

ŠOLSKI CENTER CELJE

Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

Raziskovalna naloga

NAPRAVA ZA ZATISKANJE TUB

Avtorji:

Nejc GUBENŠEK, S-4. b

Benjamin BASTL, S-4. a

Miha DRAME, S-4. a

Mentorji:

Roman ZUPANC, dipl. inž. str.

Žan PODBREGAR, mag. inž. energ.

Martin AMON, mag. inž. str.

Celje, marec 2019

IZJAVA

Mentorji Roman Zupanc, Žan Podbregar in Martin Amon, v skladu z 2. in 17. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom Naprava za zatiskanje tub, katere avtorji so Nejc Gubenšek, Benjamin Bastl in Miha Drame:

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, _____

žig šole

Podpis mentorjev

Podpis odgovorne osebe

ZAHVALA

Zahvaljujemo se našim mentorjem Romanu Zupancu, dipl. inž. str., Žanu Podbregarju, mag. inž. energ., in Martinu Amonu, mag. inž. str., za koordinacijo pri izdelavi raziskovalne naloge in strokovne nasvete.

Hkrati se zahvaljujemo podjetju Celjske lekarne, ki so nam omogočile obisk laboratorija in predstavitev naloge ter za vse odgovore na vprašanja, ki so se pojavila pri projektu.

Na koncu bi se zahvalili še Brigiti Renner, prof., za pregled in lektoriranje naloge.

POVZETEK

V raziskovalni nalogi smo se postavili v vlogo izdelovalca naprave za naročnika Celjske lekarne. V sodelovanju s podjetjem smo si postavili cilj izdelati napravo za zatiskanje tub. Omenjeno napravo naročnik potrebuje za zatiskanje aluminijastih tub, v katere polni svoje produkte. Izvedli smo raziskavo trga in dobili širši vpogled v delovanje tovrstnih naprav. Lotili smo se koncipiranja naprave in razvili osnovo, ki smo jo tekom raziskovanja izpopolnjevali. Razvita naprava deluje na osnovi mehanizma, ki ga poganja le en motor. Od ostalih naprav, ki jih najdemo na tržišču, našo loči kompaktnosti, prenosljivosti in funkcija žigosanja številskih oznak.

Ključne besede: Celjske lekarne, naprava za zatiskanje tub, mehanizem, žigosanje, številске oznake

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	10
1.1	METODE RAZISKOVANJA	10
2	PREDSTAVITEV RAZISKOVALNEGA IZZIVA	11
2.1	STARA NAPRAVA	11
2.2	ALUMINIJASTE TUBE	12
2.3	ZAHTEVNIK	13
3	ANALIZA TRGA	14
3.1	SLOVENSKI TRG	14
3.2	TUJ TRG	15
3.3	NAPRAVA BESPACER	17
3.4	CELJSKE LEKARNE	18
3.4.1	Sodelovanje s podjetjem	19
4	KONCIPIRANJE MEHANIZMA IN OHIŠJA	20
4.1	ZATISKANJE IN ŽIGOSANJE TUB	20
4.1.1	Prvi korak	20
4.1.2	Drugi korak	21
4.1.3	Tretji korak	21
4.1.4	Četrti korak	22
4.1.5	Peti korak	22
4.1.6	Šesti korak	23
4.1.7	Sedmi korak	23
4.1.8	Osmi korak	24
4.1.9	Deveti korak	24
4.1.10	Deseti korak	25
4.1.11	Enajsti korak	25
4.1.12	Dvanajsti korak	26
4.1.13	Trinajsti korak	26

4.1.14	Štirinajsti korak	27
4.1.15	Petnajsti korak	27
4.1.16	Šestnajsti korak	28
4.1.17	Sedemnajsti korak	28
4.1.18	Osemnajsti korak.....	29
4.2	DOLOČITEV MEHANIZMA	30
4.3	KRIVULJNI MEHANIZEM	31
4.4	SNOVANJE IN KONSTRUIRANJE MEHANIZMA	33
4.4.1	Prvi koncept mehanizma	34
4.4.2	Drugi koncept mehanizma.....	35
4.4.3	Končni koncept mehanizma	36
4.5	POGON MEHANIZMA.....	42
4.6	SNOVANJE IN KONSTRUIRANJE OHIŠJA.....	44
4.6.1	Splošno o ohišjih	44
4.6.2	Načrtovanje ohišja.....	45
4.6.3	Izbira varnostnih elementov	49
4.6.4	Modeliranje in izdelava tehniške dokumentacije	51
5	NUMERIČNA ANALIZA	53
5.1	METODA KONČNIH ELEMENTOV	53
5.2	NUMERIČNA ANALIZA STISKANJA TUBE	54
5.2.1	Material in podatki tube	54
5.2.2	Analiza geometrije odmičnih plošč.....	54
5.2.3	Analiza sile stiskanja.....	55
5.3	NUMERIČNA ANALIZA GLAVNE GREDI.....	56
5.3.1	Geometrija in vpetje glavne gredi	56
5.3.2	Material glavne gredi.....	56
5.3.3	Analitični izračun	57
5.3.4	Numerična analiza napetosti in upogibka s pomočjo programske opreme	59

5.4	PRERAČUN SPOJNIH ELEMENTOV	60
5.5	VREDNOTENJE REZULTATOV IN UGOTOVITVE ANALIZE	61
6	IZDELAVA	62
7	EKONOMSKA ANALIZA	64
8	ZAKLJUČEK	65
9	VIRI IN LITERATURA	66

KAZALO SLIK

Slika 2.1:	Stara naprava za zatiskanje tub	11
Slika 2.2:	Primeri različnih modelov aluminijastih tub	12
Slika 3.1:	Velika naprava za polnjenje in zatiskanje farmacevtskih tub	16
Slika 3.2:	Manjša naprava za polnjenje in zatiskanje farmacevtskih tub	16
Slika 3.3:	Naprava za zatiskanje tub Bespacker	17
Slika 3.4:	Logotip Celjskih lekarn	18
Slika 3.5:	Proizvodi Celjskih lekarn	19
Slika 4.1:	Prvi korak zatiskanja in žigosanja tube	20
Slika 4.2:	Drugi korak zatiskanja in žigosanja tube	21
Slika 4.3:	Tretji korak zatiskanja in žigosanja tube	21
Slika 4.4:	Četrty korak zatiskanja in žigosanja tube	22
Slika 4.5:	Peti korak zatiskanja in žigosanja tube	22
Slika 4.6:	Šesti korak zatiskanja in žigosanja tube	23
Slika 4.7:	Sedmi korak zatiskanja in žigosanja tube	23
Slika 4.8:	Osmi korak zatiskanja in žigosanja tube	24
Slika 4.9:	Deveti korak zatiskanja in žigosanja tube	24
Slika 4.10:	Deseti korak zatiskanja in žigosanja tube	25
Slika 4.11:	Enajsti korak zatiskanja in žigosanja tube	25
Slika 4.12:	Dvanajsti korak zatiskanja in žigosanja tube	26
Slika 4.13:	Trinajsti korak zatiskanja in žigosanja tube	26
Slika 4.14:	Štirinajsti korak zatiskanja in žigosanje tube	27
Slika 4.15:	Petnajsti korak zatiskanja in žigosanje tube	27
Slika 4.16:	Šestnajsti korak zatiskanja in žigosanja tube	28
Slika 4.17:	Sedemnajsti korak zatiskanja in žigosanja tube	28

Slika 4.18: Osemnajsti korak zatiskanja in žigosanje tube	29
Slika 4.19: Linearno vodilo s servopogonom Bosch Rexroth.....	30
Slika 4.20: Princip delovanja krivuljnega mehanizma.....	31
Slika 4.21: Osnovni tipi sledilnikov pri krivuljnih mehanizmih	31
Slika 4.22: Idejna skica delovanja mehanizma	32
Slika 4.23: Metodika projektiranja mehanizma	33
Slika 4.24: Prvi koncept mehanizma.....	34
Slika 4.25: Drugi koncept mehanizma – pogled spredaj.....	35
Slika 4.26: Desni odmični kolut.....	36
Slika 4.27: Levi odmični kolut.....	36
Slika 4.28: Žigosni vstavek s številskimi oznakami.....	38
Slika 4.29: Žigosne kladice proizvajalca Pryor	38
Slika 4.30: Prečni prerez mehanizma za dvig tube	39
Slika 4.31: Zgornja odmična plošča v končnem položaju prepogiba.....	40
Slika 4.32: Pogled spredaj – odmične plošče	41
Slika 4.33: Končni sestav mehanizma z motorjem in tubo	41
Slika 4.34: Koračni motor Nema 23 s planetarnim gonilom.....	42
Slika 4.35: Krmilnik koračnega motorja Stepperonline DM542T	43
Slika 4.36: Napajalnik Mean Well	43
Slika 4.37: Plastično ohišje	44
Slika 4.38: Prvi koncept ohišja.....	45
Slika 4.39: Drugi koncept ohišja	46
Slika 4.40: Tretji koncept ohišja	48
Slika 4.41: Varnostna svetlobna zavesa	49
Slika 4.42: Zaščitna vrata	50
Slika 4.43: Pločevinasta zaščita.....	50
Slika 4.44: Zadnja stranica pokrova	51
Slika 4.45: Osnova ohišja.....	52
Slika 4.46: Pokrov naprave	52
Slika 5.1: Princip metode končnih elementov	53
Slika 5.2: Zatisk tube pri različnih geometrijah odmičnih plošč.....	55
Slika 5.3: Vpetje glavne gredi z nanjo delujočimi silami.....	56
Slika 5.4: Primerjalne napetosti v glavni gredi	59
Slika 5.5: Deformacije v glavni gredi	60

Slika 6.1: Osnovna plošča z ležaji.....	62
Slika 6.2: Vrezovanje navojev na osnovno ploščo.....	63
Slika 6.3: 3D tisk plastičnih elementov.....	63

KAZALO TABEL

Tabela 2.1: Zahtevnik.....	13
Tabela 3.1: Karakteristike naprave Bespacker.....	17
Tabela 5.1: Material in podatki tube.....	54
Tabela 5.2: Material glavne gredi.....	56
Tabela 7.1: Stroški pri izdelavi naprave.....	64

KAZALO DIAGRAMOV

Diagram 4.1: Gibanje odmičnih plošč in žigosnega sistema.....	37
Diagram 4.2: Gibanje tube s pomočjo dvižnega mehanizma.....	39
Diagram 4.3: Gibanje zgornje odmične plošče.....	40
Diagram 5.1: Sila zatiska pri geometriji tube s kotom 75°	55

KAZALO ENAČB

Enačba 5.1: Izračun napetosti pri premeru glavne gredi 10 mm.....	57
Enačba 5.2: Izračun napetosti pri premeru glavne gredi 15 mm.....	57
Enačba 5.3: Izračun napetosti pri premeru glavne gredi 20 mm.....	58
Enačba 5.4: Izračun upogibka pri premeru glavne gredi 10 mm.....	58
Enačba 5.5: Izračun upogibka pri premeru glavne gredi 15 mm.....	59
Enačba 5.6: Izračun upogibka pri premeru glavne gredi 20 mm.....	59
Enačba 5.7: Izračun najmanjšega premera vijaka.....	61

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Sestavnica mehanizma

Priloga 2: Sestavnica ohišja

Priloga 3: Sestavnica vodila tub

1 UVOD

Tube se v farmacevtski industriji pogosto uporabljajo za shranjevanje produktov, kot so kreme, geli, mazila in ostali izdelki. V proizvodnji tub je te najprej potrebno napolniti z želenim produktom in jih nato ustrezno zatesniti. Eno izmed farmacevtskih podjetij, ki svoje izdelke polni v aluminijaste tube, so tudi Celjske lekarne. Kot naročnik so z nami kontaktirali in nam predstavili idejo o napravi, ki bi jo v nadaljnji proizvodnji potrebovali za zatiskanje aluminijastih tub. Po razgovorih smo prišli do sklepa, da v sodelovanju z njimi naredimo napravo in raziskovalno nalogo.

Najprej smo se odločili, na kakšnem principu bo naša naprava delovala, in se šele nato lotili izdelave konceptov. Odločili smo se za izdelavo analize trga, saj nas je zanimalo, ali podobna naprava že obstaja. Z raziskavo smo ugotovili tudi, kako lahko našo napravo izdelamo konkurenčno drugim.

Glavni cilj naše raziskovalne naloge je, da omenjeno napravo v razvoju koncipiranja čim bolj dodelamo, izdelamo simulacijski model naprave in jo tudi fizično izdelamo. Poleg zatiskanja smo na zahtevo naročnika vključili tudi žigosanje številskih oznak, za lažjo identifikacijo produktov.

1.1 METODE RAZISKOVANJA

V procesu izdelovanja naprave smo si pomagali z različnimi metodami raziskovanja. Najpogosteje smo uporabili naslednje metode:

- Metodo analize, ki temelji na razčlenitvi celote na njene osnovne sestavne dele. Tako smo si našo kompleksno nalogo razdelili na več delov, kot so snovanje, konstruiranje in izbira električnih elementov. S tem je bilo raziskovalno delo bolj sistematično in nadzorno.
- Primerjalno metodo, ki temelji na primerjavi več ugotovitev. To metodo smo največkrat uporabili pri snovanju mehanizma naprave, ko smo svoje ideje primerjali z idejami, ki obstajajo na trgu in veljajo za preizkušene ter delujoče mehanizme.

2 PREDSTAVITEV RAZISKOVALNEGA IZZIVA

V lekarni večinoma produkte, ki jih sami proizvedejo, polnijo v aluminijaste tube različnih premerov in velikosti. Po polnjenju tub je potrebno te dobro zapreti, tako da se zgornji del, ki je odprt, večkrat prepogne in dobro zatisne. Le tako kreme ostanejo v primernem stanju dalj časa. V Celjskih lekarnah so do sedaj za ta proces zatiskanja tub uporabljali 40 let staro napravo, ki kaže znake obrabljenosti in ni več primerna za nadaljnjo uporabo. Poleg zatiskanja imajo v načrtu na vse nove produkte žigosati serijske številke za lažjo identifikacijo proizvedenih izdelkov, v tem primeru napolnjenih tub.

2.1 STARA NAPRAVA

Že obstoječa naprava, ki jo Celjske lekarne uporabljajo sedaj, ne ustreza današnjim varnostnim in drugim standardom. Ohišje nima primerne varnostne zaščite, ki bi onemogočala vstop z roko v delovno območje in preprečevala morebitne poškodbe. Naprava operaterju dovoljuje enoročno upravljanje, kar predstavlja dodatno nevarnost, saj lahko z drugo roko seže v območje delovanja, poleg tega pa nima niti stikala za izklop v sili. Celotno ohišje je napravljeno iz železa in zelo težko, prav tako naprava nima ročaja za nošenje, zato je zelo slabo prenosljiva. Mehanizem omogoča le zatiskanje tub manjših velikosti in ne vključuje žigosanja tub. Zaradi navedenih pomanjkljivosti so se Celjske lekarne odločile za zamenjavo naprave.



Slika 2.1: Stara naprava za zatiskanje tub

(Osebni vir)

2.2 ALUMINIJASTE TUBE

Omenjene tube so aluminijaste, debeline 0,2 mm in premera od 13 mm do 35 mm. Dolge so do 190 mm, odvisno od izbranega modela. Tube se razlikujejo tudi po velikosti in obliki zamaškov, s katerimi se zaprejo in služijo kot opora za fiksiranje pri vstavitvi tube v mehanizem.



Slika 2.2: Primeri različnih modelov aluminijastih tub

(Osebni vir)

2.3 ZAHTEVNIK

Naročnik nam je postavil tehnične zahteve, ki smo jih zbrali v zahtevniku. Te zahteve smo uporabili kot hipoteze in merilo pri izdelovanju naprave. Med koncipiranjem smo upoštevali podatke zahtevnika in skušali vse zahteve izpolniti.

Tabela 2.1: Zahtevnik

Št.	Področje	Informacije	Zahteva(Z)/ Želja(Ž)
1	Princip delovanja	Zatiskanje in žigosanje farmacevtskih tub, čas trajanja cikla: 3 s	Z
2	Oblika, material	Najmanjše zunanje mere naprave: 200 mm x 300 mm x 300 mm; nerjavno jeklo oz. površinsko zaščitene Al-zlitine	Z
3	Varnost	Varnostna zaščita mora preprečiti seganje rok v območje delovanja mehanizma.	Z
4	Ergonomija, estetika	Kompaktna in enostavna	Ž
6	Kakovost	Visoka natančnost izdelave komponent proizvoda, saj je zahtevan natančen in močan zatisk ter žigosanje tub.	Z
7	Transport	Naprava mora biti prenosna, imeti mora standardni nosilni ročaj za prenašanje.	Z
8	Uporaba	Predvidena življenjska doba: 20 let, električni vir energije, minimalni stroški obratovanja	Z
9	Vzdrževanje	Enostavno čiščenje, minimalno in enostavno vzdrževanje	Ž
10	Cena	Največji materialni stroški: 3000 EUR	Z

3 ANALIZA TRGA

Pregleda trga smo se lotili tako, da smo si trg najprej razdelili na domači oz. slovenski trg in tuj trg v okviru Evrope ter izven nje. Pri raziskavi smo se osredotočili na iskanje naprave, ki bi bila najbolj podobna naši oz. najbolj ustreza pogojem naročnika. Med iskanjem smo našli več cenovnih in kakovostnih razredov izdelkov ter različno upoštevanje varnostnih standardov. Nekatere naprave so primerne za serijsko proizvodnjo oz. izdelavo večje količine izdelkov naenkrat (uporaba predvsem v farmacevtski industriji), medtem ko so druge primerne za enkratne, manjše količine izdelkov in se uporabljajo v manjših farmacevtskih proizvodnjah.

3.1 SLOVENSKI TRG

Na slovenskem trgu se z inovativnimi napravami za uporabo na področju farmacevtske industrije ukvarja veliko podjetij, kot so npr. Inel, d. o. o., Viro, d. o. o., Linx solution, tovarna tehnološke opreme, d. o. o., in Iskra – PIO, d. o. o. V ponudbi izdelkov za rabo v farmacevtski industriji ne zasledimo naprave za zatiskanje aluminijastih tub, kakršno izdelujemo mi. Pojavijo se naprave za zatiskanje plastičnih tub, ki se zatisnejo z varjenjem, različne naprave za brizganje oz. označevanje tub s črnilom, naprave za etiketiranje, pakiranje embalaž in tub, različne procesne posode, fermentorji, mešalne posode in ostali pripomočki, potrebni za proizvodnjo krem in zdravil v farmaciji. Ker nismo našli željene naprave, smo se odločili, da bomo o ceni naprave za zatiskanje tub povprašali podjetja, ki izdelujejo naprave po naročilu in po željah kupcev. Kontaktirali smo podjetje Forstek, d. o. o., vendar podatka o ceni nismo dobili, saj željene naprave po naročilu ne bi bilo mogoče izdelati.

3.2 TUJ TRG

Ker v Sloveniji izdelava naprave po naročilu ne bi bila mogoče, smo se odločili, da pregledamo tuje trge in ugotovimo, kakšna je ponudba po svetu. Ob pregledu spletnih trgovin s farmacevtsko opremo smo zasledili naprave različnih zmogljivosti v različnih cenovnih razredih. Ločili smo jih na dve skupini:

- **Velike naprave:** Namenjene so veliki, serijski proizvodnji produktov, s primernim prostorom za postavitev velikih naprav. Takšne naprave so sposobne v minuti proizvesti od 95 do 160 tub. V njih lahko vstavljamo tube premera 10–35 mm in dolžine 50–200 mm. Cenovno se gibljejo med 35 000 € in 55 000 €.
- **Manjše naprave:** Primerne so za farmacevtske proizvodnje, ki ne potrebujejo večjih zalog oz. ne proizvajajo produktov ves čas. Naprave imajo manjše zmogljivosti, večina naprav pa vsebuje funkcije avtomatskega vstavljanja, polnjenja, zatiska in izmeta. Nekatere malo dražje izvajajo tudi etiketiranje ali številčenje. Zmogljivost teh naprav je od 30 do 60 tub/min. V njih se lahko vstavljajo tube različnih premerov in dolžin, veliko je odvisno tudi od tega, kaj potrebujemo. Cenovno se te naprave gibljejo med 5000 € in 25 000 €.

Večinoma na tujem trgu prevladujejo naprave, ki so namenjene veliki, serijski proizvodnji, in vključujejo najnovejšo tehnologijo, seveda pa so temu primerne tudi cene. Vse te naprave so namenjene avtomatizaciji proizvodnje, zato nobena od njih ne ustreza našim kriterijem oz. ni podobna naši.



Slika 3.1: Velika naprava za polnjenje in zatiskanje farmacevtskih tub

(Vir: http://www.chinamachinerygroup.com/en/productsinfo_1111.html)



Slika 3.2: Manjša naprava za polnjenje in zatiskanje farmacevtskih tub

(Vir: http://www.chinamachinerygroup.com/en/productsinfo_1206.html)

3.3 NAPRAVA BESPACKER

Po izčrpnih analizah spletnih ponudnikov smo našli napravo, ki je vsaj malo podobna naši. Naprava je proizvod kitajskega proizvajalca Bepacker. Omogoča zatiskanje aluminijastih tub, po naročilu pa se lahko dobi tudi naprava za varjenje plastičnih tub. Vključuje tudi funkcijo odtiskovanja števil in črk ter dvonožni vklop. Za pogon naprave je potreben kompresor, saj zatiskanje deluje s pomočjo pnevmatskih cilindrov. Ključni podatki naprave:

Tabela 3.1: Karakteristike naprave Bepacker

Priključna napetost	220 V 50 Hz
Moč	3.5 kW
Maksimalna širina zatiskanja	50 mm
Hitrost zatiskanja	10–15 tub/min
Mere naprave	510 mm x 460 mm x 1190 mm
Teža	65 kg



Slika 3.3: Naprava za zatiskanje tub Bepacker

(Vir: http://www.cnbespacker.com/pro1?product_id=1985&brd=1&product_category=60)

3.4 CELJSKE LEKARNE

Celjske lekarne so javni zavod in po lekarniški dejavnosti četrti največji zavod v Sloveniji. Poleg treh ostalih zasebnih lekarnarjev opravljajo lekarnarsko dejavnost v dvanajstih občinah Savinjske regije.

Njihova glavna dejavnost je oskrba prebivalcev, zdravstvenih zavodov in ostalih organizacij z zdravili – izdaja in priprava zdravil ter ostalih izdelkov. Poleg zdravil imajo tudi pester izbor ostalih pripomočkov in krem za ohranjanje zdravja, v ponudbi pa so tudi številni kozmetični izdelki. Izdajajo različne vrste veterinarskih zdravil, nudijo svetovanja pri predpisovanju zdravil, izvajajo različna mentorstva za dijake in študente ter nudijo različne informativne dejavnosti.



Slika 3.4: Logotip Celjskih lekarn

(Vir: <http://phoebus.si/prodajna-mesta/logo-celjske-lekarne/>)

3.4.1 Sodelovanje s podjetjem

Prvi kontakti, navezovanja stikov in dogovarjanja o ponudbi za izdelavo naprave so potekali z našimi profesorji oz. mentorji. Ko je bilo vse dogovorjeno in je bil projekt predstavljen tudi dijakom, se je začela izdelave naprave.

Podjetje Celjske lekarne nam je omogočilo tudi ogled delovanja stare naprave. Dijaki smo si v spremstvu mentorja Romana Zupanca napravo ogledali, kar nam je koristilo pri načrtovanju izpopolnjenega modela, ki bo za razliko od starega ustrezal standardom in zahtevam naročnika.

Poleg ogleda naprave so nam zaposleni v lekarni predstavili tudi druge naprave, namenjene izdelavi, pakiranju in etiketiranju krem.



Slika 3.5: Proizvodi Celjskih lekarn

(Vir:

<https://www.facebook.com/celjskelekarne/photos/a.518053971625099/1128545697242587/?type=3&theater>)

4 KONCIPIRANJE MEHANIZMA IN OHIŠJA

Mehanizem lahko definiramo kot zaprto kinematično verigo, pri kateri so elementi znotraj njega povezani in se gibljejo po točno določenem položaju. Poznamo več vrst mehanizmov:

- Ravninski mehanizmi – vse točke gibajočega mehanizma opisujejo ravninske krivulje.
- Prostorski mehanizmi – ni nobenih omejitev glede gibanja njihovih elementov.
- Krogelni mehanizmi – točke gibajočega mehanizma se gibljejo po krogelni površini.

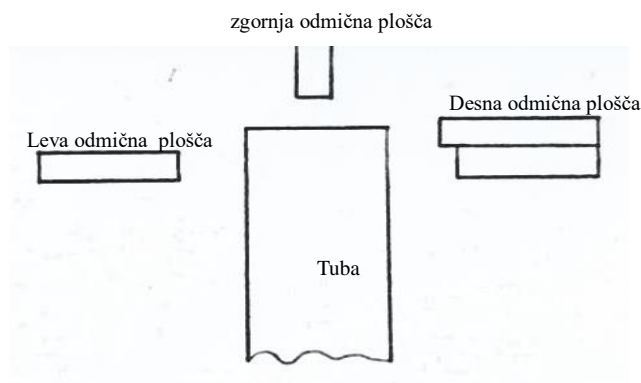
[19]

4.1 ZATISKANJE IN ŽIGOSANJE TUB

V Celjskih lekarnah se aluminijaste tube dvakrat prepognejo in dobro zatisnejo. Poleg zatiskanja mora naprava nuditi možnost odtisa številске oznake. Da bi dobro razumeli potek delovanja mehanizma, smo si na začetku razjasnili korake zatiskanja tube. Za zatiskanje in prepogibanje tub smo predvideli 5 mm debelo pločevino iz nerjavečega jekla (W. Nr. 1.4301), saj se pri stiskanju in upogibanju pojavljajo dotiki, ki jih drugi materiali, na primer aluminij, dolgotrajno ne bi prenesli.

4.1.1 Prvi korak

V prvem koraku morajo biti vse odmične plošče dovolj narazen, da se lahko tuba, ki se zatiska, pritrdi na stojalo. Na sliki je prikazana tuba v začetnem položaju, ko jo vstavimo v mehanizem za zatiskanje in žigosanje.

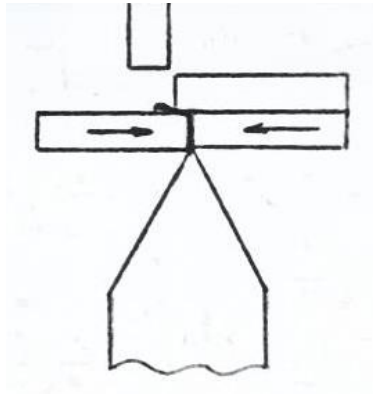


Slika 4.1: Prvi korak zatiskanja in žigosanja tube

(Osebni vir)

4.1.2 Drugi korak

Sledi drugi korak, ko se leva in desna odmična plošča približata na dvakratno debelino tube in hkrati zaradi njune postavitve zapogneta tubo do polovičnega položaja zatisnjenosti tube, do kota 90° . Pri tem je pomembna višina med njima, saj se lahko pojavi strižna napetost, ki bi lahko del tube, ki ga prepogibamo, odstrigla. Pri konstruiranju odmičnih plošč smo ta podatek upoštevali in poskrbeli, da se na mestu prepogiba pojavi upogib.

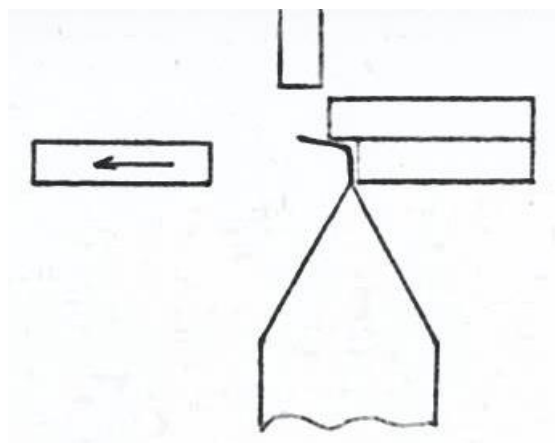


Slika 4.2: Drugi korak zatiskanja in žigosanja tube

(Osebni vir)

4.1.3 Tretji korak

V tretjem koraku se leva odmična plošča odmakne in tako nastane prostor za zgornjo ploščo, ki bo v prihodnjem koraku tubo zapognila do končne lege.

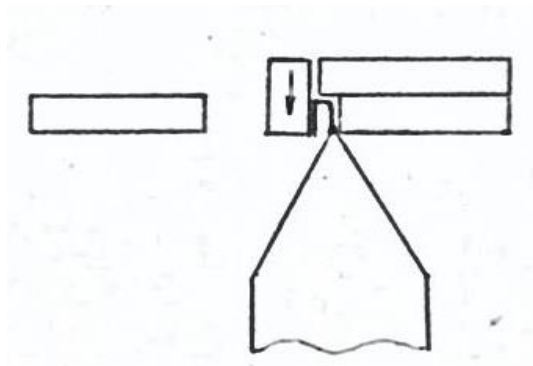


Slika 4.3: Tretji korak zatiskanja in žigosanja tube

(Osebni vir)

4.1.4 Četrty korak

Četrty korak služi za končni prepogib tube, kot je prikazano na sliki. Zgornja odmična plošča se spusti pravokotno na tubo in zopet povzroči upogib, ki zaradi zanemarljive sile reakcije prevlada in tubo upogne za dodatnih 90°.

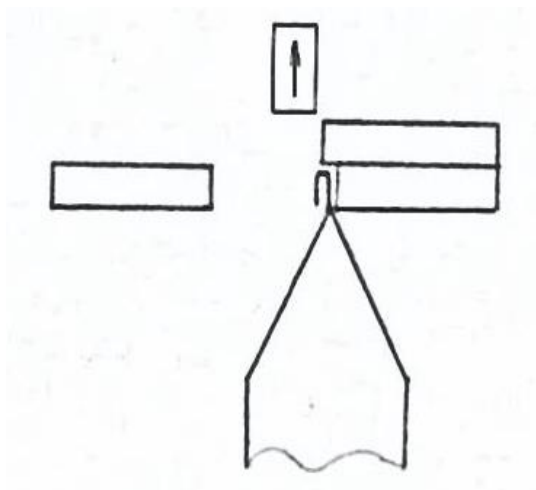


Slika 4.4: Četrty korak zatiskanja in žigosanja tube

(Osebni vir)

4.1.5 Peti korak

V petem koraku se zgornja odmična plošča dvigne na začetni položaj.

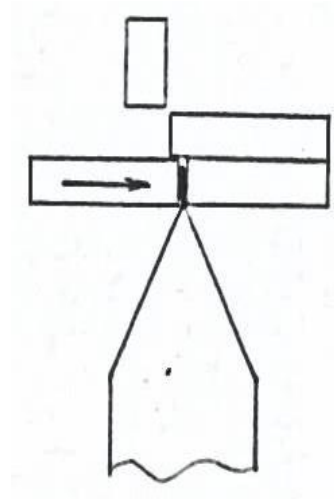


Slika 4.5: Peti korak zatiskanja in žigosanja tube

(Osebni vir)

4.1.6 Šesti korak

Šesti korak je namenjen zatiskanju dela tube, ki smo ga v prejšnjih štirih korakih prepognili. Tukaj se pojavita površinski tlak in sila med odmičnima ploščama ter prepognjenim delom tube, ki ju bomo v nadaljevanju izračunali.

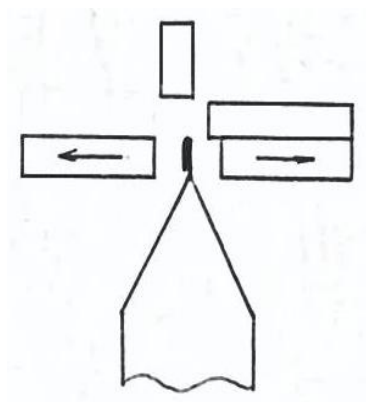


Slika 4.6: Šesti korak zatiskanja in žigosanja tube

(Osebni vir)

4.1.7 Sedmi korak

V sedmem koraku se leva in desna odmična plošča odmakneta, saj sledi dvig tube, ki se bo izvedel v osmem koraku.

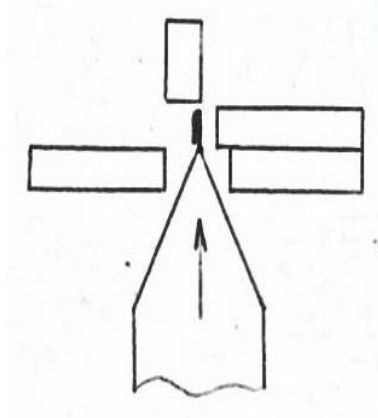


Slika 4.7: Sedmi korak zatiskanja in žigosanja tube

(Osebni vir)

4.1.8 Osmi korak

Standard zatiskanja aluminijastih tub v farmaciji je, da se tuba dvakrat prepogne in zatisne, zato je potrebno postopek upogibanja in zatiskanja ponoviti. V osmem koraku sledi dvig tube na višino, kjer je bil vrh tube pred upogibanjem.

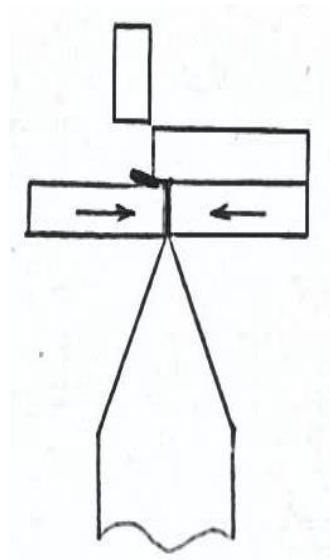


Slika 4.8: Osmi korak zatiskanja in žigosanja tube

(Osebni vir)

4.1.9 Deveti korak

Deveti korak je podoben drugemu, le da se tokrat upogiba del tube, ki je bil že enkrat zatisnjen.

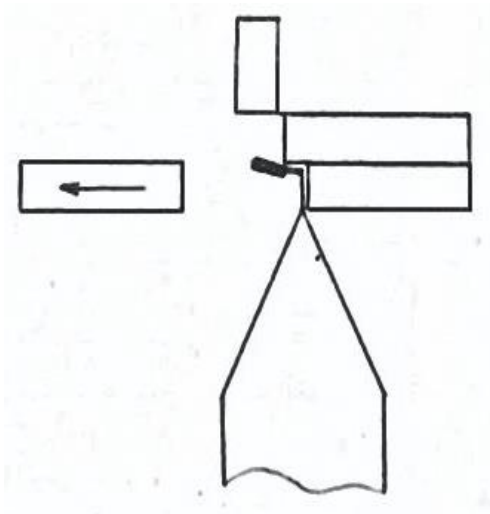


Slika 4.9: Deveti korak zatiskanja in žigosanja tube

(Osebni vir)

4.1.10 Deseti korak

Zopet se leva odmična plošča odmakne in naredi prostor zgornji odmični plošči za prepogibanje.

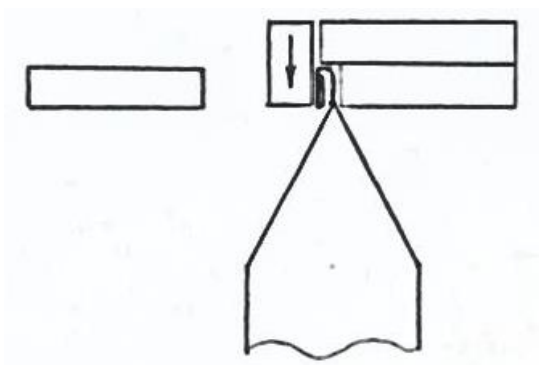


Slika 4.10: Deseti korak zatiskanja in žigosanja tube

(Osebni vir)

4.1.11 Enajsti korak

Zgornja odmična plošča prepogne že predhodno zatisnjen del za 90°.

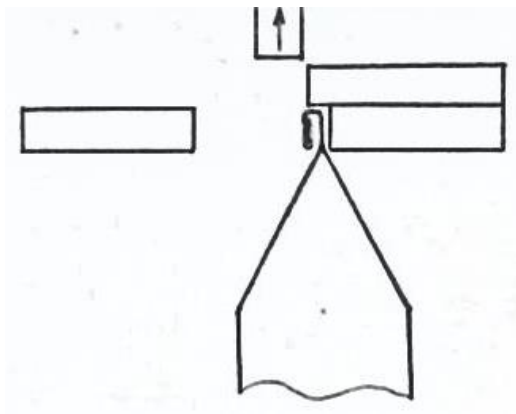


Slika 4.11: Enajsti korak zatiskanja in žigosanja tube

(Osebni vir)

4.1.12 Dvanajsti korak

Dvig zgornje odmične plošče.

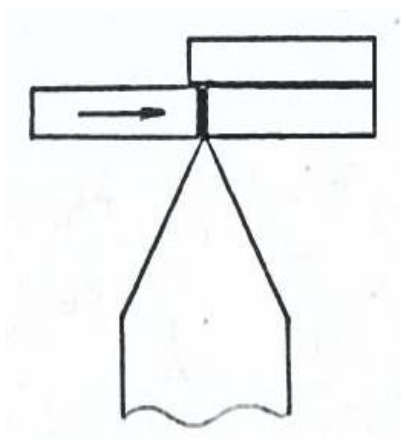


Slika 4.12: Dvanajsti korak zatiskanja in žigosanja tube

(Osebni vir)

4.1.13 Trinajsti korak

Leva odmična plošča pritisne ob zapognjeni del tube in desno odmično ploščo. Nastane velika sila, ki zatisne dvakrat prepognjeni del tube. S tem korakom se delovanje stare, obstoječe naprave, ki zatiska tube, konča. Naša naloga je bila, da dodamo še žigosanje številске oznake, kar smo izvedli v nadaljnjih korakih.

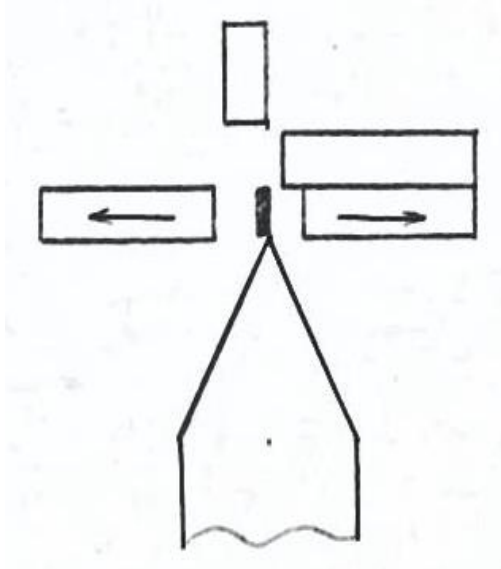


Slika 4.13: Trinajsti korak zatiskanja in žigosanja tube

(Osebni vir)

4.1.14 Štirinajsti korak

Za žigosanje se leva in desna odmična plošča odmakneta ter tako ustvarita prostor za ponovni dvig tube.

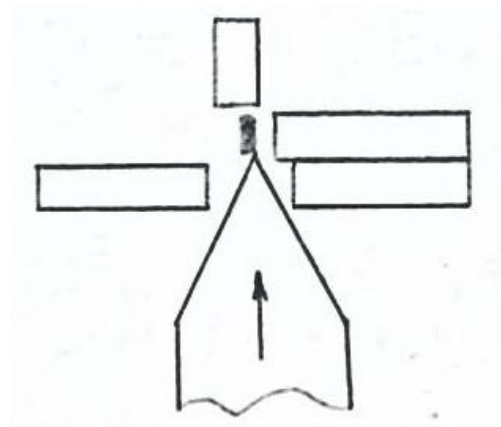


Slika 4.14: Štirinajsti korak zatiskanja in žigosanje tube

(Osebni vir)

4.1.15 Petnajsti korak

V petnajstem koraku se tuba dvigne, tako da je njen zapognjeni vrh vzporeden z vrhom desne odmične plošče, ki bo deloval kot naslon pri žigosanju.

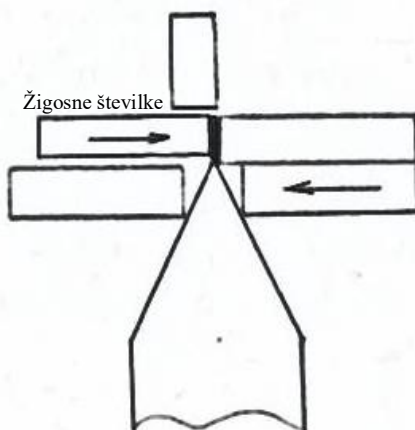


Slika 4.15: Petnajsti korak zatiskanja in žigosanje tube

(Osebni vir)

4.1.16 Šestnajsti korak

Odtis številke oziroma žigosanje se izvede v šestnajstem koraku. Na levi strani se nad levo odmično ploščo nahajajo žigosne številke, ki sočasno pritisnejo skupaj z desno odmično ploščo. Da bi zagotovili viden odtis na prepognjenem delu tube, mora biti sila, ki se pojavi pri žigosanju, čim večja. Proizvajalec žigosnih številčk nam je navedel podatek 150 N za eno številsko oznako. Pri devetih številskih oznakah je ta sila ekvivalentna 1350 N. Ta podatek ni zanemarljiv, zato smo ga upoštevali pri konstruiranju odmičnih kolutov, kjer se pojavijo reakcijski momenti.

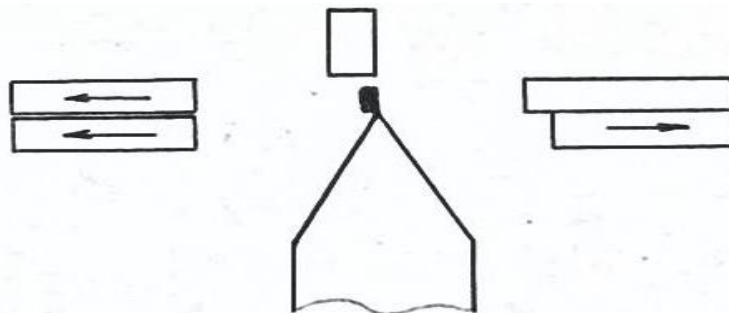


Slika 4.16: Šestnajsti korak zatiskanja in žigosanja tube

(Osebni vir)

4.1.17 Sedemnajsti korak

Odmik žigosnih številčk in leve ter desne odmične plošče.

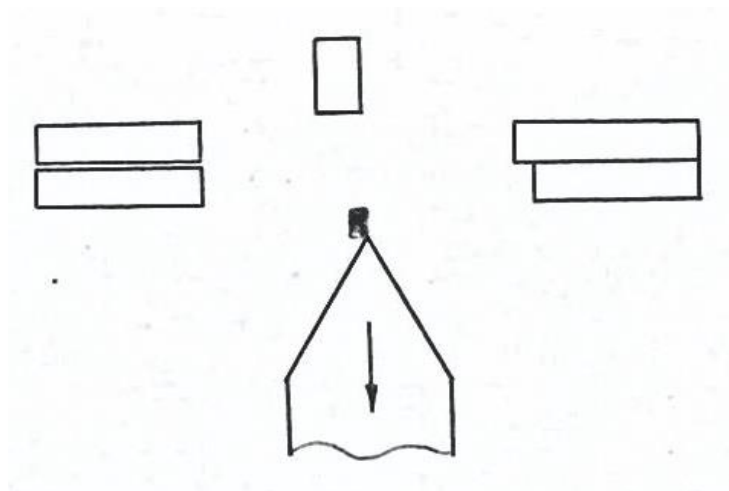


Slika 4.17: Sedemnajsti korak zatiskanja in žigosanja tube

(Osebni vir)

4.1.18 Osemnajsti korak

Spust končno zatisnjene in žigosane tube na višino, kjer se začne prvi korak. Po osemnajstem koraku je cikel delovanja mehanizma končan.

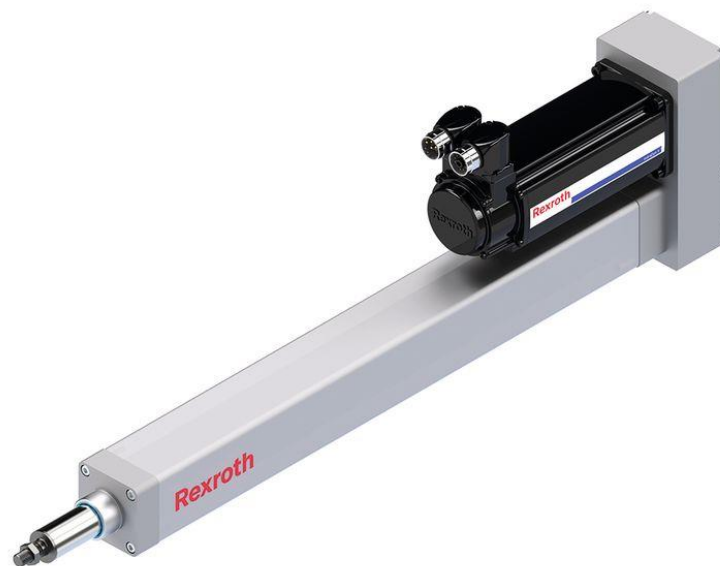


Slika 4.18: Osemnajsti korak zatiskanja in žigosanje tube

(Osebni vir)

4.2 DOLOČITEV MEHANIZMA

Pri določitvi mehanizma, s katerim bi opravljali zatiskanje in žigosanje tub, smo imeli več možnosti. Za pomik odmičnih plošč, ki zatiskajo tube, bi lahko uporabili pnevmatske cilindre, vendar se za ta sistem nismo odločili, saj se s pojavom pnevmatike takoj pojavi vprašanje o velikosti in ceni naprave. Pri pnevmatiki bi potrebovali kompresor, ki bi oskrboval sistem s komprimiranim zrakom, vendar je le-ta pogosto zelo velik. Stiskanje zraka povzroča tudi moteč zvok, ki v laboratoriju, kjer se tube polnijo, ni zaželen. Poleg pnevmatike bi lahko uporabili linearna vodila s servopogoni. Tudi za ta sistem se nismo odločili, saj bi za vsako odmično ploščo, ki zatiska tube, potrebovali svoj servomotor. V našem primeru bi potrebovali štiri servomotorje in dodatni krmilnik, kar bi povzročilo dodatne stroške in drago vzdrževanje ob morebitni okvari. Kot je prikazano na sliki 4.22, smo se odločili za zasučne ročice z odmičnimi koluti in motornim pogonom. Ta oblika mehanizma je najzanesljivejša, saj za celotni cikel operacij potrebuje le en motor, prav tako je poceni in enostavna za vzdrževanje.

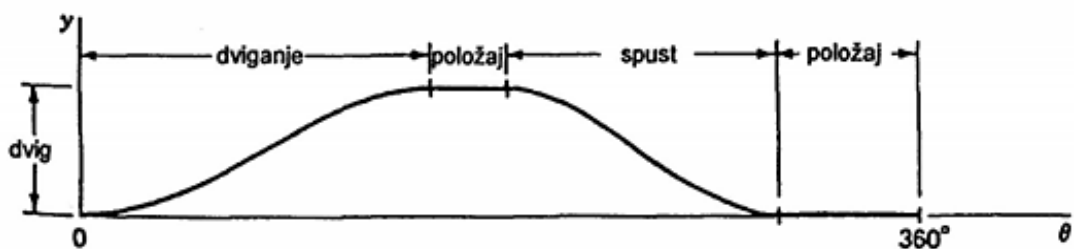


Slika 4.19: Linearno vodilo s servopogonom Bosch Rexroth

(Vir: <https://www.boschrexroth.com/en/xc/products/product-groups/linear-motion-technology/linear-motion-systems/actuators/emc>)

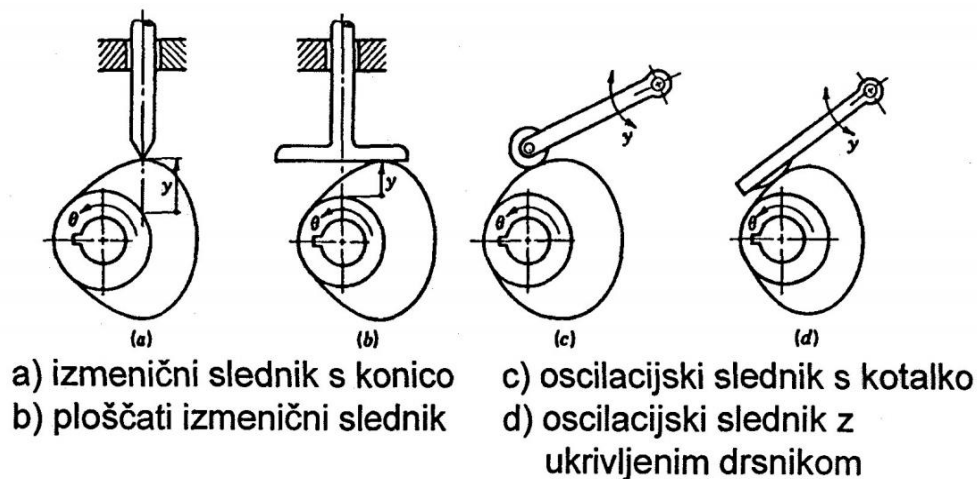
4.3 KRIVULJNI MEHANIZEM

Mehanizem, za katerega smo se odločili, spada v prostorski mehanizem, natančneje v krivuljni. Ta oblika mehanizma omogoča premik elementov na več želenih pozicij s pomočjo dveh elementov, ki drsita drug ob drugem oz. se en element kotali po površini, ki je predpisana z določeno krivuljo. Tako lahko krivuljo definiramo tudi na obodu valja ter en zasuk razdelimo na več nižjih in višjih delov, po katerem drsi element oziroma slednik, ki mu želimo predpisati dane pozicije. Poznamo več vrst slednikov, najbolj razširjen je oscilacijski slednik s kotalko, katerega delovanje smo uporabili tudi v naši napravi.



Slika 4.20: Princip delovanja krivuljnega mehanizma

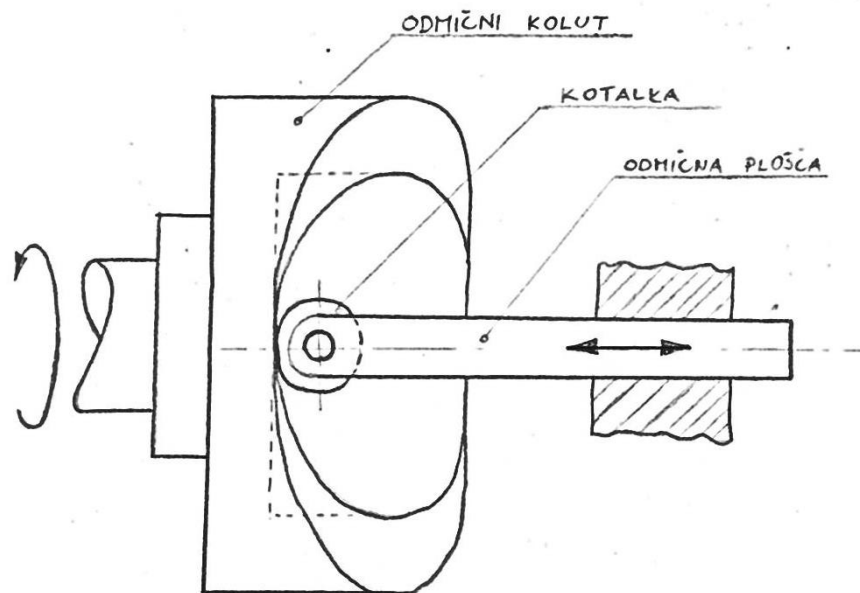
(Vir: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:CDpBjfQv_gJ:kmtm.fs.uni-lj.si/slo/izobrazevanje/meh-objave/M_vrsta-m_2.pdf+&cd=3&hl=sl&ct=clnk&gl=si)



Slika 4.21: Osnovni tipi sledilnikov pri krivuljnih mehanizmih

(Vir: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:CDpBjfQv_gJ:kmtm.fs.uni-lj.si/slo/izobrazevanje/meh-objave/M_vrsta-m_2.pdf+&cd=3&hl=sl&ct=clnk&gl=si)

V našem projektu smo si zamislili dva koluta, s katerima bi krmilili odmične plošče in žigosni sistem. Za opravljanje vseh osemnajstih operacij smo morali tako levi kot tudi desni kolut konstruirati tako, da bi se odmične plošče gibale po njima in opravljale zatiskanje ter žigosanje tube. Za gibanje odmičnih plošč po površini koluta je potreben element, ki se kotali oziroma drsi. Če bi odmične plošče drsele po površini koluta, bi se pojavila sila trenja, ki posledično povzroča obrabo stičnih elementov. Zato smo se odločili, da bodo na odmičnih ploščah pritrjene kotalke, ki se bodo kotalile in prenašale rotacijsko gibanje koluta v translatorno gibanje odmičnih plošč. Na spodnji sliki je prikazana idejna skica delovanja mehanizma.

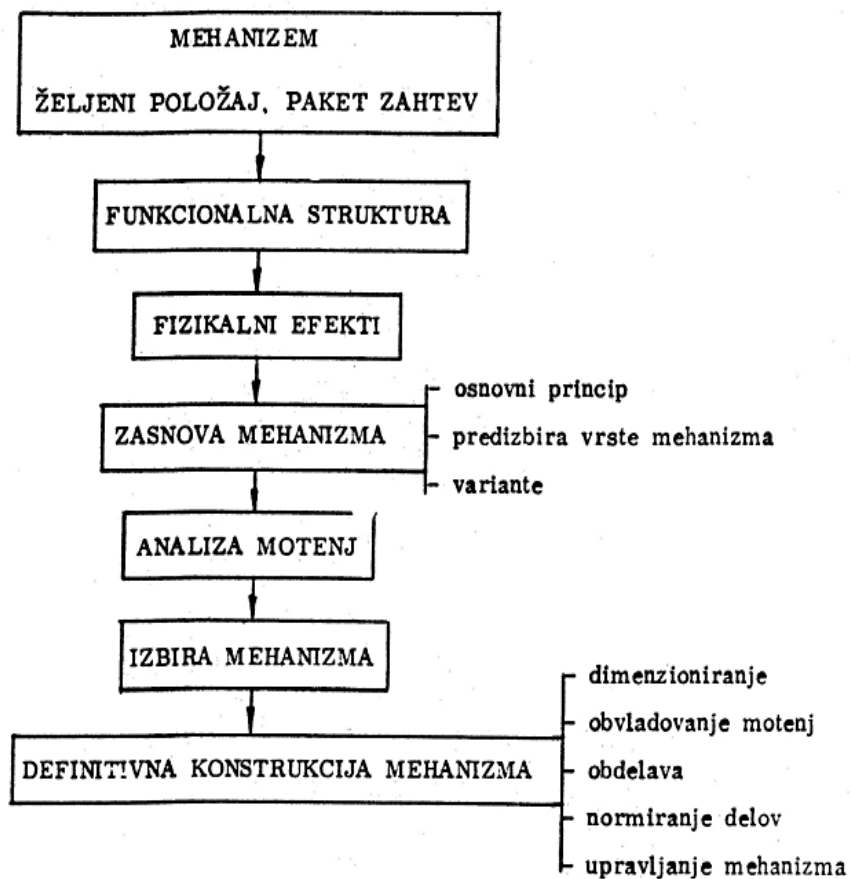


Slika 4.22: Idejna skica delovanja mehanizma

(Osebni vir)

4.4 SNOVANJE IN KONSTRUIRANJE MEHANIZMA

Konstruiranje naprave in mehanizma smo izvedli s pomočjo programskega paketa Creo. Program je preprost za uporabo in ponuja veliko zapletenih ukazov, ki smo jih s pridom uporabili (npr. pri modeliranju odmičnih kolutov). Hkrati program zelo dobro poznamo, saj se z njim srečujemo že tri leta pri predmetu Prostorsko modeliranje in priprava dokumentacije. Zaradi lažje vizualizacije smo kmalu po idejnih skicah delovanja mehanizma začeli z modeliranjem in sestavljanjem elementov v sestavnico. Pri tem smo morali poleg delovanja mehanizma upoštevati tudi izdelavo elementov. Stremeli smo k temu, da bi bil mehanizem čim enostavnejši za vzdrževanje in da bi bila njegova življenjska doba čim daljša.

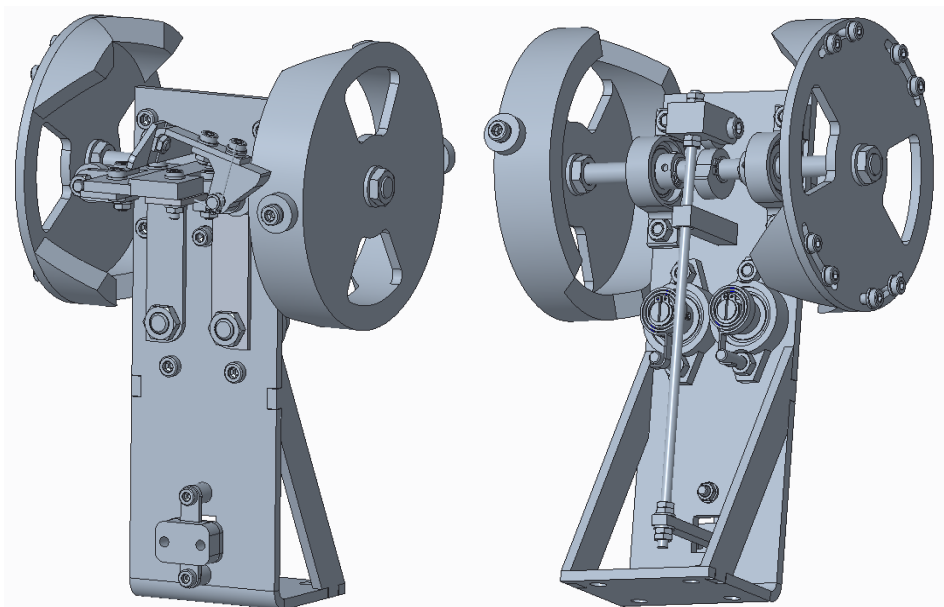


Slika 4.23: Metodika projektiranja mehanizma

(Vir: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:CDpBjfQv_gJ:kmtm.fs.uni-lj.si/slo/izobrazevanje/meh-objave/M_vrsta-m_2.pdf+&cd=3&hl=sl&ct=clnk&gl=si)

4.4.1 Prvi koncept mehanizma

Prvi koncept mehanizma je bil zelo preprost in v cikel delovanja ni vključil odtisa številskih oznak. Odmična koluta sta bila narejena iz več elementov in v realnem okolju ne bi omogočala premikov odmičnih plošč, ki smo jih fiksirali na odmične ročice, kot je prikazano na sliki. Odmični koluti so imeli strmine, po katerih se kotalijo ležaji, prevelike. Za uležajenje glavne gredi, ki vrti koluta in odmični del za dvig tube, smo izbrali standardne ležaje z ohišjem in te obdržali do končnega koncepta. Zasučne ročice, ki so povezane z odmičnimi ploščami, morajo stremeti k temu, da so zmeraj na obodu odmičnih kolotov. Zato smo predvideli torzijske vzmeti, ki niso bile standardnih velikosti in smo jih v naslednjem konceptu ovrgli. Za fiksiranje elementov smo uporabili vijačne zveze, saj smo predvideli, da bi lahko nekaterimi elementi, ki igrajo ključno vlogo pri upogibanju tube, nastavljali pozicijo.

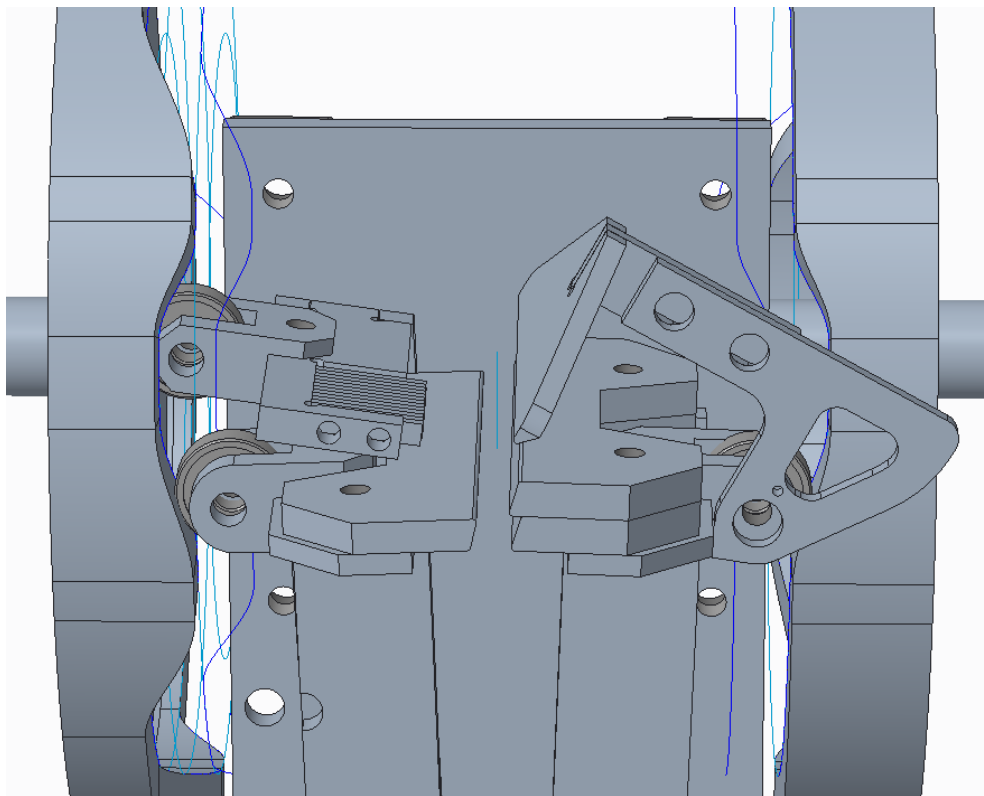


Slika 4.24: Prvi koncept mehanizma

(Osebni vir)

4.4.2 Drugi koncept mehanizma

Pri drugem konceptu mehanizma smo se posvetili obliki odmičnih kolotov. Le-te smo koncipirali tako, da so se odmične plošče gibale v skladu s predpisanimi koraki. Gibanje odmičnih plošč smo lahko v sestavu povezali s krivuljo odmičnih kolotov s funkcijo "slot". To nam je omogočilo, da smo gibanje odmičnih plošč simulirali in predvideli, kje se pojavijo neželeni trki in gibanja med elementi. V sestav smo dodali dodatni korak za odtis številskih oznak. Ta ni bil dodelan, vendar smo idejo žigosanja na koncu zatiskanja tube obdržali. Odmične plošče, ki služijo za stiskanje in upogibanje tube, smo preoblikovali, saj smo z numerično analizo zatiskanja ugotovili, da se tuba pri stari geometriji odmičnih plošč ne zatiska pravilno.



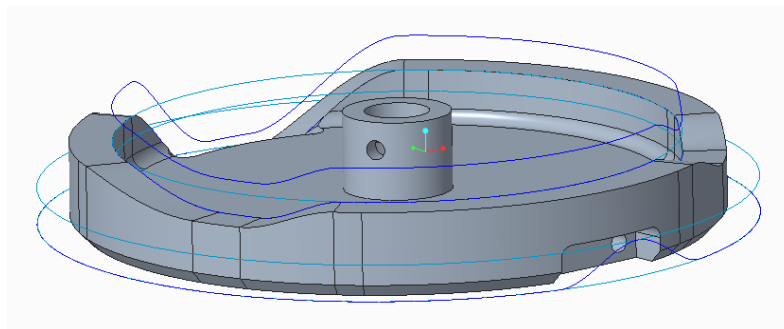
Slika 4.25: Drugi koncept mehanizma – pogled spredaj

(Osebni vir)

4.4.3 Končni koncept mehanizma

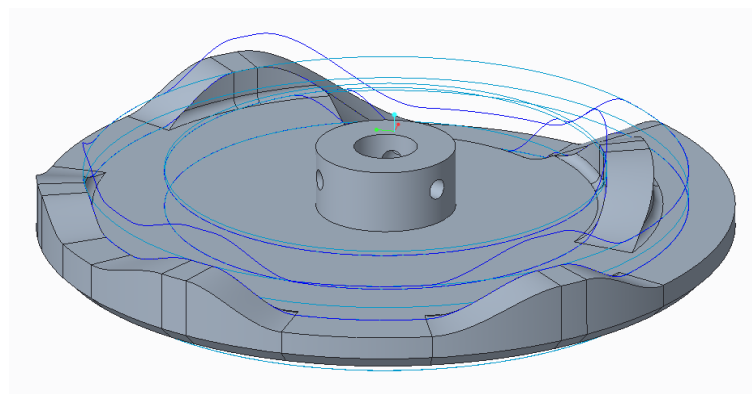
Mehanizem smo ves čas koncipiranja izpopolnjevali. V razvoju smo izdelali več variant in naš končni produkt je rezultat pol leta izboljšav.

Na levi kolut smo dodali dodatno krivuljo, po kateri se kotali kotalka žigosnega dela. Krivulje smo definirali z ukazom "curve through points" in po njih definirali ravnino, ki je v skladu s koraki zatiskanja tube. Desnemu kolutu smo dodali utore, v katere se vstavijo držala ležajev, ki delujejo kot odmikači za zgornjo odmično ploščo.



Slika 4.26: Desni odmični kolut

(Osebni vir)



Slika 4.27: Levi odmični kolut

(Osebni vir)

Fiksiranje odmičnih kolutov smo predvideli s tremi zatičnimi vijaki, ki povezujejo koluta z vrtečo se gredjo, ki jo poganja električni motor. Izdelava odmičnih kolutov je najzapletenejša in najdražja izmed vseh elementov na napravi. Predvideli smo, da bi se koluta izdelala na 5-osnem obdelovalnem centru, ki ga imamo na šoli.

Gibanje odmičnih plošč in žigosnega sistema smo analizirali s pomočjo simulacije v programskem paketu Creo, kjer smo lahko opazovali gibanje določenih elementov. Gibanje smo s pomočjo funkcije "measures" pretvorili v graf, na katerem so vidne spremembe pozicije v časovnem intervalu. Na grafu so prikazana gibanja posameznih odmičnih plošč in žigosnega sistema.

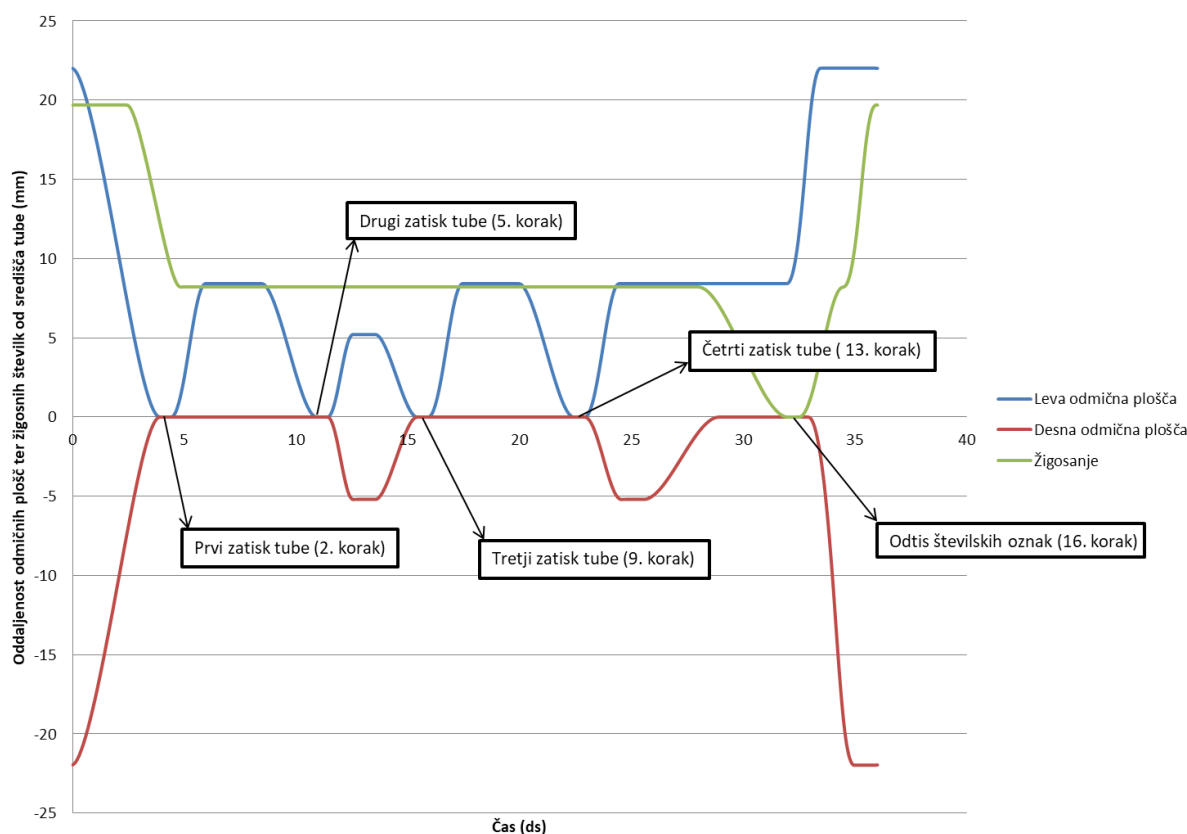
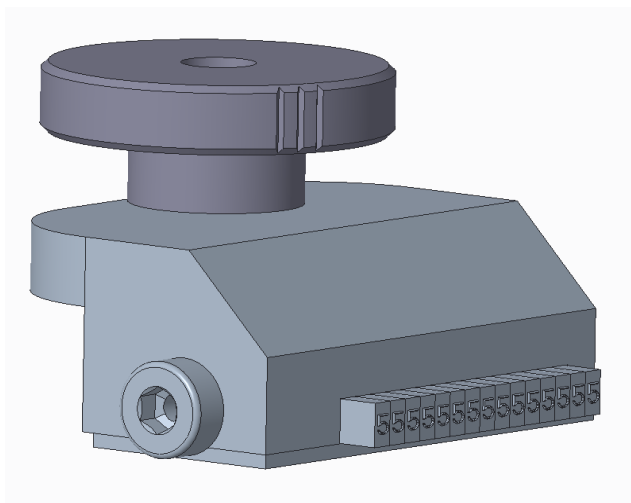


Diagram 4.1: Gibanje odmičnih plošč in žigosnega sistema

Pri izbiri velikosti številskih oznak smo bili omejeni, saj smo se morali prilagajati velikosti najmanjše tube. Naročnik nam je podal zahtevo, da se na tube odtisne 13 številskih oznak. Pri najmanjši tubi je širina zatisnjene dela 20,41 mm in višina 4 mm. Na trgu smo iskali številске oznake, ki bi ustrezale danim zahtevam. Odločili smo se za številске oznake velikosti 1,5 mm v širino, 3,2 mm v višino in 18,87 mm v dolžino. Pri izdelavi žigosnega vstavka, v katerega se vstavijo številске kladice, smo se odločili za dve dodatni mesti za kladice. Prazna polja se lahko nadomesti s praznimi kladicami ali pa se jih v prihodnosti zaradi povečanega števila odtisnjenih oznak doda. Pri menjavi kladic smo predvideli vstavek, ki se lahko pri menjavi vzame iz naprave in se po menjavi ponovno vstavi v mehanizem. Zaradi te posodobitve smo morali v ohišje naprave narediti pokrov za

dostopnost žigosnega vstavka. Žigosne kladice se po vstavitvi v utor fiksno pritrdijo z dodatnim vijakom.



Slika 4.28: Žigosni vstavek s številskimi oznakami

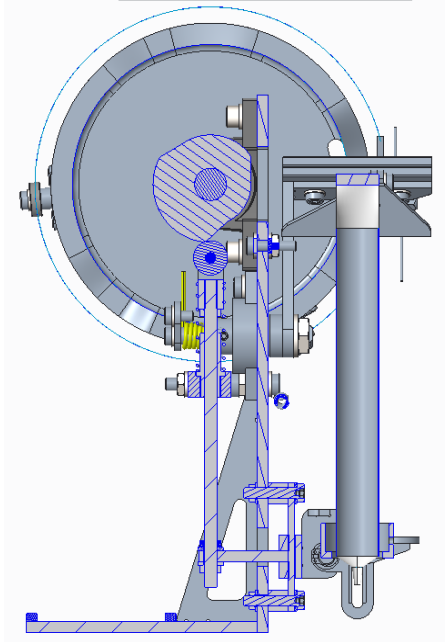
(Osebni vir)



Slika 4.29: Žigosne kladice proizvajalca Pryor

(Vir: <https://www.pryormarking.com/products/steel-type-character-sets>)

Dvižni mehanizem za dvig tube je sestavljen iz izmeničnega sledilnika s kotalko in odmičnega elementa, ki je tako kot odmična koluta pritrjen na glavno gred mehanizma. Da sledilnik vztraja v položaju na odmičnem elementu, smo predvideli tlačno vzmet.



Slika 4.30: Prečni prerez mehanizma za dvig tube

(Osebni vir)

Dvig tube smo morali sinhronizirati z odmičnimi ploščami, saj bi se v nasprotnem primeru tuba dvigovala ob napačnem trenutku. Odmični del, ki dviguje in spušča tubo, smo tako kot kolute fiksirali na glavno gred z zatičnimi vijaki. Gibanje tube skozi cikel delovanja lahko ponazorimo z grafom, ki je prikazan na spodnji sliki.

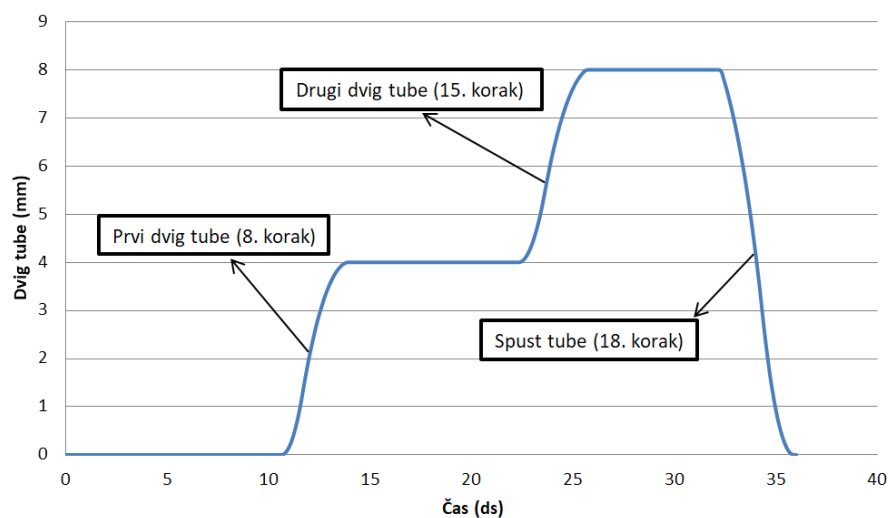


Diagram 4.2: Gibanje tube s pomočjo dvižnega mehanizma

(Osebni vir)

Zgornja plošča za prepogib tube je v 4. in 11. koraku krmiljena s pomočjo kotalke, v našem primeru ležaja. Ta pohodi geometrijo odmikača plošče, ki je povezan z zgornjo odmično ploščo. Gibanje le-te smo uskladili z ostalimi koraki in prišli do gibanja, ki je ponazorjeno na grafu.

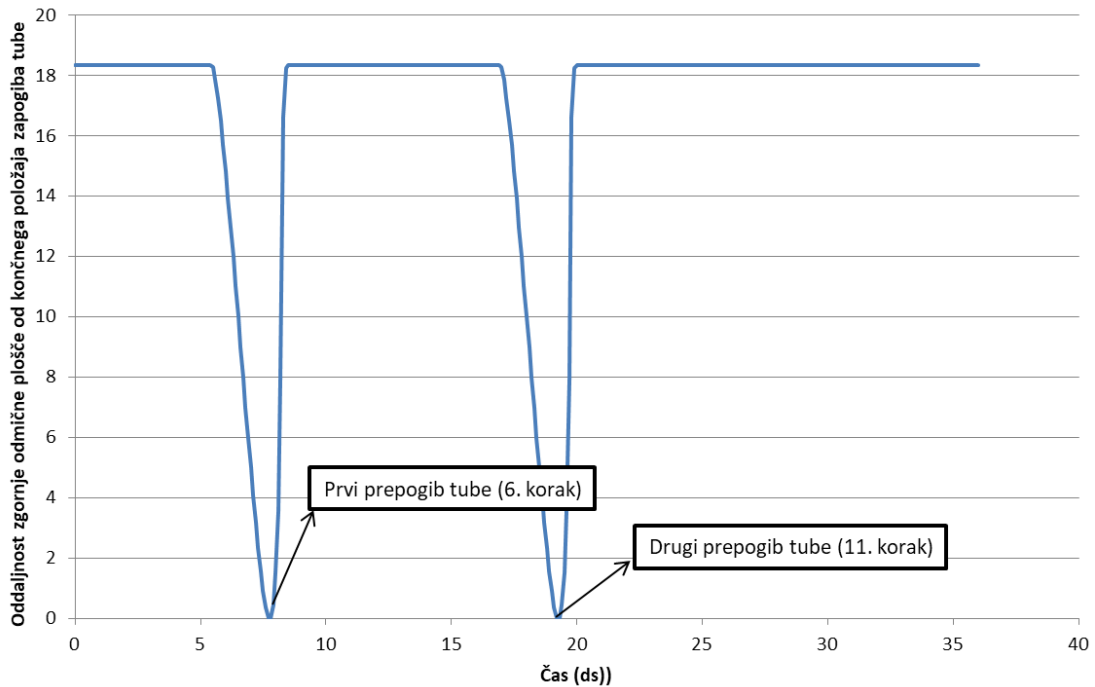
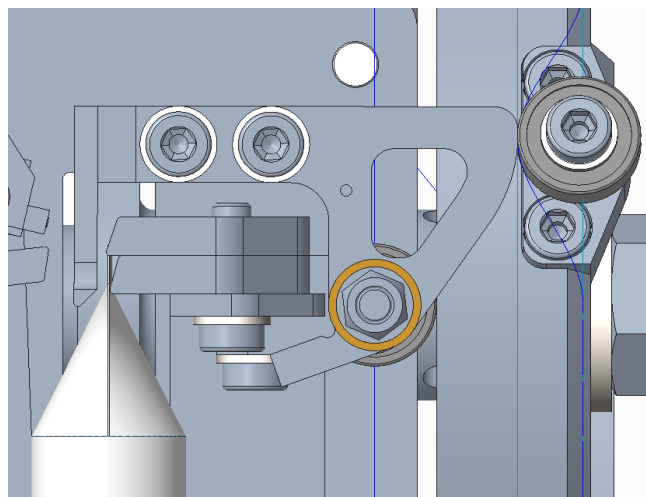


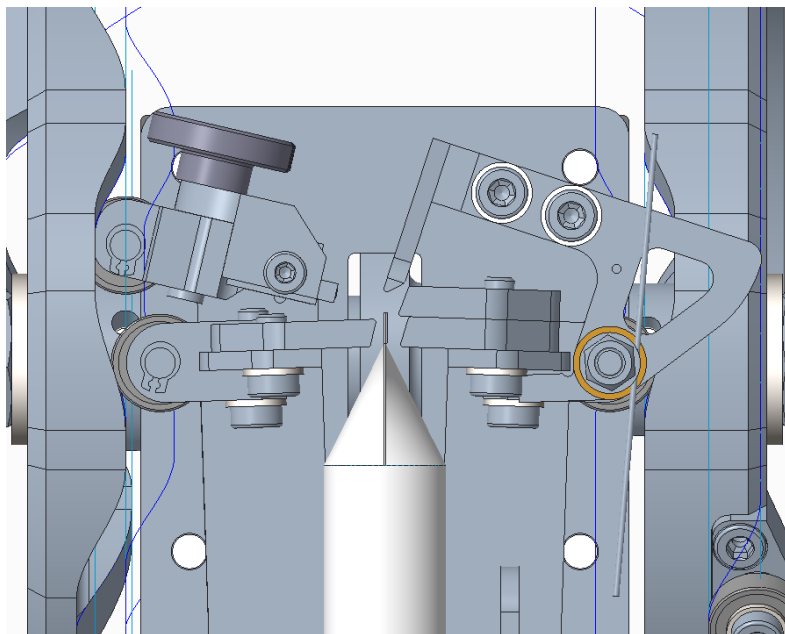
Diagram 4.3: Gibanje zgornje odmične plošče

(Osebni vir)



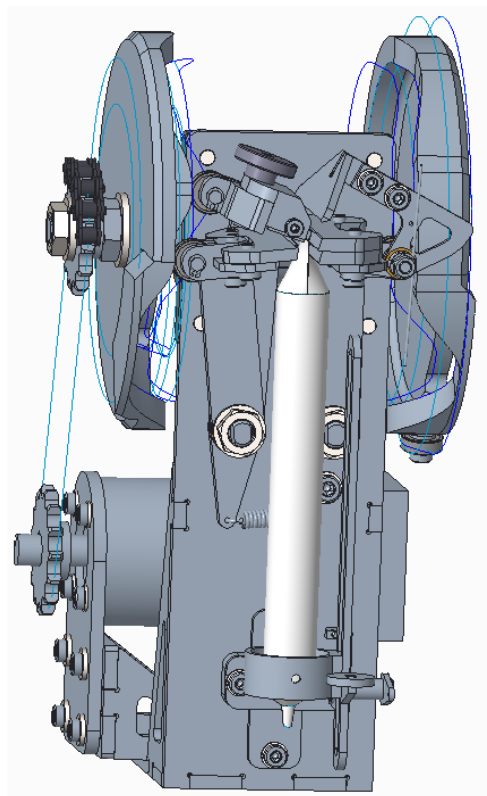
Slika 4.31: Zgornja odmična plošča v končnem položaju prepogiba

(Osebni vir)



Slika 4.32: Pogled spredaj – odmične plošče

(Osebni vir)

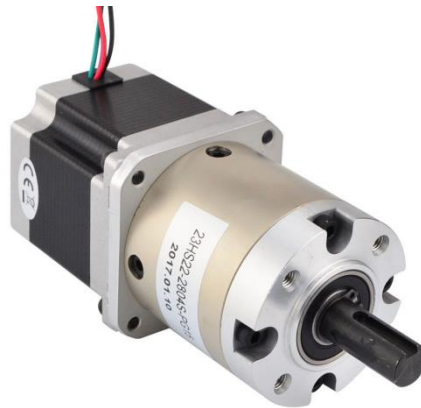


Slika 4.33: Končni sestav mehanizma z motorjem in tubo

(Osebni vir)

4.5 POGON MEHANIZMA

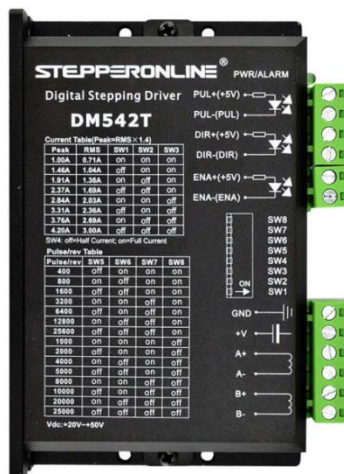
Za pogon mehanizma smo izbirali med številnimi koračnimi motorji na tržišču. Prednost danih motorjev je, da že pri malih vrtljajih zagotavljajo velik navor. Poleg tega jim je možno vrtljaje preko krmilnika natančno nastaviti, ob prenehanju delovanja pa zagotavljajo velik vztrajnostni moment. Motorji ne zagotavljajo takšnih navorov, ki se pojavijo pri vrtenju glavne osi našega mehanizma, zato smo iskali koračni motor z reduktorjem. Izbrali smo motor Nema 23 s planetarnim gonilom z redukcijo 15 : 1, ki deluje pri napetosti 24/48 V in zagotavlja vrtenje do 3000 obratov na minuto ter maksimalen navor 30 Nm.



Slika 4.34: Koračni motor Nema 23 s planetarnim gonilom

(Vir: <https://www.ebay.de/itm/Planetengetriebe-15-1-Nema-23-Stepper-Motor-2-8A-Getriebemotor-CNC-Lathe-Router/262040937111?hash=item3d02db6297:g:xhoAAOSw9r1V75oM:rk:3:pf:0>)

Za krmiljenje motorja smo izbrali priporočen krmilnik proizvajalca Stepperonline. Za krmiljenje hitrosti motorja se na krmilnik priključi določen upor, odvisen od želenih obratov motorja.



Slika 4.35: Krmilnik koračnega motorja Stepperonline DM542T

(Vir: <https://www.ebay.de/itm/Digitaler-Schrittmotor-Treiber-1-0-4-2A-20-50VDC-Nema-17-23-24-CNC-Motor-DM542T-/263677868341>)

Poleg krmilnika motorja smo potrebovali tudi napajalnik, ki bo krmilnik in posledično motor oskrboval z električno napetostjo. Ker motor deluje pri 24/48 V, smo se odločili za 48-voltni napajalnik, saj se za razliko od 24-voltnega manj greje in zavzema manj prostora. Odločili smo se za moč 120 W, saj bo poleg pogona motorja služil tudi za oskrbovanje z električno energijo varnostnih in končnih stikal ter vse elektronike, ki bo prisotna v napravi. Naša izbira je bil industrijski napajalnik proizvajalca Mean Well.



Slika 4.36: Napajalnik Mean Well

(Vir: <https://meanwell.si/napajalniki-za-na-din/edr-120-48-mean-well.html>)

4.6 SNOVANJE IN KONSTRUIRANJE OHIŠJA

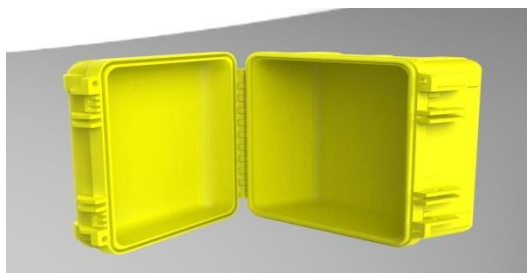
V literaturi je ohišje definirano kot: »... del naprave (recimo računalnika), ki ostalo napravo ščiti pred prahom in zunanji vplivi, omogoča ventilacijo ter preprečuje poškodbe na opremi.« [14]

4.6.1 Splošno o ohišjih

Glavni namen ohišja je zaščita naprave pred zunanji vplivi, zato mora biti trpežno in mora ustrezati določnim standardom. Glede na namen in okolje, v katerem se ohišja nahajajo, ločimo več vrst. Poleg zaščitne komponent imajo ohišja tudi ključni vpliv na končni izgled izdelka, zato morajo biti lepo dodelana in privlačna na pogled. Odvisno od izdelka morajo biti prilagojena uporabi, kar pomeni, da morajo imeti ergonomsko obliko, ki uporabniku daje dober občutek uporabe izdelka.

V svetu modernih tehnologij so ohišja lahko izdelana iz različnih materialov. Med najbolj razširjenimi materiali je plastika, ki je prisotna v večini različnih cenovnih razredov. V proizvodnji strojev, avtomobilski in drugi industriji se za izdelavo ohišij pogosto uporabljajo kovine, saj so bolj trpežne in odporne kot plastika. Med ostale materiale za izdelavo ohišij spadajo tudi les in različne vrste vlaken. Najbolj poznana so karbonska vlakna, ki jih lahko najdemo v letalski in drugih proizvodnjah, kjer je zaželena čim manjša teža izdelka.

Izdelava ohišij lahko poteka po več postopkih in pripravah. Ohišja, narejena iz plastike, izdelamo s pomočjo ekstrudiranja plastike v različne oblike ali s 3D-tiskom. Kovinska ohišja lahko izdelamo z vlivanjem, spajanjem, odzemanjem ali dodajanjem materiala in s postopki preoblikovanja, pri čemer oblikujemo surovec v želeno obliko in izgled našega ohišja. Postopki obdelave in izdelave ohišja so odvisni od zahtevnosti ter oblike ohišja.



Slika 4.37: Plastično ohišje

(Vir: <https://grabcad.com/library/plastic-housing>)

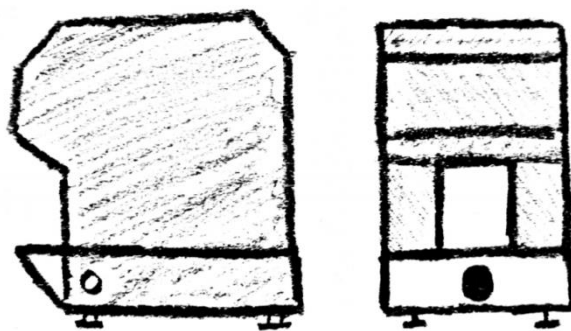
4.6.2 Načrtovanje ohišja

Izdelave ohišja smo se lotili tako, da smo najprej pogledali vse zahteve, ki jih mora naše ohišje izpolnjevati:

- Ohišje mora imeti standardni nosilni ročaj.
- Ohišje ne sme presegati dimenzij 200 mm x 300 mm x 300 mm.
- Varnostna zaščita pred posegom v delovni prostor naprave.
- Narejeno mora biti iz nerjavečega jekla (W. Nr. 1.4301) ali iz Al eloksirane zlitine.

Ob upoštevanju zahtev smo izdelali idejne skice, kako naj bi naše ohišje izgledalo, kaj vse bi vključevalo in kako ga bomo lahko izdelali s stroji, ki jih imamo na razpolago. Izdelali smo več začetnih prototipov, ki bi lahko bili primerni za našo napravo.

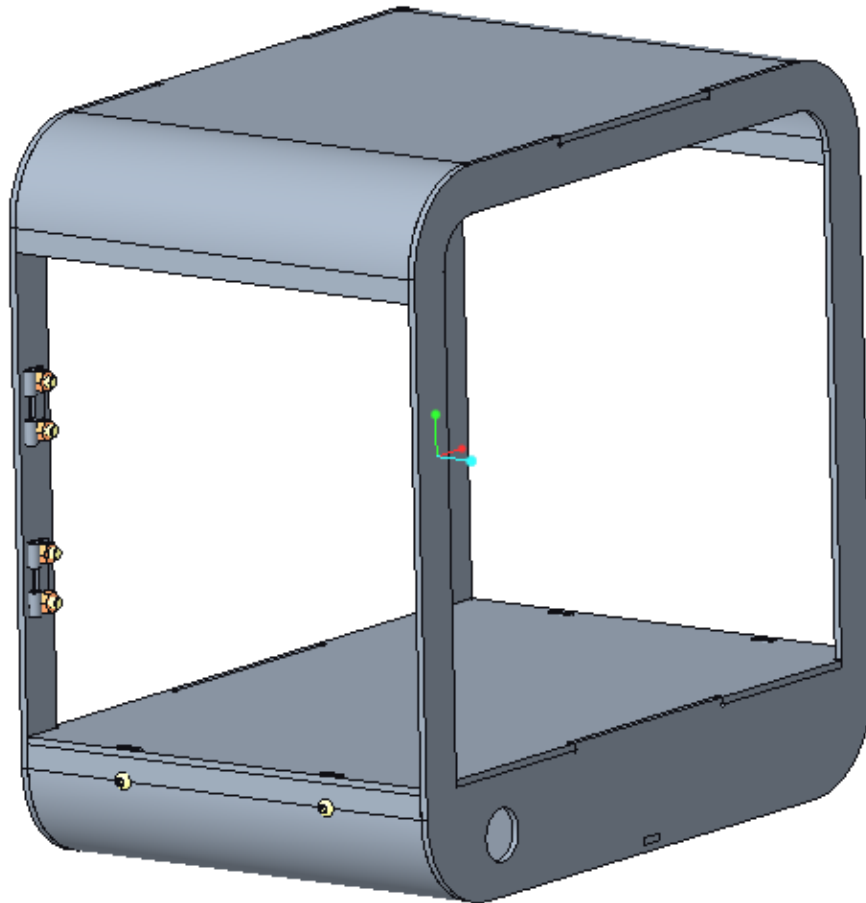
Prvi koncept – Ohišje je po obliki zelo podobno tistemu na stari napravi. Prednosti tega ohišja so bile, da je bilo vstavljanje tube lahko dostopno, delo je lahko potekalo hitro, zaradi oblike je bilo ohišje enostavno za izdelavo in ni zahtevalo veliko različnih postopkov. Kljub vsem prednostim je imelo to ohišje tudi bistvene slabosti, zaradi katerih smo idejo opustili in se raje osredotočili na izdelavo primernejšega koncepta. Slabost prvega koncepta ohišja je težavno zagotavljanje varnosti med obratovanjem naprave. Dostop do stikala za izklop v sili je bil pri stari napravi oviran, saj stikalo ni gledalo dovolj preko osnovne plošče ohišja. Dizajn ohišja je bil zastarel. Poleg tega nismo želeli, da naprava izgleda natančno tako kot obstoječa.



Slika 4.38: Prvi koncept ohišja

(Osebni vir)

Drugi koncept – Ohišje je modernega videza. Oblika vsebuje zaokrožitve in čiste linije, ki so kupcem privlačnejše na pogled. Tudi z vidika varnosti je to ohišje primernejše, saj je mogoče dodati vrata, ki bi preprečevala dostop do delovnega območja. Lahko bi dodali tudi optični senzor ali druge varnostne elemente. Čeprav je imelo to ohišje veliko prednosti, se zanj nismo odločili zaradi težavne izdelave. Za izdelavo zaokrožitve bi potrebovali stroj za krivljenje in posebna orodja, ki bi presegla naš proračunski okvir.



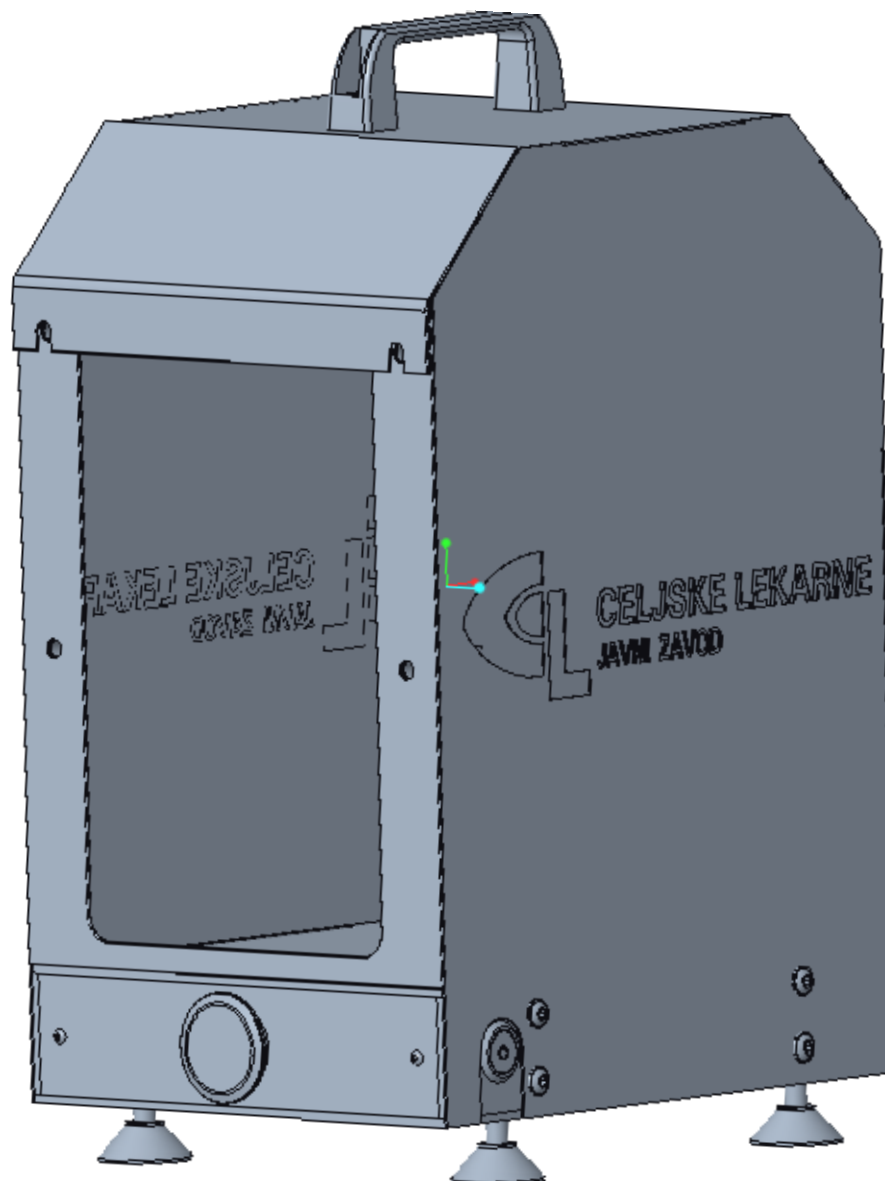
Slika 4.39: Drugi koncept ohišja

(Osebni vir)

Tretji koncept – Zaradi slabosti drugega prototipa ohišja smo se odločili za ohišje, ki je vizualno podobno drugemu prototipu, a je izdelava enostavnejša in bi lahko bila izvedena z orodji, ki so nam na voljo v šoli. Tako smo izdelali na vsaki strani posnetja, ki dajejo ohišju moderen izgled, in hkrati niso nemogoča za izdelavo. Poskrbeli smo tudi za varnostni vidik. Ta prototip je zadostil našim standardom in je ustregel večini predpisanih zahtev. Lastnosti izpopolnjenega ohišja so:

- Nosilni ročaj skrbi za enostavno prenašanje.
- IEC-konektor s stikalom nam omogoča hitro priključitev in izključitev z električnega omrežja.
- Nivelirne nogice nam omogočajo prilagajanje naprave po površini, na kateri se nahaja.
- Ohišje je sestavljeno iz dveh glavnih delov (pokrov in osnova). Pokrov je pritrjen na osnovo z vijaki, kar omogoča hitro odstranitev.
- Na sprednjem delu, kjer se izvaja proces, so nameščene zaščite, ki onemogočajo direkten poseg v proces obratovanja, kljub temu pa ne ovirajo vstavljanja in izvzemanja tube.
- Na spodnji strani ohišja so izdelane hladilne luknje, ki služijo hlajenju elektronike.
- Na straneh je nameščen dvoročni vklop, ki onemogoča upravljanje naprave z eno roko, kljub temu pa imajo tipke vgrajene LED-luči, ki ob obratovanju naprave svetijo.
- Na sprednjem delu naprave je na dostopnem mestu nameščeno stikalo za izklop v sili v primeru nesreče ali napake v delovanju.
- Za enostavnejši dostop do sistema za številčenje smo izdelali posnetje na tečajih.
- Na stranice pokrova smo dodali vgravirana logotipa Celjskih lekarn in Šolskega centra Celje.

Ohišje ustreza vsem navedenim zahtevam, a višinsko presega dovoljenih 300 mm. Celotno ohišje je skupaj z nosilnim ročajem visoko med 400 mm in 440 mm. Mehanzma, ki je nameščen v notranjosti, ne moremo zmanjšati do predpisane mere, saj bi to onemogočilo zatiskanje tub dolžine 200 mm.



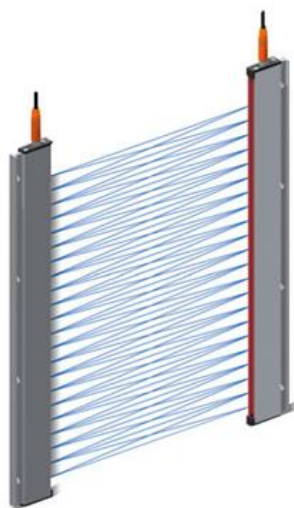
Slika 4.40: Tretji koncept ohišja

(Osebni vir)

4.6.3 Izbira varnostnih elementov

Pri postopku izbiranja ustrezne zaščite, ki bi zagotavljala varnost med obratovanjem naprave, smo se odločali med svetlobnimi varnostnimi zavesami, ki bi ob morebitnem posegu z roko v delovno območje zaustavile napravo, zaščitnimi vrati in zaščito iz pločevine, ki bi fizično onemogočala vstop v delovno območje. Za vklop naprave smo izbrali dvoročni vklop in dodali tipko za izklop v sili.

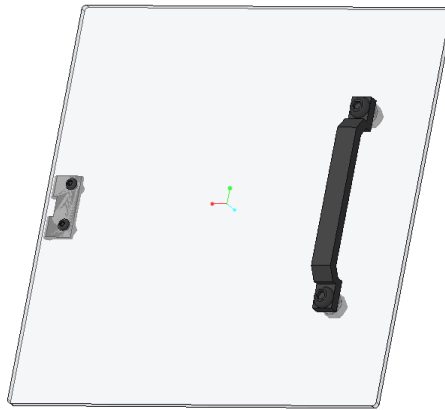
Svetlobne varnostne zaves – so varnostni element, ki se uporablja za varovanje naprav med njihovim delovanjem. Ti elementi so sestavljeni iz dveh komponent – oddajnika in sprejemnika. Med komponentama se tvori varnostno polje. Že ob prekinitvi le ene optične komponente mora modul zaustaviti napravo. Takšen tip varovanja je uporaben pri strojih, pri katerih je potrebno izdelke večkrat menjati, zato bi bila zavesa primerna za našo napravo. Vgradnja zaves v ohišje tudi ne bi bila problematična. Takšni elementi pa imajo zelo visoko ceno, zato se za svetlobne varnostne zaves nismo odločili.



Slika 4.41: Varnostna svetlobna zavesa

(Vir: <https://www.miel.si/katalog/f3e/>)

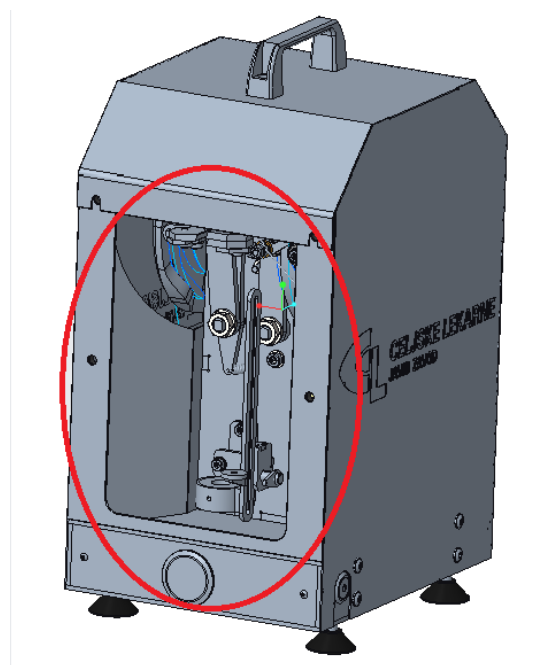
Zaščitna vrata – spadajo med mehanske varnostne elemente, ki najbolj varujejo poseg v delovno območje, saj nam to fizično onemogočajo. Vrata so cenovno ugodna rešitev, vendar za nas niso bila najboljša rešitev. Zaradi stalnega vstavljanja in izvzemanja tub iz naprave bi odpiranje in zapiranje vrat vzelo veliko časa.



Slika 4.42: Zaščitna vrata

(Osebni vir)

Zaščitna pločevina – prav tako spada med mehansko zaščito. Zaščita nam omogoča direkten poseg v delovno območje in hkrati zakrije notranje elemente naprave. Proces izdelave ni drag, prav tako niso visoki materialni stroški. Ker nam ta vrsta zaščite ponuja zadostno varovanje in je hkrati ekonomsko dostopna, smo se odločili za njeno uporabo.



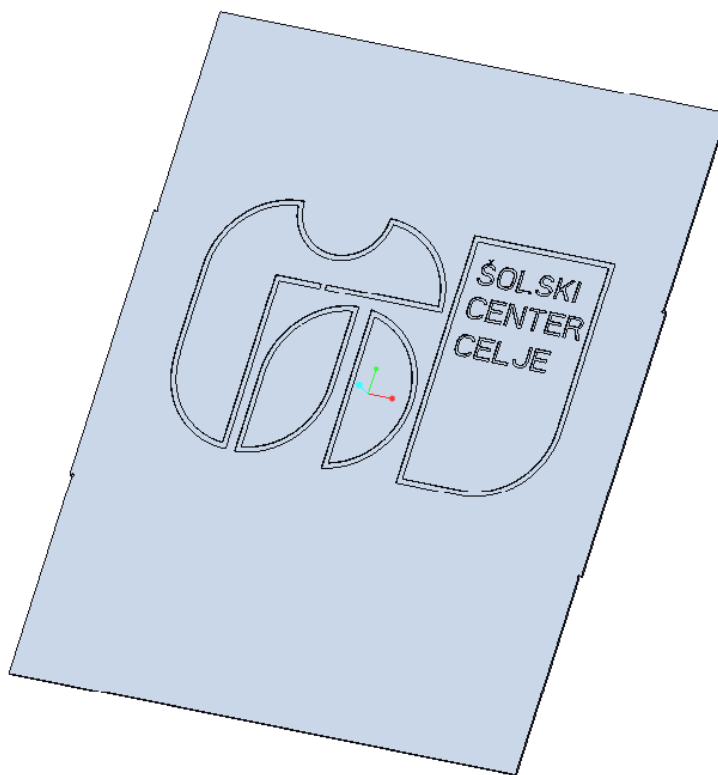
Slika 4.43: Pločevinasta zaščita

(Osebni vir)

4.6.4 Modeliranje in izdelava tehniške dokumentacije

Modeliranje mehanizma in ohišja naprave je potekalo s pomočjo programskega paketa Creo 5.0. Ohišje smo najprej razdelili na dva glavna dela – osnovo in pokrov. Vsak posamezni del smo zmodelirali, standardne dele pa smo vzeli iz knjižnice.

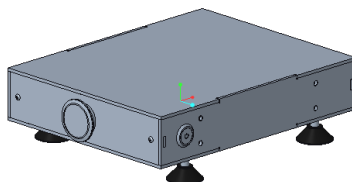
Modeliranje posameznih delov – za modeliranje posameznih delov smo v večini primerov potrebovali funkcijo »Extrude«, za okrogle dele pa funkcijo »Revolve«. Za izdelavo standardnih izvrtin in navojev smo uporabljali funkcijo »Hole«. Za razna posnetja in zaokrožitve smo se poslužili funkcij »Chamfer« in »Round«. Za izdelavo logotipov smo si najprej pod zavihkom »View« nastavili sliko logotipa in nato s funkcijo »Spline« izdelali njegovo obliko. Napisi so bili narejeni s pomočjo funkcije »Text«. Vse dele smo shranjevali pod končnico ».prt«, kar nam je omogočalo odpiranje datotek na vseh enakih programskih sistemih.



Slika 4.44: Zadnja stranica pokrova

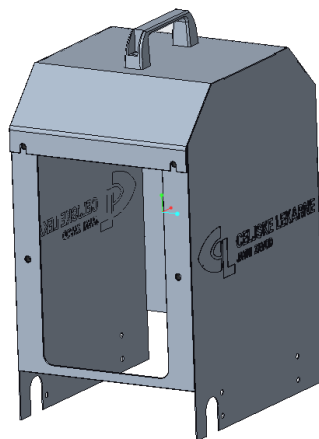
(Osebni vir)

Sestavljanje posameznih delov – za sestavljanje delov smo uporabili »Assembly«. V tej funkciji smo najprej sestavili oba glavna dela in šele nato sestavili celotno ohišje. Za sestavljanje smo uporabljali orodje »Assemble« in »Mirror«. Za dodajanje standardnih vijakov, matic in podložk smo se poslužili orodja »Screw«, pod zavihkom »Tools«. Ostale standardne elemente smo izbrali iz knjižnice ali pa smo od proizvajalcev dobili 3D-modele izbranih elementov. Vse sestavljene elemente smo shranjevali s končnico ».asm« ali ».stp«.



Slika 4.45: Osnova ohišja

(Osebni vir)



Slika 4.46: Pokrov naprave

(Osebni vir)

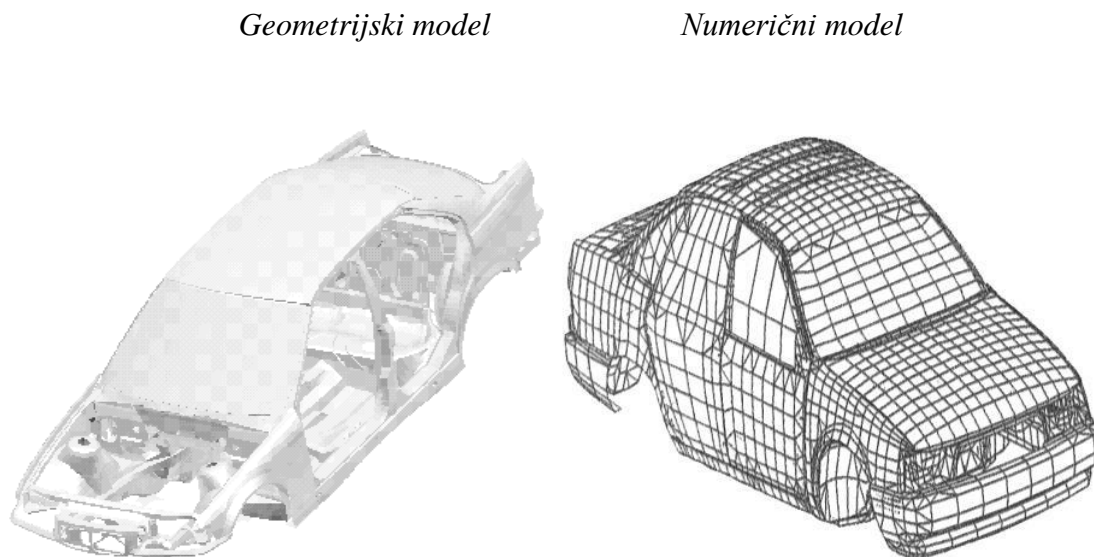
Tehniška dokumentacija – za izdelavo tehniške dokumentacije smo uporabili funkcijo »Drawing«, v kateri smo naredili tehniške risbe za posamezne dele. Za vsak posamezni del smo naredili dve ločeni tehnološki dokumentaciji. Prva je vsebovala vse potrebne mere in podatke o elementu, druga pa okvirne mere elementa, saj je bila narejena za laserski razrez. Tehnološke risbe, ki so vsebovale vse mere, smo shranjevali v ».pdf« in ».dwg« obliki. Risbe, ki so bile namenjene za laserski razrez, pa so bile shranjene pod končnico ».dxf«

5 NUMERIČNA ANALIZA

Pri konstruiranju mehanizma smo nekaterim ključnim elementom, ki igrajo bistveno vlogo pri delovanju, izračunali napetosti in deformacije. S pomočjo numerične analize smo na začetku napetosti izračunali s pomočjo znanja, ki smo ga usvojili pri predmetu Osnove konstruiranja. Kasneje smo izračunane rezultate preverili s programskim paketom, ki omogoča računanje z metodo MKE oziroma metodo končnih elementov.

5.1 METODA KONČNIH ELEMENTOV

Metoda končnih elementov (MKE) je numerična metoda, ki temelji na razdelitvi kompleksnih geometrijskih oblik na enostavnejše povezane poddomene enostavnih geometrijskih oblik, ki so povezane v mrežo. Te enostavno povezane geometrijske oblike imenujemo končni elementi, katerim se iskane vrednosti izračuna s pomočjo interpolacijskih funkcij. Čim podrobnejše je število končnih elementov, tem večja je natančnost numerične rešitve. [3]



Slika 5.1: Princip metode končnih elementov

(Vir: Osebni vir)

5.2 NUMERIČNA ANALIZA STISKANJA TUBE

Pri analizi stiskanja tube nas je zanimalo, kakšna sila se pojavi pri zatisku tub in kakšna geometrija odmičnih plošč je optimalna za njihov zatisk. Izvedli smo simulacijo zatiska tube pri dveh različnih geometrijah in opazovali silo, ki se pri tem pojavi.

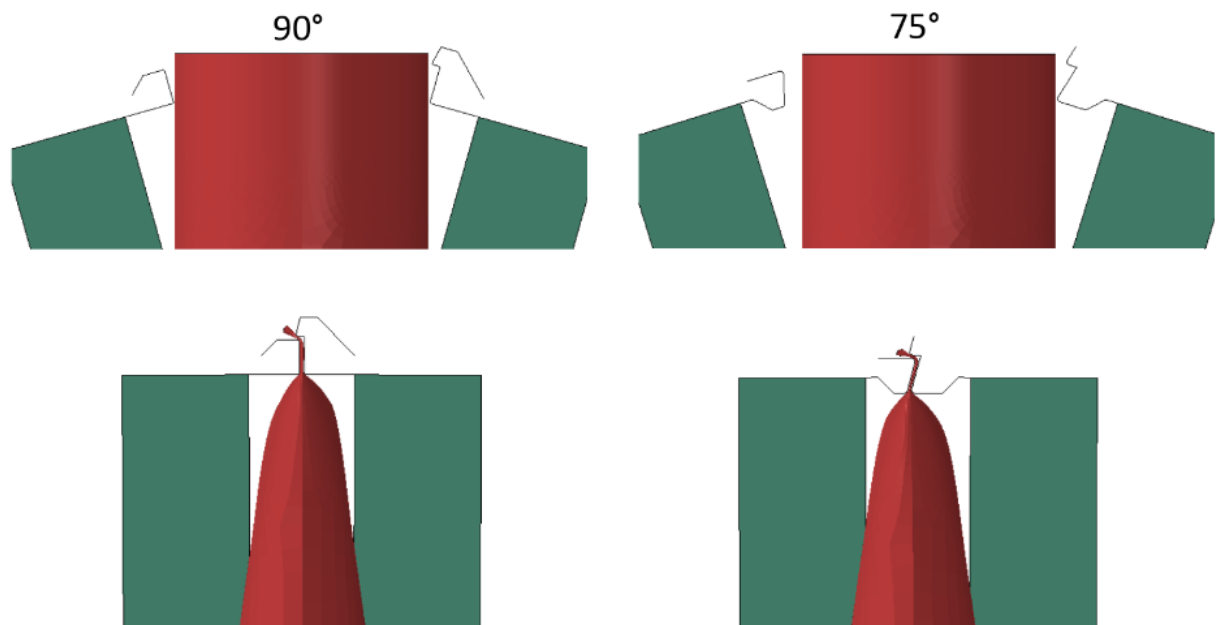
5.2.1 Material in podatki tube

Tabela 5.1: Material in podatki tube

Premer tube	40 mm
Debelina stene tube	0,2 mm
Material	AL EN AW-1070A-0
Modul elastičnosti	68000 MPa
Poissonovo število	0,33
Gostota	2700 kg/m³
Meja plastičnosti	17 Mpa
Natezna trdnost	73 MPa
Raztezek pri pretrgu	33 %

5.2.2 Analiza geometrije odmičnih plošč

Pri analizi geometrije odmičnih plošč smo ugotovili, da se tuba zatisne pravilno, če je kot odmičnih plošč 75°. Pri odmičnih ploščah s kotom 90° se tuba upogne do položaja, v katerem ga zgornja odmična plošča ne bi zmogla nadaljnje upogniti. Ta podatek je pomemben in smo ga upoštevali pri konstruiranju leve in desne odmične plošče.



Slika 5.2: Zatišč tube pri različnih geometrijah odmičnih plošč

(Osebni vir)

5.2.3 Analiza sile stiskanja

Poleg geometrije odmičnih plošč nas je zanimala tudi sila, ki se pojavi pri zatisku. Ta doseže maksimalno vrednosti 200 N, ko sta leva in desna odmična plošča v položaju zatiska in se v zatisnjem delu tube pojavi tlačna napetost.

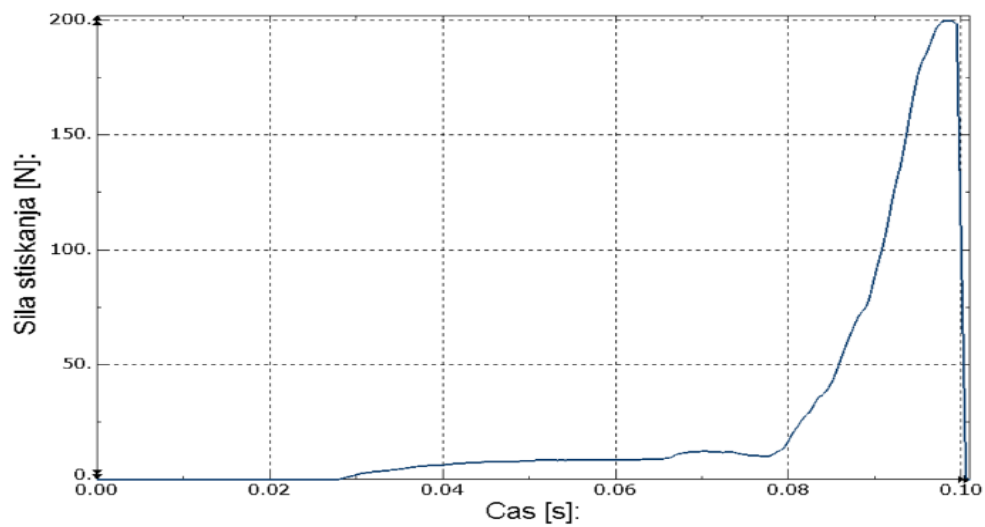


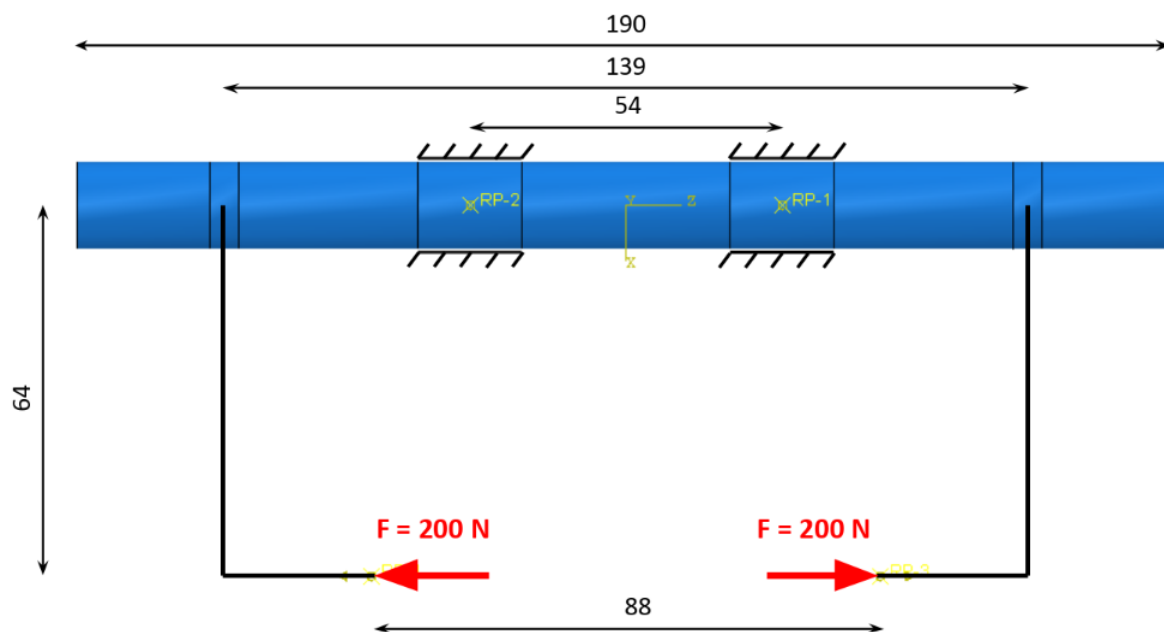
Diagram 5.1: Sila zatiska pri geometriji tube s kotom 75°

(Osebni vir)

5.3 NUMERIČNA ANALIZA GLAVNE GREDI

Pri konstruiranju glavne gredi smo zaradi ocene, da so sile pri zatiskanju tube majhne, predpostavili premer gredi 10 mm. Pri nadaljnjem izračunu smo ugotovili, da se 10 mm gred zaradi sil zatiskanja deformira nad našimi pričakovanji.

5.3.1 Geometrija in vpetje glavne gredi



Slika 5.3: Vpetje glavne gredi z nanjo delujočimi silami

(Osebni vir)

5.3.2 Material glavne gredi

Tabela 5.2: Material glavne gredi

Material	Jeklo
Modul elastičnosti	210000 MPa
Poissonovo število	0,3
Gostota	7850 kg/m ³

5.3.3 Analitični izračun

Glavna gred je obremenjena na upogib, silo teže pa smo zanemarili, saj ne igra bistvene vloge pri izračunu. S pomočjo enačbe za upogibno napetost smo izračunali napetosti pri premeru 10 mm, za katerega smo se odločili na začetku, in za primerjavo napetosti pri premerih 15 mm in 20 mm.

5.3.3.1 Izračun napetosti pri premeru 10 mm

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W} \leq \sigma_{u \text{ dop}}$$

$$W_{\varnothing 10} = \frac{\pi * d^3}{32}$$

$$W_{\varnothing 10} = \frac{\pi * 10^3}{32} = 98 \text{ mm}^3$$

$$M_{u,max} = F * l_{max}$$

$$M_{u,max} = F * l_{max} = 200 * 64 = 12800 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W} = \frac{12800}{98} = 130 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 130 \text{ MPa}$$

Enačba 5.1: Izračun napetosti pri premeru glavne gredi 10 mm

5.3.3.2 Izračun napetosti pri premeru 15 mm

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W} \leq \sigma_{u \text{ dop}}$$

$$W_{\varnothing 15} = \frac{\pi * d^3}{32}$$

$$W_{\varnothing 15} = \frac{\pi * 15^3}{32} = 331 \text{ mm}^3$$

$$M_{u,max} = F * l_{max}$$

$$M_{u,max} = F * l_{max} = 200 * 64 = 12800 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W} = \frac{12800}{331} = 39 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 39 \text{ MPa}$$

Enačba 5.2: Izračun napetosti pri premeru glavne gredi 15 mm

5.3.3.3 Izračun napetosti pri premeru 20 mm

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W} \leq \sigma_{u \text{ dop}}$$

$$W_{\varnothing 20} = \frac{\pi * d^3}{32}$$

$$W_{\varnothing 20} = \frac{\pi * 20^3}{32} = 785 \text{ mm}^3$$

$$M_{u, \text{max}} = F * l_{\text{max}}$$

$$M_{u, \text{max}} = F * l_{\text{max}} = 200 * 64 = 12800 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W} = \frac{12800}{785} = 16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 16 \text{ MPa}$$

Enačba 5.3: Izračun napetosti pri premeru glavne gredi 20 mm

Poleg napetosti so nas zanimale tudi deformacije, ki se pojavijo v glavni gredi. Te smo izračunali s pomočjo enačbe za upogibek.

5.3.3.4 Izračun upogibka pri premeru 10 mm

$$f = \frac{F * l^3}{3 * E * I}$$

$$I_{\varnothing 10} = \frac{\pi * d^4}{64}$$

$$I_{\varnothing 10} = \frac{\pi * 10^4}{64} = 491 \text{ mm}^4$$

$$f = \frac{200 * 69.5^3}{3 * 210000 * 491} = 0,4 \text{ mm}$$

Enačba 5.4: Izračun upogibka pri premeru glavne gredi 10 mm

5.3.3.5 Izračun upogibka pri premeru 15 mm

$$f = \frac{F * l^3}{3 * E * I}$$

$$I_{\varnothing 15} = \frac{\pi * d^4}{64}$$

$$I_{\varnothing 15} = \frac{\pi * 15^4}{64} = 2485 \text{ mm}^4$$

$$f = \frac{200 * 69.5^3}{3 * 210000 * 2485} = 0,08 \text{ mm}$$

Enačba 5.5: Izračun upogibka pri premeru glavne gredi 15 mm

5. 4. 3. 6 Izračun upogibka pri premeru 20 mm

$$f = \frac{F * l^3}{3 * E * I}$$

$$I_{\phi 20} = \frac{\pi * d^4}{64}$$

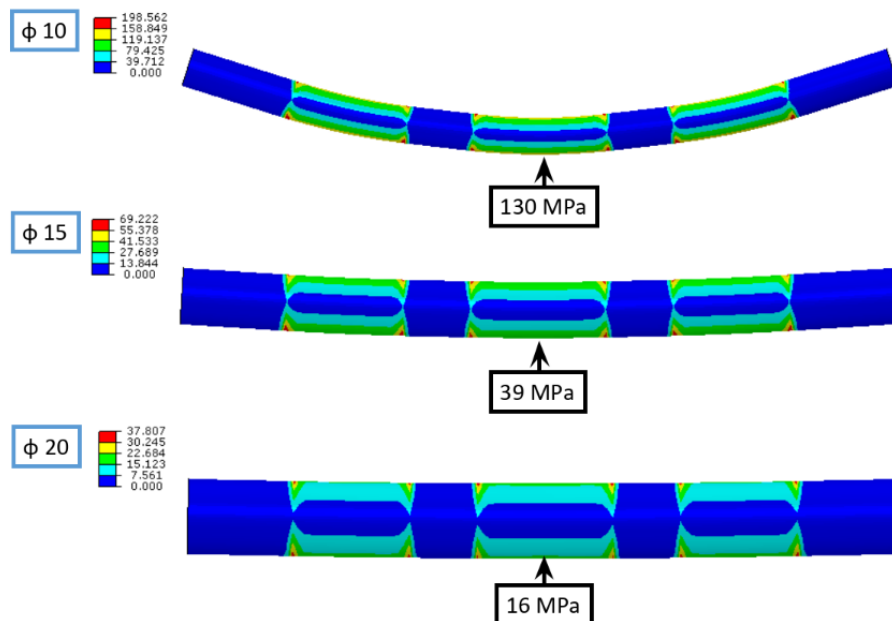
$$I_{\phi 20} = \frac{\pi * 20^4}{64} = 7853 \text{ mm}^4$$

$$f = \frac{200 * 69.5^3}{3 * 210000 * 7853} = 0,03 \text{ mm}$$

Enačba 5.6: Izračun upogibka pri premeru glavne gredi 20 mm

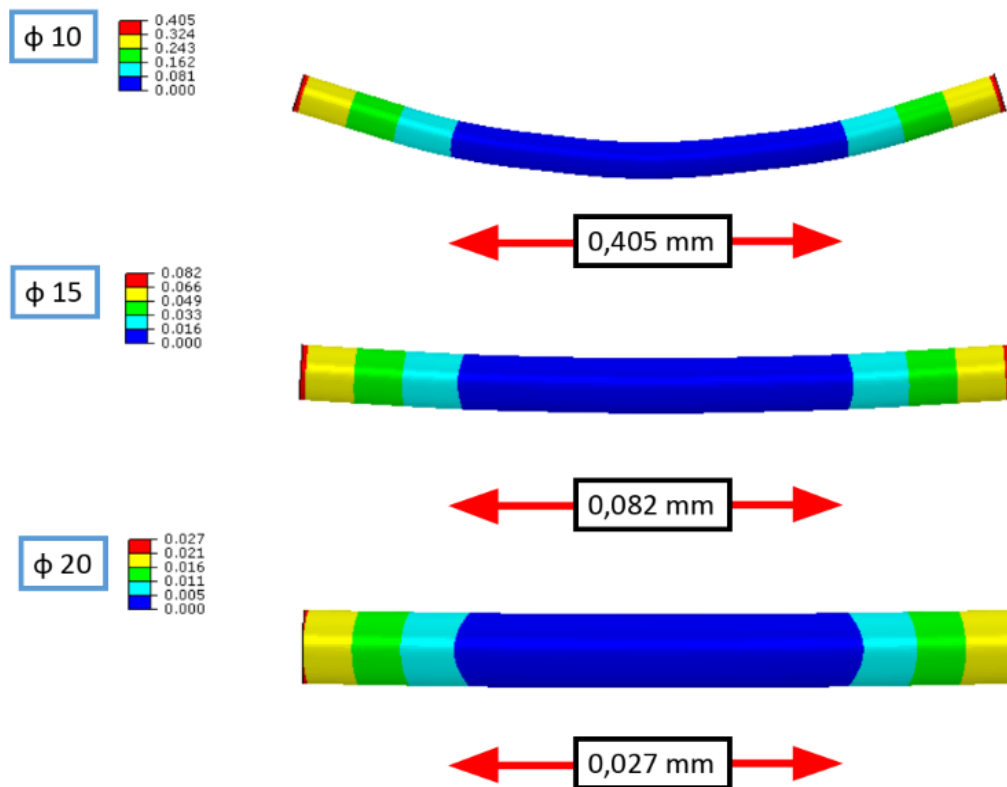
5.3.4 Numerična analiza napetosti in upogibka s pomočjo programske opreme

S programsko opremo smo dobili ekvivalentne rezultate z dodatnim grafičnim prikazom za lažjo vizualizacijo nastalih napetosti.



Slika 5.4: Primerjalne napetosti v glavni gredi

(Osebni vir)



Slika 5.5: Deformacije v glavni gredi

(Osebni vir)

5.4 PRERAČUN SPOJNIH ELEMENTOV

Ker mora naprava biti prenosljiva, smo se odločili za preračun vijakov, ki spajajo pokrov z osnovo ohišja. Zanimalo nas je, kolikšen mora biti premer vijakov, da bodo zdržali celotno težo naprave. Vijaki so obremenjeni s strižno napetostjo, ki se pri dvigu pojavi zaradi sile teže naprave.

$$m_M = \frac{V \times \rho}{10^6} = \frac{1178757 \times 7,7}{10^6} = 9,076 \text{ kg}$$

$$m_O = \frac{V \times \rho}{10^6} = \frac{515463 \times 7,7}{10^6} = 3,969 \text{ kg}$$

$$m_E = 2 \text{ kg}$$

$$m = m_M + m_O + m_E = 9,076 + 2 + 3,969 = 15,045 \text{ kg}$$

$$\tau_{dop} = \frac{R_m \times 0,8}{\nu} = \frac{800 \times 0,8}{6} = 106,7 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_s = \frac{F}{n \times A} \leq \tau_{dop} \rightarrow A = \frac{F}{\tau_{dop}} = \frac{15,045 \times 10}{106,7} = 1,414 \text{ mm}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1,414}{\pi}} = 1,342 \text{ mm}$$

Enačba 5.7: Izračun najmanjšega premera vijaka

Kljub temu da je glede na preračun najmanjši premer vijaka lahko 1,342 mm, smo se zaradi večje varnosti vseeno odločili predimenzionirati vijake. Izbrali smo vijake M5, ki bodo zagotovili veliko večjo varnost pri prenosu naprave in se ob prenašanju ne bodo deformirali, kot bi se lahko vijaki z manjšim premerom. Hkrati so vijaki M5 standardni, lažje dostopni in enostavnejši za vijačenje.

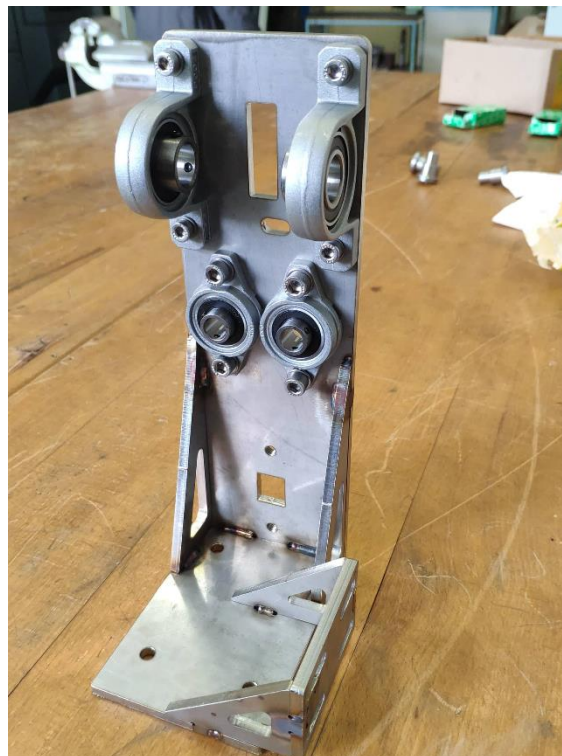
5.5 VREDNOTENJE REZULTATOV IN UGOTOVITVE ANALIZE

Po analizi smo prišli do rezultatov, ki so bili v nasprotju z našimi pričakovanji. Spremenili smo geometrijo leve in desne odmične plošče in tako zagotovili pravilnejši zatisk tube. Sila zatiska nam je koristila pri izračunu upogibne napetosti, ki se pojavi pri glavni gredi. To smo iz premera 10 mm povečali na 15 mm in mehanizmu zagotovili večjo togost. Razlika v deformaciji, ki se pojavi med premerom 15 mm in 20 mm glavne gredi, je zelo majhna in jo zato lahko zanemarimo. Ob upoštevanju končne mase naprave je možnost 20 mm gredi odpadla. Pri izbiri vijakov za spoj pokrova z osnovo ohišja smo ugotovili, da bi zadostovali že vijaki premera 1,3 mm, vendar smo se odločili za standardne vijake M5.

6 IZDELAVA

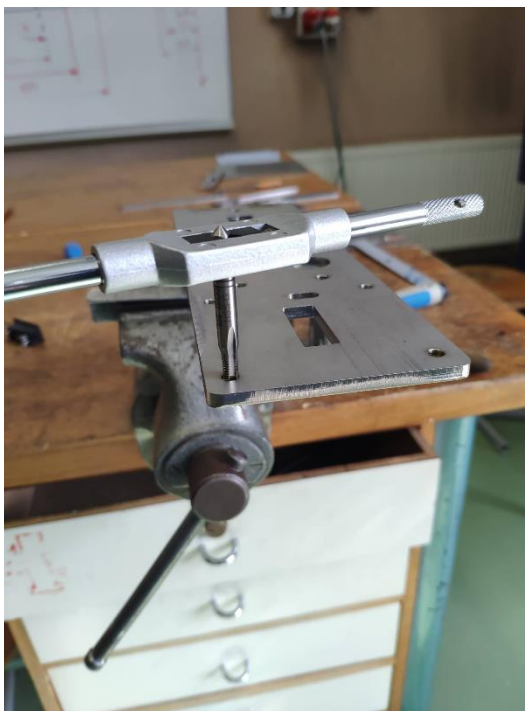
Potrebne kovinske elemente smo poslali na laserski razrez k podjetju Vi – Ja, d. o. o. Razrezanim elementom smo najprej posneli robove, s čimer smo zagotovili varnost med samo izdelavo in tudi med uporabo naprave. Elemente smo nato namestili v želeno pozicijo ter jih po postopku TIG varjenja zavarili. Najprej smo naredili točkovne zware, tako da so bili elementi v želeni poziciji, šele nato smo naredili ustrezne sočelne in kotne zware. V zvarjene elemente smo na mestih, kjer so potrebni navoji, le-te vrezali v velikostih M3, M5 in M6. Naprava je še vedno v izdelavi, saj potrebujemo še nekaj elementov izdelanih na frezalnem stroju, prav tako pa še potrebujemo čas za sestavo in optimizacijo naprave.

V napravi je prisotnih tudi nekaj plastičnih elementov, ki smo jih natisnili s pomočjo 3D tiskalnika v šoli. Za tisk smo uporabili tiskalnik Makerbot Replicator. Programska oprema je bila prav tako proizvajalca Makerbot, kot material pa smo uporabili PLA plastiko.



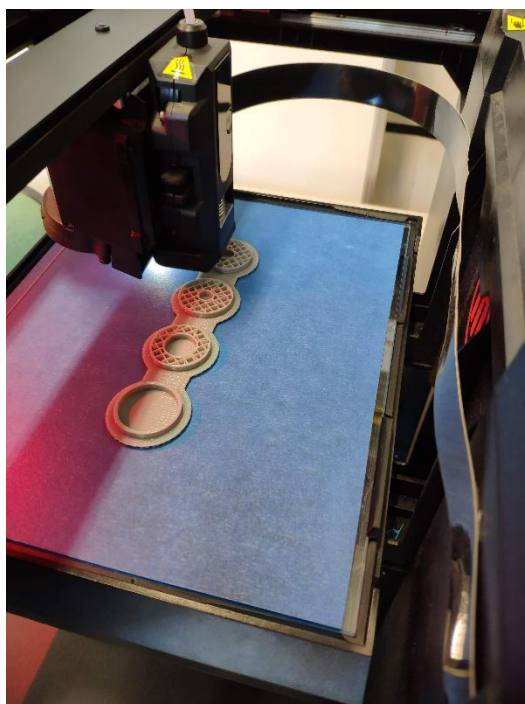
Slika 6.1: Osnovna plošča z ležaji

(Osebni vir)



Slika 6.2: Vrezovanje navojev na osnovno ploščo

(Osebni vir)



Slika 6.3: 3D tisk plastičnih elementov

(Osebni vir)

7 EKONOMSKA ANALIZA

Finančna analiza je proces zbiranja, spoznavanja, preverjanja in interpretiranja finančnih podatkov. Izdelava katerekoli naprave vedno pripelje do stroškov. Ti stroški so lahko izdelava, material izdelka in tudi vse ostale komponente, ki jih lahko kupimo oz. naročimo. V okviru te raziskovalne naloge smo se odločili za izdelavo finančne analize o napravi za zatiskanje in žigosanje tub. Največji stroški so se pojavili pri nabavi materiala in laserskem razrezu. V spodnji tabeli smo prikazali še ostale stroške, ki so se pojavili pri nadaljnji izdelavi naprave.

Tabela 7.1: Stroški pri izdelavi naprave

Izdelek ali storitev	Cena
Material in razrez materiala	650€
Številke za signiranje	240€
Električni motor	130€
Spojni elementi (vijaki, matice, podložke...)	200€
Ostale električne komponente	340€
Konstruiranje	1750€
Delo	1560€
Skupaj	4870€

8 ZAKLJUČEK

Raziskovalna naloga nam je prinesla nova znanja s tehničnega področja. Pri koncipiranju smo podrobneje spoznali funkcije, ki nam jih ponujajo programi za modeliranje. S pomočjo simulacij smo predvideli gibanja ključnih elementov, ki služijo za pravilno delovanje naprave. Prav tako smo z računsko analizo predvideli možne deformacije elementov in s spremembo geometrije dosegli večjo togost naprave.

Ob raziskavi trga smo ugotovili, da je zelo težko najti napravo, namenjeno manjši proizvodnji izdelkov. Vsa novejša tehnologija stremi k večjim in avtomatiziranim napravam, ki so primernejše za večje proizvajalce. Ker naprave, kot je naša, na tržišču ni, nismo mogli izvesti primerjave cen.

Kljub najrazličnejšim funkcijam bi našo napravo lahko še izboljšali, a tega zaradi ekonomskih in časovnih razlogov nismo mogli storiti. Prav tako nekaterih hipotez, ki smo jih dobili od naročnika, nismo mogli izvesti:

- **Teža** – prekoračuje zahtevano težo 10 kg, saj iz zahtevanih materialov naprave nismo mogli narediti lažje. Stremeli smo k funkcionalnosti in dolgi življenjski dobi, kar se pozna na večji masi, a večji togosti.
- **Višina** – presega dovoljene dimenzije, saj mora biti naprava zaradi konstrukcijskih razlogov višja, kot je predpisano. Ob zmanjšanju višine naprave bi bilo onemogočeno zatiskanje najdaljših tub.
- **Čas cikla delovanja za zatisk ene tube** – hipotezo o 1,5-sekundnem trajanju celotnega cikla smo ovrgli. Zaradi dodane operacije žigosanja številskih oznak smo bili prisiljeni čas delovanja enega cikla podaljšati na 3 s. Z daljšim časom cikla se v mehanizmu zaradi počasnejših hitrosti pojavljajo manjše sile, ki podaljšajo življenjsko dobo gibajočih elementov.

9 VIRI IN LITERATURA

- [1] GLODEŽ, S. *Tehnično risanje*. Ljubljana: Tehnična založba Slovenije, 2005.
- [2] KRAUT, B. *Krautov strojniški priročnik*. Ljubljana: Buča, 2017.
- [3] REN Z., ULBIN J., KRAMBERGER J. *MKE Praktikum za ABAQUS: navodila za vaje*. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, Inštitut za konstrukterstvo in oblikovanje, Laboratorij za zahtevne inženirske simulacije, 2010.
- [4] STROPNIK J. *Statika*. Ljubljana: Tehnična založba Slovenije, 2007.
- [5] *Celjske lekarne* (svetovni splet). (citirano 17. 2. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.facebook.com/celjskelekarne/photos/a.518053971625099/1128545697242587/?type=3&theater>.
- [6] *Cosmetics plastic aluminum tube sealing machine with date coder* (svetovni splet). (citirano 14. 2. 2019). Dostopno na naslovu: http://www.cnbespacker.com/pro1?product_id=1985&brd=1&product_category=60.
- [7] *EDR-120-48 MEAN WELL* (svetovni splet). (citirano 9. 2. 2019). Dostopno na naslovu: <https://meanwell.si/napajalniki-za-na-din/edr-120-48-mean-well.html>.
- [8] *Electromechanical Cylinder* (svetovni splet). (citirano 19. 2. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.boschrexroth.com/en/xc/products/product-groups/linear-motion-technology/linear-motion-systems/actuators/emc>.
- [9] *F3E* (svetovni splet). (citirano 14. 2. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.miel.si/katalog/f3e/>.
- [10] *High speed tube filler and sealer* (svetovni splet). (citirano 14. 2. 2019). Dostopno na naslovu: http://www.chinamachinerygroup.com/en/productsinfo_1111.html.
- [11] *Logo-celjske-lekarne* (svetovni splet). (citirano 17. 2. 2019). Dostopno na naslovu: <http://phoebus.si/prodajna-mesta/logo-celjske-lekarne/>.

[12] *Metodika projektiranja mehanizma* (svetovni splet). (citirano 8. 1. 2019). Dostopno na naslovu:

http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:CDpBfjfQv_gJ:kmtm.fs.uni-lj.si/slo/izobrazevanje/meh-objave/M_vrsta-m_2.pdf+&cd=3&hl=sl&ct=clnk&gl=si.

[13] *Nema 23 with planetary getrbox 15:1* (svetovni splet). (citirano 6. 2. 2019). Dostopno na naslovu: [https://www.ebay.de/itm/Planetengetriebe-15-1-Nema-23-Stepper-Motor-2-8A-Getriebemotor-CNC-Lathe-](https://www.ebay.de/itm/Planetengetriebe-15-1-Nema-23-Stepper-Motor-2-8A-Getriebemotor-CNC-Lathe-Router/262040937111?hash=item3d02db6297:g:xhoAAOSw9r1V75oM:rk:3:pf:0)

[Router/262040937111?hash=item3d02db6297:g:xhoAAOSw9r1V75oM:rk:3:pf:0](https://www.ebay.de/itm/Planetengetriebe-15-1-Nema-23-Stepper-Motor-2-8A-Getriebemotor-CNC-Lathe-Router/262040937111?hash=item3d02db6297:g:xhoAAOSw9r1V75oM:rk:3:pf:0).

[14] *Ohišje* (svetovni splet). (citirano 17. 2. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.facebook.com/celjскеlekarne/photos/a.518053971625099/1128545697242587/?type=3&theater>.

[15] *PLASTIC HOUSING* (svetovni splet). (citirano 14. 2. 2019). Dostopno na naslovu: <https://grabcad.com/library/plastic-housing>.

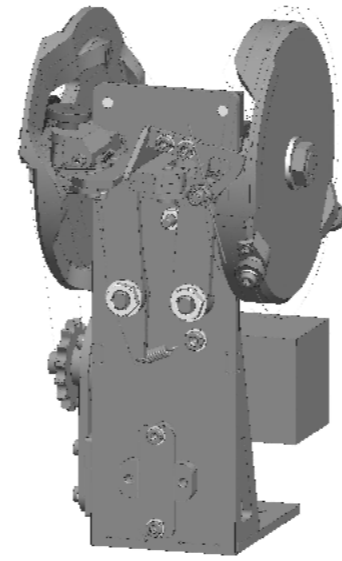
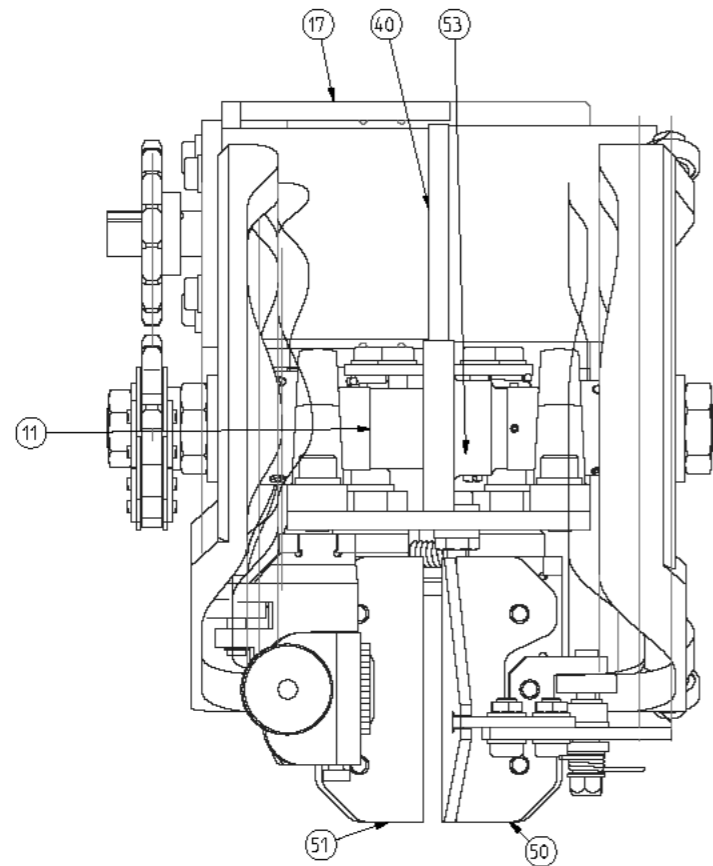
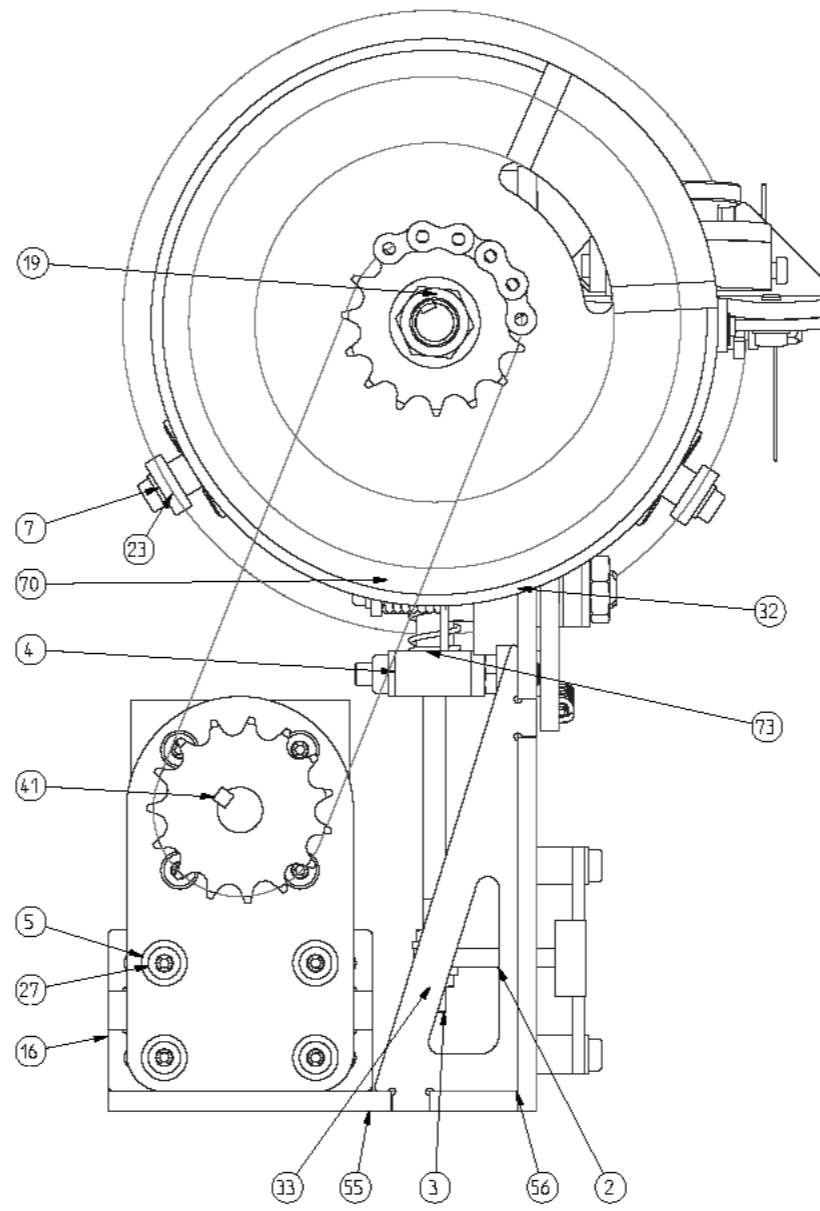
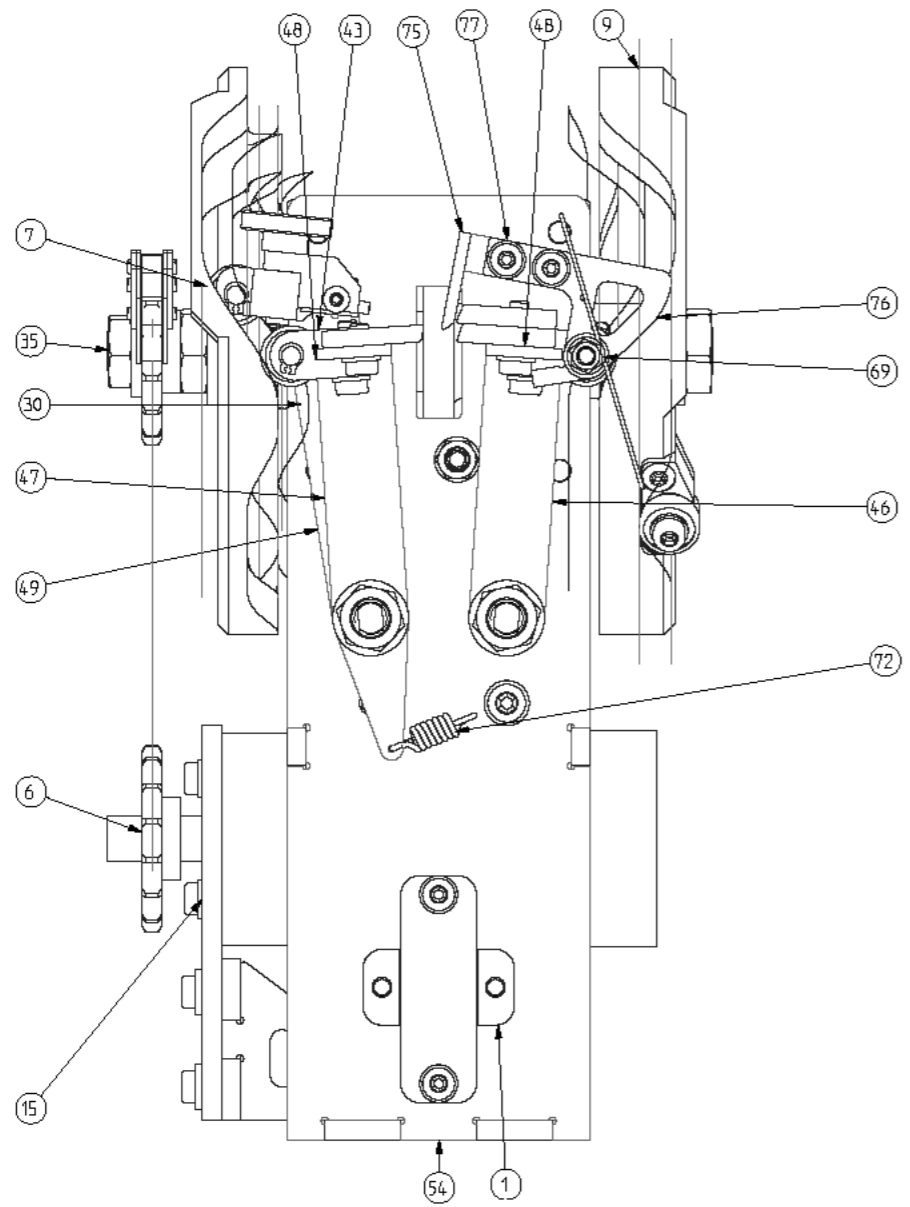
[16] *Steel Type Letter & Figure Sets* (svetovni splet). (citirano 3. 2. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.pryormarking.com/products/steel-type-character-sets>.

[17] *Stepperonline DM542T* (svetovni splet). (citirano 9. 2. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.ebay.de/itm/Digitaler-Schrittmotor-Treiber-1-0-4-2A-20-50VDC-Nema-17-23-24-CNC-Motor-DM542T-/263677868341>.

[18] *Tube filler and sealer* (svetovni splet). (citirano 14. 2. 2019). Dostopno na naslovu: http://www.chinamachinerygroup.com/en/productsinfo_1206.html.

[19] *Vrste mehanizmov* (svetovni splet). (citirano 8. 1. 2019). Dostopno na naslovu: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:CDpBfjfQv_gJ:kmtm.fs.uni-lj.si/slo/izobrazevanje/meh-objave/M_vrsta-m_2.pdf+&cd=3&hl=sl&ct=clnk&gl=si.

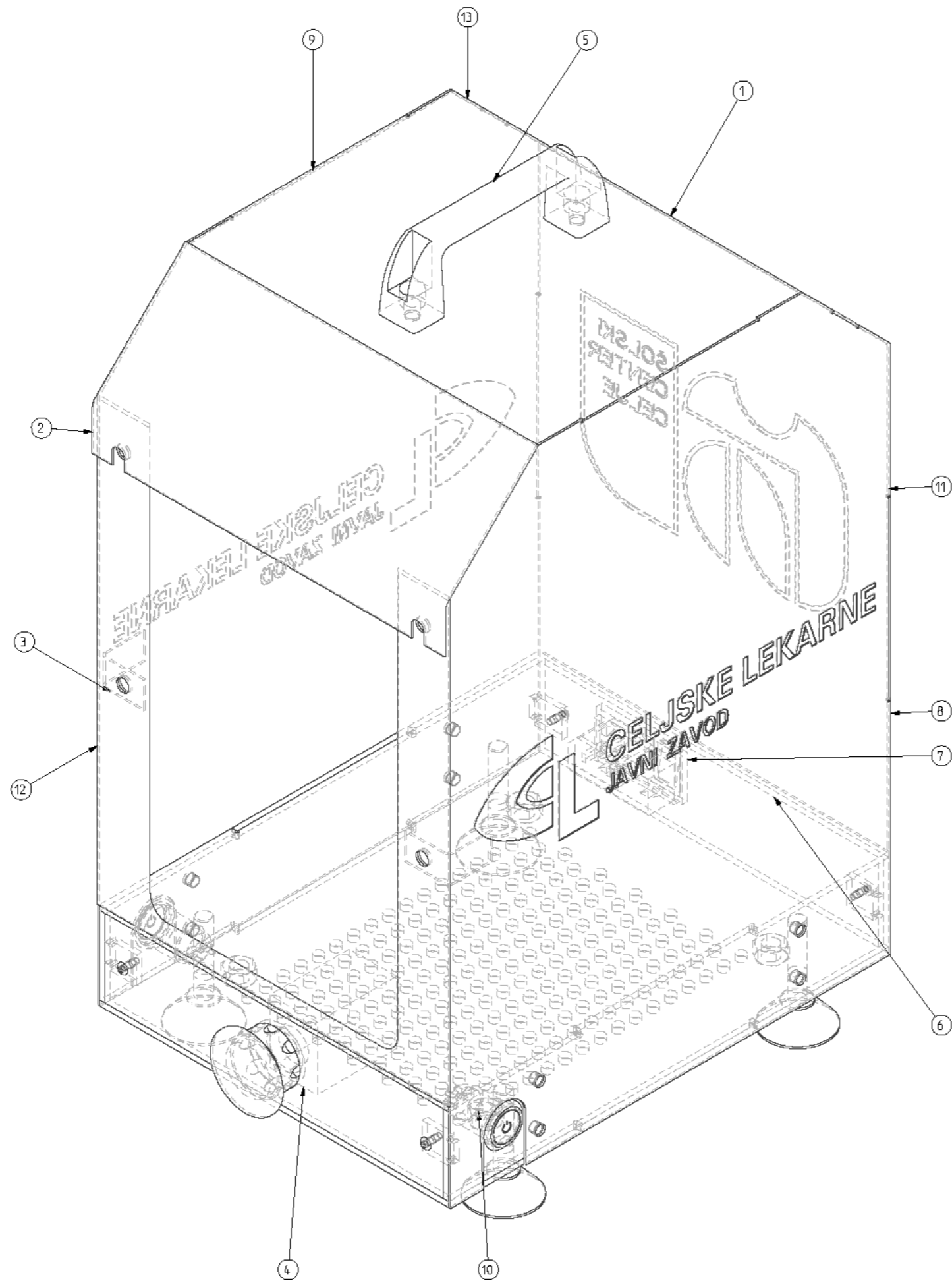
[20] *Vrste slednikov* (svetovni splet). (citirano 8. 1. 2019). Dostopno na naslovu: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:CDpBfjfQv_gJ:kmtm.fs.uni-lj.si/slo/izobrazevanje/meh-objave/M_vrsta-m_2.pdf+&cd=3&hl=sl&ct=clnk&gl=si.



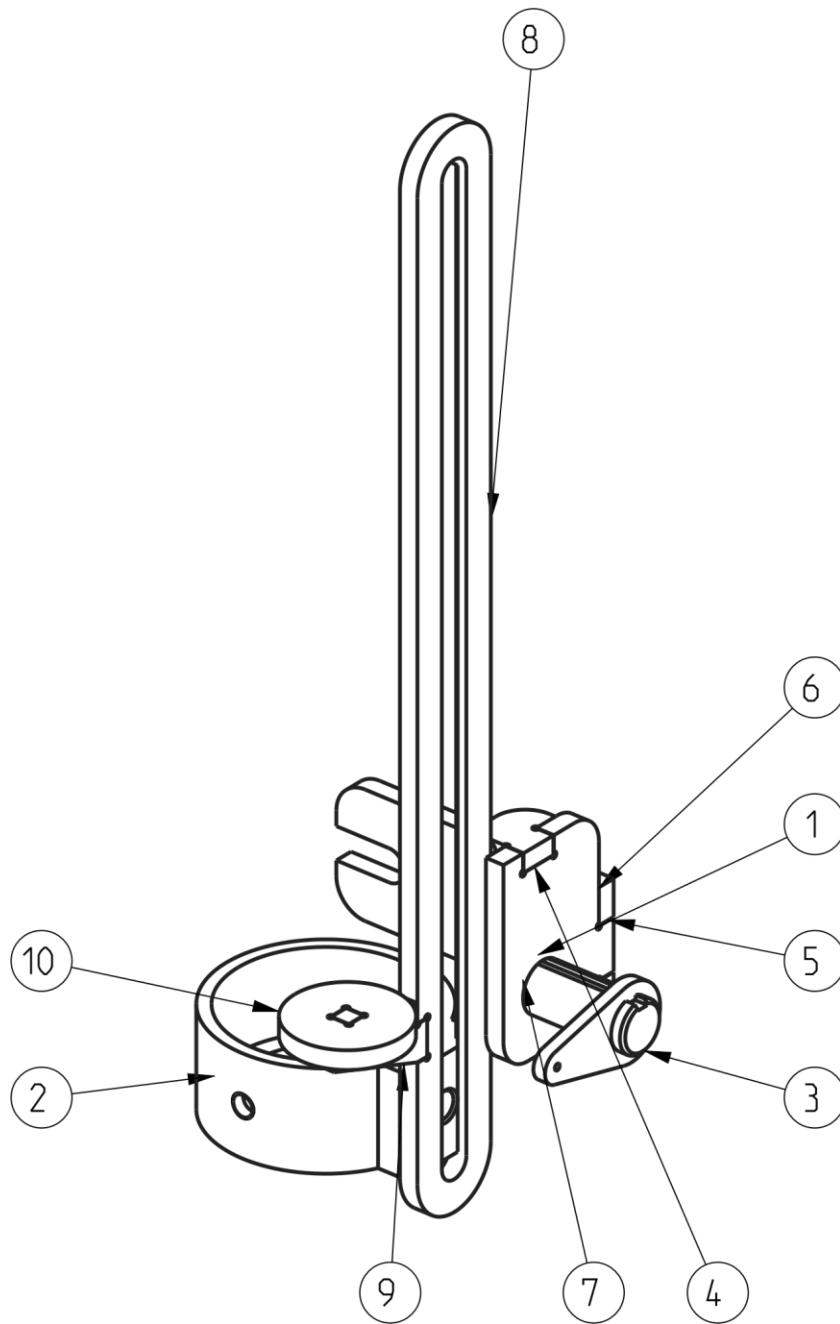
Merilo 1:2

78	1	ZIBOSNI_SISTEM
77	1	ZGORNJI_ODMIKAL_POVEZAVA
76	1	ZGORNJI_ODMIKAL_PLOSCA
75	1	ZGORNJA_ODMIKAL_PLOSCA
74	7	ZATICNI_VI_JAK_PISOB
73	1	VZMET_TLACNA
72	1	VZMET_T31920-X
71	1	VZMET_M20010_1EVA
70	1	VZMET_M20010
69	1	VZMET_B_095_100_D300_D
68	3	VSKODNIK_5
67	1	VOO_ILO
66	1	SORNIK_ZADRUGA_LEZAJA
65	1	SORNIK_LEZAJEV_1
64	2	SORNIK_LEZAJEV
63	2	SORNIK_BAVNIH_ODMIKAL_PLOSC
62	1	PLICA_VOO_ILA
61	1	PODLOZKA_M12
60	2	PODLOZKA_M4
59	2	PODLOZKA_M10
58	7	PODLOZKA_5_LEZAJEV
57	24	PODLOZKA_5
56	2	OSNOVNA_PLOSCA_3
55	1	OSNOVNA_PLOSCA_2
54	1	OSNOVNA_PLOSCA
53	1	ODMIKAL_DEL_ZA_DVIG_TUB
52	1	ODMIKAL_ZGORNJE_DESNA_PLOSCA
51	1	ODMIKAL_ZGORNJA_LEVA_PLOSCA
50	1	ODMIKAL_PLOSCA_ZGORNJA_DESNA_2
49	1	ODMIKAL_PLOSCA_ZA_ZIGOSANJE
48	2	ODMIKAL_PLOSCA
47	1	ODMIKAL_LEVA_PLOSCA_1
46	1	ODMIKAL_DESNA_PLOSCA_1
45	1	NUT_DIN_985_M5X0,8-10
44	1	NOSELEC_LEZAJA_VOO_ILO
43	2	NOSELEC_LEZAJA_ODMIKAL_PLOSC
42	2	NOSELEC_LEZAJA_NA_KLOBUTU
41	2	MOZNIK_VERTIKALNA
40	1	MOTOR_Z_REDUKTORIEM
39	1	MEHENIKA_ODMIKAL_PLOSC
38	2	MEHENIKA_1
37	4	MATICA_M5
36	2	MATICA_M16_7MH
35	1	MATICA_M12
34	2	MATICA_M10
33	11	MG_MATICA
32	2	LEZAJ_BFL_000_T15640_F110
31	2	LEZAJ_M5
30	1	LEVI_KLOBUT_M_1_1_2019
29	1	INBUS_6X50
28	1	INBUS_6X40
27	5	INBUS_6X30
26	4	INBUS_6X14
25	2	INBUS_6X12
24	2	INBUS_5X25
23	10	INBUS_5X16
22	2	INBUS_5X10
21	10	INBUS_5X10
20	1	GREJ_MOTORJA
19	1	GREJ
18	2	DRZALO_VZMETI
17	2	DRZALO_MOTORJA_3
16	1	DRZALO_MOTORJA_2
15	1	DRZALO_MOTORJA_1
14	1	OSTANCIK_VZMETI
13	1	OSTANCIK_ODMIKAL_PLOSC
12	2	OSTANCIK_LEZAJEV_NA_KLOBUTU
11	1	OSTANCIK_BLAVNE_GREJ_1
10	2	OSTANCIK
9	1	DESNI_KLOBUT_M_1_1_2019
8	1	CHAIN_06B-1
7	6	C625C2_LEZAJ
6	2	2255-1038073015
5	21	6_PODLOZKA
4	1	5_VOO_ILO
3	1	4_VOO_ILO
2	1	2_VOO_ILO
1	1	1_VOO_ILO
Poz	Kop	Naziv In mere

			Datum	Ime	Merilo:	1:1	Masa:	kg
		Izdaj.	06-Mar-19	BRANE M.	Naziv:			
		Kontr.			MEHANIZEM			
		K.stb.			Str. risbe:	1	List	
					Nadom.		Nadom. z:	
Org.	Sprememba	Datum	Ime	Solski center Celje				



Poz.	Kos	En	Naziv in mere	St. risbe/standard	Material	Masa	Opomba
13	1		ZGORNJA_STRANICA			W. Nr. 14301	
12	1		ZASECITA			W. Nr. 14301	
11	1		ZADNJA_STRANICA_2_LOBOP			W. Nr. 14301	
10	2		OKLONNO_STIKALO.1				
9	1		STRANICA_LOBO_LEVA			W. Nr. 14301	
8	1		STRANICA_LOBO_DESNA			W. Nr. 14301	
7	1		STIKALO_2_VTICENICO.1				
6	1		OSNOVA_ROMANJANA_ASM.2				
5	1		NOGIVNA_RIBICKA				
4	1		EDRAGTO_STIKALO_ODNOVE				
3	2		DRZALO_ZA_ZASECITO			W. Nr. 14301	
2	1		DIAGONALA_MA_TECAJIH			W. Nr. 14301	
1	1		DIAGONALA			W. Nr. 14301	
Poz. Kos En Naziv in mere				St. risbe/standard	Material	Masa	Opomba
				Datum	Ime	Merilo: 1:1	Masa: kg
				Izdel.	08-Mar-19	EBERSK. N.	
				Kontr.	-		
				K.stid.	-		
				OHSJE			
				St. risbe: 2			L1/2
				Solski center Celje			
Dzn.	Sprememba	Datum	Ime	Nadom:		Nadom. z:	



10	1		ZASUCNO_NASLONJALO_2	1 4301				
9	1		ZASUCNO_NASLONJALO_1	1 4301				
8	1		VODILO_NOSILCA_TUBE	1 4301				
7	1		OS					
6	1		NOSILEC_VODILA_2	1 4301				
5	1		NOSILEC_VODILA_1	1 4301				
4	1		NASLON_2_1	1 4301				
3	1		FIKSIPNI NATIC	1 4301				
2	1		DPZALO_TUBE					
1	1		CIRCLIP 3-BS-3673	BS 3673				
Poz	Kos	Opis (iz parametra parta)		Ime prt	Standard	Masa/kos	Masa (suma)	PTC material

				Datum	Ime	Merilo	11	Masa	0.000	kg
				Izdel	10-Mar-19	Brstl	B	Naziv VODILO TUBE		
				Kontr.	-	-				
				K.std	-	-				
				Solski center Celje		St risbe		3	List 1/1	
Ozn	Sprememba	Datum	Ime			Nadom	Nadom z			