

Poluautomatski uređaj za punjenje vinskih boca

Kaštela, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:694347>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-16**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Luka Kaštela

Zagreb, 2022. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Željko Šitum, dipl. ing.

Student:

Luka Kaštela

Zagreb, 2022. godina.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svojoj obitelji na bezuvjetnoj potpori i podršci tijekom školovanja.

Također, zahvaljujem se mentoru, prof. dr. sc. Željku Šitumu na pomoći tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Luka Kaštela



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske radove studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment,
inženjerstvo materijala te mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa:	602-14/22-6/1
Ur. broj:	15-1703-22-

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **LUKA KAŠTELA**

Mat. br.: 0035216509

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Poluautomatski uređaj za punjenje vinskih boca**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Semi-automatic device for filling wine bottles**

Opis zadatka:

Razvoj novih tehnologija prati i njihovo korištenje u vinarstvu s ciljem poboljšanja učinkovitosti proizvodnog procesa. Pored velikih vinarija koje koriste opremu i uređaje s visokim stupnjem automatizacije postoje i manji proizvođači kojima takve investicije u proizvodnji nisu potrebne, ali i kod njih postoji potreba za ubrzavanjem procesa proizvodnje. Danas se primjenjuje industrijska automatizacija u procesima proizvodnje kao što su prešanje, buteljiranje i slično. Time se povećava produktivnost postrojenja, uz smanjivanje troškova proizvodnje. Jedan od završnih koraka u procesu proizvodnje vina je punjenje staklene ambalaže. Cilj ovog diplomskog rada je izraditi poluautomatski uređaj za punjenje vinskih boca.

U radu je potrebno:

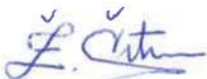
- projektirati uređaj za punjenje boca te odabrati potrebne komponente,
- dati tehnički opis korištenih komponenti konstrukcijskog, mjernog i upravljačkog dijela sustava,
- izraditi uređaj i ugraditi senzore nužne za pravilan rad sustava,
- razvijeni upravljački program ispitati na eksperimentalnom sustavu.

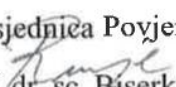
U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
29. rujna 2022.

Rok predaje rada:
1. prosinca 2022.

Predviđeni datum obrane:
12. prosinca do 16. prosinca 2022.

Zadatak zadao:
prof. dr. sc. 
prof. dr. sc. Željko Šitum

Predsjednica Povjerenstva:

prof. dr. sc. Biserka Runje

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	II
POPIS TABLICA.....	III
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	IV
POPIS OZNAKA	V
SAŽETAK.....	VI
SUMMARY	VII
1. UVOD.....	1
2. KOMERCIJALNE KOMPONENTE UREĐAJA.....	3
2.1. Zaslona.....	3
2.2. Servomotor.....	5
2.3. Mikroprocesor.....	8
2.4. Pumpa.....	11
2.5. Releji.....	12
2.6. Senzor udaljenosti	15
2.7. Senzor protoka	19
2.8. Elektromagnetski ventil	22
2.9. Matrix tipkovnica.....	24
3. IZRADA DIJELOVA I KONSTRUKCIJE.....	26
3.1. Izrada polimernih dijelova	26
3.2. Čelična konstrukcija.....	34
4. IZRADA UREĐAJA ZA PUNJENJE BOCA.....	41
4.1. Spajanje komponenti.....	41
4.2. Provjera rada sustava	43
4.3. Troškovnik izrade	44
5. ZAKLJUČAK.....	46
LITERATURA.....	47
PRILOZI.....	49

POPIS SLIKA

Slika 1. Kovani novčić pronađen na otoku Visu.....	1
Slika 2. Zaslona 16x2.....	3
Slika 3. Raspored i naziv oznaka na zaslonu	5
Slika 4. Servomotor MG995	6
Slika 5. Grafički prikaz srednjeg napona u ovisnosti o faktoru popunjenosti.....	7
Slika 6. Ovisnost faktora popunjenosti o funkciji za generiranje signala	8
Slika 7. Arduino UNO R3 mikrokontroler.....	9
Slika 8. CH3400-čip koji služi za povezivanje serial priključka sa USB priključkom i MEGA328p -mikroprocesor, središnja jedinica Arduino pločice.....	10
Slika 9. Pumpa DC30A 1230	11
Slika 10. Ovisnost maksimalnog protoka o visini dobave fluida.....	12
Slika 11. Releji SRD-05VDC-SL-C.....	13
Slika 12. Radna stanja releja	13
Slika 13. Shema spajanja relejnog modula.....	15
Slika 14. Senzor udaljenosti HC-SR04	15
Slika 15. Priključci na senzoru udaljenosti	16
Slika 16. Oblici signala senzora udaljenosti.....	17
Slika 17. Vizualni prikaz rada senzora.....	19
Slika 18. Senzor protoka YF-S201.....	20
Slika 19. Djelomični presjek senzora protoka.....	21
Slika 20. Princip rada Hall-ovog senzora.....	22
Slika 21. Dijelovi elektromagnetskog ventila	23
Slika 22. Elektromagnetski ventil AQT15SP.....	24
Slika 23. Tipkovnica korištena u izradi uređaja	24
Slika 24. Priključci na tipkovnici	25
Slika 25. Identifikacija tipkala	25
Slika 26. Prikaz izrade FDM tehnologijom.....	26
Slika 27. Princip rada FDM pisaa.....	28
Slika 28. Pojava warping-a.....	29
Slika 29. Potporni materijal na izrađenim dijelovima.....	29
Slika 30. Različita gustoća popunjenosti.....	30
Slika 31. Prikaz popunjenosti izrađenog dijela	30
Slika 32. FlashForge Inventor pisaa korišten za izradu dijelova.....	32
Slika 33. Prikaz konstrukcije u CatiaV5 programskom paketu	34
Slika 34. Rezanje odabranog profila	35
Slika 35. Korisničko sučelje CNC laserskog rezača	36
Slika 36. Laserski rezač korišten za izradu konstrukcije uređaja.....	37
Slika 37. Uređaj korišten za izradu	37
Slika 38. Korisničko sučelje uređaja za savijanje lima	38
Slika 39. Dijelovi konstrukcije nakon savijanja.....	38
Slika 40. Konstrukcija nakon postupka zavarivanja	39
Slika 41. Konstrukcija nakon postupka elektrostatske plastifikacije	40
Slika 42. Shema sklopa za napajanje	41
Slika 43. Upravljačka ploča uređaja.....	42
Slika 44. Idejno rješenje s implementiranom pokretnom trakom	42
Slika 45. Uređaj za punjenje vinskih boca	43

POPIS TABLICA

Tablica 1. Popis priključaka na zaslon modulu	4
Tablica 2. Popis priključaka na servomotoru	6
Tablica 3. Karakteristike mikrokontrolera	9
Tablica 4. Parametri odabrane pumpe	11
Tablica 5. Parametri senzora protoka	20
Tablica 6. Parametri odabranog elektromagnetskog ventila	23
Tablica 7. Parametri 3D pisača.....	31
Tablica 8. Parametri ispisa dijelova	32
Tablica 9. Masa i vrijeme trajanja ispisa izrađenih komponenti	33
Tablica 10. Izmjereni podaci kod provjere rada uređaja	44
Tablica 11. Popis ukupnih troškova izrade uređaja.....	45

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

FSB_100_A3	Uređaj za punjenje boca
FSB_100_01_A3	Zavarena konstrukcija
FSB_100_01_01_A4	Pravokutna cijev
FSB_100_01_02_A4	Pravokutna cijev
FSB_100_01_03_A4	Pravokutna cijev
FSB_100_01_04_A3	Kontrolna ploča
FSB_100_01_05_A3	Postolje za ambalažu
FSB_100_02_A4	Vodilica
FSB_100_03_A4	Vodilica
FSB_100_04_A4	Nosač mlaznice
FSB_100_05_A4	Mlaznica
FSB_100_06_A4	Vodilica
FSB_100_07_A4	Graničnik boce
FSB_100_08_A4	Graničnik boce
FSB_100_09_A4	Nosač graničnika
FSB_100_10_A4	Nosač senzora
FSB_100_11_A4	Shema spajanja

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
V	V	napon
M	Nm	moment
α	°	kut
m	kg	masa
F	N	sila
t	s	vrijeme
D	%	faktor popunjenosti
PW	s	vrijeme trajanja visokog stanja napona
T_1	s	vrijeme trajanja PWM ciklusa
V_{sr}	V	srednji napon
q	l/min	protok
I	A	struja
l	dB	jakost zvuka
s	m	udaljenost
v	m/s	brzina
T	°C	temperatura
a	%	vlažnost zraka
λ	m	valna duljina
f	Hz	frekvencija
p	MPa	tlak

SAŽETAK

U ovom diplomskom radu obrađuje se tema izrade uređaja za poluautomatsko punjenje ambalaže s naglaskom na vinske butelje. Punjenje nije potpuno automatsko zato što operater uređaja ručno postavlja praznu ambalažu na uređaj i uklanja je nakon što je postupak punjenja završen. Dio koji je automatiziran je punjenje ambalaže tekućinom, nadzor volumena koji je napunjen, te prekid punjenja kad je dosegnut željeni volumen. Uz to instaliran je sustav praćenja prisutnosti ambalaže na uređaju pomoću senzora položaja kako bi se izbjeglo izvršavanje operacije bez ulijevanja. Pored velikih vinarija koje koriste opremu i uređaje s visokim stupnjem automatizacije, postoje i manji proizvođači kojima takve investicije u proizvodnji nisu isplative i potrebne, ali i kod njih postoji potreba za ubrzavanjem procesa proizvodnje. Opisano rješenje namijenjeno je za primjenu u manjim vinarijama, ili u obrtima gdje postoji slična potreba, gdje proizvodni kapaciteti nisu dovoljno velikog opsega za nabavu industrijske opreme za tu operaciju u procesu proizvodnje. Takvih vinarija i obiteljskih poljoprivrednih gospodarstva u Hrvatskoj ima velik broj, što znači da postoji i potražnja za uređajima takvog tipa na tržištu.

Ključne riječi:

Automatizacija, ambalaža, punjenje boca, Arduino mikrokontroler

SUMMARY

This thesis approaches the topic of creating a device for semi-automatic filling of packaging, with an emphasis on wine bottles. The filling is not fully automatic because the device operator is expected to manually place the empty packaging on the device and remove it after the filling process is complete. The part which is fully automated is filling the packaging with liquid, monitoring the volume that gets filled, and discontinuing the filling when the desired volume is reached. In addition, a system of monitoring the presence of packaging on the device is installed using a position sensor. The system is intended to avoid performing the operation without pouring. In addition to large wineries that use equipment and devices with a high degree of automation, there are smaller producers for whom such investments in production are costly and needless. They could however benefit from speeding up the production process. The described solution is intended for use in smaller wineries, or in crafts where there is a similar need, where production capacities are not large enough to acquire industrial equipment for that operation in the production process. There are a great deal of such wineries and family farms in Croatia, which means that there is a demand for devices of this type on the market.

Key words:

Automation, packaging, bottle filling, Arduino microcontroller

1. UVOD

Povijest vinogradarstva i vinarstva na području Republike Hrvatske traje više tisuća godina. Najstariji dokaz o uzgoju vinove loze i proizvodnji vina datira iz 5. stoljeća prije Krista. Kovani novčić s motivom amfore s jedne strane, i motivom grozda grožđa, s druge strane, pronađen je na otoku Visu [Slika 1]. Kroz povijest proizvodnja vina evoluirala je, te je postajala složenija i kompliciranija. Razvoj novih tehnologija prati i njihovo korištenje u vinarstvu, kako bi proizvodni proces bio što učinkovitiji. Danas se u vinarstvu, industrijska automatizacija primjenjuje u procesima proizvodnje kao što su muljanje, prešanje, buteljiranje i slično. Na taj način povećava se produktivnost postrojenja, uz smanjivanje troškova proizvodnje. Prilikom implementacije uređaja značajno se smanjuje vrijeme potrebno za obavljanje operacije punjenja boce, tako se proces proizvodnje ubrzava, uz minimalne potrebne investicije. [1]



Slika 1. Kovani novčić pronađen na otoku Visu

Komponente uređaja su mikrokontroler, servomotor, zaslon, tipkovnica, pumpa, senzor protoka, elektromagnetski ventil i senzor udaljenosti, uz nekoliko elektroničkih komponenti navedenih u shemi spajanja. U radu će se navedene komponente detaljno opisati, navodeći princip rada i način njihovog povezivanja. Nakon toga bit će prikazan postupak spajanja komponenti, te će se izraditi upravljački algoritam mikrokontrolera. Algoritam je potrebno podesiti kako bi maksimalno ubrzali proces, minimizirali razliku između željene i stvarne količine tekućine u boci, odnosno minimizirali grešku uređaja, a u isto vrijeme izbjegli prolijevanje radnog fluida. Prije implementacije i podešavanja potrebno je izraditi nosivu konstrukciju za prethodno navedene komponente. Izrada će sadržavati više postupaka obrade metala, rezanje lima postupkom laserskog rezanja i savijanje pomoću hidrauličke preše.

Rezanje pravokutnih cijevi kao poluproizvoda odvija se pomoću tračne pile, zatim slijedi zavarivanje, te elektrostatska plastifikacija, odnosno nanošenje zaštitnog premaza na izrađenu konstrukciju, u svrhu zaštite od korozije i abrazije. Nakon izrade uređaja, testirat će se preciznost točenja, te kalibracija u svrhu poboljšavanja rezultata. Prilikom probnog korištenja pokazat će se nedostaci, te će se predložiti izmjene prototipne verzije uređaja u svrhu poboljšanja i povećanja produktivnosti.

2. KOMERCIJALNE KOMPONENTE UREĐAJA

Upis željenog volumena u ambalaži upisivat će se preko matrix tipkovnice, a prikazivat će se na ekranu zajedno s trenutno napunjenim volumenom, a obje komponente su povezane sa mikrokontrolerom. Nakon upisa željenog volumena provjerava se prisutnost ambalaže pomoću senzora udaljenosti, a kada se detektira prisutnost, pomoću servomotora ambalaža se pozicionira i pričvršćuje. Nakon toga signal sa mikroprocesora aktivira relejnu zavojnicu koja uključuje pumpu i otvara elektromagnetski ventil. Senzor protoka mjeri napunjeni volumen, a kad vrijednost dosegne željeni iznos, ventil se zatvara i pumpa prestaje s radom. Na kraju ciklusa elektromotor se vraća u početni položaj, a na zaslonu se prikazuje obavijest kako je postupak završen.

2.1. Zaslون

Zaslون (eng. Display) modul korišten u izradi uređaja je proizvođača *Hitachi*. Modul se sastoji od HD44780 kontrolera, ekrana s tekućim kristalima (LCD), te sklopa za pozadinsko osvjetljenje [Slika 2]. U mogućnosti je prikazati 16 znakova u 2 retka, ukupno 32 znaka koja se prikazuju pomoću 40 piksela u rasporedu 5x8. Ukupno se na LCD zaslonu nalazi 1280 piksela. Za upravljanje svim pikselima koristi se sučelje HD44780 LCD kontrolera razvijenog od strane *Hitachi*-ja u ranim 80-tim godinama. U mogućnosti je prikazivati sve ASCII simbole, japanske Kana znakove, te neke interpunkcijske znakove. Kontroler je ograničen na monokromno prikazivanje, odnosno prikaz znakova samo u jednoj boji, što je za ovu primjenu prihvatljivo. Svoju primjenu nalazi u laserskim printerima, faks uređajima, ruterima i slično.



Slika 2. Zaslون 16x2

Na tiskanoj pločici zaslon modula nalazi se 16 priključaka koji služe za komunikaciju s mikrokontrolerom. U navedenoj tablici [Tablica 1] prikazani su nazivi i opisi svakog od priključaka.

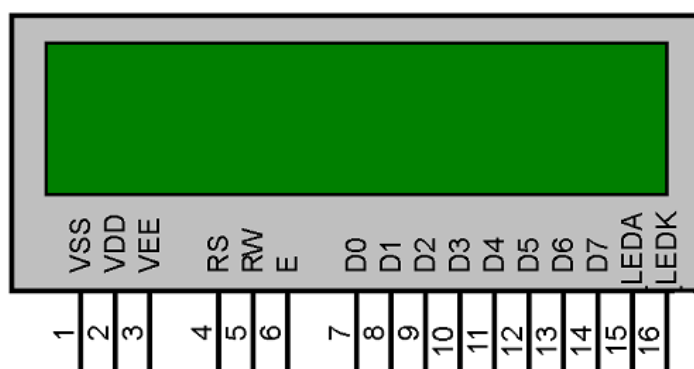
Tablica 1. Popis priključaka na zaslon modulu

Broj priključka	Naziv	Opis	Povezivanje
1	Uzemljenje (GND)	Služi za uzemljenje modula	Povezuje se s GND priključkom mikrokontrolera
2	Napajanje (VCC)	Služi za postizanje razlike potencijala na modulu	Povezuje se s priključkom za napajanje napona 5V
3	V0/VEE	Služi za podešavanje kontrasta na LCD zaslonu	Povezan je s varijabilnim otpornikom (potenciometrom)
4	Odabir registra	Odabir između registra podataka i registra uputa	Povezan s mikrokontrolerom, izlaz je, ili 0 za registar uputa, ili 1 za registar podataka
5	Čitanje/Ispis	Odabir između operacije ispisa ili upisa podataka u LCD zaslon	Povezan s mikrokontrolerom, ili 0 za ispis podataka, ili 1 za čitanje podataka sa zaslona
6	Korištenje	Mora biti u visokom stanju kako bi se mogli ispisivati ili čitati podatke sa zaslona	Povezan s mikrokontrolerom, uvijek u visokom stanju
7-14	Podatkovni priključci	Priključci se koriste za slanje naredbi i podataka zaslonu	Dva tipa korištenja pomoću 4 ili 8 pinova, svi su povezani s mikrokontrolerom
15	LED pozitivni priključak	Služi za osvjetljenje LCD zaslona	Povezan s +5V napajanjem
16	LED negativni priključak	Služi za uzemljenje osvjetljenja zaslona	Povezan s uzemljenjem (GND)

LCD modul može raditi u 4-bitnom ili 8-bitnom načinu rada. Pomoću 4-bitnog načina rada podaci se šalju prema zaslonu kao set podataka za prvi redak (D0-D4), a nakon toga set podataka za drugi redak (D4-D7). U 8-bitnom modu svi podaci se mogu odjednom poslati i ispisati na zaslonu. Taj način je brži i jednostavniji od 4-bitnog načina rada, no zahtijeva korištenje svih linija za slanje podataka, a to znači da 8 podatkovnih linija mora biti povezano

s mikrokontrolerom. Iz tog razloga puno je češće korištenje 4-bitnog načina rada. Odabir načina vrši se vrlo jednostavno, samo pomoću koda implementiranog u mikrokontroler.

Postupak ispisa podataka na zaslonu sastoji se od slanja podataka u registar podataka, a nakon toga slanja uputa u registar uputa (pin 4). Podaci za ispis se šalju prema zaslonu na 4 pina, navedena u shemi spajanja, dok se uputa „ispis“ šalje na pin 5 u obliku niske naponske razine. Pomoću korištenja „Liquid Crystal Library“ funkcija u kodu pojednostavljuje se prethodno opisani postupak. Položaj priključaka opisanih u tablici i prethodnom tekstu mogu se vidjeti na sljedećoj slici [Slika 3]: [2][3]



Slika 3. Raspored i naziv oznaka na zaslonu

2.2. Servomotor

Za pozicioniranje i osiguravanje nepomičnog položaja ambalaže koristi se servomotor na kojem se nalazi hvataljka boce, te sklop za podešavanje položaja. Odabran je servomotor MG995 proizvođača TowerPro [Slika 4]. Omogućuje statički moment od 9.4 kgf·cm (~0.92 Nm, mjerna jedinica u dokumentaciji servomotora) pri naponu od 4.8 V. To znači da servomotor, u stacionarnom stanju, na kraku od 77 mm, koji imamo u slučaju izrade uređaja, može narinuti maksimalnu silu pritiska na ambalažu od 1.2 kg (~12 N). Moguće je povećanjem napona na iznos od 6 V povećati tu vrijednost na 11 kgf·cm, ali za potrebe ove primjene ta opcija se neće razmatrati. Kut rotacije elektromotora je 180°, što je za ovu primjenu zadovoljavajuće. Na mikrokontroler se povezuje s 3 priključka opisana u sljedećoj tablici [Tablica 2].

Tablica 2. Popis priključaka na servomotoru

Broj priključka	Naziv	Opis
1	GND	Uzemljenje (0V)
2	PWM (eng. Pulse width modulation)	Služi za upravljanje kutom zakreta
3	VCC	Napajanje servomotora (+5V)



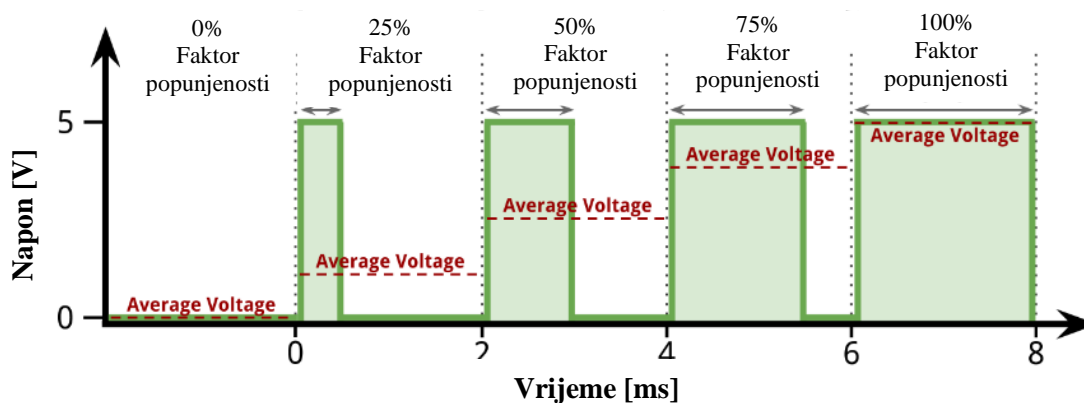
Slika 4. Servomotor MG995

PWM (eng. Pulse width modulation), odnosno pulsno-širinska modulacija je vrsta signala s kojom, u ovom slučaju, upravljamo servomotorom pomoću generiranja pravokutnog signala. Na taj način možemo generirati analogni signal pomoću digitalnog, odnosno pomoću samo dvije razine, visokog i niskog stanja napona. Amplituda se ne mijenja, odnosno iznosa je visokog stanja napona (+5V), dok je faktor popunjenosti promjenjiv. Faktor popunjenosti (eng. duty cycle) predstavlja omjer vremena trajanja uključenosti visokog stanja napona i ukupnog vremena trajanja jednog ciklusa (zbroj vremena trajanja visokog stanja i sljedećeg niskog stanja napona). Na taj način se mijenja srednja vrijednost umnoška napona i vremena trajanja ciklusa, a taj signal upravlja kutom zakreta MG995 servomotora [Slika 5]. Srednja (analogna) vrijednost napona ciklusa pulsno-širinske modulacije može se iskazati sljedećom formulom:

$$D = \frac{PW}{T_1} \quad (2.1)$$

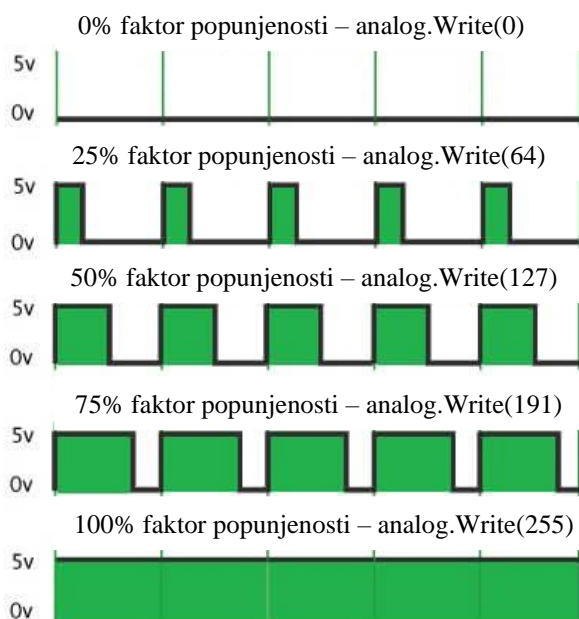
Gdje je D faktor popunjenosti, PW vrijeme trajanja visokog stanja napona, a T vrijeme trajanja jednog ciklusa. Kako bi se odredio srednji napon na izlazu iz mikrokontrolera koristi se formula:

$$V_{sr} = D * 5[V] \quad (2.2)$$



Slika 5. Grafički prikaz srednjeg napona u ovisnosti o faktoru popunjenosti

Izlazni napon na priključku mikrokontrolera kojeg koristimo za upravljanje servomotorom iznosi 5 V, a frekvencija generiranog signala Arduino mikrokontrolera otprilike iznosi 500 Hz. Digitalni PWM izlaz napona 5V ima razlučivost 2^8 , odnosno od 0 do 256, a koristi se pomoću funkcije „`analog.Write()`“. U ovisnosti o maksimalnom kutu zakreta servomotora deklariranog od strane proizvođača, servomotor će se pozicionirati u različitoj radnoj točki, odnosno kutu [Slika 6]. Brzina vrtnje pri nazivnom naponu od 5 V iznosi $0.2 \text{ s} / 60^\circ$ bez tereta, što znači da je za postavljanje uređaja za punjenje iz otvorenog u zatvoreni položaj potrebno nešto više od 0.3 s, što je zadovoljavajuća vrijednost. Vrijeme zatvaranja bit će veće od 0.3 s zbog inercije rotirajućih dijelova povezanih s izlaznim vratilom elektromotora, odnosno hvataljke ambalaže i sklopa za podešavanje položaja. [4][5]



Slika 6. Ovisnost faktora popunjenosti o funkciji za generiranje signala

2.3. Mikroprocesor

Središnji dio upravljačkog sklopa je mikrokontroler. U ovom radu, za izradu uređaja za punjenje, odabran je mikrokontroler Arduino Uno R3 talijanske kompanije *SmartProjects* [Slika 7], baziran je na procesoru ATmega328 proizvođača *Microchip Technology*. Navedena platforma odabrana je zbog svoje jednostavnosti, niske cijene, te prethodnog iskustva s korištenjem. Upravo zbog navedenih razloga ovaj je mikrokontroler jedan od najpopularnijih odabira za hobističku i poluprofesionalnu samogradnju mehatroničkih sklopova. Programski jezik temelji se na C++ programskom jeziku, razlika je u tome što su programeri navedenog mikrokontrolera napravili izmjene, odnosno dodali funkcije, stvarajući novi, vlastiti programski jezik. Cilj promjena bio je što više pojednostaviti korištenje i implementaciju, poput inicijalizacije priključaka na mikrokontroleru, te slanje i prihvatanje podataka sa istih, kako bi se korištenje približilo što većem broju ljudi, mlađim korisnicima, te hobbistima kao prvi korak pri usavršavanju znanja i stjecanju novog iskustva. Neke od karakteristika mikrokontrolera prikazane su u sljedećoj tablici [Tablica 3]:

Tablica 3. Karakteristike mikrokontrolera

Mikroprocesor	ATmega328	Flash memorija	32 KB
Arhitektura procesora	AVR	SRAM	2 KB
Radni napon	5 V	EEPROM	1 KB
Nominalni napon napajanja	7-12 V	Frekvencija takta	16 MHz
Digitalni I/O priključci	14 (6 pružaju PWM izlaz)	Gabaritne dimenzije	53.4 mm x 68.6 mm x 12.5 mm
Analogni ulazni priključci	6	Masa	25 g

Mikroprocesor (eng. CPU) digitalni je programibilni sekvencijalni automat. Sekvencijalni zato što instrukcije pohranjene u memoriji izvršava po zadanom redosljedu, a automat zato što ih izvršava samostalno i automatski bez vanjske podrške. Uz mikroprocesor unutar mikrokontrolera nalaze se RAM, ROM te PIO.

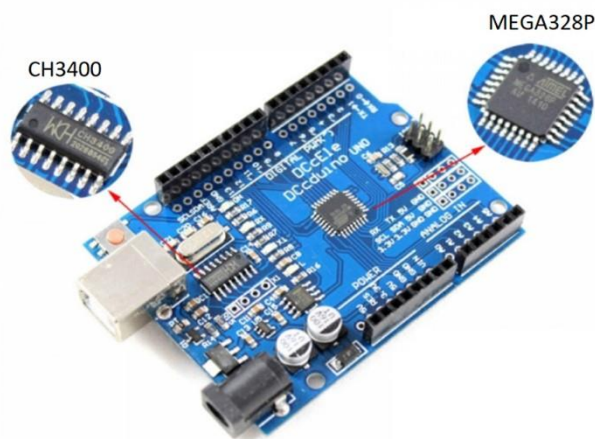


Slika 7. Arduino UNO R3 mikrokontroler

ROM (eng. Read-only memory) trajna je memorija koju je moguće samo čitati, odnosno ima fiksni sadržaj. U ROM memoriji je zapisan osnovni program mikrokontrolera. RAM (eng. Random access memory) je vrsta memorije koja pohranjuje podatke privremeno. Nakon gubitka napajanja podatci na RAM memoriji su trajno izgubljeni. PIO (eng. Parallel input/output) su priključci na mikrokontroleru koji služe za njegovo povezivanje s okolinom (npr. tipkovnica, ekran i sl.). U ovom radu na priključke mikrokontrolera spojeni su servomotor, senzor udaljenosti, elektromagnetski ventil, pumpa, tipkovnica i zaslون.

SRAM (eng. Static random access memory) je statička radna memorija, jedna od izvedbi poluvodičke memorije. Karakteristike su joj održavanje spremljenih podataka sve dok memorija ima napajanje, te velika brzina rada. Osnovna građevna jedinica ove vrste memorije je bistabil. To je elektronički sklop koji može biti u dva stanja, logičkoj nuli i logičkoj jedinici te pohranjuje jedan bit memorije. Nedostatak u odnosu na druge izvedbe RAM memorije je zauzimanje više prostora.

EEPROM (eng. Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) je električno izbrisiva programibilna memorija koja se može brisati i programirati električnom strujom pomoću EEPROM Library funkcijama ugrađenim u Arduino programski jezik. Služi za trajno pohranjivanje podataka u mikrokontroleru.[6][7]



Slika 8. CH3400-čip koji služi za povezivanje serial priključka sa USB priključkom i MEGA328p -mikroprocesor, središnja jedinica Arduino pločice

2.4. Pumpa

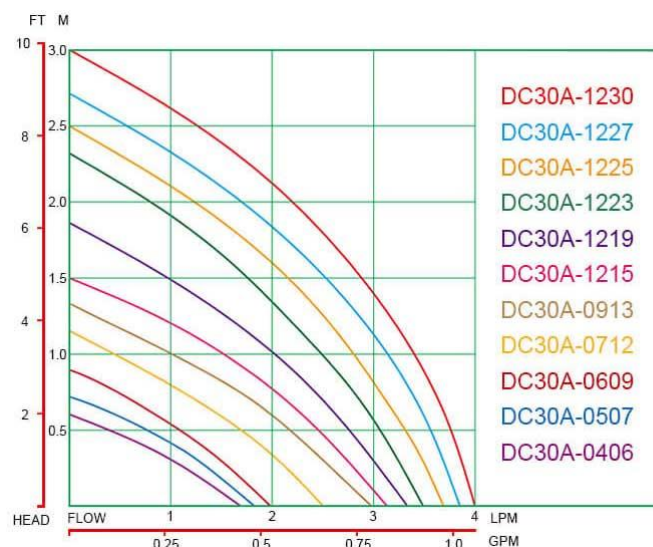


Slika 9. Pumpa DC30A 1230

Za dobavu medija, odnosno tekućine kojom će se puniti ambalaža odabrana je pumpa DC30A, model 1230 kineskog proizvođača *BLDC Pump Shenzhen*, model s najvećim protokom u ponudi [Slika 9]. Materijal kućišta je ABS polimer, dok je materijal impelera, odnosno pumpnog kola POM (Polioksimetilen). Vanjski promjer ulaznog i izlaznog otvora je 8 mm, taj podatak je potreban za kasniji odabir crijeva, a prema tome se odabire i priključak za spajanje crijeva na senzor protoka. Zahvaljujući beskolektorskom motoru i električnoj komutaciji ne postoji potreba za četkicama, odnosno žičnim povezivanjem rotora s komutatorom, pa se životni vijek pumpe značajno produljuje. Ostali podaci o pumpi mogu se vidjeti u sljedećoj tablici [Tablica 4].

Tablica 4. Parametri odabrane pumpe

Model	DC30A-1230
Nazivni napon	DC 12V
Nazivna struja	0.4 A
Maksimalni protok	240 l/min
Masa	70 g
Razina buke	~40 dB



Slika 10. Ovisnost maksimalnog protoka o visini dobave fluida

Iz slike prethodne slike [Slika 10] vidi se ovisnost visine dobave pumpe i volumnog protoka pumpe. Maksimalna visina dobave odabranog modela pumpe je 3 m, taj model je odabran kako bi se mogla osigurati dobava fluida u slučaju da je spremnik tekućine koja se puni na nižoj visini od uređaja za punjenje. [8][9]

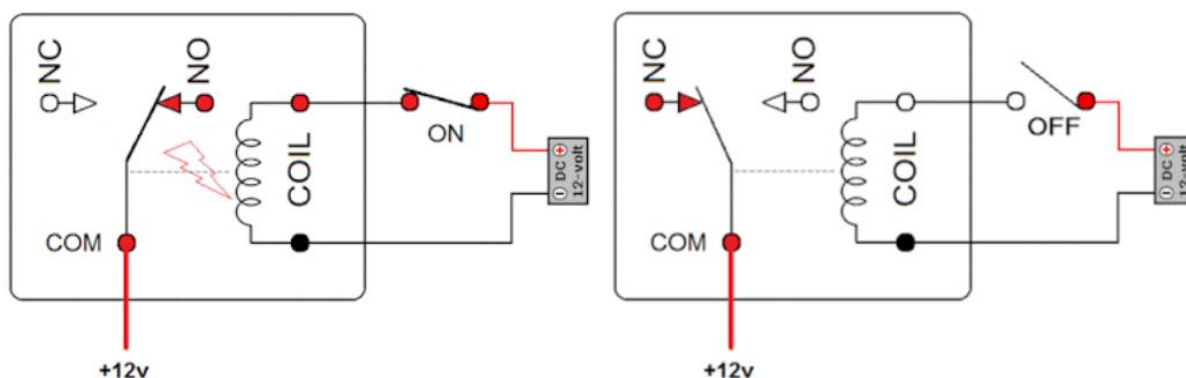
2.5. Relej

Relejni modul je sklop, odnosno elektromagnetski prekidač koji služi upravljanju kruga veće naponske razine i struje, odnosno veće snage (radni krug), pomoću kruga manje struje (upravljački krug). Isto tako, služi za galvansko odvajanje strujnih krugova kako ne bi došlo do proboja naboja, odnosno kratkog spoja. Relej je građen od zavojnice koja se nalazi na upravljačkom krugu, čelične kotve, koja se pomiče induciranjem magnetskog polja, te kontakata na koje se spajaju radni i upravljački krug. Uz relej, modul sadrži i druge elektroničke komponente, otpornik, tranzistor, te Schottky diodu. Za izradu uređaja korišten je relej SRD-05VDC-SL-C proizvođača *Songle* [Slika 11].



Slika 11. Releji SRD-05VDC-SL-C

Na releju se nalaze 5 priključaka na koja se spajaju oba kruga. Dva priključka su povezana sa zavojnicom, koja se povezuje s upravljačkim krugom. Kod radnog strujnog kruga imamo tri priključka, od kojih koristimo dva, a odabir ovisi o načinu rada releja. Jedan priključak, naziva COMM (eng. Common) je zajednički priključak koji se uvijek povezuje na radni krug. Spajanje drugog vodiča kruga na relej ovisi o tome želimo li da je strujni krug zatvoren ili otvoren u stanju mirovanja zavojnice, kada kroz bakrene namote upravljačkog kruga ne protječe struja. U slučaju kada želimo da je radni strujni krug u stanju mirovanja zavojnice otvoren, odnosno da njime ne protječe struja, povezujemo relej na NO (eng. Normally opened) priključak. Kada želimo postići suprotnu situaciju, povezujemo relej na NC (eng. Normally closed) priključak. Prilikom aktivacije releja struja protječe kroz zavojnicu, generira se elektromagnetsko polje, a čelična kotva se iz zatvorenog položaja (NC) pomiče i spaja priključak otvorenog položaja (NO) [Slika 12].



Slika 12. Radna stanja releja

U ovom radu potrebno je spojiti radni strujni na NC priključak, jer želimo postići da je pumpa uključena i da se ventil nalazi u otvorenom položaju samo za vrijeme punjenja ambalaže. Releji koji se primjenjuju u ovakvim slučajevima, odnosno upravljanjem potrošača veće snage, nazivaju se elektromehanički releji. Osim njih postoje i druge vrste, kao što su:

- termalni,
- reed,
- statički,
- relej ubrzanja...

Razlog odabira navedenog releja je taj da maksimalne struje i naponi krugova ne prelaze one granice koji se pojavljuju u projektiranom uređaju. Radni napon releja je 12V, a u slučaju prelaska granica definiranih od strane proizvođača dolazi do oštećenja i kvara elektroničke komponente. Navedeni modul koristit će se za aktivaciju zavojnice ventila, te za elektromotor pumpe radnog medija, tekućine koju punimo u ambalažu.

Prednosti korištenja releja:

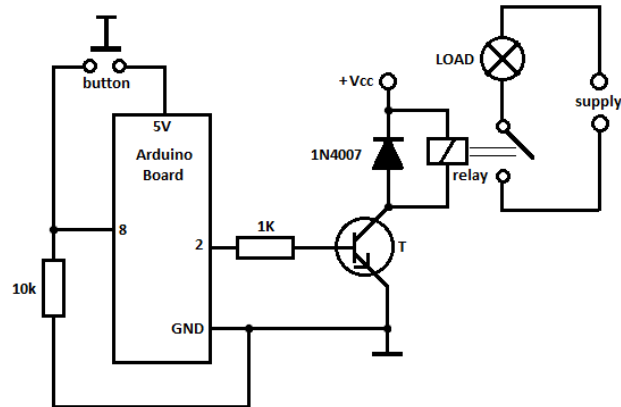
- lako prilagođavanje različitim naponima,
- temperaturna nezavisnost,
- galvansko odvajanje,
- jednostavno održavanje...

Mane korištenja releja:

- velike dimenzije komponente,
- šum pri uključivanju,
- sporo vrijeme odziva (3-17 ms)...

Iz razloga što nije moguće mikrokontroler direktno spojiti na zavojnicu releja u radu se koristi tranzistor TO-92A, pomoću kojeg se pojačava struja na upravljačkom krugu. Također koristi se *flyback* dioda kako bi se potisnuli nagli skokovi napona na zavojnici (induktivnom teretu) releja pri isključivanju upravljačkog kruga. Moguće je i korištenje optospojke kako bi se

mikrokontroler dodatno izolirao od upravljačkog kruga, ali to u radu nije obuhvaćeno. Shema spajanja je prikazana na sljedećoj slici [Slika 13]. [10][11][12][13][14]



Slika 13. Shema spajanja relejnog modula

2.6. Senzor udaljenosti



Slika 14. Senzor udaljenosti HC-SR04

Ultrazvučni senzor koristi se za detekciju objekata, te mjerenja njihove udaljenosti. Za korištenje u ovom radu odabran je senzor oznake HC-SR04 [Slika 14]. Radi na principu emitiranja ultrazvučnih radio valova sa predajničkog elementa senzora frekvencije od oko 40 000 Hz koji putuje kroz medij (zrak) sve dok ne naiđe na objekt detekcije, što je u ovom slučaju ambalaža. Kod nailaska na objekt dolazi do odbijanja radiovalova od čvrste stijenke objekta, te povratka valova do senzora. Povratni valovi se detektiraju na primateljskom dijelu senzora, te

se mjeri vrijeme koje je bilo potrebno da signal prijeđe put od emitorskog dijela senzora do objekta, te od objekta natrag do prijemničkog dijela senzora. To vrijeme je potrebno za prelazak valova preko dvostruko duljeg puta, pa je vrijeme potrebno valu za dolazak do objekta pola izmjerene vremena. Ako je poznato da je brzina zvuka u zraku 340 m/s imamo formulu za računanje udaljenosti:

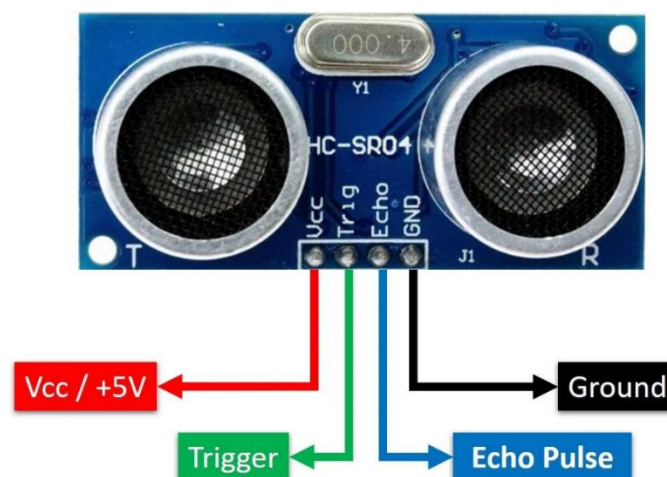
$$s = t * \frac{v}{2} = t * \frac{0.34}{2} \text{ [mm]} \quad (2.3)$$

$$\left(v = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 340 * \frac{10^3 \text{ mm}}{10^6 \mu\text{s}} = 0.34 \frac{\text{mm}}{\mu\text{s}} \right)$$

Utjecaj temperature i vlažnosti na brzinu zvuka, koji se može korigirati u programu mikrokontrolera, uzima se u obzir korištenjem sljedećeg izraza:

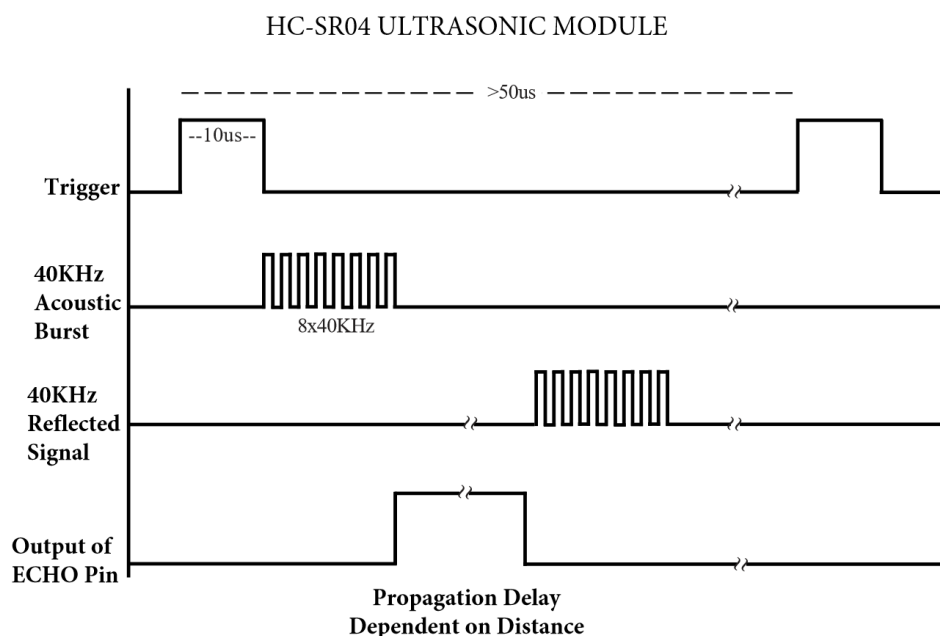
$$v = 331.4 + (0.606 * T) + (0.0124 * a) \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \quad (2.4)$$

Gdje je v brzina zvuka u zraku, T temperatura, a a vlažnost zraka.



Slika 15. Priključci na senzoru udaljenosti

Ultrazvučni senzor ima 4 priključka za povezivanje s mikrokontrolerom. Na prvi priključak označen kraticom VCC potrebno je dovesti napajanje od 5 V nužnih za napajanje senzora. Uz njega imamo priključke Trig, Echo i GND [Slika 15]. Trig (eng. Trigger) je ulazni priključak postavljen u visoko stanje u intervalu od 10 μ s. Takav oblik signala pri slanju na senzor generira 8 okidnih impulsa na emitterskom dijelu. Echo je izlazni priključak, on se postavlja u visoko stanje pri završetku slanja ultrazvučnih valova poslanih Trig ulaznim priključkom, a u nisko stanje prelazi pri povratku reflektiranog signala. Vrijeme trajanja visokog stanja napona Echo priključka proporcionalno je vremenu koji je ultrazvučni val proveo putujući do objekta i nazad [Slika 16]. Posljednji priključak je GND (eng. Ground) koji služi za uzemljenje ovog elektroničkog modula.



Slika 16. Oblici signala senzora udaljenosti

Prednosti ultrazvučnih senzora:

- a) mogućnost detekcije objekata do 10 m udaljenosti
- b) može se koristiti na otvorenom prostoru
- c) detekcija prozirnih objekata
- d) prljavština ne uzrokuje smetnje
- e) detekcija ne ovisi o materijalu objekta

Nedostatci (ograničenja) ultrazvučnih senzora:

- a) Nužna okomitost površine detektiranog objekta u odnosu na senzor

Kod senzora HC-SR04 najveći kut objekta iznosi 45° kako bi detekcija bila uspješna.

- b) Nije moguća detekcija jako bliskih objekata te im je domet ograničen

HC-SR04 ima mogućnost detekcije objekata na udaljenostima od 20 mm do 400 mm.

- c) Detekcija objekata je spor proces

Za detekciju objekta potrebno je generirati impuls u mikrokontroleru, poslati ga do predajničkog dijela senzora koji generira ultrazvučne valove. Oni se šire prostorom sve dok se ne odbiju od objekta, a zatim putuju nazad. U prijemničkom dijelu senzora generira se visoko stanje napona u ovisnosti o vremenu odašiljanja radiovalova [Slika 17]. Cijeli taj proces mora se odvititi kako bi detekcija bila moguća, pa zato kažemo da je to spor proces.

- d) Nemogućnost detekcije vrlo malih objekata

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340 \frac{m}{s}}{40000 \frac{1}{s}} = 0.0085 m = 8.5 mm \quad (2.5)$$

Valna duljina valova koji se odašilju iznosi 8.5 mm te senzor ne može detektirati objekte manje od tih dimenzija. Jer se događa da val zaobiđe objekt bez da se reflektira od njega natrag do prijemničkog dijela senzora.

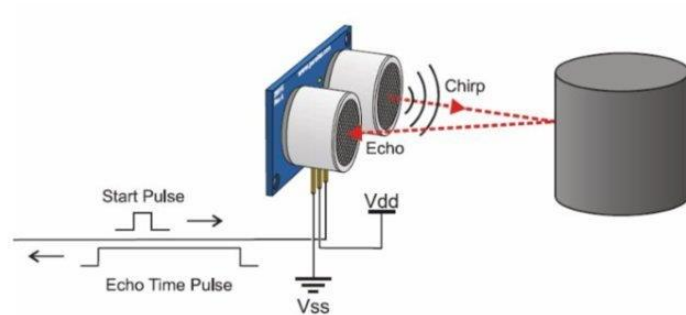
- e) Nemogućnost detekcije objekata sa neravnom i mekom površinom

Kad ultrazvučni val dođe do takvog tipa površine umjesto refleksije dolazi do apsorpcije ultrazvučnih valova.

Zahvaljujući svojstvu elektrostrikcije odašiljač senzora šalje signale u prostor koji se skenira. Unutar predajničkog elementa nalazi se piezoelement (kvarc) koji pod djelovanjem električnog polja visoke frekvencije titra te generira ultrazvučne valove. U ovom senzoru to je 8 valova frekvencije 40 KHz.

Prijem signala omogućen je svojstvom piezoelektričnosti. Reflektirani ultrazvučni valovi dolaze do piezoelementa te uzrokuju naprezanja na njemu. Naprezanja rezultiraju deformacijama što dovodi do razlike potencijala, odnosno generira se napon. Duljina izlaznog

signala direktno će ovisiti o vremenu koje je proteklo od odašiljanja pa do primitka signala.[14][15]



Slika 17. Vizualni prikaz rada senzora

2.7. Senzor protoka

Prilikom punjenja ambalaže potrebno je mjeriti protok kako bi bio poznat volumen tekućine koji se nalazi u ambalaži. Za tu svrhu jedna od komponenata integriranih u sklop je senzor protoka. Takva vrsta senzora nalazi primjenu u različitim industrijama, poput prehrambene, farmaceutske, u procesnim postrojenjima, i slično. Senzor je građen od polimernog kućišta unutar kojeg se nalazi rotor te Hall-ova sonda na kućištu. Prilikom protjecanja fluida kroz tijelo pumpe dolazi do rotacije rotora, a brzina vrtnje ovisi o brzini protjecanja fluida, odnosno o protoku. Hall-ova sonda, ovisno o brzini vrtnje, mijenja izlazni signal na priključku koji je povezan sa mikrokontrolerom. Za instalaciju odabran je senzor YF-S201 proizvođača *Sea* [Slika 18].



Slika 18. Senzor protoka YF-S201

Odabran je zbog svoje kompaktnosti, jednostavnosti instalacije, dostupnosti i pristupačne cijene. Senzor se povezuje s tri priključka. GND priključak se spaja na uzemljenje, a VCC je povezan s napajanjem. Priključak sa korisnim signalom sa Hall-ove sonde (vodič žute boje) se spaja na mikroprocesor. Pulsni signal na tom priključku ovisi o protoku, a računa se sljedećim izrazom:

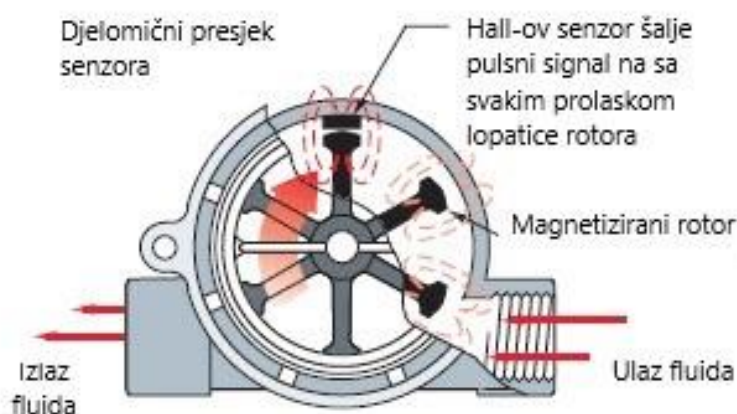
$$q = \frac{f}{7.5} \left[\frac{l}{min} \right] \quad (2.6)$$

Gdje je q protok, a f broj impulsa generiranih na Hall-ovoj sondi.

Tablica 5. Parametri senzora protoka

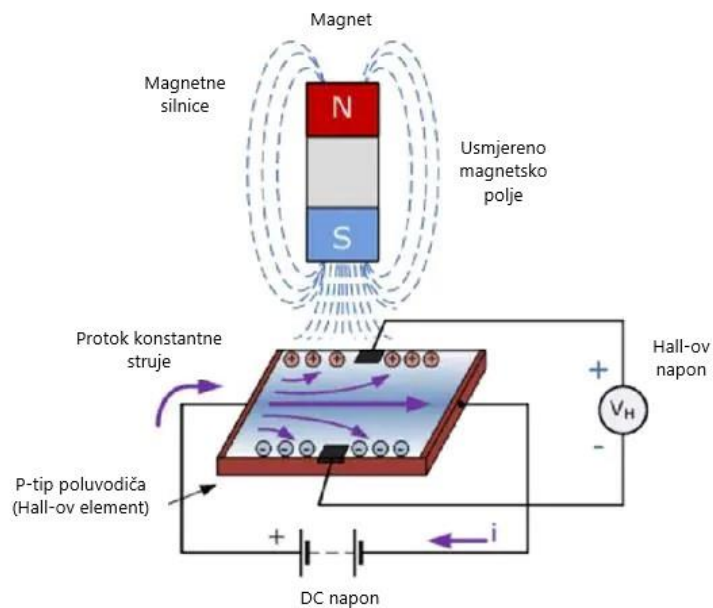
Maksimalna radna struja	15 mA
Područje mjerenja	1-30 l/min
Maksimalni tlak na ulazu	2 MPa
Broj pulsa po litri protoka	450

Ulazni i izlazni protok povezuju se sa crijevima pomoću vanjskog cijevnog (Whithworth-ovog) navoja promjera ½ inča, a drugi važni parametri senzora prikazani su u prethodnoj tablici [Tablica 5].



Slika 19. Djelomični presjek senzora protoka

Senzor protoka radi na principu Hall-ovog senzora, odnosno Hall-ovog efekta [Slika 19]. Prvi put je otkriven i istražen u 19. stoljeću (Edwin H. Hall). Princip rada senzora temelji se na pojavi generiranja razlike potencijala, odnosno napona, na vodiču kroz kojeg prolazi struja [Slika 20]. To je senzor magnetskog polja u kojem je inducirani napon proporcionalan struji i magnetskom polju. Na lopaticama rotora nalaze se permanentni magneti, a unutar kućišta senzor. Prilikom rotacije magneti na vrhovima lopatica prolaze kraj Hall-ove sonde na kojoj se detektira njihova prisutnost. Na temelju brzine vrtnje generira se pulsni signal koji se šalje na mikrokontroler. [16][17]



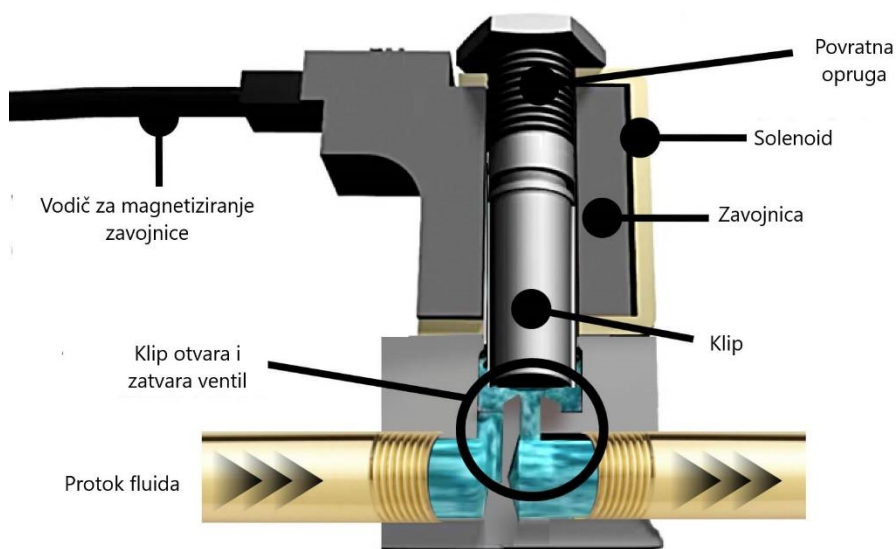
Slika 20. Princip rada Hall-ovog senzora

Odabir Hall-ovih sondi ima prednost nad ostalim opcijama iz više razloga, a neke od njih su:

- male dimenzije,
- prihvatljiva cijena,
- robusnost kod vibracija, vlažnosti u atmosferi,
- široko temperaturno radno područje (-40°C do $+150^{\circ}\text{C}$),
- jednostavna primjena...

2.8. Elektromagnetski ventil

U uređaju za punjenje, prilikom otvaranja i zatvaranja protoka tekućine koristi se elektromagnetski ili solenoidni ventil. Pumpa nije dovoljna da osigura vremenski precizan početak i kraj punjenja ambalaže. Ventil radi na principu solenoida, a to je elektromagnetski uređaj koji pretvara električnu energiju u magnetsku, a magnetsku u kinetičku, odnosno linearno kretanje. Solenoid se sastoji od namota žice u obliku zavojnice te središnjeg čeličnog klipa koji se linearno giba pod utjecajem magnetske sile [Slika 21].



Slika 21. Dijelovi elektromagnetskog ventila

Razlikujemo dva tipa elektromagnetskih ventila, normalno otvoreni elektromagnetski ventil, u stanju bez napajanja i takav tip je uvijek otvoren, a kada se napajanje aktivira, tada se klip giba te zatvara protok fluida. Kod normalno zatvorenog tipa elektromagnetskog ventila imamo suprotno djelovanje, kada struja proteče kroz zavojnicu i generira magnetsko polje, čelični klip se pomiče iz cjevovoda, te se omogućuje tok fluida kroz ventil. Za korištenje u radu odabran je model ventila AQT15SP kineskog proizvođača *Aqua Tech Corp. Limited* [Slika 22], čiji se parametri mogu vidjeti u sljedećoj tablici [Tablica 6]: [18][19][20]

Tablica 6. Parametri odabranog elektromagnetskog ventila

Model ventila	AQT15SP
Navoj	Vanjski 0.5 in
Materijal kućišta	Polimer
Radna temperatura	1°-75°
Napon	12 V DC
Životni ciklus	>1000000



Slika 22. Elektromagnetski ventil AQT15SP

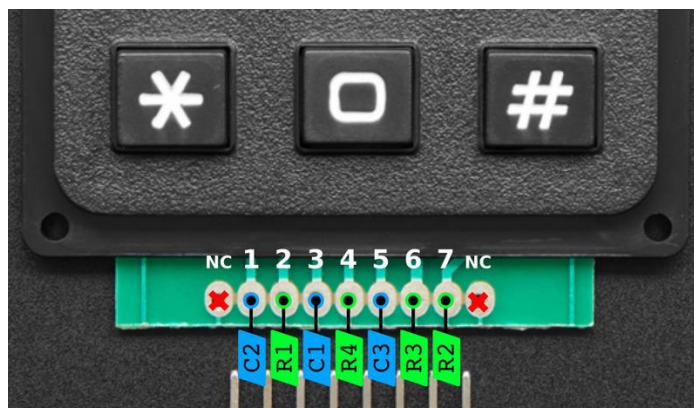
2.9. Matrix tipkovnica



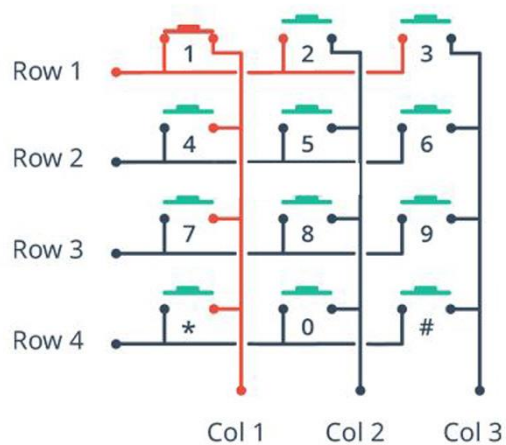
Slika 23. Tipkovnica korištena u izradi uređaja

Za upis željenog volumena točenja, kao i za potvrdu ili brisanje unesenog iznosa, koristi se generička matrix tipkovnica [Slika 23]. Odabrana je zbog jednostavnosti korištenja i prihvatljive cijene. Zbog toga što uređaj ima komponentu za unos podataka, nije potrebno spajanje na osobno računalo, te upis preko Arduino sučelja. Tipkovnica je tipa matrix zato što ima tipke raspoređene u retke i stupce. Tako su podijeljeni i priključci, 4 priključka za retke i 3 za stupce, pa se matrix tipkovnica povezuje s mikrokontrolerom sa 7 priključaka. Povezivanje matrix tipkovnice s mikrokontrolerom je prikazano na sljedećoj slici [Slika 24], te služi

smanjenju broja priključaka potrebnih za komunikaciju (7 umjesto 12) [Slika 25]. Kako bi korištenje ove komponente bilo što jednostavnije, koristi se “Keypad Library“, te tako nije potrebno detaljnije programiranje kod korištenja tipkovnice. [21][22]



Slika 24. Priključci na tipkovnici

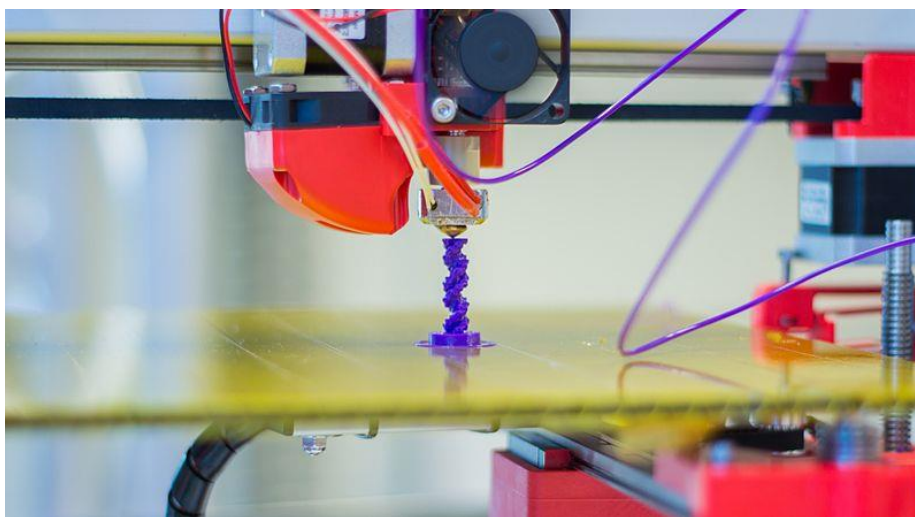


Slika 25. Identifikacija tipkala

3. IZRADA DIJELOVA I KONSTRUKCIJE

3.1. Izrada polimernih dijelova

Najpristupačnija i najviše korištena tehnologija trodimenzionalnog ispisa je FFF (eng. Fused Filament Fabrication) koja se koristi i za izradu polimernih komponenata uređaja u ovom radu. Prvi put je patentirana 1992. godine od strane tvrtke *Stratasys*. Patent je istekao 2009. godine kada dolazi do naglog porasta korištenja i popularnosti takve tehnologije 3D printa. Drugi naziv za FFF tehnologiju 3D ispisa je FDM (eng. Fused Deposition Modeling) koji se puno češće koristi pri opisu tehnologije [Slika 26].



Slika 26. Prikaz izrade FDM tehnologijom

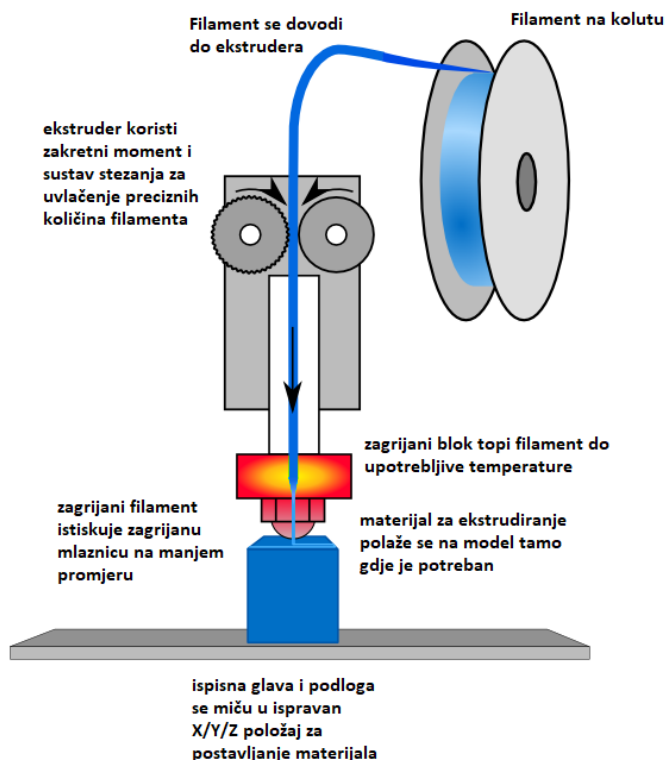
Prednosti FDM tehnologije:

- niski troškovi instalacije i korištenja,
- širok raspon materijala,
- jednostavno korištenje,
- niska temperatura procesa,
- nije potreban nadzor,
- oprema malih dimenzija...

Nedostatci FDM tehnologije:

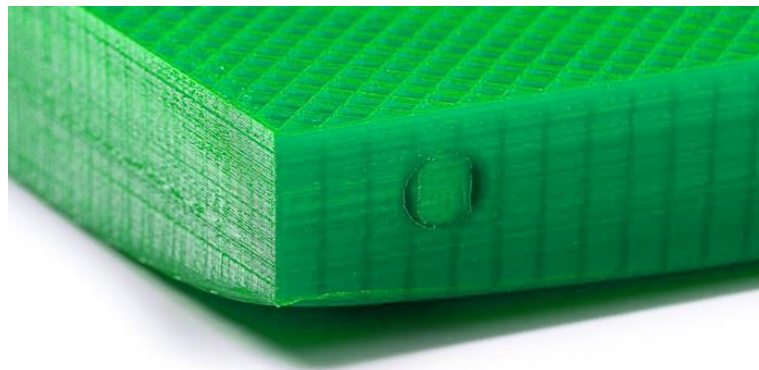
- a) vidljivi slojevi nanošenja,
- b) visoka rezolucija drastično produljuje vrijeme izrade,
- c) potreba stalnog pomaka sapnice ekstrudera,
- d) potreba za potpornom strukturom,
- e) warping, delaminacija...

Materijal za FDM naziva se filament, u obliku poluproizvoda nalazi se na kolutu namotan u obliku niti. Unutar glave za ispis nalazi se grijana mlaznica (ekstruder) koja grije filament kako bi omekšao, te ga nanosi na model. Prije grijane mlaznice, nalazi se mehanizam za uvlačenje i precizno doziranje filameta. Mehanizam radi na principu dvije tarenice koje silom trenja uvlače filament do ekstrudera [Slika 26]. Program na osobnom računaru „Ultimaker Cura“ pretvara trodimenzionalni model u model čiji je volumen opisan putanjom ekstrudera, te duljinom i širinom definiran presjek materijala koji se ispisuje, a na uređaj za 3D ispis dolazi u obliku G-koda. Prethodno opisani sklop nalazi se na mehanizmu koji mu omogućava dva stupnja slobode gibanja u horizontalnoj (xy) ravnini, pomoću linearnih ležajeva i servomotora. U ravnini se ispisuje jedan sloj materijala, dok se podloga nalazi na mehanizmu koji omogućuje gibanje po visini (z koordinata), a radi na principu vertikalnog navojnog vretena pokretanog servomotorom. Nakon ispisa početnog sloja na podlogu, podloga se pomiče prema dolje kako bi se na sljedećoj razini mogao generirati novi sloj materijala, Pomak podloge jednak je visini jednog sloja nanesenog materijala.



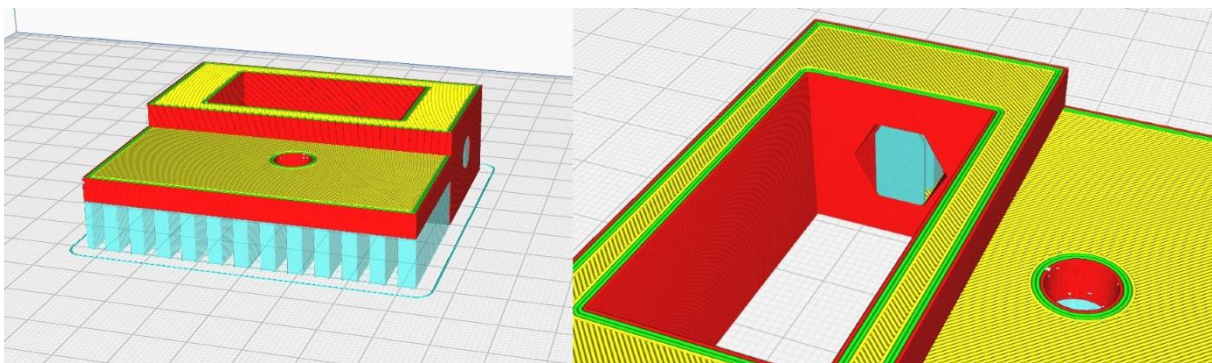
Slika 27. Princip rada FDM pisača

Prilikom postupka trodimenzionalnog ispisivanja najčešći je problem tzv. „warping“ [Slika 28]. Uzrok te pojave je različita brzina hlađenja prethodno ispisanih slojeva od novonastalih slojeva. U tom slučaju dolazi do termičkih stezanja i rastezanja nanesenog materijala, što rezultira savijanjem nekih slojeva i odmicanja od podloge za ispis. U tom slučaju potrebno je koristiti podloge za ispis koje imaju mogućnost prethodnog zagrijavanja i održavanja visoke temperature početno generiranih slojeva. Druga opcija je korištenje adhezivnog sredstva koje se nanosi na podlogu prije početka ispisivanja. To se u ovom slučaju neće koristiti, jer korišteni uređaj ima ugrađenu grijanu podlogu.



Slika 28. Pojava warping-a

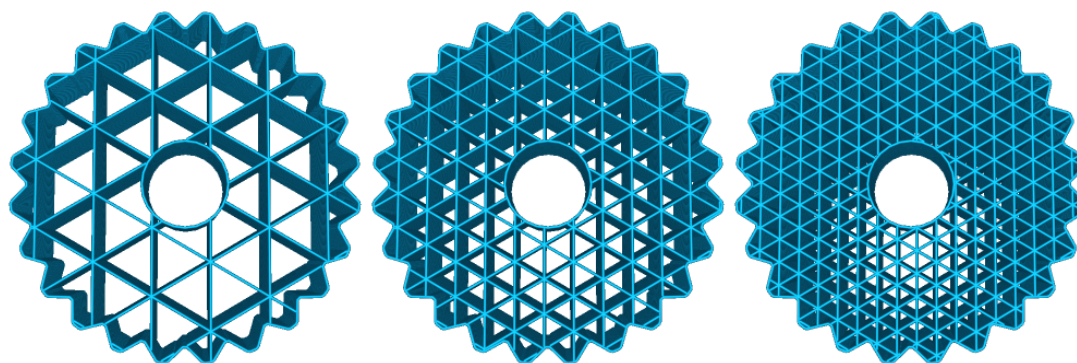
Kako bi se sloj materijala mogao nanijeti, ispod njega mora postojati prethodno naneseeni sloj, inače bi došlo do savijanja ispisanih konzola koje nemaju potporu. U slučaju kada na modelima postoji ta pojava (npr. horizontalni provrt), koriste se potporne strukture, odnosno materijal čija je uloga pridržavanje ispisanih slojeva, a nakon izrade se ručno uklanja. Potporne strukture su vrlo tankih presjeka kako bi se uštedio materijal, ubrzala izrada, te olakšalo naknadno odstranjivanje. Prilikom virtualnog pozicioniranja izratka u radni volumen pisača, potrebno ga je orijentirati tako da je potrebna što manja količina potpornog materijala. Na sljedećoj slici se može vidjeti potporni materijal konzole i provrta (plavo) [Slika 29].



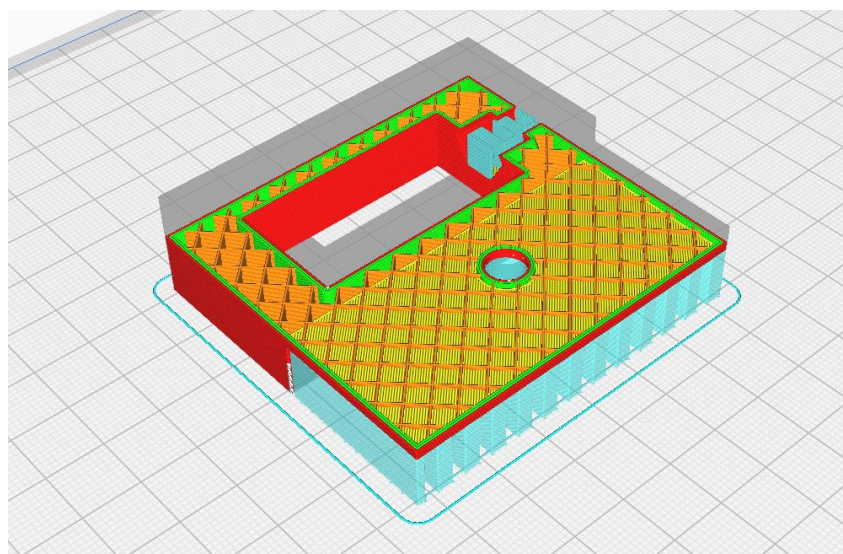
Slika 29. Potporni materijal na izrađenim dijelovima

Jedan od parametara za 3D ispis je popunjenost volumena. Vanjski bridovi su vidljivi dio materijala, kod kojih se odabire broj slojeva, dok ispuna služi za povećanje krutosti izratka te kao potpora završnom sloju ispisa. Izradci su vrlo često potpuno ispunjeni, iz razloga što je za takvu izradu potrebno puno više materijala, te se vrijeme izrade višestruko produljuje. Najčešće

se koristi 20%-tna popunjenost, što je i slučaj u ovom radu [Slika 31], no za dijelove koji se nalaze pod većim opterećenjima (npr. 3D ispisana konzola opterećena na savijanje) postoji mogućnost povećanja postotka ispune[Slika 30].



Slika 30. Različita gustoća popunjenosti



Slika 31. Prikaz popunjenosti izrađenog dijela

Za FDM ispis može se koristiti puno različitih materijala. Od najjednostavnijih, poput ABS (eng. Acrylonitrile Butadiene Styrene) ili PLA (eng. Polylactic acid), koji je odabran za korištenje u ovom radu, pa sve do termoplastike visokih performansi i svojstava, poput PEI (eng. Polyeterimide). PLA filament odabran je zbog jednostavnosti korištenja, najveća mana je

niska tolerancija na udarna opterećenja, što nije slučaj koji se pojavljuje u projektiranom uređaju.

3D pisac odabran za korištenje je FlashForge Inventor [Slika 32]. Pisac za osobnu upotrebu čiji se radni prostor nalazi unutar zatvorenog kućišta, opremljen s dva ekstrudera, pa je u mogućnosti izrađivati kompozitne izratke, a isto tako se izbjegava potreba za promjenom filameta kod promjene materijala ispisa. Parametri pisaca mogu se vidjeti u sljedećoj tablici [Tablica 7]. [23][24][25]

Tablica 7. Parametri 3D pisaca

Tehnologija izrade	FDM
Radni volumen	230 mm x 150 mm x 160 mm
Preciznost pozicioniranja (xy ravnina)	11 mikrona
Visina (Rezolucija) sloja	2.5 mikrona
Promjer mlaznice	0.4 mm
Promjer filameta	1.75 mm
Masa	14.8 kg
Gabaritne dimenzije	485 mm x 344 mm x 382 mm
Povezivost	Wi-Fi, USB kabel, SD kartica
Maksimalna temperatura mlaznice	240°C
Maksimalna temperatura podloge	120°C



Slika 32. FlashForge Inventor pisac korišten za izradu dijelova

U sljedećoj tablici mogu se vidjeti parametri ispisa dijelova, odabir parametara usko je vezan sa parametrima 3D pisaca i materijala, poput temperature i promjera grijane mlaznice [Tablica 8]. Vrijednosti parametara poput debljine stijenki i gustoće ispune iskustveno su odabrane kako bi se optimizirala brzina izrade, utrošak materijala i čvrstoća izrađenog dijela. Vrijeme trajanja izrade i količina potrošenog materijala prikazani su u tablici [Tablica 9].

Tablica 8. Parametri ispisa dijelova

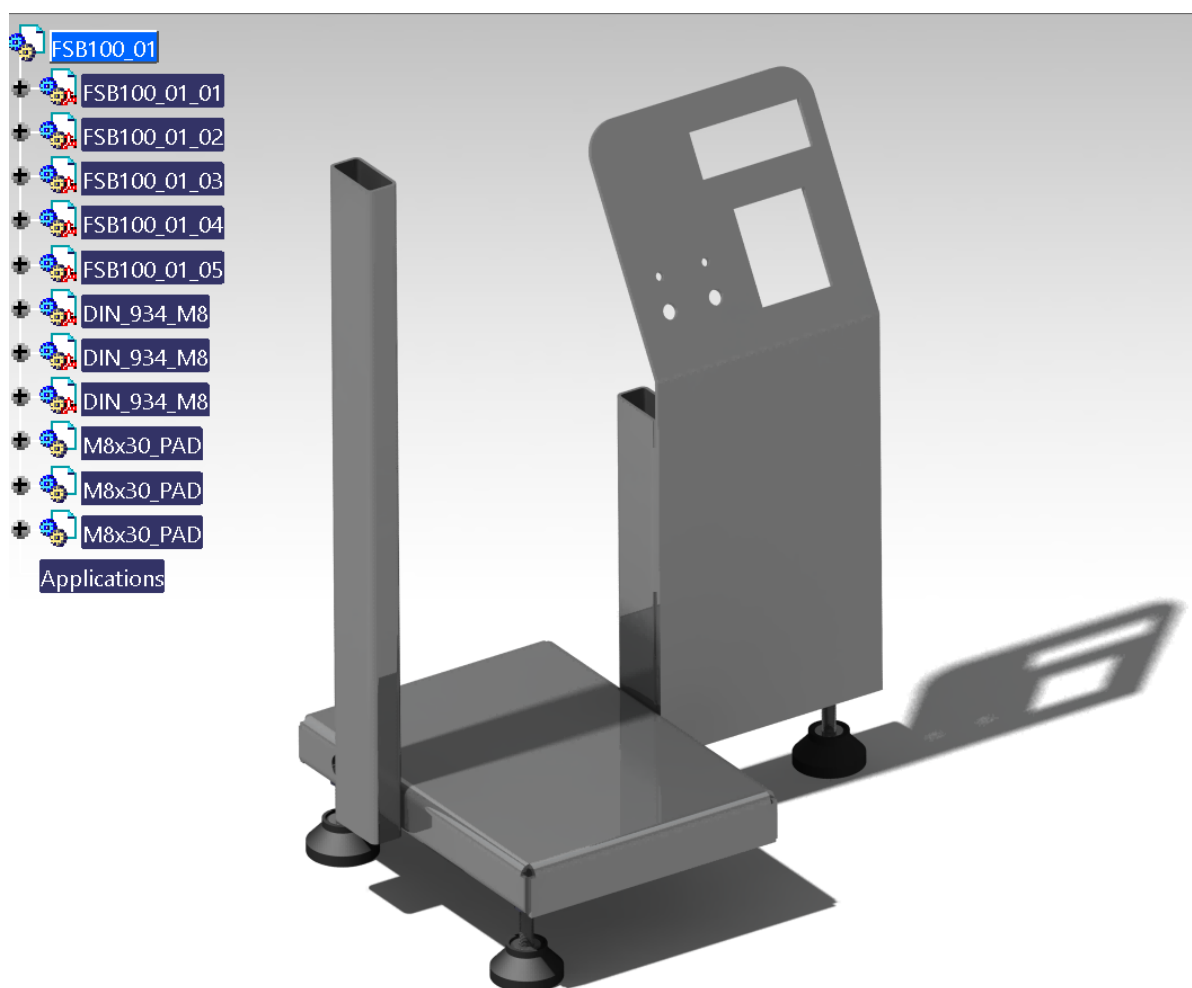
Visina sloja	0.15 mm
Širina sloja	0.4 mm
Debljina bočne stijenke	1.2 mm (3 sloja)
Debljina početnog i krajnjeg sloja	0.8 mm (6 slojeva)
Gustoća ispune	20 %
Uzorak ispune	Kvadratna mreža
Brzina ispisa	60 mm/min
Temperatura mlaznice	200°C
Temperatura podloge	50°C
Minimalni kut stvaranja potpornog materijala	50°

Tablica 9. Masa i vrijeme trajanja ispisa izrađenih komponenti

Naziv dijela	Masa	Vrijeme trajanja izrade
FSB_100_02	26	2 h 33 min
FSB_100_03	43	4 h 12 min
FSB_100_04	12 g	1 h 15 min
FSB_100_05	8 g	54 min
FSB_100_06	33 g	3 h 16 min
FSB_100_07 x2	27 g	2 h 56 min
FSB_100_08	14 g	1 h 29 min
FSB_100_09	8 g	48 min
FSB_100_10	15 g	1 h 41 min
Σ	186 g	19 h 4 min

3.2. Čelična konstrukcija

Ambalaža, sve elektroničke i sve mehaničke komponente uređaja nalaze se na zavarenoj konstrukciji. Konstrukcija je projektirana tako da se u središtu nalazi baza za ambalažu, s jedne strane upravljačka konzola i elektroormar, a s druge vodilica za podešavanje položaja dijelova što su u kontaktu s ambalažom. Izrađena je u programskom paketu „Catia“ koristeći „Part design“, „Product design“ i „Generative sheet metal design“ radna sučelja [Slika 33].



Slika 33. Prikaz konstrukcije u CatiaV5 programskom paketu

Vanjske dimenzije presjeka cijevi pravokutnih profila su 20 mm x 40 mm, te debljine stijenke 2 mm. Prilikom kupovine dolaze u standardnim duljinama od 3 m i 6 m. A naknadno se režu na željenu duljinu [Slika 34]. Na konstrukciji se nalaze 3 takve cijevi različite duljine, 400 mm,

205 mm i 125 mm. Uloga jedne je da služi kao vodilica za pomične dijelove koji su u kontaktu s ambalažom, te kao nosač komercijalnih komponenata. Pomoću ovakvog rješenja moguće je podešavanje visine kako bi uređaj odgovarao različitim oblicima i veličinama ambalaže. Druge dvije pravokutne cijevi služe kao nosač kućišta elektroničkih komponenti i upravljačke ploče.



Slika 34. Rezanje odabranog profila

Podloga na koju se pozicionira ambalaža izrađena je od čeličnog lima debljine 3 mm. Kao sirovac za izradu koristi se čelična ploča površine 1 m x 2 m koja se kao poluproizvod kupuje u veleprodajnim željezarijama. Željeni oblik prije savijanja se dobije pomoću CNC laserskog rezača lima. Pomoću radnog sučelja „generative sheet metal design“, nakon podešavanja parametara materijala konstruirana je podloga. U istom programskom paketu sadržana je značajka koja čelični lim razvlači prije procesa savijanja. Takav dvodimenzionalni oblik (skica) sprema se na osobno računalo u obliku .dwg datoteke [Slika 35]. U sljedećem koraku ta datoteka se učitava u CNC rezač, te preko korisničkog sučelja stroja pozicionira na radnu površinu, odnosno na lim koji se nalazi na rezaču [Slika 36]. [26]



Slika 35. Korisničko sučelje CNC laserskog rezača

Jedan od modernijih načina strojne obrade metala je lasersko rezanje. Prvi prototip uređaja za obradu takvog tipa napravljen je 1970. godine, sa snagom od 2 kW, a u komercijalnu upotrebu ulazi 1980. godine, na početku je laserski rezač služio samo za rezanje čelika, a naknadno se upotreba proširila na ostale materijale.

Prednosti rezanja laserskom tehnologijom su:

- mali unos topline u metal
- male deformacije metala
- brzina rada
- kvaliteta reza
- preciznost (do 0.2 mm)

Lasersko rezanje ubraja se u nekonvencionalne postupke obrade iz razloga što nema prisutnih mehaničkih sila između obratka i alata, te zato što alat nije tvrdi od obratka. Obrada laserom se zasniva na primjeni svjetlosne energije velike gustoće na malu površinu obratka u kombinaciji sa plinom, inertnim ili aktivnim. Na početku obrade stvara se zarez, a zatim fokusirana laserska zraka tali materijal, dok upuhivani plin služi za uklanjanje rastaljenog materijala sa mjesta taljenja. [27][28]

Lasersko rezanje dijeli se na tri tipa:

- a) lasersko rezanje taljenjem
- b) lasersko rezanje izgaranjem
- c) lasersko rezanje isparavanjem



Slika 36. Laserski rezač korišten za izradu konstrukcije uređaja

Nakon rezanja sirovca, izrezani se dio deformira na hidrauličkoj preši za savijanje lima [Slika 37]. Parametri savijanja, odnosno udaljenosti linije savijanja od ruba lima unose se preko korisničkog sučelja stroja [Slika 38].



Slika 37. Uređaj korišten za izradu

Odabrani parametri služe za određivanje pomaka graničnika unutar stroja na kojeg se prislanja izrezani lim, te za određivanje hoda hidraulički pogonjenog žiga koji savija čelični lim.



Slika 38. Korisničko sučelje uređaja za savijanje lima

Opisani postupak je isti kao i za čelični lim koji ima ulogu nosača kućišta elektroničkih komponenti i upravljačke ploče. No, na tom dijelu izrezuju se, pomoću laserskog rezača, nekoliko otvora, koji će služiti za postavljanje tipkovnice, zaslona, prekidača, tipkala i dioda sa kućištem [Slika 39.].



Slika 39. Dijelovi konstrukcije nakon savijanja

Prethodno opisani dijelovi spajaju se postupkom zavarivanja. U ovom koraku zavaruju se još tri matice na podlogu za postavljanje boce i kvadratnu cijev. Matice se zavaruju s donje strane konstrukcije, a na njih povezat će se regulirajuće stope M8, za podešavanje visine i kuta [Slika 40].



Slika 40. Konstrukcija nakon postupka zavarivanja

Nakon zavarivanja provodi se postupak elektrostatske plastifikacije, odnosno nanošenje zaštitnog premaza na izrađenu konstrukciju, u svrhu zaštite od korozije i abrazije [Slika 41]. Postupak nanošenja započinje čišćenjem i odmašćivanjem površina metala na koje se nanosi prah. Čestice praha koje se nanose su negativno nabijene, dok je konstrukcija uređaja, odnosno predmet koji se plastificira uzemljen. Nakon nanošenja čestica u komori za plastifikaciju predmeti se transportiraju do peći u kojoj se na temperaturi između 160°C i 200°C odvija proces polimerizacije između 20 i 30 minuta. Točni iznosi temperature i vremena polimerizacije ovise o prahu koji se koristi. Kako ne bi došlo do neravnomjernog pečenja, te mjestimičnog pucanja nanesenog sloja praha, temperatura u peći mora biti konstantna i ravnomjerna. [29]



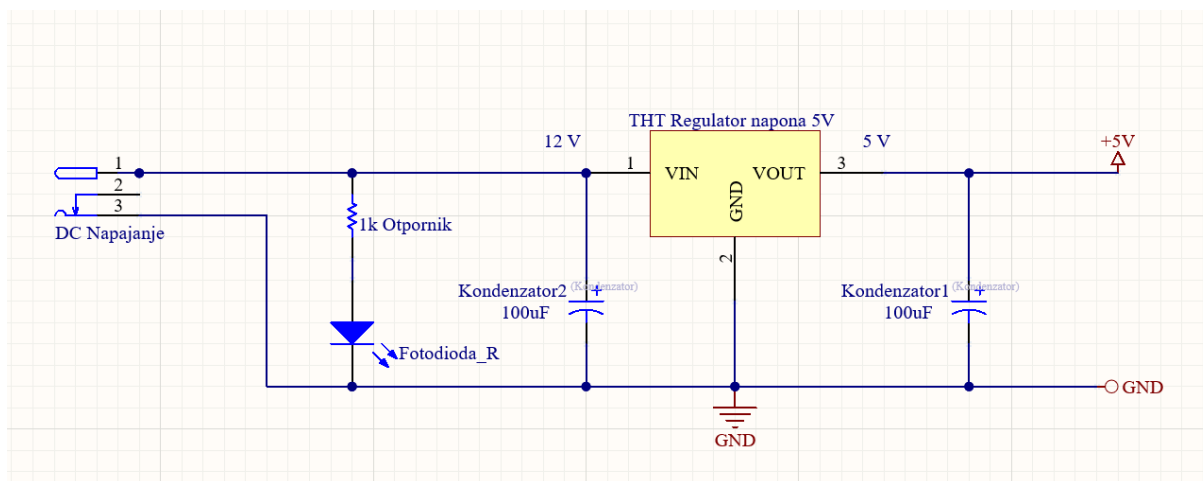
Slika 41. Konstrukcija nakon postupka elektrostatske plastifikacije

4. IZRADA UREĐAJA ZA PUNJENJE BOCA

4.1. Spajanje komponenti

Za napajanje dijela komercijalnih komponenti potreban je napon od 12 V, dok je za neke potreban napon napajanja od 5 V. Kako bi se riješio taj problem nabavljen je ispravljač sa mreže napona 220 V na 12 V, maksimalna struja odabranog ispravljača je 1 A, što je dovoljno za napajanje cijelog sklopa. Ispravljač je opremljen konektorom 5,5/2,1, broj koji označava duljinu i unutarnji promjer spoja, a za spajanje je nabavljen odgovarajući priključak koji se povezuje s eksperimentalnom pločicom.

Za dobivanje naponske razine od 5 V koristi se regulator napona THT TO-220A. Sadrži 3 priključka, jedan koji se povezuje na višu naponsku razinu od 12 V, drugi na nižu od 5 V, te priključak za uzemljenje komponente. Uz odabrani regulator napona potrebno je koristiti prenosni (eng. decoupling) kondenzator za potiskivanje visokofrekventnih šumova u naponskom signalu. Isto tako, uloga kondenzatora je i uloga napajanja prilikom naglih propada napona do kojih dolazi kod intermitirajućeg uključivanja trošila, što su u ovom slučaju elektromagnetski ventil i pumpa. Iznosi kapaciteta kondenzatora na regulatoru napona su iskustveno odabrani [Slika 42]. [30]

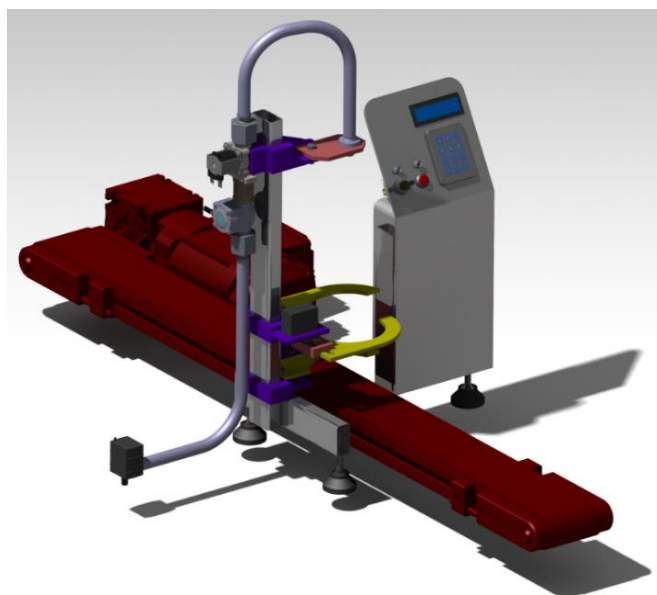


Slika 42. Shema sklopa za napajanje

Na upravljačkoj ploči, pored zaslona za prikaz upisa i tipkovnice za upis podataka, nalaze se dvije led diode, tipkalo i prekidač. Prekidač služi za napajanje, dok tipkalo pokreće izvršavanje operacije punjenja ambalaže. Dioda na upravljačkoj ploči nalaze se u kućištu, visoko stanje jedne diode označava kako je napajanje uključeno (crvene boje), dok je druga dioda uključena samo dok se izvršava operacija punjenja (dioda zelene boje) [Slika 43].



Slika 43. Upravljačka ploča uređaja



Slika 44. Idejno rješenje s implementiranom pokretnom trakom

4.2. Provjera rada sustava

Nakon izrade čelične konstrukcije, dijelova na 3D pisaču, spajanja elektroničkih komponenti i implementacije algoritma na mikrokontroler, sljedeći korak je provjera rada sustava. Na sljedećoj slici vidi se završeni uređaj koji služi za punjenje posude za mjerenje volumena [Slika 45].



Slika 45. Uređaj za punjenje vinskih boca

Za provjeru rada sustava odabran je volumen od 750 ml, odnosno standardni volumen vinske butelje, jer je uređaj prvenstveno napravljen za tu funkciju. Provjeru rada sustava ponavljamo 20 puta kako bi dobili veći broj rezultata za izračun pogreške. Rezultati se mogu vidjeti u sljedećoj tablici [Tablica 10]:

Tablica 10. Izmjereni podaci kod provjere rada uređaja

Broj punjenja	Količina [mL]	Broj punjenja	Količina
1	738	11	768
2	752	12	741
3	744	13	743
4	735	14	740
5	760	15	748
6	761	16	765
7	746	17	748
8	766	18	739
9	752	19	759
10	745	20	755

Iz dobivenih podataka možemo izračunati podatak srednje vrijednosti volumena u ambalaži koja iznosi 750.25 mL, dok maksimalno odstupanje od željene vrijednosti iznosi 18 mL.

4.3. Troškovnik izrade

Sve komercijalne komponente nabavljene su preko internetske stranice za kupovinu E-radionica. Dijelovi koji su izrađeni na 3D pisaču napravljeni su u Digitalnom laboratoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu, dok je čelična konstrukcija izrađena u radionici tvrtke „Marex Elektrostroj“ u Zadru. Pored kupnje komercijalnih komponenti usluga izrade dijelova na 3D pisaču i izrada čelične konstrukcije nisu naplaćeni, a svi ostali troškovi iskazani su u sljedećoj tablici. [Tablica 11] [31]

Tablica 11. Popis ukupnih troškova izrade uređaja

Naziv komponente	Cijena [kn]
Električni ventil za vodu 12 V	85
Pumpa za vodu 12 V	89
Ultrazvučni modul HC-SR04	29
Matrix tipkovnica 3x4	49
LCD zaslon 16x2	59
Servomotor TowerPro MG995	75
Relej SRD-12VDC-SL-C	5
Mjerač protoka vode	69
Eksperimentalna pločica	39
Schottky dioda 1N5819	1
Led dioda s kućištem x2	16
Dioda 1N4007	1
Gumb	7
KIP prekidač	25
330 Ω otpornik	3
10 k Ω otpornik	5
Tranzistor TO-92A	1
Header M 16-pin	2
DC priključak M	5
DC priključak Z	5
Ispravljač 12 V	60
Σ	630

5. ZAKLJUČAK

U radu je opisana izrada uređaja za punjenje ambalaže tekućinom, počevši od odabira komponenti, pa sve do završnog sklapanja i testiranja rada sustava. Ponuda uređaja ove namjene na tržištu je neznatna, a projektirani uređaj je višestruko jeftiniji od cijene uređaja u ponudi. Čak i sa cijenom izrade konstrukcijskih dijelova, 3D ispisa i nabave komercijalnih dijelova cijena ostaje manja.

Povećanje produktivnosti pogona moguće je postići na više načina. Jedna od opcija je izrada uređaja koji može puniti veći broj ambalaža istovremeno, no u tom slučaju, potrebno je voditi računa o tome je li operater u mogućnosti u potpunosti iskoristiti kapacitet punjenja uređaja. U tom slučaju, potrebno je postavljati više boca na uređaj, pokrenuti punjenje, te napunjenu ambalažu ukloniti s uređaja. Tada uređaj može biti opremljen i dalje samo s jednom pumpom, ali u tom slučaju mora imati više ventila, a postupak se mora obavljati na više brizgaljki naizmjenično. Za vrijeme punjenja na jednoj mlaznici, s drugih se uklanja napunjena ambalaža i postavlja prazna.

Produktivnost se može povećati i instalacijom pokretne trake koja služi kao dodavač ambalaže na uređaj, te nakon punjenja pomoću trake se uklanja puna ambalaža sa uređaja. Tada operater može postaviti veći broj praznih boca na traku, a nakon toga, dok se postupak punjenja odvija, uklanjati napunjenu ambalažu sa pokretne trake i odrađivati postupak paletizacije. Cijena takvog automatskog uređaja višestruko je jeftinija, prilikom vlastite izrade, od ponude na tržištu, čak i od rabljenih linija za punjenje [Slika 44].

LITERATURA

- [1] Z. Jagunić, "Analiza i unaprjeđenje proizvodnje obiteljske vinarije", Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2021.
Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:061046>
- [2] <https://www.best-microcontroller-projects.com/hitachi-hd44780.html>, 17.09.2022.
- [3] <https://docs.arduino.cc/learn/electronics/lcd-displays>., 17.09.2022.
- [4] <https://www.towerpro.com.tw/product/mg995/>, 18.09.2022.
- [5] <https://docs.arduino.cc/learn/microcontrollers/analog-output>, 19.09.2022.
- [6] <https://www.javatpoint.com/arduino-uno>, 19.09.2022.
- [7] <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>, 19.09.2022.
- [8] <https://www.blhcpump.com/product/dc30a/>, 21.09.2022.
- [9] <https://www.blhcpump.com/downloads/BLDC%20PUMP%20DC30A.pdf>, 21.09.2022.
- [10] <https://www.teachmemicro.com/arduino-relay-module-tutorial/>, 22.09.2022.
- [11] <https://www.easybom.com/blog/a/how-to-test-a-relay>, 22.09.2022.
- [12] <https://create.arduino.cc/projecthub/tarantula3/driving-a-relay-with-an-arduino-722c24>, 22.09.2022.
- [13] <https://components101.com/switches/5v-single-channel-relay-module-pinout-features-applications-working-datasheet>, 22.09.2022.
- [14] <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>, 24.09.2022.
- [15] <https://components101.com/sensors/ultrasonic-sensor-working-pinout-datasheet>, 22.09.2022.
- [16] <https://components101.com/sensors/yf-s201-water-flow-measurement-sensor>, 23.09.2022.
- [17] <https://how2electronics.com/arduino-water-flow-sensor-measure-flow-rate-volume/>, 24.09.2022.
- [18] <https://www.burkert.co.uk/en/Company-Career/What-s-New/Press/Media/Technical-Reports/Technical-Reports-additional-topics/What-is-a-solenoid-valve-and-how-does-it-work>, 25.09.2022.
- [19] <https://bc-robotics.com/tutorials/controlling-a-solenoid-valve-with-arduino/>, 25.09.2022.
- [20] <https://www.saferack.com/glossary/solenoid-valves/>, 25.09.2022.
- [21] <https://learn.adafruit.com/matrix-keypad/pinouts>, 26.09.2022.

- [22] <https://diy0t.com/keypad-arduino-esp8266-esp32/>. 26.09.2022.
- [23] <https://www.3dprintaj.com/fdm-fff-tehnologija-3d-printanja/>, 05.10.2022.
- [24] <https://www.janosh.hr/3d-ispis/>, 05.10.2022.
- [25] <https://www.hubs.com/knowledge-base/what-is-fdm-3d-printing/>, 05.10.2022.
- [26] https://www.mick.hr/hr/kvadratne_i_pravokutne_cijevi/312/73, 15.10.2022.
- [27] <https://www.laser-ing.hr/blog/sve-sto-morate-znati-o-rezanju-metala-plazmom/>, 15.11.2022.
- [28] S. Nikolovski, "Kvaliteta obrade pri rezanju laserom", Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2018. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:881475>
- [29] <http://tehnolak.hr/media/8389/elektrostatska-plastifikacija.pdf>, 15.11.2022.
- [30] <https://learn.sparkfun.com/tutorials/capacitors/application-examples>, 10.10.2022.
- [31] <https://e-radionica.com/>, 1.10.2022.

PRILOZI

- I. Arduino kod
- II. Tehnička dokumentacija

I. ARDUINO KOD

```
#include <LiquidCrystal.h>           //Ubacivanje library-a za
displej
//Postavljanje priključaka (RS, EN, D4, D5, D6, D7)
LiquidCrystal lcd(2, 3, 4, 5, 6, 7); //Arduino priključci za
displej

#include <Keypad.h>                 //Ubacivanje library-ja za
tipkovnicu
//Definiranje velicine tipkovnice
const byte ROWS = 4; //four rows    //Cetiri retka na
tipkovnici
const byte COLS = 3; //three columns//Tri stupca na tipkovnici
char keys[ROWS][COLS] = {
  {'1', '2', '3'},
  {'4', '5', '6'},
  {'7', '8', '9'},
  {'*', '0', '#'}
};

byte rowPins[ROWS] = {50, 40, 42, 46}; //Priključci za 4
retka
byte colPins[COLS] = {48, 52, 44};     //Priključci za 3
stupca

Keypad keypad = Keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins,
ROWS, COLS );

const int senzor_hall = 8;           //Senzor protoka na pinu 8

boolean state = true;

int Number;                          //Za upis volumena
int Brojac = 0;                       //Za brojac senzora protoka
int c = 0;                            //Za broj znamenki, zbog prve nule
int gumb = 13;                        //Gumb izvrši na prikljucku 13
int piv = 12;                         //Pumpa i ventil na 12

void setup()
{
  lcd.begin(16, 2);                   //Pocetak komunikacije
sa displejom
  lcd.setCursor(0, 1);                //Postavljanje kursora
na prvo mjesto, donji red
  lcd.print("Napunjeno: ");           //Ispis na displeju
izraza "Napunjeno " (10 mjesta)
```

```
    lcd.setCursor(10, 1);           //Postavljanje kursora
na jedanaesto mjesto, donji red
    lcd.print("0ml  ");           //Ispis na displeju
izraza "0ml  "(6 mjesta)

pinMode (gumb, INPUT_PULLUP);     //Pin gumb je ulaz, a
uključuje se pullup otpornik unutar arduina
pinMode (piv, OUTPUT);           //Pin 13 je izlaz, spojen na pumpu
i ventil
}

void loop() {

char key = keypad.getKey();
if ((key)&&(c<4)) //Sve dok se ne upisu max 4 broja
{

    if (key == '1')                //
    {
        if (Number==0)            //Ako je broj prvi upisani
            Number=1;
        else                        //Ako nije prvi, sve se mnozi sa 10,
pomice za jedno mjesto, i dodaje upisani
            Number = (Number*10) + 1;
    }
    if (key == '2')                //Isto kao i za broj
1
    {
        if (Number==0)
            Number=2;
        else
            Number = (Number*10) + 2;
    }
    if (key == '3')                //Isto kao i za broj 1
    {
        if (Number==0)
            Number=3;
        else
            Number = (Number*10) + 3;
    }
    if (key == '4')                //Isto kao i za broj 1
    {
        if (Number==0)
            Number=4;
        else
            Number = (Number*10) + 4;
    }
    if (key == '5')                //Isto kao i za broj 1
```

```
{
  if (Number==0)
    Number=5;
  else
    Number = (Number*10) + 5;
}
if (key == '6')          //Isto kao i za broj 1
{
  if (Number==0)
    Number=6;
  else
    Number = (Number*10) + 6;
}
if (key == '7')          //Isto kao i za broj 1
{
  if (Number==0)
    Number=7;
  else
    Number = (Number*10) + 7;
}

if (key == '8')          //Isto kao i za broj 1
{
  if (Number==0)
    Number=8;
  else
    Number = (Number*10) + 8;
}
if (key == '9')          //Isto kao i za broj 1
{
  if (Number==0)
    Number=9;
  else
    Number = (Number*10) + 9;
}

if (key == '0')
{
  if (Number==0)          //Ako je prvi broj nula, ukupni max.
                          //broj je,3znamenkasti, itd...
  {
    Number=0;
    c = c - 1;
  }
  else
    Number = (Number*10) + 0;
}
c = c + 1;
```



```
}
if (key == '*')
{
    Number = 0;           //Upisani broj ponisti sa " * "
    c = 0;
    lcd.setCursor(10, 0); //Postavljanje kursora na
deseto mjesto, gornji red
    lcd.print(Number);   //Ispis na displeju broja
(mililitara)
    lcd.print("ml  ");   //Ispis na displeju nakon
količine izraza "ml  "
}

    lcd.setCursor(0, 0); //Postavljanje kursora na prvo
mjesto, gornji red
    lcd.print("Upisi vol:"); //Ispis na displeju izraza
"Upisi vol " (10 mjesta)
    lcd.setCursor(10, 0); //Postavljanje kursora na
jedanaesto mjesto, gornji red
    lcd.print(Number);   //Ispis na displeju broja
(mililitara)
    lcd.print("ml");     //Ispis na displeju "ml"

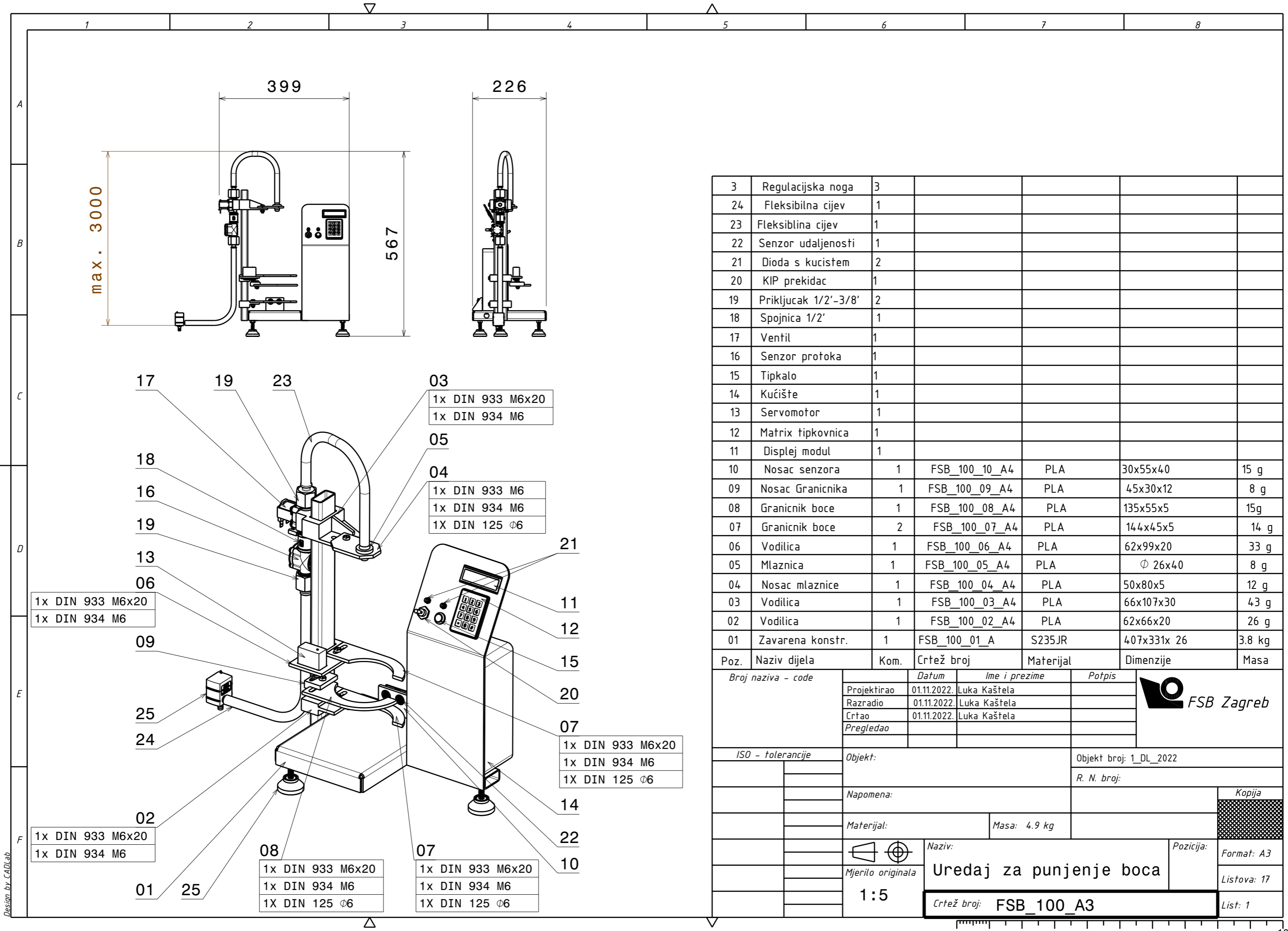
    if(digitalRead(gumb) == HIGH) //Ako je pin gumb(13) u
visokom stanju, zapocni:
    {
        float filled = 0; //Novi float, da mjeri volumen
        float cal = 0;    //Novi float, DODAJ
        Brojac = 0;      //Inicijalizacija brojaca
        lcd.setCursor(10, 1); //Postavljanje kursora na
jedanaesto mjesto, donji red
        lcd.print(Brojac); //Ispis brojaca
        lcd.print("ml  "); //Nakon brojaca, ispis "ml  "
        delay(250);       //Pauza 0.25 sekundi
        lcd.setCursor(0, 1); //Postavljanje kursora na prvo
mjesto, donji red
        lcd.print("Punjenje:"); //Ispis "Punjenje "

        while(1)
        {
            digitalWrite(piv, HIGH); //Dok su pumpa i ventil
uključeni...

            if (!digitalRead(senzor_hall) && state)
```

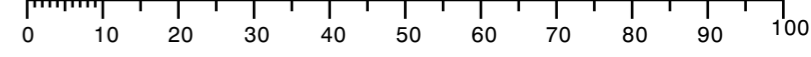
```
    {
        Brojac++;          //poveca za jedan kad ocita impuls
sa senzora protoka
        state = false;
    }
    if (digitalRead(senzor_hall))
    {
        state = true;
    }
    int val = Number;
    long val_t = map(val, 0, 9999, 50000, 110000); //
kalibracija zadnja dva broja za podesavanje uredaja (min
40000, max 200000)
        //Raspon od nula do 10 l pretvara u puno veci za
vecu rezoluciju impulsa
        float f_val = val_t*0.00001;          //Long u float
        cal = Number*f_val,0;                //Zeljeni broj
impulsa
        filled = Brojac/f_val,0;            //
        lcd.setCursor(10, 1);
        lcd.print(filled,0);
        lcd.print("ml");

        if (Brojac >= cal)                  //Kad je brojac dosegne zeljenu
vrijednost staje
            break;                          //ili vecu jer lako premasi
    }
    digitalWrite(piv, LOW);                //Gasenje pumpe
    delay(30);                             //Pauza
    lcd.setCursor(0, 1);                   //Postavljanje na pocetak donjeg
reda
    lcd.print("Napunjeno!");              //Ispis "Napunjeno!"
}
}
```

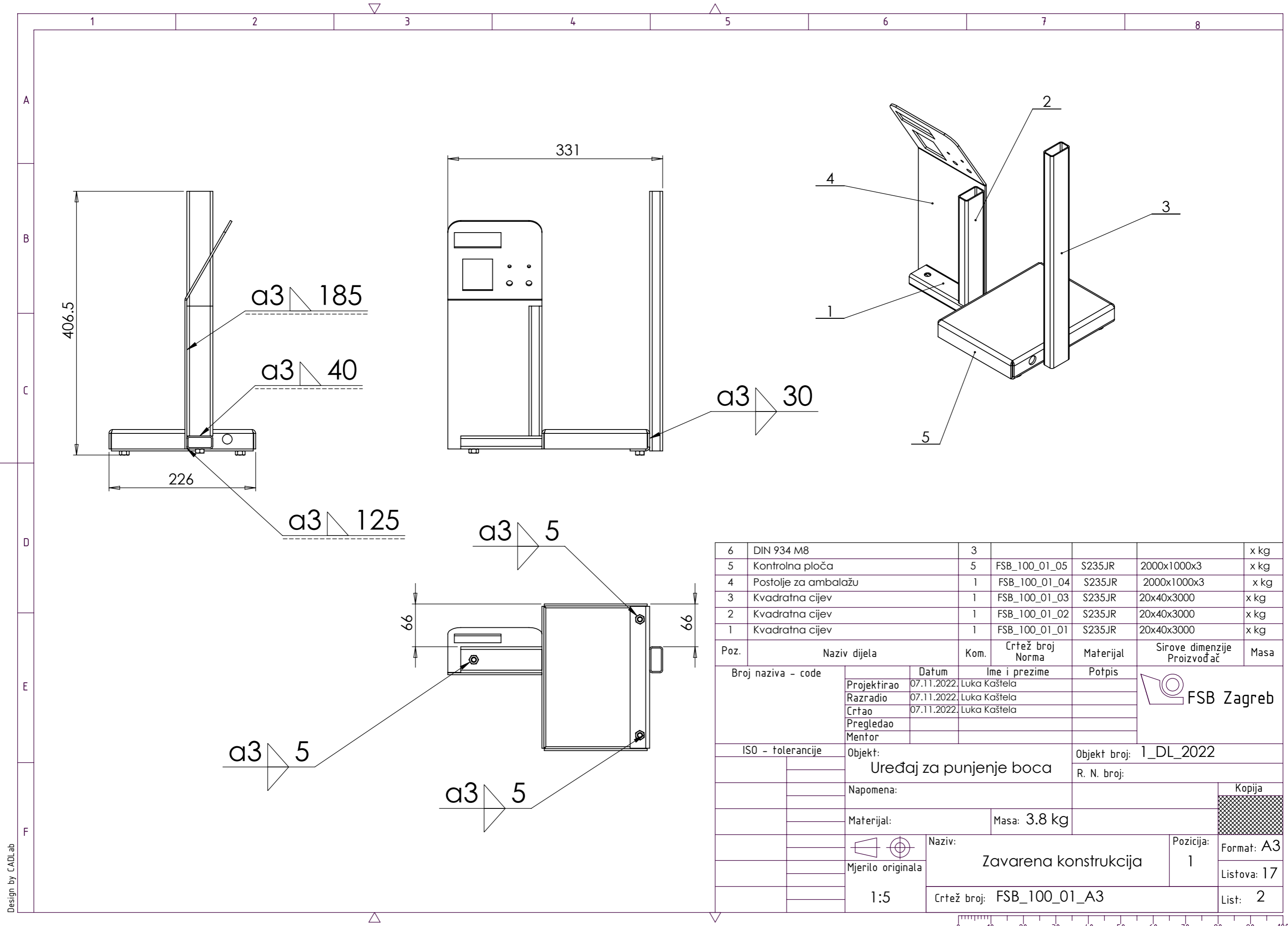


3	Regulacijska noga	3				
24	Fleksibilna cijev	1				
23	Fleksibilna cijev	1				
22	Senzor udaljenosti	1				
21	Dioda s kucistem	2				
20	KIP prekidač	1				
19	Priključak 1/2'-3/8'	2				
18	Spojnicica 1/2'	1				
17	Ventil	1				
16	Senzor protoka	1				
15	Tipkalo	1				
14	Kućište	1				
13	Servomotor	1				
12	Matrix tipkovnica	1				
11	Displej modul	1				
10	Nosac senzora	1	FSB_100_10_A4	PLA	30x55x40	15 g
09	Nosac Granicnika	1	FSB_100_09_A4	PLA	45x30x12	8 g
08	Granicnik boce	1	FSB_100_08_A4	PLA	135x55x5	15g
07	Granicnik boce	2	FSB_100_07_A4	PLA	144x45x5	14 g
06	Vodilica	1	FSB_100_06_A4	PLA	62x99x20	33 g
05	Mlaznica	1	FSB_100_05_A4	PLA	∅ 26x40	8 g
04	Nosac mlaznice	1	FSB_100_04_A4	PLA	50x80x5	12 g
03	Vodilica	1	FSB_100_03_A4	PLA	66x107x30	43 g
02	Vodilica	1	FSB_100_02_A4	PLA	62x66x20	26 g
01	Zavarena konstr.	1	FSB_100_01_A	S235JR	407x331x 26	3.8 kg
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj	Materijal	Dimenzije	Masa

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao		01.11.2022.	Luka Kaštela		
Razradio		01.11.2022.	Luka Kaštela		
Crtao		01.11.2022.	Luka Kaštela		
Pregledao					
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj: 1_DL_2022	
				R. N. broj:	
		Napomena:			
		Materijal:		Masa: 4.9 kg	
		Naziv:		Pozicija:	
		Mjerilo originala		Format: A3	
		1:5		Listova: 17	
		Crtež broj: FSB_100_A3		List: 1	



Design by CADLab

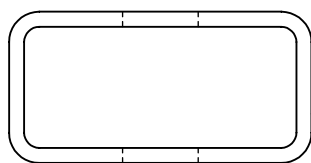
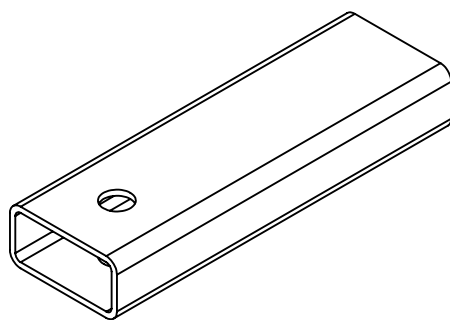


6	DIN 934 M8	3				x kg
5	Kontrolna ploča	5	FSB_100_01_05	S235JR	2000x1000x3	x kg
4	Postolje za ambalažu	1	FSB_100_01_04	S235JR	2000x1000x3	x kg
3	Kvadratna cijev	1	FSB_100_01_03	S235JR	20x40x3000	x kg
2	Kvadratna cijev	1	FSB_100_01_02	S235JR	20x40x3000	x kg
1	Kvadratna cijev	1	FSB_100_01_01	S235JR	20x40x3000	x kg

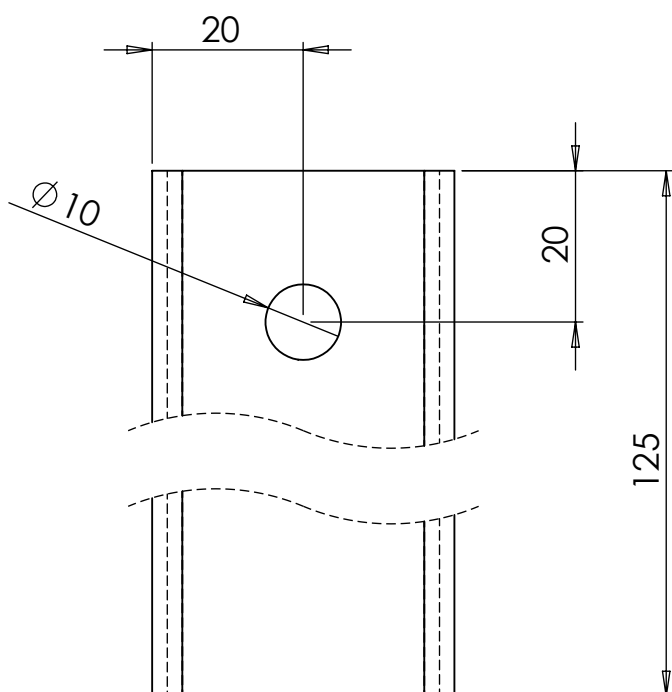
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime		Potpis	
Projektirao		07.11.2022.	Luka Kaštela			
Razradio		07.11.2022.	Luka Kaštela			
Crtao		07.11.2022.	Luka Kaštela			
Pregledao						
Mentor						
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj: 1_DL_2022	
		Uređaj za punjenje boca			R. N. broj:	
		Napomena:			Kopija	
		Materijal:			Masa: 3.8 kg	
		Naziv:			Pozicija:	
		Zavarena konstrukcija			1	
		Crtež broj: FSB_100_01_A3			Format: A3	
					Listova: 17	
					List: 2	

Design by CADlab

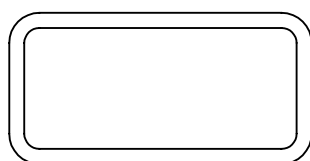
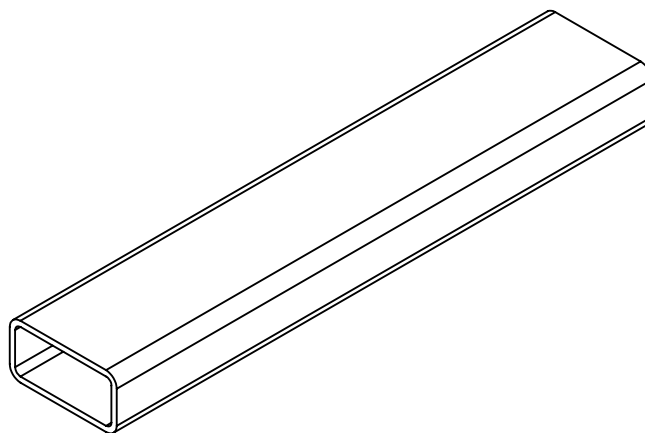




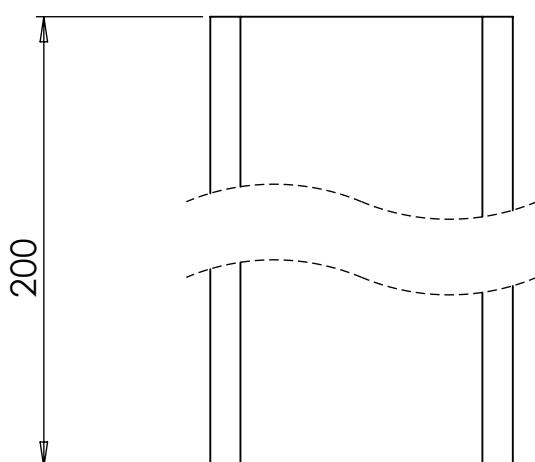
20x40x2 EN10219

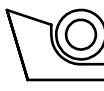


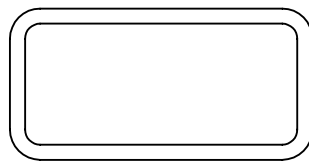
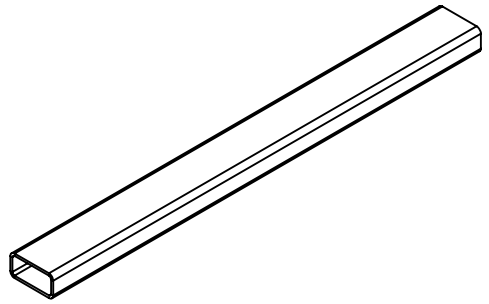
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	07.11.2022	Luka Kaštela		
Razradio	07.11.2022	Luka Kaštela		
Crtao	07.11.2022	Luka Kaštela		
Pregledao				
Objekt: Uređaj za punjenje boca			Objekt broj: 1_DR_2022	
Napomena:			R. N. broj:	
Materijal: S235JR			Masa: 0.2 kg	Kopija
 Mjerilo originala	Naziv: Pravokutna cijev		Pozicija: 1	Format: A4
1:1	Crtež broj: FSB100_01_01_A4			Listova: 17
				List: 3



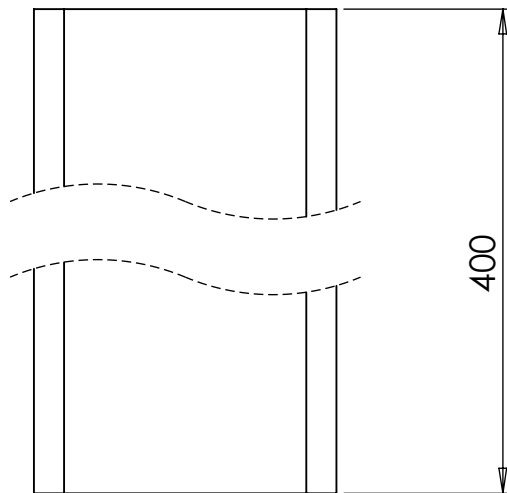
20x40x2 EN10219


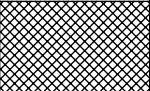
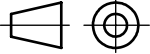


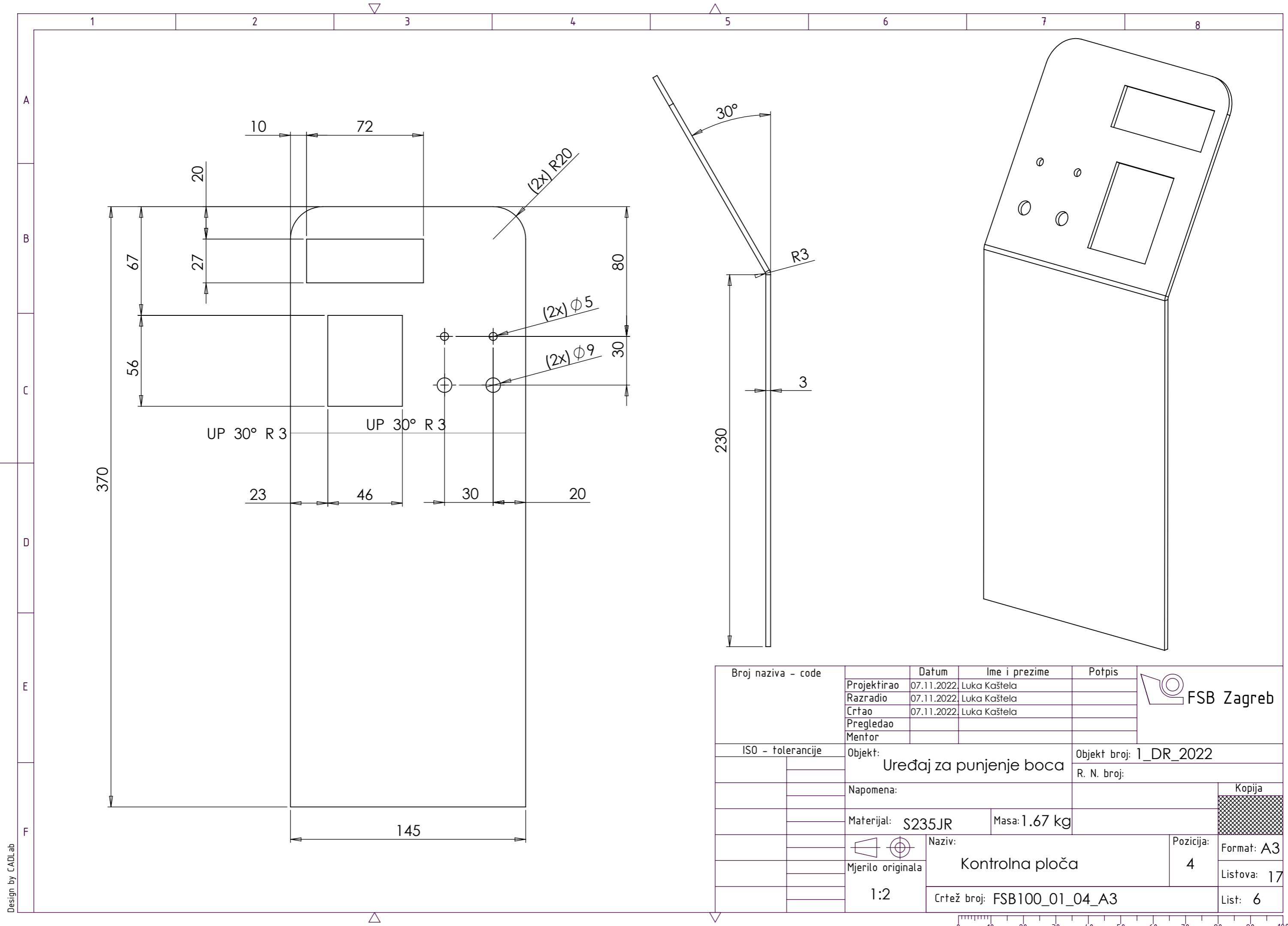
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	07.11.2022	Luka Kaštela		
Razradio	07.11.2022	Luka Kaštela		
Crtao	07.11.2022	Luka Kaštela		
Pregledao				
Objekt: Uređaj za punjenje boca			Objekt broj: 1_DR_2022	
			R. N. broj:	
Napomena:			Kopija	
Materijal: S235JR		Masa: 0.35 kg		
 Naziv: Pravokutna cijev		Pozicija: 2		
Mjerilo originala 1:1		Crtež broj: FSB100_01_02_A4		Format: A4
				Listova: 17
				List: 4



20x40x2 EN10219

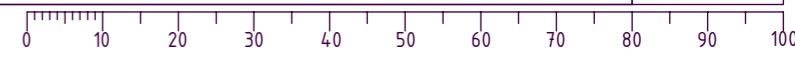


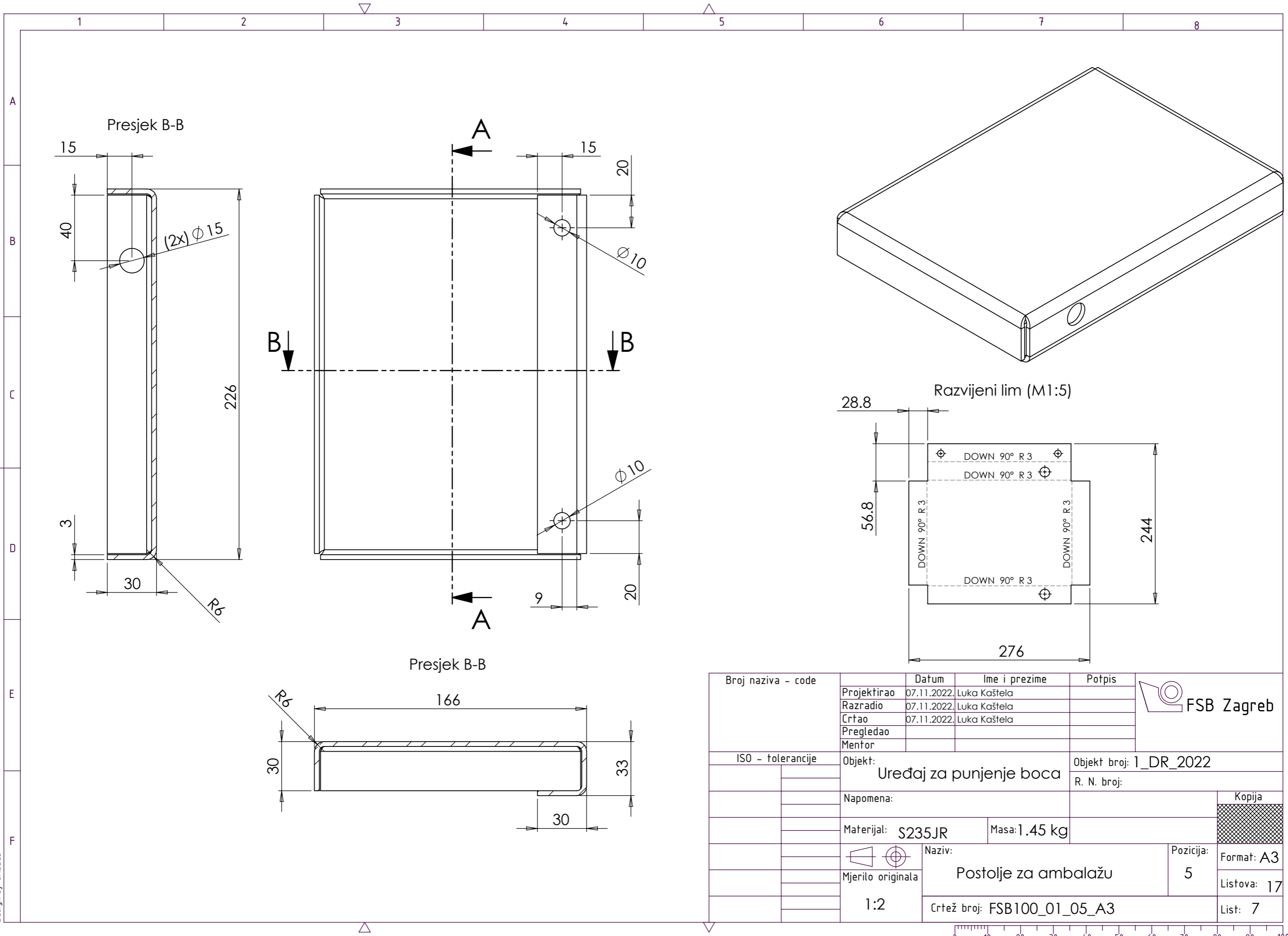
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb			
Projektirao	07.11.2022	Luka Kaštela					
Razradio	07.11.2022	Luka Kaštela					
Crtao	07.11.2022	Luka Kaštela					
Pregledao							
Objekt:			Objekt broj: 1_DR_2022				
Uređaj za punjenje boca			R. N. broj:				
Napomena:					Kopija		
Materijal: S235JR			Masa: 0.67 kg				
		Naziv:		Pozicija:	Format: A4		
Mjerilo originala		Pravokutna cijev		3	Listova: 17		
1:1		Crtež broj: FSB100_01_03_A4			List: 5		



Design by CADLab

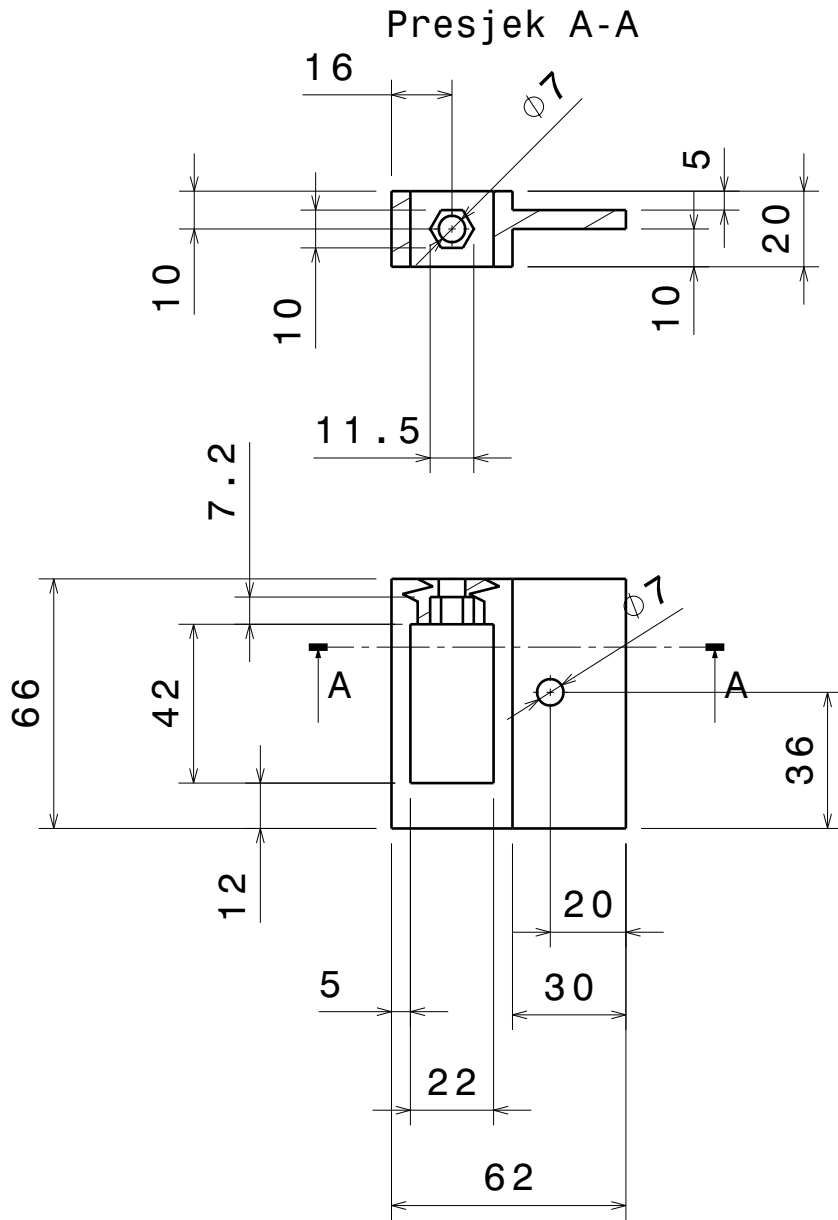
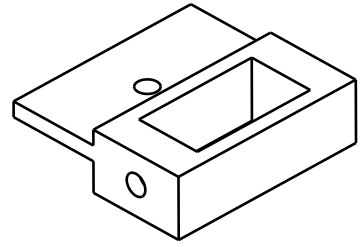
Broj naziva - code	Projektirao	07.11.2022	Luka Kaštela	Potpis	
	Razradio	07.11.2022	Luka Kaštela		
	Crtao	07.11.2022	Luka Kaštela		
	Pregledao				
	Mentor				
ISO - tolerancije	Objekt:		Objekt broj: 1_DR_2022		
	Uređaj za punjenje boca		R. N. broj:		
	Napomena:				Kopija
	Materijal:	S235JR	Masa:	1.67 kg	
	Mjerilo originala	Naziv:		Pozicija:	Format: A3
	1:2	Kontrolna ploča		4	Listova: 17
		Crtež broj: FSB100_01_04_A3			List: 6


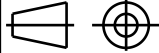


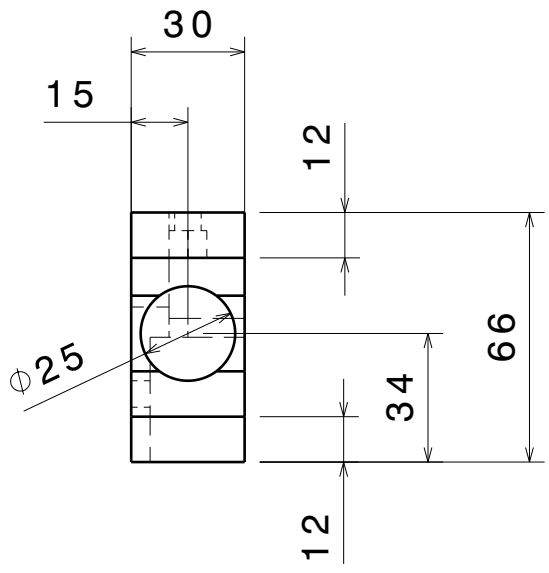
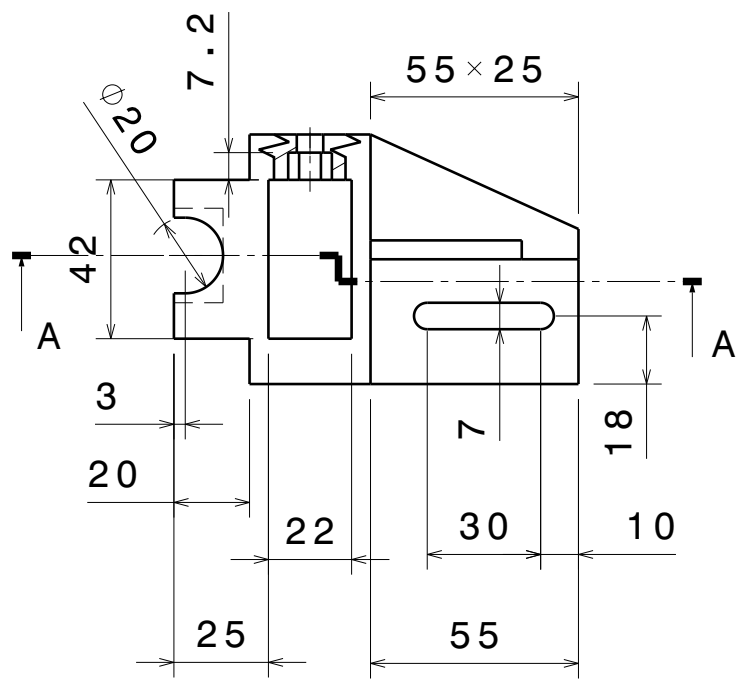
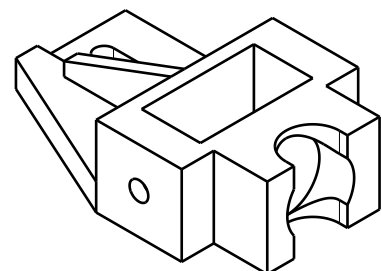
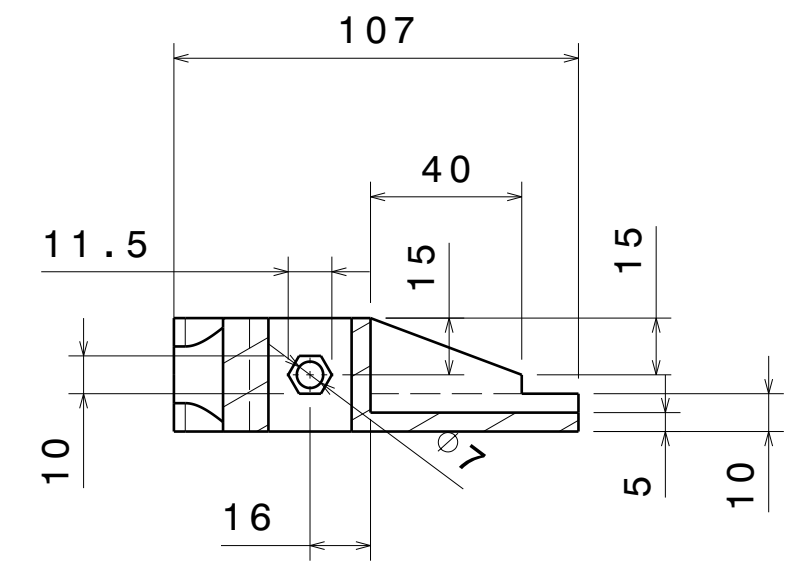



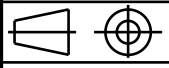
Broj naziva - code	Projektirao	07.11.2022.	Luka Kaštela	Potpis	
	Razradio	07.11.2022.	Luka Kaštela		
	Crtao	07.11.2022.	Luka Kaštela		
	Pregledao				
	Mentor				
ISO - tolerancije	Objekt:		Objekt broj: 1_DR_2022		
	Uređaj za punjenje boca			R. N. broj:	
	Napomena:				Kopija
	Materijal:	S235JR	Masa:	1.45 kg	
		Naziv:		Pozicija:	Format: A3
	Mjerilo originala	Postolje za ambalažu		5	Listova: 17
	1:2	Crtež broj: FSB100_01_05_A3			List: 7

Design by CADLab

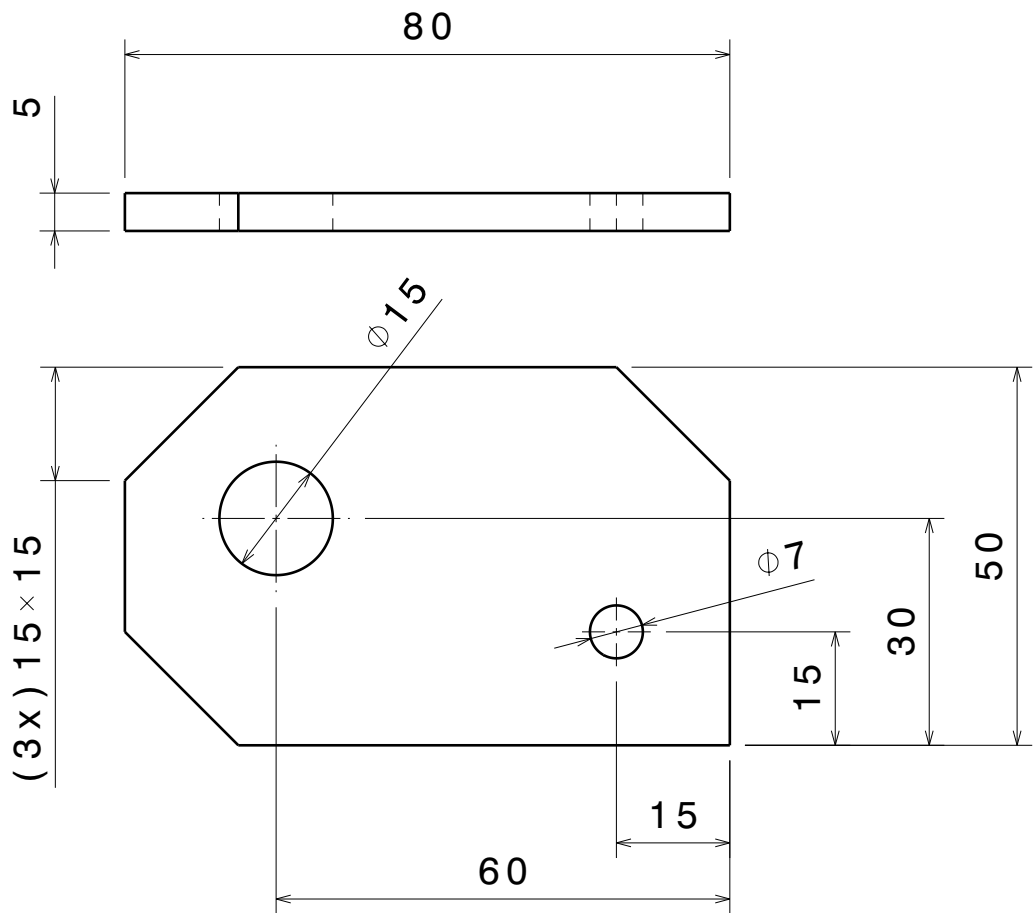
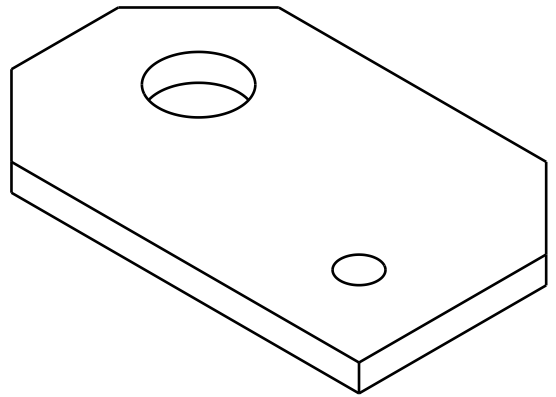



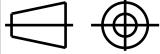
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Razradio	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Crtao	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Pregledao				
Objekt: Uređaj za punjenje boca			Objekt broj: 1_DL_2022	
Napomena:			R. N. broj:	
Materijal: PLA plastika			Masa: 26 g	Kopija
		Naziv: Vodilica		Pozicija: 2
Mjerilo originala 1:2		Crtež broj: FSB_100_02_A4		Format: A4
				Listova: 17
				List: 8

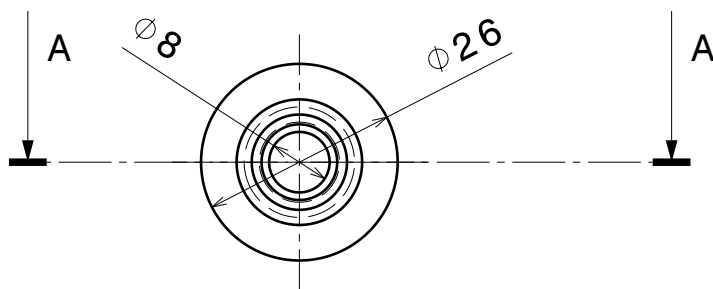
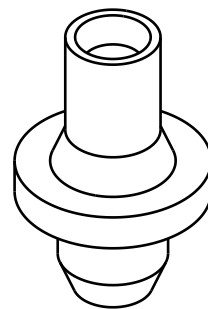


	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Razradio	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Crtao	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Pregledao				
Objekt: Uređaj za punjenje boca			Objekt broj: 1_DL_2022	
Napomena:			R. N. broj:	
Materijal: PLA plastika			Masa: 43 g	<div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 100%; border: 1px solid black;"></div>
 Naziv: Vodilica			Pozicija: 3	
Mjerilo originala: 1:2			Crtež broj: FSB_100_03_A4	Format: A4 Listova: 17 List: 9

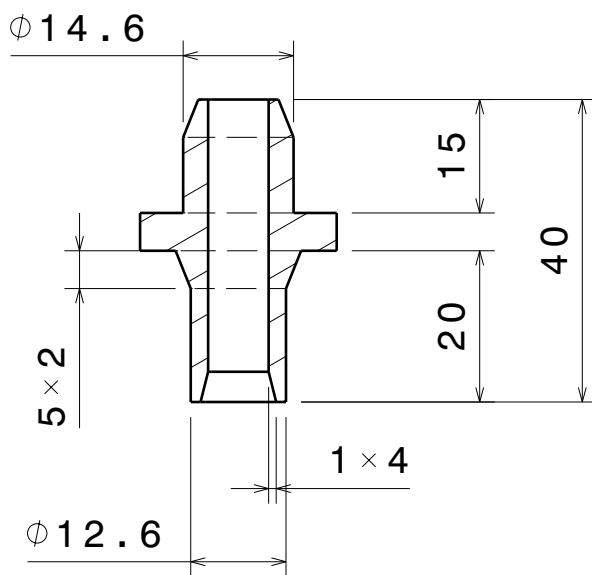
Design by CADLab



	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Razradio	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Crtao	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Pregledao				
Objekt: Uređaj za punjenje boca			Objekt broj: 1_DL_2022	
Napomena:			R. N. broj:	
Materijal: PLA plastika			Masa: 12 g	<div style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>
 Mjerilo originala 1:1		Naziv: Nosac mlaznice		
Crtež broj: FSB_100_04_A4			Format: A4 Listova: 17 List: 10	

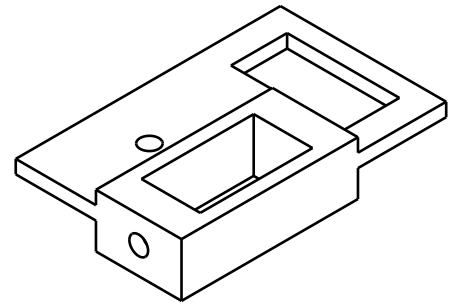
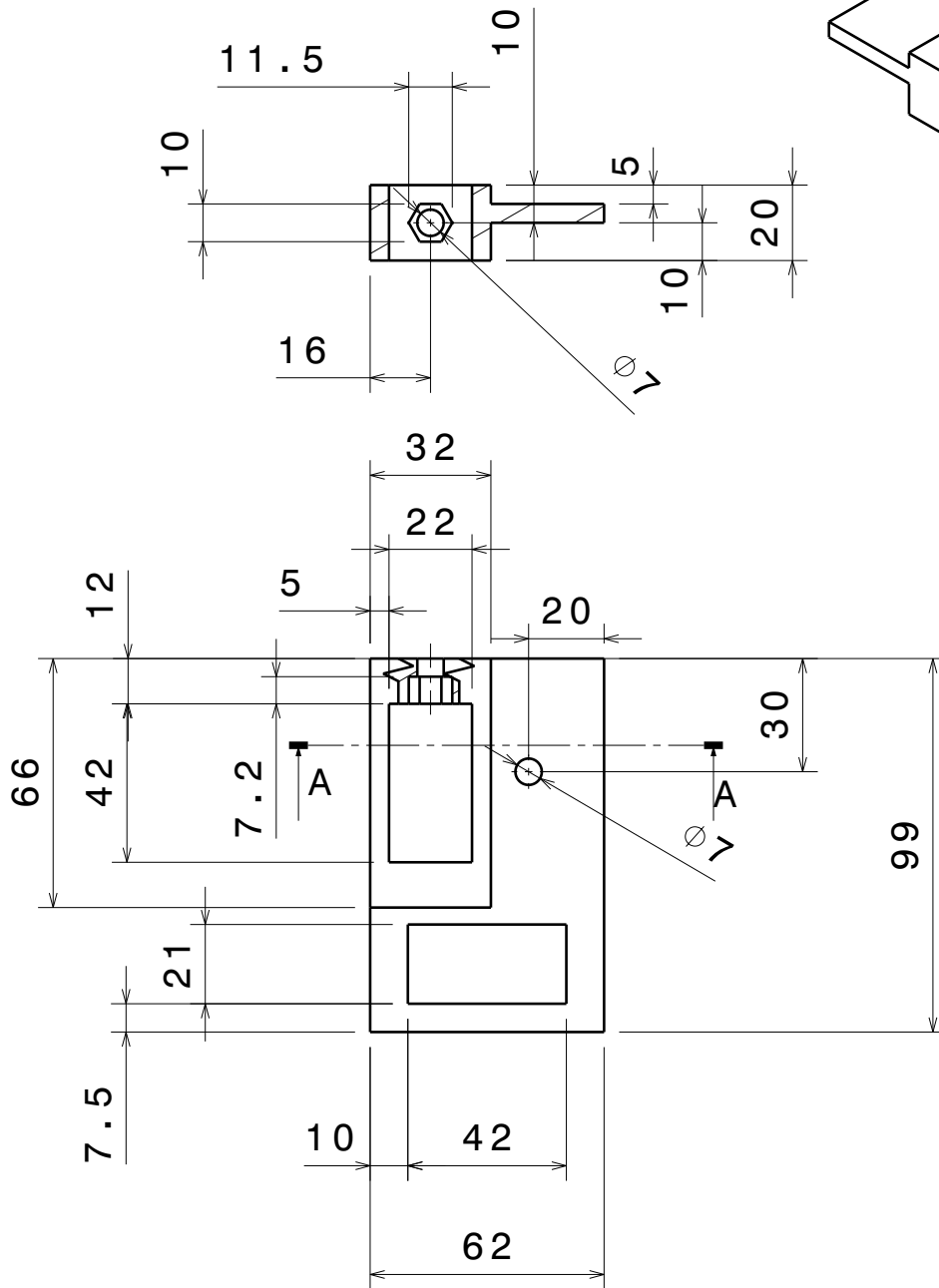



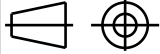
Presjek A-A

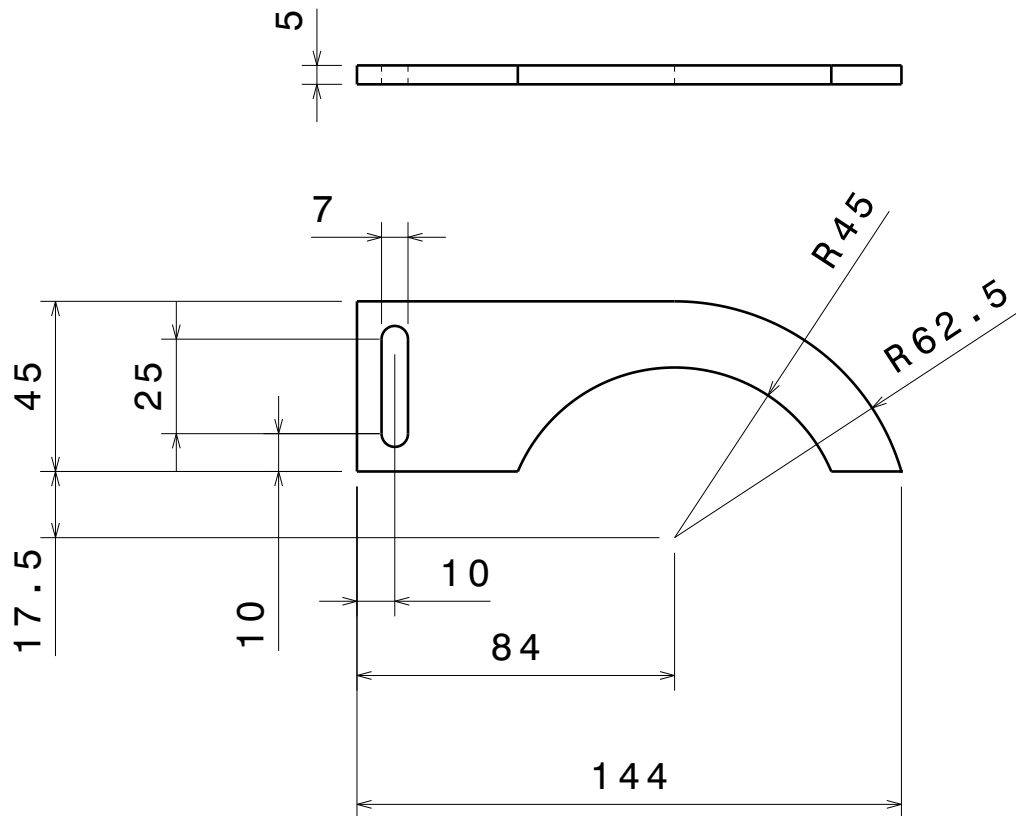
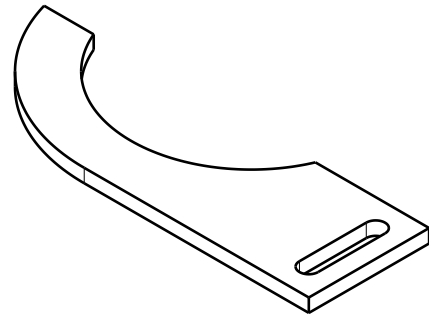



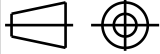
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Razradio	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Crtao	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Pregledao				
Objekt: Uređaj za punjenje boca			Objekt broj: 1_DL_2022	
Napomena:			R. N. broj:	
Materijal: PLA plastika			Masa: 8 g	<div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 100%; border: 1px solid black;"></div>
 Mjerilo originala 1:1		Naziv: Mlaznica		
Crtež broj: FSB_100_05_A4			Format: A4	
			Listova: 17	
			List: 11	

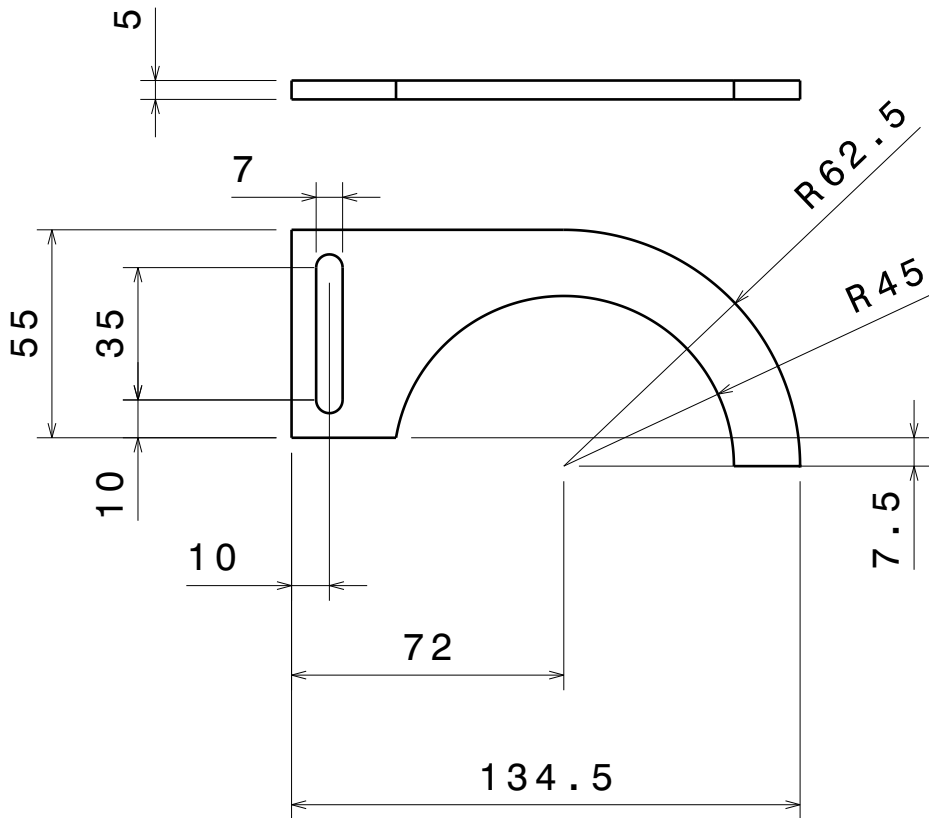
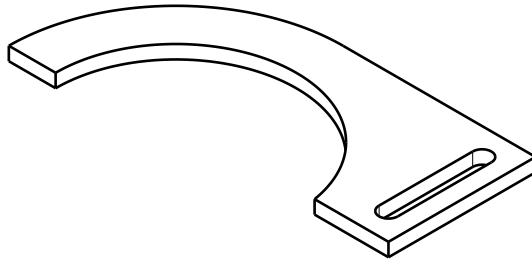
Presjek A-A


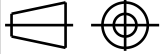


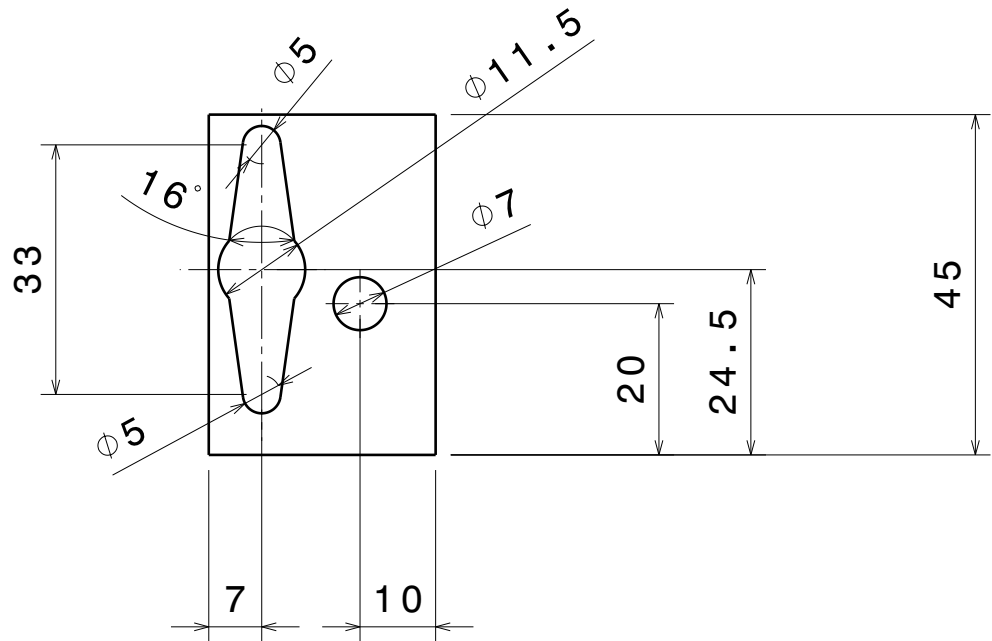
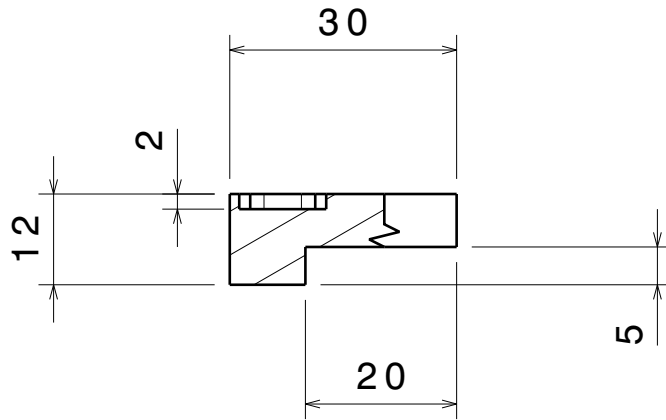
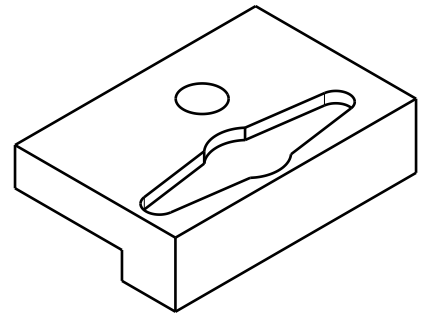
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Razradio	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Crtao	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Pregledao				
Objekt: Uređaj za punjenje boca			Objekt broj: 1_DL_2022	
Napomena:			R. N. broj:	
Materijal: PLA plastika			Masa: 33 g	<div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 100%; border: 1px solid black;"></div>
 Mjerilo originala		Naziv: Vodilica		
1:2		Crtež broj: FSB_100_06_A4		Kopija Format: A4 Listova: 17 List: 12


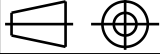


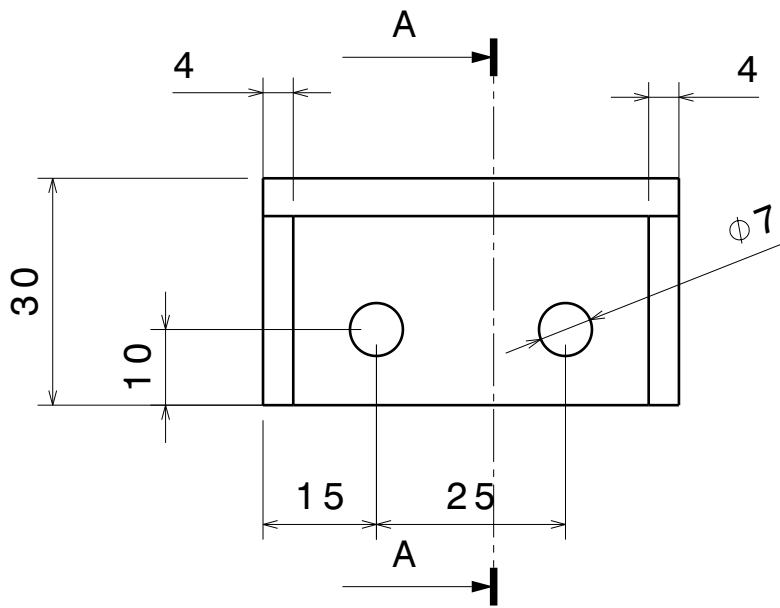
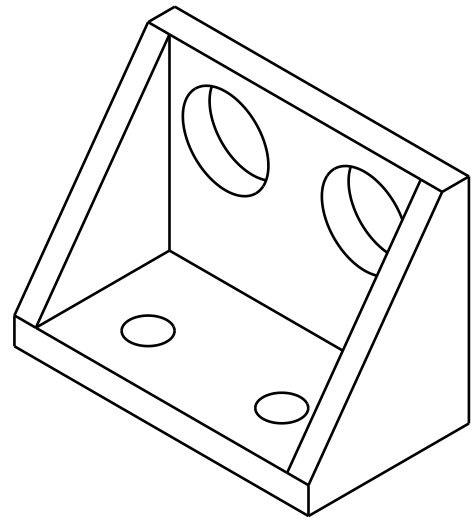
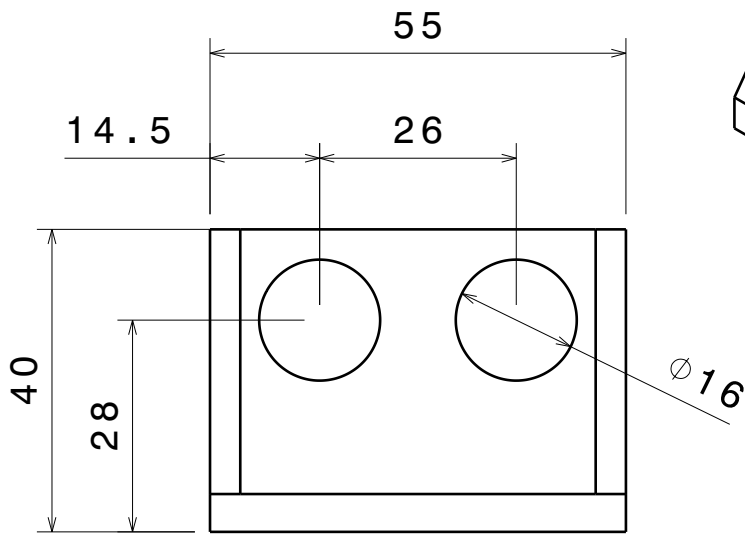
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Razradio	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Crtao	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Pregledao				
Objekt: Uređaj za punjenje boca			Objekt broj: 1_DL_2022	
Napomena:			R. N. broj:	
Materijal: PLA plastika			Masa: 14 g	<div style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%; text-align: center; font-size: 8px;">Kopija</div>
		Naziv: Granicznik boce		
Mjerilo originala 1:2		Crtež broj: FSB_100_07_A4		Format: A4
				Listova: 17
				List: 13



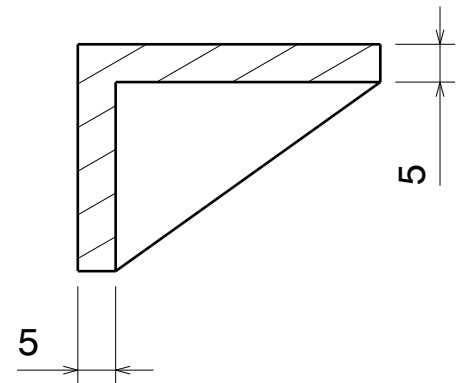
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Razradio	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Crtao	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Pregledao				
Objekt: Uređaj za punjenje boca			Objekt broj: 1_DL_2022	
Napomena:			R. N. broj:	
Materijal: PLA plastika			Masa: 14 g	<div style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>
		Naziv: Granicznik boce		
Mjerilo originala		Crtež broj: FSB_100_08_A4		Format: A4
1:2				Listova: 17
				List: 14


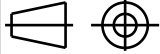


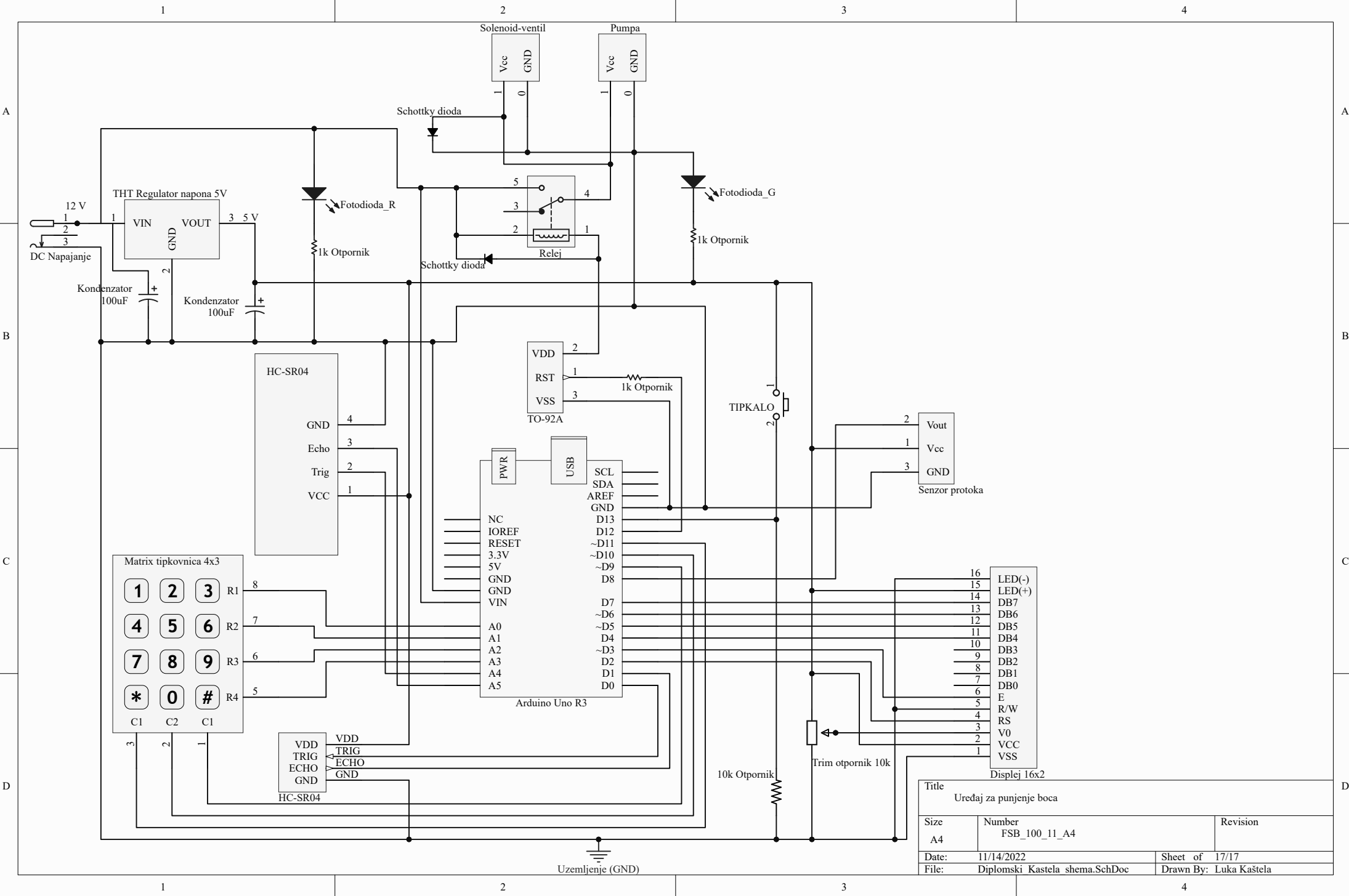
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Razradio	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Crtao	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Pregledao				
Objekt: Uređaj za punjenje boca			Objekt broj: 1_DL_2022	
Napomena:			R. N. broj:	
Materijal: PLA plastika			Masa: 8 g	Kopija
 Mjerilo originala 1:1	Naziv: Nosac granicnika		Pozicija: 9	Format: A4
	Crtež broj: FSB_100_09_A4			Listova: 17
				List: 15



Presjek A-A



	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Razradio	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Crtao	01.11.2022.	Luka Kaštela		
Pregledao				
Objekt: Uređaj za punjenje boca			Objekt broj: 1_DL_2022	
Napomena:			R. N. broj:	
Materijal: PLA plastika			Masa: 15 g	<div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 100%; border: 1px solid black;"></div>
 Mjerilo originala 1:1		Naziv: Nosac senzora		
Crtež broj: FSB_100_10_A4			Format: A4 Listova: 17 List: 16	



Title Uredaj za punjenje boca		
Size A4	Number FSB_100_11_A4	Revision
Date:	11/14/2022	Sheet of 17/17
File:	Diplomski Kastela shema.SchDoc	Drawn By: Luka Kaštela