

Šolski center Celje  
Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

# **Travniška brana**

Raziskovalna naloga

Področje strojništva, tehnologija

Avtorji:

Jernej PERTINAČ, S-4.b

Žan HADOLIN, S-4.b

Urban BOBNIČ, S-4.b

Mentor:

Žan PODBREGAR, mag. inž. energ.

Celje, junij 2020

Mentor Žan Podbregar v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom *Travniška brana*, katere avtorji so Jernej Pertinač, Žan Hadolin in Urban Bobnič:

- 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 mentorja

Podpis odgovorne osebe

\*

#### POJASNILO

V skladu z 20. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje je potrebno podpisano izjavo mentorja (-ice) in odgovorne osebe šole vključiti v izvod za knjižnico, dovoljenje za objavo avtorja (-ice) fotografskega gradiva, katerega ni avtor (-ica) raziskovalne naloge, pa hrani šola v svojem arhivu.

## ZAHVALA

Naša zahvala gre vsem, ki so kakorkoli pomagali pri ustvarjanju naše raziskovalne naloge.

Najprej bi se radi zahvalili našemu mentorju Žanu Podbregarju, mag. inž. energ., za čas, potrpežljivost, trud, predvsem pa za spodbudo. Še zlasti se mu zahvaljujemo, ker si je za nas vedno vzel čas ter nam bil na voljo za dodatna vprašanja.

Zahvalo namenjamo tudi podjetju LKK d. o. o. za laserski razred pločevine, podjetju Jureta Kravanje s. p. za krivljenje pločevine ter Šolskemu centru Celje za razrez profilov.

Prav tako se zahvaljujemo Goranu Obradoviću, prof. slov. za lektoriranje besedila.

# TRAVNIŠKA BRANA

**Ključne besede:** travniška brana, izdelava, sistem prilagajanja terenu

## POVZETEK

*Travniške brane so traktorski priključek, ki je namenjen prezračevanju travne ruše in izravnavanju krtin.*

*V raziskovalni nalogi podrobneje predstavljamo zamisel o izboljšavi travniške brane in njeno izdelavo.*

*V prvem sklopu smo raziskali trg in primerjali naše travniške brane z drugimi proizvajalci. V drugem sklopu raziskovalne naloge smo splošno predstavili travniško brano in njeno delovanje. V tretjem sklopu smo napisali razvoj. V četrtem sklopu smo opisali modeliranje vsakega varjenca. V petem sklopu smo opisali izdelavo, v šestem pa smo naredili cenovno in časovno analizo.*

# GRASS HARROW

**Key words:** grass harrow, manufacturing, flotation system

## ABSTRACT

*The grass harrow is a tractor implement, which is used to open up the grass bed and let fresh air get in to the roots; it is also used to plain out any mole hols.*

*In this assignment, we present the idea of improving the implement and we describe how we made it.*

*In the first part of the assignment, we researched the marked and we compared our grass harrow with other brands of grass harrows. In the second part, we described the grass harrow and how it works. The third part is about how we came up with the design.*

*In the fourth part, we wrote about the modelling of the implement. In the fifth part, we present the making of the grass harrow part by part. In the last part, we made an analysis of how much money and time we used.*

# KAZALO

1	UVOD .....	- 1 -
1.1	Hipoteze .....	- 2 -
1.2	Struktura raziskovalnega dela .....	- 2 -
1.3	Predstavitev problema .....	- 2 -
1.4	Namen naloge .....	- 3 -
2	RAZISKAVA TRGA .....	- 4 -
2.1	Metode raziskovanja .....	- 4 -
2.2	Raziskovanje trga .....	- 5 -
2.3	Primerjava travniških bran .....	- 6 -
3	TRAVNIŠKE BRANE .....	- 7 -
4	RAZVOJ .....	- 8 -
4.1	Koncipiranje .....	- 8 -
4.1.1	Zahtevnik .....	- 12 -
4.2	Snovanje .....	- 14 -
4.3	Razdelava .....	- 16 -
5	MODELIRANJE .....	- 17 -
5.1	Vpetje .....	- 18 -
5.2	Sprednji del .....	- 19 -
5.3	Sprednje krilo .....	- 20 -
5.4	Zadnji del .....	- 21 -
5.5	Zadnje krilo .....	- 22 -
5.6	Zadnji nosilec .....	- 23 -
5.7	Zadnji nosilec zgoraj .....	- 24 -
5.8	Plošča .....	- 25 -
6	IZDELAVA .....	- 26 -

6.1	Laserski razrez .....	- 26 -
6.2	Krivljenje .....	- 27 -
6.3	Razrez profilov .....	- 28 -
6.4	Varjenje.....	- 29 -
6.5	Vrtanje .....	- 30 -
6.6	Barvanje.....	- 31 -
6.7	Sestava .....	- 32 -
7	CENOVNA IN ČASOVNA ANALIZA.....	- 33 -
8	REZULTATI RAZISKAVE.....	- 34 -
9	ZAKLJUČEK.....	- 35 -
10	VIRI IN LITERATURA .....	- 36 -

## KAZALO SLIK

Slika 1: Razstavni prostor podjetja Gorenc na sejmu Agritech 2020 [1] .....	- 4 -
Slika 2: Travniška brana Gorenc [2] .....	- 5 -
Slika 3: Travniška brana Mušič Mengeš [3] .....	- 5 -
Slika 4: Skica .....	- 9 -
Slika 5: Skica .....	- 10 -
Slika 6: Skica .....	- 11 -
Slika 7: 3D model travniške brane .....	- 14 -
Slika 8: Sestavnica travniške brane .....	- 17 -
Slika 9: Vpetje .....	- 18 -
Slika 10: Sprednji del .....	- 19 -
Slika 11: Sprednje krilo .....	- 20 -
Slika 12: Zadnji del .....	- 21 -
Slika 13: Zadnje krilo .....	- 22 -
Slika 14: Zadnji nosilec .....	- 23 -
Slika 15: Zadnji nosilec zgoraj .....	- 24 -
Slika 16: Plošča .....	- 25 -
Slika 17: Laserski razrez [6] .....	- 26 -
Slika 18: Krivljenje pločevine [7] .....	- 27 -
Slika 19: Tračna žaga .....	- 28 -
Slika 20: Varjenje .....	- 29 -
Slika 21: Vrtanje .....	- 30 -
Slika 22: Barvanje .....	- 31 -
Slika 23: Sestava .....	- 32 -



## KAZALO TABEL

Tabela 1: Zahtevnik naprave .....	- 12 -
Tabela 2: Teoretični izračuni hidravličnega cilindra Hole 40/25-300 .....	- 15 -
Tabela 3: Stroški.....	- 33 -
Tabela 4: Čas dela .....	- 33 -

## UPORABLJENE KRATICE

kg – kilogram

mm – milimeter

cm – centimeter

m – meter

# 1 UVOD

Travniške brane so pomemben kmetijski pripomoček, katerega način delovanja že vrsto let ostaja nespremenjen. Osnovni namen travniških bran je prezračevanje travne ruše ter izravnava krtin, ob enem pa tudi odlično odstranjujejo mah, da je lahko krma karseda kvalitetna.

Težava travniških bran na neravnih terenih je predvsem slabše prilagajanje terenu kot tudi sama teža priključka. Naš namen je narediti tro-segmentne travniške brane s sistemom prilagajanja terenu in lažjo konstrukcijo. Pri načrtovanju in izdelavi moramo paziti na dovolj togo in močno vpetje ter ohišje, saj se pri brananju nenehno pojavljajo tresljaji in t. i. utripne napetosti, ki lahko ob nenatančnem konstruiranju in izdelavi pripeljejo do preobremenitve ter posledično do deformacije konstrukcije. Travniške brane bodo opremljene z dvema dvosmernima hidravličnima cilindroma. Z njuno pomočjo bo možno razpreti brane na delovno širino petih metrov. Brane bodo zasnovane tako, da bodo imele možnost dviga posameznega bočnega segmenta bran, s čimer se lažje izognemo oviri, ali pa se z njegovo pomočjo še lažje prilagajamo brežinam. Paziti moramo na pravilno načrtovanje vpetja cilindra na stranskih segmentih bran, da ne bi prišlo do preobremenjenosti teh. To bomo dosegli z dovolj visokim vpetjem cilindra, ki predstavlja ročico momenta sil. Zagotoviti moramo tudi dovolj togo vpetje za prenašanje bran ter, da ob morebitnem trku v težko oviro ne bi prišlo do deformacije konstrukcije. Na travniških branah bo 38 plošč, ki bodo primerno zasnovane za učinkovito delovanje. Na vsako ploščo bodo privarjeni trije čepi. Plošče bodo na ohišje bran pritrjene z verigami. Plošče morajo biti na primerni medsebojni razdalji, da se nebi med brananjem zaletavale. Upoštevati moramo tudi geometrijsko razporeditev plošč, da ne bi izpustile površine, še posebno ob zavijanju.

## **1.1 Hipoteze**

Pri izvedbi naše raziskovalne naloge smo postavili naslednje hipoteze:

- 1) Travniška brana se bo bolje prilagajala terenu.
- 2) Travniška brana bo za 10 odstotkov lažja od konkurenčnih.
- 3) Za izdelavo ne bomo preseгли limita 900 evrov.
- 4) Boljša izravnava krtin.
- 5) Hitra in enostavna izdelava.

## **1.2 Struktura raziskovalnega dela**

V prvem sklopu raziskovalne naloge smo raziskali trg in primerjali naše travniške brane z drugimi proizvajalci. V drugem sklopu smo splošno predstavili travniško brano in njeno delovanje. V tretjem sklopu smo opisali razvoj. Sledil je opis modeliranja vsakega varjenca. Nato smo opisali posamezne postopke izdelave. Naredili smo tudi cenovno in časovno analizo. Nato so sledili še rezultati raziskave, kjer smo potrdili oz. ovrgli hipoteze.

## **1.3 Predstavitev problema**

V raziskovalni nalogi se bomo osredotočili na izdelavo travniških bran kakršnih na slovenskem trgu še ni. Naš cilj je izdelati naprednejši priključek od konkurence in obenem zagotoviti kvalitetnejše in zanesljivo delovanje ter dodatno olajšanje dela uporabniku. Naš izdelek bo zagotavljal boljše prilagajanje terenu in tudi manjšo maso priključka, ki ima na hribovitih terenih še posebej velik pomen. Osredotočili se bomo na težave, kot so pravilno načrtovanje vpetja in konstrukcije za zanesljivo delovanje. Potrebno se bo osredotočiti tudi na pravilno načrtovanje sistema prilagajanja terenu, saj je to glavni element naše raziskovalne naloge, ki nas loči od konkurence. Glavni dejavnik pri konstrukciji travniških bran je velika izpostavljenost silam in tresljajem, ki se nenehno pojavljajo pri brananju. Potrebno bo določiti pravilno lego in

višino vpetja cilindra, da bosta imela dovolj veliko ročico sil ob odpiranju in zapiranju travniških bran.

#### **1.4 Namen naloge**

Naš osnovni namen naloge je, da preučimo izdelke konkurence in poskusimo nadgraditi njihove slabosti, kot je slabše prilagajanje terenu. Nato bomo na podlagi raziskave naredili nadgradnjo s sistemom prilagajanja terenu in z dvema hidravličnima cilindroma. S to nadgradnjo bomo odpravili težave, ki se pojavljajo pri brananju na neravnih površinah. Naš izdelek bo tudi lažji, saj je to pomembno za varnost pri brananju na hribovitem terenu.

## 2 RAZISKAVA TRGA

### 2.1 Metode raziskovanja

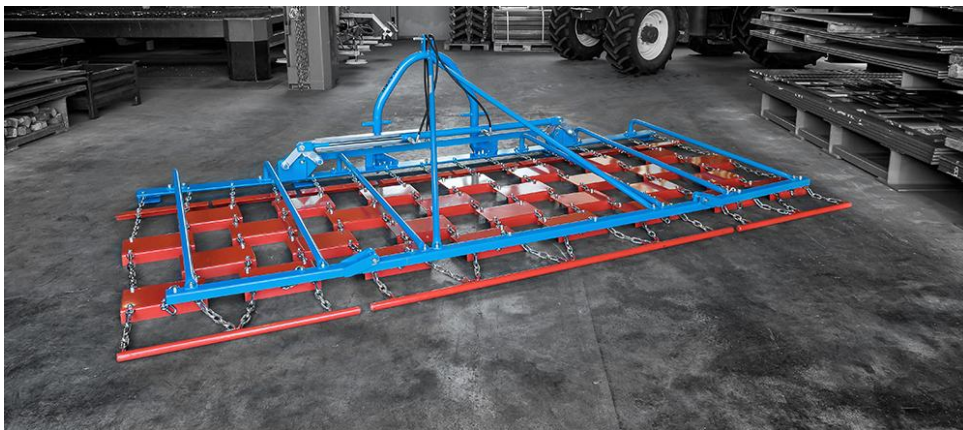
Pri pisanju naše raziskovalne naloge smo si pomagali predvsem s konkurenco in iskali njihove napake ter jih z analizo skušali odpraviti. Pomagali smo si z lastnimi izkušnjami kakor tudi z izkušnjami drugih kmetovalcev, ki so nam povedali svoje predloge glede travniških bran. V januarju 2020 smo si ogledali tudi sejem Agritech v Celju, kjer smo iskali informacije, ki bi tudi nam koristile pri raziskovanju. Podrobneje smo si ogledali razstavni prostor slovenskega proizvajalca Gorenc. Pod drobnogled smo vzeli njihove travniške brane 600 H, ki so bile najbolj primerljive našim.



*Slika 1: Razstavni prostor podjetja Gorenc na sejmju Agritech 2020 [1]*

## 2.2 Raziskovanje trga

Naredili smo analizo slovenskega trga travniških bran in ugotovili, da obstajata le dva proizvajalca. V Sloveniji sta znana Gorenc in Mušič Mengeš. Ugotovili smo, da so med uporabniki najbolj priljubljene travniške brane proizvajalca Gorenc, prav zaradi zanesljivosti in večje kvalitete. Gorenc proizvaja travniške brane, ki delujejo s principom plošč s čepi, medtem ko Mušič Mengeš uporablja krone. Ugotovili smo tudi, da so Gorenčeve precej dražje od proizvajalca Mušič Mengeš. Cena Gorenčevih travniških bran z delovno širino 6m in s hidravličnim dviganjem je 2.285 EUR. Cena primerljivih Mušičevih pa je 1.650 EUR.



*Slika 2: Travniška brana Gorenc [2]*



*Slika 3: Travniška brana Mušič Mengeš [3]*

## **2.3 Primerjava travniških bran**

Trg ponuja več vrst travniških bran. Razlikujemo jih po različni obliki elementov, ki drsijo po travnati površini. Poznamo pravokotne plošče, krone in mrežo v obliki trikotnikov. Na slovenskem trgu so najbolj priljubljene travniške brane s pravokotnimi ploščami. Razlikujemo jih tudi po širini in sistemu razpiranja, ki je lahko ročni ali hidravlični. Delovne širine bran so po navadi od dveh do šestih metrov. Za primerjavo smo si izbrali travniške brane proizvajalca Gorenc, saj smo za nadgradnjo vzeli njihov primer travniških bran. Glavna razlika našega izdelka je ta, da smo uporabili dva manjša hidravlična cilindra, namesto enega večjega, saj smo upoštevali boljše prilagajanje terenu, nižjo ceno in maso.



### **3 TRAVNIŠKE BRANE**

Travniške brane so narejene iz ohišja, vpetja, plošč, verige in morebitno tudi cilindra. Ohišje mora biti pravilno zasnovano, da lahko prenaša vse upogibne napetosti, ki so dane nanj ob delovanju. Narejene so iz standardnih profilov. Vpetje mora biti narejeno po evropskih standardih. Prenasati mora upogibno in natezno napetost ter strig na točkah vpetja. Plošče so del bran, ki prezračujejo travno rušo. Poleg plošč obstajajo tudi krone in trikotniki. Plošče so na ohišje pritrjene preko standardnih verig. Plošče prenašajo upogibne napetosti, verige pa so obremenjene na nateg. Na več segmentnih travniških brana so za odpiranje in zapiranje na voljo tudi hidravlični cilindri. Največkrat ima travniška brana en daljši cilinder, ki je ustrezno dolg in močan.

Travniške brane so traktorski priključek, katerih način delovanja že od samih začetkov ostaja nespremenjen. Nanje so preko verig pritrjene plošče s čepi, ki po tleh drsijo in s tem zračijo travno rušo. Poleg tega tudi razčešejo staro travo ali hlevski gnoj in omogočijo kvalitetnejšo rast mlade trave. Ohišje travniških bran tudi drsi po tleh in s tem izravnava krtine oziroma vse manjše neravnine na travniku.

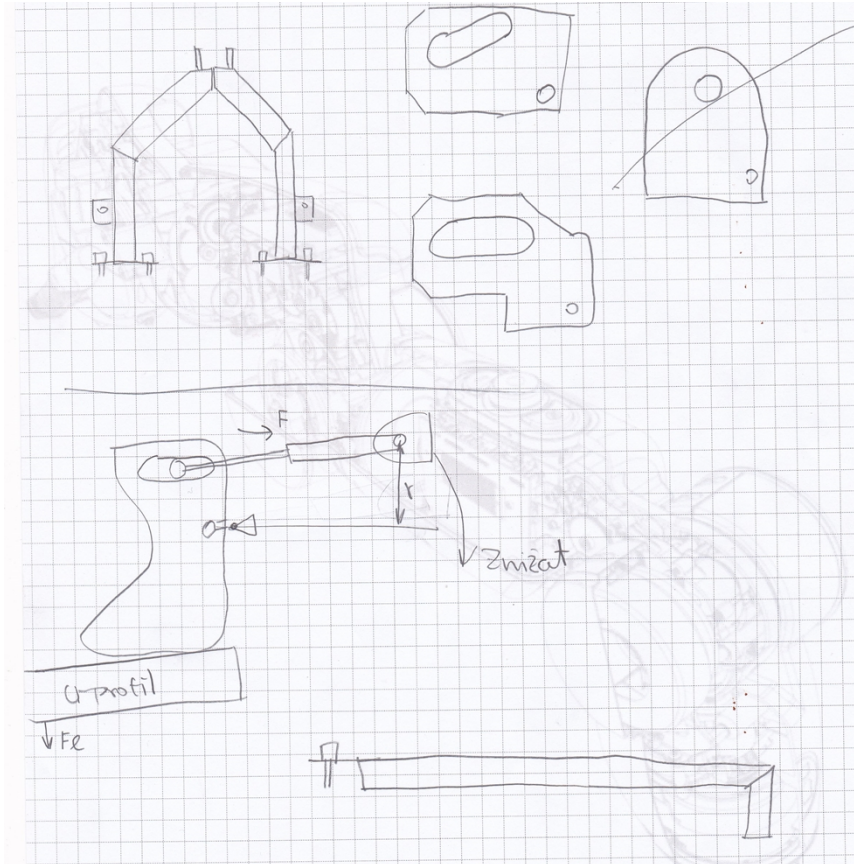
## 4 RAZVOJ

»V prejšnjih stoletjih so se snovalci ukvarjali predvsem s tem, kako kaj narediti. Danes pa je čas, ko razmišljamo o tem, kako določeno stvar narediti čim bolj učinkovito, kar pomeni, da naj bo narejena iz čim cenejšega materiala, na čim enostavnejši enostaven način, povrh vsega pa mora biti tudi lepa in mora brez problemov zdržati predviden čas [4].«

### 4.1 Koncipiranje

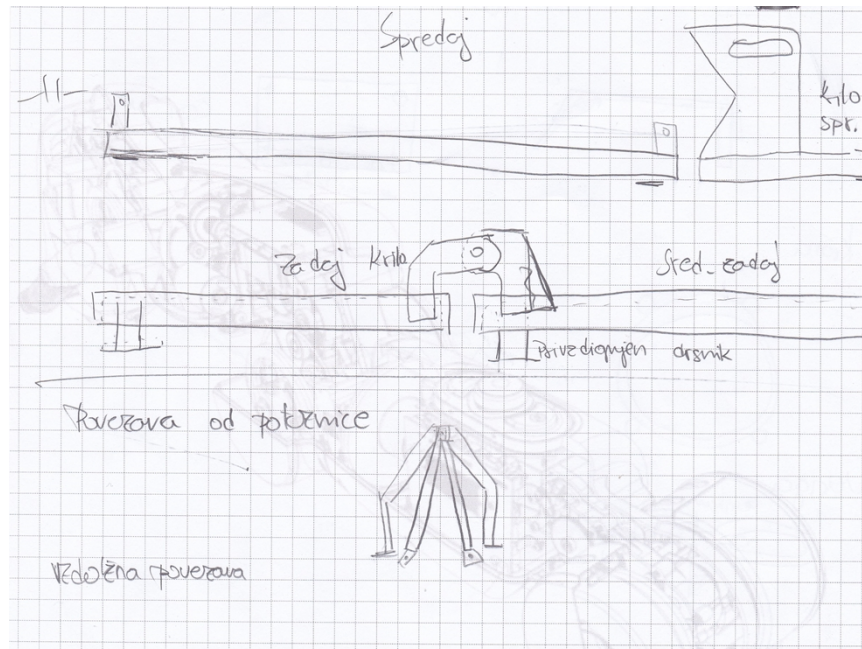
Prve ideje smo združili na nekaj skic in tako dobili osnovno podobo izgleda travniških bran. Predvsem zaradi lažje predstave, je kasnejši razvoj potekal s 3D modeliranjem. Odločili smo se, da bomo na naše travniške brane vgradili plavajoči sistem, saj takšna delovna širina ne omogoča optimalnega prilagajanja terenu. Pri načrtovanju plavajočega sistema smo se odločili, da bo preprost, a vseeno učinkovit. Plavajoči sistem je zasnovan z luknjami podolgovatih oblik, po katerih drsijo sorniki. Luknje se nahajajo le na eni strani vpetega cilindra oz. poteznice, na drugi strani sta cilindra fiksno pritrjena s sorniki na vpetje. Zgornji zadnji nosilec smo sprva nameravali nadomestiti z jekleno pletenico, saj bi s tem pridobili manjšo maso, ob enem pa izgubili togost. Sprva smo nameravali za sprednji del uporabiti profil U80, a smo ga kasneje nadomestili z U100, zaradi večje izpostavljenosti udarcem.

Na spodaj prikazani skici smo zasnovali osnovo vpetja, navidezno pozicijo višine vpetja cilindra in plavajoči sistem.



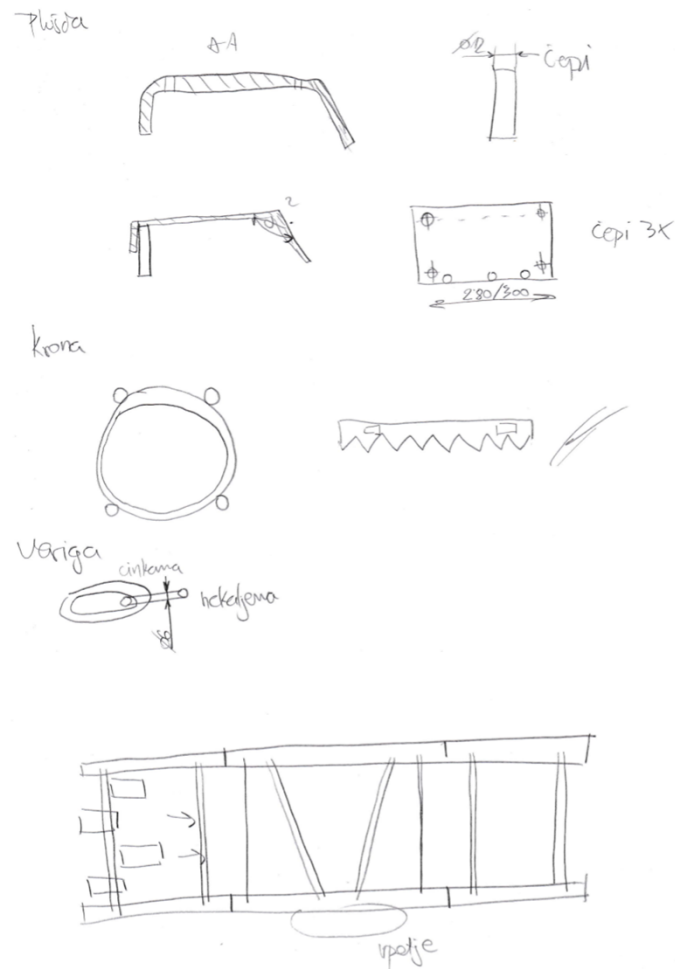
Slika 4: Skica (osebni arhiv)

Na spodaj prikazani skici smo skicirali sklop sprednjih in zadnjih tečajev, ter povezavo med zgornjim delom vpetja in zadnjim delom brane.



Slika 5: Skica (osebni arhiv)

Na spodaj prikazani skici smo skicirali osnovni izgled plošče s čepi in krono, za katero se kasneje nismo odločili. Kasneje smo izbrali večjo verigo in sicer s premerom člena 6 mm, saj bo ta imela daljšo življenjsko dobo. Skicirali smo še tloris travniških bran, za lažjo razporeditev plošč v konstrukcijo brane.



Slika 6: Skica (osebni arhiv)

#### 4.1.1 Zahtevnik

Zahtevnik je spisek tehničnih zahtev, ki jih mora izpolnjevati tehnični sistem oziroma izdelek (Tabela 4.1). »Zahtevnik je del tehnične dokumentacije izdelka, prav tako kot je to delavniška risba. V zahtevniku je opredeljen namen izdelka, postavljene so omejitve, znotraj katerih morajo ležati njegove lastnosti in opredeljeno je okolje, v katerem bo izdelek obratoval. Zahtevnik se uporablja od začetnih faz razvoja pa vse, dokler ni razvojni proces povsem končan [4].«

Št.	Področje	Informacije	Zahteva(Z)/ Želja(Ž)
1	Princip delovanja	Kvalitetna izravnava krtin	Z
2	Ergonomija, estetika	Kompaktna, enostavna in uporabna travniška brana	Ž
3	Proizvodnja	Izogibati konvencionalnih postopkov strojne obdelave	Z
4	Kakovost	Visoka natančnost izdelave komponent proizvoda, saj je zahtevana natančnost in togost priključka	Z

»se nadaljuje«

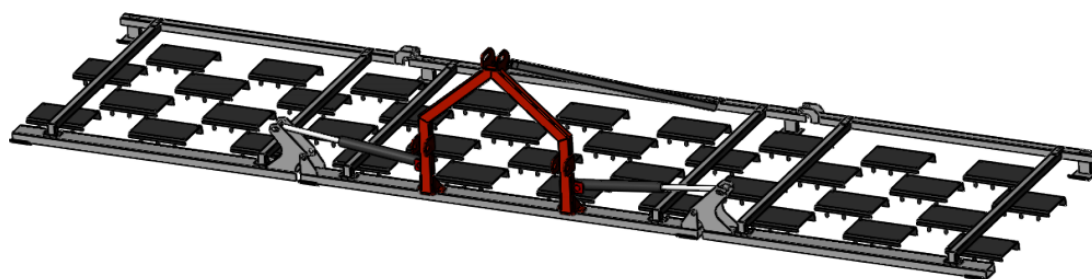
»nadaljevanje«

5	Transport	Širina ne presega treh metrov	Z
6	Uporaba	Dolga življenjska doba, minimalni stroški obratovanja	Ž
7	Vzdrževanje	Redni preventivni servisni pregledi in vzdrževalna dela, minimalni stroški vzdrževanja	Z

Tabela 1: Zahtevnik naprave

## 4.2 Snovanje

Končno obliko smo določili skozi 3D modeliranje, kjer smo ves čas izboljševali naše ideje. Najenostavnejši element bran za modeliranje je bila plošča, ker ne potrebuje takšne kompatibilnosti z drugimi elementi, saj je z njimi povezana preko verige. Največ problemov nam je povzročalo modeliranje tečajev med srednjim segmentom in stranskima segmentoma. Na 3D modelu je širina brane 5160 mm, dolžina 1357 mm in višina 840 mm. Zaradi velike širine brane in cestne omejitve v širini (3,06 m) smo brano zasnovali tako, da se zloži v transportni položaj na širino 2,8 m. Da je konstrukcija bolj toga in je vpetje lahko šibkejše ter ob enem lažje, smo dodali še zgornji zadnji nosilec, ki povezuje zgornji del vpetja z zadnjim delom sredinskega dela bran. Sprva smo želeli izbrati material St-52, a smo ga kasneje, zaradi težje dobave in višje cene zamenjali za St-37, ki ima  $370 \text{ N/mm}^2$  natezne trdnosti in kljub nekoliko slabšim lastnostim zadostuje naši konstrukciji. Pri barvanju smo se odločili, da bo prvi nanos temeljne barve potekal s čopičem, drugi nanos končne barve (vpetje RAL 3020, konstrukcija RAL 7046, plošče pol mat črna RAL 9005) pa z lakirno pištolo. Za povezavo plošč smo se odločili za cinkano verigo, saj ne potrebuje dodatne zaščite pred korozijo.



*Slika 7: 3D model travniške brane (osebni vir)*



Pri izbiri hidravličnega cilindra smo upoštevali dovolj veliko silo izvleka in uvleka cilindra pri tlaku traktorske črpalke 220 bar, ter potrebno dolžino hoda cilindra 300 mm. Odločili smo se za nakup hidravličnega cilindra modela Hole 40/25-300 pri trgovcu Rositeh, ki ima notranji premer cilindra 40 mm, premer batnice 25 mm, ter dolžino hoda 300 mm. »Gre za običajni dvostransko delujoči hidravlični cilinder«diferencialni cilinder«, ki ima dva priključka (za hidravlično cev), kar cilindru omogoča linearno gibanje v eno ali drugo stran. Zaradi različnega razmerja površine pritisnjenega olja v eni ali drugi strani cilindra ima tudi cilinder različno moč pri raztegovanju oz. krčenju, ali drugače - zaradi različnega volumna olja v eni ali drugi strani cilindra je tudi hitrost cilindra v eno oz. drugo stran hitrejša oz. počasnejša. Pri »raztegovanju« cilindra olje deluje na celotno površino bata, zaradi česar cilinder v tem primeru opravlja večjo silo in se giblje počasneje, ravno nasprotno pa je pri »krčenju«, kjer je površina manjša za premer batnice, zato se ta stran giblje hitreje, cilinder pa premaguje manjšo silo [7]. «

<b>Teoretični izračuni hidravličnega cilindra Hole 40/25-300:</b>	
Moč cilindra pri raztegovanju [kN]	27,06642
Moč cilindra pri krčenju [kN]	3,7265
Volumen olja za raztezanje cilindra [liter]	0,23
Volumen olja za skrčenje cilindra [liter]	0,61
Skupni volumen olja [liter]	2,43
Predviden rezervoar sistema [liter]	
Čas raztegovanja celotnega hoda cilindra [sek]	0,41
Čas krčenja celotnega hoda cilindra [sek]	0,25
Skupni čas delovanja cilindra [sek]	0,66

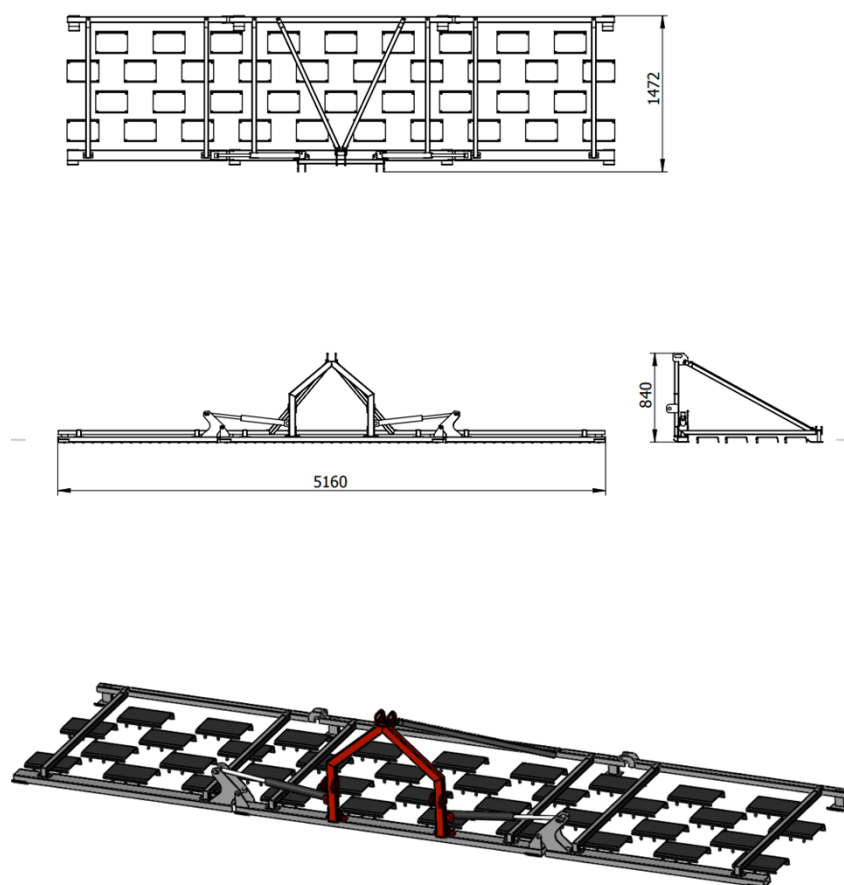
Tabela 2: Teoretični izračuni hidravličnega cilindra Hole 40/25-300 [7]

### **4.3 Razdelava**

Pri izdelavi delavniške dokumentacije smo si pomagali s programom SolidWorks, kjer smo izdelali tri kosovnice, ki nam pomagajo pri sestavljanju travniške brane in osem delavniških risb, na vsaki izmed teh risb pa se nahaja en varjenec z vsemi potrebnimi merami za varjenje in vrtanje.

## 5 MODELIRANJE

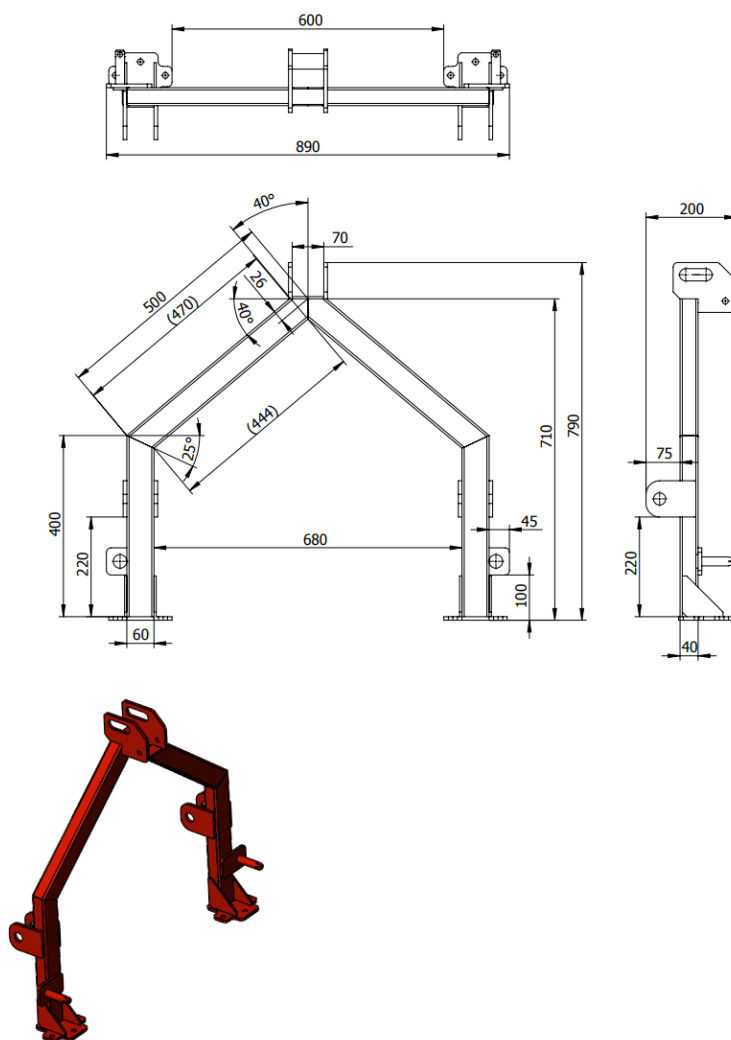
Modeliranje travniških bran je potekalo v programu SolidWorks in smo ga razdelili na več posameznih delov: vpetje, sprednji del, sprednje krilo, zadnji del, zadnje krilo, zadnji nosilec, zadnji nosilec zgoraj, plošča.



*Slika 8: Sestavnica travniške brane (osebni arhiv)*

## 5.1 Vpetje

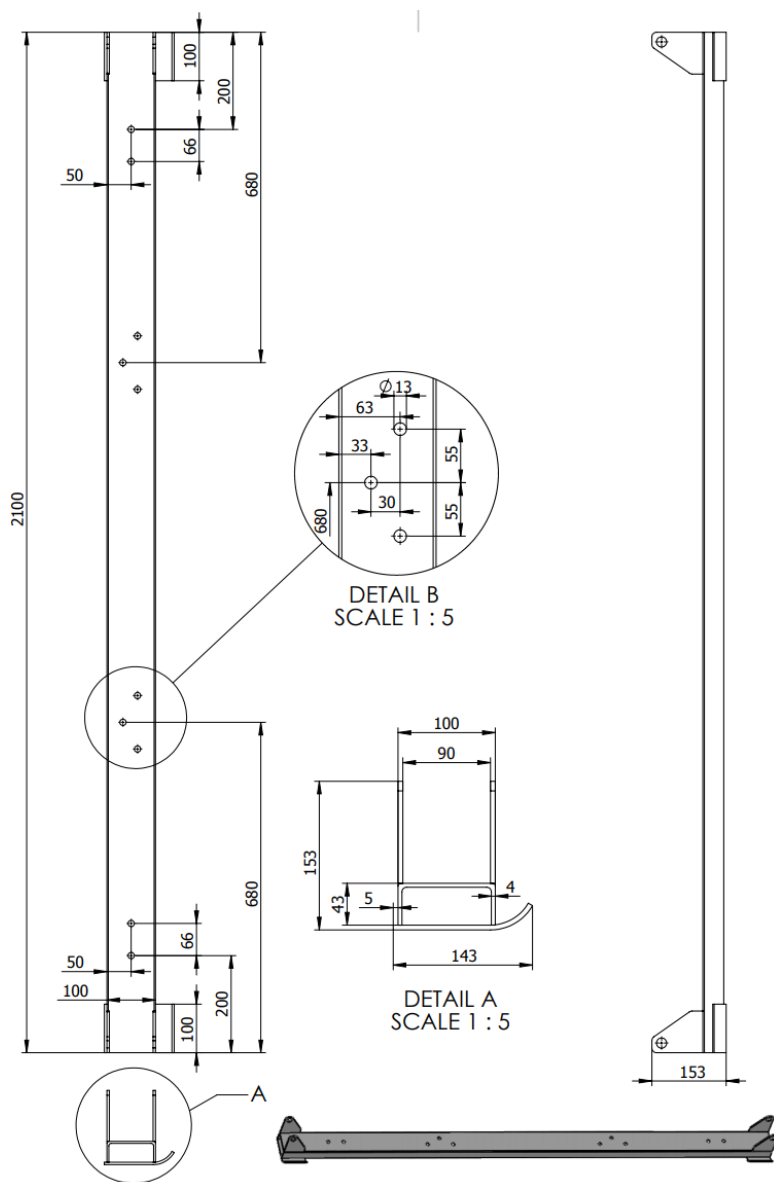
Pri modeliranju vpetja smo morali paziti na pravilno širino in višino. Pri zgornjem vpetju smo se odločili za podolgovato luknjo, ki bo omogočala prilagajanje po eni osi. Zaradi dovolj velike ročice smo morali paziti na pravilno pozicijo sornikov za vpenjanje cilindrov. Zaradi sil, ki delujejo na vpetje, smo morali paziti na zadostno togost vpetja, in ob enem paziti, da vpetje ne bo pretežno. Za vpetje smo uporabili standardni profil 60 x 40, debeline 3 mm. Ostali manjši deli so iz ploščatega jekla, debeline 5 mm.



Slika 9: Vpetje (osebni arhiv)

## 5.2 Sprednji del

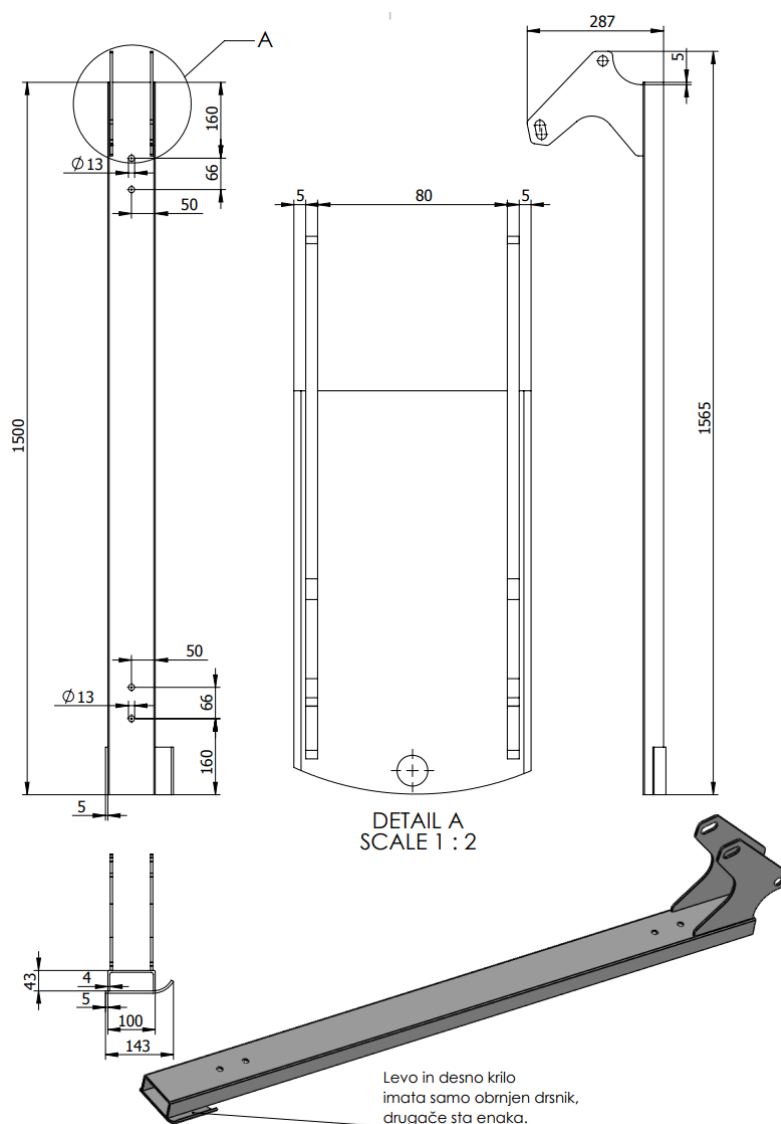
Pri modeliranju sprednjega dela smo morali paziti na pravilno pozicioniranje lukenj, glede na vpetje in zadnja nosilca. Drsnika smo umestili na rob profila, kakor tudi tečaje. Sprednji del je iz standardnega profila U100, drsnika in tečaja pa sta iz ploščatega jekla, debeline 5 mm.



Slika 10: Sprednji del (osebni arhiv)

### 5.3 Sprednje krilo

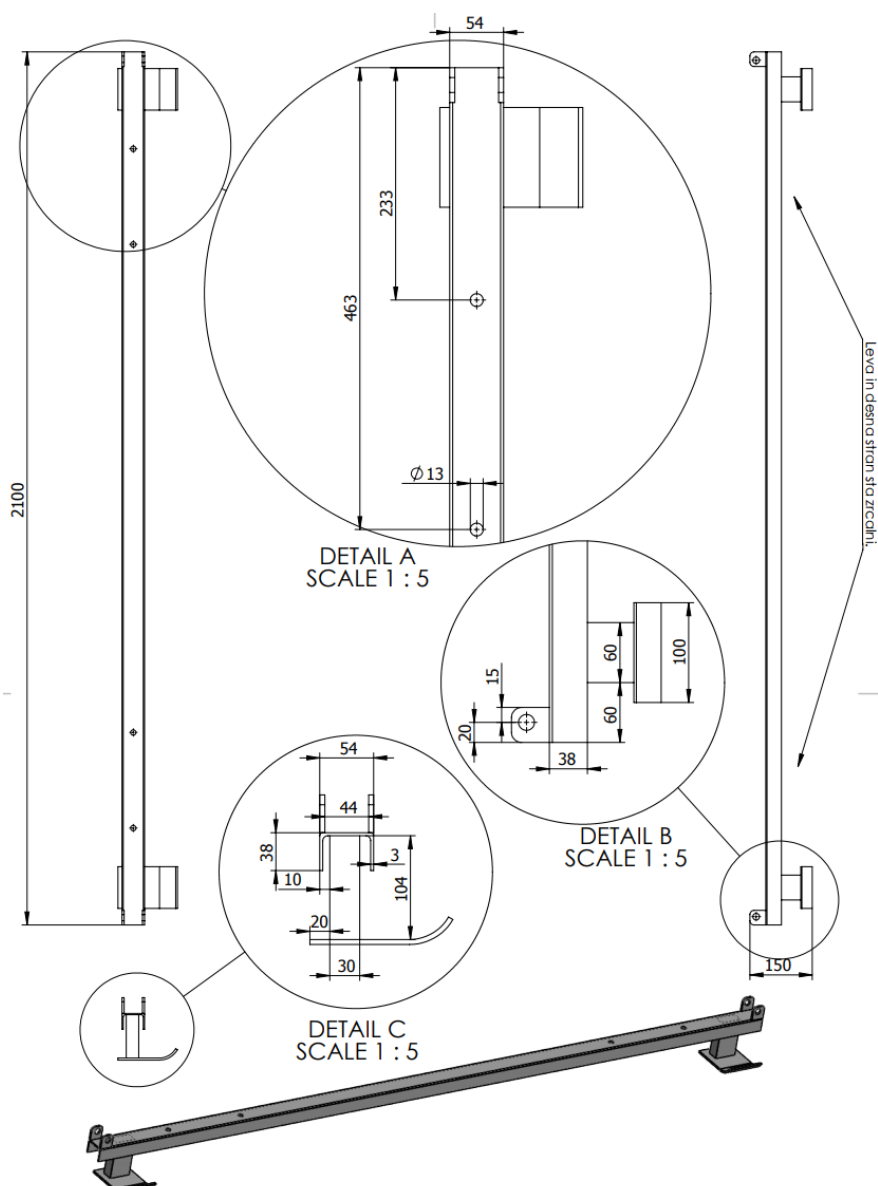
Pri modeliranju sprednjega krila smo morali paziti, da je višina osi tečaja enaka višini osi na sprednjem delu. Drsnik smo pomaknili na rob profila. Luknjo za vpenjanje cilindra smo naredili podolgovato, zaradi prilagajanja terenu. Paziti smo morali tudi na pravilno pozicioniranje lukenj za pritrnitev zadnjega nosilca. Sprednje krilo je narejeno iz standardnega profila U100. Drsnik in tečaj je narejen iz ploščatega jekla, debeline 5 mm.



Slika 11: Sprednje krilo (osebni arhiv)

## 5.4 Zadnji del

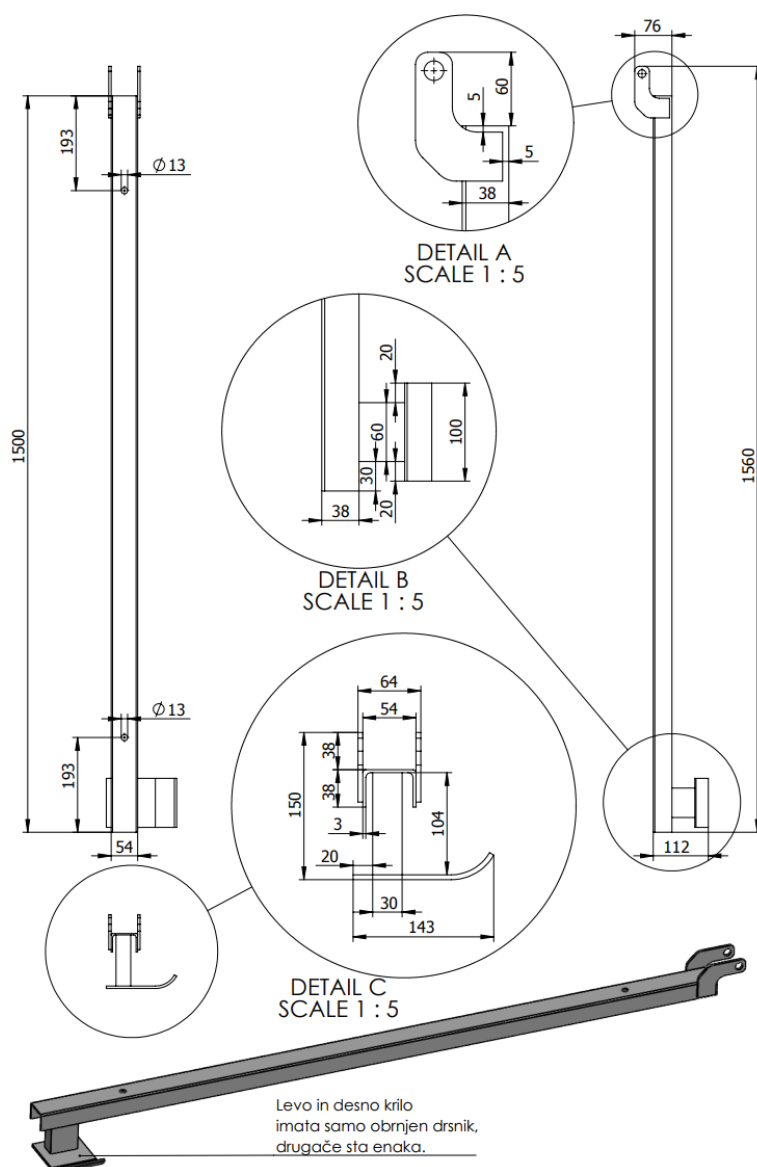
Pri modeliranju zadnjega dela smo morali paziti na pravilno višino drsnika, saj ta ne sme biti previsoka, ker s tem ne bi mogli uskladiti sprednje osi tečaja z zadnjo. Luknje smo morali prilagoditi z zadnjim in zadnjim zgornjim nosilcem. Tečaja pa smo pomaknili na rob profila. Zadnji del je narejen iz standardnega profila U54, drsnika in tečaja pa sta narejena iz ploščatega jekla, debeline 5 mm.



Slika 12: Zadnji del (osebni arhiv)

## 5.5 Zadnje krilo

Višino drsnika in os tečaja smo morali prilagoditi zadnjemu delu. Paziti smo morali na pravilno pozicioniranje lukenj, glede na zadnji nosilec. Zadnje krilo je narejeno iz standardnega profila U54, drsnik in tečaj pa sta narejena iz ploščatega jekla, debeline 5 mm.

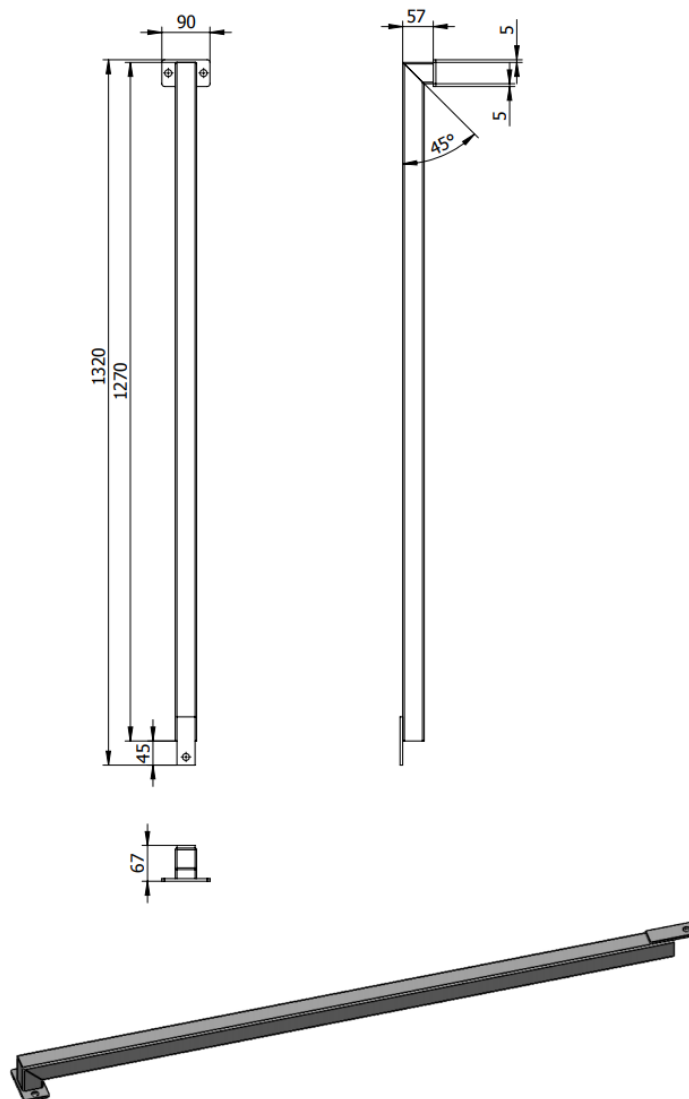


Slika 13: Zadnje krilo (osebni arhiv)



## 5.6 Zadnji nosilec

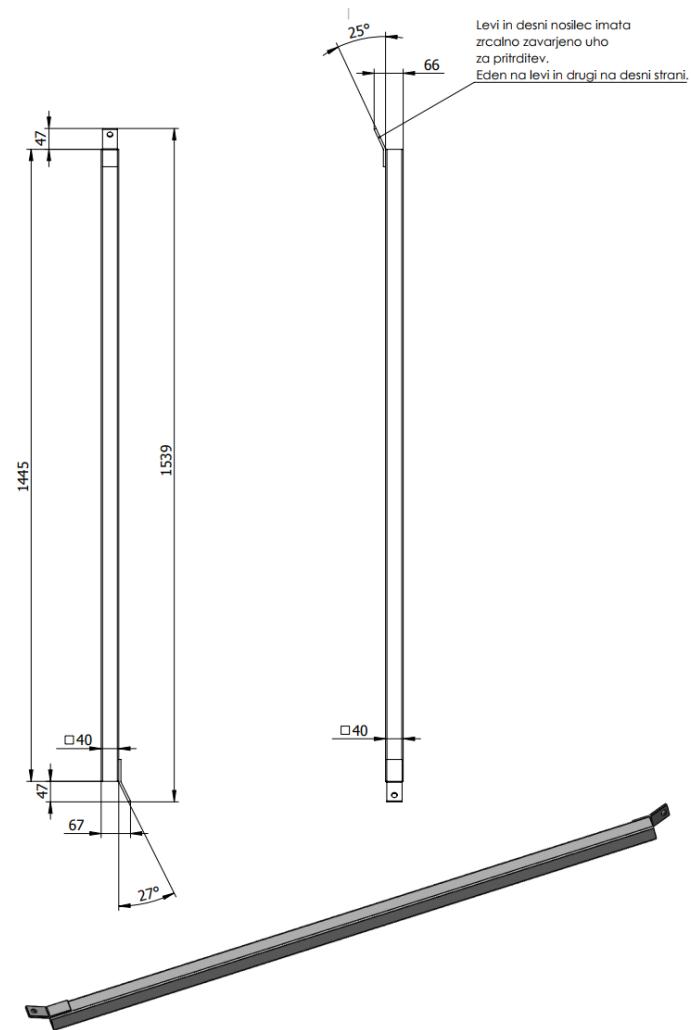
Pri konstruiranju zadnjega nosilca smo morali paziti na to, da smo uskladili višino ter pozicijo lukenj sprednjega in zadnjega krila. Zadnji nosilec je narejen iz pohištvene cevi 40 x 40, debeline 3 mm. Plošče, ki so navarjene na profil, so iz ploščatega jekla, debeline 5 mm.



Slika 14: Zadnji nosilec (osebni arhiv)

## 5.7 Zadnji nosilec zgoraj

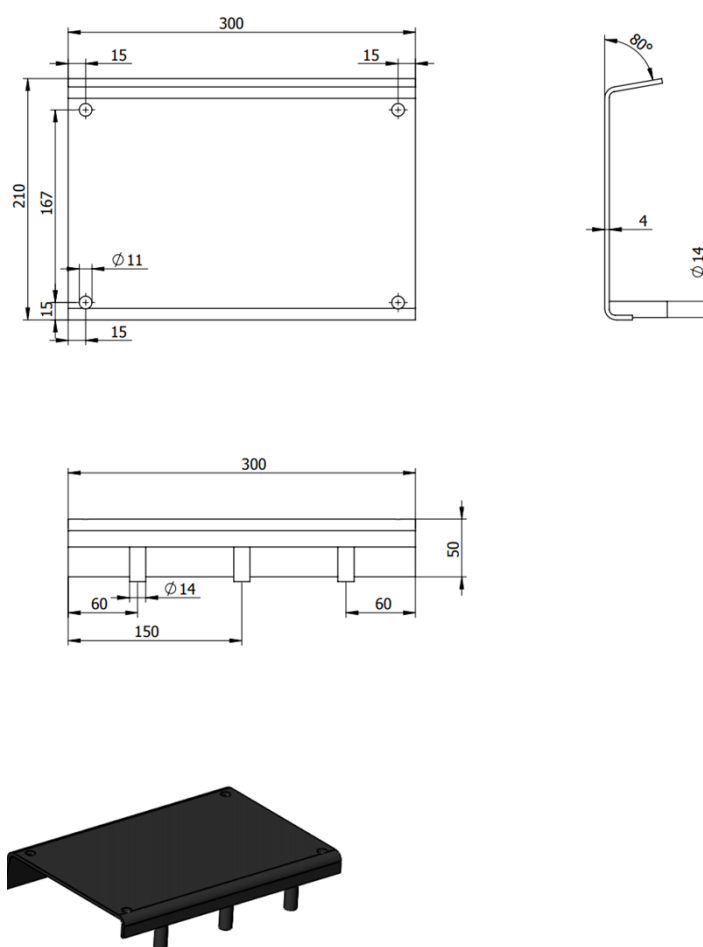
Paziti smo morali na zadostno debelino nosilca, saj ta pri transportu brane prenaša velike sile. Paziti smo morali, da so ploščice lepo nalegale na zadnji del in zgornji del vpetja. Zadnji nosilec zgoraj je narejen iz standardne pohištvne cevi 40 x 40, debeline 3 mm. Plošči, ki sta navarjeni, sta iz ploščatega jekla, debeline 5 mm.



Slika 15: Zadnji nosilec zgoraj (osebni arhiv)

## 5.8 Plošča

Plošča je bila prvi element, ki smo ga modelirali, saj je glavni element za obdelavo tal. Na plošči smo pazili na pravilen razmak lukenj, na katere so pritrjene verige, na pravilno dolžino, debelino, pozicijo čepov in na pravi kot zadnjega strgala. Ploščo smo naredili težjo od konkurence, saj konkurenčne plošče zaradi manjše mase med obdelavo preveč poskakujejo in ne zagotavljajo optimalne obdelave tal. Plošča je narejena iz 4 mm debelega jekla, čepi, ki so navarjeni na plošče, pa so premera 14 mm.



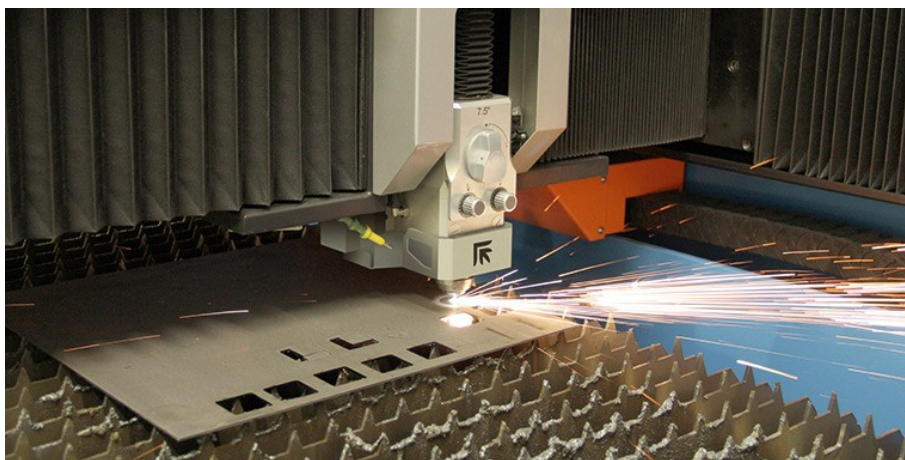
Slika 16: Plošča (osebni arhiv)

## 6 IZDELAVA

Projekt se je začel s skicami, ki smo jih med seboj primerjali in izbrali najboljšo. Pri izbiri materiala smo se dogovorili, da bomo uporabili material St-37. Izbrani material ima  $370 \text{ N/mm}^2$  natezne trdnosti in  $260 \text{ N/mm}^2$  mejo tečenja. Pri modeliranju smo pazili, da smo se izogibali zahtevnim oblikam in krivinam. To nam je omogočilo tudi to, da smo standardne profile dali razrezati. Modeliranje je potekalo v programu SolidWorks, ki omogoča virtualizacijo in simulacijo naprave tako, da vidimo njeno obliko in delovanje še preden se lotimo izdelave. To odpira nove možnosti v inoviranju in izobraževanju, hkrati pa nam pomaga pri kasnejši izdelavi. Vse to nas vodi h glavnemu cilju, kako izdelek narediti čim lažje, hitreje in ceneje.

### 6.1 Laserski razrez

»S sodobnim laserskim razrezom lahko razrežemo različne vrste pločevine, primernim za različne vrste materialov – od železa, aluminija do inoxa. Glavna prednost takega razreza je izjemna natančnost in nepoškodovanost odrezanih delov. Razrez je hiter, poleg tega sekundarnih obdelav, zaradi natančnosti, načeloma ni. Tako bistveno zmanjšamo proizvodne stroške, saj je izkoriščenost materiala odlična. Laserski razrez predstavlja dobro razmerje med kakovostjo razreza in ceno. Med drugim omogoča tudi rezanje izdelkov zahtevnih oblik, do izraza pa pride predvsem pri večjih serijah [5].«  
Laserski razrez smo opravili v podjetju LKK, d. o. o.



*Slika 17: Laserski razrez [6]*

## 6.2 Krivljenje

Krivljenje je postopek preoblikovanja materiala v želeno obliko, s pomočjo krivilnega stroja, ki z orodjem posebnih oblik in veliko silo preoblikuje pločevino. Postopek krivljenja so izvedli v podjetju Jure Kravanja, s.p.



*Slika 18: Krivljenje pločevine [7]*

### 6.3 Razrez profilov

Razrez profilov je potekal na tračni žagi za razrez profilov na Šolskem centru Celje, kjer so nam profile razrezali na ustrezne dolžine in kote.



*Slika 19: Tračna žaga (osebni arhiv)*



## 6.4 Varjenje

Postopek varjenja smo opravili v domači delavnici. Varili smo s postopkom mig/mag, z varilnim aparatom Varstroj 251. Pred varjenjem smo naredili varilne utore za kvalitetnejše varjenje.



*Slika 20: Varjenje (osebni arhiv)*

## 6.5 Vrtanje

Postopek vrtanja smo opravili v domači delavnici. Najprej smo si označili mesta vrtanja in jih nato izdelali s točkalom. Sledilo je vrtanje z ročnim vrtalnim strojem. Ker gre za luknje večjih premerov, smo za kakovostnejše vrtanje najprej luknje zvrtili z vijačnim svedrom manjšega premera, in šele nato z vijačnim svedrom večjega premera.



*Slika 21: Vrtanje (osebni arhiv)*



## 6.6 Barvanje

Postopek barvanja smo opravili v domači delavnici. Barvanje služi kot osnovna zaščita pred oksidacijo in korozijo jekla. Najprej smo zware skrtačili z bakreno ščetko in vso konstrukcijo očistili z čistilnim bencinom. Sledilo je barvanje s temeljno barvo, ki smo ga opravili ročno s čopiči. Na koncu pa smo opravili še končno barvanje s pištolo za barvanje.



*Slika 22: Barvanje (osebni arhiv)*

## 6.7 Sestava

Za sestavljanje smo uporabili domače dvorišče, zaradi večjih dimenzij izdelka. Kot vezni element med ploščami smo uporabili standardno cinkano verigo, debeline 8 mm. Za vijačenje sklopov smo uporabili standardne vijake 8.8 M10 in M12, podložke in samovarovalne matice. Porabili smo približno 7 m verige, 184 vijakov M10 in 28 vijakov M12.



*Slika 23: Sestava (osebni arhiv)*

## 7 CENOVNA IN ČASOVNA ANALIZA

<b>MATERIAL</b>	<b>CENA [EUR]</b>
Standardni profili	104
Laserski razrez z materialom	210
Sorniki s cinkanjem	10
Veriga (cinkana)	98
Vijaki, matice, podložke	154
Hidravlika	204
Barva	70
Potrošni material pri izdelavi	25
<b>Skupaj</b>	<b>875</b>

Tabela 3: Stroški

<b>PODROČJE</b>	<b>ČAS [URA]</b>
Modeliranje	50
Izdelava	30
<b>SKUPAJ</b>	<b>80</b>

Tabela 4: Čas dela

## 8 REZULTATI RAZISKAVE

Pri izdelavi travniških bran smo se najprej posvetili temu, da se bo brana dobro prilagajala terenu, da bo plavajoči sistem enostaven za izdelavo in bo zanesljivo deloval. Na podlagi osnovnih skic smo se lotili modeliranja in izdelave delavniške dokumentacije, s pomočjo katere smo se lahko lotili izdelave izdelka. Pri izdelavi sta nam pomagali podjetji LKK, d. o. o., in Jure Kravanja, s.p., razrez vseh profilov in čepov pa je potekal na Šolskem centru Celje. Po končanem varjenju in barvanju konstrukcije smo vse elemente privili, večje sklope povezali s sorniki in na koncu še namestili hidravliko. S tem je bil projekt končan in lahko smo potrdili oz. ovrgli naše hipoteze.

Potrjene hipoteze:

- travniška brana se bo bolje prilagajala terenu,
- travniška brana bo za 10 odstotkov lažja od konkurenčnih,
- boljša izravnava krtin,
- ob izdelavi nismo presegli limita 900 evrov.

Ovržena hipoteza:

- hitra in enostavna izdelava.

Na podlagi preizkusa dela s travniško brano smo potrdili prvo hipotezo, saj je obdelala vse neravnine na travniku. Masa travniške brane znaša 350 kg, kar je več kot 10 odstotkov manj od konkurenčnih (Gorenc 600 H, 550 kg). Tretjo hipotezo lahko potrdimo, vendar le deloma, saj nas je material za travniške brane stal 875 EUR, če pa bi upoštevali še delo (5EUR/h), bi morali hipotezo ovreči. Izravnava krtin je boljša, zaradi nekoliko večjih in težjih plošč. Izdelava brane je bila zahtevnejša, kakor smo si sprva predstavljali, saj pri varjenju dolgih profilov nastopa večja deformacija zaradi vnosa visoke temperature.

## 9 ZAKLJUČEK

Pri pisanju naše raziskovalne naloge smo spoznali, da drugi proizvajalci travniških bran ne razvijajo novih tehnologij za prezračevanje travne ruše. Želeli smo narediti cenovno ugodnejšo brano, ki bo lahka, se bo glede na svojo širino dobro prilagajala terenu in kakovostno česala travnik. Na začetku smo imeli nekaj težav zaradi pozicioniranja cilindrov za odpiranje, morali smo dobiti pravilno ročico in upoštevati, da ob koncu zapiranja bran cilinder s sornikom po podolgovati luknji zdrsne v skrajno spodnjo lego. S tem zmanjšamo ročico, ki je potrebna za odpiranje kril. Pri modeliranju se nam je velikokrat kaj zalomilo, a smo na koncu našli rešitve. Brez timskega dela in usklajevanja mnenj bi takšno raziskovalno nalogo težka naredili.

## 10 VIRI IN LITERATURA

[1] RAZSTAVNI PROSTOR PODJETJA GORENC NA SEJMU AGRITECH 2020 (spletni vir). Dostopno na:

<https://www.facebook.com/Gorenc.si/photos/a.282192348553601/2487619431344204/?type=3&theater>

[1. 3. 2020; 10:24]

[2] GORENC, TRAVNIŠKA BRANA GRASER (spletni vir). Dostopno na:

<https://www.gorenc.si/kmetijska-mehanizacija-in-oprema/travniska-brana-graser/>

[26. 2. 2020; 10:16]

[3] MUŠIČ MENGEŠ, TRAVNIŠKA BRANA (spletni vir). Dostopno na:

[https://www.google.com/search?q=mu%C5%A1i%C4%8D+menge%C5%A1+travni%C5%A1ke+brane&sxsrf=ALeKk03jiYLzM4HpQOY5\\_PTZaIKCXalO5Q:1582704279528&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwigkfy4O7nAhXF-6QKHRtaCTEQ\\_AUoAXoECAsQAw&biw=2293&bih=832#imgrc=wU4EwE\\_Mdy38bM](https://www.google.com/search?q=mu%C5%A1i%C4%8D+menge%C5%A1+travni%C5%A1ke+brane&sxsrf=ALeKk03jiYLzM4HpQOY5_PTZaIKCXalO5Q:1582704279528&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwigkfy4O7nAhXF-6QKHRtaCTEQ_AUoAXoECAsQAw&biw=2293&bih=832#imgrc=wU4EwE_Mdy38bM)

[26. 2. 2020; 10:20]

[4] S. Pehan, *Osnove konstruiranja: univerzitetni učbenik-osnutek*. Fakulteta za strojništvo. Maribor: 2010.

[5] LASERSKI RAZREZ (spletni vir). 2020. (povzeto 28. 2. 2020). Dostopno na:

<http://www.vija.si/sl/laserski-razrez-plo%C4%8Devine-kovine>

[6] LASERSKI RAZREZ (spletni vir). Dostopno na:

[https://www.google.com/search?q=laserski+razrez&hl=sl&sxsrf=ALeKk00GEwheKhwi9aA8dTDqJiFUDcNtw:1582892507115&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjxn-qMnvTnAhWRCwKHWfWDt8Q\\_AUoAXoECA4QAw&biw=1145&bih=823#imgrc=Ser6oNWWgP7nIM](https://www.google.com/search?q=laserski+razrez&hl=sl&sxsrf=ALeKk00GEwheKhwi9aA8dTDqJiFUDcNtw:1582892507115&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjxn-qMnvTnAhWRCwKHWfWDt8Q_AUoAXoECA4QAw&biw=1145&bih=823#imgrc=Ser6oNWWgP7nIM)

[28. 2. 2020; 13:23]

[7] KRIVLJENJE PLOČEVINE (spletni vir). Dostopno na:

[https://www.google.com/search?q=krivljenje+plo%C4%8Devine&sxsrf=ALeKk02QCuaq8ovptZuOKhjdOAX9ypBWng:1582885149580&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwig9r3YgvTnAhUBzKQKHdnfDOIQ\\_AUoAXoECA0QAw&biw=1145&bih=855#imgrc=x0IYEgpL96ZjtM](https://www.google.com/search?q=krivljenje+plo%C4%8Devine&sxsrf=ALeKk02QCuaq8ovptZuOKhjdOAX9ypBWng:1582885149580&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwig9r3YgvTnAhUBzKQKHdnfDOIQ_AUoAXoECA0QAw&biw=1145&bih=855#imgrc=x0IYEgpL96ZjtM)

[28. 2. 2020; 13:26]

[8] HIDRAVLIČNI CILINDER HOLE 40/25-300 (spletni vir). 2020. (povzeto 1. 3. 2020). Dostopno na: <http://www.rositeh.si/hidravlicni-cilinder-hole-40-25-300#>