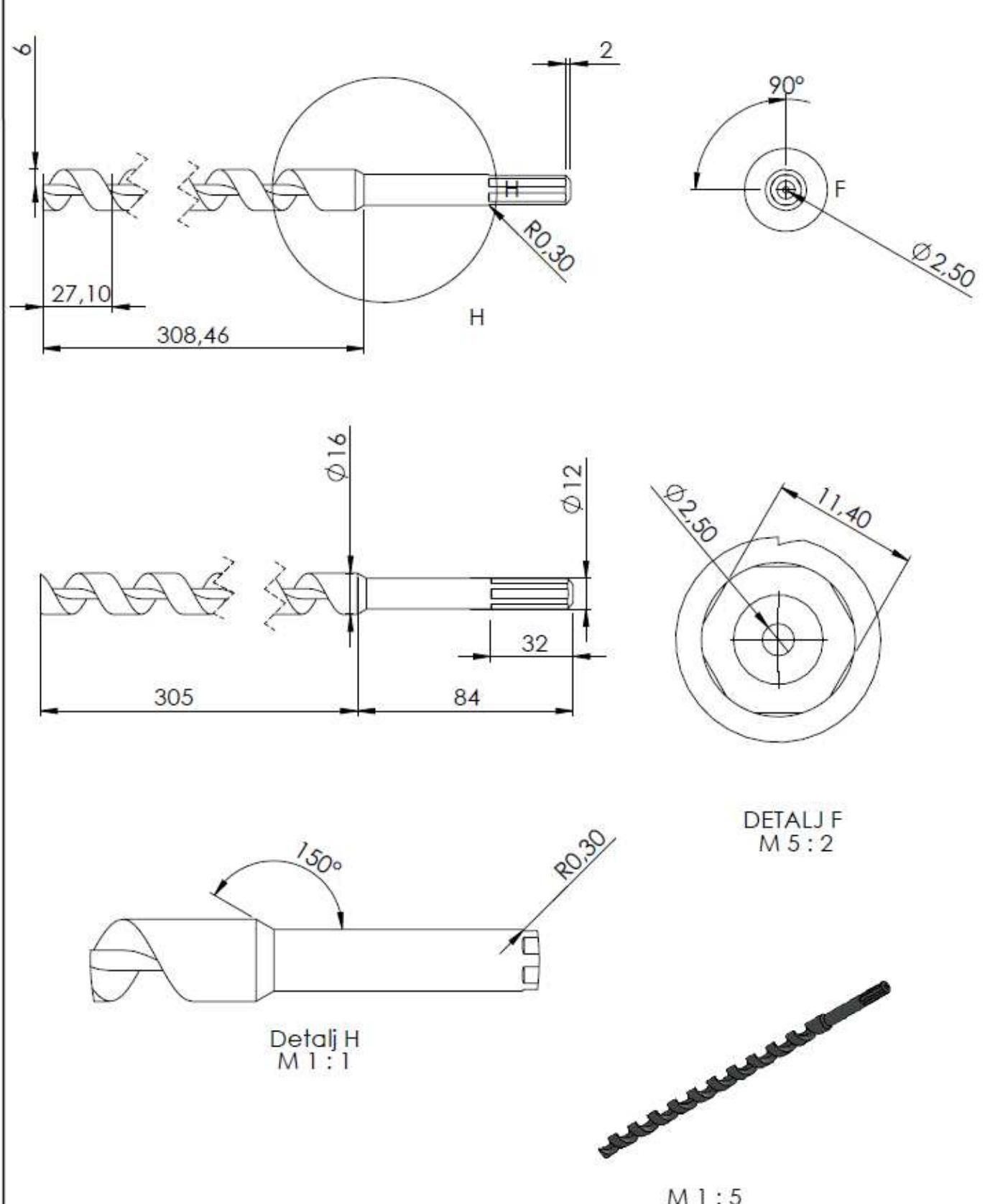
U Bjelovaru, 18. 4. 2016.

Vil

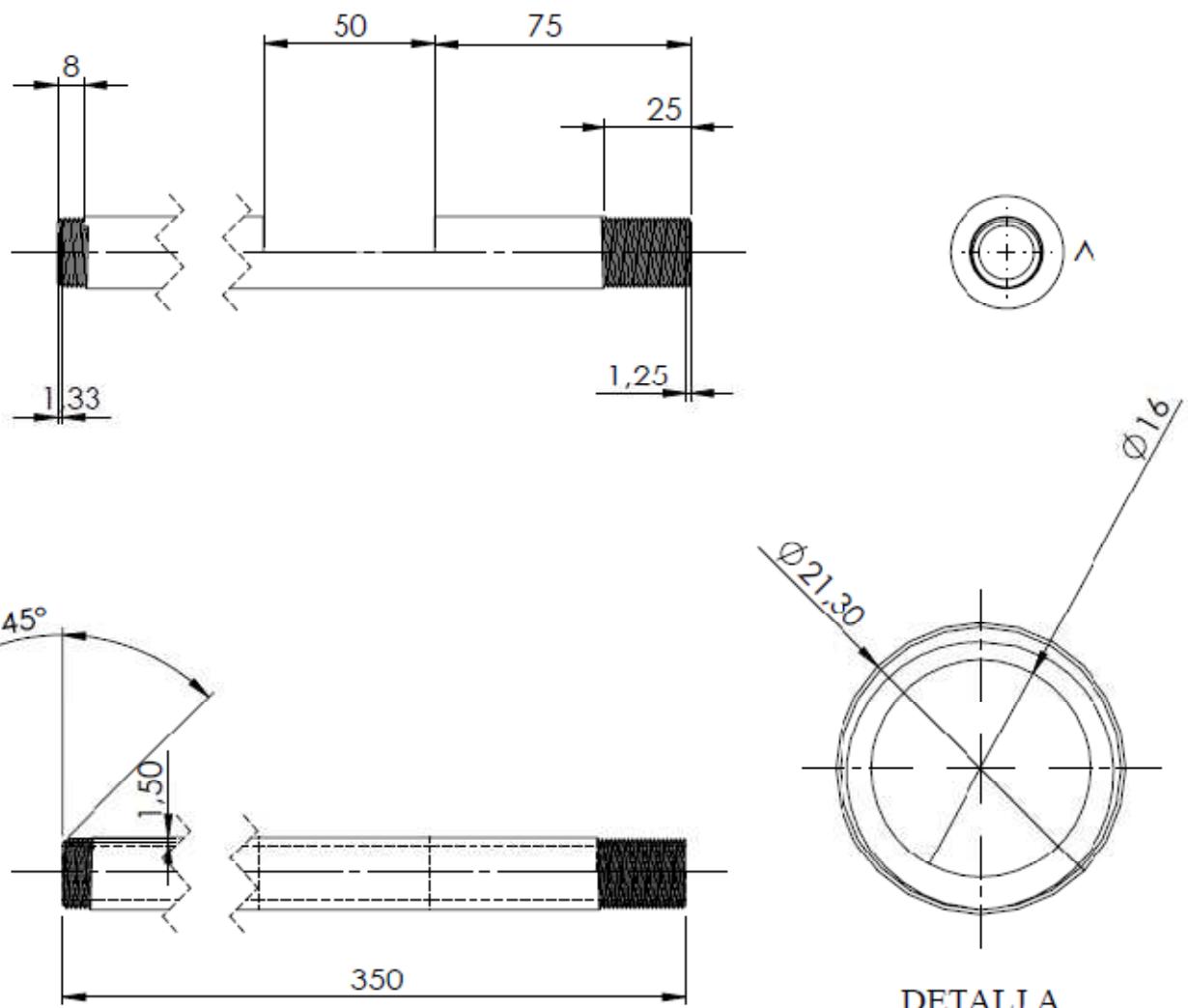
(potpis studenta/ice)

Privitak

U privitku se nalazi 2D radionička dokumentacija svih dijelova ekstrudera, a izrađena je generiranjem iz 3D modela ekstrudera. 2D radionička dokumentacija je izrađena u programskom alatu „SolidWorks2013“ i dokumentirani su svi pojedinačni dijelovi kao i kod 3D dokumentacije. Prikazane su najvažnije kote ekstrudera.



Ime i prezime:	Polpis:	TVRTKA:	Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Crtao:	Valentino Mik	NAZIV:	Zavojnica
Pregledao:	Stjepan Golubic	MATERIJAL:	C45E (Č1531)
Mjerilo:	Datum:	Br.	01
1:2	13.4.2016.	Poz.	1

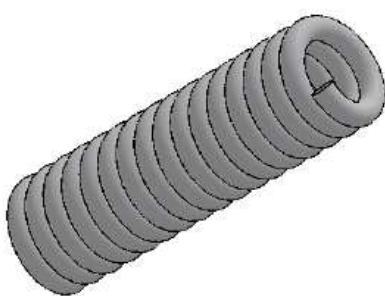
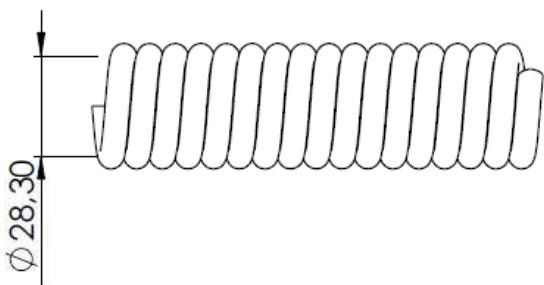
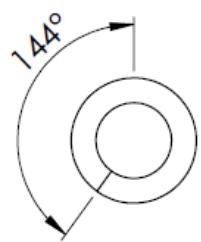
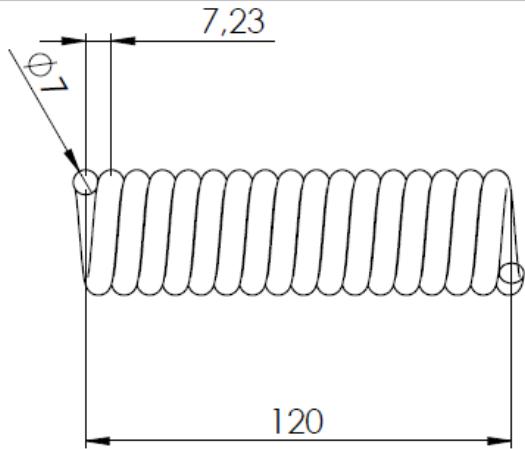


DETALJ A
M 2 : 1

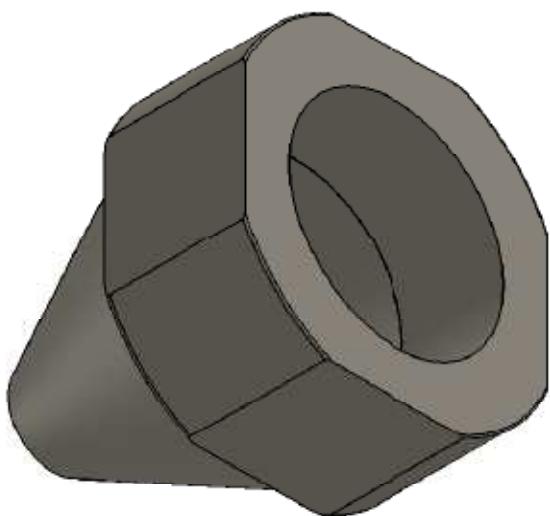
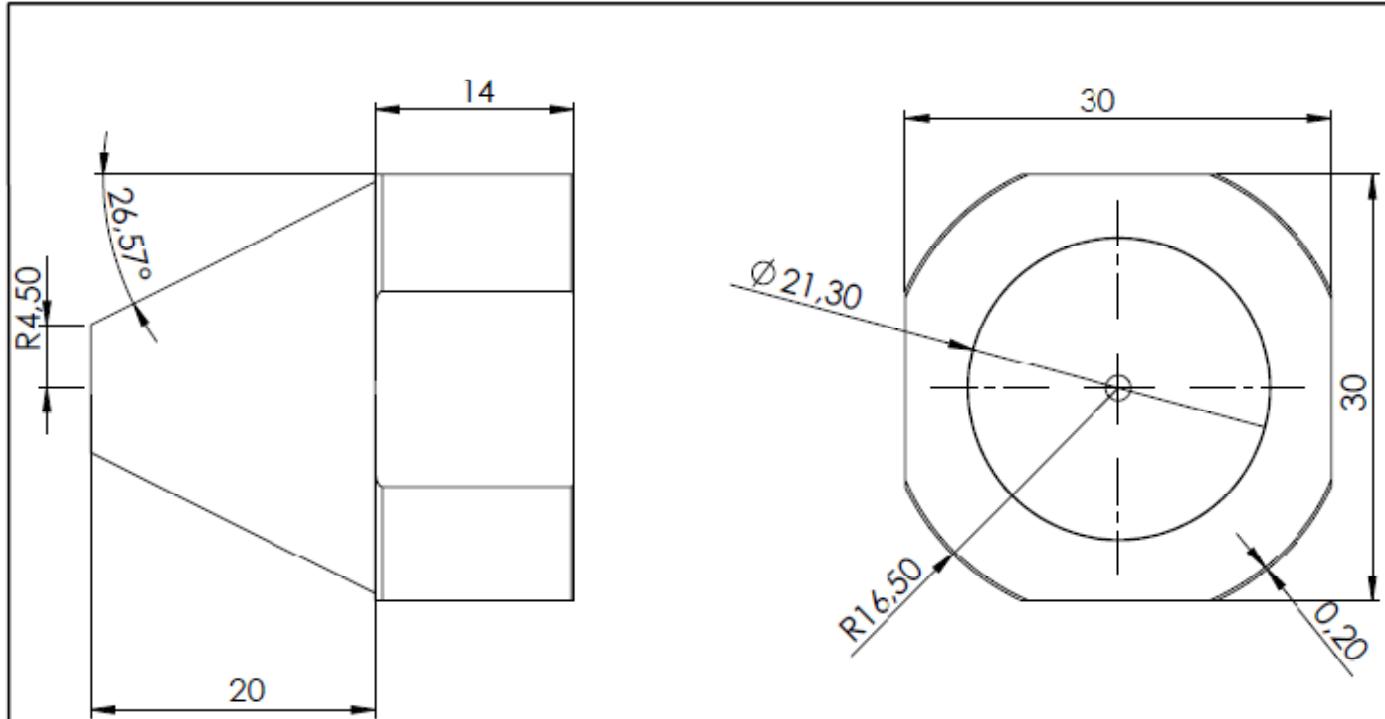


M 1:5

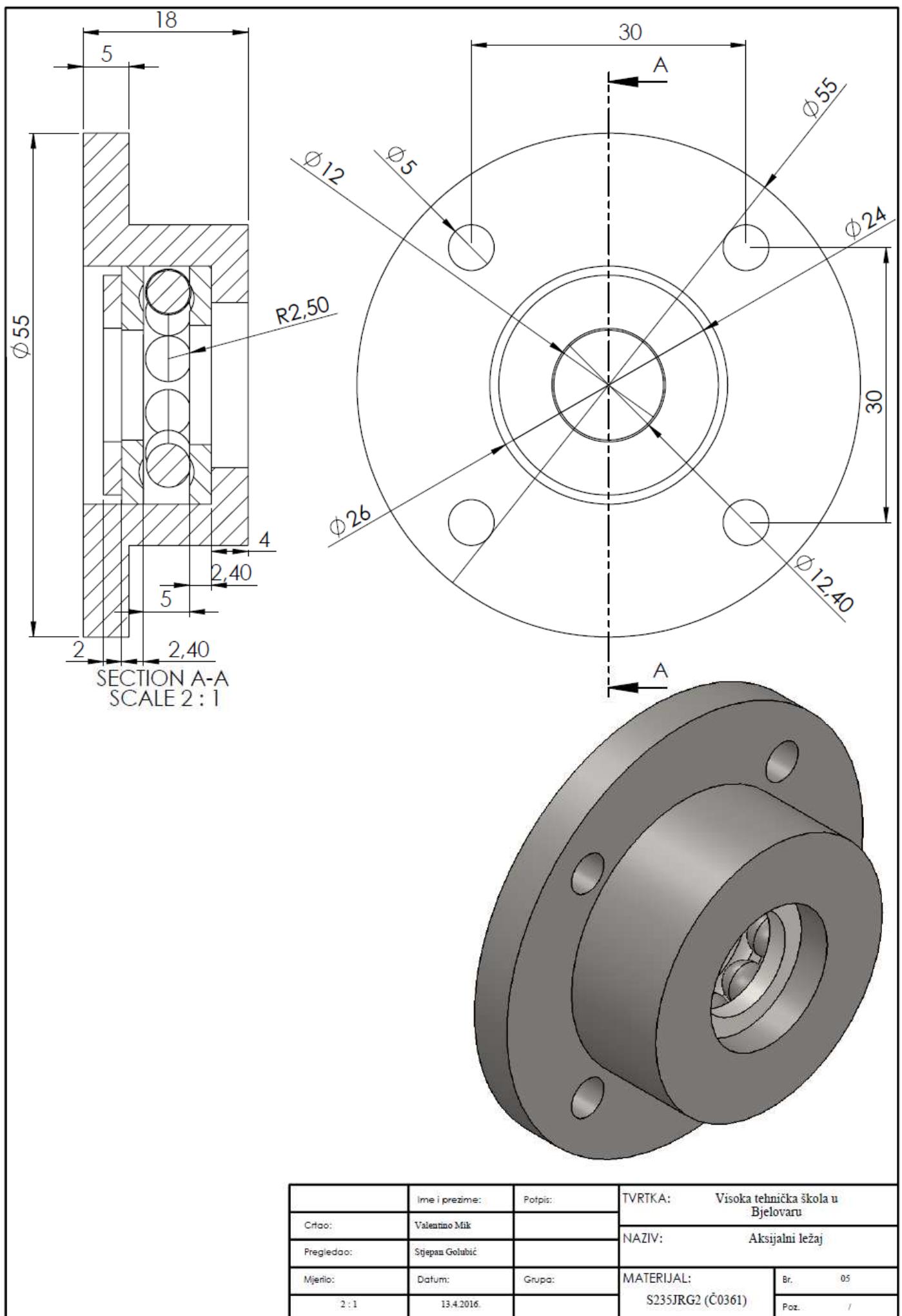
	Ime i prezime:	Potpis:	TVRTKA:	Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Crtao:	Valentino Mik		NAZIV:	Cilindar
Pregledao:	Stjepan Golubic			
Mjerilo:	Datum	Grupa:	MATERIJAL:	Br. 02
1:2	13.4.2016.		DX55D (Č1212)	Poz. q

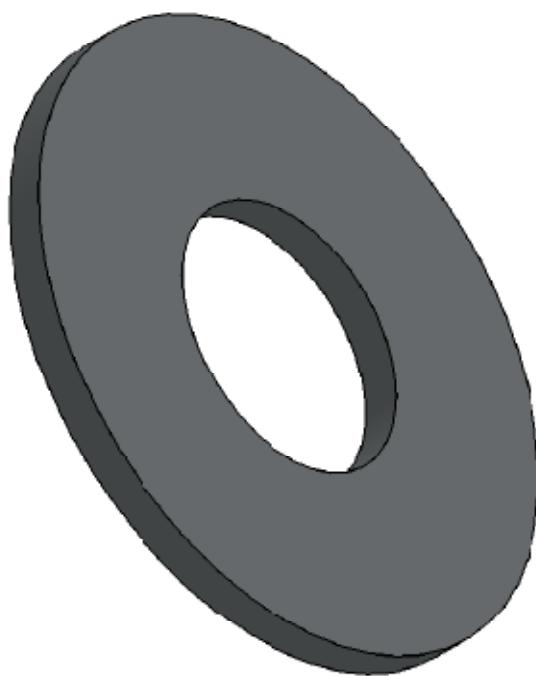
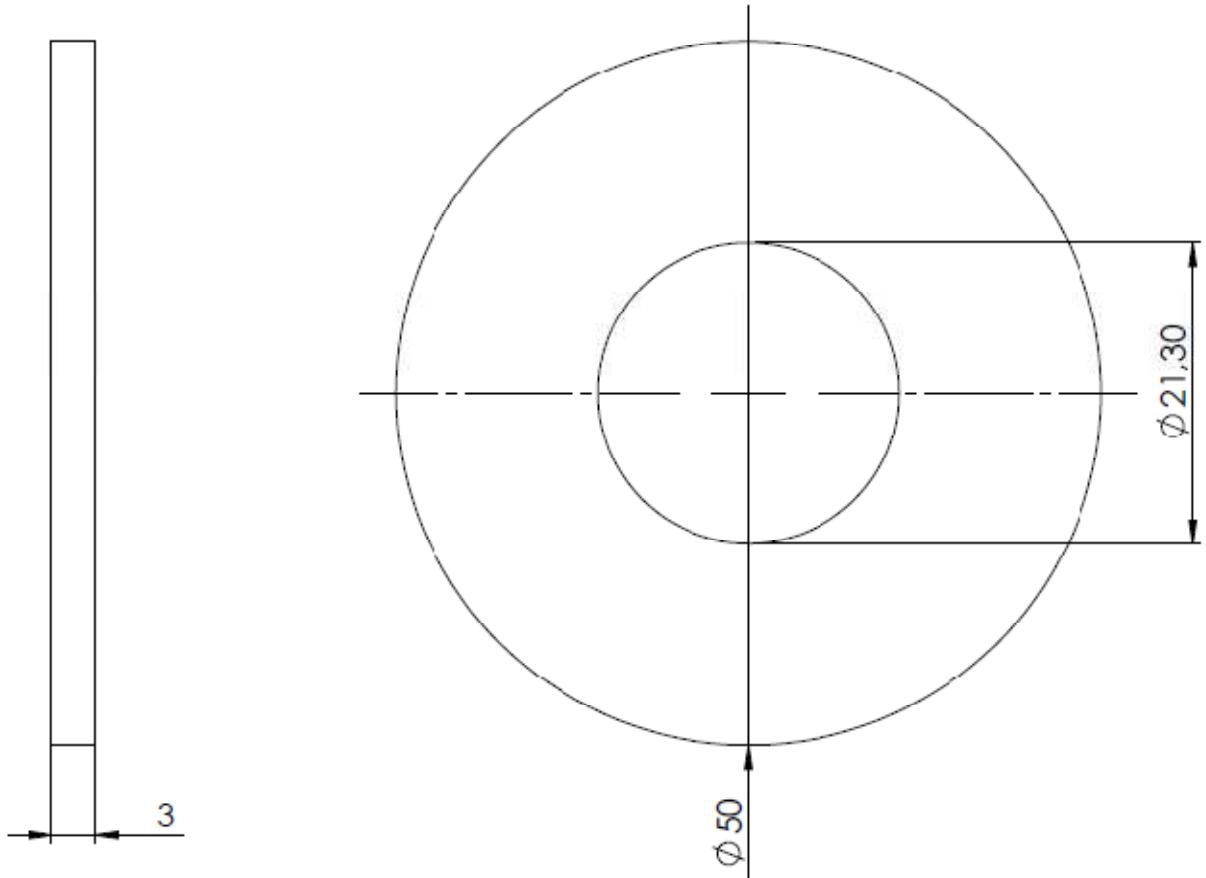


	Ime i prezime:	Potpis:	TVRTKA:	Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Crtao:	Valentino Mik		NAZIV:	Spirala grijača
Pregledao:	Stjepan Golubić		MATERIJAL:	/
Mjerilo:	Datum:	Grupa:	Br.	03
1 : 2	13.4.2016.		Poz.	j

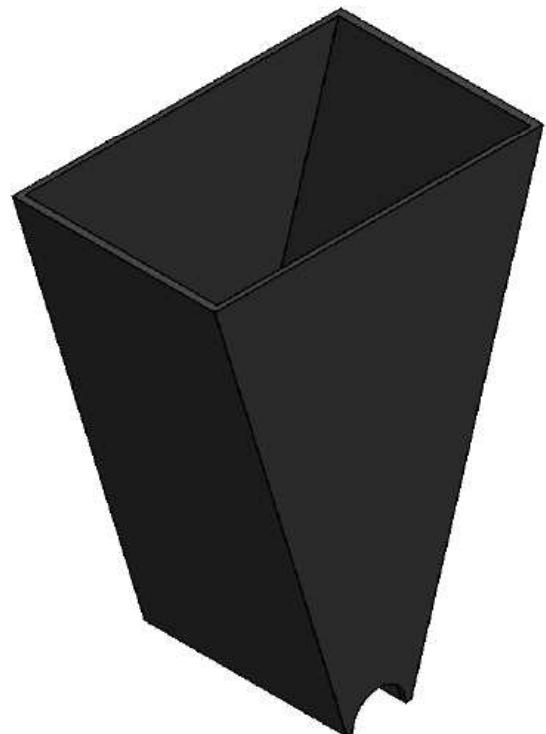
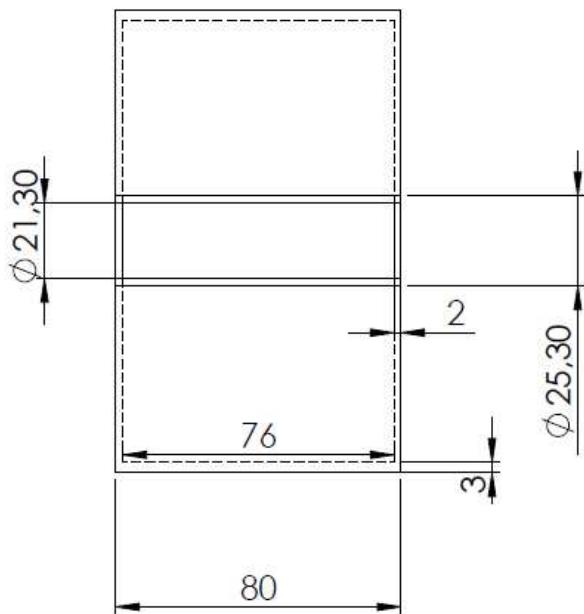
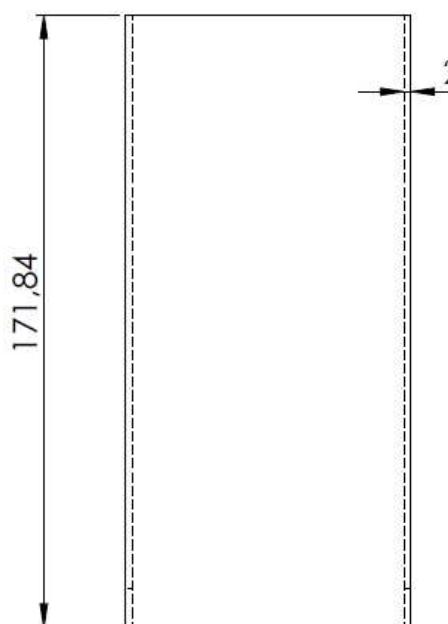


	Ime i prezime:	Popis:	TVRTKA:	Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Crtao:	Vukutin Mik		NAZIV:	Mlaznica
Pregledao:	Stjepan Golubic			
Mjerio:	Datum:	Grupa:	MATERIJAL:	X5CrNi18-10 (Č4580)
2:1	13.4.2016.		Br.	04
			Poz.	k

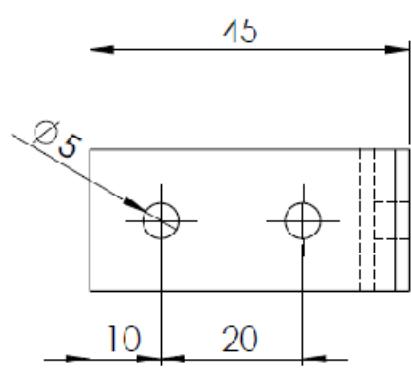
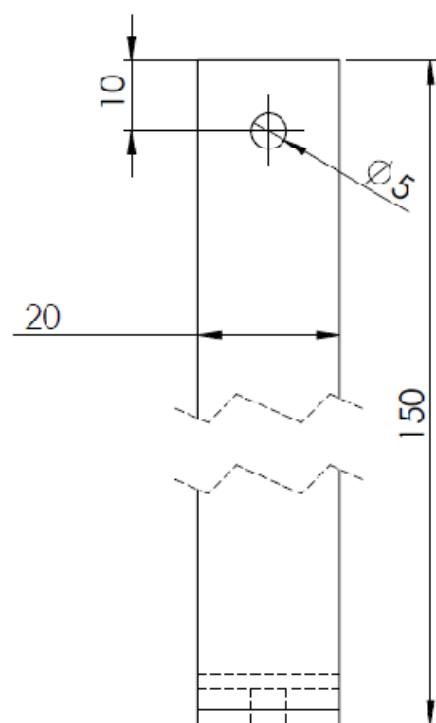
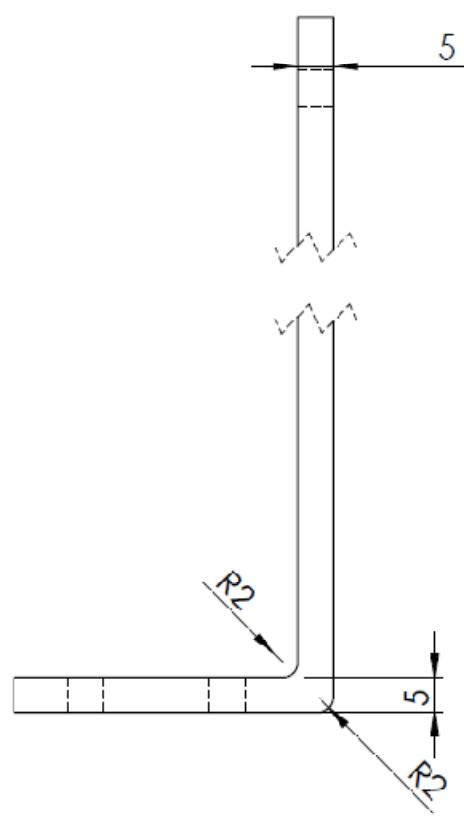




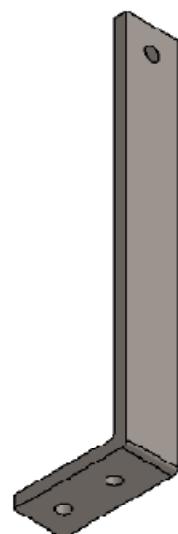
	Ime i prezime:	Potpis:	TVRTKA:	Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Crtao:	Valentine Miki		NAZIV:	Graničnik grijača
Pregleđao:	Stjepan Golubic		MATERIJAL:	X5CrNi18-10(Č4580)
Mjerilo:	Datum:	Grupa:	Br.	06
1:2	13.4.2016.		Poz.	1



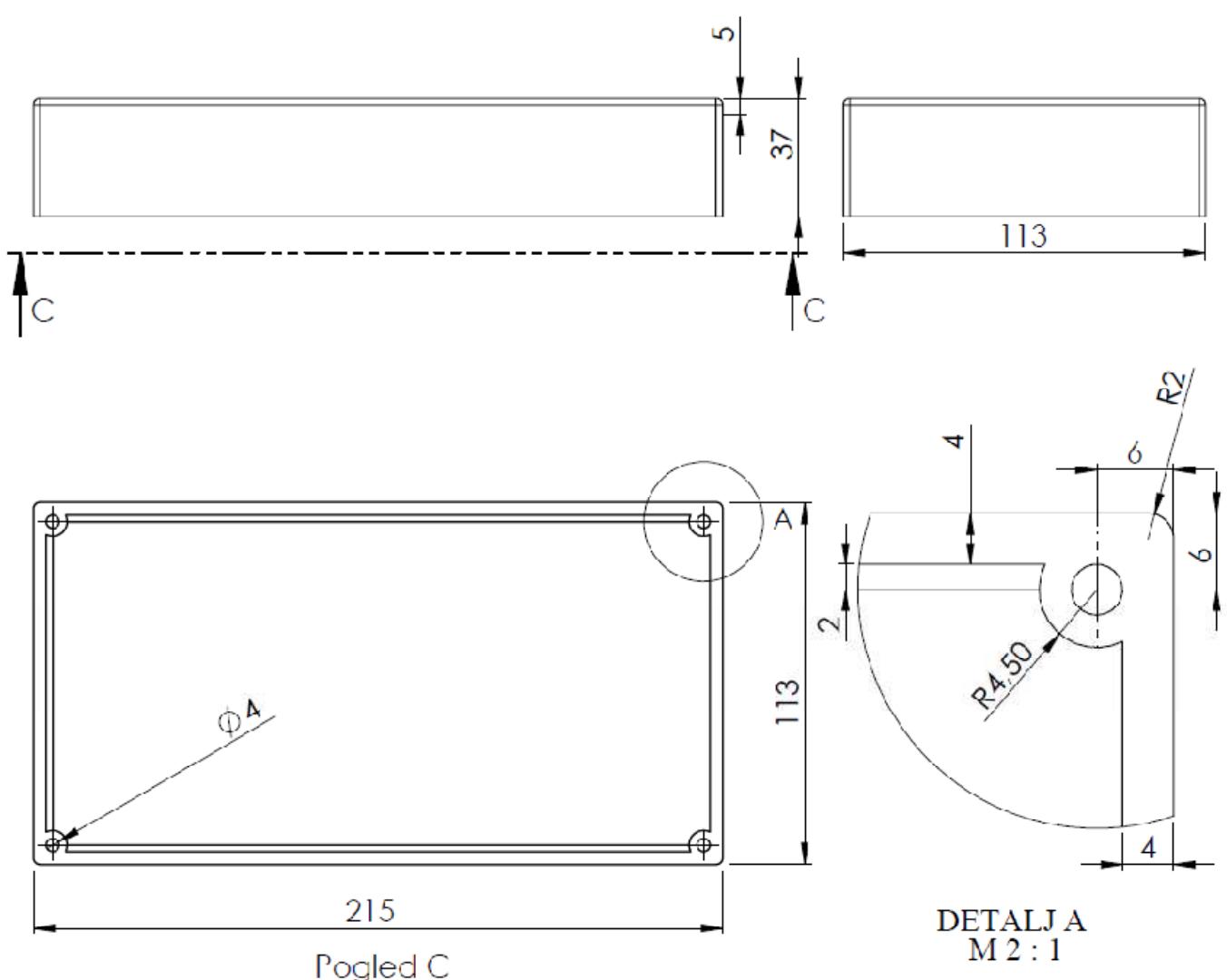
	Ime i prezime:	Potpis:	TVRTKA:	Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Črtao:	Valentino Mik		NAZIV:	Spremnik
Pregledao:	Stjepan Golubić		MATERIJAL:	Br. 07
Mjerilo:	Datum:	Grupa:	S235JRG2 (Č0361)	Poz. e
1 : 2	13.4.2016.			



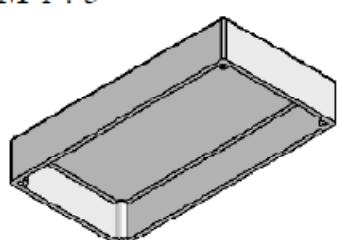
M 1 : 2



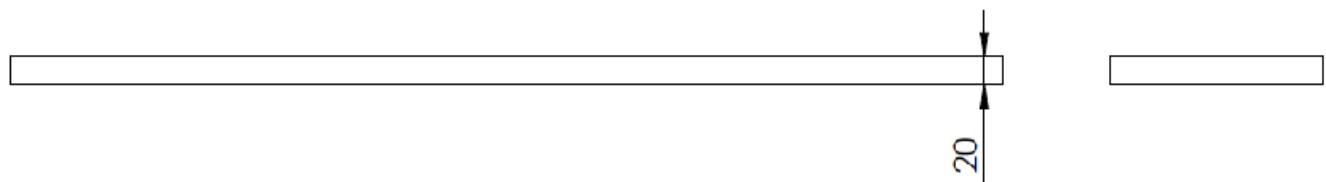
	Ime i prezime:	Potpis:	TVRTKA:	Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Oluo:	Valentino Mik		NAZIV:	Nosač spremnika
Pregledao:	Stjepan Golubic		MATERIALI:	S235JRG2 (Č0361)
Mjerilo:	Datum:	Građa:	Rn	08
1:1	13.4.2016.		Poz.	v



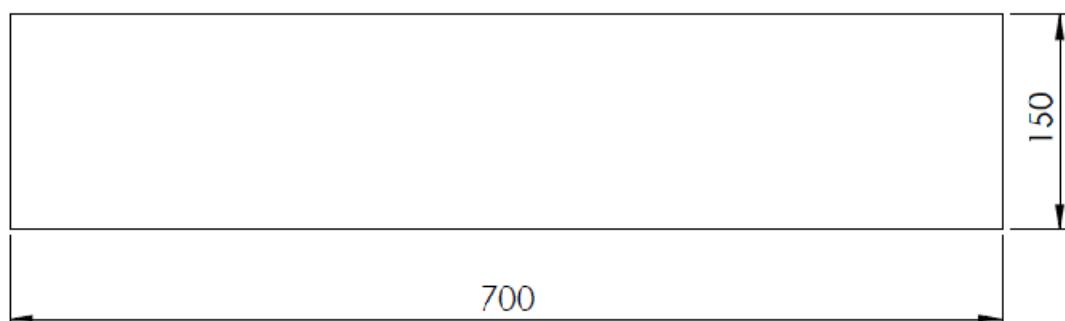
M 1 : 5



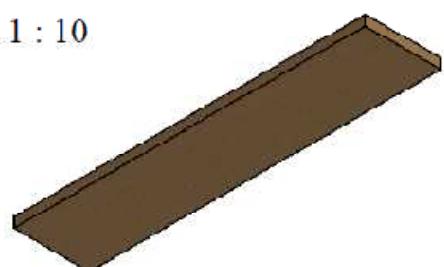
	Ime i prezime:	Potpis:	TVRTKA:	Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Crtao:	Valeško Mikić		NAZIV:	Upravljačka kutija
Pregledao:	Stjepan Golubić		MATERIJAL:	Plastika
Mjerilo:	Datum:	Grupa:	Dr. os.	
1 : 2	19.4.2010.		Poz.	d



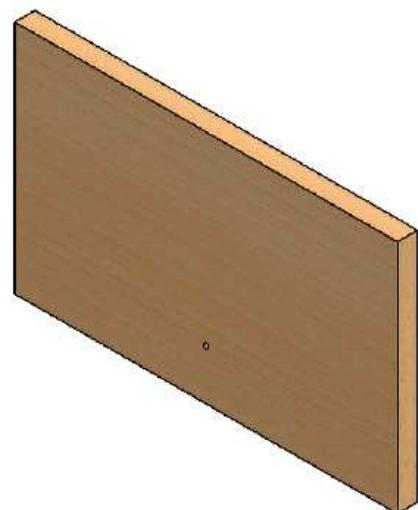
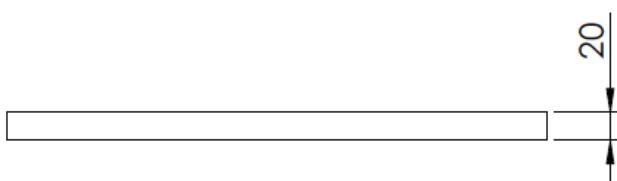
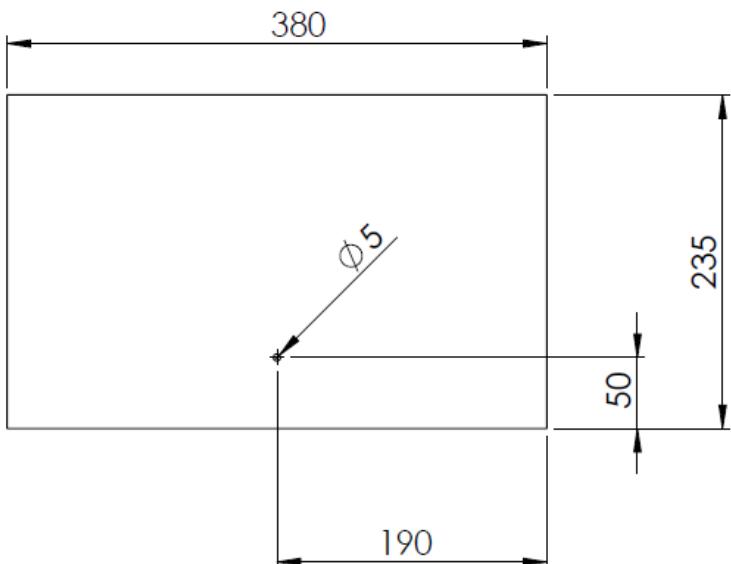
M 1 : 10



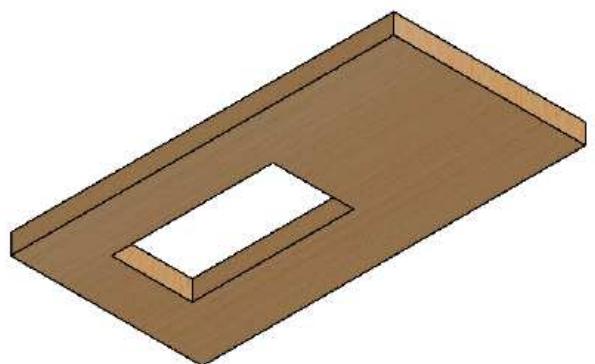
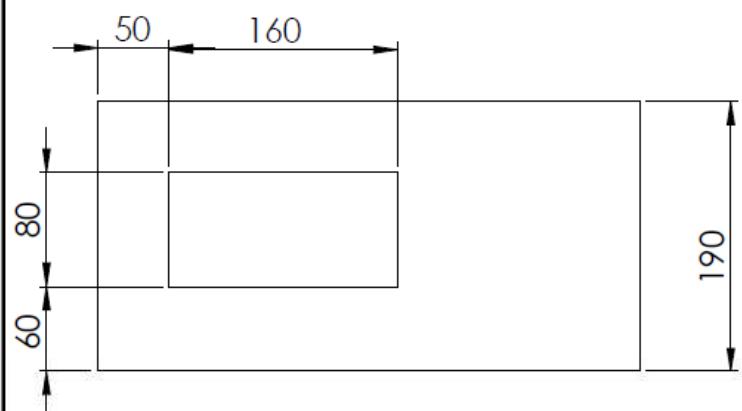
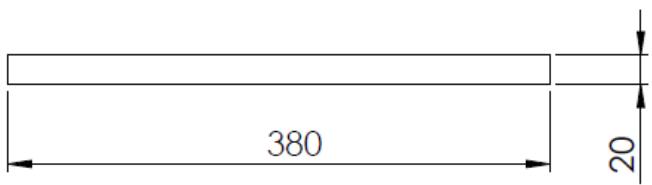
M 1 : 10



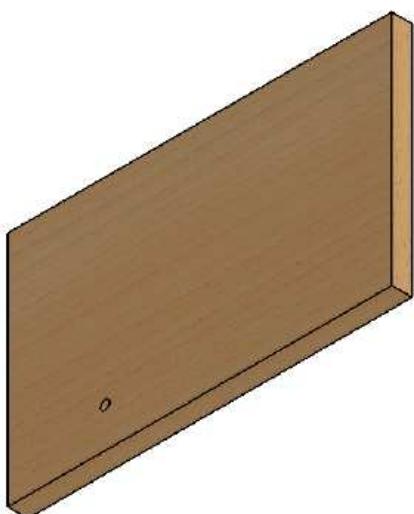
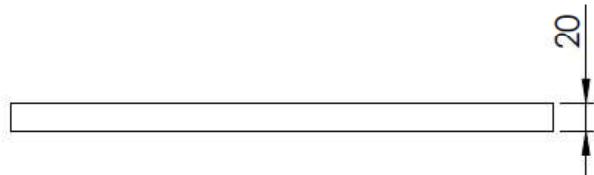
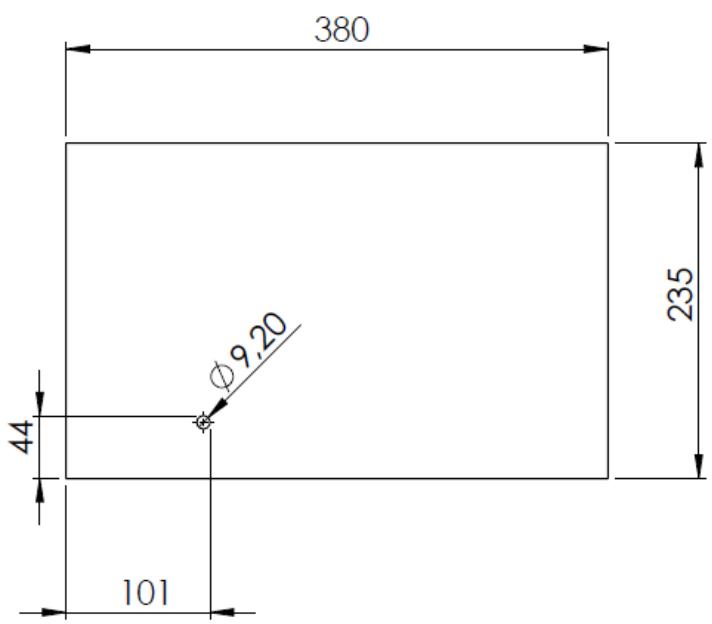
	Ime i prezime:	Potpis:	TVRTKA:	Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Crtao:	Valentino Mik		NAZIV:	Postolje
Pregledao:	Stjepan Golubic		MATERIJAL:	Br. 10
Mjerio:	Datum:	Grupa:	Drvo	Poz. m
1 : 5	13.4.2016.			



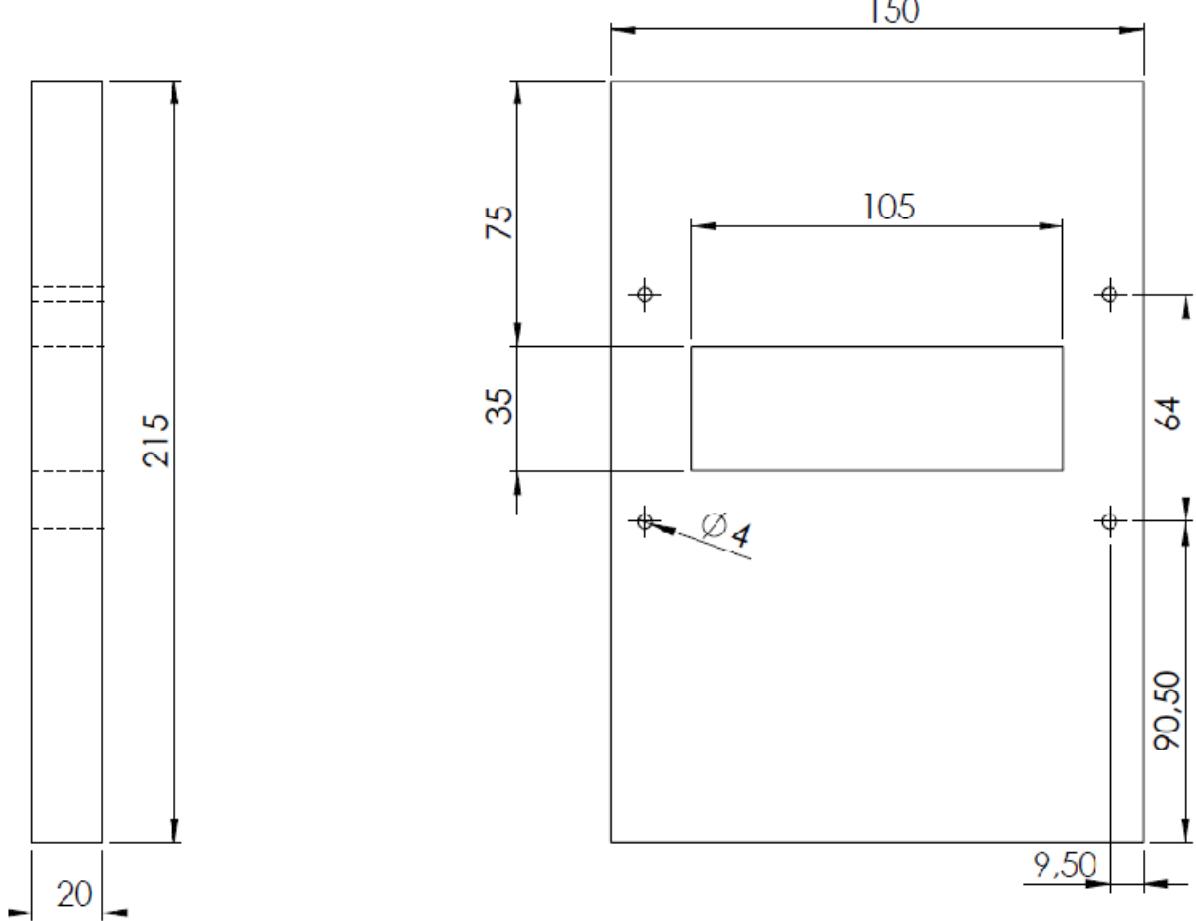
	Ime i prezime:	Potpis:	TVRTKA:	Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Crtao:	Valentino Mik		NAZIV:	Desna strana kućišta
Pregledao:	Stjepan Golubić		MATERIJAL:	Drvo
Mjerilo:	Datum:	Grupa:	Br.:	11
1:5	13.4.2016.		Poz.:	u



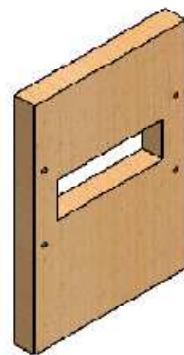
	Ime i prezime:	Potpis:	TVRTKA:	Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Crtao:	Valentino Mik		NAZIV:	Gornja strana kućišta
Pregledao:	Stjepan Golubić		MATERIJAL:	Br. 12
Mjerilo:	Datum:	Grupa:	Drvo	Poz. p
1 : 5	13.4.2016.			



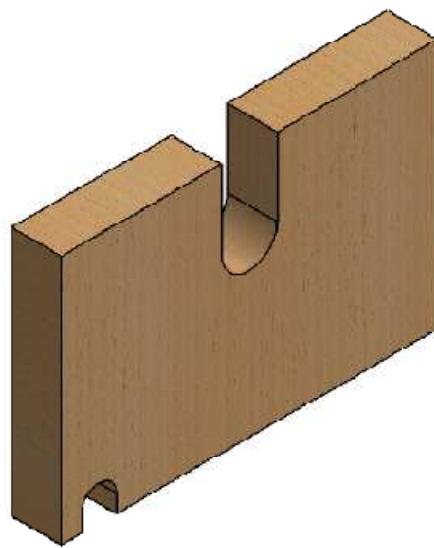
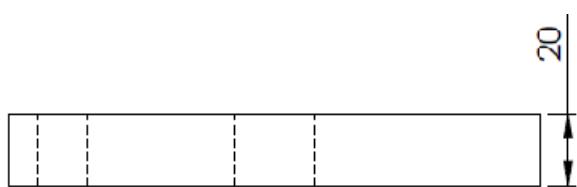
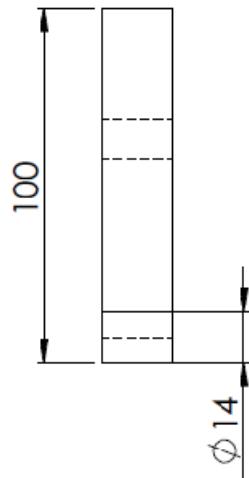
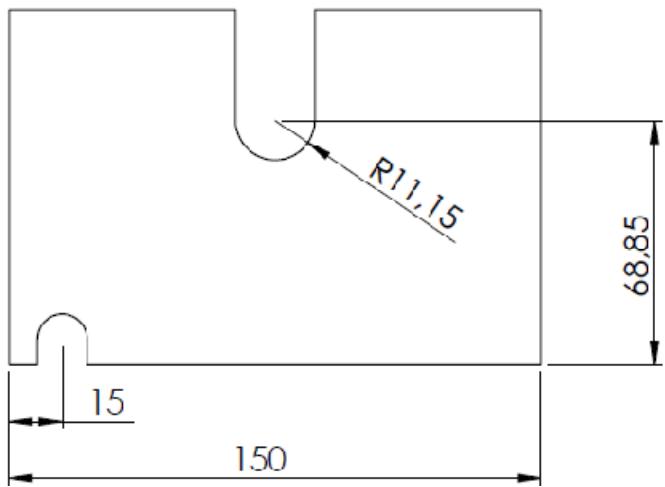
	Ime i prezime:	Potpis:	TVRTKA:	Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Crtao:	Valentino Mik		NAZIV:	Lijeva strana kućišta
Pregledao:	Stjepan Golubić		MATERIJAL:	Br. 13
Mjerio:	Datum:	Grupa:	Drvo	Poz. c
1 : 5	13.4.2016.			



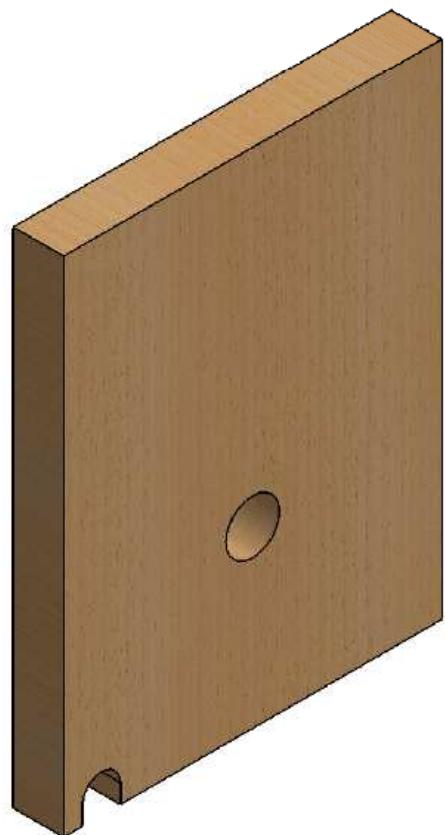
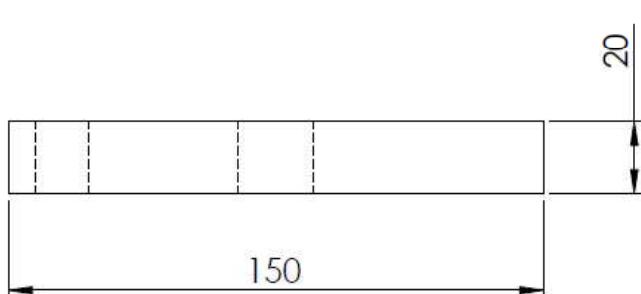
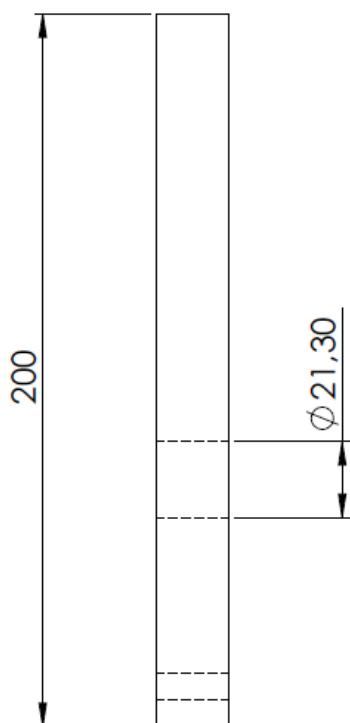
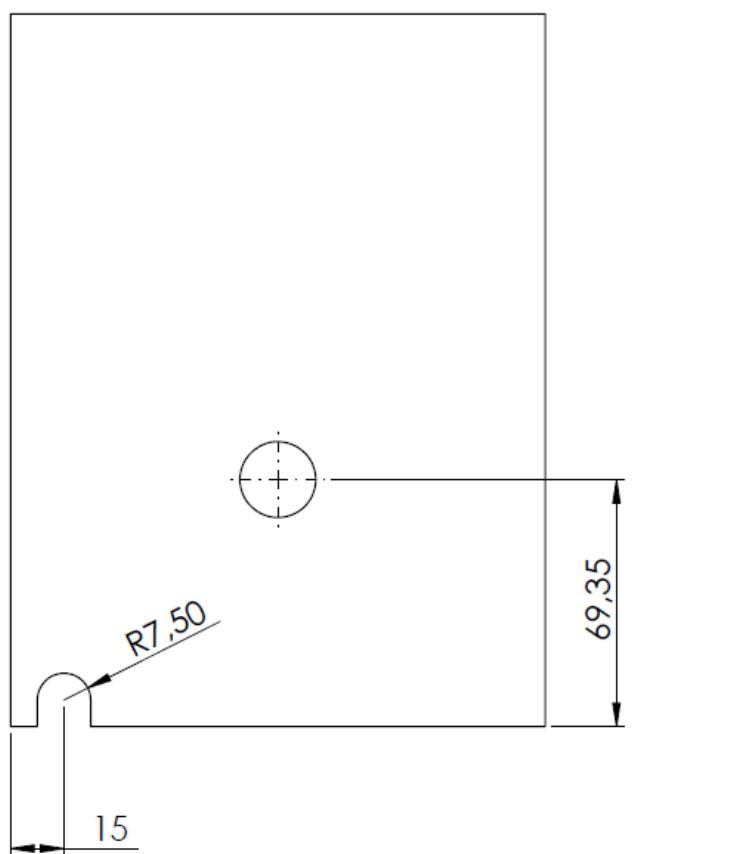
M 1 : 5



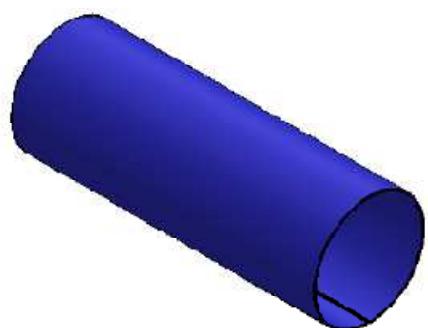
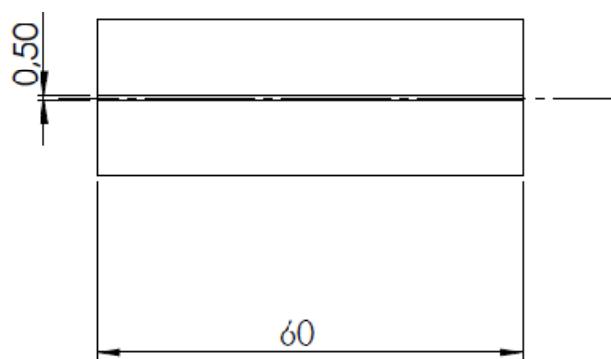
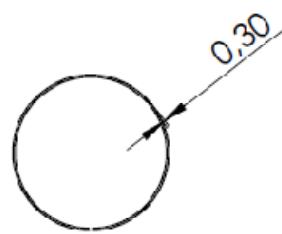
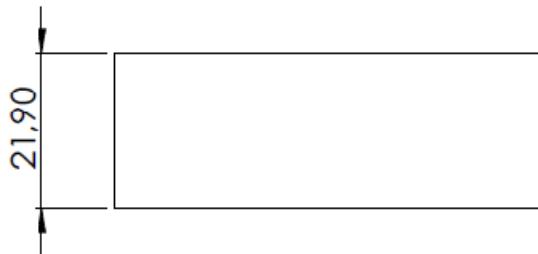
	Ime i prezime:	Potpis:	TVRTKA:	Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Crtao:	Valentino Mik		NAZIV:	Stražnja strana kućišta
Pregledao:	Stjepan Golubić		MATERIJAL:	Drvno
Mjerio:	Datum:	Grupa:	Br.	14
1 : 2	13.4.2016.		Poz.	b



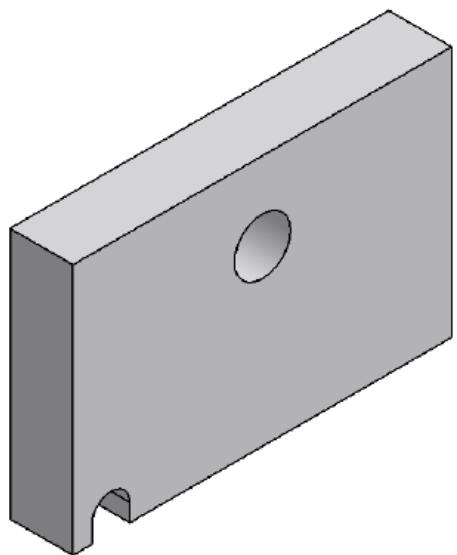
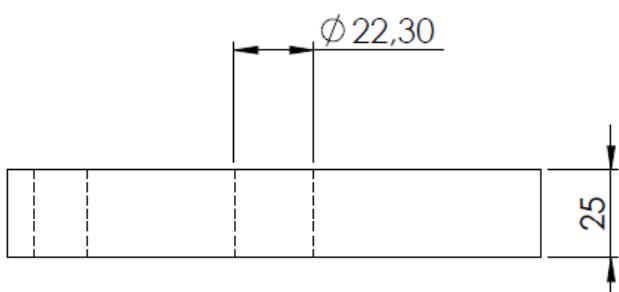
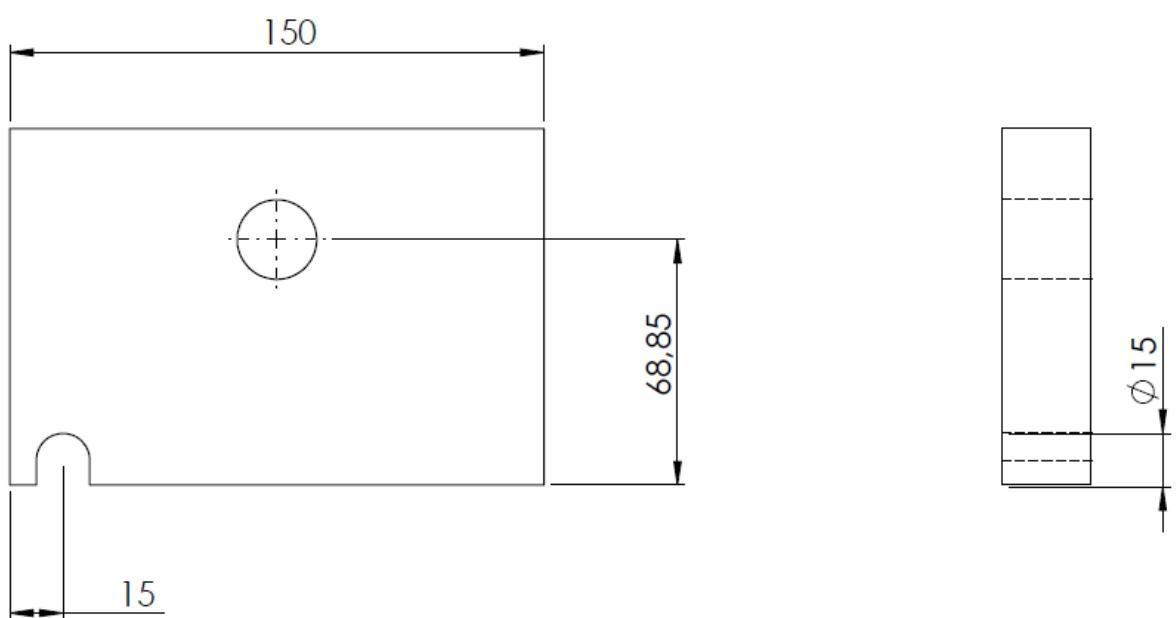
	Ime i prezime:	Potpis:	TVRTKA:	Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Crtac:	Valentino Mik		NAZIV:	Držać 1
Preglednac:	Stjepan Golubić		MATERIJAL:	Br. 15
Mjerilo:	Datum:	Grupa:	Drvno	Poz. f
1:2	13.4.2010.			



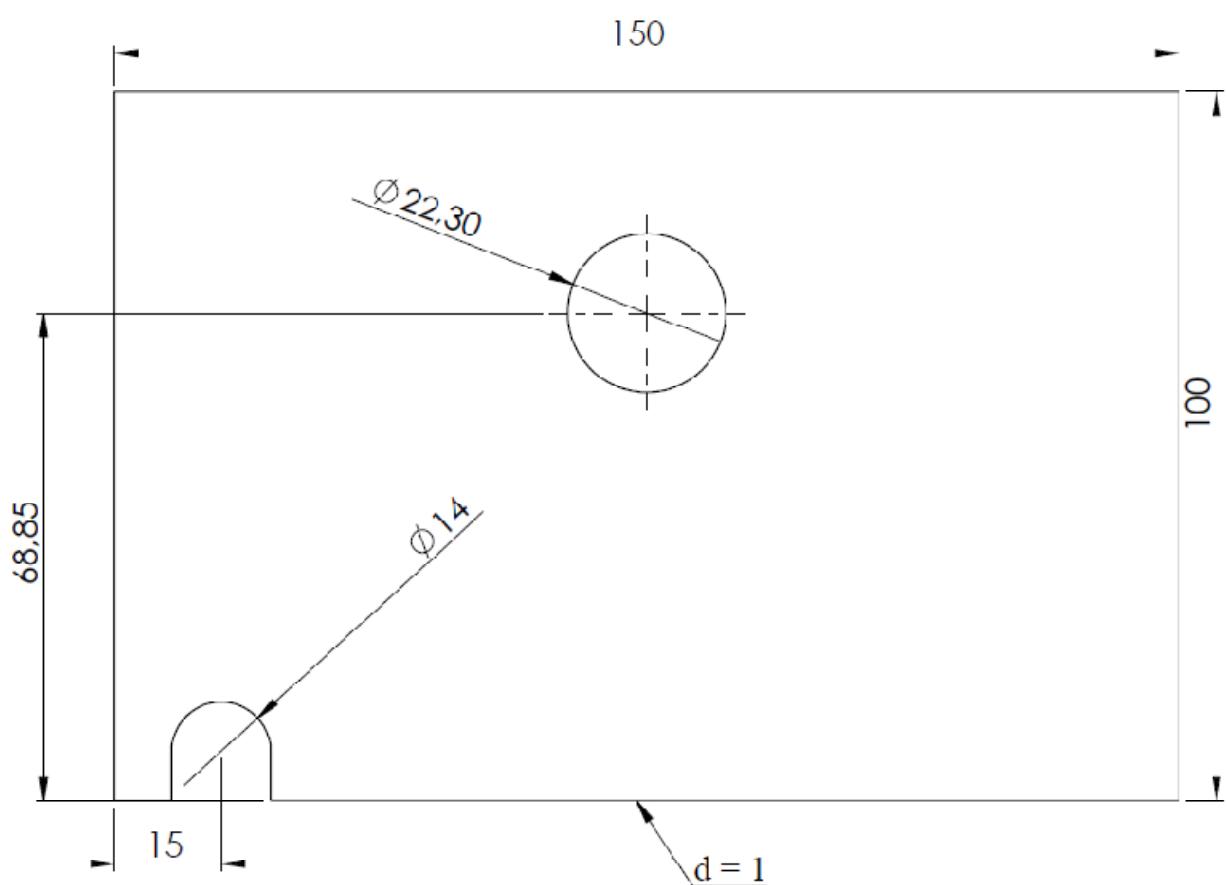
	Ime i prezime:	Potpis:	TVRTKA:	Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Činio:	Valentino Mik		NAZIV:	Držač 2
Pregledao:	Stjepan Golubić		MATERIJAL:	Br. 16
Mjerilo:	Datum:	Grupa:	Drvo	Poz. v
1 : 2	13.4.2016.			



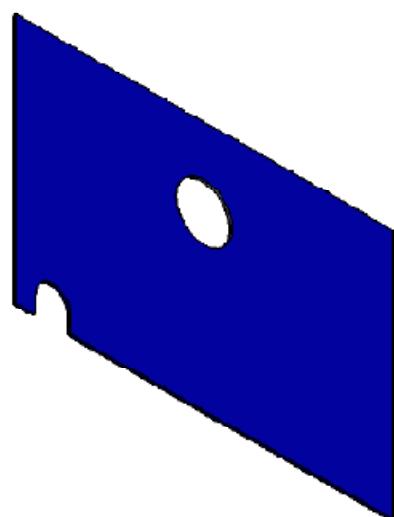
	Ime i prezime:	Potpis:	TVRTKA:	Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Učao:	Vlaenac Mirk		NAZIV:	Cijevni izolator
Pregledao:	Stjepan Golubić		MATERIJAL:	Br. 17
Mjerilo:	Datum:	Grupa:	Temoplast	poz. h
1:1	13.4.2016.			



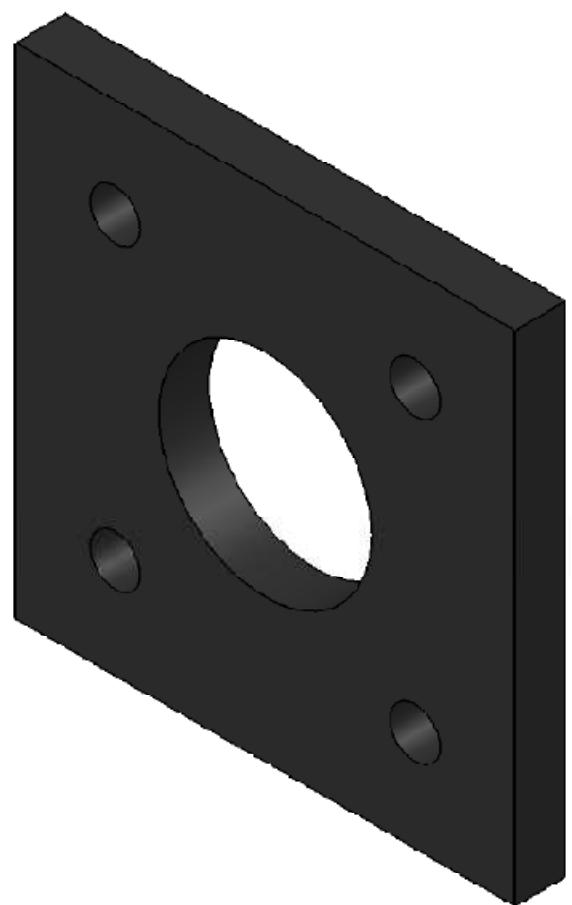
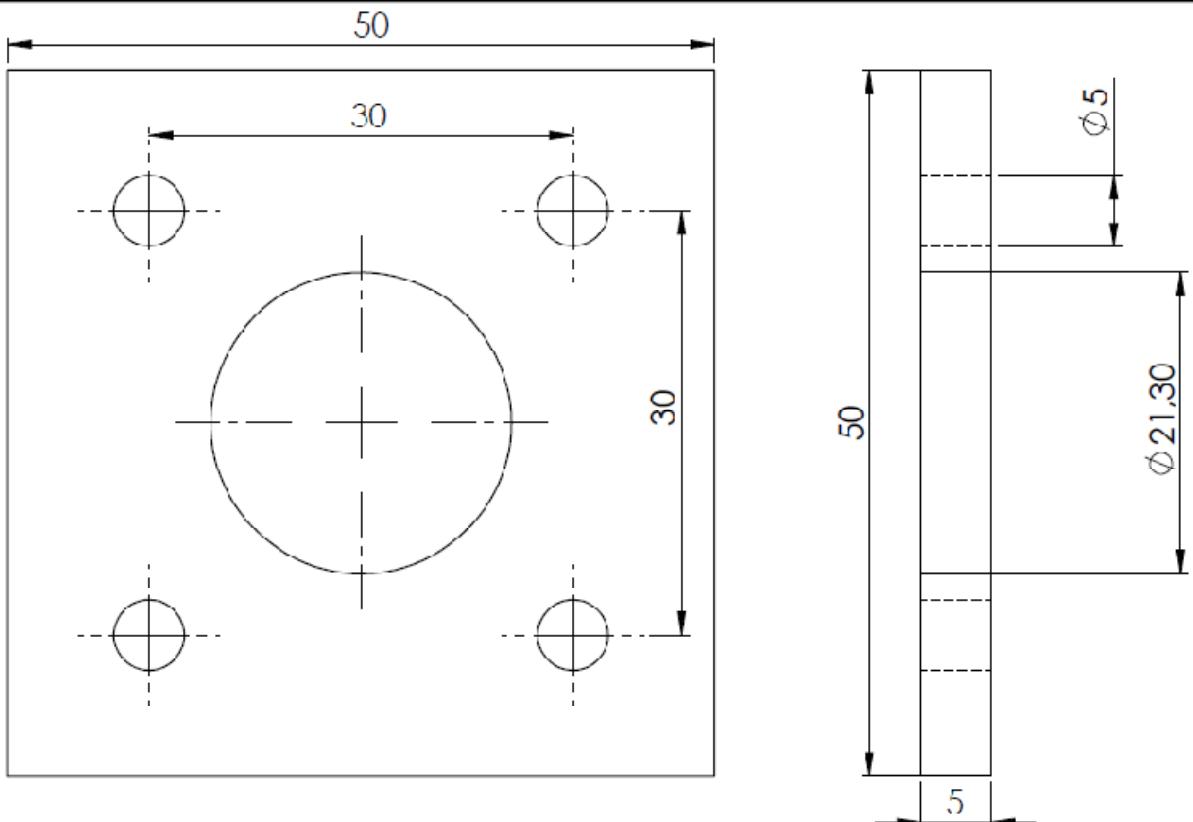
	Ime i prezime:	Potpis:	TVRTKA:	Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Crtao:	Valentino Mik		NAZIV:	Izolator
Pregledao:	Stjepan Golubić		MATERIJAL:	Br. 17
Mjenio:	Datum:	Grupa:	Promoform	Poz. g
1 : 2	13.4.2016.			



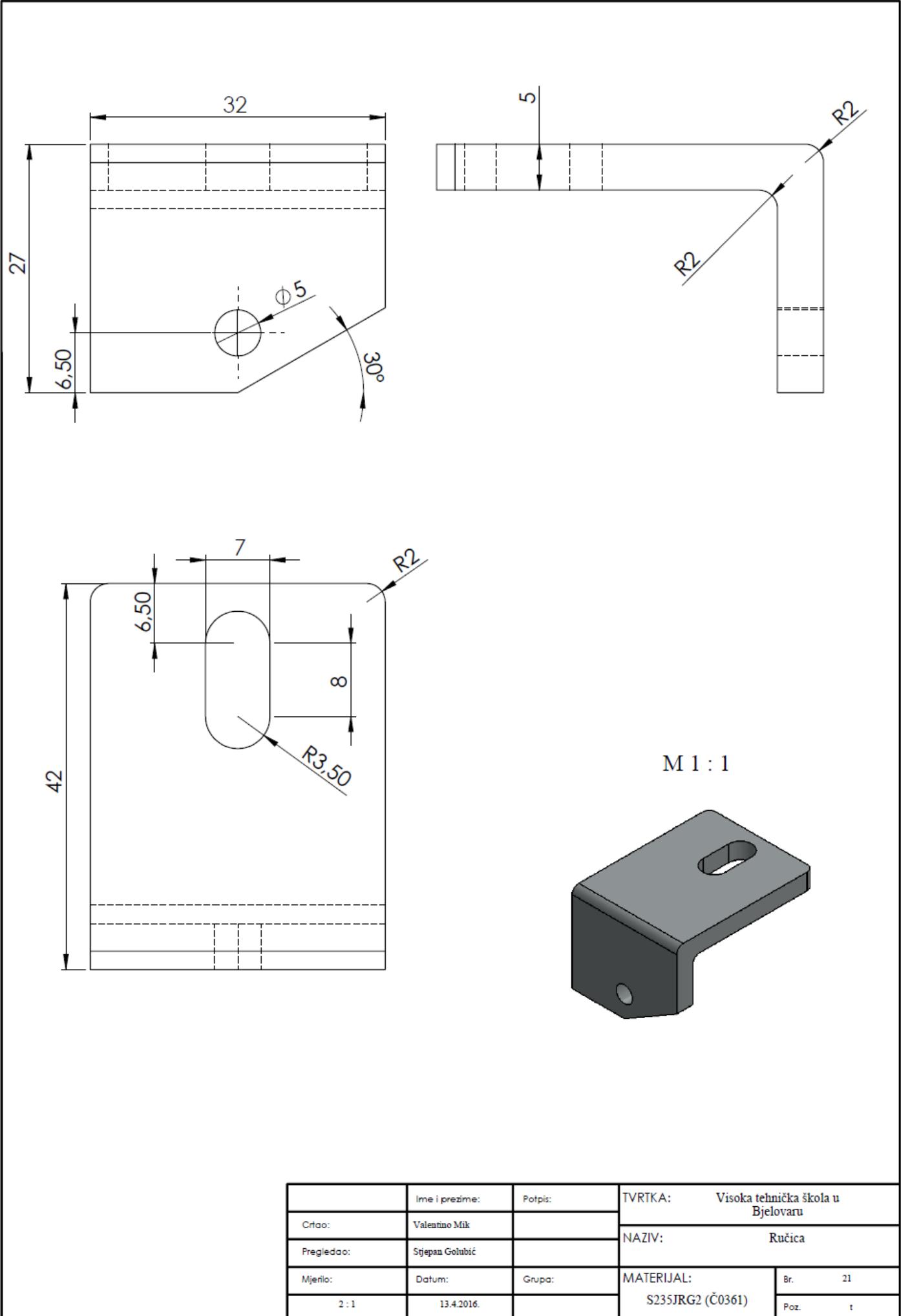
M 1 : 2

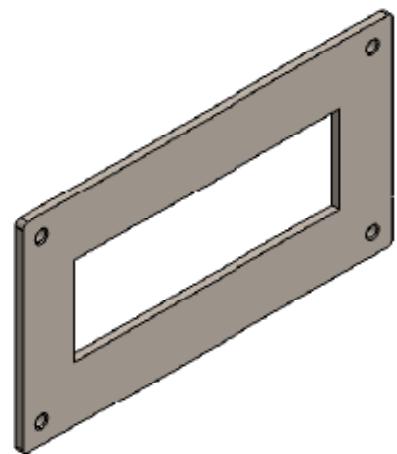
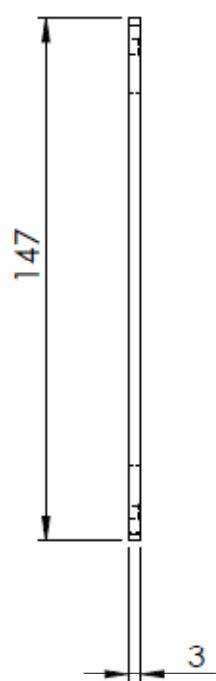
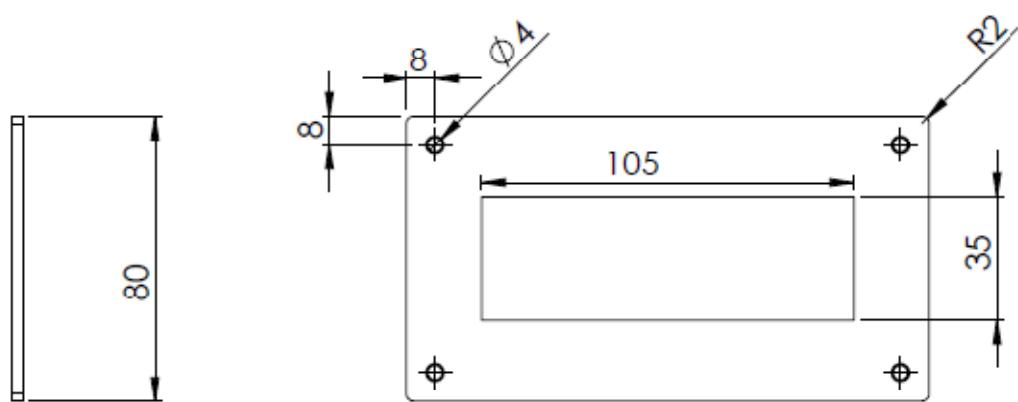


	Ime i prezime:	Postup:	TVRTKA:	Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Crtao:	Valerino Mik		NAZIV:	Izolator
Pregledao:	Stjepan Golubić		MATERIJAL:	Termoplast
Mjerilo:	Datum:	Grupa:	Br.	19
1:1	13.4.2015.		Poz.	i



	Ime i prezime:	Popis:	TVRTKA:	Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Otac:	Valentino Milk		NAZIV:	Pričviščivač
Pregledao:	Stjepan Golubic		MATERIJAL:	S235JRG2 (Č0361)
Mjerilo:	Datum:	Grupa:	Br.:	20
2 : 1	13.4.2015.		Koz.	/





	Ime i prezime:	Polpis:	TVRTKA:	Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Otac:	Valentino Mik		NAZIV:	Ukrasna pločica
Pregledao:	Stjepan Golubic		MATERIJAL:	Al
Mjerilo:	Datum:	Grupa:	Br.	22
1 : 2	13.4.2016.		Poz.	a