

Šolski center Celje  
Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

# **VEČFUNKCIJSKA HIDRAVLIČNA TRAKTORSKA ROKA**

## **RAZISKOVALNA NALOGA**

Avtorji:

Urban Selič, S-3. a

David Škorjanc, S-3. a

Jurij Kolar, S-3. a

Mentor:

Žan Podbregar, dipl. inž. str. (UN)

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, marec 2017

# VEČFUNKCIJSKA HIDRAVLICNA TRAKTORSKA ROKA

Šifra: Strojniki ne lažemo

Razred: 3. letnik

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, marec 2017

## **POVZETEK**

V raziskovalni nalogi podrobneje predstavljamo lastno zamisel, tj. traktorsko večfunkcijsko hidravlično roko. Do zamisli smo prišli zaradi pomanjkanja tovrstnih naprav oziroma orodij na trgu. Na začetku smo si ogledali izdelke podjetja Tajfun Liv. Ko smo podrobneje spoznali delovanje hidravlične roke, smo raziskali, ali se lahko pojavijo kakršne koli težave pri montaži roke, kakšno obremenitev dovoljuje konstrukcija roke in kakšne sile se pojavljajo v njej. Opravili smo tudi raziskavo in naredili preračune za ravnotežje pri iztegnjeni roki v končnem stanju. Po opravljeni raziskavi in podrobno spoznanem področju smo izvedli numerične meritve hidravlične roke in poiskali možnosti za njeno vpetje. Preučili smo tudi možnosti večfunkcijskega priključka na koncu hidravlične roke in vpetja, ki jih lahko uporabimo. V nadaljevanju smo skicirali sestavne dele in narisali celotno hidravlično roko z večfunkcijskim priključkom. Ko smo pridobili vse potrebne mere in ideje, smo napravo zmodelirali, zasnovali tehnološki postopek izdelave, na koncu pa smo napravo izdelali in preizkusili pri delu.

# KAZALO VSEBINE

<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1 Predstavitev problema .....	2
1.2 Namen naloge .....	2
1.3 Hipoteze .....	3
1.4 Iskanje rešitev problema .....	4
<b>2 RAZISKAVA TRGA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Uporabljene metode raziskovanja .....	5
2.2 Raziskava trga.....	5
2.2.1 <i>Podjetje Tajfun Liv v Postojni</i> .....	6
2.2.2 <i>IFAM sejem v Celju in podjetje Pilz</i> .....	6
<b>3 REZULTATI RAZISKAVE.....</b>	<b>7</b>
3.1. Snovanje .....	7
3.2 Ideje .....	8
3.2.1 <i>Hidravlična roka z vpetjem</i> .....	8
3.2.2 <i>Večfunkcijski priključek</i> .....	9
3.2.3 <i>Nosilna plošča in tritočkovno vpetje</i> .....	9
3.3 Hidravlična shema .....	10
3.4 Meritve.....	10
3.4.1 <i>Numerična simulacija</i> .....	11
3.5 Konstruiranje .....	12
3.6 Modeliranje.....	12
3.7 Izdelava.....	13
<b>4 ZAKLJUČEK .....</b>	<b>15</b>
<b>5 ZAHVALA .....</b>	<b>16</b>
<b>6 VIRI IN LITERATURA .....</b>	<b>17</b>

## KAZALO SLIK

Slika 1: Tajfun Liv – hidravlična roka z grabežem .....	2
Slika 2: Traktorsko tritočkovno vpetje na zadnji hidravliki.....	3
Slika 3: Večfunkcijska hidravlična traktorska roka .....	7
Slika 4: Prvi in drugi ojačani sklop .....	8
Slika 5: Načrt sestave prvega in drugega okrepljenega sklopa .....	8
Slika 6: Večfunkcijski priključek in njegova sestava.....	9
Slika 7: Traktorsko tritočkovno vpetje in njegova sestava .....	10
Slika 8: Numerična simulacija hidravlične roke .....	11
Slika 9: Ležaj na rotorju in njegova sestava.....	12
Slika 10: Večfunkcijska hidravlična traktorska roka .....	13
Slika 11: Traktorsko tritočkovno vpetje z nosilno ploščo .....	14

# KAZALO PRILOG

Priloga 1: Idejna skica 1

Priloga 2: Idejna skica 2

Priloga 3: Hidravlična shema

Priloga 4: Kosovni seznam

Priloga 5: Sestavnica\_1\_roke

Priloga 6: Sestavnica\_1\_roke\_zvar

Priloga 7: Sestavnica\_2\_roke

Priloga 8: Sestavnica\_2\_roke\_zvar

Priloga 9: 2\_roka\_3\_point

Priloga 10: 2\_roka\_3\_point\_zvar

Priloga 11: 3\_point\_na\_roki

Priloga 12: 3\_point\_na\_roki\_zvar

Priloga 13: Konzola

Priloga 14: Konzola\_zvar

Priloga 15: Vpetje\_na\_traktor

Priloga 16: Vpetje\_na\_traktor\_zvar

Priloga 17: Vzvoda\_roka

Priloga 18: Zgornji\_pregib

Priloga 19: Zgornji\_pregib\_zvar

Priloga 20: Sorniki

Priloga 21: Celoten\_sestav

# 1 UVOD

Pri gradbenem ali kmetijskem delu pogosto ne zadostujejo običajni traktorski priključki. Velikokrat se zgodi, da so mesta pri košnji ali drugih opravilih težko dostopna, zato ne moremo temeljito opraviti svojega dela. Takrat uporabljamo hidravlične roke. Te se na trgu prodajajo s fiksnimi priključki, kot so mulčerji in grabeži, vendar na trgu še ni hidravlične roke, ki bi omogočala večnamensko uporabo. Želimo, da bi lahko pripeljali traktor s košnje, hitro zamenjali mulčer z grabežem in se odpravili po hlodovino. Naš cilj je narediti večfunkcijsko hidravlično traktorsko roko.

Glavni in najpomembnejši del hidravlične roke so hidravlični cilindri, ki so t. i. hidravlični potrošniki. V njih se energija iz hidravličnega medija (olja) pod tlakom pretvori v enostavno vodljivo moč, ki deluje v ravni liniji. Pri izdelavi roke bo potrebno določiti lego hidravličnih cilindrov ter preračunati njihove mere in dolžino batnice. Pri montaži roke moramo paziti na njeno končno lego pri največjem pregibu. Prav tako je pomembno, kako se bo roka obnašala pri večjih obremenitvah, ki bodo na koncu roke. Njena prednost ne bo v njenem delovanju, ampak v končnem večfunkcijskem priključku. Tako bo naparava izstopala iz konkurence na trgu. Seveda moramo dobro poznati tako sestavo kot delovanje večfunkcijske hidravlične roke, da bomo lahko prilagodili priključke in da bo roka pravilno delovala.

Hidravlična roka deluje na osnovi sodelovanja hidravličnih cilindrov, v katerih se nahaja olje, ta pa pod visokim pritiskom uvleče ali izvleče batnico. S tem lahko premikamo konstrukcijo roke, na katero so pritrjeni cilindri in sklepi, ki omogočajo krožno ali premočrtno gibanje hidravlične roke. Vse to pa upravljamo preko konzole, ki bo v našem primeru nameščena v kabini voznika. Na koncu roke imajo mnogi proizvajalci že nameščene fiksne priključke, npr. vzdrževalna služba ima nameščene mulčerje in kosilnice, v gozdarstvu pa poznamo klešče za hlodovino in rezalnike vej, vendar teh priključkov ni mogoče zamenjati. Zato nameravamo na naši roki namestiti več različnih vrst vpetja, s čimer bomo omogočili večnamenskost naprave. Razmišljati moramo tudi o samem vpetju hidravlične roke in seveda o vseh možnostih večfunkcijskega priključka na kocu roke. Pri tem moramo paziti na lego priključkov ter na njihove medsebojne dimenzije in postavitve. Upoštevati moramo tudi težo traktorja, njegovo velikost in širino na območju vpetja roke. Zaradi ravnovesja sil v traktorju in roki bi lahko pri prekomerni dolžini roke in prevelikih obremenitvah prišlo tudi do nestabilnosti med delom ali pa bi se traktor prevrnil.

## 1.1 Predstavitev problema

V raziskovalni nalogi se bomo osredotočili na izdelavo večnamenske hidravlične traktorske roke. Želimo izdelati napravo, ki bo delovala na več področjih, npr. pri košnji, delu v gozdu ali v gradbeništvu. Osredotočili se bomo torej na težave, ki lahko nastopijo pri montaži omenjene roke na traktor, na obremenitev, ki jo dovoljuje konstrukcija hidravlične roke, in na sile, ki se pojavljajo v njej.

Glavni dejavnik pri konstrukciji hidravlične roke so sile, ki obremenjujejo roko pri delu. Izračunati moramo moment, ki bo nastopil v delu, v katerega je roka vpeta, in sile, ki se bodo pojavljale na koncu roke, ko bo ta v končni legi. Roka mora biti primerne dolžine in dobro okrepljena na obremenjenih območjih, da se ne bi zlomila. Prav tako večfunkcijski priključek ne sme preseči dovoljene teže, saj bi v nasprotnem primeru lahko prišlo do porušitve ravnovesja v traktorju, ki bi se lahko tudi prevrnil.

## 1.2 Namen naloge

Naš osnovni namen je, da preučimo in raziščemo področje hidravličnih rok tako pri proizvajalcih gozdarskih naprav, kot je podjetje Tajfun, kot tudi pri proizvajalcih varnostne opreme, v našem primeru je to podjetje Pilz. Nato na podlagi raziskave in pridobljenega znanja izdelamo napravo, na katero bo nameščen priključek, s katerim bomo roko lahko uporabljati v različnih panogah, kjer potrebujemo pomoč hidravlične roke. To napravo bomo namestili na konec hidravlične roke, ki bo vpeta na traktorsko hidravliko. Z izdelavo naprave bomo tako odpravili težave menjave različnih traktorskih hidravličnih rok in s tem omogočili večnamenskost našega izdelka.



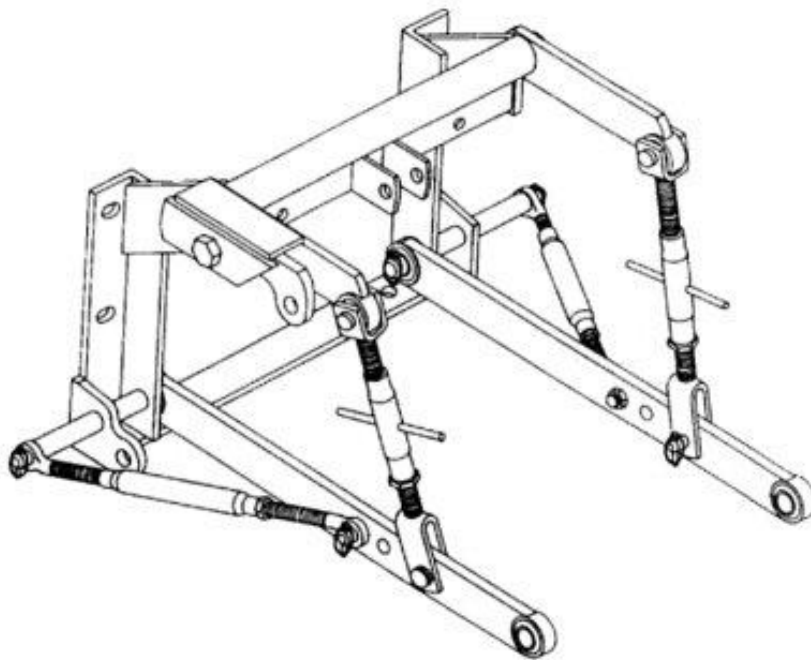
*Slika 1: Tajfun Liv – hidravlična roka z grabežem*



### 1.3 Hipoteze

Postavili smo si naslednje hipoteze:

- H1 – v kritični oz. iztegnjeni legi mora roka prenašati težo vsaj 6500 N;
- H2 – najprimernejši material za izdelavo hidravlične roke je konstrukcijsko jeklo S355JR;
- H3 – največji raztezek roke mora meriti okoli 5 m;
- H4 – rotacijska elementa, ki bosta omogočala zasuk roke za 180°, bosta ležaja;
- H5 – naprava bo omogočala vpetje več različnih naprav na večfunkcijski priključek;
- H6 – naprava bo varna za uporabo;
- H7 – izdelek bo edinstven na trgu;
- H8 – izdelek mora biti na trgu cenovno ugoden (ne sme presegati 8500€).



*Slika 2: Traktorsko tritočkovno vpetje na zadnji hidravliki*

## 1.4 Iskanje rešitev problema

Ključni problem naše naloge je delovanje roke, saj ne poznamo njenega natančnega delovanja in njene sestave. Pri tem se soočamo tudi z nosilnostjo roke in obremenitvami, ki delujejo nanjo. S temi vprašanji smo se najprej obrnili na enega največjih slovenskih proizvajalcev gozdarske opreme in hidravličnih rok, tj. podjetje Tajfun LIV, ki ima svojo proizvodnjo v Postojni. Z izvršnim direktorjem podjetja Tajfun smo se dogovorili za obisk njihove proizvodnje, kjer smo pridobili vrsto uporabnih informacij o sestavi hidravličnih rok in o njihovem delovanju. Izvedeli smo, da so ključni deli hidravličnih rok hidravlični cilindri, imenovani tudi hidravlični linearni motorji. Ti dobijo svojo silo iz hidravličnega medija, ki je običajno olje. Hidravlični cilindri so sestavljeni iz cevi cilindra, v kateri se bat, ki je priključen na batnico, giblje naprej in nazaj. Cev cilindra je na obeh straneh zaprta z dnom in z glavo cilindra, kjer se giblje batnica cilindra. Bat, na katerem so tesnila in vodilni obroči, deli notranjost cilindra na dve komori – spodnjo, tj. tlačno komoro, in komoro na strani batnice. Hidravlični tlak deluje na bat in ga s tem linearno premika. Uporabiti moramo poseben kroglični aksialni in radialni ležaj, ki bo nameščen med nosilcem in konstrukcijo roke. Na ležaj bo nameščen rotator, ki bo omogočal zasučni kot  $180^\circ$ . Pomembno je tudi vpetje hidravlične roke na traktor in njeno upravljanje. Krmilili bomo z elektrohidravličnimi regulacijskimi ventili, ki bodo povezani s konzolo, ta pa se bo nahajala v kabini traktorja. Roko lahko pritrdimo na traktor s tritočkovnim vpetjem ali pa neposredno nanj s pomočjo nosilca, narejenega po meri.

## **2 RAZISKAVA TRGA**

### **2.1 Uporabljene metode raziskovanja**

Na začetku je potrebno opredeliti problem in s tem določiti naslov raziskovalne naloge. Naslednja faza je pregled literature, tako knjižne kot tudi literature na spletu. Ker literature v našem primeru ni bilo dovolj, smo za pomoč zaprosili pooblaščenega proizvajalca hidravličnih rok, pri katerem smo dobili potrebno gradivo za izvedbo raziskovalne naloge. Prav tako smo pregledali spletne strani in prospekte. Nato smo postavili hipoteze ali domnevne trditve. Naslednja faza je izbor metod. Osredotočili smo se tudi na metodo spraševanja oziroma intervjuja. Izbrali smo nestrukturirani intervju, v katerem vprašanja niso pripravljena vnaprej, določen je le cilj poizvedovanja, pogovor pa se odvija spontano, tako da pridobimo čim več potrebnih informacij. V nadaljevanju smo pridobili podatke o delovanju in sestavi hidravličnih rok. Ko smo zbrali vse potrebne podatke, smo se lotili analize rezultatov ter v zaključku dobili odgovore na začetne domneve in hipoteze ter jih potrdili oz. zavrgli.

### **2.2 Raziskava trga**

Raziskava je potekala sistematično po določenem zaporedju. Za osnovni temelj smo si morali pridobiti splošno znanje o hidravličnih rokah, njihovem delovanju ipd. Raziskavo smo večinoma izvedli v podjetju Tajfun LIV v Postojni, nekaj informacij pa smo pridobili tudi na sejmu IFAM Slovenija v Celju. Največ smo izvedeli v podjetju Tajfun LIV, kjer smo si ogledali tudi sestavne dele hidravlične roke in preizkušanje le-teh pri določenih obremenitvah, saj morajo doseči zastavljeno nosilnost. Večina proizvajalcev hidravličnih rok na trgu je usmerjena le v eno smer, panogo, npr. gozdarstvo ali kmetijstvo. Prav zaradi tega na trgu še ni večfunkcijskih hidravličnih rok, kakršna bo naša. S tem smo dobili tudi odgovore na nekaj naših hipotez, ki se nanašajo na sestavo in delovanje hidravlične roke.

Organizator IFAM Slovenija vsako leto poizkuša z razstavljavci in strokovnimi obiskovalci optimalno prikazati najnovejše proizvode in storitve s področja avtomatizacije, robotike, mehatronike, profesionalne in industrijske elektronike s ciljem iskanja najboljših rešitev za potrebe industrije. Tam smo se pri raznih proizvajalcih hidravličnih rok in s predstavniki podjetij, ki se ukvarjajo z varnostjo, pogovarjali tako o namenu naše naprave kot o morebitnih posebnostih, na katere moramo biti pozorni. Opozorili so nas na varnost pri delu. Paziti moramo na vse ključne dejavnike roke.

Tako smo ugotovili, kako delujejo hidravlične roke in kako so sestavljene. Ključna ugotovitev pa je, da na tržišču še ne obstajajo podobne hidravlične roke z večnamenskimi priključki.

### ***2.2.1 Podjetje Tajfun Liv v Postojni***

Tajfun Liv je od leta 2012 vključeno v skupino Tajfun Group. So specializirano podjetje za proizvodnjo hidravličnih nakladalnih dvigal. Postali so pomemben proizvajalec opreme za manipulacijo s hlodovino in z odpadnimi surovinami. V njihovi proizvodnji smo videli široko paleto dvigal z nosilnostjo od 50 do 260 kNm in dosegom do 14,8 m, ki omogočajo uporabnikom optimalen izbor glede na vrsto in zahteve dela. S tem močno olajšamo in poenostavimo delo, pridobimo fleksibilnost pri različnih opravilih ter večjo učinkovitost in vzdržljivost celotne opreme. Vsa hidravlična dvigala oz. hidravlične roke niso narejene po istem standardu. Podjetje Tajfun LIV uporablja standard SIST EN 12999, ki ločuje gozdarska dvigala od ostalih dvigal. Njihova dvigala so namenjena izključno za manipulacijo lesa z uporabo grabeža. Dvigala za manipulacijo s sekundarnimi surovinami, poznana tudi kot »odpadaška dvigala«, so zaradi varnosti pri delu opremljena z zavornimi ventili in s stabilnim sistemom nove generacije. Tako smo dobili vse pomembne informacije o izdelavi hidravličnih rok, njihovem delovanju in o materialih, ki so najprimernejši za izdelavo.

### ***2.2.2 IFAM sejem v Celju in podjetje Pilz***

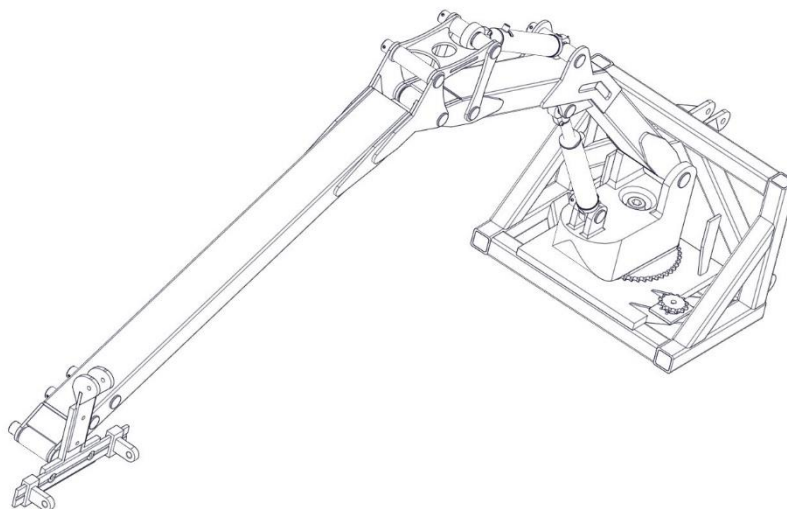
Na sejmu IFAM v Celju smo se pozanimali o varnosti pri enem največjih proizvajalcev varnostne opreme, tj. podjetje Pilz. Njihovo podjetje ponuja inovativne rešitve za popolno avtomatizacijo. Uporabljajo znanje iz sveta za varno avtomatizacijo inovativnih odgovorov na vedno spreminjajoča vprašanja okoliške splošne avtomatizacije. Kot začetni pionirji nadzornih sistemov PLC so njihove korenine v krmilni tehniki. Danes so strokovno usmerjeni v opremo in izdelke, ki jih zavezujejo k varnosti. Ukvarjajo se z univerzalnimi in individualnimi varnostnimi koncepti. Nudijo prelomne komponente, univerzalne systemske rešitve in storitve po meri, s katerimi zagotavljajo konkurenčno prednost. Pri njih smo dobili veliko informacij o komponentah in področjih, s katerim se ukvarjajo. Razložili so nam, kako pomembna je varnost pri napravah, kot je naša hidravlična roka. Potrebno je vedeti, s kakšnim namenom se bo naprava uporabljala in kako bo pri tem poskrbljeno za varnost. Zaradi dolgega raztega naše hidravlične roke moramo namestiti varnostne tlačne ventile.

## 3 REZULTATI RAZISKAVE

Podrobno smo pregledali podobne naprave na trgu in se osredotočili na njihove posebnosti, saj želimo, da bi naša naprava omogočala večfunkcijsko uporabo v različnih panogah. Želimo tudi poskrbeti za vse varnostne zahteve in sisteme, ki bodo potrebni, da bo roka pravilno in varno delovala. Ugotovili smo, da takšne naprave na maloprodajnem trgu še ni, zato je naš cilj izdelati večfunkcijsko hidravlično roko, ki bo koristila pri različnih panogah vsakdanjih opravil in bo varna za uporabo.

### 3.1. Snovanje

Po vseh raziskavah pri proizvajalcih hidravličnih rok in varnostne opreme smo se lotili snovanja naše naprave. Začeli smo z idejnimi skicami, ki smo jih po podrobnih raziskavah in po pravilih tehničnega risanja narisali. Najprej sta nastali dve grobi skici, ki predstavljata iztegnjeno in pokrčeno hidravlično roko z večfunkcijskim priključkom in tritočkovnim traktorskim vpetjem. Sledile so podrobnejše skice okrepljenih pregibov z nosilci cilindrov, večfunkcijskega priključka, tritočkovnega traktorskega vpetja in ležaj z rotatorjem na nosilni plošči. Na koncu smo naredili tudi navodila za izdelavo celotne hidravlične roke z večfunkcijskim priključkom in traktorskim tritočkovnim vpetjem s programom SolidWorks Composer.

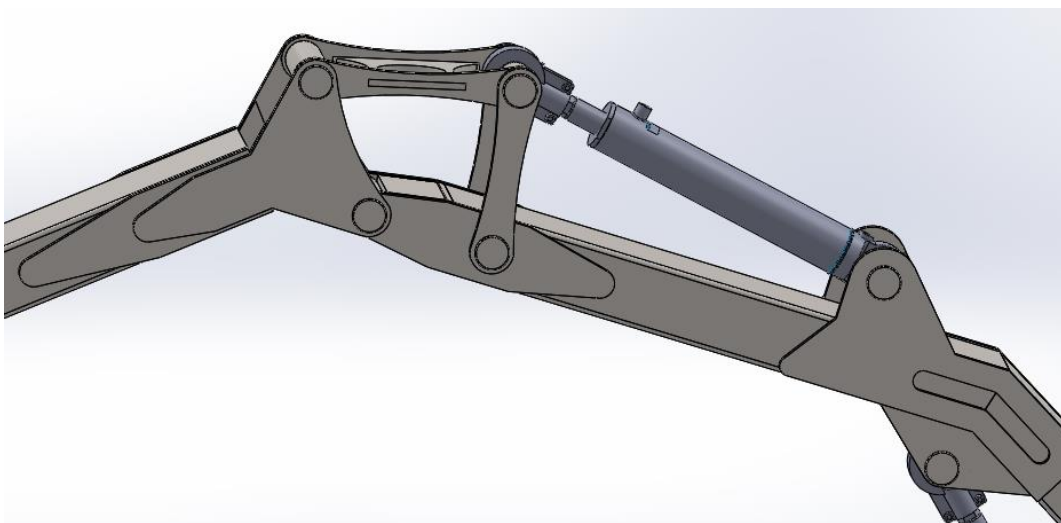


*Slika 3: Večfunkcijska hidravlična traktorska roka (osebni arhiv)*

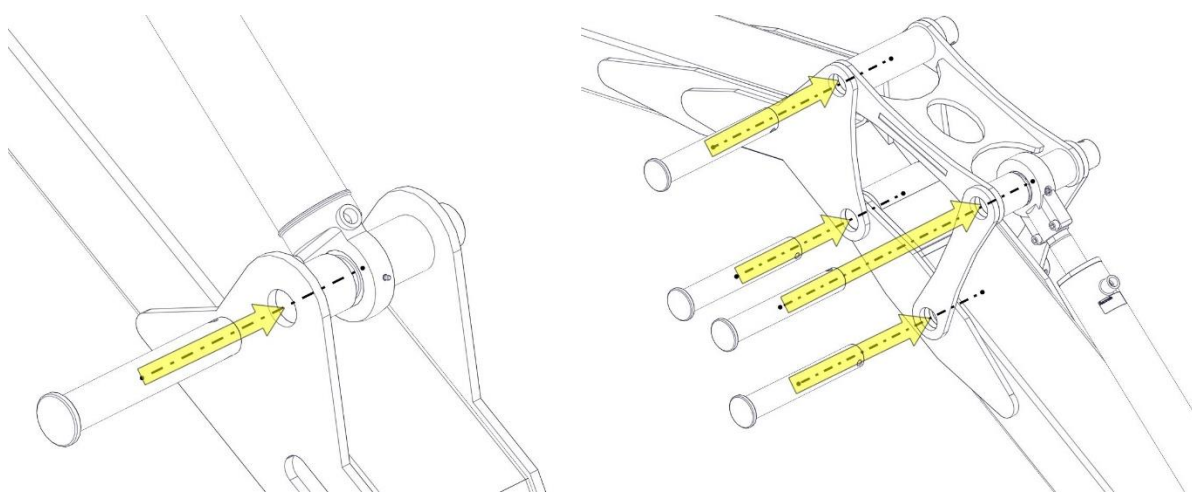
## 3.2 Ideje

### 3.2.1 Hidravlična roka z vpetjem

Glavni del naše naprave je hidravlična roka in njeno vpetje na traktor. Začeli smo z varjenjem konstrukcije roke, za kar smo uporabili standardne pravokotne profile 220 x 120 x 8 mm. Roka bo imela dve pregibni mesti, ki bosta dodano okrepljeni, da preprečimo kakršne koli preobremenitve ali zlom roke. Na določena mesta na konstrukciji roke bodo montirani tudi Bosch Rexroth dvosmerni hidravlični cilindri, ki bodo omogočali skrček in raztezek roke, ta naj bi omogočal doseg do 5 m. Na začetku hidravlične roke bo manjša ploščad, ki bo pritrjena na traktor s pomočjo tritočkovega vpetja (zadnja hidravlika in navojna poteznica).



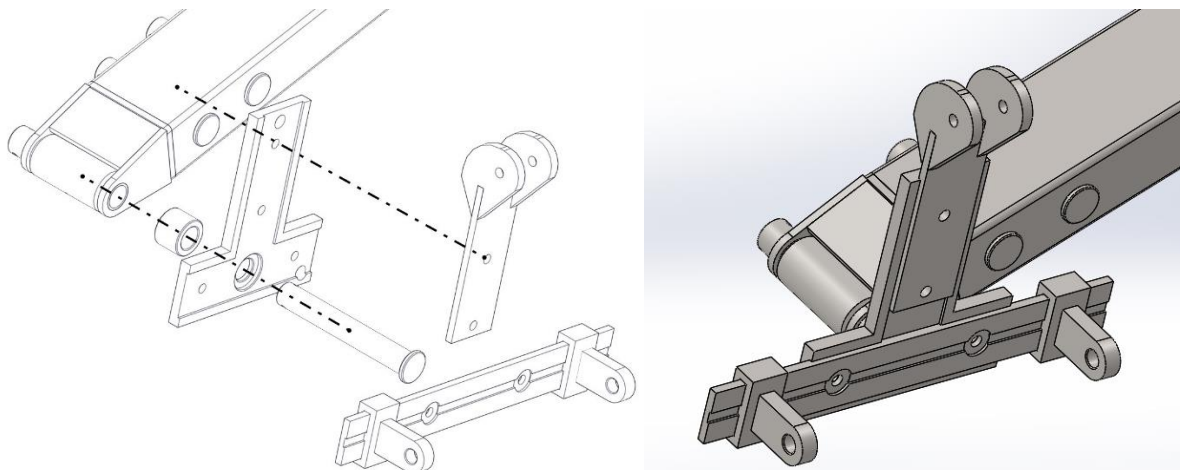
Slika 4: Prvi in drugi ojačani sklop (osebni arhiv)



Slika 5: Načrt sestave prvega in drugega okrepljenega sklopa (osebni arhiv)

### 3.2.2 Večfunkcijski priključek

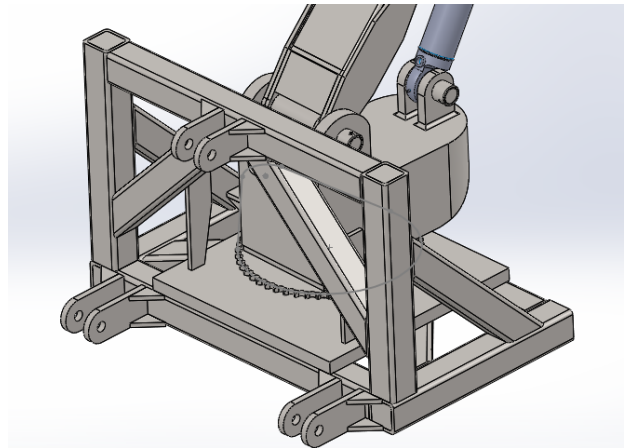
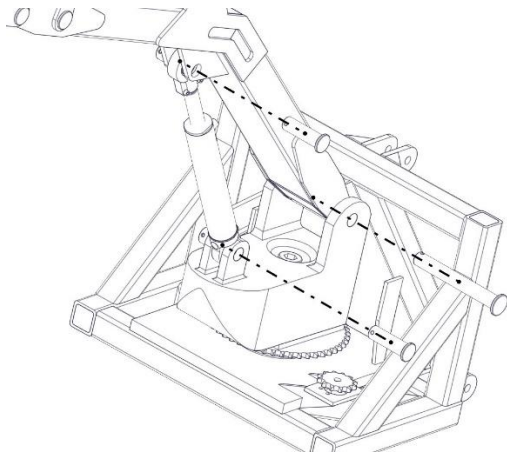
Že na začetku smo si zastavili cilj, da bomo naši hidravlični roki omogočili večnamensko uporabo. Zato je potrebno pravilno zasnovati priključek. S tem prilagodimo uporabo več orodij, kot so mulčerji, bobenske, diskaste in strižne kosilnice, kosilnice z dvojnim rezom, grabeži in različne vilice za prenos bal.



Slika 6: Večfunkcijski priključek in njegova sestava (osebni arhiv)

### 3.2.3 Nosilna plošča in tritočkovno vpetje

Celotna večfunkcijska hidravlična traktorska roka je nameščena na nosilno ploščo velikosti 700 x 700 x 40 mm, ki smo jo okrepili, da omogočimo največjo nosilnost. Nanjo bomo namestili hidromotor MRF-350CU z rotatorjem, ki bo omogočal zasuk hidravlične roke. Za priklop nosilne plošče na kmetijski ali industrijski traktor bomo uporabili tritočkovno vpetje. Te tri točke spominjajo na trikotnik ali črko A. Tritočkovni nastavek bomo uporabili, ker je najpreprostejši in edini statično spaja dve telesi v tehniki. S tem omogočimo fiksno pritrnitev nosilne plošče na traktor. Tako tudi pridobimo primarno korist pritrnilnega sistema s tritočkovnim vpetjem, to sta prenos teže in odpornost pripomočkov za pogonskimi kolesi traktorja. To daje traktorju več uporabnega oprijema, kot bi ga imel pri enaki moči, teži in porabi goriva.



*Slika 7: Traktorsko tritočkovno vpetje in njegova sestava (osebni arhiv)*

### **3.3 Hidravlična shema**

Za našo nalogo je bilo potrebno narisati tudi celotno hidravlično shemo. Tako smo ugotovili, katere sestavne dele potrebujemo. Preizkusili smo tudi, kako naše vezje deluje, in poskrbeli za vse varnostne elemente. Za risanje hidravlične sheme smo uporabili FESTO program FluidSim hydraulic, v katerem smo lahko združili hidravlično shemo z elektrotehničnim vezjem. Vse elemente sheme smo pravilno označili in poimenovali (dvosmerni cilindri, bistabilni in monostabilni ventili, stikala in rele kontakti, tlačni regulator). Prav tako smo po posvetu s proizvajalcem varnostne opreme Pilz v našo shemo vključili tlačni senzor. Ta sporoči signal tlačnemu ventilu, ki se zapre, da ne pride do preobremenitve hidravlične roke oz. prevrnitve. Vse hidravlične sestavne dele smo poiskali pri proizvajalcu Bosch Rexroth in Sauer Dannfos ter jih zabeležili v kosovnico.

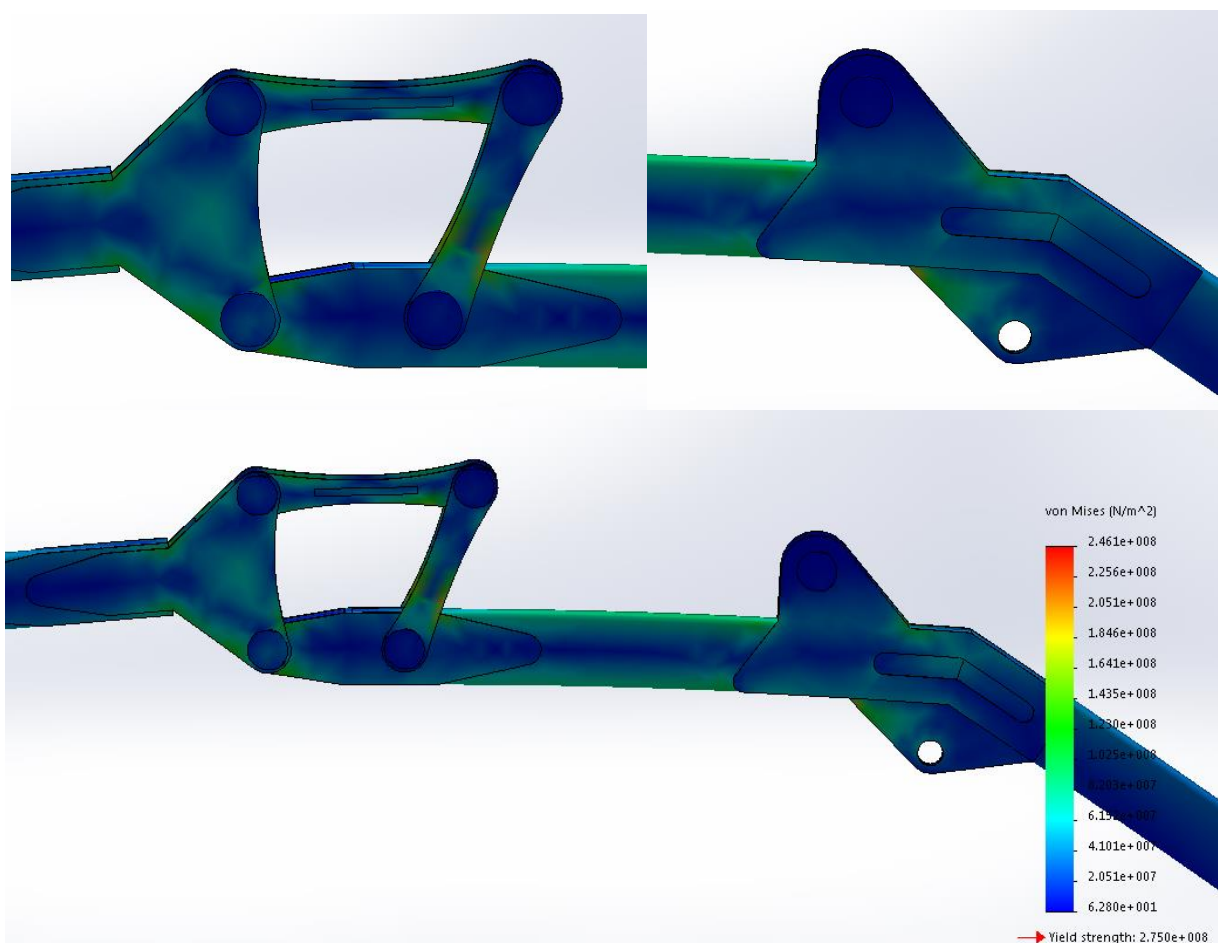
### **3.4 Meritve**

Vse potrebne mere za hidravlično roko in ostale komponente smo pridobili z lastnimi meritvami, ročnimi ali s pomočjo računalniških programov. Ročne meritve smo v večini opravili z navadnim metrom in s pomičnim merilom. S pomočjo računalniškega programa SolidWorks pa smo naredili tudi numerične simulacije. Tako smo preizkusili obremenjeno hidravlično roko in s tem videli, katera mesta so najbolj obremenjena, kje je torej konstrukcijo potrebno okrepiti.



### 3.4.1 Numerična simulacija

Numerično simulacijo smo naredili s pomočjo delovnega programa, v našem primeru SolidWorks. V ozadju simulacije se nahaja model tipa STL, ki je sestavljen iz 3D-ravninskih trikotnikov. Ti sicer ne morejo natančno prikazati ukrivljene površine, vendar povečanje števila trikotnikov povzroči boljši približek modela. Program tako analizira predmet in obarva območja obremenitve. Barvni stolpec se giba od rdeče barve (najbolj obremenjena območja) do modre barve (najmanj obremenjena območja). Tako na podlagi obarvanega predmeta vidimo, kje prihaja do večjih oz. ključnih obremenitev. Numerično simulacijo smo izvedli na glavnem delu naše naprave, tj. na konstrukciji hidravlične roke (brez cilindrov). Obremenili smo jo s silo



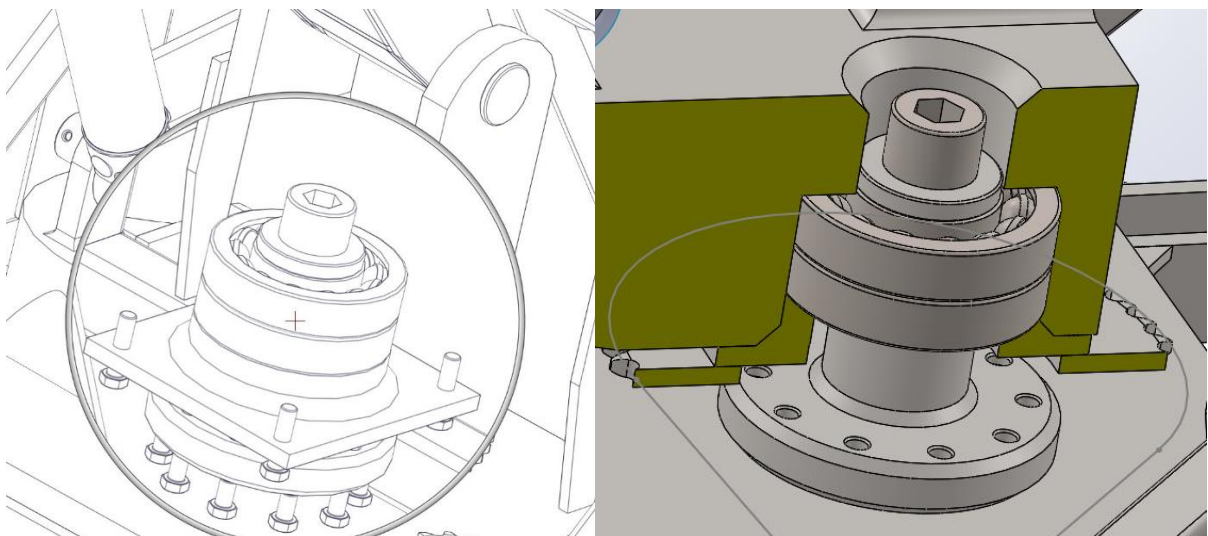
Slika 8: Numerična simulacija hidravlične roke (osebni arhiv)

6500 N, kar ustreza teži 650 kg. To je največja dovoljena teža obremenitve, ki zagotavlja, da se traktor ne bo prevrnil. Celotna roka je iz konstrukcijskega jekla S355JR, ki bi to obremenitev moral zdržati. Z ukazom VON MISES STRESS (S) smo izvedeli prikaz napetosti po postopku Mises. Simulacija je pokazala, da konstrukcija roke nima velikih obremenitev, največje sile pa se pojavljajo v nosilcih cilindrov zaradi skoncentrirane napetosti na mali površini. Bistvena

obremenitev ne presega velikosti 170 MPa, kar še zdaleč ne presega meje natezne trdnosti, ki za naše jeklo znaša 355 MPa.

### 3.5 Konstruiranje

Snovanje oziroma konstruiranje kosov je bil dolg in zahteven projekt, saj smo morali predhodno opraviti vrsto raziskav in meritev ter na podlagi zbranih podatkov zasnovati večfunkcijsko hidravlično traktorsko roko. Konstruiranje je zasnovano na podlagi treh razvojnih faz. V prvi fazi konstrukcije smo zasnovali glavne dele naprave, v drugi in tretji fazi pa nadgradnjo same naprave. Naš glavni del naprave je sama hidravlična roka, ki smo jo podrobno preučili. Preizkusili in preračunali smo obremenitve, ki jih prenaša. Tako smo vse pridobljene mere uporabili za popolno prilagoditev večnamenskega priključka. S tem se izognemo neželenim problemom pri montaži različnih priključkov. Naredili smo tudi hidravlično shemo, v katero smo namestili varnostne ventile, ki omogočajo varno delovanje in upravljanje s hidravlično roko, da ne bi prišlo do nesreč pri delu.



Slika 9: Ležaj na rotorju in njegova sestava (osebni arhiv)

### 3.6 Modeliranje

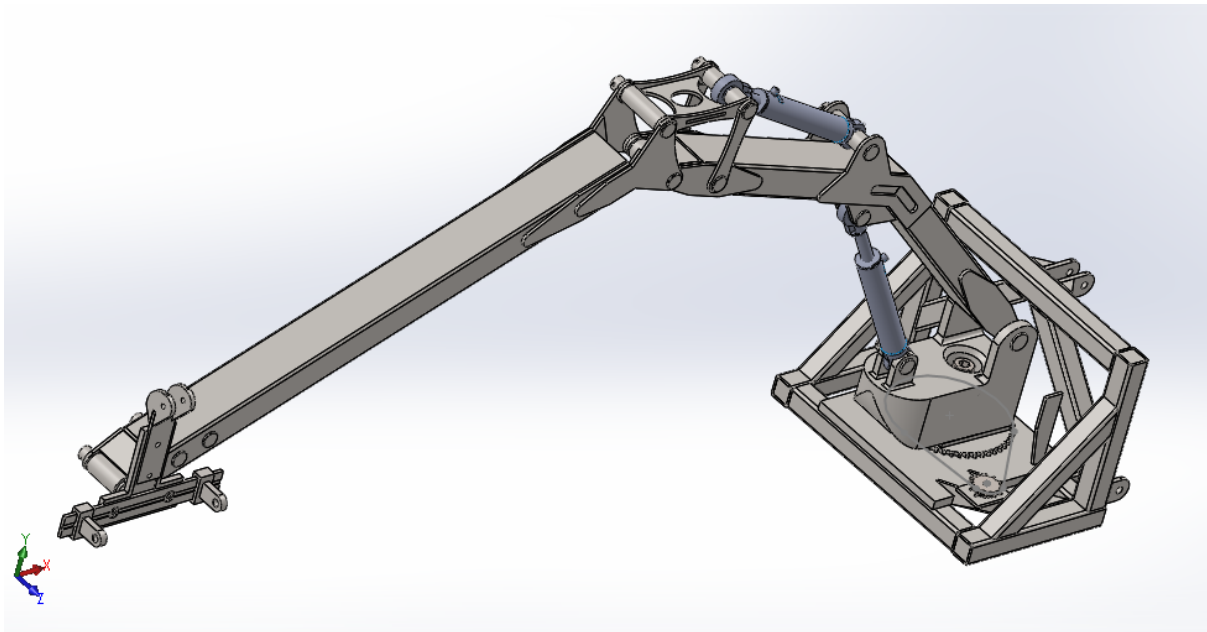
Modeliranje večfunkcijske hidravlične traktorske roke je potekalo v programu SolidWorks. Vijaki, matice, zobniki in ležaji so bili standardni, zato smo jih pridobili s funkcijo "Library", kjer lahko najdemo sestavne dele, ki so narejene po standardih ISO.

### ***Funkciji "Extrude" in "Extrude-cut"***

Z njima smo naredili večino sestavnih delov. To so nosilec ušes na večfunkcijskem priključku, ušesa na večfunkcijskem priključku, nosilna plošča konzole, ušesa prve in druge roke, konzola, trikotna okrepitev, standardni profili 100 x 100 x 10 mm ter 220 x 140 x 8 mm, podložka konzole, puše, vzvodi rok, nosilec hidromotorja, okrepitev nosilca motorja ter okrepitev roke.

### ***Funkcija "Revolve"***

Pri tej funkciji osnovno skico zavrtimo okoli vnaprej določene osi in s tem dobimo želeni sestavni del. S tem smo naredili preostale dele na naši napravi. To so zatiči prvega cilindra, zatiči drugega cilindra, zatiči pregiba in rotacija konzole.

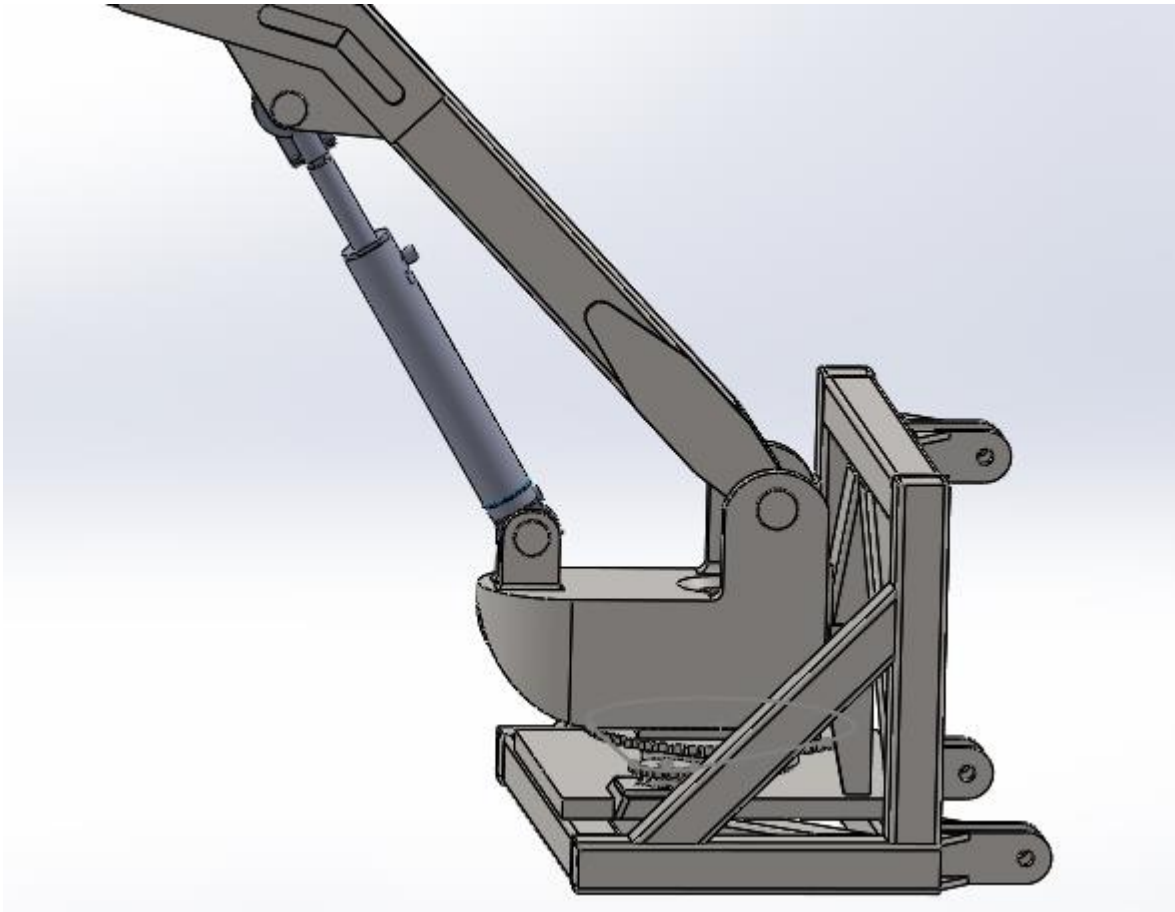


*Slika 10: Večfunkcijska hidravlična traktorska roka (osebni arhiv)*

## **3.7 Izdelava**

Naslednje leto se bomo lotili izdelave večfunkcijske hidravlične roke. To bo potekalo sistematično. Na podlagi delavniških risb, kosovnic in shem bomo določili postopke obdelave. Predvidevamo, da bomo najprej začeli z izdelavo nosilne plošče s tritočkovnim traktorskim vpetjem, nadaljevali s konstrukcijo roke ter večfunkcijskim priključkom. Na koncu se bodo namestili še hidravlični cilindri in ostali hidravlične sestavne dele.

Večina delov iz konstrukcijskega jekla bo rezanih lasersko, razen standardnih profilov. Celoten izdelek bo zvarjen z 10 mm vari, hidravlične komponente pa bomo kupili pri izvajalcema Bosch Rexroth in Sauer Dannfos. Sešteli smo tudi stroške izdelave ter cene sestavnih delov in ugotovili, da bo izdelek stal približno 7.810 €. ( kar ne presega zastavljene hipoteze.)



*Slika 11: Traktorsko tritočkovno vpetje z nosilno ploščo (osebni arhiv)*

## 4 ZAKLJUČEK

Z raziskovalnim delom smo spoznali nova področja delovanja hidravličnih rok. Na začetku smo imeli nekaj težav zaradi manjkajočih izkušenj z omenjenega področja, a kmalu smo pridobili zadosti informacij in znanja, da smo izdelali raziskovalno nalogo. Veliko smo se naučili tako o oblikovanju besedila kot o računalniškem modeliranju. Spoznali smo, da je potrebno za raziskovalno delo veliko znanja, volje in marljivosti. Brez timskega dela se težko lotevamo tako zahtevnih nalog, kot je bila naša. V okviru raziskovalnega dela smo najprej raziskali prodajni trg hidravličnih sestavnih delov. Pridobili smo vse potrebne podatke različnih proizvajalcev in zmodelirali napravo. Pripravili smo tudi ustrezno dokumentacijo in predstavili naše idejne skice. Naslednje leto pa se bomo lotili izdelave večfunkcijske hidravlične traktorske roke. Tako lahko potrdimo vse naše hipoteze, postavljene na začetku našega raziskovalnega dela.

## **5 ZAHVALA**

Zahvaljujemo se mentorju Žanu Podbregarju, dipl. inž., za podporo in motivacijo ter usmerjanje pri naši raziskovalni nalogi. Zahvaljujemo se tudi Šolskemu centru Celje, ki nam je omogočil izdelavo naloge. Zahvalo izrekamo tudi Viljemu Kolarju, ki nam je omogočil začetek raziskave na praktičnem področju v hidravliki, Simoni Črep, prof., za lektoriranje naloge ter vsem pomočnikom, svetovalcem in lastnikom podjetij, ki so nam omogočili vpogled v njihovo proizvodnjo.

## 6 VIRI IN LITERATURA

- [1] BARTENSCHLAGER, J. (2009). *Mehatronika*. Ljubljana: Pasadena.
- [2] BROZ ŽIŽEK, E. (2010). *Načrtovanje konstrukcij*. Ljubljana: Grafenauer založba.
- [3] JANEŽIČ, I. (2001). *Strojni elementi 1*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- [4] KRAUT, B. (2007). *Strojniški priročnik*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- [5] PREBIL, I. (1995). *Tehniška dokumentacija*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- [6] TAJFUN LIV HIDRAVLICNA ROKA Z GRABEŽEM (spletni vir 1). 2017. (citirano 11. 2. 2017). Dostopno na naslovu: <http://xn--80asmmfbjcf.xn--plai/wp-content/uploads/2016/03/img-gidro.png>
- [7] TRAKTORSKO TRITOČKOVNO VPETJE NA ZADNJI HIDRAVLIKI (spletni vir 2). 2014. (citirano 12. 2. 2017). Dostopno na naslovu: <http://www.wikco.com/images/hk-1106.jpg>