

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

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

IZDELAVA LASERSKEGA GRAVIRNIKA S KINEMATIKO H-BOT

Tematsko področje: APLIKATIVNI INOVACIJSKI PREDLOGI IN PROJEKTI

Avtorja:

Marko Hrovat, 3. letnik
Gašper Polak Rožič, 3. letnik

Mentorja:

Jožef Hrovat, dipl. inž. stroj.
Stanislav Glinšek, inž. stroj.

Velenje, 2019

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

Mentor: Jožef Hrovat, dipl. inž. stroj.

Somentor: Stanislav Glinšek, inž. stroj.

Datum predavitve: marec 2019

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Srednja šola za strojništvo, geotehniko in okolje, 2018/2019

KG H-bot/laser

AV HROVAT, Marko, POLAK, ROŽIČ, Gašper

SA HROVAT, Jožef, GLINŠEK, Stanislav

KZ 3320, Velenje, SLO, Velenje

ZA Srednja šola za strojništvo, geotehniko in okolje

LI 2019

IN Izdelava laserskega gravirnika s kinematiko H-bot

TD Raziskovalna naloga

OP VIII, 45 strani, 53 slik, 12 referenc, 1 priloga

IJ SI

JI sl/en

AI

Ozadje: CNC-tehnologija je dosegla stopnjo razvoja, da si brez nje ne moremo več predstavljati sodobne proizvodnje. Na trgu obstaja pestra ponudba CNC-obdelovalnih strojev za različna opravila, namenjenih večinoma za profesionalno uporabo. Ta ponudba ne ustreza uporabnikom, ki želijo CNC-stroje uporabljati za hobi ali modelarstvo, saj zahteva preveliko finančno investicijo. V okviru raziskovalne naloge sva se zato lotila izdelave CNC-laserskega rezalnika, ki bo imel širok spekter uporabnosti (razrez in graviranje vezanih plošč, usnja, kartona ipd.), bo enostaven za izdelavo in uporabo, mobilan ter cenovno dostopen. Da bi zadostila najinim zahtevam, sva se odločila izdelati CNC-laserski gravirnik, ki bo imel monokovinsko ohišje. Krmilni sistem bo temeljil na odprtokodnem krmilniku arduino in programski opremi GRBL, za kinematiko pa bo uporabljen sistem z enim jermenom (H-bot).

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Srednja šola za strojništvo, geotehniko in okolje, 2018/2019

CX H-bot/laser

AU HROVAT, Marko, POLAK, ROŽIČ, Gašper

AA HROVAT, Jožef, GLINŠEK,

PP 3320, Velenje, SLO, Velenje

PB High school for engineering, geotechnical engineering and environment

PY 2019

TI H-bot laser engraver

DT Research work

NO VIII, 45 pages, 53 pictures, 12 references, 1 appendixe

LA SI

AL sl/en

AB

CNC technology has developed to such an extent that it represents an indispensable part of modern technology. There is a wide range of CNC machines on the market mostly designed for professional use. Due to high investment costs these machines are not suitable for those who want to use them for their hobbies or modelling.

In our thesis we dealt with a laser cutter. We wanted to make a portable and easy-to-use machine with a wide range of usability (cutting and engraving of plywood panels, leather, cardboard etc.) and a reasonable price. To satisfy our requirements we decided to make a CNC laser engraver with a monometal casing. Its control system will be based on an open coded arduino controller and GRBL software while kinematics will use a one-belt system (H-bot).

KAZALO

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	II
KEY WORD DOCUMENTATION	III
KAZALO	IV
KAZALO GRAFOV, SLIK IN PRILOG	V
SEZNAM OKRAJŠAV	VI
1 UVOD.....	1
1.1 Zakaj takšna raziskovalna naloga?	1
1.2 Cilja raziskave.....	1
1.3 Hipoteze	1
2 TEORETIČNE OSNOVE	2
2.1 Postopki delovanja laserja	2
2.1.1 Rezanje z laserjem.....	2
2.1.2 Graviranje z laserjem	3
2.2 Vrste laserjev	3
2.2.1 CO ₂ laser.....	3
2.2.2 YAG laser.....	3
2.2.3 Polprevodniški laser	5
2.2.4 Vlakenski laser (fiber laser)	5
2.3 H-bot kinematika	6
2.4 Fokuseranje laserja.....	8
2.5 Zaščita	8
2.6 Uporaba laserjev.....	9
2.6.1 Laserji v medicini.....	9
2.6.2 Laserji v industriji	9
2.6.3 Laserji za ljubiteljsko rabo	9
3 ELEKTRONSKI DEL.....	9
3.1 Arduino.....	9
3.2 Arduino nano.....	10
3.3 GRBL	11
3.3.1 GRBL program.....	12
3.3.2 GRBL-GRU	13
3.3.3 GRBL - simulacijski način.....	13

3.3.4 GRBL - delovni način	13
3.3.5 Izdelava programa v GRBL-GRU.....	14
3.4 Gonilnik.....	14
3.5 Motor.....	15
3.6 Napajalnik	16
3.7 Polprevodniški laser	17
4 MEHANSKI DELI LASERJA.....	17
4.1 Ohišje	17
4.2 Ležaji.....	18
4.3 Vodila	19
4.4 Jerman in jermenica	20
4.5 Tridimenzionalno natisnjeni deli.....	21
5 MATERIALI IN METODE	21
5.1 Opis dela	21
5.2 Metode dela.....	22
6 REZULTAT	23
6.1 Gradiva.....	23
6.2 IZDELAVA LASERJA	24
6.3 Izdelava G-kode, graviranje in rezanje	28
6.3.1 Rezanje.....	28
6.3.2 Graviranje.....	32
6.4 Testiranje končnega izdelka	34
6.4.1 Testiranje rezanja	34
6.4.2 Testiranje graviranja.....	34
6.5 Uporaba končnega izdelka	35
6.5.1 Prednosti izdelanega laserja	35
6.5.2 Slabosti izdelanega laserja	35
7 RAZPRAVA.....	36
7.1 Možnosti izboljšave.....	37
7.2 Težave	37
7.3 Izdelki.....	39
8 ZAKLJUČEK	41

9 POVZETEK	41
10 ZAHVALA	43
11 VIRI IN LITERATURA.....	43
12 PRILOGE	44

KAZALO SLIK, TABEL IN PRILOG

Kazalo slik

Slika 1: Delovanje laserja.....	2
Slika 2: CO ₂ laser	3
Slika 3: YAG laser, vzdolžno črpanje	4
Slika 4: YAG laser, prečno črpanje	4
Slika 5: Vlakenski laser	5
Slika 6: H-bot kinematika.....	6
Slika 7: Primer gibanja H- bot.....	7
Slika 8: Smeri gibanja v odvisnosti od smeri vrtenja motorjev.....	7
Slika 9: Enačbi za izračun fokusiranja laserja	8
Slika 10: Zaščitna očala za delo z laserjem	8
Slika 11: Arduino nano nameščen na kontrolno ploščo GRBL.....	11
Slika 12: Delovanje GRBL-ja.....	12
Slika 13: Primer zapisa programa.....	12
Slika 14: Simulacijski način	13
Slika 15: Delovni način programa GRBL-GRU.....	14
Slika 16: Izdelava G-kode	14
Slika 17: Gonilnik A4988.....	15
Slika 18: Motor Nema17	16
Slika 19: Napajalnik	16
Slika 20: 5.5w 450nm Focusing Blue Laser.....	17
Slika 21: Ohišje in nosilec glave, preden sta bila dokončno pobarvana.....	18
Slika 22: Ležaj SC8LUU	19
Slika 23: Ležaj F625ZZ.....	19
Slika 24: Vodilo premera 8 mm in dolžine 420 mm	20
Slika 25: Vodilo z drsnikom (ležajem) MGN9H	20
Slika 26: Jermanica 2GT-20 zob	20
Slika 27: Tridimenzionalno natisnjena noga dolžine 120 mm	21
Slika 28: Tridimenzionalno natisnjen nosilec glave.....	21
Slika 29: Material, ki sva ga potrebovala	24
Slika 30: Sestavljen nosilec glave	25
Slika 31: Ohišje s T-komadi	25
Slika 32: Nosilec, vstavljen v ohišje.....	26
Slika 33: Na ohišje pritrjene noge	26
Slika 34: Tridimenzionalno natisnjeni distančniki in motor NEMA17.....	27
Slika 35: Končan laser, brez laserske glave in naloženega programa	27
Slika 36: Povezovanje računalnika in Arduina.....	28
Slika 37: Vstavljanje datoteke DXF	29
Slika 38: Določitev dela	29
Slika 39: Delo, preko katerega pridemo do hitrosti rezanja	30
Slika 40: Določitev hitrosti.....	30
Slika 41: Določitev nične točke.....	31
Slika 42: Začetek programa.....	31
Slika 43: Izbira datoteke	32
Slika 44: Določitev smeri in debeline gravure	32
Slika 45: Določitev hitrosti rezanja in velikosti slike.....	33

Slika 46: Določitev nične točke in začetek programa	33
Slika 47: Končni izdelek	37
Slika 48: Težava s spominskim prostorom na arduinu.....	38
Slika 49: kvadrat.....	39
Slika 50: Kolo.....	39
Slika 51: Voziček	40
Slika 52: Logotip Šole za strojništvo, geotehniko in okolje.....	40
Slika 53: Prvi graviran izdelek	41

Kazalo prilog

Priloga 1: 3D model laserja	44
-----------------------------------	----

SEZNAM OKRAJŠAV

GRBL – programska oprema

LASER – ojačevanje svetlobe s spodbujanim sevanjem valovanja (ang. *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*)

1 UVOD

Sva dijaka srednje šole za strojništvo in se rada ukvarjava z izdelavo strojev. Ker sva pogosto sodelovala na različnih predstavitev srednjih šol, sva ugotovila, da večina promovira šole s 3D tiskalniki in različnimi izdelki, izdelanimi z njimi. Tako sva prišla do ideje, da bi sama poskušala izdelati prenosljiv laserski gravirnik.

1.1 Zakaj takšna raziskovalna naloga?

Za takšno raziskovalno nalogo sva se odločila, ker naju zanima delovanje in izdelovanje strojev, še posebej CNC-tehnologija, hkrati pa sva zaznala pomanjkljivosti ponudbe CNC-tehnologije za ljubiteljske uporabnike na tržišču. Zato sva si zastavila cilj najti način za izdelavo laserskega gravirnika, ki bo ustrezal temu namenu: ki bo enostaven za izdelavo, prenosljiv, in tako primeren tudi za različne predstavitve, varen za uporabo, robusten ter cenovno dostopen.

Nekajkrat sva se dobila s profesorjem, da smo najprej izbrali področje, nato pa še ožjo temo raziskave.

1.2 Cilja raziskave

1. Izdelati laserski gravirnik, ki bo deloval, bo varen, prenosljiv in enostaven za uporabo.
2. Izdelati laserski gravirnik, ki bi bil primeren tako za profesionalno kot tudi za zasebno uporabo.

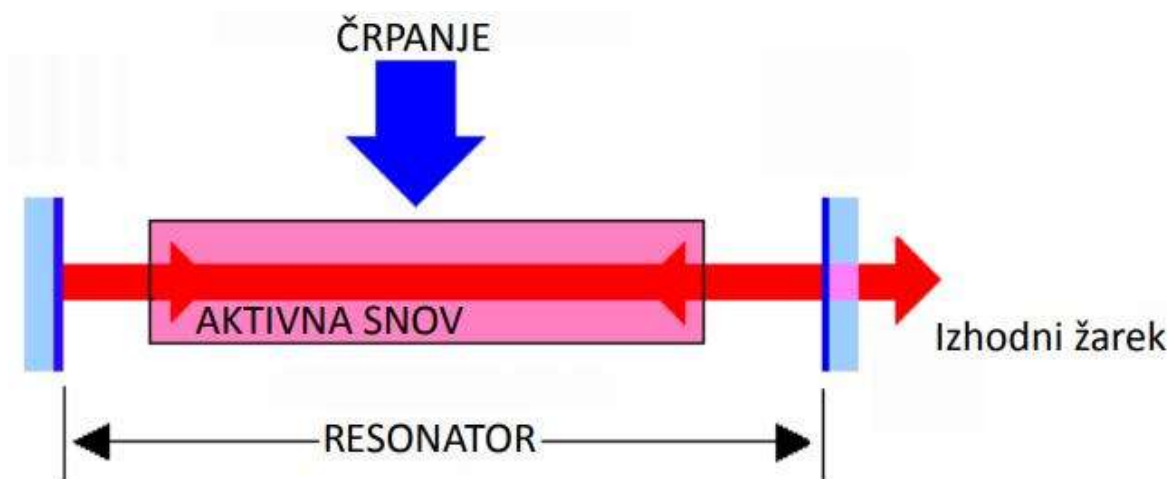
1.3 Hipoteze

1. Izdelati je možno delujoč prototip laserskega gravirnika s kinematiko H-bot.
2. Cena najinega izdelka je primerljiva s cenami podobnih gravirnikov.
3. Najin gravirnik lahko odreže 3 mm debelo vezano ploščo.
4. Najin gravirnik lahko gravira na nerjavno pločevino.

2 TEORETIČNE OSNOVE

LASER - *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* je optična naprava, ki seva koherentni (*povezan*) snop fotonov (*foton je v fiziki energijski kvant oz. delec, ki ga ni več možno deliti*). To dosežemo s postavitvijo aktivnega medija med dvema zrcaloma, kot je prikazano na sliki 1. Vnos energije v aktivni medij povzroča spontano (*samodejno*) emisijo svetlobe z določeno valovno dolžino. Svetloba se v mediju razširi na vse strani. Pojav stimulirane emisije se pojavi ob trčenju fotona ob vzbujeni atom aktivnega medija, ki odda nov identičen foton. Neprekinjeno gibanje tako nastajajočih fotonov skozi aktivni medij med dvema zrcaloma povzroči ojačanje laserskega žarka. Polprepustno zrcalo se uporablja za usmerjanje laserskega žarka ven iz aktivnega medija. Tako se nekaj svetlobe odbije nazaj v medij, medtem ko ostali del pride skozi zrcalo in tvori laserski žarek. Laserski izvor mora tako vsebovati aktivno snov, črpalni sistem in resonator.

Laserji se delijo glede na vrsto aktivnega medija, saj je od tega odvisna valovna dolžina laserske svetlobe. Poznamo plinske laserje in laserje s trdim medijem.



Slika 1: Delovanje laserja

2.1 Postopki delovanja laserja

2.1.1 Rezanje z laserjem

Lasersko rezanje je uveljavljen postopek za natančne reze po konturni ravnini, poznamo pa tudi tridimenzionalno rezanje ter rezanje cevi in profilov. Z laserjem lahko poleg kovin učinkovito režemo polimere, keramiko, les, usnje, tekstil in druge materiale.

Lasersko rezanje je termični postopek, podobno kot plamensko ali plazemsko rezanje, le da je žarek, kot izvor sevalne energije, fokusiran na površino obdelovanca. Tako dosežemo zadostno površinsko gostoto moči, da se material segreje, stali in v končni fazi upari.

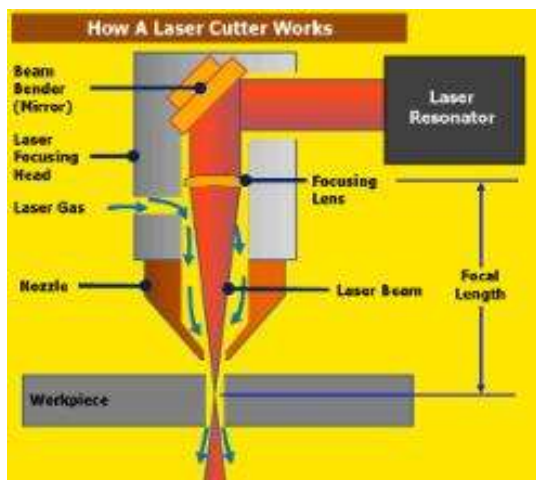
2.1.2 Graviranje z laserjem

Lasersko graviranje je proces, pri katerem s pomočjo računalniško krmiljenih laserskih žarkov na material delujemo točkovno in mu s tem na točno določenih mestih spreminjamo površino. Podobno kot tiskalnik z nanašanjem barve elektronsko vsebino tiska na papir, gravirna naprava z delovanjem laserja po elektronski matrici spreminja obdelovanec. Nastanejo lahko rezi, gravure, reliefi, vtisi in vžigi.

2.2 Vrste laserjev

2.2.1 CO₂ laser

V industrijskem okolju se največkrat uporablja laser CO₂. V laserju CO₂ je aktivni del medija mešanica CO₂, helija in dušika pod absolutnim tlakom 0,005 bar. Za konstanten tlak v resonatorju skrbi vakuumška črpalka, energijo pa v laser dovajamo z razelektrivijo. Pri laserju CO₂ je izkoristek majhen, okoli 10% preostale energije pa gre v toplotne izgube. Pomembno je dobro odvajanje toplote, saj je za nemoteno delovanje laserskega izvora potrebno vso toploto odvesti stran od njega. Laserski izvor z močjo 2 kW tako potrebuje hladilnik moči 20 kW. Sistem je stabilen, če temperatura ne niha za več kot 1°C. Valovna dolžina CO₂ laserja je 10.6 μm.



Slika 2: CO₂ laser

2.2.2 YAG laser

Pri laserju Nd:YAG je aktivna snov YAG (Itrijev aluminijev granat) – kristal, z dodanimi primesmi Nd₃⁺ (element iz skupine lantanidov – redke zemlje). Nd₃⁺ ioni nadomestijo nekatere Y₃⁺ ione v kristalni rešetki. Lasersko delovanje omogočajo sevalni prehodi med elektroni v več stanjih. Laser Nd:YAG lahko oddaja svetlobo bliskovno ali kontinuirano in deluje na valovni dolžini 1.06 μm. Prednost laserja Nd:YAG je njegova kompaktnost in sposobnost prenašanja žarka na velike razdalje, saj žarek potuje po optičnih vlaknih. Velika fleksibilnost optičnih vlaken omogoča namestitvev laserja na robotsko roko. Možno je

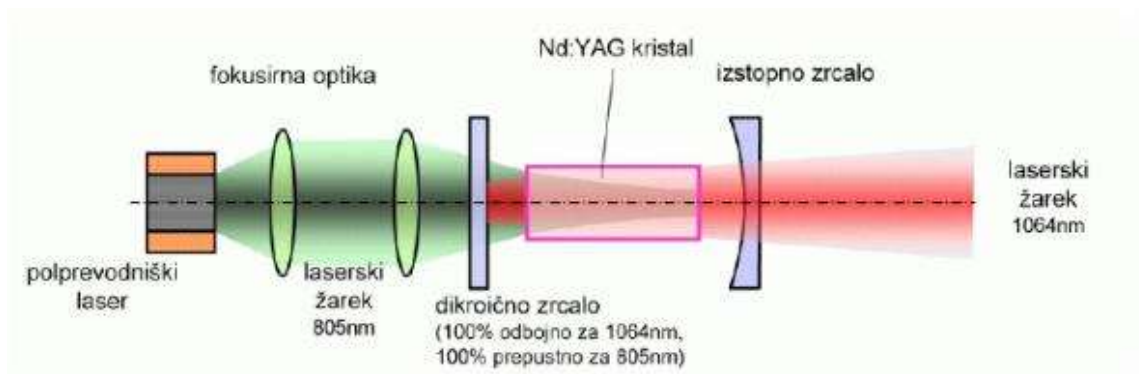
vzbujanje laserja s polprevodniškim laserjem. V splošnem sta v uporabi dve izvedbi optičnega črpanja, vzdolžno in prečno črpanje.

Vzdolžno črpanje (slika 3):

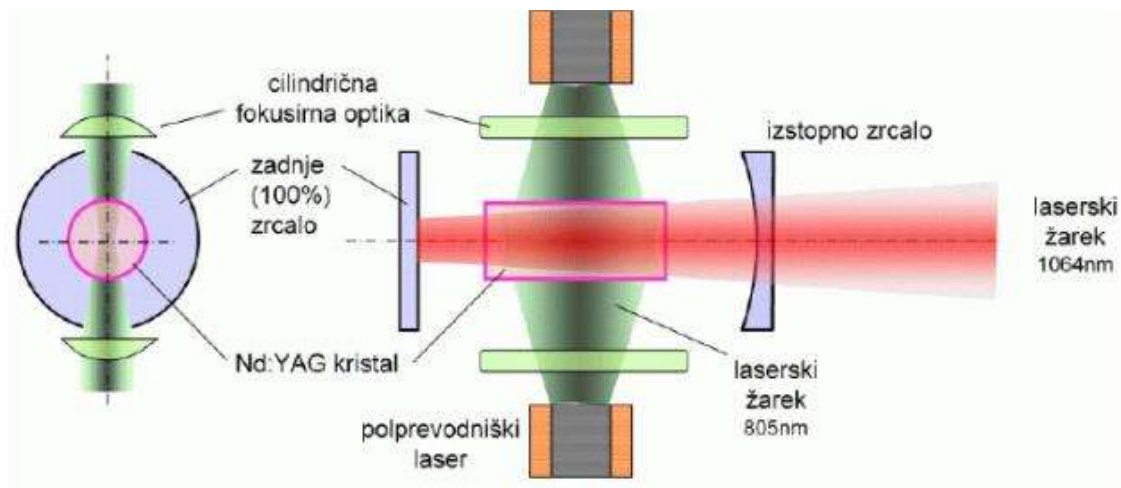
- visok izkoristek vzbujevalnega žarka,
- odlična kvaliteta izhodnega žarka,
- primerno za manjše in srednje moči, problem nastane pri visoki jakosti žarka na majhni površini, kar privede do termoelastičnih napetosti in lokalne spremembe lomnega količnika.

Prečno črpanje (slika 4):

- slabša kvaliteta Nd:YAG žarka,
- primerno za večje moči črpanja, vzbujevalni žarek vstopa na večji vstopni površini kristala.



Slika 3: YAG laser, vzdolžno črpanje



Slika 4: YAG laser, prečno črpanje

2.2.3 Polprevodniški laser

Polprevodniški laser ali laserska dioda ima aktivni medij v obliki spoja dveh polprevodnikov tipa P in N. N tip polprevodnika vsebuje večjo koncentracijo prostih elektronov, P tip pa večjo koncentracijo vrzeli. Ta PN spoj ali dioda, je zmožen oddajati svetlobo. Laserska dioda je najbolj pogost tip laserja s spektrom uporabe v komunikaciji, bralnikih črtnih kod, laserskih kazalnikih, CD/DVD/Blu-ray diskih, laserskih tiskalnikih itd. Polprevodniški laserji imajo izkoristek do 60%.

2.2.4 Vlakenski laser (fiber laser)

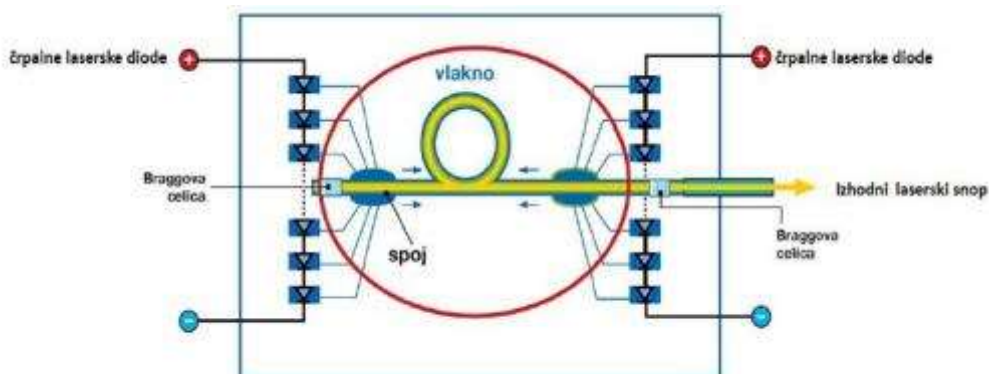
Pri vlakenskih laserjih poteka pretvorba črpalne svetlobe v lasersko v optičnih vlaknih. Optično vlakno je sestavljeno iz več ovojev, pri čemer je jedro s primesjo aktivne snovi (največkrat so to atomi iterbija), ki ojača in vzbuja lasersko svetlobo.

Ker ima notranji ovoj manjši lomni količnik kot jedro, se laserska svetloba na meji med jedrom in notranjim ovojem odbija in se tako lahko širi le po jedru. V notranji ovoj se preko laserskih diod uvaja črpalna svetloba. Ker ima notranji ovoj manjši lomni količnik kot ga ima jedro, prehaja črpalna svetloba v jedro, kjer vzbuja atome v višja energijska stanja. Zunanji ovoj ima še manjši lomni količnik kot notranji ovoj, zato svetloba ostaja v notranjem ovoju. Zunanost optičnih vlaken je obdana z mehansko zaščito. Za ojačanje potrebujemo še resonator, katerega pri vlakenskem laserju predstavljata dve Braggovi vlakenski celici, od katerih ena lasersko svetlobo odbija v celoti, druga pa le delno, kar omogoča izstop dela laserske svetlobe iz resonatorja. Za laserski izvor se uporablja črpalne laserske diode, ki so lahko nameščene na obeh koncih optičnega vlakna ali pa so na samo vlakno spojene. Večje kot je število laserskih diod, večja je izhodna moč laserja.

Na sliki 5 je shematsko prikazan vlakenski laser z večjim številom črpalnih diod, ki so nameščene na obeh koncih vlakna.

Izkoristek vlakenskega laserja je v primerjavi z drugimi tipi laserjev mnogo večji. Za osnovo pri izkoristku so laserske diode, ki dosegajo pretvorbo električne energije v optično med 50 % in 70 %.

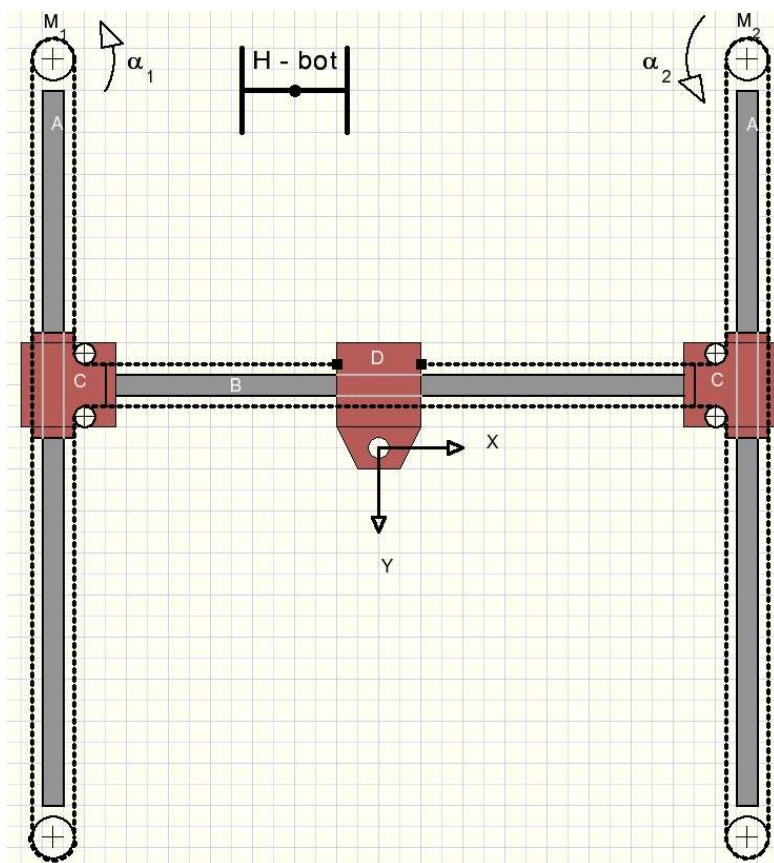
Za obdelavo debelih materialov je potreben laser večjih izhodnih moči (od 10 kW do 100 kW). Takšni laserji so izdelani modularno, kar pomeni, da je več modulov manjših moči združenih v eno enoto, katera združeno oddaja svetlobo v eno optično vlakno.



Slika 5: Vlakenski laser

2.3 H-bot kinematika

H-bot kinematika temelji na osnovi 2 pogonov, ki sta povezana z enojnim jermenom oblike H. Mehanizem H-bot izvaja dvodimenzionalne premike v smeri X in v smeri Y. Posebnost v tej zasnovi je uporaba enega jermena in dveh motorjev v eni ravnini. Motorja sta pritrjena fiksno in se ne premikata.



Slika 6: H-bot kinematika

Oglejmo si zgornjo sliko:

M 1 in M 2 sta koračna motorja, njuna rotacija pa je elektronsko nadzorovana (rotacijski koti so izraženi v radianih).

Če se motor zavrti za kot α , ima to za posledico pomik vodila B, ki se premakne v odvisnosti od velikosti jermenice r . B je nosilec z linearnim vodilom.

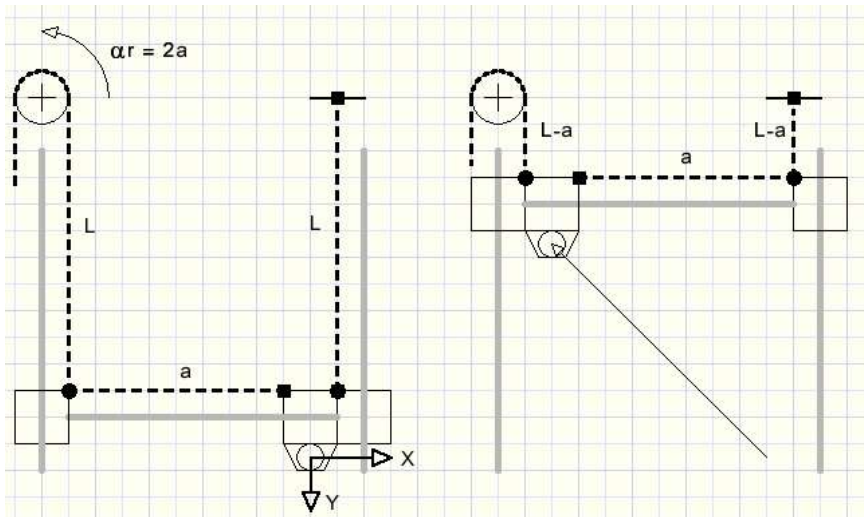
D se vedno premika vodoravno preko linearnega vodila B.

B in C tvorita fiksno konstrukcijo, ki se premika navpično nad vodili A.

Zobati jermen ima oba konca povezana z D.

Vodoravni, navpični in diagonalni premik se pojavi, ko motorja zavijeta levo, desno ali eden miruje.

Primer 1: Motor 1 se vrti v levo, motor 2 se ustavi (shematski prikaz na sliki 7)



Slika 7: Primer gibanja H- bot

Leva dolžina jermena je $L + a + L = 2L + a$.

Desno je dolžina pasu $La + La + a = 2L - a$.

Levi motor (1) je premaknil jermen na razdalji $2a$.

Premikanje po dolžini a povzroči premik laserja za $0,5a$ v vodoravni in navpični smeri:

$$x = -0,5a; y = -0,5a$$

Laser se premika diagonalno levo / navzgor, če se motor vrti v pozitivni smeri (CCW).

Primer 2: Motor 1 zavije levo, motor 2 zavije desno.

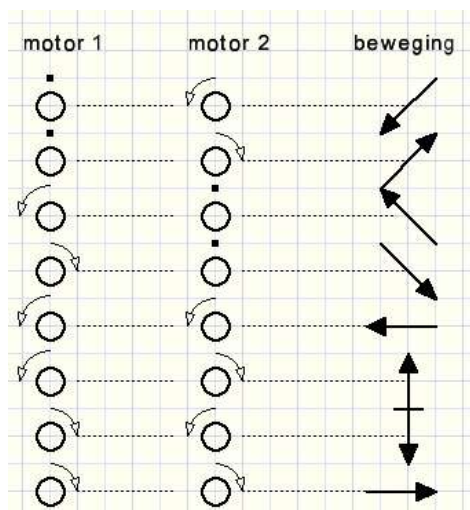
Motor 2 premakne jermen čez razdaljo $-a$.

Dodatek:

$$x = -0,5a + 0,5a = 0; y = -0,5a - 0,5a = -a$$

Laser se premakne za razdaljo a .

Spodnja slika prikazuje smer gibanja pri različnih kombinacijah vrtenja motorjev



Slika 8: Smeri gibanja v odvisnosti od smeri vrtenja motorjev

Prednost H-bot kinematike je, da orodje, ki ga vodimo, ne obremenjuje jermen, ampak le ležaj in vodila. Pri H-bot kinematiki je prav tako lažje nadzorovati gibanje, ker je ohišje lahko zelo togo in neobčutljivo na zunanje dejavnike. Tudi hitrosti gibanja so pri tej kinematiki veliko večje kot pri ostalih. Obstaja pa slabost raztezka jermena, kar ima za posledico nepravilno delovanje mehanizma.

2.4 Fokusiranje laserja

Z uporabo leč se doseže fokusiranje laserskega žarka. Pri rezanju je za večjo natančnost potrebno žarek zbrati v čim manjšo točko oz. gorišče. Moč žarka se pri tem ne spreminja, spreminja pa se gostota svetlobnega toka. Izračun premera žarka v gorišču je prikazan z prvo enačbo na slika 99.

$$d = \frac{4 \cdot \lambda \cdot f}{\pi \cdot D}$$

$$z_R = \left(\frac{8 \cdot \lambda}{\pi}\right) \left(\frac{f}{D}\right)^2$$

Slika 9: Enačbi za izračun fokusiranja laserja

Daljša kot je goriščna razdalja, večji bo premer žarka v gorišču. Glede na debelino materiala, ki ga režemo, pa je pomembna tudi dolžina, na kateri je laserski žarek v fokusu oz. globini gorišča. To je razdalja, na kateri ima žarek približno enako intenziteto in se premer žarka spreminja za $\pm 50\%$. Definirana je s spodnjo enačbo na sliki 9.

2.5 Zaščita

Industrijski laserji imajo obdelovalni prostor večinoma zaprt in vanj ne moremo posegati. Pri laserjih, ki so odprti, potrebujemo zaščitna očala, kajti zaradi žarkov, ki jih laser ustvarja, lahko pride do hudih poškodb oči. Priporočljive so tudi rokavice, saj so lahko izdelki po obdelavi zelo topli. Laser mora biti zaradi temperature pri rezanju pod stalnim nadzorom.



Slika 10: Zaščitna očala za delo z laserjem

2.6 Uporaba laserjev

2.6.1 Laserji v medicini

Laserji se v medicini uporabljajo na področju analize tkiv, v očesni kirurgiji, pri dermatoloških posegih, celičnem sortiranju in v zobozdravstvu. Za iste aplikacije je razvitih več tipov laserjev, tako da se v medicini uporabljajo tako CO₂ laserji kot diodni, trdninski in plinski.

2.6.2 Laserji v industriji

V industriji se najpogosteje pojavljajo CO₂, diodni in YAG laserji. Uporabljajo se predvsem v avtomobilski industriji, njihova dobra lastnost pa je, da so v primerjavi z ostalimi postopki zelo natančni, učinkoviti in hitri. Končne izdelke se da tudi nadaljnje obdelovati npr. kriviti. Vedno pogosteje se uporabljajo tudi laserji za rezanje cevi in 3D laserji.

2.6.3 Laserji za ljubiteljsko rabo

Laserji so postali v zadnjem desetletju cenovno dostopni tudi ljudem, ki bi jih radi uporabljali za svoje ljubiteljsko oblikovanje in izrezovanje. Laserji so enostavni za uporabo in imajo večinoma priloženo brezplačno programsko opremo. Namenjeni so izdelovanju lažjih izdelkov, rezanju in graviranju. Doma se po navadi uporabljajo CO₂ ali diodni laserji.

3 ELEKTRONSKI DEL

3.1 Arduino

Arduino je odprtokodna strojna platforma italijanskega proizvajalca. Strojna platforma je sestavljena iz mikro-krmilnika družine Atmel in elektronskih komponent. Proizvajalec navaja, da so Arduino vezja primerna predvsem za raziskovalno oz. prototipno rabo, vendar se na trgu iz dneva v dan pojavljajo tudi končni izdelki, ki vsebujejo Arduino vezja. Razlog, da je prodaja odprtokodnega razvojnega okolja v takem porastu, je odličen programski vmesnik, ki je prirejen za vse operacijske sisteme. Programski vmesnik je prijazen do uporabnika in zelo preprost za uporabo. Primeren je tako za ljudi, ki se prvič srečujejo z mikro-krmilniki, kot tiste, ki želijo z njim narediti vrhunski končni izdelek. Razvojno okolje je pripravljeno tako, da vsebuje le nujno potrebne elemente, ostalo periferijo pa uporabnik dodaja po želji oz. potrebi. Na trgu se tako dobijo izgotovljeni moduli, npr. relejna ploščina, alfanumerični LCD modul, TFT LCD modul, modul z SD spominsko kartico, široka paleta modulov s senzorji za vlago, temperaturo, svetlobo, barvo in še mnogo drugih.

Na njega lahko priklopimo različne senzorje za temperaturo, vlago, merjenje razdalj, servo motorčke, ethernet modul, WiFi modul, bluetooth modul, releje za krmiljenje naprav ter še mnogo drugih različnih naprav. Program za strojno opremo Arduino je lahko napisan v katerem koli programskem jeziku s prevajalniki, ki proizvajajo binarno strojno kodo za ciljni

procesor. Atmel ponuja razvojno okolje za 8-bitne AVR in 32-bitne ARM Cortex-M mikrokontrolerje.

Arduino je začel izdelovati svoje naprave v Italiji, nato pa jih je dodatno začel razvijati tudi v Ameriki. Danes Arduino izdeluje šestnajst različnih vrst naprav.

3.2 Arduino nano

Za laser je bil izbran Arduino nano, ker je zelo preprost za uporabo in ima zelo dobro podporo za delovanje laserja.

Arduino nano temelji na osnovi ATmega328 (Arduino Nano 3.x) in ima bolj ali manj enake sposobnosti kot Arduino Duemilanove. Arduino nima priključka za napajanje z enosmernim tokom. Ta Arduino nima več standardnega USB priključka, vendar deluje z mini-B USB priključkom.

TEHNIČNE SPECIFIKACIJE:

Mikrokontroler	ATmega328
Architecture	AVR
Delovna napetost	5 V
Pomnilnik	32 KB of which 2 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
Delovni Takt	16 MHz
Analog IN Pins	8
EEPROM	1 KB
DC Current per I/O Pins	40 mA (I/O Pins)
Vhodna napetost	7-12 V
Digital I/O Pins	22 (6 of which are PWM)
PWM Output	6
Poraba Električne Energije	19 mA
Dimenzije	18 x 45 mm
Teža	7 g

Napajanje:

Arduino nano se lahko napaja preko USB priključka mini-B, 6-20 V nereguliranega zunanjega napajanja (pin 30) ali pa preko 5 V reguliranega zunanjega napajanja (pin 27).

V primeru, da sta priključena USB vmesnik in napajalnik hkrati, Arduino sam izbere močnejši vir energije. Poleg Arduina potrebujemo še kontrolno ploščo, ki nam omogoča, da dobimo pravilne napetosti za krmiljenje motorjev in laserja.

Pomnilnik:

ATmega328 ima pomnilnik s prostorom 32 KB, (2 KB ima uporabljena za bootloader, poleg tega ima še 2 KB SRAM in 1KB EEPROM).



Slika 11: Arduino nano nameščen na kontrolno ploščo GRBL

3.3 GRBL

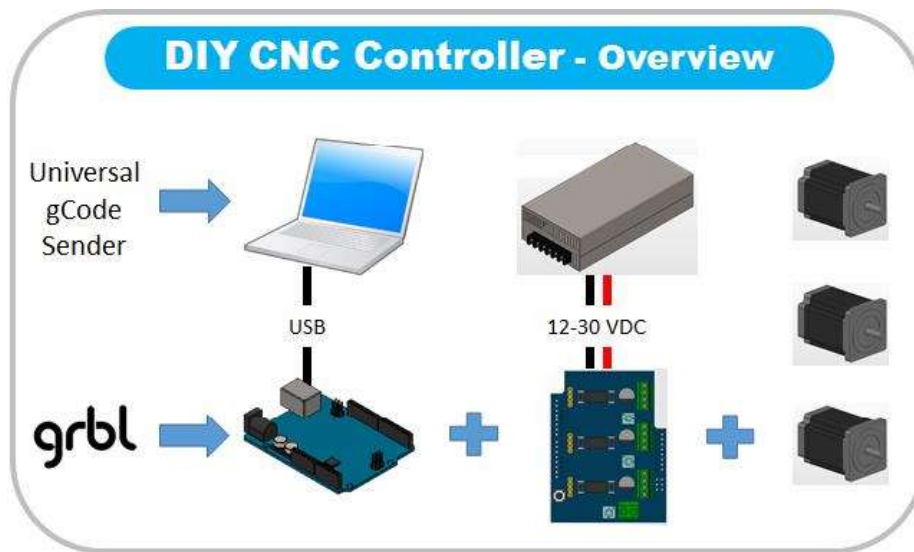
GRBL je brezplačna, odprtokodna, zelo zmogljiva programska oprema za nadzor gibanja strojev. Programska oprema GRBL nam omogoča vodenje CNC strojev preko računalnika Arduino.

Krmilnik je napisan v zelo optimiziranem računalniškem jeziku C. Sposoben je vzdrževati do 30 kHz močnih stabilnih impulzov.

GRBL je trenutno namenjen za stroje s tremi osmi, ne podpira četrte rotacijske osi. Krmilnik sprejema G-kode, ki so skladne s standardi. Loki, krogi in vijačni gibi so popolnoma podprti, kot tudi drugi osnovni funkcionalni ukazi g-kode. Funkcije in spremenljivke v sedanji izdaji niso na voljo, lahko pa se pojavijo v prihodnjih.

Za uporabo krmilnika GRBL potrebujemo:

- kontrolno ploščo s krmilnikom Arduino
- koračna motorja
- vir napajanja
- računalnik - za povezavo z Arduino preko USB
- zapisano G-kodo



B

Slika 12: Delovanje GRBL-ja

3.3.1 GRBL program

GRBL je program, ki ga naložimo na Arduino nano. Omogoča nam, da lahko krmilimo naprave. Uporabjen je za različne postopke obdelave (npr. rezkanje, struženje, lasersko graviranje). Koda GRBL-laser se naloži v programu Arduino na Arduino čip. Program GRBL naložimo na krmilnik tako, da ga najprej priključimo preko USB priključka na računalnik, nato odpremo program Arduino in naložimo modificiran program na Arduino nano. Skica, ki jo naložimo na Arduino, je najprej preverjena, če je ustrezna, šele nato računalnik dovoli zapis na Arduino.

```
// used, if they are available per user setup. Also, extended
ASCII codes (P127), which are never in
// g-code programs, maybe selected for interface programs.
// NOTE: If changed, manually update help message in report.c.

#define CMD_RESET 0x10 // ctrl-x.
#define CMD_STATUS_REPORT '?'
#define CMD_CYCLE_START '-'
#define CMD_FEED_HOLD '!'

// NOTE: All override realtime commands must be in the
// extended ASCII character set, starting
// at character value 128 (0x80) and up to 255 (0xFF). If the
// normal set of realtime commands,
// such as status reports, feed hold, reset, and cycle start,
// are moved to the extended set
// space, serial.c's RX ISR will need to be modified to
// accommodate the change.
// #define CMD_RESET 0x80
// #define CMD_STATUS_REPORT 0x81
// #define CMD_CYCLE_START 0x82
// #define CMD_FEED_HOLD 0x83
#define CMD_SAFETY_DOOR 0x84
#define CMD_JOG_CANCEL 0x85
#define CMD_DEBUG_REPORT 0x86 // Only when DEBUG enabled,
// sends debug report in '{}' braces.
#define CMD_FEED_OVR_RESET 0x90 // Restores feed
// override value to 100%.
#define CMD_FEED_OVR_COARSE_PLUS 0x91
#define CMD_FEED_OVR_COARSE_MINUS 0x92
#define CMD_FEED_OVR_FINE_PLUS 0x93
#define CMD_FEED_OVR_FINE_MINUS 0x94
#define CMD_RAPID_OVR_RESET 0x95 // Restores rapid
// override value to 100%.
#define CMD_RAPID_OVR_MEDIUM 0x96
#define CMD_RAPID_OVR_LOW 0x97
// #define CMD_RAPID_OVR_EXTRA_LOW 0x98 // *NOT SUPPORTED*
// #define CMD_SPINDLE_OVR_RESET 0x99 // Restores spindle
// override value to 100%.
#define CMD_SPINDLE_OVR_COARSE_PLUS 0x9A
#define CMD_SPINDLE_OVR_COARSE_MINUS 0x9B
#define CMD_SPINDLE_OVR_FINE_PLUS 0x9C
#define CMD_SPINDLE_OVR_FINE_MINUS 0x9D
#define CMD_SPINDLE_OVR_STOP 0x9E
#define CMD_COOLANT_FLOOD_OVR_TOGGLE 0xA0
#define CMD_COOLANT_MIST_OVR_TOGGLE 0xA1

// If homing is enabled, homing init lock sets Grbl into an
// alarm state upon power up. This forces
```

Slika 13: Primer zapisa programa

3.3.2 GRBL-GRU

GRBL-GRU je:

- 3D simulacijsko orodje za rezkalne stroje, laserje in stružnice
- pošiljatelj G-kode za GRBL in TinyG
- CAM-program za rezkalne stroje, laserje in stružnice
- orodje za učenje CNC-tehnike, vendar za to ne potrebujemo orodja.

GRBL-GRU ima dva načina delovanja:

- simulacijski način (za 3D simulacijsko delovanje CNC stroja)
- delovni način (za resnično kontroliranje CNC stroja z GRBL, TinyG ali G2Core operacijskim sistemom).

3.3.3 GRBL - simulacijski način

Program je bil prvotno mišljen za ta način delovanja, saj je bil najprej namenjen za preverjanje G-kode na virtualnem stroju ter za preprečevanje nezaželenih trkov stroja. Takšen način preverjanja je v zadnjih letih postal zelo popularen, ker lahko vnaprej odkrijemo napake ter tako prihranimo dragocen čas in zmanjšamo stroške zaradi morebitnih poškodb stroja.

GRBL-GRU se zažene tako, da je ikona *Simulacija* potrjena. Na sliki 14 je shematski prikaz nastale situacije.

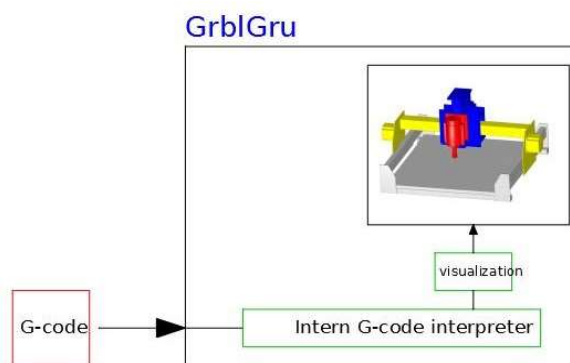


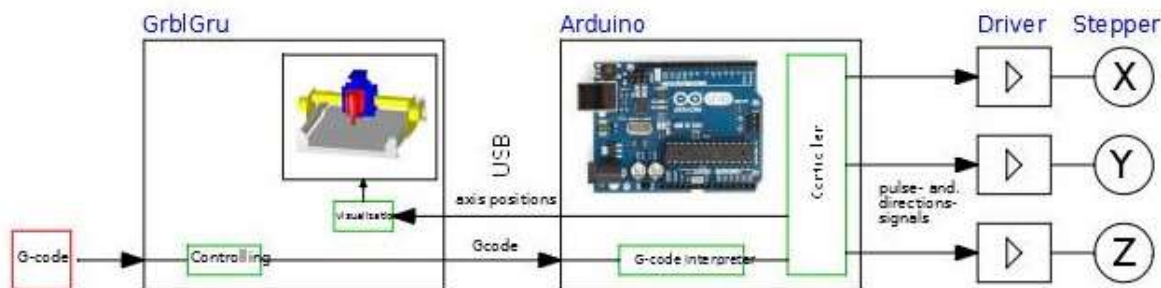
Figure 1: *GrblGru* in simulation mode

Slika 14: Simulacijski način

3.3.4 GRBL - delovni način

V tem načinu je GRBL-GRU povezan na Arduino ali pa na TinyG. Povezava je vzpostavljena preko USB priključka, ki oddaja ukaze od G-kode krmilniku in informacije o trenutnem položaju osi nazaj na GRBL-GRU. GRBL-GRU pa te informacije uporablja za krmiljenje 3D modela tako, da se 3D model premika vzporedno z dejanskimi osmi.

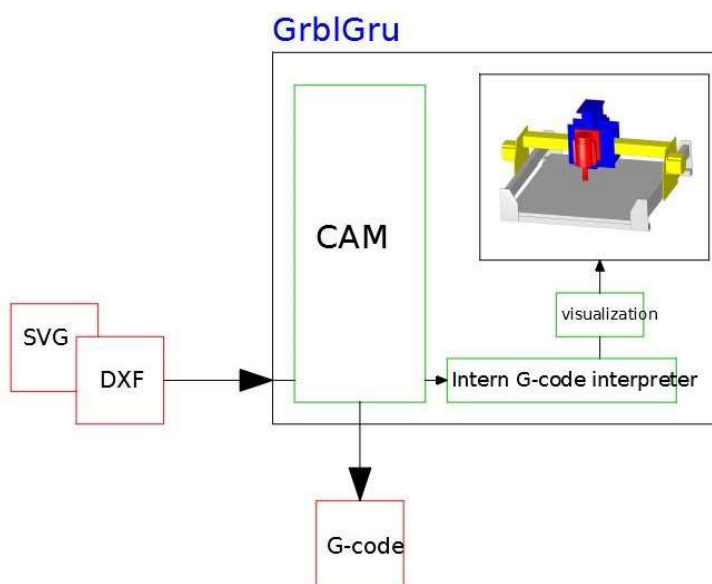
Najprej zaženemo program GrblGru in potrdimo ikono „Grbl“ ali „TinyG“. Na sliki 15 je shematski prikaz nastale situacije.



Slika 15: Delovni način programa GRBL-GRU

3.3.5 Izdelava programa v GRBL-GRU

GRBL-GRU nam omogoča, da v program uvozimo risbo v obliki DXF ali SVG in tako ustvarimo G-kodo. Tako ustvarjeno G-kodo tudi takoj naložimo na Arduino ali pa na TinyG preko USB.



Slika 16: Izdelava G-kode

3.4 Gonilnik

Gonilnik 4988 je mikrokoračni gonilnik motorja z vgrajenim prevajalnikom za enostavno delovanje. Izdelan je za upravljanje bipolarnih koračnih motorjev v polnem, polovičnem,

četrtnskem, osmiškem in šestnajstiškem – korak načinu. Prevajalec, ki pretvori impulze iz Ramps-a v premike motorja, je ključ za enostavno izvajanje A4988. Preprost vnos enega impulza na STEP vhod premakne motor za en obrat, kar je v našem primeru $1,8^\circ$. Uporabimo jih za aplikacije, kjer kompleksen mikroprocesor ni na voljo ali pa bi bil preobremenjen. Gonilniki so lahko brez hladilnih reber ali z njimi.



Slika 17: Gonilnik A4988

3.5 Motor

Koračni motor je brezkrtačni enosmerni električni motor, ki razdeli en cel obrat v več enakih korakov. Položaj motorja je lahko upravljan tako, da se premakne in drži na enem od teh korakov brez kakršne koli povratne informacije senzorjev (*open-loop controle*), če je motor skrbno dimenzioniran za določeno aplikacijo v zvezi z navorom in hitrostjo. Veliko se uporabljajo v robotski industriji. Nema se nanaša na velikost okvirja motorja, ki je standardizirana s strani ameriškega Nacionalnega Električnega Združenja Proizvajalcev. Določa samo velikost motorja, ne pa njegove dolžine. Tako poznamo velikosti koračnih motorjev od Nema 8 do Nema 42. Nema 17 je eden večjih in težjih koračnih motorjev, kar pomeni, da ima večji navor, vendar pa njegova velikost ni indikator njegove moči.

Veličine	Vrednosti
Tok	1,8 A
Napetost	2,8 V
Navor	0,43 Nm
Korak	$1,8^\circ$
Dolžina	43,2 mm
Širina	43,2 mm



Slika 18: Motor Nema17

3.6 Napajalnik

Je naprava, ki prevaja tok iz 230 V na 12 V.



Slika 19: Napajalnik

3.7 Polprevodniški laser

Polprevodniški laser, ali laserska dioda, ima aktivni medij v obliki spoja dveh polprevodnikov tipa P in N. N tip polprevodnika vsebuje večjo koncentracijo prostih elektronov, P tip pa večjo koncentracijo vrzeli. Ta PN spoj ali dioda, je zmožen oddajati svetlobo. Laserska dioda je najbolj pogost tip laserja, ki se uporablja v komunikaciji, bralnikih črtnih kod, laserskih kazalnikih, CD/DVD/Bluray diskih, pri laserskem tiskanju ipd. Polprevodniški laserji imajo izkoristek do 60 %.



Slika 20: 5.5w 450nm Focusing Blue Laser

4 MEHANSKI DELI LASERJA

Mehanski deli laserja tvorijo njegovo osnovno strukturo. Pomembno je, da so natančno izdelani, kar pripomore k natančnosti in stabilnosti delovanja laserja.

4.1 Ohišje

Ohišje laserja je narejeno iz nerjavečega jekla, ki je bilo izrezano na laserju moči 2 kW. Ohišje je bilo narisano v programu SOLIDWORKS in ima dva ključna elementa: glavno ploščo in nosilec vodila MGN.

Glavna plošča vključuje luknje, ki so namenjene za motorja, ležaje, držala vodil, Arduino in profile, ki so bili narejeni na 3D tiskalniku. Plošča je dimenzij 440 x 500 mm.

Nosilec glave vključuje luknje za linearno vodilo in ležaje. Nosilec je narejen tako, da sta jermena popolnoma vzporedna z linearnim vodilom. Ohišje in nosilec vodila sta bila prašno barvana.

Da lahko na nosilec vodil privijemo lasersko glavo, potrebujemo še nosilec laserske glave, ki je narejen s 3D tiskalnikom in je pritrjen na drsnik linearnega vodila MGN9. Nosilec

lahko služi tudi fokusiranju laserske glave, kajti na njem je možno lasersko glavo spuščati ali dvigati. Prav tako je namenjen pričvrstitvi jermena.



Slika 21: Ohišje in nosilec glave, preden sta bila dokončno pobarvana

4.2 Ležaji

Za prenos gibanja laserske glave po oseh x in y lahko uporabljamo dva izmed najbolj pogostih strojnih elementov: linearne ležaje in profilna vodila.

Po Y osi laserja drsita linearna kroglična ležaja SC8LUU z notranjim premerom 8 mm. Namesto linearnih krogličnih ležajev bi lahko uporabili plastične drsne puše.

Na X osi pa je uporabljeno profilno vodilo MGN9H, dolžine 300 mm. Tračno vodilo je izdelano bolj natančno kot linearni ležaji.

Za pravilno gibanje jermenice so uporabljeni kotalni ležaji F625zz. Oznaka ležaja F pomeni, da ima ležaj izbočen rob, katerega premer je večji od imenskega premera ležaja. To omogoča jermenu, da ne spolzi iz ležaja.



Slika 22: Ležaj SC8LUU



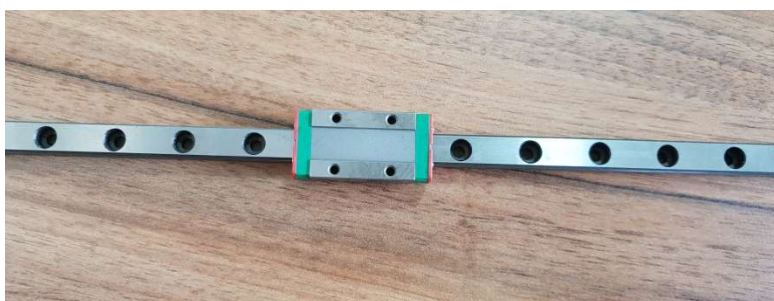
Slika 23: Ležaj F625ZZ

4.3 Vodila

Vodila na Y osi so narejena iz svetlo vlečenega kaljenega jekla in so premera 8 mm. Na X osi je uporabljeno linearno vodilo MGN9H.



Slika 24: Vodilo premera 8 mm in dolžine 420 mm



Slika 25: Vodilo z drsnikom (ležajem) MGN9H

4.4 Jerman in jermenica

Laser prenos gibanja prenaša preko jermenice 2GT 20 zob in jermena 2GT.



Slika 26: Jermanica 2GT-20 zob

4.5 Tridimenzionalno natisnjeni deli

Nosilec laserja je bil natisnjen s 3D tiskalnikom, kajti potrebna je bila posebna konstrukcija, ki jo je bilo tako najlažje narediti.

Noge laserja so prav tako natisnjene. Imajo oznako 3030R in so narejene po standardu. Lahko bi jih zamenjali z Al profilom 3030R, kar pa bi podražilo stroj, pa še uvažati jih je potrebno.

Natisnjeni so tudi distančniki za motorja, ter distančniki za Arduino.



Slika 27: Tridimenzionalno natisnjena noga dolžine 120 mm



Slika 28: Tridimenzionalno natisnjen nosilec glave

5 MATERIALI IN METODE

5.1 Opis dela

Na osnovi modela, ki sva ga izdelala, sva se pogovorila z mentorjem in naročila material. Material sva naročila pri različnih ponudnikih (trgovinah), nekaj tudi iz tujine. Nekatere dele sva morala izdelati sama. Ohišje in nosilec glave sva sama skonstruirala in ga odrezala na

laserju. Nato sva ga premerila, če je pravih dimenzij in ga dala barvati. S pomočjo 3D tiskalnika sva naredila noge laserja, ki služijo kot podpora in nosilec glave.

Ko sva zbrala ves material, sva začela s samo izdelavo laserja. Najprej sva naredila manjši test Arduina, kajti le tako sva lahko preizkusila, če je program, ki je odprto koden, ustrezen. Po manjših popravkih programa sva dobila ustrezno kombinacijo, ki naj bi omogočala pravilno delovanje laserja. Nato sva ga sestavila. Najprej sva sestavila nosilec glave, ki sva ga nato vgradila v ohišje. Po izdelavi so sledila številna testiranja. Laserju sva določila tudi primerne hitrosti rezanja in graviranja za različne materiale.

5.2 Metode dela

Najprej sva preučila H-bot kinematiko in samo izdelavo stroja. Naredila sva seznam, kaj potrebujeva za izdelavo CNC-stroja.

Odločila sva se, da bova izdelala laser, katerega obdelovalna dimenzija bo 200 x 350. Uporabila sva rezalno glavo oz. polprevodniški laser (diodni laser) moči 5.5 W, ki bi naj po zagotovitvi ponudnika graviral na nerjavno pločevino in rezal vezano ploščo do 4 mm. Preizkusila sva tudi laser z močjo 0.5 W.

6 REZULTAT

6.1 Gradiva

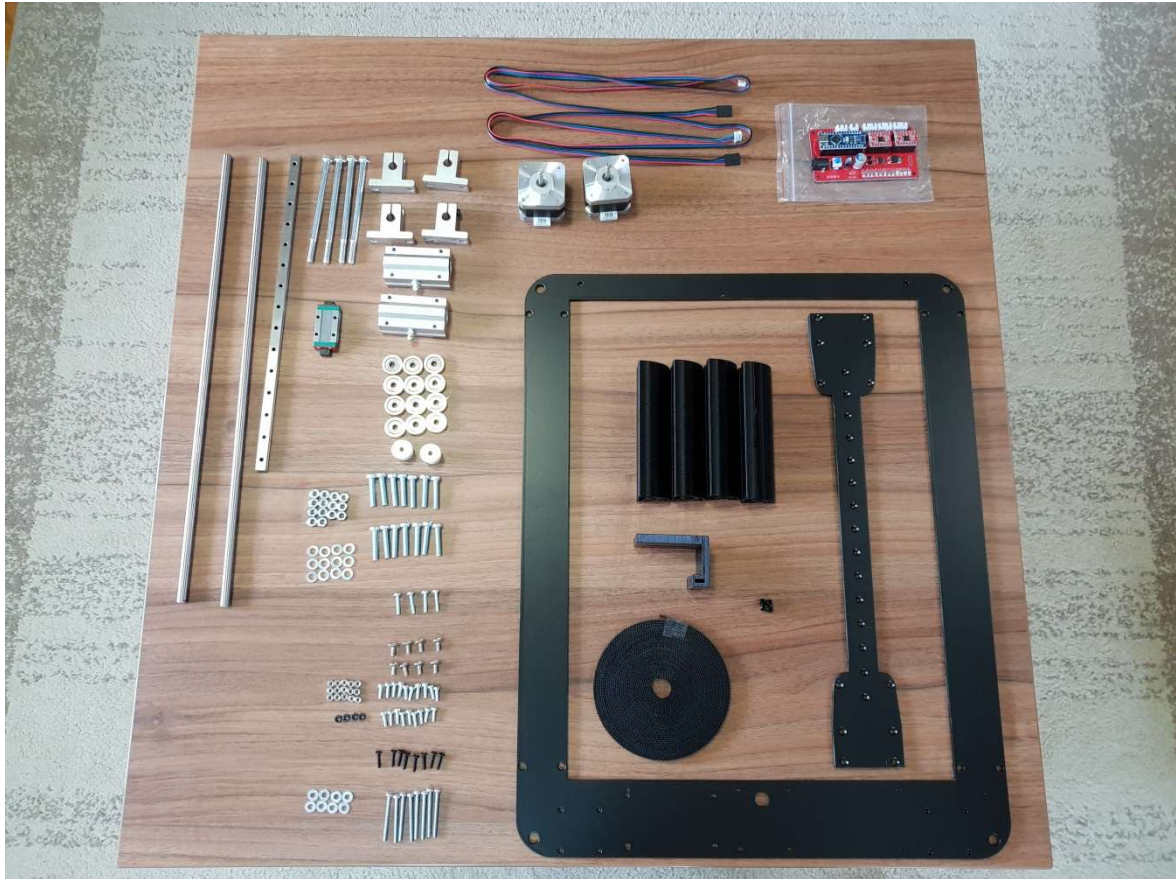
Gradiva:

- laser moči 5500 mw
- ohišje
- nosilec laserja
- jermen 2GT
- 2 NEMA 17 motorja
- kabel za motorja
- 2 jermenici 2GT
- noge, izdelane s 3D tiskalnikom, tip noge R3030
- distančnik 7 mm
- 4 distančniki 20 mm
- Arduino nano
- 2 gonilnika A4988
- 4 vijaki M6 x 100
- 10 vijakov M5 x 20
- 2 vijaka M5 x 35
- 8 vijakov M4 x 10
- 19 vijakov M3 x 10
- 8 vijakov M3 x 12
- 4 vijaki M3 x 15
- 8 vijakov M3 x 30
- 2 vodili premera 8mm in dolžine 430 mm
- tračno vodilo MGN9H dolžine 300 mm
- nosilec glave laserja
- 12 ležajev F625ZZ
- 2 ležaja 625ZZ
- 2 linearna ležaja SC8LUU
- 4 T-nosilci
- 14 matic M4
- 12 podložk
- 8 podložk
- 19 matic M3

ORODJE:

- 3D tiskalnik, 3D Jozko
- spajkalnik
- vrtni stroj
- pomično merilo
- izvijač
- šest kotni izvijač
- navojni sveder 3 mm

- navojni sveder 5 mm
- viličasti ključ 10
- viličasti ključ 8



Slika 29: Material, ki sva ga potrebovala

6.2 IZDELAVA LASERJA

Najprej sva ohišje in nosilec glave dala prašno barvati v bližnje podjetje (enega sva pobarvala doma). Ko sta bila ohišje in nosilec glave posušena, sva začela z izdelavo. Najprej sva začela sestavljati nosilec glave, ker bi drugače kasneje imela težave s samim vstavljanjem v okvir.

V nosilec sva najprej naredila navoje za ležaje F625UU. Navoji so bili velikosti M5 mm. Skoznje sva privila vijake M5 x 20. Preden sva nanje nataknila ležaje, sva podložila podložko, nato sva dala ležaj na vijak in ponovno podložko, kajti le tako sva lahko omogočila nemoten tek jermena. Nato sva vse vijake pritegnila. Izdelavo nosilca sva nadaljevala s stranskimi linearnimi ležaji SC8LUU. Te sva samo privila z vijaki M4 x 10. Iz teh ležajev sva odstranila mazalke, ker bi lahko ovirale jermen. Dodala sva še vodilo z drsnikom MGN9H in ga pritrnila s petnajstimi vijaki M3 x 10. Na drsnik sva s štirimi vijaki M3 x 10 privila držalo glave.



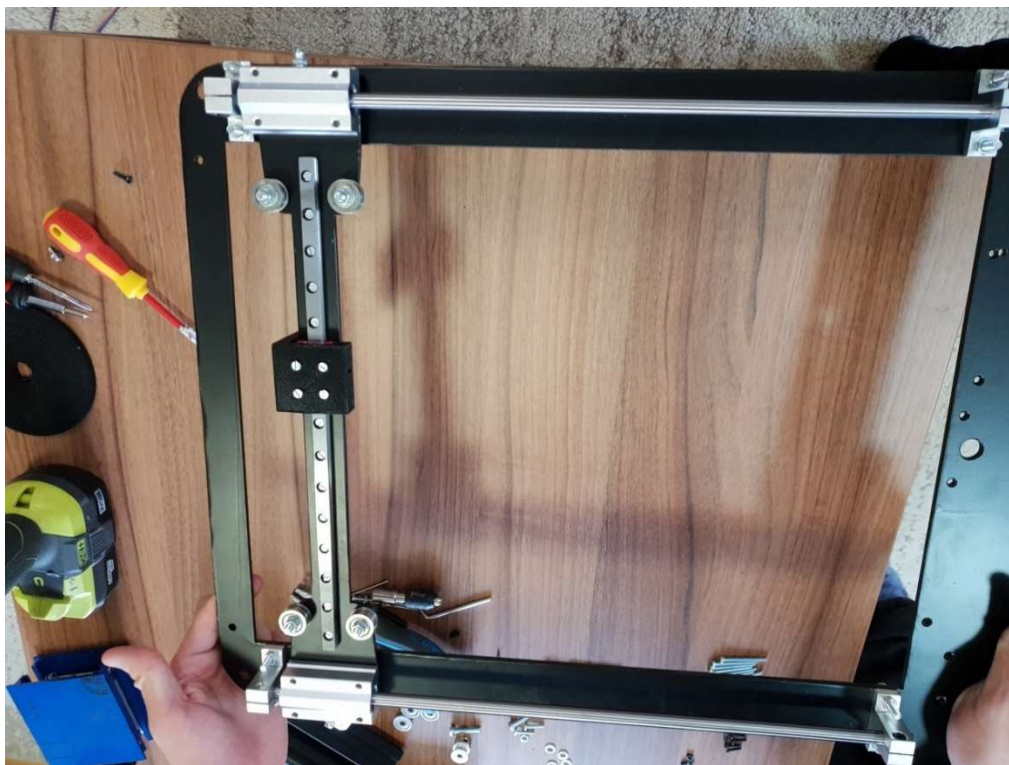
Slika 30: Sestavljen nosilec glave

Ko sva končala nosilec glave, sva nadaljevala z izdelavo ohišja. Najprej sva na ohišje namestila T-nosilce. Privila sva jih z vijaki M5 x 20.



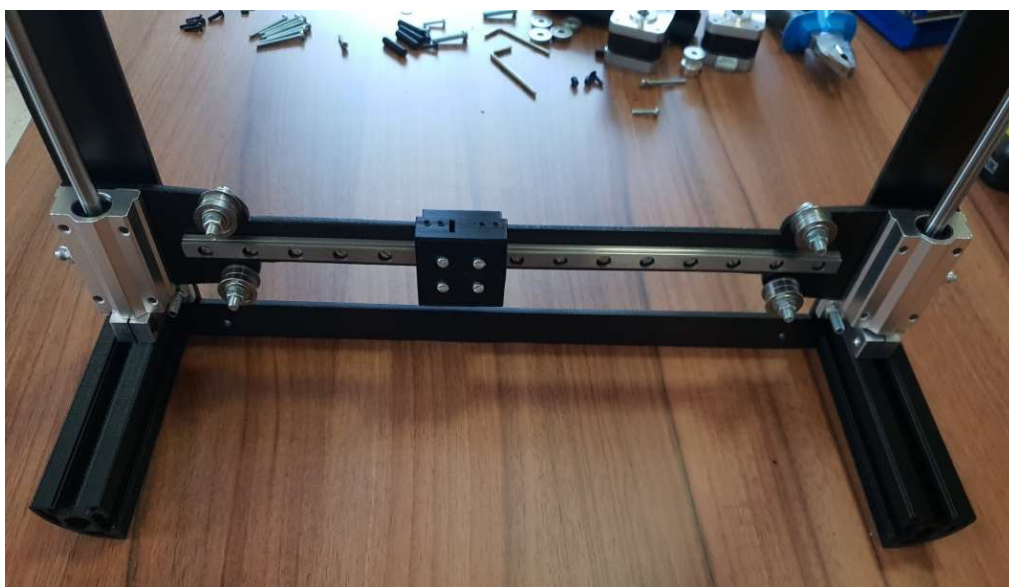
Slika 31: Ohišje s T-komadi

Sledila je vgradnja sestavljenega nosilca glave v ohišje. To sva naredila tako, da sva skozi T-profile ter ležaje SC8LUU vstavila vodila premera 8 mm.



Slika 32: Nosilec, vstavljen v ohišje

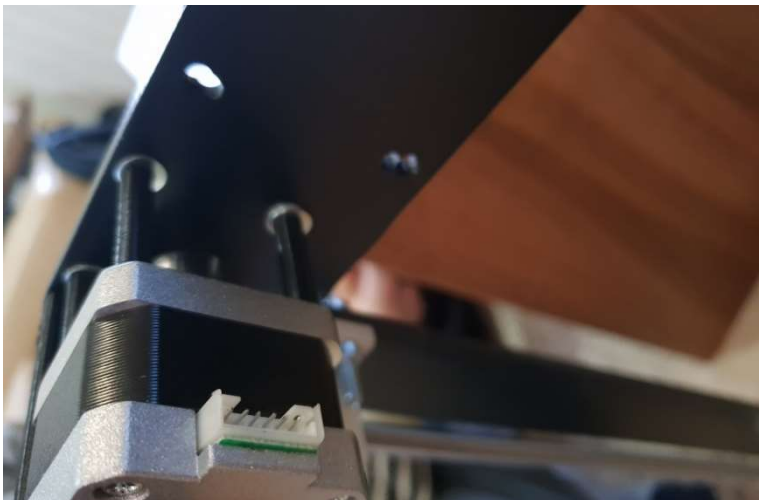
Na laser sva dodala noge, za kar sva uporabila vijake M6 x 100.



Slika 33: Na ohišje pritrjene noge

Sledila je vgradnja motorjev v ohišje. Na motorja NEMA 17 sva najprej pritrdila jermenici 2GT. Jermenici sva obrnila v nasprotno smer. Motorja sva vgradila s pomočjo tridimenzionalno natisnjenih distančnikov ter podložk debeline 1 mm, ki sva jih vstavila na

obeh straneh ohišja. Za pritrditev motorjev sva uporabila vijake M3 x 30. Motorja sva obrnila tako, da sta bila priključka za kable obrnjena proti sredini laserja glede na njegovo krajšo stranico.



Slika 34: Tridimenzionalno natisnjeni distančniki in motor NEMA17

Na nasprotni strani motorjev sva z navojnim svedrom naredila navoja za vijaka M5. Skozi njiju sva privila vijaka M5 x 35. Preden sva vijaka privila, sva nanju dala 5 podložk debeline 1 mm, ležaj 625ZZ, dva ležaja F625ZZ ter podložko. Skozi ležaje in jermenici sva nato napeljala jermen 2GT. Jermen sva napela skozi držalo glave.

Z distančniki sva ločila ohišje in Arduino, da ne bi prišlo do kratkega stika. Za privitje sva uporabila vijake M3 x 10. Na držalo glave sva privila lasersko glavo moči 5500 mW. Uporabila sva vijake M3 x 10. Nato sva priključila na Arduino nano kabla za x in y motor, ter kabel za lasersko glavo.



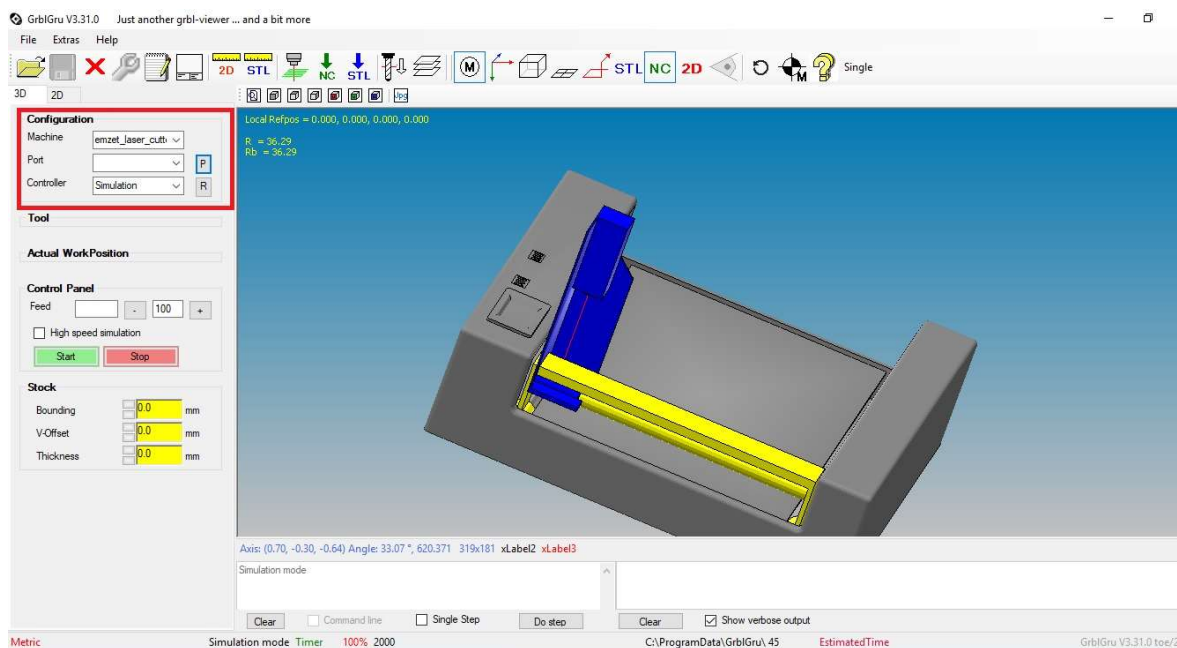
Slika 35: Končan laser, brez laserske glave in naloženega programa.

Ker je bil laser končan, vendar brez programa, sva ročno preizkusila potek gibanja laserja. Ker nisva opazila težav, ki bi lahko ovirale delovanje laserja, sva nanj naložila program. Naložila sva ga s pomočjo računalnika ter kabla, ki povezuje računalnik in arduino.

Ko je bil program naložen, sva lahko preizkusila delovanje laserja. Laser je deloval mirno, vendar so se osi premikale v napačno smer, zato sva morala najti pravilno kombinacijo orientacije kablov. Ugotovila sva, da mora biti zunanji kabel obrnjen tako, da je rdeč kabel na zunanji strani. Drugi kabel mora biti orientiran obratno.

6.3 Izdelava G-kode, graviranje in rezanje

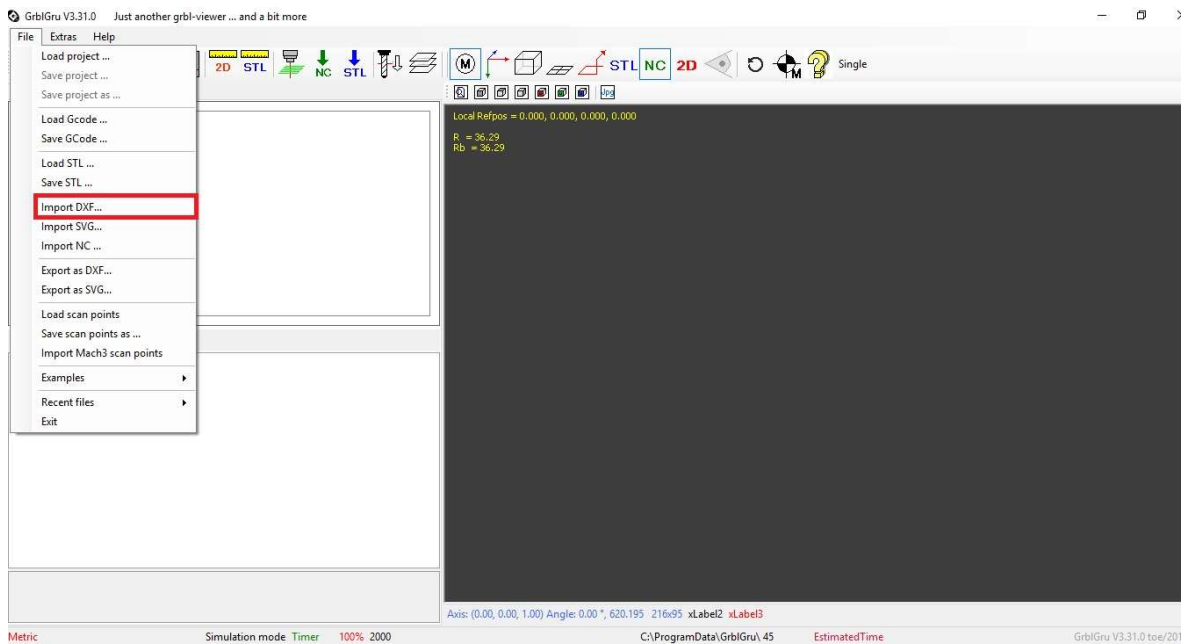
Ko sva dokončala izdelavo laserja, sva začela s preučevanjem programa GRBL. V programu GRBL sva najprej izbrala pogovorno okno Configuration. Za upravljanje z laserjem (v primeru, da bi uporabljala kakšno drugo napravo, bi izbrala tisto, npr. stružnica ali frezalni stroj) sva izbrala priključek med arduinom in računalnikom. Priključek računalnik sam izbere, zato sva ga morala samo potrditi. Odvisen je od USB vmesnika, ki ga izberemo. Zadnja nastavitvev je odvisna od načina, ki ga hočemo uporabljati. Ker nisva hotela vaditi in delati zgolj simulacij, sva izbrala drugo možnost, GRBL V1.x, kar pomeni da sva povezana z laserjem in da bodo vsi ukazi, ki jih podava, narejeni tudi na laserju.



Slika 36: Povezovanje računalnika in Arduina

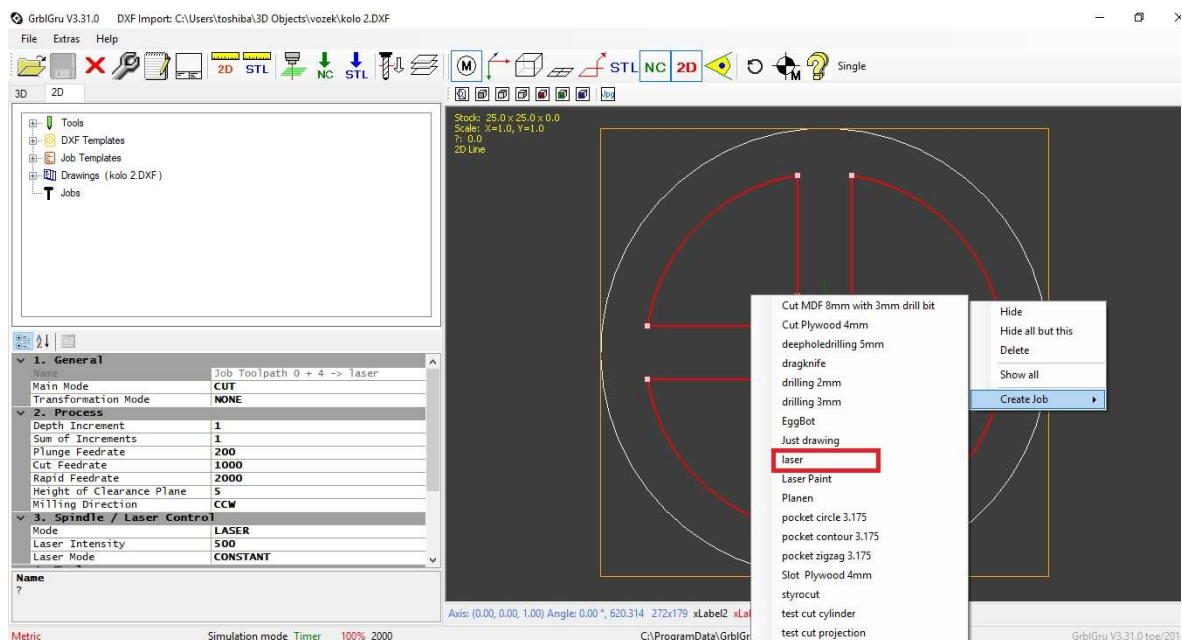
6.3.1 Rezanje

Ko je bil laser povezan, sva lahko začela z izdelavo objekta, ki bi ga želela obdelovati. Najprej sva morala odpreti zavihek 2D, pod katerim so številne nastavitve. Da sva dodala objekt na delovno površino programa, sva morala pritisniti *file* in izbrati *import DXF*. Lahko bi izbrala tudi katero drugo obliko datoteke, ki jo program ponuja. Edini pogoj je, da je datoteka primerna za laser.



Slika 37: Vstavljanje datoteke DXF

Nato sva na objektu izbrala, kaj hočeva odrezati najprej. To sva naredila tako, da sva na izdelku označila vse črte, ki sva jih hotela odrezati. Z desno tipko miške sva pritisnila na eno od linij in izbrala *Create Job*. Pod to funkcijo so skrite še dodatne možnosti, izbrala sva laser, kar je ustrezalo najini napravi.

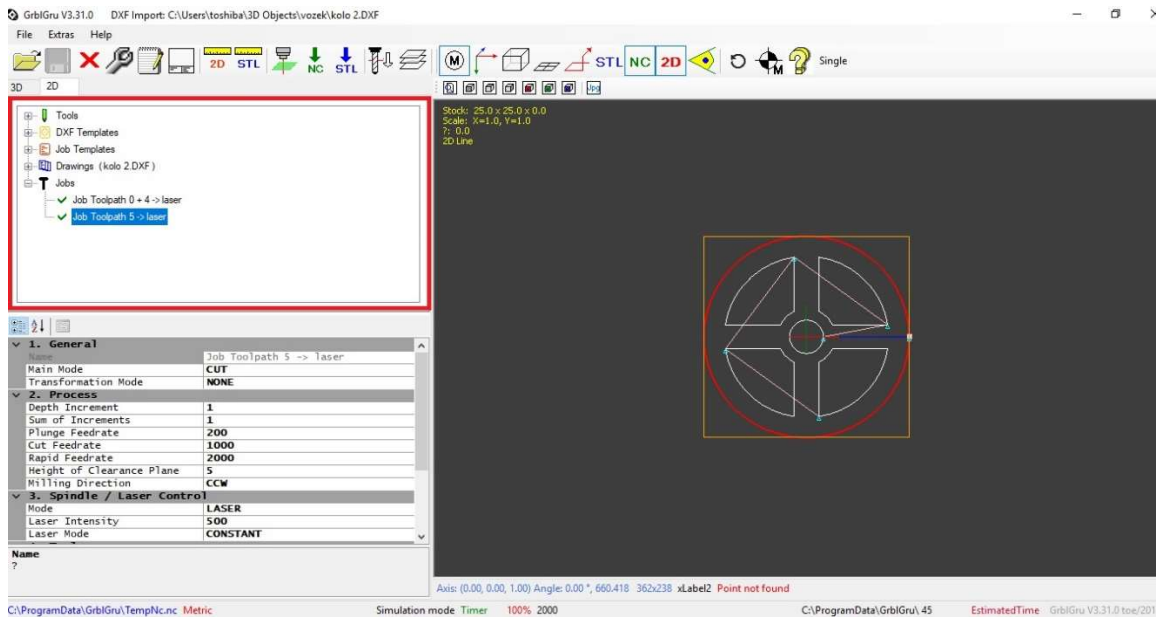


Slika 38: Določitev dela

Enako sva ponovila z zunanjim rezom.

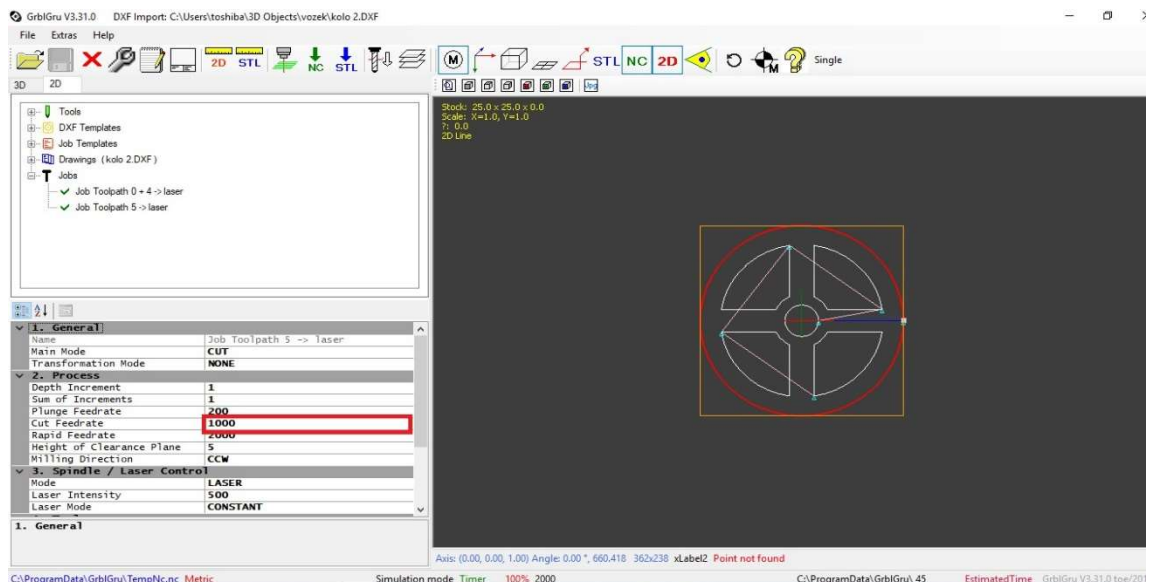
Dobila sva dve ločeni deli, ki bosta opravljeni. Obema sva morala vnesti še hitrost rezanja. To sva izvedla tako, da sva najprej pritisnila na levo zgornje pogovorno okno, ki se nahaja

pod zavihkoma 3D in 2D. Tam sva izbrala *Job* in odprli sta se nama deli, ki sva ju pred tem določila.



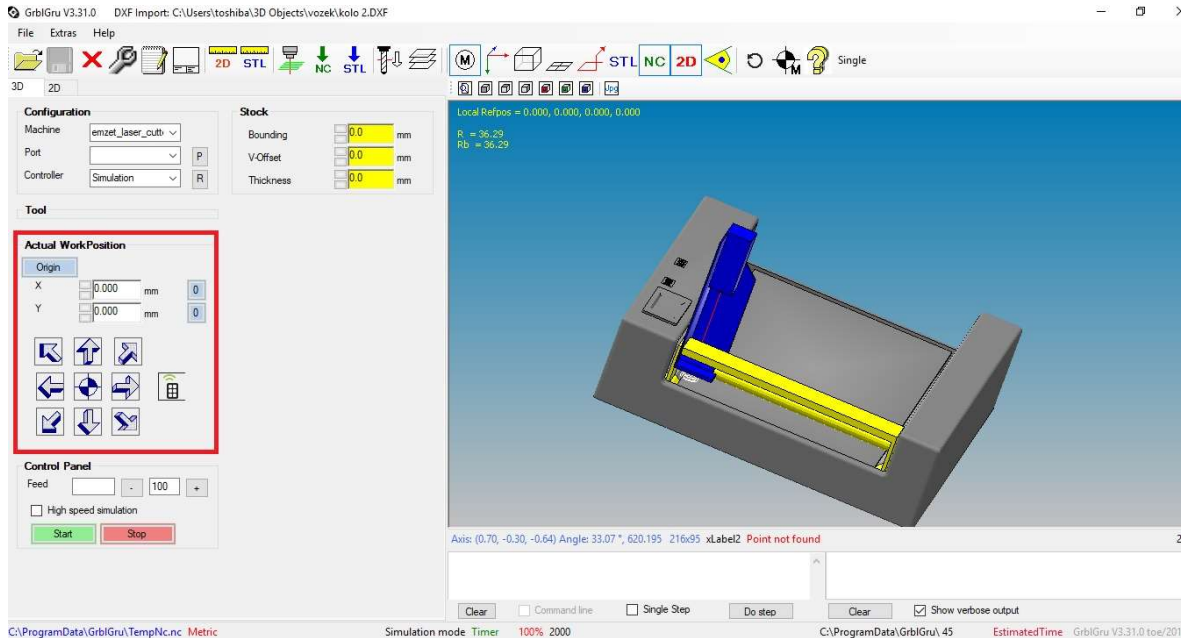
Slika 39: Delo, preko katerega pridemo do hitrosti rezanja

Ko sva pritisnila na izbrano delo se nama je pod tem zavihkom odprl nov zavihkek s številni parametri. Edini parameter, ki je bil za naju pomemben, je bil hitrost rezanja. Ta se je nahajal pod alinejo 2. *Process*, na četrtem mestu z angleškim poimenovanjem *Cut Feedrate*. Desno od tega parametra je pogovorno okno, v katero sva vpisala željeno hitrost rezanja v mm/min.



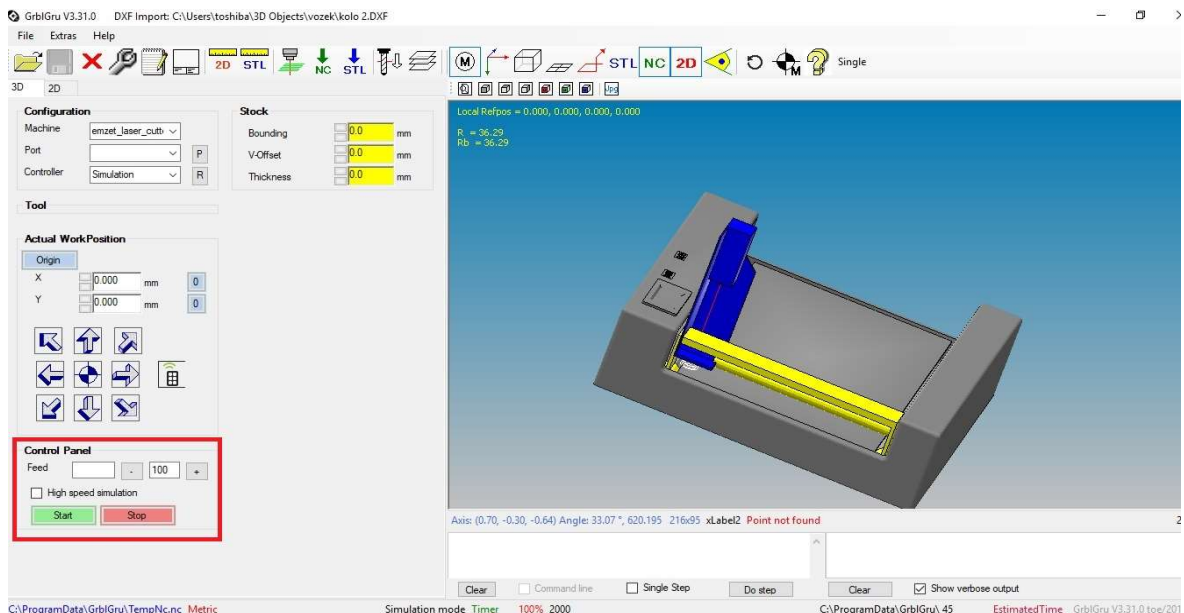
Slika 40: Določitev hitrosti
Postopek sva ponovila še z drugim določenim delom.

Ko sva končala z določitvijo hitrosti rezanja, sva morala samo še postaviti objekt na rezalno površino. To sva naredila tako, da sva odprla zavihek 3D in izbrala pogovorno okno *Actual Work Position*. S pomočjo puščic sva premikala lasersko glavo in določila nično točko. Točko sva potrdila tako, da sva pritisnila funkcijo *origin*.



Slika 41: Določitev nične točke

Zadnji ukaz, ki sva ga morala opraviti, je bil pritisk na tipko *start*. Ko je bilo rezanje opravljeno, se je laser vrnil v začetno točko.

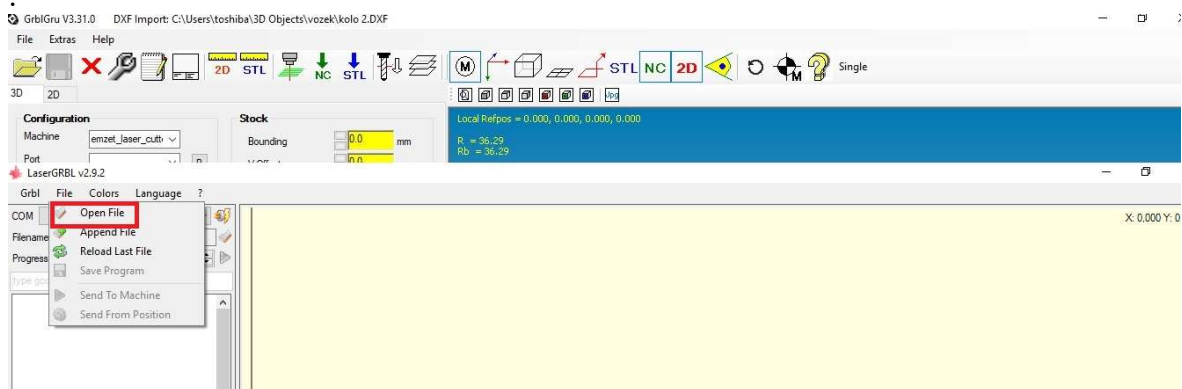


Slika 42: Začetek programa

6.3.2 Graviranje

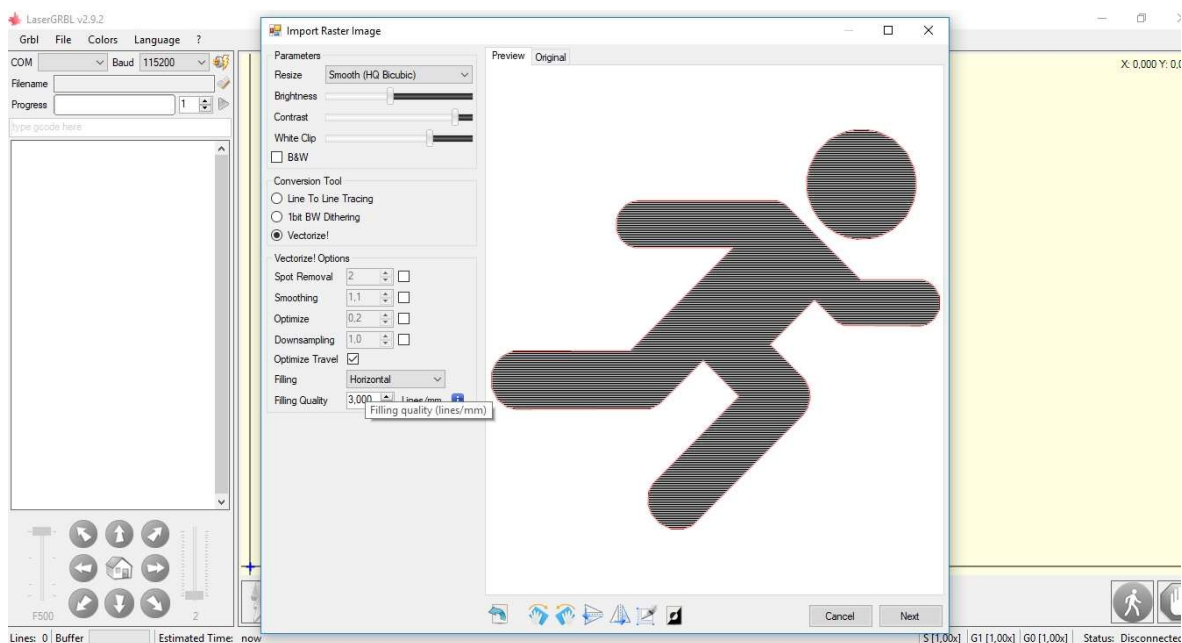
Za graviranje sva uporabila program Laser GRBL, ki ima boljšo podporo za graviranje. Program je za uporabo zelo podoben.

Najprej sva program povezala z laserjem in sicer tako, da sva pritisnila znak *Connect*. Ko je bil program povezan, sva izbrala datoteko, ki jo bi rada naredila. Da sva dodala datoteko, sva izbrala pogovorno okno *File* in pritisnila na *Open File*.



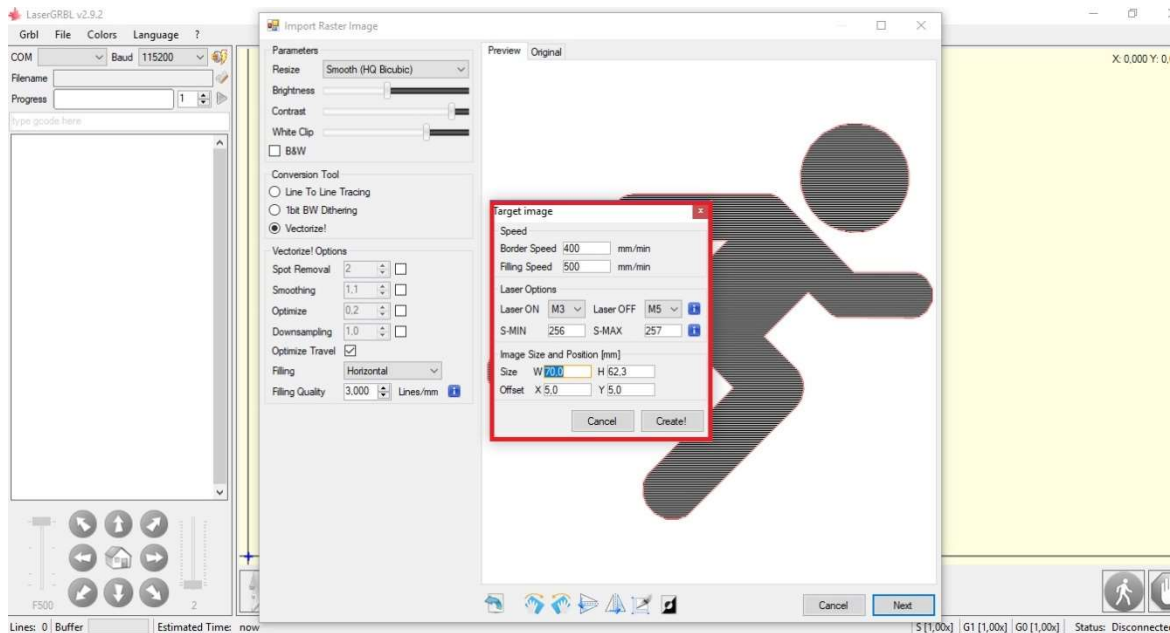
Slika 43: Izbira datoteke

Odrplo se je novo pogovorno okno z veliko dodatnimi parametri. Parametri *Brightness*, *Contrast* in *White clip*, so namenjeni predvsem slikam, ki niso črno bele. Bolj pomembna sta zadnja dva parametra, *Filling* in *Filling Quality*. Prvi je namenjen smeri gravur (horizontalno, vertikalno ali diagonalno), drugi pa gostoti gravur. Midva sva uporabljala horizontalne gravure gostote 3 mm. Ko sva nastavila parametre, sva pritisnila tipko *Next*.



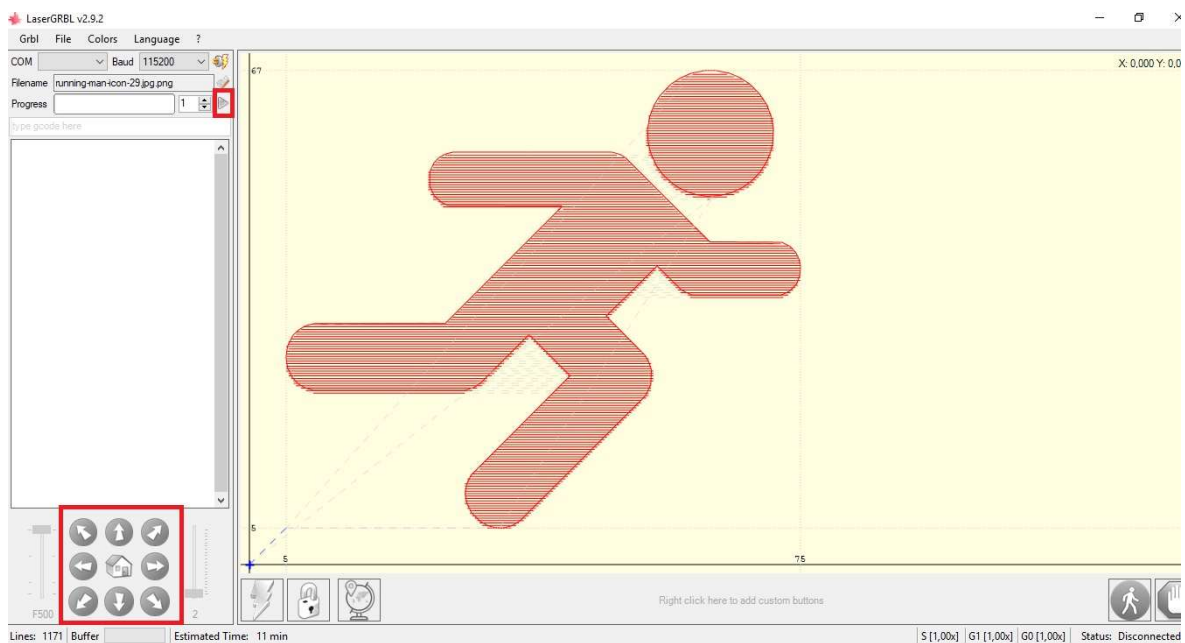
Slika 44: Določitev smeri in debeline gravure

Opre se pogovorno okno z dodatnimi parametri za prejšnje nastavitve. Prvi parameter, *Border Speed*, je hitrost rezanja, ki jo laser naredi na koncu. Drugi parameter, *Filling Speed*, določa hitrost izdelave gravur. Zadnja dva parametra pa sta namenjena velikosti slike.



Slika 45: Določitev hitrosti rezanja in velikosti slike

Vse parametre, ki sva jih izbrala, sva potrdila z ukazom *Create*. Da pa sva lahko začela z izdelavo, sva morala s pomočjo pušic v spodnjem levem kotu določiti nično točko. Ko je bila točka določena, sva pritisnila tipko *Start*.



Slika 46: Določitev nične točke in začetek programa

6.4 Testiranje končnega izdelka

Pri laserju sva testirala rezalne sposobnosti in graviranje pri različnih materialih in različnih hitrostih rezanja.

6.4.1 Testiranje rezanja

Glede na to, da nisva izbrala laserja moči 10000 mW, ampak laser moči 5500 mW, sva bila z rezultati zelo zadovoljna.

Po izdelavi sva laser najprej testirala pri rezanju papirja in kartona. Pri tej nalogi ni imel večjih težav, papir je rezal z maksimalno hitrostjo, pri tem pa je bil rez relativno tanek in je vizualno izgledal lepo. Pri kartonu tudi ni bilo večjih problemov, vendar nisva uporabljala maksimalne hitrosti. V primeru, da bi uporabljala maksimalno hitrost, bi morala narediti dva ali več obhodov, kar pri kartonu ni najbolje.

Sledilo je testiranje balze, debeline 2 mm in vezane plošče, debeline 3 mm.

Balza je zelo krhek in lahek material, primeren predvsem za izdelavo maket. Balzo sva rezala s hitrostjo 250 mm/min. in še vedno dosegla lepe reze.

Rezanje vezane plošče je bilo nekoliko težje izvedljivo, kajti ni veliko podatkov, kakšne so najbolj optimalne hitrosti za najin tip laserja. Pomemben dejavnik pa je tudi debelina vezane plošče. Testirala sva vezane plošče debeline 3 mm in 4 mm.

Najprej sva rezala vezano ploščo debeline 3 mm. Ko sva našla pravilno oddaljenost plošče od laserja, sva začela s testiranjem hitrosti. Ugotovila sva, da je vezano ploščo te debeline najbolje rezati s hitrostjo 200 mm/min, vendar sta bila pri tem potrebna dva obhoda laserja. V primeru, da sva rezala z nižjo rezalno hitrostjo, je prišlo do debelih rezalnih črt in zažiganja materiala.

Pri vezani plošči debeline 4 mm sva morala izbrati hitrost 100 mm/min in najmanj dva obhoda laserja.

6.4.2 Testiranje graviranja

Lasersko graviranje se uporablja predvsem za izdelavo slik, logotipov, napisov itd.

Postopek je precej daljši kot lasersko rezanje, čeprav uporablja večje hitrosti. Vsak izdelek, ki se gravira, potrebuje na koncu rez, razen če je bil predhodno že obdelan.

Vezana plošča je bila prvi material, na katerega sva gravirala. V programu sva nastavila metodo graviranja, določila hitrost, ki je znašala 500 mm/min, in dodala začetno točko. Gravure, ki so nastajale na vezani plošči, so nama osebno bile najbolj všeč.

Testirala sva tudi graviranje na usnje. V primerjavi z vezano ploščo je bil napis na usnju dosti bolj popačen.

Gravirati sva poskušala tudi na nerjavno pločevino, a so bili vsi poskusi, ki sva jih naredila, neuspešni. Območje graviranja na pločevino je sicer zelo majhno. Morda bi bilo možno izvesti graviranje z močnejšim laserjem, npr. 10000 mW ali celo 15000 mW.

6.5 Uporaba končnega izdelka

Izdelani laser je tehnični artikel, namenjen za izdelavo lažjih in tudi težjih izdelkov iz lesa, balze, usnja... Lahko gravira in reže, kar mu daje zelo širok spekter uporabnosti. Namenjen je tako začetnikom kot tudi profesionalcem, obenem pa se da hitro priučiti dela z njim. Primeren je predvsem za izdelavo napisov, logotipov, slik ipd. Z njim lahko izdelujemo tudi izdelke, ki so narejeni iz več kosov.

6.5.1 Prednosti izdelanega laserja

Prednosti:

- je prenosljiv
- izdelki, izdelani na njem, so primerljivi z izdelanimi z dosti dražjimi/močnejšimi laserji
- cena
- poraba energije
- enostaven software
- enostavna izdelava
- natančnost
- prenos gibanja
- kinematika
- enostavno fokusiranje

6.5.2 Slabosti izdelanega laserja

Slabosti:

- moč laserja
- graviranje na pločevino
- ni končnih stikal - zato ni referenčne točke laserja
- software ima nekatere funkcije pomanjkljivo izpolnjene
- fokusirna miza
- velikost delovnega območja

7 RAZPRAVA

Laserska tehnologija je v 21. stoletju zelo napredovala, pojavlja se že tudi kot samostojen predmet na fakultetah. Laserji so v zadnjem desetletju postali tudi cenovno dostopnejši, zato se je povečalo zanimanje za njihovo individualno in ljubiteljsko uporabo.

Na začetku raziskovalne naloge sva si postavila naslednje hipoteze:

1. Izdelati je možno delujoč prototip laserskega gravirnika s kinematiko H-bot.
2. Cena najinega izdelka je primerljiva s cenami podobnih gravirnikov.
3. Najin gravirnik lahko odreže 3 mm debelo vezano ploščo.
4. Najin gravirnik lahko gravira na nerjavno pločevino.

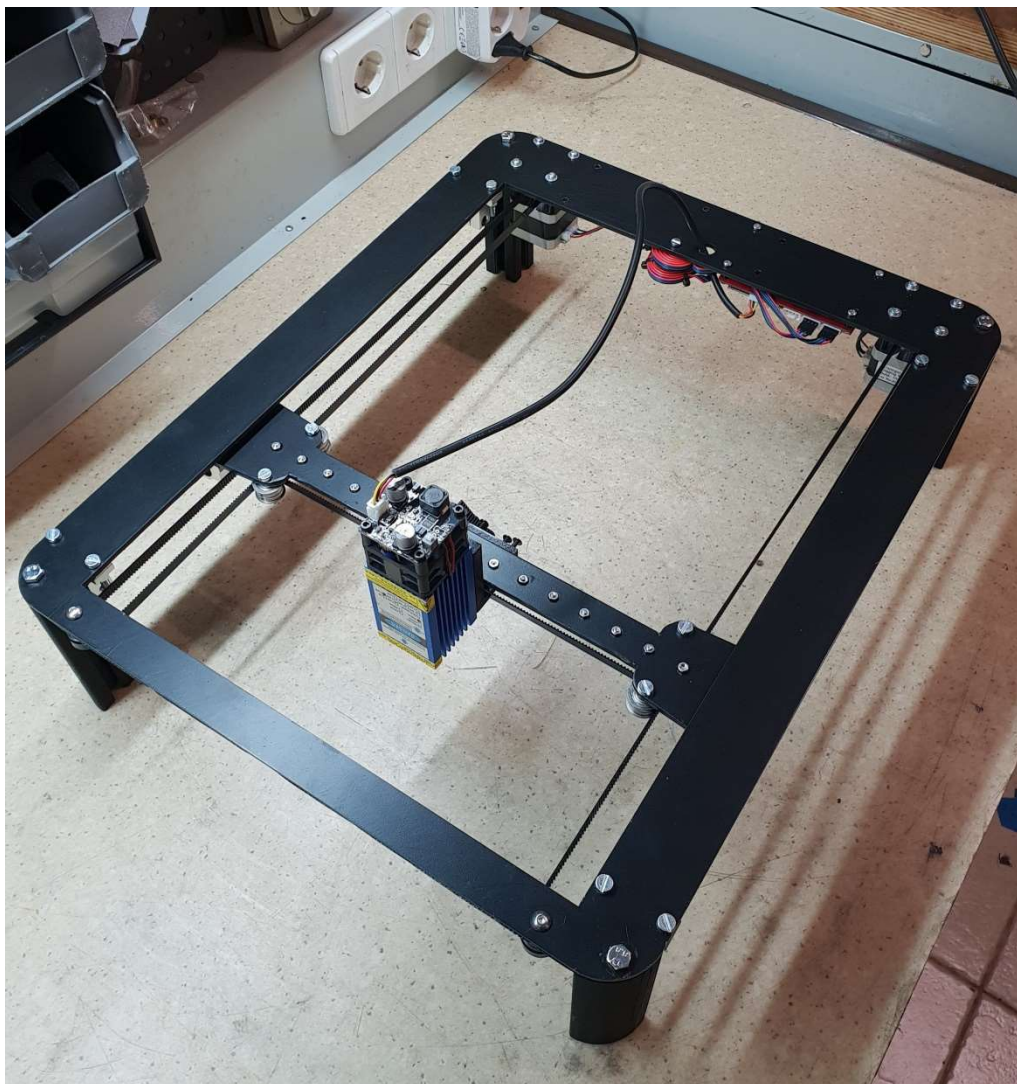
Prvo hipotezo sva v celoti potrdila, saj sva izdelala laserski gravirnik s kinematiko H-bot. Prav tako se je izkazala za pravilno druga hipoteza, saj je bila končna cena izdelka nižja od cen podobnih laserskih gravirnikov, ki jih lahko najdemo na spletu.

Pri tretji hipotezi sva izbrala debelino vezane plošče 3 mm, ker je to najpogosteje uporabljena debelina za rezanje z laserjem. Z najinim laserskim rezalnikom sva lahko odrezala ploščo debeline 3 mm. Pri tem sva uporabljala rezalno hitrost 200 mm/s, laser pa je moral narediti dva obhoda, kajti en sam ni zadostoval za preboj materiala. Tako se je tudi najina tretja hipoteza izkazala za pravilno.

Četrte hipoteze nisva mogla potrditi, saj nisva dosegla, da bi lahko gravirala na nerjavno pločevino. Proizvajalec laserja je sicer zagotavljal, da je moč 5500 mW zadostna za graviranje v pločevino. Navedel je tudi, da je spekter valovne dolžine za takšno graviranje zelo majhen. Opravila sva veliko testov, vendar so bili vsi neuspešni. Morda bi zadostoval laser moči 10000 mW ali 15000 mW.

Ob izdelavi najine raziskovalne naloge in raziskovalnega produkta sva se naučila veliko novega, kar nama bo nedvomno koristilo v prihodnosti.

Pri izdelavi laserja sva naletela tudi na težave, ki sva jih morala seveda odpraviti. Največ težav sva imela z računalniškim delom, kajti to ni najina stroka. Pomoč sva poiskala pri mentorju in na internetu.



Slika 47: Končni izdelek

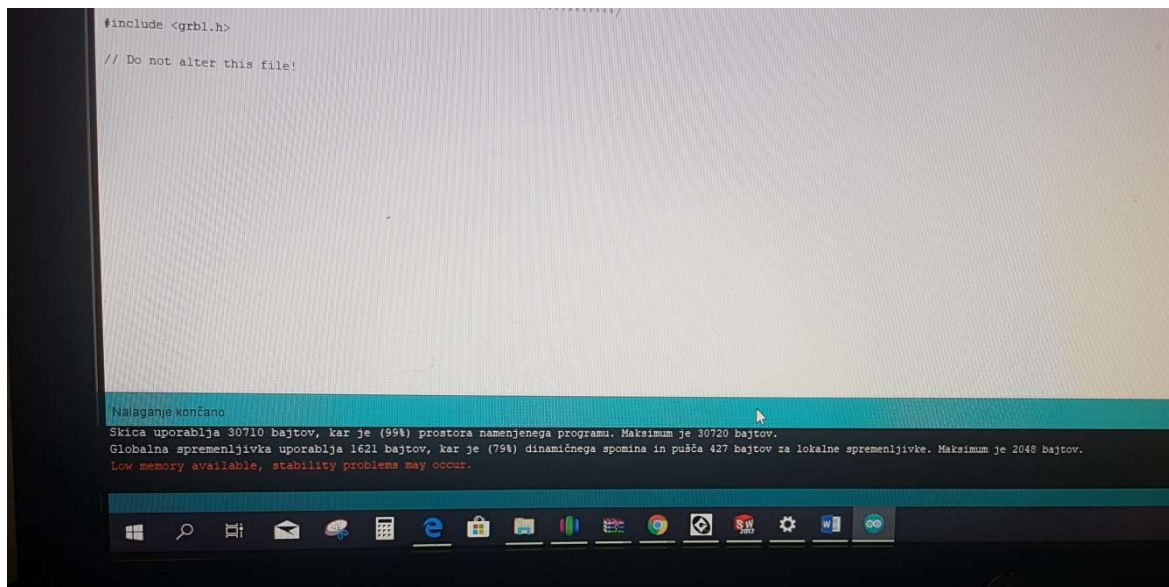
7.1 Možnosti izboljšave

Pri izdelavi je veliko vlogo imela cena izdelka, zato sva npr. izbrala cenejše ležaje v x osi. Te ležaje bi lahko nadomestila s profilnimi vodili, ki imajo veliko manj odstopanj, vendar so cenovno lahko tudi desetkrat dražji. Prav tako sva se odločila za cenejši laser. Ta laser ima moč 5.5 W. Lahko bi izbrala laser moči 10 W ali celo 15 W. Z 10 W laserjem bi lahko rezala z dosti višjo rezalno hitrostjo in vezano ploščo debeline 3 mm odrezala v enem obhodu. Lahko bi tudi kupila noge iz aluminija. Z nosilcem glave sicer nisva imela težav, vendar ker je iz plastike, lahko pride do obrabe.

7.2 Težave

Pri izdelavi laserja nisva naletela na težave, ki ne bi bile odpravljive. Največ problemov sva imela pri pisanju programske kode, saj nisva imela ustreznega znanja. Ko sva kodo prvič

dokončala, je nisva mogla naložiti, ker je presegala dovoljeno količino spomina, ki jo Arduino nano premore. Edina izvedljiva rešitev bi bila, da bi izbrala močnejši arduino z večjo kapaciteto podatkov. Vendar sva se odločila, da bova programsko kodo skrajšala in jo naložila na Arduino nano. Kodo sva pisala tri dni in jo spravila na velikost 30110 bajtov. Dovoljena velikost, ki jo Arduino nano dovoljuje, pa je 30120 bajtov.



Slika 48: Težava s pominskim prostorom na arduinu

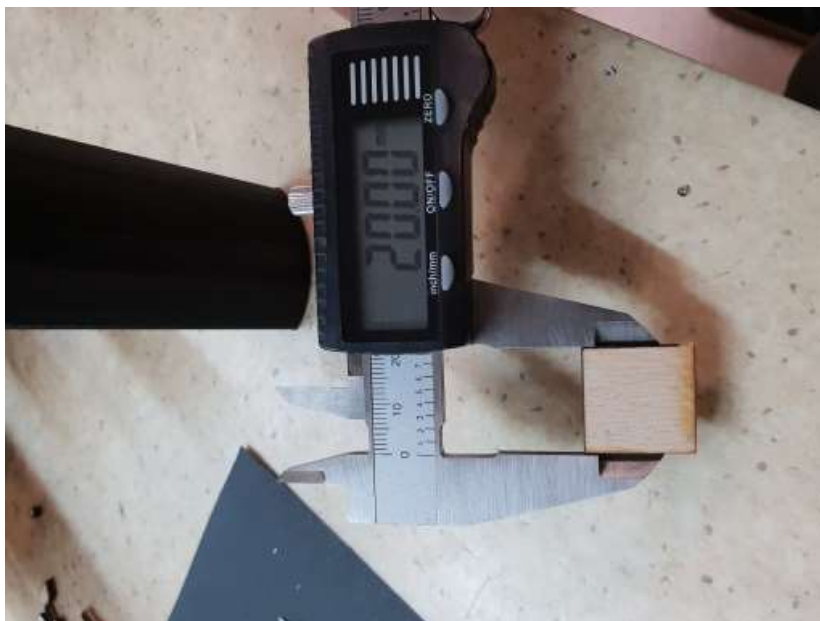
Težave sva imela tudi pri programski opremi, saj laser ni izdeloval izdelke pravih dimenzij. Odgovor sva kmalu našla na internetu. Težava je bila v tem, da ima program primarno napisano merilo, ki ga je treba uravnavati in nastaviti na pravilne vrednosti. Merilo sva določila tako, da sva izrezala kvadrat dimenzij 20 x 20 mm in ga nato delila tako, da sva dobila ustrezno vrednost. To vrednost sva nato vnesla v program.

Naslednji problem, ki se je pojavil, je bil ventilator na laserski glavi. Izvor te težave pa je bil pri proizvajalcu laserja. Časa, da bi laser reklamirala, nisva imela. Nanj sva čakala dva meseca in če bi ga poslala nazaj proizvajalcu, bi lahko trajalo tudi do pet mesecev, da bi ga dobila nazaj. Zato sva se odločila, da bova sama zamenjala ventilator. Na srečo sva našla v delavnici dimenzijsko ustreznega. Ko sva ventilator zamenjala, sva ga namestila na držalo glave in lahko sva pričela s testiranjem.

Zadnja napaka, ki sva jo naredila, je bila konstrukcija laserja. Luknje za ležaje F625UU so bile premalo oddaljene med samo, zato je prišlo do drgnjenja med jermenom in vodilom MGN9H. Prav tako bi morala jermenica teči vzporedno z vodilom MGN9H. Odkrila sva nekaj rešitev, ki bi bile začasne, vendar v primeru daljše uporabe neučinkovite. Odločila sva se, da bova dala izdelati nov nosilec. Nosilec, ki sva ga izdelala, je bil dosti bolj natančno izdelan in dopolnjen. Jerman je sedaj vzporeden z MGN9H.

7.3 Izdelki

Že prvi dan, ko sva sestavila laser, sva izdelala nekaj lažjih izdelkov. Čisto prvi izdelek je bil kvadrat, da sva z njim preverila, če laser reže pravilne dimenzije. Po manjših popravkih sva določila pravilno razmerje.



Slika 49: kvadrat

Po številnih izdelkih iz enega kosa sva se osredotočila tudi na več kosovne izdelke. Pri njih sva morala paziti, da sva izbrala pravilno debelino materiala.



Slika 50: Kolo



Slika 51: Voziček

Po številnih izdelkih, ki sva jih rezala, so sledili izdelki, ki sva jih gravirala. Zadovoljiv graviran izdelek, ki nama je uspel, je bil logotip najine šole.



Slika 52: Logotip Šole za strojništvo, geotehniko in okolje



Slika 53: Prvi graviran izdelek

8 ZAKLJUČEK

S svojo raziskovalno nalogo in nastalim izdelkom sva dokazala, da je možno izdelati laserski gravirnik. Laserski gravirnik je namenjen graviranju in rezanju lesa, usnja, papirja... . V raziskovalni nalogi sva predstavila tudi možnosti izboljšave.

9 POVZETEK

Ozadje

Laserji so naprave, ki so namenjene izdelovanju izdelkov v dveh dimenzijah. Poznamo tudi posebne vrste laserjev, ki delujejo v treh dimenzijah ter laserje, ki so namenjeni izdelovanju cevi.

Namen

Namen naloge je bil izdelati cenovno dostopen, prenosljiv, enostaven in varen laser, ki bo deloval.

Metode

Teoretično sva preučila H-bot kinematiko in samo izdelavo stroja. Naredila sva seznam potrebnega materiala za izdelavo CNC-stroja. Odločila sva se, da bova izdelala laser, katerega obdelovalna dimenzija bo 200 x 250.

Rezultati

Naredila sva laserski gravirnik, ki je enostaven za uporabo, prenosljiv in varen.

Zaključek

Možno je izdelati laserski gravirnik. Laserski gravirnik je namenjen graviranju in rezanju lesa, usnja papirja... V raziskovalni nalogi sva predstavila možnosti izboljšave.

10 ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujema svojim mentorjema; profesorju Jožefu Hrovatu, ki nama je pomagal pri teoretičnem delu in izdelavi izdelka in učitelju Stanetu Glinšku, ki nama je pomagal pri pisnem delu in naju spodbujal. Zahvala gre tudi najinima družinama, ki sta naju ves čas spodbujali. Prav tako bi se rada zahvalila ga. Mariji Glinšek, ki nama je raziskovalno nalogo slovnično pregledala, in učiteljici ga. Silvi Hudournik, ki nama je pomagala pri prevodu povzetka v angleščino. Zahvaljujema se tudi podjetju HTZ, ki nama je prašno pobarvalo laser.

11 VIRI IN LITERATURA

1. <http://www.laserska-gr>, 11. 01. 2019
2. https://www.google.si/search?biw=2048&bih=994&tbm=isch&sa=1&ei=6LBhXInlDenQmwX_1YrIBw&q=a4988&oq=a4988&gs_l=img.3..0l2j0i30l8.6436.10314..10600...2.0..0.97.67.2.8.....0....1..gws-wiz-img.....0i19j0i5i30i19j0i67.6efwaJ6rTCk#imgrc=T-qTMw5jzJEfKM:avura.com/tehnologija.php, 11. 01. 2019
3. <https://potentiallabs.com/cart/buy-a4988-stepper-motor-driver-module-online-hyderabad-india>, 11. 01. 2019
4. <https://www.aliexpress.com/item/5500mw-Laser-Module-450NM-Focusing-Blue-Laser-Head-Laser-Engraving-and-Cutting-TTL-Module-5-5w/32838985362.html>, 11. 01. 2019
5. <https://store.arduino.cc/arduino-nano>, 19. 01. 2019
6. [file:///C:/Users/Marko/AppData/Local/Packages/microsoft.windowscommunicationsapps_8wekyb3d8bbwe/LocalState/Files/S0/1584/WhatIsGrblGru\[1883\].pdf](file:///C:/Users/Marko/AppData/Local/Packages/microsoft.windowscommunicationsapps_8wekyb3d8bbwe/LocalState/Files/S0/1584/WhatIsGrblGru[1883].pdf), 19. 01. 2019
7. <http://www.davdata.nl/math/hbot-eng.html>, 21. 01. 2019
8. https://www.iwf.mavt.ethz.ch/ConfiguratorJM/publications/MODELING_A_132687166151936/3314_mod.pdf, 22. 01. 2019
9. <http://mladiraziskovalci.scv.si/ogled?id=1551>, 22. 01. 2019
10. <https://github.com/grbl/grbl>, 22. 01. 2019
11. http://lab.fs.uni-lj.si/kolt/datoteke/osnove_laserske_tehnike/4_Vrste_laserjev.pdf, 22. 01. 2019
12. Hrovat J., Spajanje in toplotna obdelava. interno gradivo., 2016, 11. 01. 2019

12 PRILOGE

Priloga 1: 3D model laserja

