



ŠOLSKI CENTER CELJE

Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

STROJ ZA RAVNANJE ALU-PLATIŠČ

RAZISKOVALNA NALOGA

PODROČJE: Mehatronika

Avtorji:

Jure GOJZDNIK, M-4. c

David KUMER, M-4. c

Žiga KLANČNIK, M-4. c

Mentorja:

mag. Andro Glamnik, univ. dipl. inž.

Matej Veber, univ. dipl. inž.

Celje, 2013

POVZETEK

Popravilo poškodovanih ALU-platišč je panoga, na področju katere se v današnjem času pojavlja kar precejšnje povpraševanje. Da bi popravilo le-teh postalo kar najbolj kvalitetno in obenem hitro ter varno, se je v podjetju pojavila zahteva po stroju, s katerim bi lahko poravnali zvita platišča. Ker pa smo ob podrobni analizi izdelkov na trgu ugotovili, da le-ti za dano ceno ne zagotavljajo primernih rešitev za ravnanje ALU-platišč, smo izdelali svoj, našim potrebam prilagojen stroj, katerega razvoj in izdelava sta cenovno bolj dostopna. Postopek same izdelave in možnosti, ki nam jih stroj ponuja, smo predstavili v tej raziskovalni nalogi.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	5
2 HIPOTEZE.....	6
3 METODE RAZISKOVANJA.....	7
5 VZROKI ZA IZGRANJO LASTNEGA STROJA	8
6 DELOVNI PROSTOR	9
7 KONCEPT	10
8 IZDELAVA.....	11
8.1 OGRODJE	12
8.2 Elementi znotraj stroja	15
8.3 POGONSKI, KRMILNI IN VARNOSTNI ELEMENTI	18
9 DELOVANJE STROJA	21
13 ANALIZA UPRAVIČENOSTI INVESTICIJE	26
13.1 Povrnitev stroškov investicije	27
13.2 Prednosti našega stroja v primerjavi s stroji na tržišču	27
13.3 Priprava za struženje	28
14 ZAKLJUČEK.....	31
15 ZAHVALA.....	32
16 VIRI.....	33

KAZALO SLIK

Slika 1: Skica delovnega prostora	9
Slika 2: Koncept stroja	10
Slika 3: Ogrodje stroja.....	12
Slika 4: Glavna gred	13
Slika 5: Glavna gred nameščena v ohišje	13
Slika 6: Modeliranje sprednje plošče	14
Slika 7: Prostor namenjen notranjim komponentam	15
Slika 8: Hidravlična črpalka	16
Slika 9: Hidromotor.....	17
Slika 10: Rezervoar za olje.....	17
Slika 11: El. shema priklopa motorja	18
Slika 12: Posredni vklop motorja	19
Slika 13: Zaščita el. motorja.....	20
Slika 14: Elementi za upravljanje stroja.....	21
Slika 15: Nastavitev prirobnice	21
Slika 16: Vpeto platišče.....	22
Slika 17: Prikaz smeri delovanja cilindrov.....	23
Slika 18: Prikaz smeri delovanja cilindrov.....	24
Slika 19: Prikaz smeri delovanja cilindrov.....	24
Slika 20: Prikaz smeri delovanja cilindrov.....	25
Slika 21: Stroj s tržišča.....	27
Slika 22: Možnosti ravnanja.....	28
Slika 23: Možnosti ravnanja.....	28
Slika 24: Merjenje opletanja	29

KAZALO TABEL

Tabela 1: analiza upravičenosti investicije.....	26
Tabela 2: analiza vračanja investicije.....	27
Tabela 3: meritve opletanja	29
Tabela 4: Analiza zastavljenih hipotez.....	31

1 UVOD

V naši raziskovalni nalogi je predstavljena kompletna zasnova in izdelava stroja za ravnanje ALU-platišč. Cilj je bil izdelati stroj, ki bi bil dovolj uporaben, bi zagotavljal dovolj varnosti in pri katerem bi bila cena izdelave samega stroja konkurenčna v primerjavi s stroji, ki so trenutno na tržišču.

Razlog za lastno izdelavo tega stroja je, da imamo pri tem večjo prilagodljivost na postavitev stroja v delovni prostor, s katerim smo bili omejeni, kar je posledično vplivalo tudi na njegovo velikost ter obliko. A pri tem moramo tudi paziti, da bi stroj ustrezal vsem standardom in da bi bil delavec pri delu kar najbolj varen.

Med izdelavo je bilo potrebno sodelovati tudi z delavci, ki na tem stroju delajo, s čimer smo zagotovili prilagojenost stroja za optimalno delo in preko izkušenj z ravnanjem ALU-platišč podali svoje predloge za lokacije določenih komponent. Za izdelanim ogrodjem je prišlo vgrajevanje pogonskih, krmilnih in varnostnih elementov, kar nas je vodilo h končnemu cilju, tj. k raziskavi kompletne zasnove in izdelave stroja.

2 HIPOTEZE

1. Pomemben del raziskovalne naloge je, da si postavimo hipoteze in poskušamo dokazati, da so resnične.

2. Moramo reči, da je na današnjem tržišču že veliko podjetij, ki proizvajajo kvalitetne stroje za ravnanje ALU-platišč. S pomočjo hipotez bomo pokazali, kaj so prednosti lastne izdelave tovrstnega stroja.

Te so sledeče:

1. Izdelava stroja, je ekonomsko upravičena (izdelava je cenejša kot nakup novega stroja).
2. Izdelan stroj je bolj praktičen, kot pa so stroji na tržišču.
3. Investicija izdelave stroja se povrne.
4. Na stroju za ravnanje ALU-platišč je nesmiselno imeti pripravo za struženje

3 METODE RAZISKOVANJA

Pri raziskovanju smo uporabili več metod raziskovanja. Metodo analize in sinteze smo uporabili pri pregledovanju dokumentacij komponent, ki so nameščene na stroj. S primerjalno metodo smo primerjali kakovost in ceno našega stroja in strojev, ki jih lahko najdemo na tržišču.

5 VZROKI ZA IZGRANJO LASTNEGA STROJA

Vzroki za izgradnjo lastnega stroja so tehnične in ekonomske narave.

TEHNIČNI VZROKI:

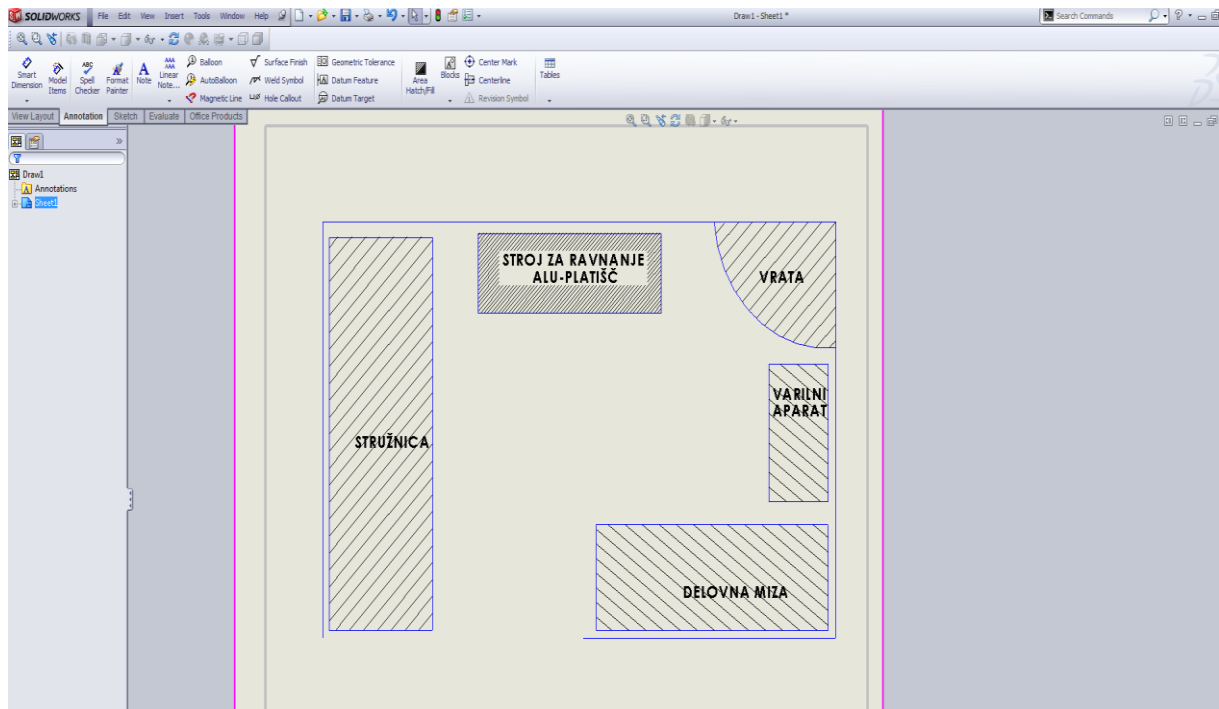
- zanesljivost delovanja,
- bolj preprosta uporaba, kot pri serijskih modelih,
- večja kakovost popravila ALU-platišč,
- hitrost dela.

EKONOMSKI VZROKI:

- večji dobiček zaradi večje produktivnosti,
- nižji stroški izdelave v primerjavi z nabavo serijskega modela z enakimi lastnostmi.

6 DELOVNI PROSTOR

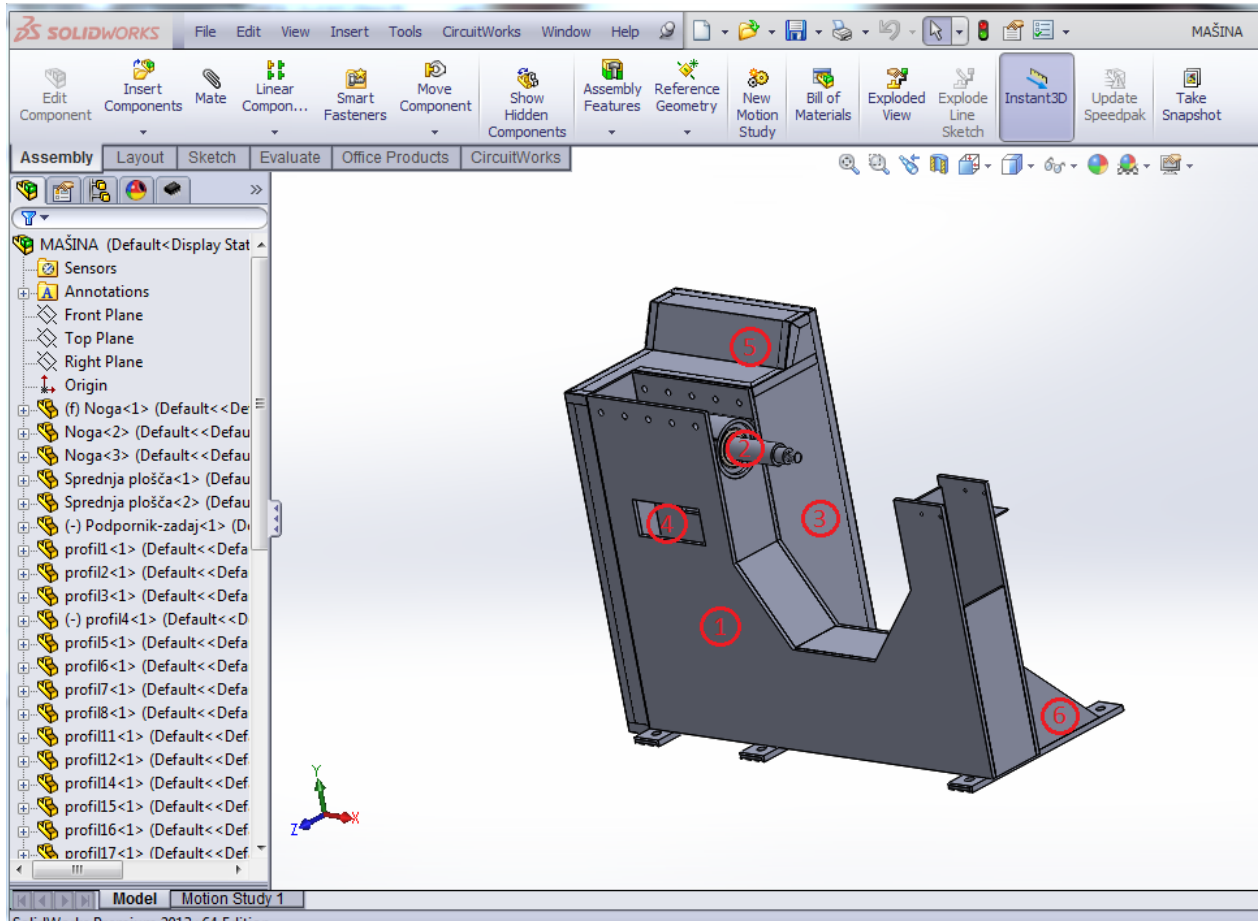
V delovnem prostoru, ki je zmodeliran v programu *SolidWorks*, najdemo tako naš stroj kot vse druge stroje in pripomočke, ki so potrebni za kvalitetno popravilo ALU-platišč. S tem namenom najdemo v tem prostoru tudi univerzalno stružnico, ki služi fini obdelavi robov in centrov ALU-platišč, delovno mizo za varjenje ALU-platišč in grobo obdelavo površin z kotnim brusilnikom ter varilni aparat.



Slika 1: Skica delovnega prostora

7 KONCEPT

Koncept smo grafično ponazorili v programu *SolidWorks*. S pomočjo tega smo si lažje predstavljali, kako bo videti končni izdelek in kje bi določene komponente bile najbolj primerne za namestitvev.



Slika 2: Koncept stroja

Odločili smo se za koncept, ki je bil najbolj primeren danim finančnim in prostorskim zmožnostim.

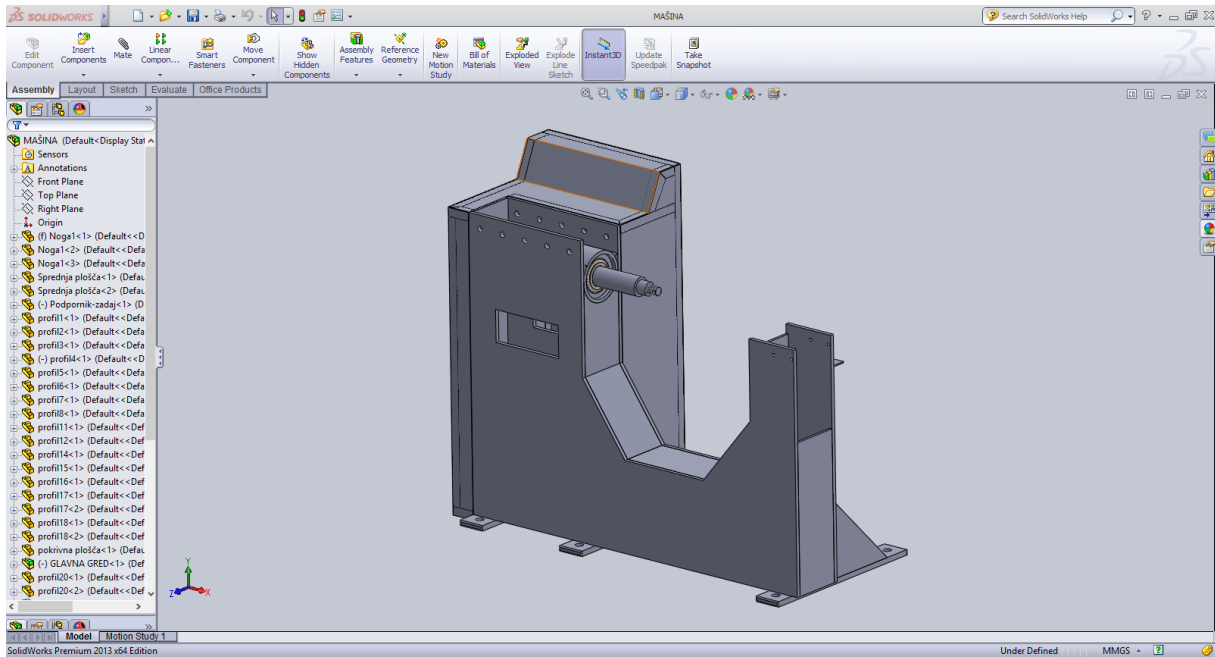
Sestavljen je iz osrednjega ogrodja (1), kjer je glavna gred (2), ki jo poganja hidravlični motor. Hidravlični motor, rezervoar za hidravlično olje, hidravlično črpalko ter električno omarico smo namestili v krmilno-pogonsko omarico (3), kontrole za zagon motorja, krmiljenje cilindrov in tipko za zasilni izklop, pa na zato narejen nosilec v osrednjem ogrodju (4). Na vrhu krmilno-pogonske omarice sta števec za merjenje obratov in glavno stikalo (5). Z nosilci, podporniki (6) in s po višini nastavljivimi nogami pa je celoten stroj postavljen na tla.

8 IZDELAVA

Izdelava našega stroja je potekala v dveh delih. Najprej smo zasnovali ogrodje stroja, s čimer smo približali končno obliko. Ob tem je bilo potrebno predvideti vnaprej, kako močno ogrodje potrebujemo, da bo dovolj togo in med ravnanjem ALU-platišč ne bo prišlo do zvitja. Obenem pa je bilo potrebno paziti na velikost stroja (da ne bi bil prevelik). Potem smo na svoje mesto umestili cilindre, s katerimi se ALU-platišča ravnavajo, in vse pogonske elemente (hidravlična črpalka, hidromotor, elektromotor, hidravlične komande). V začetni fazi so se vsi elementi izrisali ročno, kasneje pa smo vsak element pretvorili tudi v 3D-model s pomočjo programskega okolja *SolidWorks* 2013 in prav tako napravili delavniške risbe vsakega elementa ogrodja. V drugem delu izdelave smo na stroj namestili vnaprej načrtovane elektronske varnostne elemente (glavno stikalo, tipka za posredni vklop, tipka za zasilni izklop, motorsko stikalo). Pred vgradnjo teh elementov smo električne sheme narisali v programskem okolju E-plan in določili lokacijo na stroju, kjer so le-ti najbolj funkcionalni in obenem ne otežujejo dela na stroju.

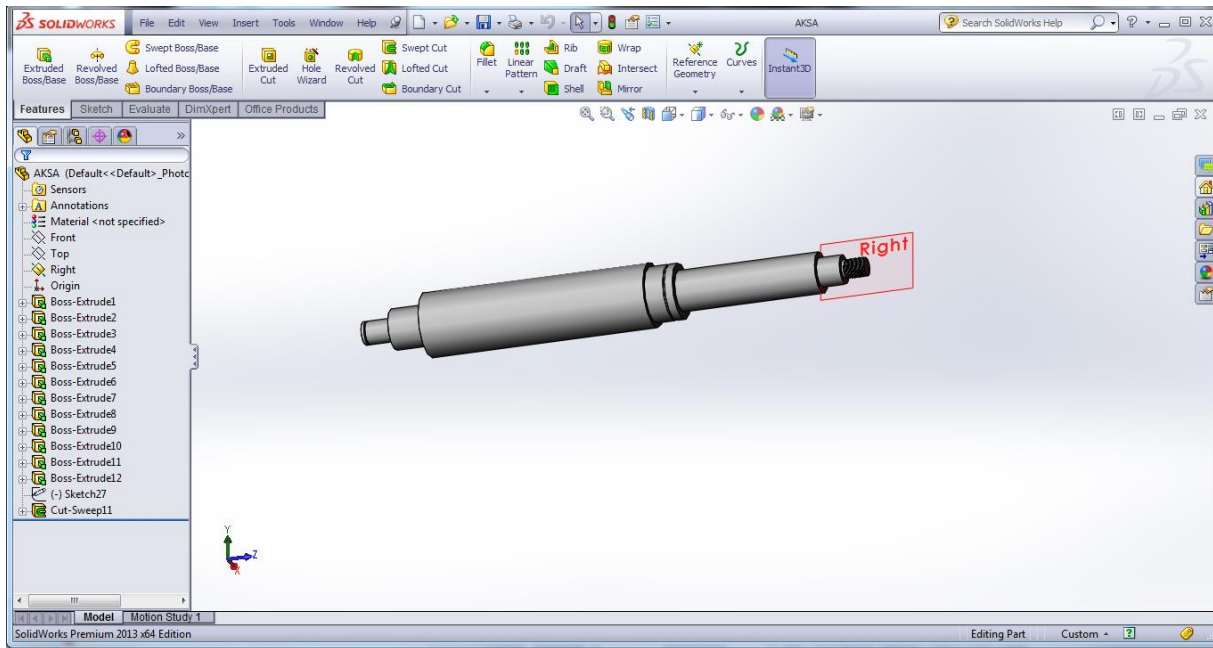
8.1 OGRODJE

Ogrodje stroja, nosilci, pokrovi, glavna gred, in ostale komponente so bile, kot že rečeno, sprva izrisane ročno. V sklopu našega raziskovalnega dela pa smo kompletno ogrodje stroja zmodelirali v programskem okolju *SolidWorks*. Napravili smo tudi delavniške risbe vseh posameznih delov v primeru, če bi bila potrebna ponovna izdelava katerega od delov.



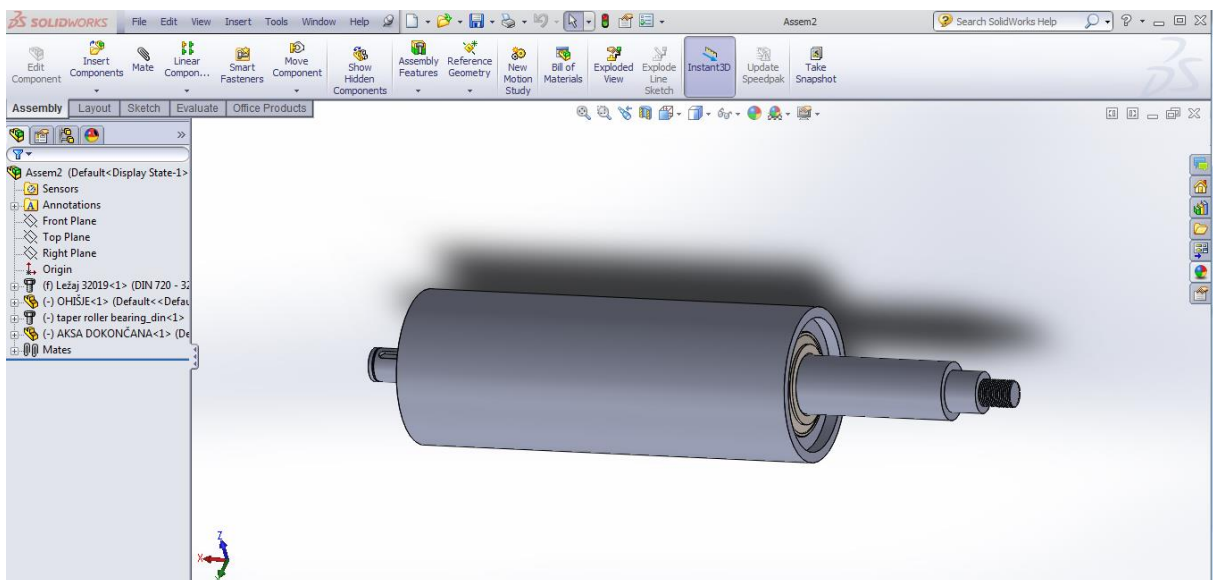
Slika 3: Ogrodje stroja

Seveda je bilo tudi načrtovanje ogrodja začrtano v tej smeri, da je bilo vse pripravljeno za vgradnjo pogonskih in krmilnih elementov, pri čemer bi ti elementi zavzeli čim manj prostora in bi bili karseda dobro zaščiteni pred zunanjimi vplivi (prah, iskre, opilki ...). Sprva je bilo mišljeno, da bi na stroj namestili tudi elemente, ki bi omogočali še struženje robov ALU-platišč, vendar smo to kasneje opustili, ker smo po analizi strojev s trga, ki načeloma omogočajo tudi struženje, ugotovili, da je kvaliteta struženja preslaba.



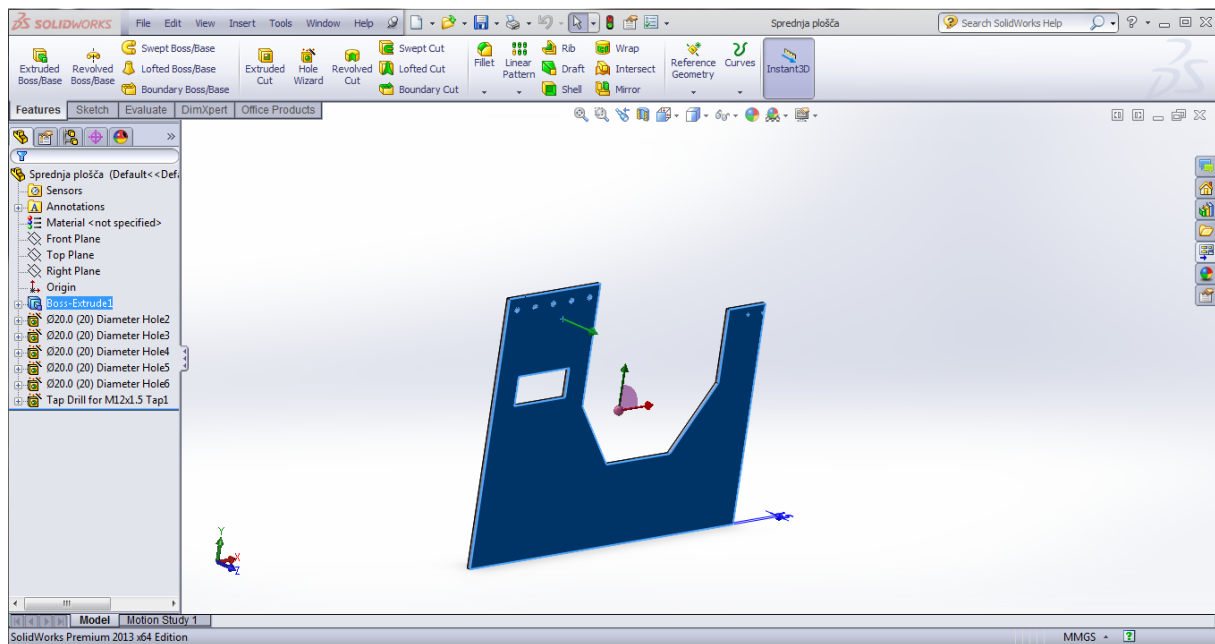
Slika 4: Glavna gred

Na sliki 4 vidimo glavno gred, modelirano v programu SolidWorks. Ta gred je vpeta v ohišje, ki jo poganja elektromotor preko jermena. Na vsaki strani je uležajena in nameščena v ohišje, kot je vidno na naslednji sliki. Na desno stran glavne gredi privijemo še prirobnico, na katero pritrdimo kasneje samo platišče, ki ga ravnamo.



Slika 5: Glavna gred nameščena v ohišje

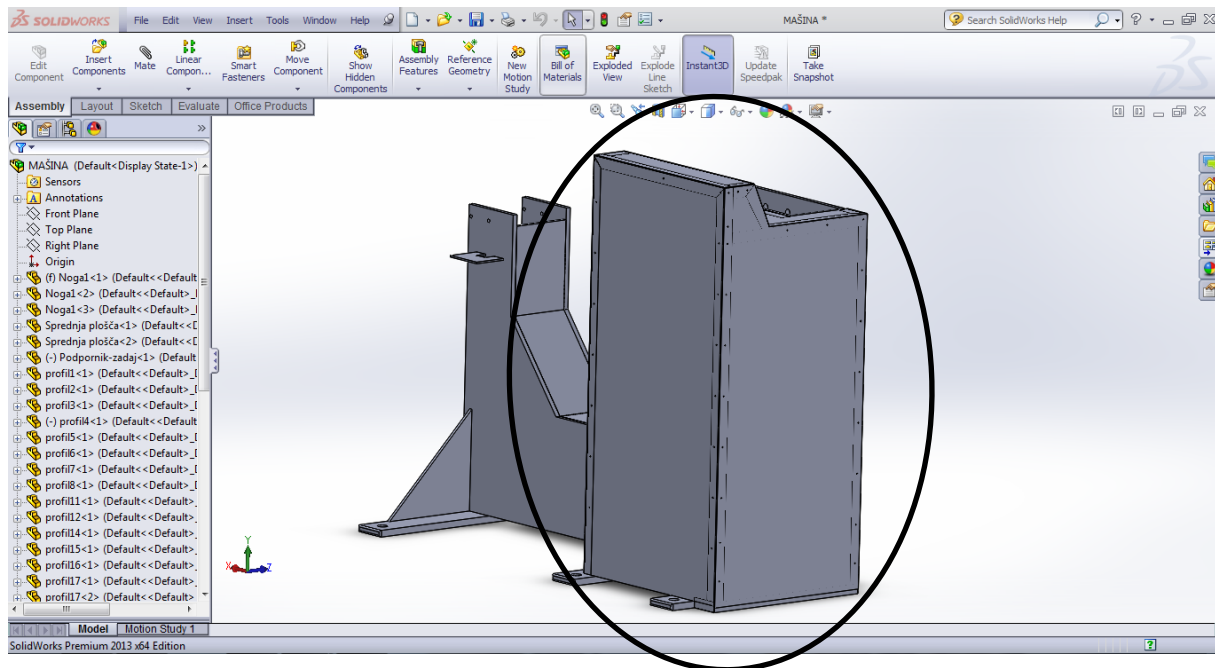
Glavna gred, nameščena v ohišje je uležajena iz obeh strani, v notranjosti pa je olje manjše viskoznosti.



Slika 6: Modeliranje sprednje plošče

Na sliki 6 je prikazano modeliranje sprednje plošče ogrodja stroja, ki je bilo izrezano z laserjem.

8.2 Elementi znotraj stroja



Slika 7: Prostor namenjen notranjim komponentam

Zaradi občutljivosti na zunanje vplive (opilki, prah ...) ali preprosto zaradi boljše prostorske prilagodljivosti morajo biti nekatere komponente nameščene znotraj stroja. Temu namenjen prostor smo naredili na levi zadnji strani, ki hkrati nudi tudi dodatno oporo stroju. Hidravlična črpalka, hidravlični motor ter rezervoar za olje so elementi, ki so nameščeni v notranjost.



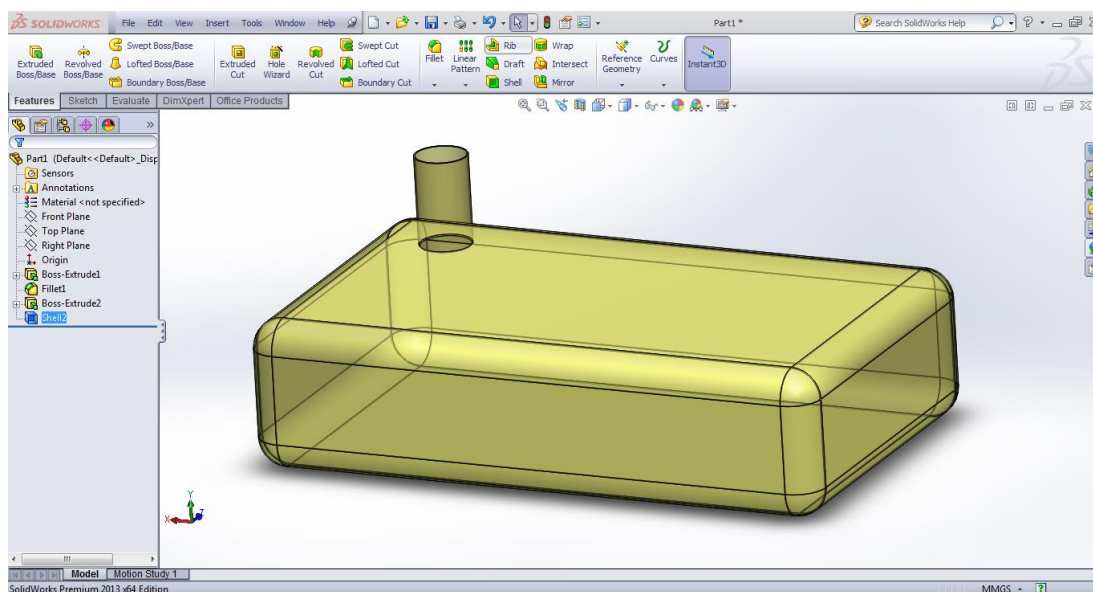
Slika 8: Hidravlična črpalka

Za pogon hidromotorja in delovanje cilindrov za ravnanje smo uporabili zobniško hidravlično črpalko s pretokom 45l.



Slika 9: Hidromotor

Glavno gred preko jermenskega prenosa poganja hidromotor, moči 4kW. Obrate hidromotorja nastavljamo z dušilkami, ki omejujejo pretok črpalke.



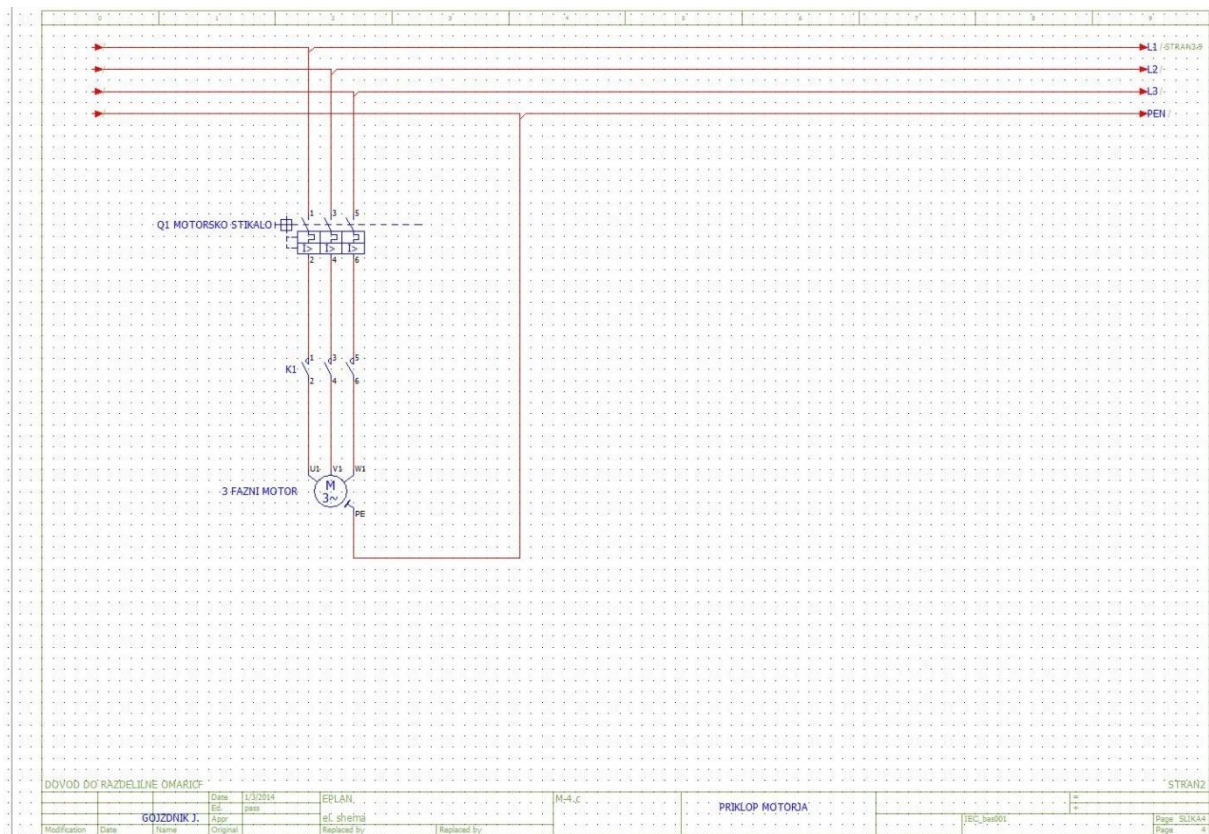
Slika 10: Rezervoar za olje

Rezervoar za olje je nameščen prav tako v krmilni omarici stroja, pri snovanju rezervoarja smo bili pozorni na velikost, da pri težkih okoliščinah (visoke temperature, dolgotrajno obratovanje stroja) ne pride do pregretja olja in s tem do puščanj v sistemu ali nepravilnega delovanja hidravličnih komponent.

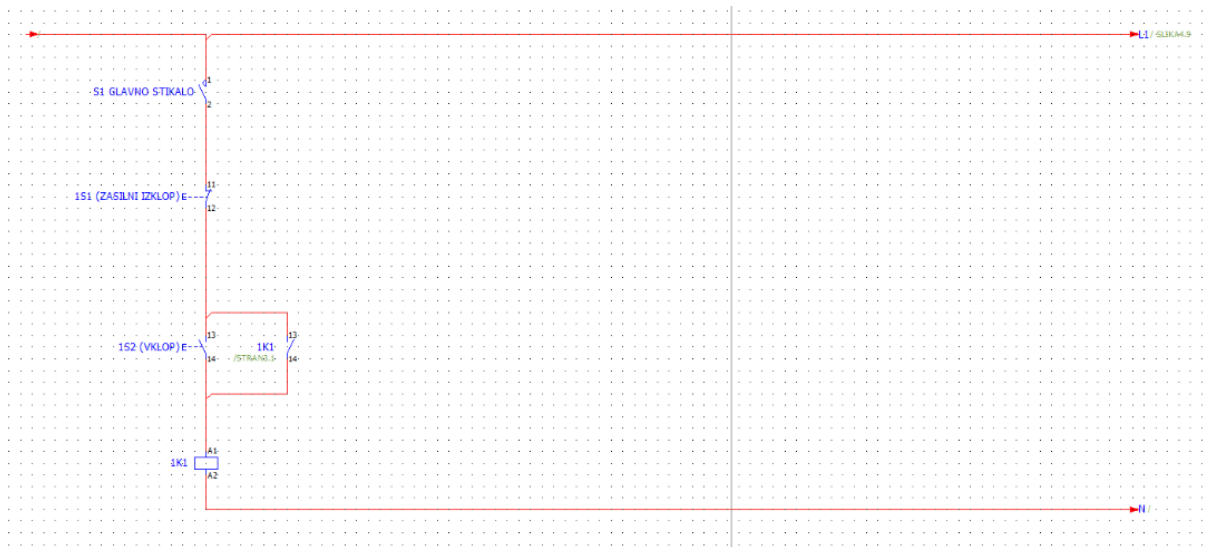
8.3 POGONSKI, KRMILNI IN VARNOSTNI ELEMENTI

Na ogrodje stroja je privarjena tudi t. i. krmilno-pogonska omarica, kamor smo namestili elektromotor, hidravlično črpalko, hidravlični motor, rezervoar za olje in elemente za prenos vrtilnega momenta. Prenos vrtljajev smo izvedli z jermeni zaradi enostavnega varovanja pred preobremenitvijo, poceni izvedbe, mirnega teka in ker smo lahko na ta način preko mehanskega vzvoda naredili tudi »mehki zagon« pri zagonu glavne gredi. Prav tako je v notranjosti nameščen tripolni kontaktor in motorsko stikalo. Glavno stikalo, stikalo za posredni vklop in izklop v sili pa so nameščeni na ogrodju stroja, ker so tam bolj na dosegu roke in s tega stališča bolj uporabni. Na ogrodje so prav tako nameščeni trije cilindri, s katerimi ravnamo ALU-platišča in jih krmilimo preko hidravličnih komand, ki so prav tako nameščeni na ogrodje stroja, in sicer na mesto, kjer so najbolj pri roki.

Priklop samega stroja v električno omrežje smo izvedli po predhodni zagotovitvi varnostnih zahtev. Pred samo vezavo vseh el. elementov smo v programskem okolju E-plan narisali sheme.

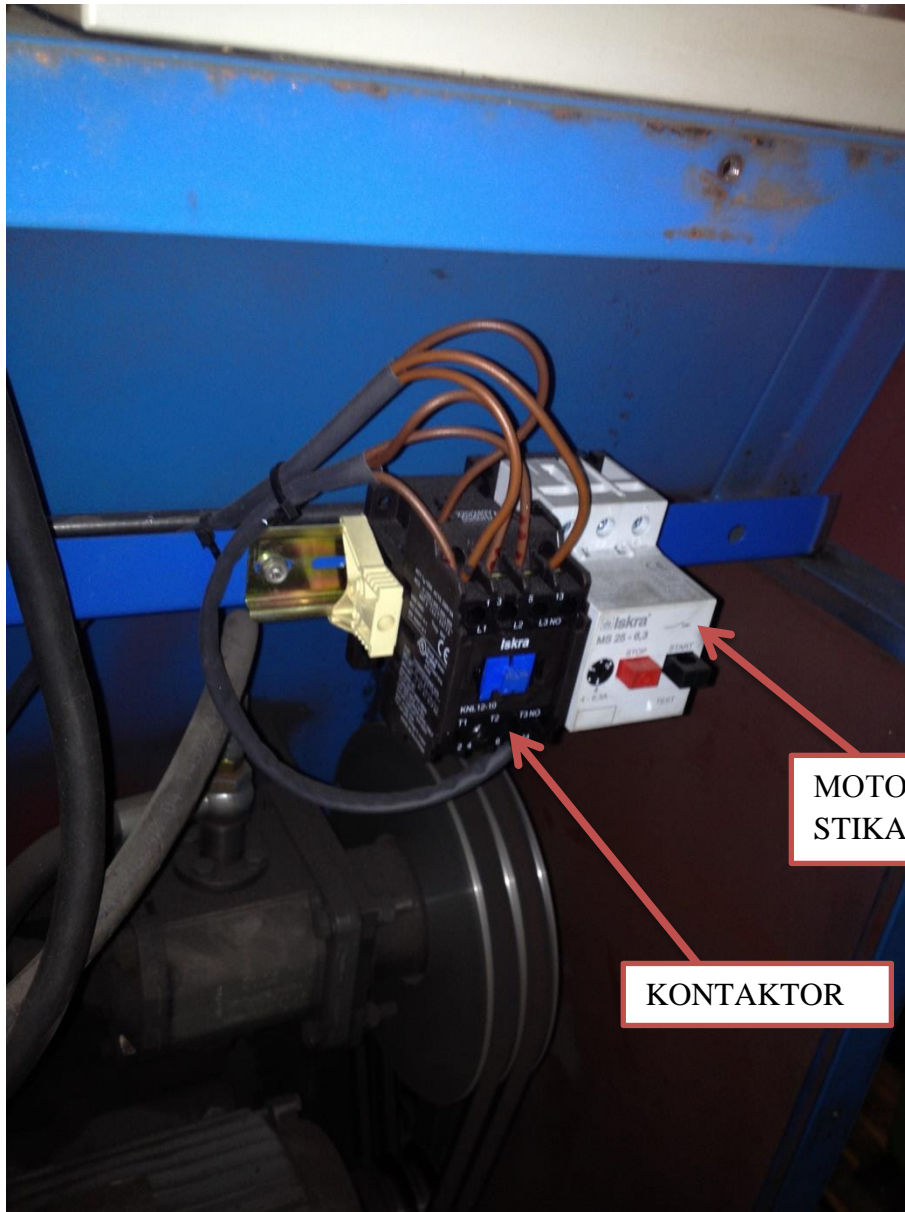


Slika 11: El. shema priklopa motorja



Slika 12: Posredni vklop motorja

Posredni vklop in zasilni izklop motorja sta izvedena s pomočjo kontaktorja K1. S tipko za posredni vklop sklenemo delovni kontakt releja (13, 14) in tako naredimo samodržno vezavo. Kontaktor K1 se izklopi, ko pritisnemo tipkalo za zasilni izklop (1S1) ali izklopimo glavno stikalo S1. Kompletno krmilno shemo vidimo na sliki 12.



MOTORSKO ZAŠČITNO
STIKALO

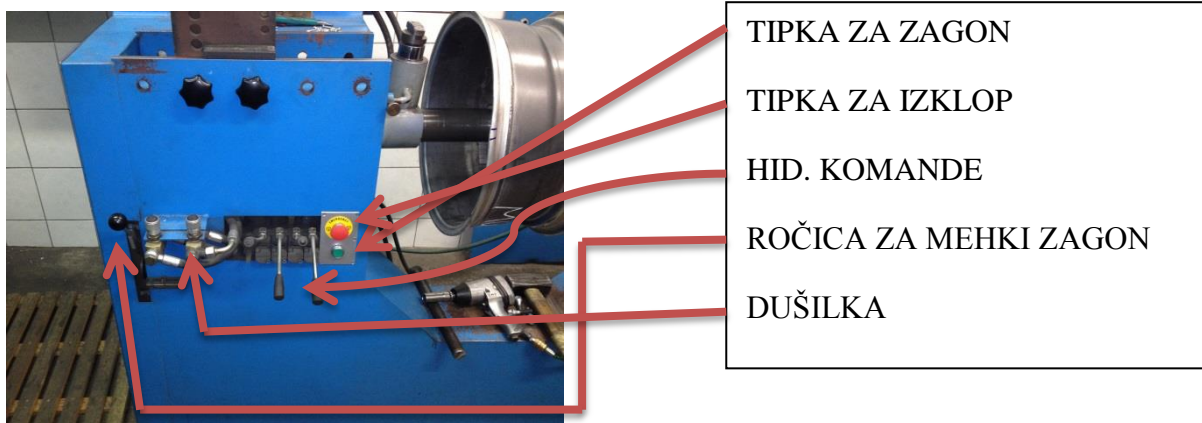
KONTAKTOR

Slika 13: Zaščita el. motorja

Elektromotor smo zaščitili z motorskim stikalom (slika 13), posredni vklop in izklop v sili pa smo izvedli s pomočjo kontaktorja. Ta dva elementa smo namestili v krmilno omarico stroja, in sicer na mestu, kjer nanju zunanji vplivi skorajda ne vplivajo (prah, nečistoče, opilki ...).

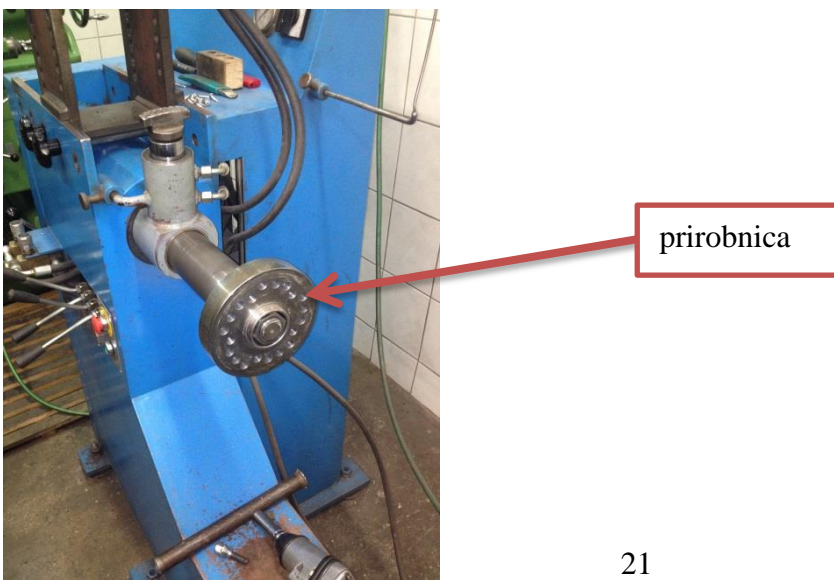
9 DELOVANJE STROJA

Stroj zaženemo preko glavnega stikala in tipke za vklop (zelena tipka), ugasnemo pa ga na rdeči tipki. Po zagonu elektromotorja lahko preko hidravličnih komand zaženemo tudi hidromotor in s pomočjo vzvoda za mehki zagon napnemo jermen in tako zaženemo glavno gred stroja. Hitrost vrtenja hidromotorja lahko nastavljamo s tem, ko zmanjšujemo ali povečujemo pretok črpalke z dušilko.

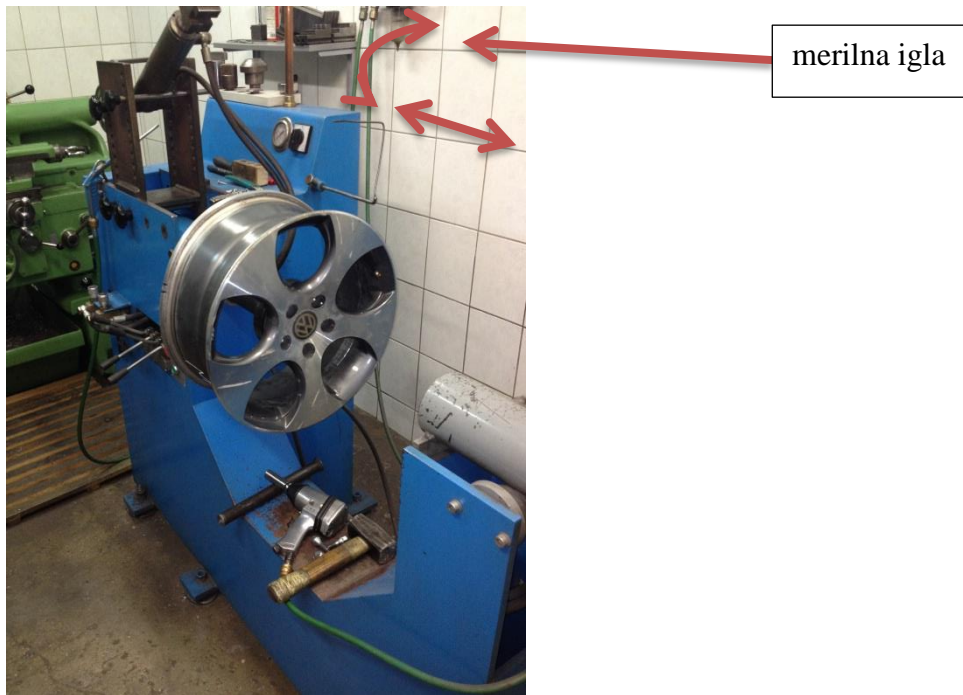


Slika 14: Elementi za upravljanje stroja

Na sliki 15 vidimo glavno gred, na katero je že nameščena prirobnica, kjer se prilegajo skoraj vse standardne dimenzije razmika vijakov na platiščih. Nanjo vpnejo platišče, kot je razvidno na sliki 16.



Slika 15: Nastavitev prirobnice

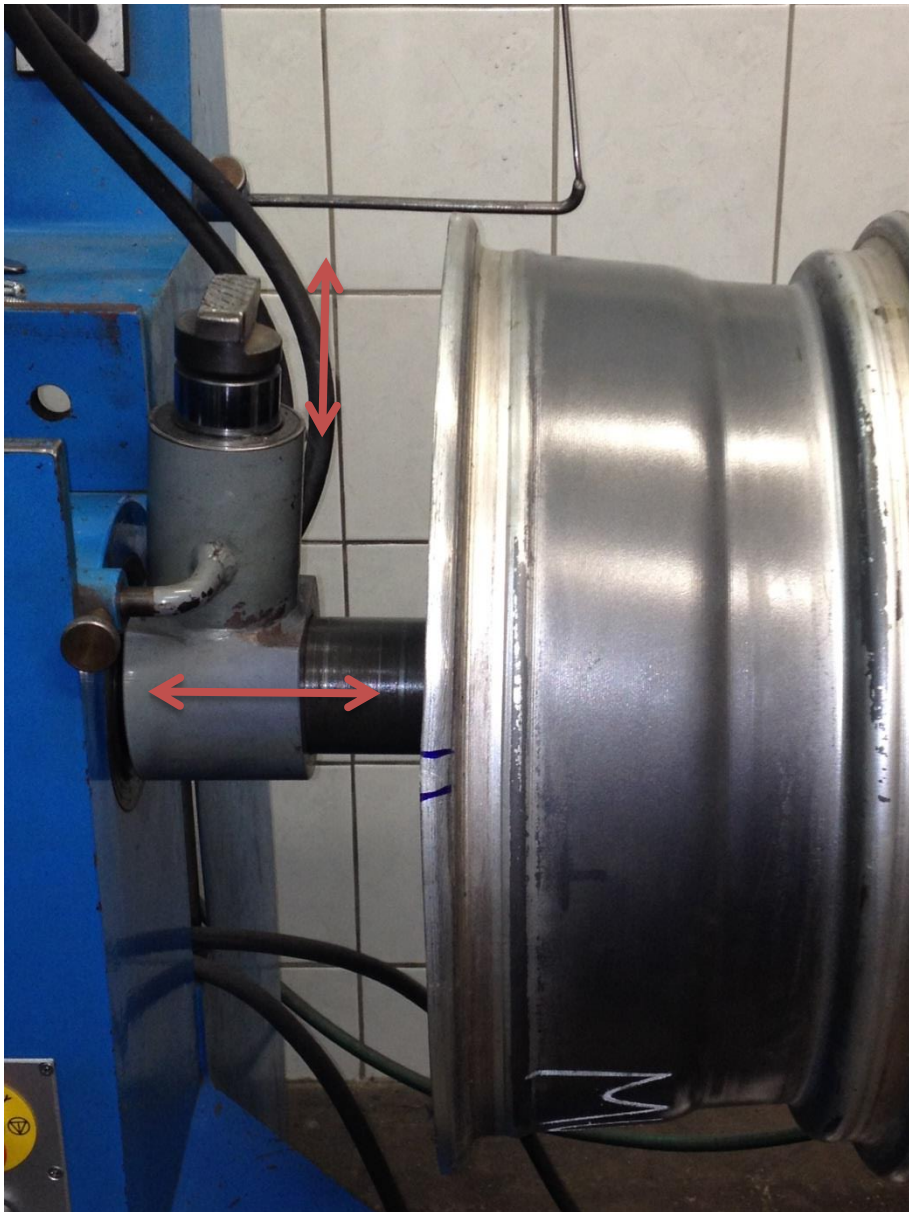


Slika 16: Vpeto platišče

Ko ugotovimo, na kakšen način je platišče poškodovano, lahko pričnemo z ravnanjem. Za ugotavljanje, kje je platišče zvito, uporabimo t. i. merilno iglo, ki jo lahko prestavljamo vzdolžno ob platišču ali pa po višini.

Za lažjo predstavbo možnih smeri nastavljanja igle smo na sliki 16 le-to ponazorili s puščicami.

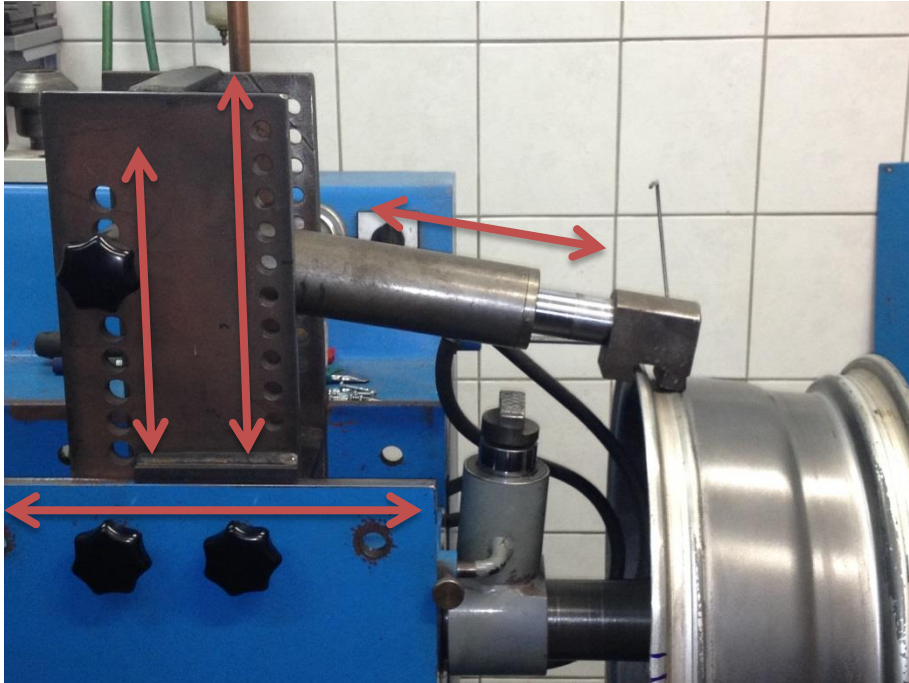
Če je poškodovan notranji rob, uporabimo cilinder, ki je vpet na glavno gred in ga po njej lahko po želji prestavljamo levo in desno. Cilinder upravljamo z hid. komandami (gor, dol).



Slika 17: Prikaz smeri delovanja cilindrov

In prav ta lastnost, da lahko omenjeni cilinder prestavljamo vzdolž glavne gredi, je zamisel, ki je stroji na tržišču nimajo.

Če gre za bočno udarjeno platišče, moramo uporabiti vzdolžni cilinder, ki je prav tako nastavljen po višini in oddaljenosti od platišča (slika 17). Navpični cilinder preprečuje, da bi se glavna gred ob bočnem ravnanju platišča preveč zvila (slika 18).

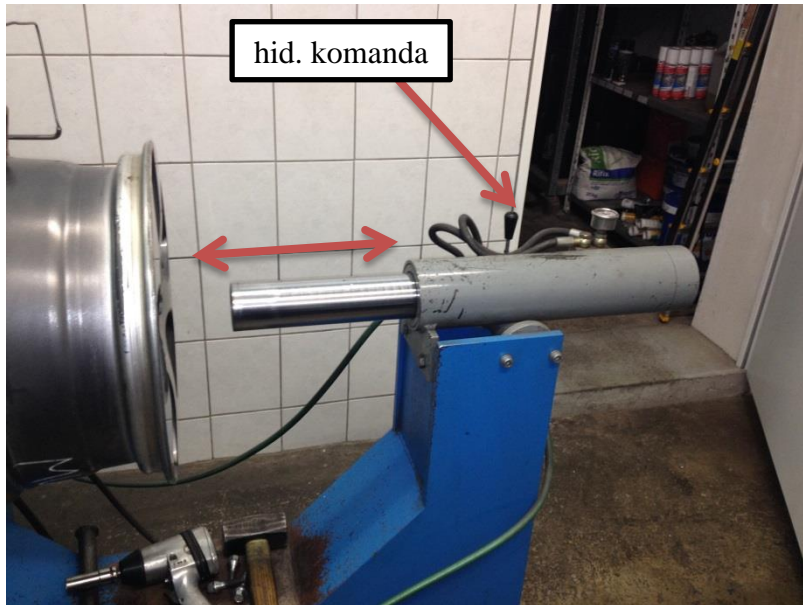


Slika 18: Prikaz smeri delovanja cilindrov



Slika 19: Prikaz smeri delovanja cilindrov

Seveda pa lahko pri ravnanju pride do zvitja centra platišča, za kar poskrbimo še z enim cilindrom, ki center platišča stabilizira (slika 19).



Slika 20: Prikaz smeri delovanja cilindrov

Na sliki vidimo cilindrični mehanizem, ki se pomika proti centru platišča, krmilimo pa ga s hidravlično komando za njim, označeno s puščico. Ob primerjavi s stroji na tržišču je v našem primeru varovanje pred trganjem vijakov iz prirobnice na veliko višji ravni, kot na strojih na tržišču. To pa v veliki meri zaradi masivnosti cilindra in močnega vpetja.

13 ANALIZA UPRAVIČENOSTI INVESTICIJE

Da smo se lotili lastne izgradnje stroja, smo seveda vnaprej deloma predvideli stroške izdelave. Iz podatkov, navedenih v tem poglavju, lahko razberemo, da se nam je izdelava izplačala (znesek smo navajali v denarnih enotah, tj. s kratico D. E.). Preverili smo tudi, v kolikšnem času bi se investicija povrnila.

Sestavni deli ogrodja	1.000 D. E.
Ležaji glavne gredi	200 D. E.
Hidromotor	400 D. E.
Hidravlična črpalka	250 D. E.
Elektromotor	300 D. E.
Krmilne hidravlične komponente	650 D. E.
Elektronske komponente	80 D. E.
Skupaj	2.880 D. E.

Tabela 1: analiza upravičenosti investicije

Torej če dodamo še stroške potrošnega materiala, ki so nastali med samo izdelavo, smo za izdelavo lastnega stroja porabili 3.000 D. E. Cena je popolnoma konkurenčna ceni stroja, ki ima podobne lastnosti in bi ga lahko kupili na tržišču, vendar obenem ni tako prilagojen na naše zahteve kot naš lasten stroj. Cena stroja na tržišču, ki vsaj deloma omogoča vse, kar nam omogoča naš stroj, je približno 3.000 D. E. Vendar je pri tem jasno, da po kvaliteti močno zaostaja za našim strojem.

13.1 Povrnitev stroškov investicije

Najbolj pomembno je, da se nam začetna investicija povrne v čim krajšem roku. Ker je stroj že v uporabi, smo lahko analizirali, koliko je dnevno v uporabi in kolikšen je zaslužek, ki ga prinaša.

Ob tem smo upoštevali vse stroške, ki jih mora kriti podjetje in so posledica obratovanja stroja (elektrika, plača delavca, vzdrževanje stroja). Prav tako smo preračunali povprečno ceno popravila ALU-platišč in pri tem upoštevali količino poravnanih platišč skozi celo leto (ne samo v sezoni) in tudi, kako težko so bila platišča poškodovana. Dnevni in letni doprinos, z upoštevanjem prostih dni, smo ponazorili v naslednji tabeli.

Povprečna cena popravila ALU-platišč	Dnevni doprinos (z odštetimi stroški)	Letni doprinos (z odštetimi stroški)
22 D. E.	25 D. E.	6.300 D. E.

Tabela 2: analiza vračanja investicije

13.2 Prednosti našega stroja v primerjavi s stroji na tržišču



Na sliki vidimo stroj, ki ga lahko kupimo na tržišču, vendar se po kvaliteti in lastnostih ne more primerjati z našim. Obenem pa omenimo, da je za 4.000 D. E. dražji od našega. Prva slaba stran je, da je večji od našega, kar je vidno že na prvi pogled in bi zasedel preveč prostora.

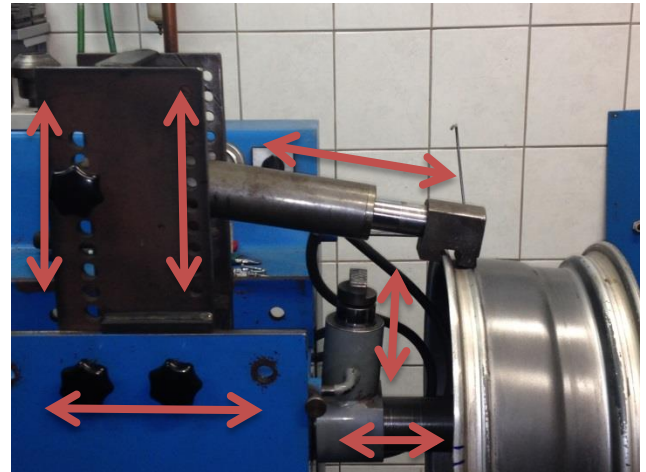
O naslednjih prednostih našega stroja pred tem bomo pokomentirali ob naslednjih

Slika 21: Stroj s tržišča

slikah.



Slika 22: Možnosti ravnanja



Slika 23: Možnosti ravnanja

Ko primerjamo možnosti ravnanja notranjega roba ali bočno udarjenega platišča, je razlika evidentna. Na našem stroju lahko smer in kot, pod katerim bo posamezni cilinder pritisnil na platišče, veliko bolje reguliramo, kot na stroju na levi sliki. Obenem sta tudi veliko bolj masivna. Poleg tega pa na stroju s trga ni varovanja pred zvitjem centra ALU-platišča, ki je v našem primeru izveden še z enim cilindrom, ki center platišča stabilizira (slika 19).

13.3 Priprava za struženje

Mnogo strojev na tržišču ponuja možnost struženja robov ALU-platišč, kar smo želeli označiti za nesmiselno. Vzroka sta dva:

1. Stružimo lahko samo zunanje robove ALU-platišča, medtem ko je v mnogih primerih potrebno postružiti tudi center in ploskev, kjer platišče nalega na pesto avtomobila. Torej že ob tem dejstvu vemo, da poleg tega stroja potrebujemo stružnico.
2. Stroji s tržišča imajo preslabo varovanje stroja pred zvitjem glavne gredi, zaradi tega pride do prevelikega opletanja platišča, tudi po tem, ko zunanje robove postružijo. Za primerjavo in v dokaz te trditve smo opravili nekaj meritev. V stružnico smo vpeli platišče, ki smo ga

poravnali z našim strojem in postružili na stružnici, ter platišče, ki je bilo poravnano na kupljenem stroju in je bilo na njem tudi postruženo. Rezultate najdemo v preglednici.



Slika 24: Merjenje opletanja

Opletanje smo merili z merilno uro.

Zaporedna št. meritve	1	2	3	4
Naš stroj	0,12mm	0,08mm	0,19mm	0,15mm
Kupljen stroj	0,93mm	1,03mm	0,85mm	0,79mm

Tabela 3: meritve opletanja

Iz danih rezultatov razberemo, da je točnost veliko večja, če je platišče postruženo na stružnici in ne na samem stroju.

Torej na podlagi teh dveh vzrokov lahko trdimo, da je priprava za struženje na stroju nesmiselna, kar smo predvideli že na začetku raziskovalne naloge.

14 ZAKLJUČEK

Ob koncu naše raziskovalne naloge smo torej lahko zadovoljni, saj smo potrdili vse zastavljene hipoteze.

ANALIZA ZASTAVLJENIH HIPOTEZ	
✓	Izdelava lastnega stroja je cenejša, kot nakup stroja s tržišča. <i>Stroj, ki vsaj deloma lahko parira našemu, je vsaj 4.000 D. E. dražji.</i>
✓	Naš stroj je bolj praktičen, kot stroji na tržišču. <i>Glede na analizo drugih strojev, smo ugotovili, da ni noben stroj konkurenčen našemu.</i>
✓	Investicija se povrne. <i>Investicija se povrne prej kot v enem letu obratovanja.</i>
✓	Na stroju je nesmiselno imeti pripravo za struženje. <i>Na stroju lahko stružimo le zunanje robove in točnost struženja je premajhna.</i>

Tabela 4: Analiza zastavljenih hipotez

15 ZAHVALA

Zahvaljujemo se našima mentorjema, mag. Andru Glamniku, univ. dipl. inž. in Mateju Vebru, univ. dipl. inž., ki sta nas spodbujala pri raziskovanju in nam posredovala veliko pomembnih nasvetov, brez katerih bi težave, ki so nastale med samo raziskovalno nalogo, težje rešili.

Prav tako se zahvaljujemo gospe Meliti Leskovar, prof. slovenščine, ki je našo raziskovalno nalogo lektorirala in ostalim profesorjem, ki so nam pomagali pri raziskovanju.

16 VIRI

- [1] BAJD, T. in MIHELJ, M. *Robotika*. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko, 2008.
- [2] LOMBARD, M. *Solid Works 2013 Bible*. Indianapolis: Wiley, 2013.
- [3] *Mehatronika*. Ljubljana: Založba Pasadena, 2009.