

ŠOLSKI CENTER LJUBLJANA

SREDNJA STROJNA ŠOLA

Aškerčeva cesta 1, 1000 Ljubljana

## PROJEKTNA NALOGA

VRTLJIVI UNIVERZALNI KLJUČ

IZDELAL:

JERNEJ PRAH, 3. LETNIK

MENTOR:

MARTIN KAVŠEK

Ljubljana, Marec 2025

# KAZALO VSEBINE

1.0 UVOD.....	4
1.1 CILJI .....	4
1.2 NAČRT .....	6
2.0 SNOVANJE .....	6
2.1 ROTACIJSKI DEL.....	6
2.2 TRANSLACIJSKI DEL .....	9
3.0    IZRAČUN OBREMENITVE.....	12
4.0 IZDELAVA MODELA .....	15
5.0 POVZETEK.....	18
5.1 ZAKLJUČEK.....	18
6.0 ZAHVALA .....	19
7.0 VIRI .....	19

# KAZALO SLIK

Slika 1: Primer uporabe univerzalnega ključa 5

Slika 2: Princip račne 7

Slika 3: Princip zaklepa z drsnikom 7

Slika 4: Prvotna ideja ključa 7

Slika 5: Princip vrtenja z jezičkom 8

Slika 6: Princip vrtenja z vijakoma 9

Slika 7: Princip dvigala 10

Slika 8: Princip vrtenja z jezočkom 10

Slika 9: Sila na čeljust 12

Slika 10: Dimenzije zob drsnika 13

Slika 11: Dimenzije zob za rotacijo 14

Slika 12: Zaključni model 15

Slika 13: Prvi model 15

Slika 14: Delavniška risba modela 16

Slika 15: Sestavni deli 17

# 1.0 UVOD

V tem seminarskem delu bomo spoznali potek projekta od začetka do konca, vse variante izdelka, neuspehe in kako trenutno izgleda končni oziroma idejni izdelek.

Za ta projekt sem se odločil, saj me od vedno zanimajo orodja in delo z njimi, saj si lahko s pravo izbiro orodja prihranimo veliko časa, energije ter skrbi. V našem primeru si bomo ogledali postopek načrtovanja novega orodja ter izdelavo modela in opravljanje dela z njim.

Izdelek, poimenovan vrtljivi univerzalni ključ je ideja, ki bi v popolnem uspehu pomagala ljudem pri praktičnem delu, jim prihranila veliko časa in potrpljenja.

## 1.1 CILJI

Ideja zanj se je pojavila med delom z radiatorji, kjer potrebuješ za montažo radiator namestiti na nosila, z univerzalnim ključem oziroma po domače "francoskim ključem" priviti priključka za vročo in hladno vodo na izhoda radiatorja. Univerzalni ključ je preprosto orodje, kjer z vrtenjem navoja iz rotacijskega gibanja delo pretvoriš v translacijsko gibanje in čeljusti prilagodiš na širino, s katero nato lahko priviješ ali odviješ šest-robo prizmo oziroma matico. Delo z njim je zelo enostavno, a se ga hitro naveličaš, saj zahteva dosti potrpljenja, če je navoj dolg, torej je potrebno ključ spet in spet nastaviti na matico. Ta postopek se še oteži, če prostora za operiranje ni veliko in zato potrebuješ zaradi majhnega kota vrtenja ključa tega še večkrat namestiti. V najhujšem primeru pa zaradi hudega primanjovanja prostora sploh ne moreš pravilno pritrditi ključa na matico in moraš poseči po drugih orodjih kot so npr. papagajske klešče. Z njimi pa v največ primerih profil matice še celo poškoduješ, kar naredi delo še bolj zoprno in težko. V idealnih pogojih bi se takega dela lotil z enosmerno vrtljivim ključem natančne mere, a zaradi cevi oziroma priključkov z obeh strani ni mogoče namestiti orodje na površino. Potreboval bi torej orodje, ki ima vse funkcije tako univerzalnega ključa kot tudi vrtljivega oziroma neke vrste "račne". In to je tudi izdelek, katerega idejo se poskuša uresničiti s tem projektom.



*Slika 1: Primer uporabe univerzalnega ključa*

Glavni cilji tega projekta so:

1. Zasnovati orodje v programu za 3D modeliranje
2. Narediti plastični model orodja
3. Ugotoviti, če je izdelava pravega orodja možna

Stranski cilji tega projekta so:

1. Preračunati obremenitve znotraj elementa
2. Se naučiti kaj novega o modeliranju
3. Spoznati kaj novega o mehaničnih principih

## 1.2 NAČRT

Potrebno je torej zasnovati orodje, ki lahko objame katerokoli matico znotraj določenih dimenzij in jo odviti ali priviti z zgolj enim vpenjanjem. Predmet bo torej izgledal podobno kot univerzalni ključ, le da se bo znotraj prostora moral vrteti okrog svoje osi. S temi zahtevami lahko že razberemo, da bo največji problem delovanje mehanizmov zaradi pomanjkanja prostora, saj ga ne sme zavzeti preveč, ker potem ne bi služil svojemu namenu v danih situacijah.

Oblika orodja je že nekoliko jasna, potrebno se bo le sprehoditi čez vse možne variacije delov oziroma načinov, kako izvršiti dane zahteve.

## 2.0 SNOVANJE

Orodje bo zasnovano na dveh principih; vrtljivemu delu ter pomičnemu delu. Začetek snovanja bo lažji, če se najprej lotimo vrtljivega dela.

### 2.1 ROTACIJSKI DEL

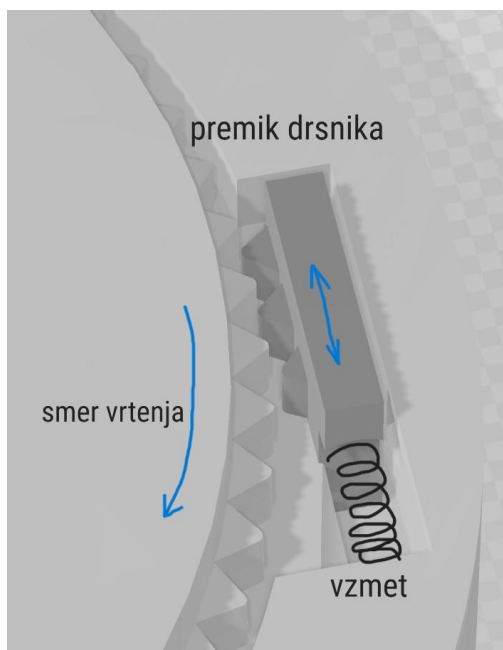
Potrebno je, da se jedro ključa vrti brez večjih problemov in da se zaklene v drugo stran, s katero lahko opravimo delovni gib. Bilo bi praktično, če bi se odločili za dvostranski zaklep vrtenja, kakršnega ima račna. Problem pa je sledeč; v glavo orodja pride matica čelno, saj drugače ne moramo priti do želenega učinka. To pa nam onemogoči, da uporabimo le en zob, kot ga ima račna, saj vrtljivi del ne bi bil ves čas v stiku z zobom, ki preprečuje vrtenje v drugo smer. To pomeni da se moramo poslužiti

drugega načina, ki bo med drugi tudi prihranil več prostora. To tudi pomeni, da se bo lahko vrtel le v eno stran in določitev strani ne bo možna .

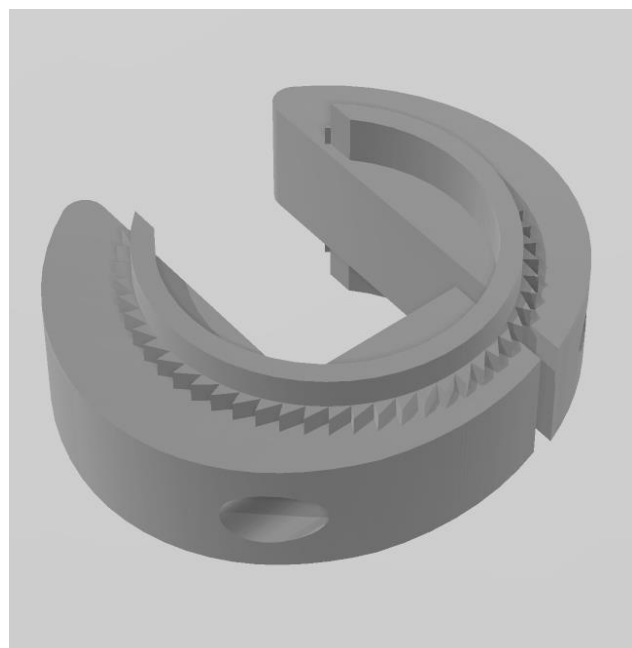


**Slika 2: Princip račne**

Drugi način zaklepa ene smeri j, da bi v zunanjo steno namestil na vsako (levo in desno) stran drsnik, ki bi zaradi vzmeti silil nasproti smeri vrtenja. Torej bi se ob stiku z zobmi, ki prihajajo nasproti, umaknil. Ko pa se začne jedro vrteti v drugo smer, se drsnik z zobmi zagodzi ob steni in prepreči vrtenje. Problem bi bil spraviti dobro drsno premikanje na tako malo prostora in spraviti vzmet v isto ravnino, brez da bi se snel iz svojega mesta. Problem bi bili tudi morebitni zdrsi zaradi problematičnega kota naleganja zob. Sistem je zelo zanimiv, a sem se odločil za zadnjega, saj je bolj preprost.



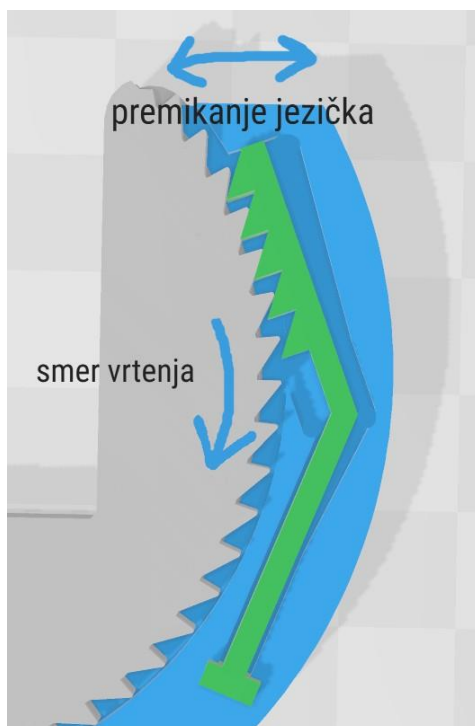
**Slika 4: Princip zaklepa z drsnikom**



**Slika 3: Prvotna ideja ključa**

Tretji ali zadnji mehanizem pa je najbolj preprost in najlažji za izdelavo. Prav tako je nameščen na levi in desni strani zunanjšega ogrodja, da se zobje notranjega dela stalno dotikajo vsaj ene od zavor. Ti pa sta zasnovani z zobmi iste oblike kot zobje notranjega dela in sicer oblike pravokotnega trikotnika. Temu je tako, da se v stiku strani hipotenuze oziroma položne strani zoba zavora umakne zaradi zdrsa, ko pa se zaletita kateti ali navpični stranici, se preprosto neha vrteti. Oblika jezička omogoča, da se umakne na zunanjo stran zaradi svoje elastičnosti in vitkosti svoje oblike, ko pa se nasloni na nasprotno stran zobovje pravokotne oblike, se ta sila preusmeri na zadnjo steno, kjer se jeziček stika z ogrodjem in se zato jedro preprosto neha vrteti. Tega sistema se poslužimo zaradi preprostosti in lažje izdelave ter majhni količini prostora, ki ga zavzame.

Prvotna ideja je bila, da bi zunanji del nasedal na jedro le po sredini višine, saj bi bil tako lažji za izdelavo. A če imamo sedaj zobovje jedrnega dela v sredini, morata biti na isti višini tudi jezička, torej bo nosilni del sestavljen iz dveh delov in objel jedro. Tako je verjetno tudi najboljše za uporabo, saj bojo šibkejši deli bolje zavarovani pred zunanjimi udarci in drugimi vplivi.

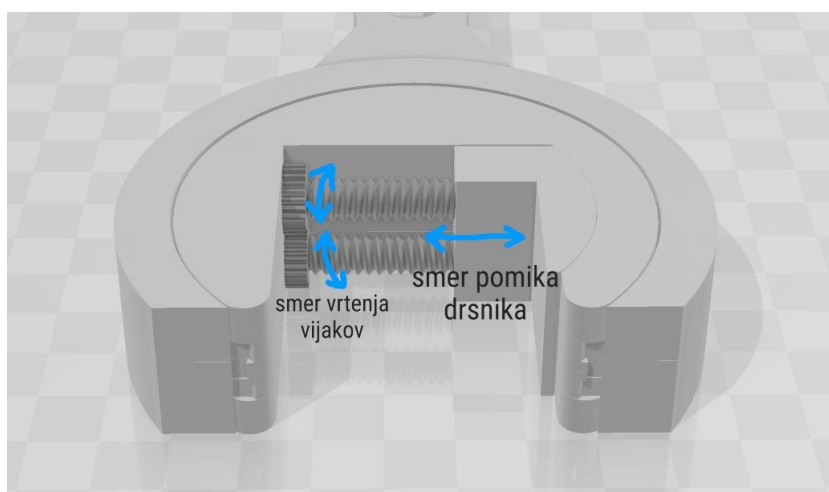


**Slika 5: Princip vrtenja z jezičkom**

## 2.2 TRANSLACIJSKI DEL

Translacija je pojem premikanja predmeta premočrtno oziroma le po eni premici naprej in nazaj. V našem orodju se tako premikanje pojavi ob oženju in širjenju razdalje med čeljustma ključa, ki ob delovanju primeta matico ob vzporednima ploskvama. Ena od dveh čeljusti je torej stena orodja, druga pa je pomična čeljust. Ta čeljust se mora premikati pravokotno na svojo ploskev ter ne sme biti preveč težavna za nastavitvev. Prav tako pa rabi prenašati dovolj veliko silo, da poljubno brez težav privijemo želeno matico ali vijak.

Prvi način, s katerim bi lahko prilagajali širino med čeljustma je seveda s pomočjo vijaka. Ta princip se uporablja tudi pri univerzalnem ključu in je sila preprost. S prstom vrtimo vijak naprej ali nazaj in s tem določamo smer pomika čeljusti, ki ima na ploskvi naleganja na vijak preprosto zobato letev, ki povzroči ta premik. Vendar težava tega je, ker smo omejeni s prostorom v globino, vijak pa je zelo širok, zato ne bi ostalo dovolj prostora za matico. Pa tudi pomična čeljust je vedno precej ohlapna, če se za njeno premikanje uporabi ta princip. Zato sem zasnoval nov način pomikanja ki je podoben, le da sta namesto enega vijaka uporabljena dva. V tem načinu sta vijaka protismerna in sta drug nad drugim, povezujeta jih a dva zobnika, vsak na svoji osi, ki skrbita za hkratno vrtenje. Pri tem sistemu bi s prstom vrtel enega od zobnikov, ki bi poskrbel za premik čeljusti. Ta sistem je zanesljiv a pretežek za izdelavo in precejšen porabnik prostora, zato se nisem odločil zanj.



*Slika 6: Princip vrtenja z vijakoma*

Naslednji princip pomika bi bil podoben, kot pri mobilnih dvigalih; z vijakom bi spreminjal razdaljo med dvema palicama, ki se na sredini križata, čeljust pa pritrtil na drugo stran, ki bi se pomikala s spreminjanje kota podpor. Ta način ne bi porabil veliko prostora v globini orodja, bi pa bil zelo težaven za izdelavo in s svojimi vitkimi deli precej izpostavljen drugim dejavnikom, zato sem to idejo opustil dokaj kmalu.



*Slika 7: Princip dvigala*

Tretji način pa je zelo podoben rotacijskemu. Torej če na drsnik pritrdimo enake zobe kot na jeziček na drugi strani, se bo ta lahko brez problema premikal po ravnini. Potrebno je še dodati neke vrste odklop od stika zobovja, da se lahko čeljust vrne v prvotno pozicijo. Edini problem tega sistema je, da nimamo neskončno možnosti širine odprtih čeljusti, temveč le za dolžino enega zoba. V primerjavi z ohlapnostjo čeljusti pritrditvijo z navojem še zmeraj precej natančno vpetje matice in tudi ne bo večja ovira pri uporabi orodja.



*Slika 8: Princip vrtenja z jezočkom*

Drsnik se lahko torej od stranske ploskve oddalji od 18 mm do 38 mm, kar po standardu ISO 4032 zajema matice od M12 do M24. Za material ključabomo vzeli Legirano jeklo (Cr-V – krom-vanadij), saj je najprimernejši za tovrstna orodja zaradi svoje trdote, trdnosti in žilavosti. Jedro ključa ima 3 plasti, kjer je sredna zobovje za enosmerno vrtenje. Zunanji del pa bo sestavljen iz dveh plasti, saj bo objel jedro in s tem preprečil njegovo premikanje. Plasti bodo sestavljenje z dvema vijakoma. Ročaj bo na zunanji ali ogrodni del pritrjen s štirimi vijaki. Predvidena teža orodja bo približno 1 kg, če se bo to zdelo preveč, pa lahko ročaj zamenjamo za plastičnega ali uporabimo drugačen, lažji material. V primeru uspešne izdelave in dobre uporabnosti, bi bila ciljna cena enega izdelka okoli 75 €.

### 3.0 IZRAČUN OBREMENITVE

Izračun obremenitve bo temeljil na maksimalnem navoru, dopustnim za največjo možno matico, saj bo v tem primeru ključ obremenjen največim možnim silam. Maksimalni navor, ki ga lahko uporabimo za zategovanje matice M24 je okoli 200–250 Nm po standardu ISO 4017. Zaradi simuliranja najslabše možne situacija vzamemo navor 250 Nm. Za material bomo vzeli Legirano jeklo (Cr-V – krom-vanadij), saj je najprimernejši za tovrstna orodja zaradi svoje trdote, trdnosti in žilavosti. Računanje bo potekalo v dveh delih; preračun je namreč potreben v šibkejših delih orodja. V našem primeru sta to del, kjer obremenitve prenaša pomična čeljust in kjer obremenitve prenašata jezička proti rotaciji.

#### 1. Izračun napetosti v delu, kjer drsnik oz. pomična čeljust prenaša obremenitve.

Podatki:

$$M = 250 \text{ Nm} = 250000 \text{ Nmm}$$

$n = 4$  - minimalno število zob, ki se stikujejo ob zategnitvi

$$a = 2 \text{ mm}$$

$$b = 2 \text{ mm}$$

$$v = 5 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{dop}} = 700 \text{ MPa}$$

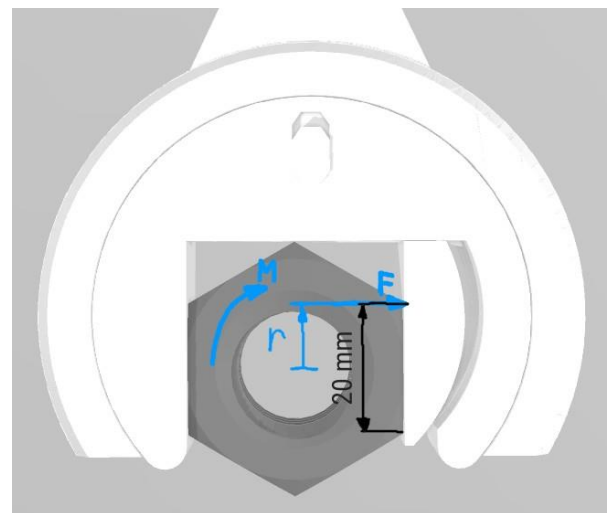
$$\tau_{\text{dop}} = 80\% \text{ od } \sigma_{\text{dop}} = 700 \text{ MPa} \times 0,8 = 560 \text{ MPa}$$

stranica šeststrane matice = 20 mm

**Sila v zobih, ki se pojavi ob zategovanju:**

$$M = F \times r \quad F = M / r$$

$$F = 250000 \text{ Nmm} / (20\text{mm} / 2) = 25000 \text{ N}$$



Slika 9: Sila na čeljust

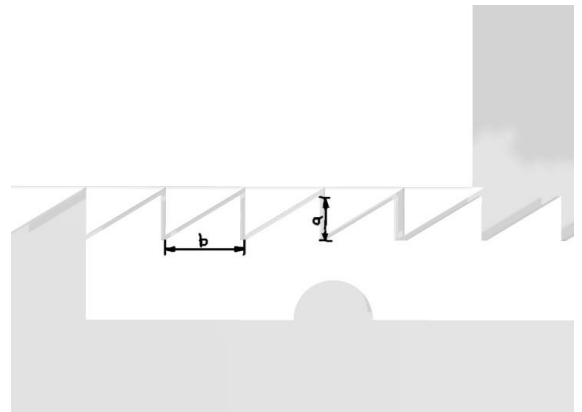
### Minimalna površina naleganja zob drsnika:

$$A = a \times v \times n = 2 \text{ mm} \times 5 \text{ mm} \times 4 = 40 \text{ mm}^2$$

### Izračun površinskega tlaka ob ztiku zob:

$$P = F / A \quad P = 2500 \text{ N} / 40 \text{ mm}^2 = 625 \text{ MPa}$$

$$625 \text{ MPa} < 700 \text{ MPa} \quad P < P_{\text{dop}}$$



Slika 10: Dimenzije zob drsnika

### Površina, na katero vpliva strižna napetost:

$$A = b \times v \times n \quad A = 2,5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm} \times 4 = 40 \text{ mm}^2$$

### Strižna obremenitev, ki deluje na zobe:

$$\tau = F / A \quad \tau = 2500 \text{ N} / 50 \text{ mm}^2 = 500 \text{ MPa}$$

$$50 \text{ MPa} < 560 \text{ MPa} \quad \tau < \tau_{\text{dop}}$$

## 2. Izračun napetosti v delu, kjer jezička proti rotaciji prenašata obremenitve.

Podatki:

$$M = 250 \text{ Nm} = 250000 \text{ Nmm}$$

$n = 4$  minimalno število zob, ki se stikujejo ob zategnitvi

$$a = 2 \text{ mm}$$

$$b = 3 \text{ mm}$$

$$v = 5 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{dop}} = 700 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{dop}} = 80\% \text{ od } \sigma_{\text{dop}} = 700 \text{ MPa} \times 0,8 = 560 \text{ MPa}$$

stranica šeststrane matice = 20 mm

**Sila na jeziček, ki se pojavi ob zategovanju:**

$$M = F \times r \quad F = M / r \quad F = 250000 \text{ Nmm} / 32 \text{ mm} = 7812,5 \text{ N}$$

**Minimalna površina naleganja zob:**

$$A = a \times v \times x = 2 \text{ mm} \times 5 \text{ mm} \times 4 = 40 \text{ mm}^2$$

**Izračun površinskega tlaka ob ztiku zob:**

$$P = F / A \quad P = 2500 \text{ N} / 40 \text{ mm}^2 = 62,5 \text{ MPa}$$

$$62,5 \text{ MPa} < 700 \text{ MPa} \quad P < P_{\text{dop}}$$

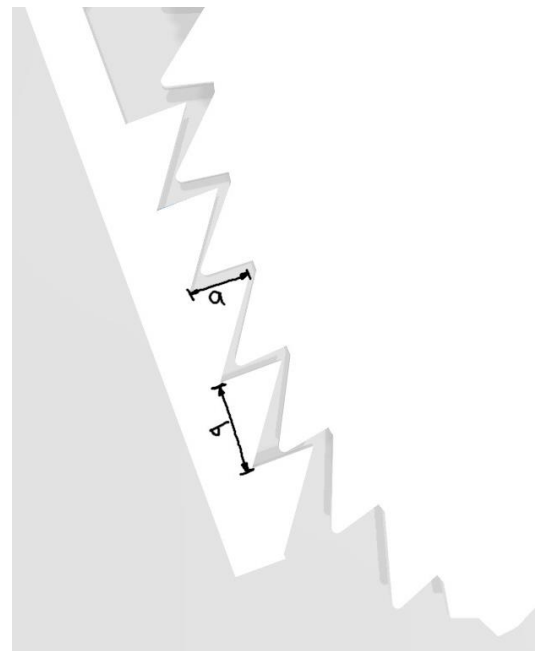
**Površina, na katero vpliva strižna napetost:**

$$A = b \times v \times n \quad A = 3 \text{ mm} \times 5 \text{ mm} \times 4 = 60 \text{ mm}^2$$

**Strižna obremenitev, ki deluje na zobe:**

$$\tau = F / A \quad \tau = 2500 \text{ N} / 60 \text{ mm}^2 = 41,7 \text{ MPa}$$

$$41,7 \text{ MPa} < 560 \text{ MPa} \quad \tau < \tau_{\text{dop}}$$



*Slika 11: Dimenzije zob za rotacijo*

## 4.0 IZDELAVA MODELA

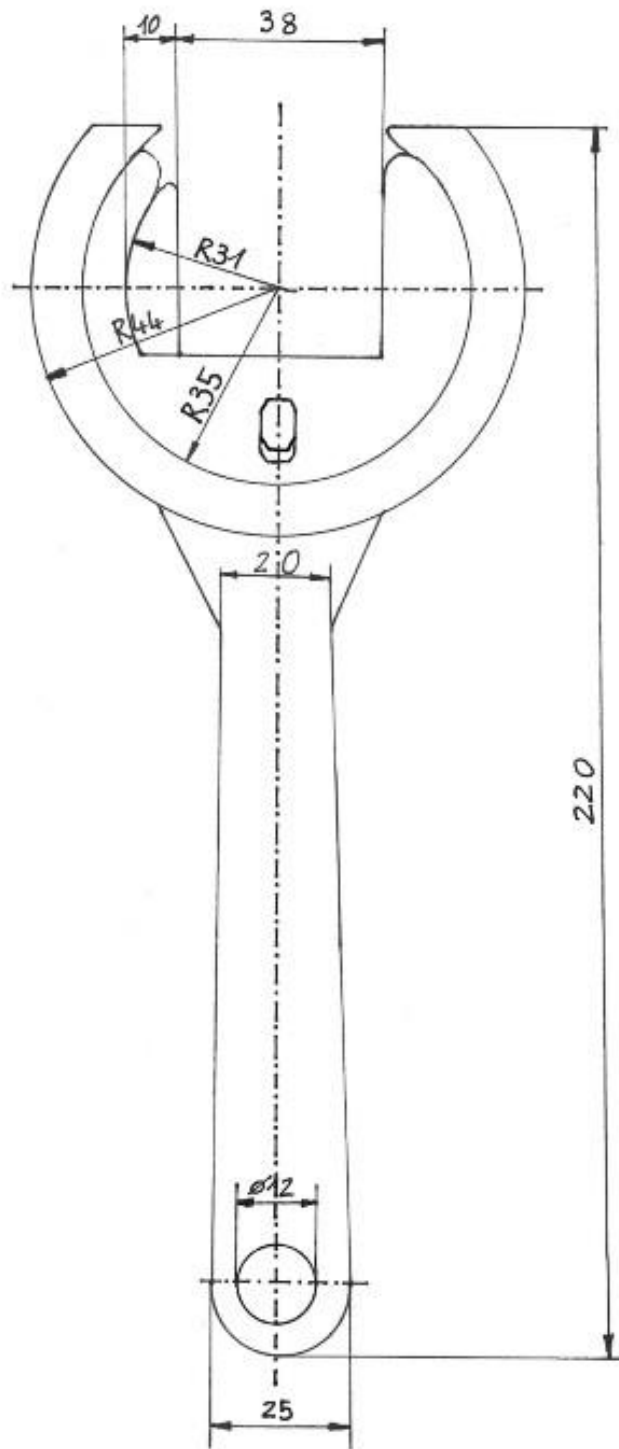
Ustvarjene 3D predmete sem razdelil ter jih dal posamično natisniti v 3D tiskalniku. Kose sem na stičnih površinah zbrusil in jih sestavil. V narejene luknje sem vstavil jeklene zatiče da kose držijo skupaj. Pojavila pa se je ena večja težava. Ob neprevidnem vrtenju se je jedrni del ključa ločil od okvirja, zato sem se vrnil k 3D snovanju ter dodal po 10 mm stene na vsaki strani. Po natisu novega okvirja se je ta težava odpravila. Zaradi nenatančnosti 3D printerja pa sta oba mehanizma nekoliko nezanesljiva, saj se zaradi neostrih robov zoba preskočita. Plastični model je vseeno zgolj za prikaz kako naj bi orodje delovalo, a me vseeno navduši in spodbudi k temu, da nekoč naredim pravo verzijo kovinskega orodja.



*Slika 13: Prvi model*



*Slika 12: Zaključni model*



			Tolerance odprtih mer	Kvaliteta površine	Merilo 8:11	Poz. 1	Masa 900 g
					Material, polizdelek, surovina, model št.		
					LEGIRANO JEKLO		
			Datum	Ime	Naziv		
			Izdel.		VRTLJIVI UNIVERZALNI KLJUČ		
			Kontr.				
			K. std.				
			Podjetje, izdelovalec načrta		Številka risbe	List: 1	
					1		
Ozn.	Sprememba	Dne	Ime	Osnovna risba	Nadom.	Nadom. z.	

Slika 14: Delavniška risba modela



**Slika 15: Sestavni deli**

## 5.0 POVZETEK

Ideja za vrtljivi univerzalni ključ je torej prišla iz preproste situacije, ki je onemogočila uporabo orodij na doseg roke in spodbudila k snovanju novega. Z začetkom ustvarjanja orodja v programu za 3D modeliranje sem naletel na mnogo težav, katerim sem poiskal enostavnejše rešitve. Orodje je torej sestavljeno iz dveh premičnih delov, ki omogočita lažje delo z matico ali podobnimi oblikami. Orodje sicer temelji na že poznanih, le da so v tem združena vsa ostala, kar naredi delo lažje. Namenjeno je torej za privijanje in odvijanje matic, ki so dostopne le s čela oziroma s strani in nimajo dovolj prostora okoli sebe za prestavljanje univerzalnega ključa. Izdelal se tudi plastični model orodja za lažjo predstavitev ter ustvarjanje pričakovanj. Računam na to, da se bom lotil izdelati tudi pravo orodje ki bo opravljalo dejanska dela, saj so načrti in ideje iz tega projekta zelo realni. Idealen rezultat tega je, da bi po izdelavi orodja dobilo mesto na prodajnih policah in bi mnogim ljudem, ki se ukvarjajo z delom v delavnicah ali na terenu, prihranilo kaj časa predvsem pa mnogo potrpljenja in jim olajšalo delo.

## 5.1 ZAKLJUČEK

Glavni cilji tega projekta so bili:

1. Zasnovati orodje v programu za 3D modeliranje

Orodje sem narisal v Inventorju in po mnogih urah ter množico različnih variacij dokončal predmet, ki ima dober potencial in vse odprte možnosti za spremembe.

2. Narediti plastični model orodja

Plastični model je sestavljen iz delov, natisnjenih v 3D tiskalniku. Čeprav njegove funkcije niso popolnoma delujoče, je dober vzor sledečim modelom in pravim prototipom.

3. Ugotoviti, če je izdelava pravega orodja možna

Izdelava pravega orodja je zelo realna in z morebitno uspešnostjo precej verjetna. Na tem projektu zagotovo ne bom nehal delati, saj mislim, da ima dober potencial.

Stranski cilji tega projekta so:

1. Preračunati obremenitve znotraj elementa

Po opravljenih izračunih bi moralo biti delo z orodjem tekoče in brez večjih težav.

2. Se naučiti kaj novega o modeliranju

Naučil sem se marsikaj novega, predvsem razne funkcije, ki se jih brez tega projekta nikoli ne bi lotil spoznavati in uporabljati.

3. Spoznati kaj novega o mehaničnih principih

Znanje, ki sem ga prejel mi bo zagotovo dal nove ideje ter lažje rešitve pri drugih problemih.

## 6.0 ZAHVALA

Rad bi de zahvalil svojemu mentorju Martinu Kavšku, ki je pomagal pri tem projektu in predlaga ideje. Če me on ne bi prijavil na to tekmovanje zagotovo ne bi projekt dosegel takšnega nivoja ali pa sploh ne bi dosegel fizične oblike. Najlepša hvala tudi Roku Majdiču, ki je poskrbel za plastične kose modela, natisnjene v njegovem 3D tiskalniku. Brez tega orodje ne bi doseglo realistične oblike in fizičnih izboljšav. Ta model zagotovo pripomore k morebitnem ustvarjanju dejanskega orodja, saj postavi idejo na realna tla.

## 7.0 VIRI

Slika 1:

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.shutterstock.com%2Fsearch%2Fradiator->

valves&psig=AOvVaw25EaV5AadV6tqUxIFKXPnp&ust=1741274672354000&source  
=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBYQjRxqFwoTCPiote-  
f84sDFQAAAAAdAAAAABAJ

Slika 2: <https://i.ytimg.com/vizlpCeZCCjjpgmaxresdefault.jpg>

Slika 5: <http://ssi.cathaylift.com/uploads/2022/3/7/9/5/heavy-duty-scissor-lift42155632438.jpg>

Računske vrednosti ter standardi: <https://www.din.de/en>