

# KONSTRUKCIJA I IZRADA BOČNOG REDUKTORA ZA TRAKTOR

---

**Botinčan, Luka**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:009268>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-20**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

# KONSTRUKCIJA I IZRADA BOČNOG REDUKTORA ZA TRAKTOR

---

**Botinčan, Luka**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:009268>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2023-02-15**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL**

*Stručni studij Strojарstva*

Luka Botinčan

**KONSTRUKCIJA I IZRADA  
BOČNOG REDUKTORA ZA  
TRAKTOR**

**Design and manufacturing of side  
reducer for tractor**

Završni rad

U Karlovcu, 2020.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
*Stručni studij Strojarstva*

Luka Botinčan

**KONSTRUKCIJA I IZRADA  
BOČNOG REDUKTORA ZA  
TRAKTOR**

**Design and manufacturing of side  
reducer for tractor**

Završni rad

Nikola Šimunić, mag.ing.mech.

U Karlovcu, 2020.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći navedenu literaturu te stečena znanja tijekom studija.

Zahvaljujem se svojim roditeljima koji su me potaknuli i omogućili mi, nakon srednjoškolskog obrazovanja daljnje obrazovanje, kao i svim ostalima koji su mi bili podrška tijekom studiranja.

Luka Botinčan

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	II
POPIS TABLICA .....	IV
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....	V
POPIS OZNAKA .....	VI
SAŽETAK .....	VII
SUMMARY .....	VIII
1. UVOD .....	1
2. TRAKTORI DANAS – OPIS I VRSTE .....	3
2.1 Osnovna podjela traktora .....	3
2.2 Traktori u Hrvatskoj.....	4
3. KONSTRUKCIJA ZADNJEG BOČNOG REDUKTORA ZA TRAKTOR .....	6
3.1 Proračun zupčanika .....	7
3.2 Proračun zupčanika u programu MechSoft-PROFI UniTools 2.5 .....	10
3.3 Odabir materijala zupčanika .....	13
3.4 Proračun vratila.....	14
3.5 Odabir materijala izlaznog vratila .....	19
3.6 Proračun ležaja .....	20
3.7 Modeliranje bočnog reduktora u programu SolidWorks 2016.....	22
3.8 Sklop bočnog reduktora .....	24
4. IZRADA ZADNJEG BOČNOG REDUKTORA ZA TRAKTOR.....	26
4.1 Obrada kućišta desnog bočnog reduktora .....	27
4.2 Zupčanic i izlazno vratilo bočnog reduktora.....	34
4.2.1 Izrada zupčanika .....	34
4.2.2 Izrada izlaznog vratila bočnog reduktora .....	39
4.3 Izrada programa za plazma rezanje za prirubnicu zadnjeg reduktora .....	41
5. SASTAVLJANJE BOČNOG REDUKTORA .....	44
6. MONTAŽA BOČNOG REDUKTORA NA TRAKTOR.....	48
7. ZAKLJUČAK.....	49
PRILOZI .....	50
LITERATURA.....	51

## POPIS SLIKA

Slika 1. Fowler traktor [4].....	1
Slika 2. Fordson traktor [3].....	2
Slika 3. EcoTrac 40 [5].....	4
Slika 4 Traktor Tuber 40 [6].....	5
Slika 5. Osnovne dimenzije zupčanika [13] .....	6
Slika 6. Razmak osi para zupčanika .....	7
Slika 7. MechSoft-PROFI UniTool.....	10
Slika 8. Unošenje parametara.....	11
Slika 9. parametri za zupčanik redukcije .....	11
Slika 10. parametri za zupčanik sa unutašnjim ozubljenjem .....	12
Slika 11. Raspored sila na zaupčanik redukcije .....	14
Slika 12. Moment savijanja na zupčaniku redukcije .....	16
Slika 13. Raspored sila na izlazno vratilo .....	17
Slika 14. Moment savijanja na izlazno vratilo .....	18
Slika 15. Dimenzije ležaja [14].....	21
Slika 16. 3 načina rada u SolidWorksu.....	22
Slika 17. 3D model bočnog reduktora .....	22
Slika 18. Prikaz bočnog reduktora u SolidWorksu .....	23
Slika 19. Funkcije naredbe mate .....	24
Slika 20. Sklop bočnog reduktora u presjeku .....	24
Slika 21. Prikaz crteža kućišta bočnog reduktora .....	26
Slika 22. Odlijevak bočnog reduktora .....	27
Slika 23. Haas EC-500 CNC glodalica [7] .....	27
Slika 24. Nacrt kućišta u presjeku .....	28
Slika 25. Prikaz prvog stezanja kućišta .....	28
Slika 26. Prikaz drugog stezanja kućišta .....	29
Slika 27. Prikaz čeonog glodanja .....	29
Slika 28. Automatska izmjena alata .....	30
Slika 29. Prikaz zabušivanja .....	30
Slika 30. Prikaz bušenja.....	31
Slika 31. Prijenosnici snage u reduktoru .....	34
Slika 32. Fellows odvalna dubilica.....	35
Slika 33. Odvalna glodalica .....	35
Slika 34. Prikaz izrade zupčanika fellows postupkom [9].....	36
Slika 35. Prikaz zupčanika na stroju.....	36
Slika 36. Crtež zupčanika sa unutarnjim ozubljenjem u presjeku.....	37
Slika 37. Crtež zupčanika redukcije .....	37
Slika 38. Prikaz izrade zupčanika odvalnim glodanjem [10] .....	38
Slika 39. Prikaz zupčanika na striju .....	38
Slika 40. Crtež izlazno vratilo u presjeku .....	39
Slika 41. Odkovak izlaznog vratila .....	40
Slika 42. prikaz stezanja obratka u steznu glavu.....	40
Slika 43. Dimenzije prirubnice .....	41
Slika 44. Prirubnica zadnjeg reduktora.....	41
Slika 45. Stroj za plazma rezanje .....	41

---

Slika 46. Odabir lima.....	42
Slika 47. Prikaz programa za lim debljine 30mm .....	42
Slika 48. Izgled programa.....	43
Slika 49. Prikaz g koda u PLA datoteci.....	43
Slika 50. Preša koju koristimo .....	44
Slika 51. Naprave za uprešavanje.....	44
Slika 52. Naprava za uprešavanje klizne čahure na zupčanik s unutarnjim ozubljenjem .....	45
Slika 53. Naprava za uprešavanje ležaja na izlazno vratilo .....	45
Slika 54. Naprava za uprešavanje zupčanika sa unutarnjim ozubljenjem .....	46
Slika 55. Naprava za uprešavanje ležaja na zupčanik redukcije .....	46
Slika 56. Naprava za uprešavanje zupčanika redukcije sa ležajem u reduktor.....	47
Slika 57. Prikaz bočnog reduktora na zadnjem kućištu.....	48
Slika 58. Kućišta traktora.....	48



## POPIS TABLICA

Tablica 1. Kemijski sastav čelika Č.4721 [12] .....	13
Tablica 2. Kemijski sastav čelika Č.4732 [12] .....	19
Tablica 3. Pozicije bočnog reduktora .....	25
Tablica 4. Popis i značenja nekih od funkcija koje koristimo .....	32
Tablica 5. Parametri hrapavosti i stupnjevi površinske hrapavosti .....	33

## POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

BROJ CRTEŽA:	Naziv iz sastavnice
503 571 KA 2010-28	Rukavac zadnji desni
007.05.0.002	Zupčanik redukcije zadnji desni
601675	Zupčanik sa unutarnjim ozubljenjem
603 523 KC 2010-28	Izlazno vratilo
603 562	Prirubnica zadnjeg rukavca

**POPIS OZNAKA**

<b>Oznaka</b>	<b>Jedinica</b>	<b>Opis</b>
$\alpha$	Stupanj	Zahvatni kut
$m$	mm	Modul
$z$	kom	Broj zubi
$i$	-	Prijenosni omjer
$a_w$	mm	Razmak osi
$c$	mm	Zračnost
$a$	mm	Nulti razmak osi
$d$	mm	Diobeni promjer
$d_a$	mm	Tjemeni promjer
$d_w$	mm	Promjer kinematske kružnice
$d_f$	mm	Podnožni promjer
$d_b$	mm	Osnovni promjer
$p$	mm	Korak profila
$s$	mm	Debljina zuba
$n$	okr/s	Brzina vrtnje
$d_w$	mm	Promjer žice
$M$	Nm	Okretni moment
$P$	W	Prenosiva snaga
$\eta_{uk}$	-	Ukupan stupanj korisnosti
$v$	m/s	Brzina
$\omega$	rad/s	Kutna brzina

## **SAŽETAK**

U završnom radu je opisana izrada bočnog reduktora za traktor sa svim elementima, od poluproizvoda do gotovog sklopa. Pojašnjeni su procesi obrade, nabrojani su i objašnjeni neki postupci strojne obrade, izrađen je proračun zupčanika u programu MechSoft-PROFI UniTools 2.5, izrada programa za plazma rezanje u programu Microstep AsperWin 3.5,.  
Objašnjeno je sastavljanje reduktora i montaža reduktora na traktor.

Ključne riječi: reduktor, poluproizvod, plazma, traktor

## **SUMMARY**

The final paper describes the production of a side reducer for a tractor with all elements, from the semi-finished product to the finished assembly. Processes are explained, some machining procedures are enumerated and explained, gear calculation is made in the program MechSoft-PROFI UniTools 2.5, the creation of a program for plasma cutting in Microstep AsperWin 3.5, The assembly of the gear unit and the installation of the gear unit on the tractor.

Key words: reducer, semi-finished product, plasma, tractor

## 1. UVOD

Traktor (lat. *Trahere*) što znači vući.

Nakon što je James Watt 1769. konstruirao parni stroj za praktičnu primjenu u strojevima i vozilima, Fowler je 1851. u Engleskoj patentirao postupak oranja s balansnim plugom koji je čeličnim užetom vukao parni stroj (*Slika 1*). Takav su način oranja upotrebljavali na svim imanjima u Europi. Strojevi su bili velikih dimenzija, teški, slabo pokretljivi, trebali su puno radnoga osoblja, a često su bili opasni jer su iskre iz dimova izazivale požare, a kotlovi su na prvim modelima ponekad eksplodirali.



**Slika 1. Fowler traktor [4]**

John Froelich je 1892. izradio prvi praktični traktor pokretan benzinskim motorom. Prodana su samo dva primjerka iako je novo vučno vozilo pokazalo više prednosti i bilo konkurentnije od svojih prethodnika. Unatoč tome traktori nisu imali vidljiviji utjecaj na mehaniziranje radnih postupaka na farmama sve do dvadesetih godina 20. stoljeća. Jedan od razloga njihova sporoga uvođenja bila je visoka cijena, nisu bili posebno pouzdani jer su se njihovi motori i mehanički prijenosi često kvarili. Tvrtka Waterloo Gasoline Traction Engine Company tek je 1911. projektirala traktor koji je postao uspješan. Ti su se traktori rabili prije svega za obradu zemlje i pogon stacionarnih strojeva za mlaćenje žita. Uvođenje priključne osovine, pneumatike, dizelskoga motora te hidrauličke dizalice promijenili su traktor u svestrano upotrebljavan stroj već prije II. svjetskog rata. U Velikoj Britaniji prva zabilježena prodaja traktora bila je 1897. To je bio naftom pokretani Patent Safety Oil Traction engine (motor za vuču). Prvi komercijalno uspješan traktor bio je Dan Alboneov Ivel traktor s tri kotača, proizveden 1902. Henry Ford 1917. predstavlja Fordson (*Slika 2*) – prvi masovno proizvedeni

traktori izrađuju se u Sjedinjenim Američkim Državama, Irskoj, Engleskoj i Rusiji i do 1923. zauzima 77 posto tržišta unutar SAD-a. Do 1920. benzinski su motori s unutrašnjim izgaranjem postali norma za izradu traktora.[1]



**Slika 2. Fordson traktor [3]**

Francuski traktor iz 1769. bio je prvo radno parno vučno vozilo na svijetu, a njemački je Hanomag 1917. proizveo traktor na kojem su plug i pogonski dio jedinstvena cjelina za obradu zemlje. U prošlosti su traktori bili opremljeni različitim pogonskim motorima. Iako je prvi traktor s dizelskim motorom u Europi ponudio njemački proizvođač Benz – Sendling.

Današnji moderni traktori upotrebljavaju velike dizelske motore čija se snaga proteže od 18 do 575 konjskih snaga (15 do 480 kW). Traktori se prema pogonu mogu klasificirati na traktore s pogonom na dva kotača, traktore s pogonom na dva kotača pomagane prednjim kotačima, traktore s pogonom na četiri kotača (često sa zglobnim skretanjem) i gusjeničare (s pogonom na dvije ili četiri gusjenice). Klasične varijante uključuju i umanjene livadske traktore i vrtne traktore, u rasponu od 10 do 25 konjskih snaga.[1]

## 2. TRAKTORI DANAS – OPIS I VRSTE

Poljoprivredni traktor je namijenjen obavljanju poslova po cestama i poljima, sposoban za nošenje, upravljanje, vuču i pogon oruđa – priključaka ili pokretnih i nepokretnih strojeva i vuču prikolica.[2]

### 2.1 Osnovna podjela traktora

➤ Podjela prema konstrukciji:

- jednoosovinski: s 2 kotača ili bez kotača (motokultivatori)
- dvoosovinski: s upravljanjem na zadnje kotača, na sva 4 kotača, zglobni traktori

➤ Podjela prema snazi motora:

- laki traktori – do 37 kW
- srednji traktori – od 37 do 110 kW
- teški traktori – preko 110 kW

➤ Podjela prema namjeni korištenja:

- univerzalni
- voćarsko-vinogradarski
- vrtlarski
- traktori s visokim clearansom (1.80 – 2 m) → razmak od površine tla do najnižeg dijela traktora. Služe za prskanje kad je veći usjev kao i za skidanje metlica kod uzgoja sjemenskog kukuruza.
- za osnovnu obradu tla – zahvaća se masa tla do određene dubine, gdje se razvija glavna korjenovog sustava. Njima se obavlja oranje, rigolanje i dubinsko rahljenje.
- za dopunsku obradu tla – dopunjuje osnovnu obradu u smislu dovršenja supstrata za sjetvu ili sadnju. Njima se obavlja tanjuranje, valjanje, drljanje, plošna kultivacija i rovljenje.

➤ Podjela prema uređaju za vožnju:

- traktori s kotačima
- traktori s gusjenicama (trakcionim lancima) [2]



## 2.2 Traktori u Hrvatskoj

### EcoTrac 40

Poljoprivredno-komunalni traktor snage 40 KS.

EcoTrac 40 (Slika 3) izrađen je prema modelu, nekada vrlo poznatog traktora-Tomo Vinković.

Niski troškovi rada, zglobna konstrukcija prilagodljiva svakoj vrsti terena, kvalitetan Lombardini motor te mogućnost korištenja raznih priključaka rezultiraju u velikoj multifunkcionalnosti.

EcoTrac 40 pogodan je za mala obiteljska gospodarstva, radove u vinogradarstvu, voćarstvu, gajenju hmelja, rasadnicima i komunalnim poduzećima.

EcoTrac 40 proizvodi tvrtka Hittner u Bjelovaru. Tvrtka ima tradiciju dugu tridesetak godina, a trenutno je najveći proizvođač šumskih traktora-Skiddera u Europi.

Bogat asortiman tvrtke čini šumski program zglobnih traktora- Skiddera: 55V, 120V i 140V, mali šumski traktor-Forester 40 ks te mali poljoprivredno-komunalni traktor ECO 40 ks.



Slika 3. EcoTrac 40 [5]

## Tuber 40

Traktor Tuber 40 (*Slika 4*) pogoni trocilindrični Lombardini motor oznake LDW CHD 1603. Uz uporabu u ratarstvu, traktor „Tuber 40” vrlo je pogodan za rad u voćarstvu i vinogradarstvu zbog njegovog malog međuosovinskog razmaka. [6]

Traktor proizvodi tvrtka Labin progres-TPS iz Labina.



Slika 4 Traktor Tuber 40 [6]

### 3. KONSTRUKCIJA ZADNJEG BOČNOG REDUKTORA ZA TRAKTOR

**Reduktor** je mehanički prijenosnik pomoću kojega se smanjuje brzina vrtnje pogonjenog vratila, radnoga vretena i drugog, a pritom se brzina vrtnje pogonskoga stroja ili motora ne mijenja. Ugrađuje se između motora i radnoga dijela nekoga stroja, vozila i slično kako bi se brzina vrtnje alata, pogonskih kotača ili drugog prilagodila uvjetima rada. Mali je zupčanik pogonski (veliki gonjeni zupčanik ima manju brzinu vrtnje).

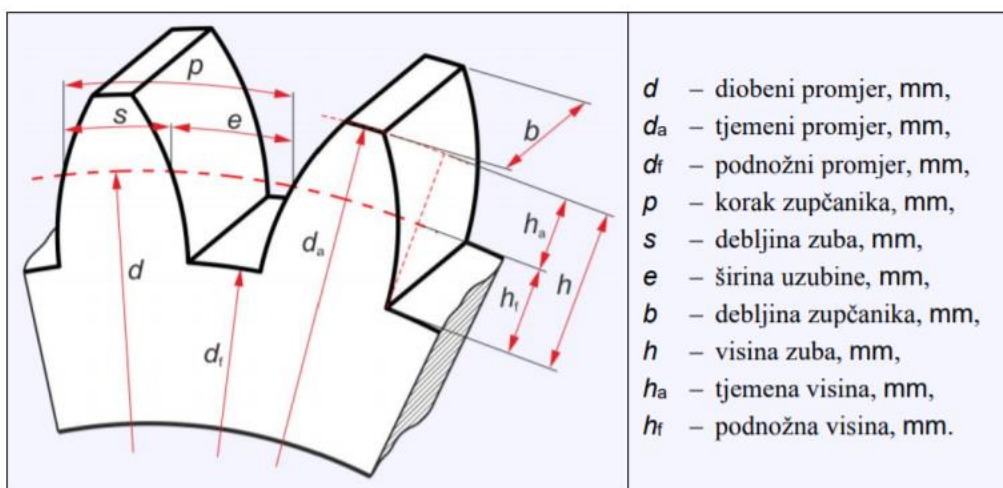
**Zupčanik** je strojni element valjkasta ili stožasta oblika s ravnomjerno raspoređenim zupcima po obodu. U paru s drugim zupčanikom, pri čem je svaki učvršćen na svojem vratilu, služi za prijenos rotacijskoga gibanja i snage između vratila. Jedan ili više parova zupčanika, s vratilima, ležajevima, kućištem i odgovarajućim priborom, čine zupčanički prijenosnik.

#### Oblici zupčanika:

Prema međusobnom položaju osi vratila zupčanici se dijele na ove oblike:

1. Čelnici, kod usporednih vratila,
2. Ozubnice (zupčaste letve),
3. Stožnici (stožasti zupčanici), za vratila koja se sijeku.
4. Vijčani zupčanici, za mimosmjerna vratila.
5. Puževi i pužna kola, za mimosmjerna vratila (najčešće pod pravim kutom).

**Zupčani par** – dva uzajamno spregnuta zupčanika, od kojih je jedan pogonski a drugi gonjeni zupčanik. U pravilu su zupčanici zupčanih parova različitih promjera – jedan je mali, drugi veliki zupčanik.



Slika 5. Osnovne dimenzije zupčanika [13]

### 3.1 Proračun zupčanika

U ovom poglavlju je izrađen proračun pomoću kojeg dobivamo karakteristike zupčanika poput diobenog promjera, tjemelog promjera, promjera kinematske kružnice i sl. Ti podaci nam služe za konstrukciju zupčanika i za daljnju izradu zupčanika na stroju.

#### **Zadano:**

Zahvatni kut  $\alpha = 20^\circ$

Kut nagiba boka zubi  $\beta = 0^\circ$

Broj zubi manjeg zupčanika  $z_1 = 13$

Broj zubi većeg zupčanika  $z_2 = 22$

Modul  $m = 3$

Prijenosni omjer

$$i = \frac{z_2}{z_1} = 1,6923 \quad (1)$$

Nulti razmak osi:

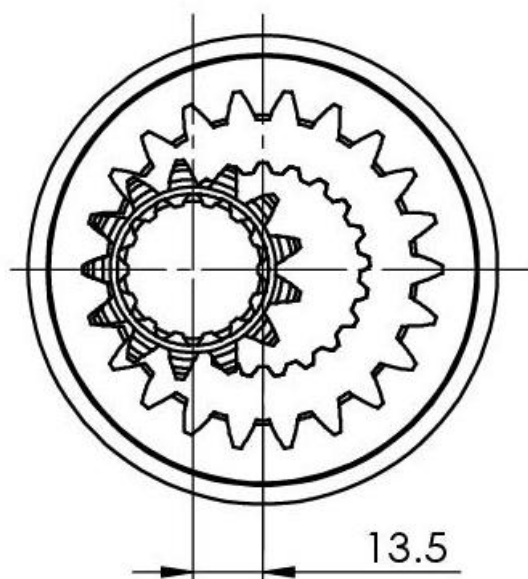
$$a = m \cdot \frac{z_2 - z_1}{2} = 3 \cdot \frac{22 - 13}{2} = 13,5 \text{ [mm]} \quad (2)$$

Stvarni razmak osi:

$$|a - a_w| \leq m \quad (3)$$

Razmak osi jednak je nultom razmaku

$$a_w = a = 13,5 \text{ [mm]} \quad (4)$$



Slika 6. Razmak osi para zupčanika

Stvarni kut zahvata:

$$\alpha_w = \cos^{-1}\left(\frac{a}{a_w} \cdot \cos \alpha\right) = \cos^{-1}\left(\frac{13,5}{13,5} \cdot \cos 20\right) = 20 \quad (5)$$

Stvarni kut zahvata jednak je zadanom. Nema faktora pomaka profila  $x_1 = x_2 = 0$

### **Zupčanik redukcije:**

Diobeni promjer:

$$d_1 = z_1 \cdot m = 13 \cdot 3 = 39 \text{ [mm]} \quad (6)$$

Tjemeni promjer:

$$d_{a1} = d_1 + 2m(1 + x_1) = 39 + 2 \cdot 3(1 + 0) = 45 \text{ [mm]} \quad (7)$$

Promjer kinematske kružnice zahvata:

$$d_{w1} = d_1 \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_w} = 39 \cdot \frac{\cos 20}{\cos 20} = 39 \text{ [mm]} \quad (8)$$

Podnožni promjer:

$$\begin{aligned} d_{f1} &= d_1 - 2m + 2 \cdot x_1 \cdot m - 2 \cdot c = d_1 - 2m(1,25 - x_1) \\ &= 39 - 2 \cdot 3(1,25 - 0) = 31,5 \text{ [mm]} \end{aligned} \quad (9)$$

Osnovni promjer:

$$d_{b1} = d_{w1} \cdot \cos \alpha_w = 39 \cdot \cos 20 = 36,648 \text{ [mm]} \quad (10)$$

Debljina zuba na diobenoj kružnici:

$$\begin{aligned} s_1 &= \frac{p}{2} + 2x_1 m \tan \alpha = m \left( \frac{\pi}{2} + 2x_1 \tan \alpha \right) = 3 \left( \frac{\pi}{2} + 2 \cdot 0 \cdot \tan 20 \right) \\ &= 4,712 \text{ [mm]} \end{aligned} \quad (11)$$

Korak profila

$$p = m \cdot \pi = 9,425 \text{ [mm]} \quad (12)$$

### **Zupčanik sa unutarnjim ozubljenjem:**

Diobeni promjer:

$$d_2 = z_2 \cdot m = 22 \cdot 3 = 66 \text{ [mm]} \quad (13)$$

Tjemeni promjer:

$$d_{a2} = d_2 - 2m(1 - x_2) = 66 - 2 \cdot 3(1 - 0) = 60 \text{ [mm]} \quad (14)$$

Promjer kinematske kružnice zahvata:

$$d_{w2} = d_2 \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_w} = 66 \cdot \frac{\cos 20}{\cos 20} = 66 \text{ [mm]} \quad (15)$$

Podnožni promjer:

$$d_{f2} = d_2 + 2m + 2 \cdot x_2 \cdot m + 2 \cdot c = d_2 + 2m(1,25 + x_2) = 66 + 2 \cdot 3(1,25 + 0) = 73,5 \text{ [mm]} \quad (16)$$

Osnovni promjer:

$$d_{b2} = d_{w2} \cdot \cos \alpha_w = 66 \cdot \cos 20 = 62,02 \text{ [mm]} \quad (17)$$

Debljina zuba na diobenoj kružnici:

$$s_2 = \frac{p}{2} + 2x_2 m \tan \alpha = m \left( \frac{\pi}{2} + 2x_2 \tan \alpha \right) = 3 \left( \frac{\pi}{2} + 2 \cdot 0 \cdot \tan 20 \right) = 4,712 \text{ [mm]} \quad (18)$$

Korak profila

$$p = m \cdot \pi = 9,425 \text{ [mm]} \quad (19)$$

Brzina vozila u prvoj sporohodnoj je 1,8 [km/h]. Snaga motora je 30 kW. Zbog gubitka mjenjača, diferencijala i sl. Uzeto je da su gubitci do kotača 20 %. Promjer kotača je 820 mm. Broj okretaja zupčanika:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n \quad (20)$$

$$v = r \cdot \omega \quad (21)$$

$$n_2 = \frac{v}{d\pi} = \frac{0,5 \text{ [m/s]}}{0,82 \text{ [m]} \cdot \pi} = 0,194 \text{ [okr/sec]} \quad (22)$$

$$n_1 = i \cdot n_2 = 1,6923 \cdot 0,194 = 0,328 \text{ [okr/min]} \quad (23)$$

Okretni moment zupčanika s pretpostavkom kako je raspored snage na svakom kotaču  $\frac{1}{4}$  od snage motora:

$$\frac{1}{4} P \cdot \eta_{uk} = M \cdot \omega \quad (24)$$

$$M_1 = \frac{P \cdot \eta_{uk}}{8 \cdot \pi \cdot n_1} = \frac{30000 \cdot 0,8}{8 \cdot \pi \cdot 0,3284} = 2907,82 \text{ [Nm]} \quad (25)$$

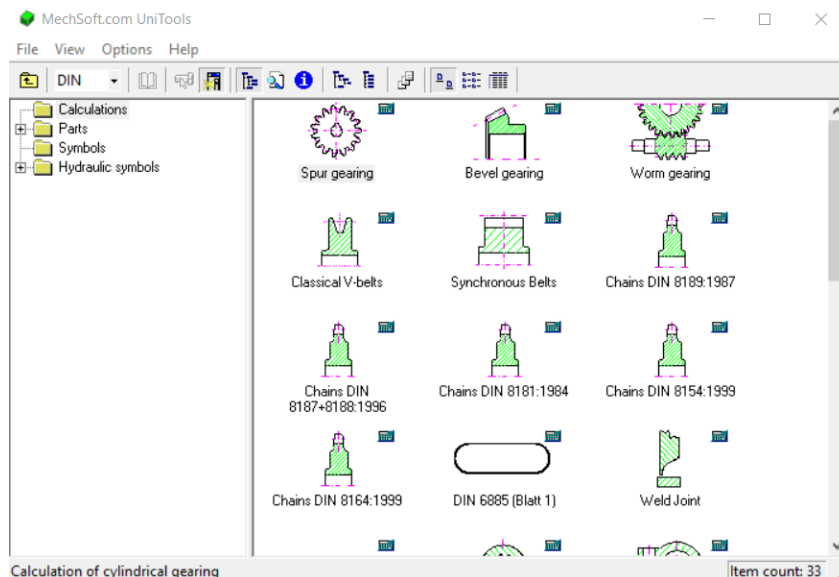
$$M_2 = \frac{P \cdot \eta_{uk}}{8 \cdot \pi \cdot n_2} = \frac{30000 \cdot 0,8}{8 \cdot \pi \cdot 0,1941} = 4919,78 \text{ [Nm]} \quad (26)$$

### 3.2 Proračun zupčanika u programu MechSoft-PROFI UniTools 2.5

U prošlom poglavlju je izrađen proračun ručno pomoću formula. Većina tvrtki u današnje vrijeme izrađuju proračune pomoću računalnih programa kao što su KISSsoft, ZAR, MechSoft-Profi unitools, također postoji i nadogradnja za SolidWorks u kojoj se mogu proračunavati zupčanici.

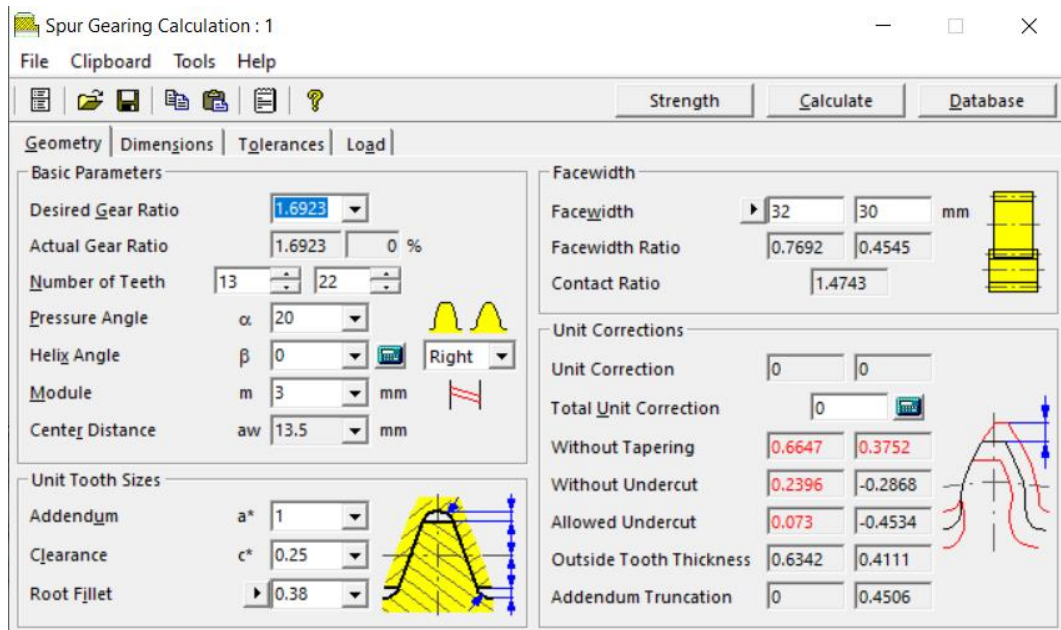
U ovom poglavlju je opisana izrada proračuna u programu MechSoft-PROFI UniTools 2.5

**MechSoft-PROFI UniTools 2.5** sadrži više od pedeset detaljnih inženjerskih proračuna. Na primjer, izračun prijenosa zupčastog i skočnog zupčanika, izračun klinastih remena, klinastog i lančanog prijenosa, izračun brazde zgloba, izračun zgloba jezičaca, pregled spojeva zvara, proračuni ležaja, provjera dizajna i proračuna osovine, izrada i proračun bregastog vratila i proračun greda itd. Izlaz izračuna može biti parametarski modeli, a svi izračunati objekti na crtežu sadrže potpune podatke o proračunu.

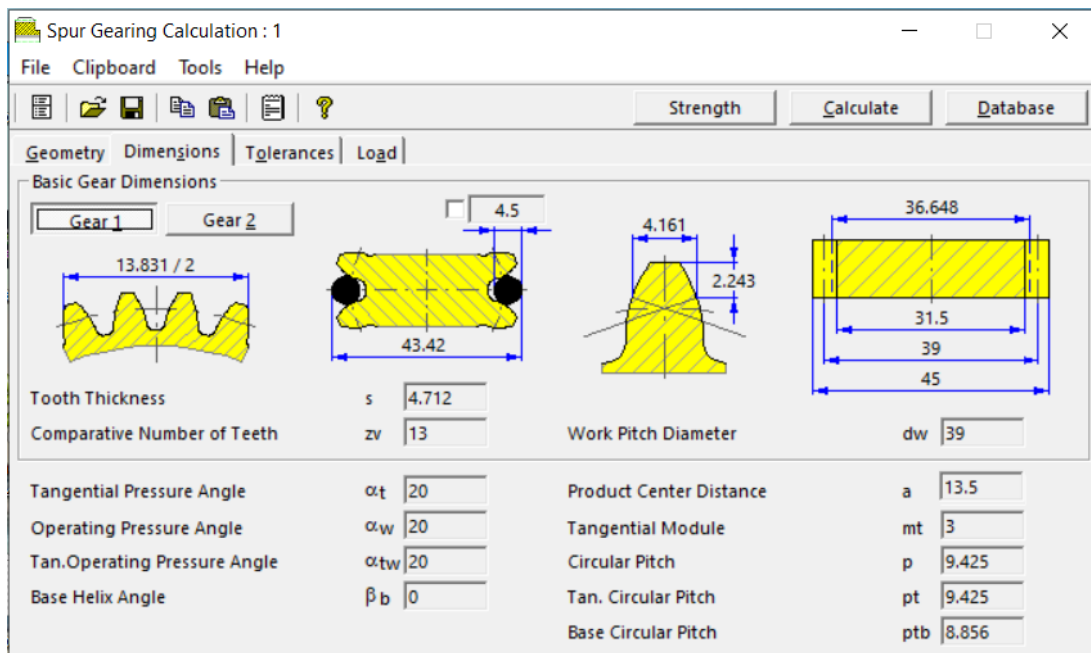


Slika 7. MechSoft-PROFI UniTool

Proračun se izrađuje tako da nakon što se otvori program odabiremo Spur gearing (čelnici s ravnim zubima) (Slika 7). Nakon odabira otvori se prozor u koji unosimo podatke para zupčanika (Slika 8). Podaci koje unosimo su broj zubi pogonskog zupčanika 13, broj zubi gonjenog zupčanika 22, modul zupčanika 3, pošto zupčanici pripadaju HRN M.C1.016 normi kut zahvata je  $20^\circ$ . Nakon unošenja podataka odabiremo funkciju calculate (proračunaj) nakon koje se otvaraju dva prozora gear 1 i gear 2 (Slika 8 i 9) u kojima s prikazani proračunati podaci. Proračunate podatke po potrebi možemo izvući u obliku txt datoteke.

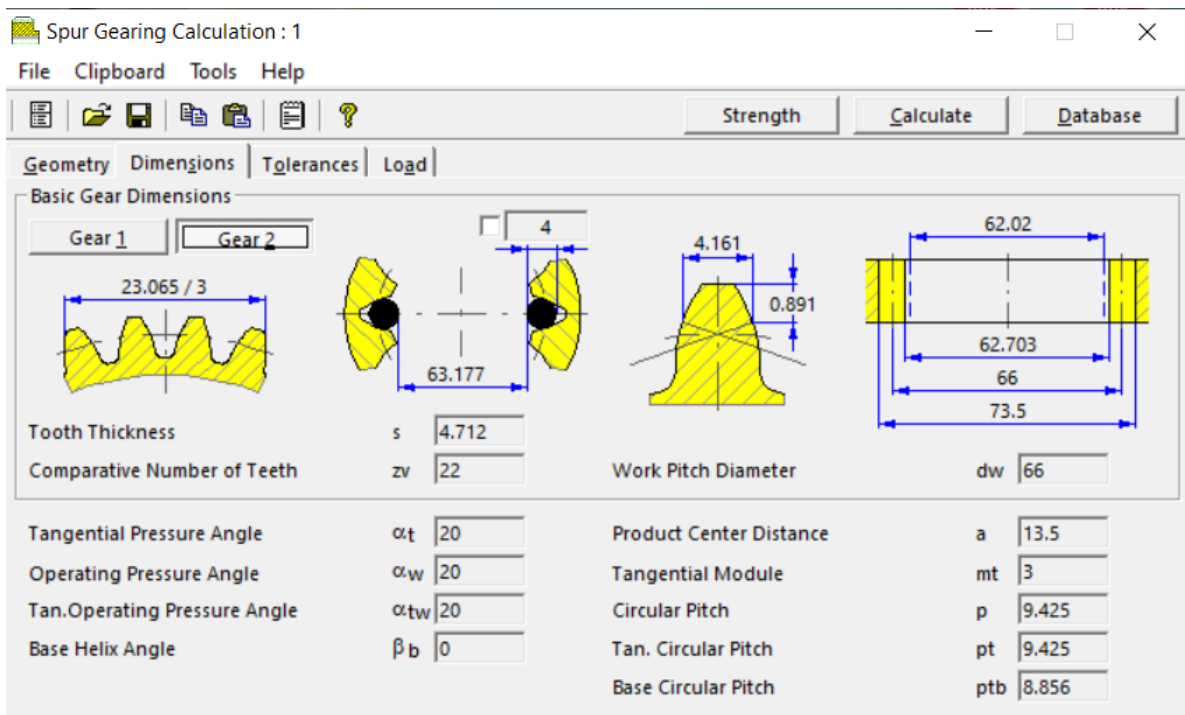
**Zupčanik redukcije**Broj zubi  $z = 13$ Modul  $m = 3$ Zahvatni kut  $\alpha = 20^\circ$ **Zupčanik sa unutarnjim ozubljenjem**Broj zubi  $z = 22$ Modul  $m = 3$ Zahvatni kut  $\alpha = 20^\circ$ 

Slika 8. Unošenje parametara



Slika 9. parametri za zupčanik redukcije





Slika 10. parametri za zupčanik sa unutašnjim ozubljenjem

**Podaci dobiveni proračunom:**

Osnovni parametri:

Kut pritiska  $\alpha = 20^\circ$

Zračnost  $c = 0,25$

Dodatak osnovnog nosača = 1,25 (= 3,75 mm)

Modul  $m = 3$  mm

Razmak osi  $a_w = 13,5$  mm

Nulti razmak osi  $a = 13,5$  mm

Ukupna ispravka jedinice = 0

Kut radnog tlaka  $\alpha = 20^\circ$

Kružni nagib  $p = 9.425$  m

**Zupčanik redukcije:**

Broj zuba  $z = 13$

Diobeni promjer  $d_1 = 39$  mm

Promjer osnovnog kruga  $d_b = 36.648$  mm

Tjemeni promjer  $d_a = 45$  mm

Podnožni promjer  $d_f = 31,5$  mm

Promjer kinematske kružnice  $d_w = 39$  mm

Debljina zuba  $s = 4.712$  mm

### Zupčanik sa unutarnjim ozubljenjem

Broj zuba  $z = 22$

Ispravljanje jedinice = 0

Diobeni promjer  $d = 66$  mm

Promjer osnovnog kruga  $d_b = 62,02$  mm

Podnožni promjer  $d_f = 73,5$  mm

Promjer kinematske kružnice  $d_w = 66$  mm

Debljina zuba  $s = 4,712$  mm

### 3.3 Odabir materijala zupčanika

Za izradu zupčanika odabiremo legirani čelik Č.4721

4- najutjecajniji legirni element je krom više od 0.3%

7-drugi najutjecajniji element je molibden više od 0.08%

21- označava ugljične i legirane čelike za cementaciju.

Č.4721 (20CrMo5), Zbog kroma i molibdena ima vrlo dobru prokaljivost, molibden stvara karbide otporne na trošenje i nejednolik raspored po presjeku; uglavnom se koristi za izradu bregaste i koljenaste osovine, zupčanika mjenjačkih kutija i sličnog.

Tablica 1. Kemijski sastav čelika Č.4721 [12]

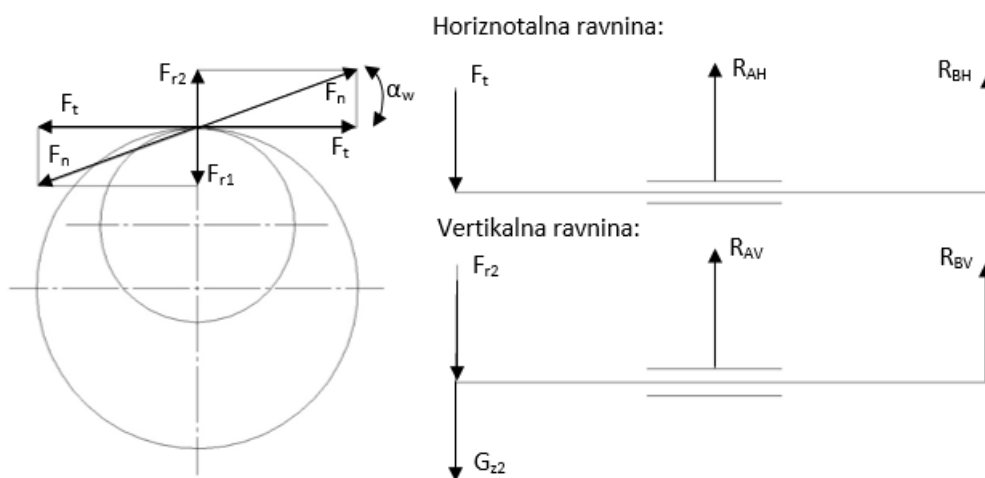
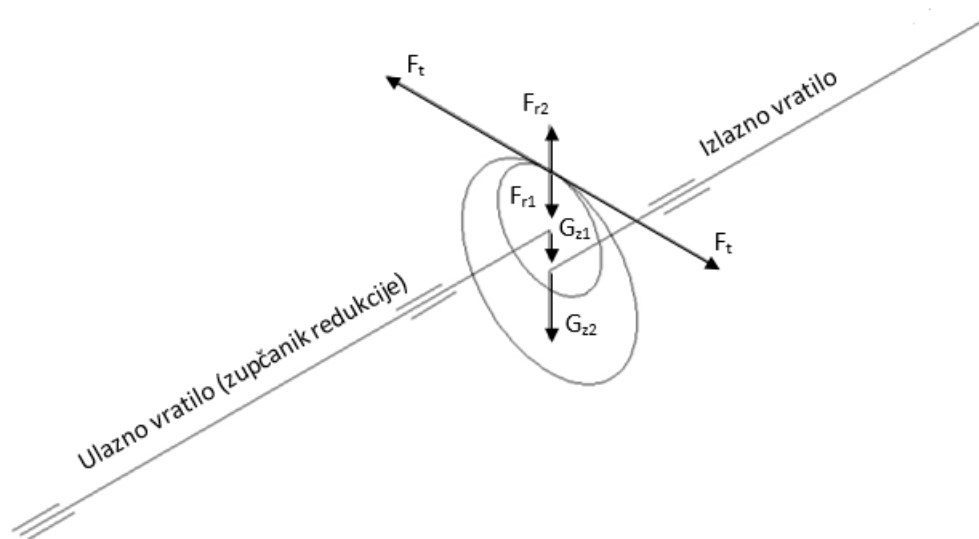
Č.4721 (20CrMo5)							
Kemijski element	C	Si	Mn	P	S	Cr	MO
Sastav(%)	0.18-0.23	0.15-0.35	0.90-1.20	≤0.035	≤0.035	1.10-1.40	0.20-0.30

### 3.4 Proračun vratila

#### Ulazno vrazilo (zupčanik redukcije):

$$M_1 = 2907,82 \text{ [Nm]}$$

$$d_{w1} = 39 \text{ [mm]}$$



Slika 11. Raspored sila na zaupčanik redukcije

Obodna sila na kinematskoj kružnici:

$$F_{t1} = \frac{T_{max}}{d_{w1}/2} = \frac{2907,82}{19,5 \cdot 10^{-3}} = 149118,97 \text{ [N]} \quad (1)$$

$$F_{r1} = F_{t1} \cdot \tan(\alpha_w) = 54274,87 \text{ [N]} \quad (2)$$

Rakcijske sile u horizontalnoj ravnini

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow R_{BH} \cdot (l_2 - l_1) - F_{t1} \cdot (l - l_1) = 0 \quad (3)$$

$$R_{AH} + R_{BH} - F_{t1} = 0 \quad (4)$$

$$R_{AH} = -65933,08 \text{ [N]} \quad (5)$$

$$R_{BH} = 215112,05 \text{ [N]} \quad (6)$$

Rakcijske sile u vertikalnoj ravnini:

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow R_{BV} \cdot (l_2 - l_1) - F_{r1} \cdot (l - l_1) - G_{z1} \cdot (l - l_1) = 0 \quad (7)$$

$$R_{AV} + R_{BV} - F_{r1} - G_{z1} = 0 \quad (8)$$

$$R_{AV} = -24019,57 \text{ [N]} \quad (9)$$

$$R_{BH} = 78294,57 \text{ [N]} \quad (10)$$

Reakcijske sile:

$$R_A = \sqrt{R_{AH}^2 + R_{AV}^2} = 70228,39 \text{ [N]} \quad (11)$$

$$R_B = \sqrt{R_{BH}^2 + R_{BV}^2} = 228917,53 \text{ [N]} \quad (12)$$

$$F_n = \sqrt{F_{t1}^2 + F_{r1}^2} = 158689,10 \text{ [N]} \quad (13)$$

Moment savijanja u pojedinim presjecima:

$$M_0 = R_A l_1 - R_B l_2 + F_n l \quad (14)$$

$$M_0 = 70228,39 \cdot 0,03 - 228917,53 \cdot 0,1475 + 158689,10 \cdot 0,1995 = 0 \quad (15)$$

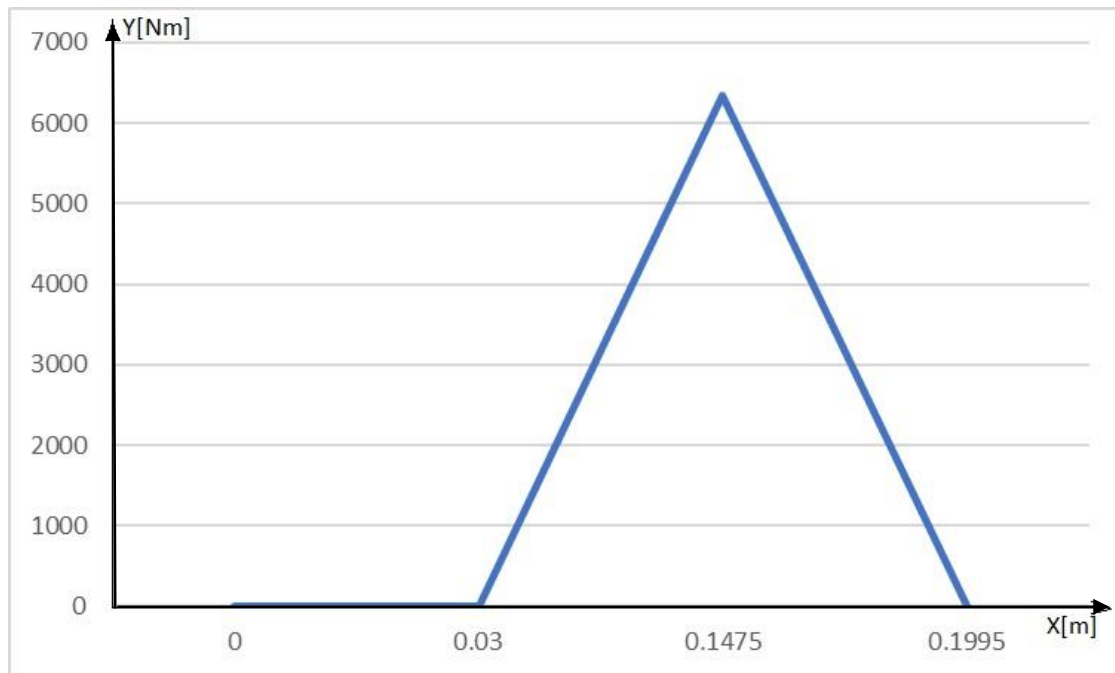
$$M_I = -R_B (l_2 - l_1) + F_n (l - l_1) \quad (16)$$

$$M_I = -228917,53 \cdot (0,1475 - 0,03) + 158689,09 \cdot (0,1995 - 0,03) = 0 \quad (17)$$

$$M_{II} = F_n (0,04) \quad (18)$$

$$M_{II} = 158689,09 \cdot 0,04 = 6347,56 \text{ [Nm]} \quad (19)$$

$$M_{III} = 0 \text{ [Nm]} \quad (20)$$



Slika 12. Moment savijanja na zupčaniku redukcije

Reducirani moment:

$$M_{red} = \sqrt{M_I^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot M_1)^2} \quad (21)$$

$$M_{red0} = \sqrt{0^2 + 0,75 \cdot (0,75 \cdot 2907,82)^2} = 1888,68 \text{ [Nm]} \quad (22)$$

$$M_{redI} = \sqrt{0^2 + 0,75 \cdot (0,75 \cdot 2907,82)^2} = 1888,68 \text{ [Nm]} \quad (23)$$

$$M_{redII} = \sqrt{18996,79^2 + 0,75 \cdot 13647,05^2} = 6622,59 \text{ [Nm]} \quad (24)$$

$$M_{redIII} = \sqrt{0^2 + 0,75 \cdot (0,75 \cdot 2907,82)^2} = 1888,68 \text{ [Nm]} \quad (25)$$

Promjer:

$$d = 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{red}}{\sigma}} \quad (26)$$

$$d_0 = 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{1888680}{880}} = 27,99 \text{ [mm]} \quad (27)$$

$$d_I = 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{1888680}{880}} = 27,99 \text{ [mm]} \quad (28)$$

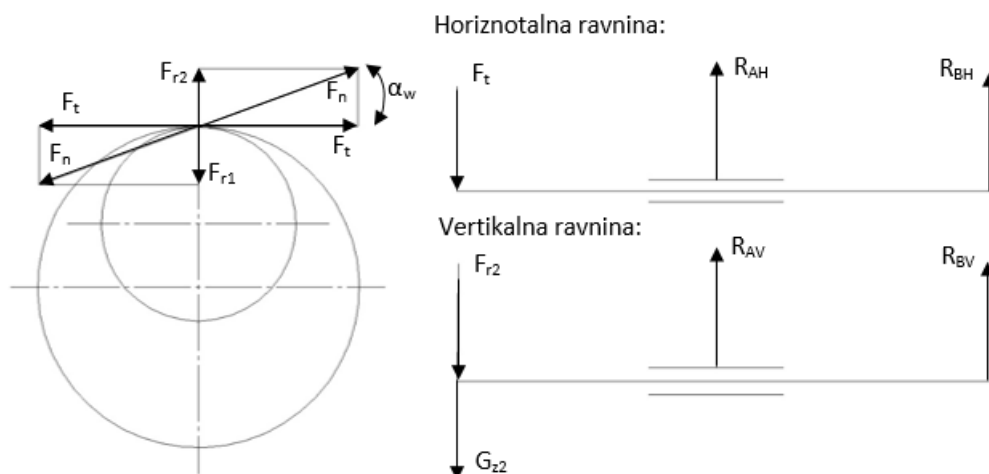
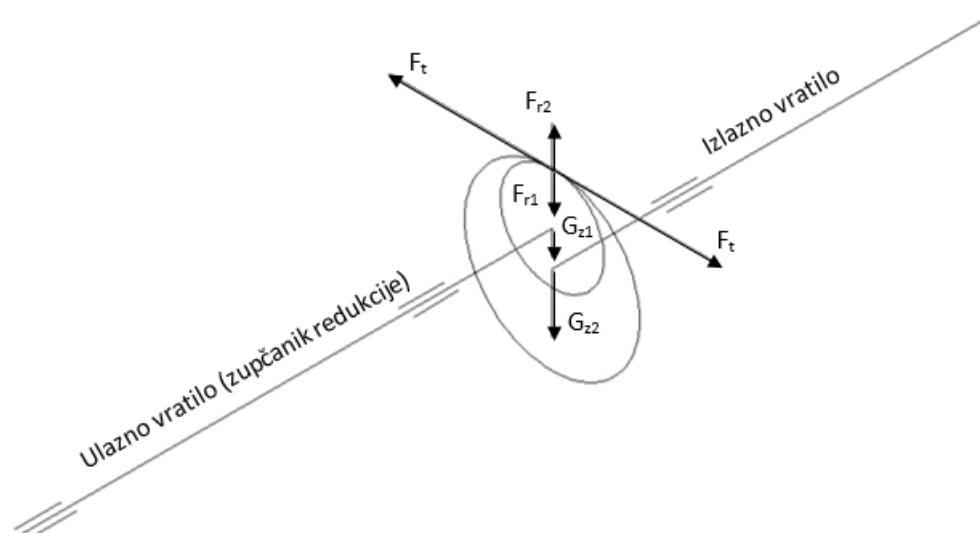
$$d_{II} = 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{6622590}{880}} = 42,52 \text{ [mm]} \quad (29)$$

$$d_{III} = 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{1888680}{880}} = 27,99 \text{ [mm]} \quad (30)$$

**Izlazno vratilo:**

$$M_2 = 4919,78 \text{ [Nm]}$$

$$d_{w2} = 66 \text{ [mm]}$$



Slika 13. Raspored sila na izlazno vratilo

Obodna sila na kinematskoj kružnici:

$$F_{t2} = \frac{T_{max}}{d_{w2}/2} = \frac{4919,78}{33 \cdot 10^{-3}} = 149084,24 \text{ [N]} \quad (1)$$

$$F_{r1} = F_{t1} \cdot \tan(\alpha_w) = 54262,23 \text{ [N]} \quad (2)$$

Rakcijske sile u horizontalnoj ravnini:

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow R_{BH} \cdot (l - l_1) + F_{t1} \cdot l_1 = 0 \quad (3)$$

$$R_{AH} + R_{BH} - F_{t2} = 0 \quad (4)$$

$$R_{AH} = 234275,23 \text{ [N]} \quad (5)$$

$$R_{BH} = -85190,99 \text{ [N]} \quad (6)$$

Rakcijske sile u vertikalnoj ravnini:

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow R_{BV} \cdot (l - l_1) + F_{r1} \cdot l_1 + G_{z1} \cdot l_1 = 0 \quad (7)$$

$$R_{AV} + R_{BV} - F_{r2} - G_{z2} = 0 \quad (8)$$

$$R_{AV} = 85269,56 \text{ [N]} \quad (9)$$

$$R_{BV} = -31007,11 \text{ [N]} \quad (10)$$

Reakcijske sile:

$$R_A = \sqrt{R_{AH}^2 + R_{AV}^2} = 249310,61 \text{ [N]} \quad (11)$$

$$R_B = \sqrt{R_{BH}^2 + R_{BV}^2} = 90658,4 \text{ [N]} \quad (12)$$

$$F_n = \sqrt{F_{t1}^2 + F_{r1}^2} = 158652,14 \text{ [N]} \quad (13)$$

Moment savijanja u pojedinim presjecima:

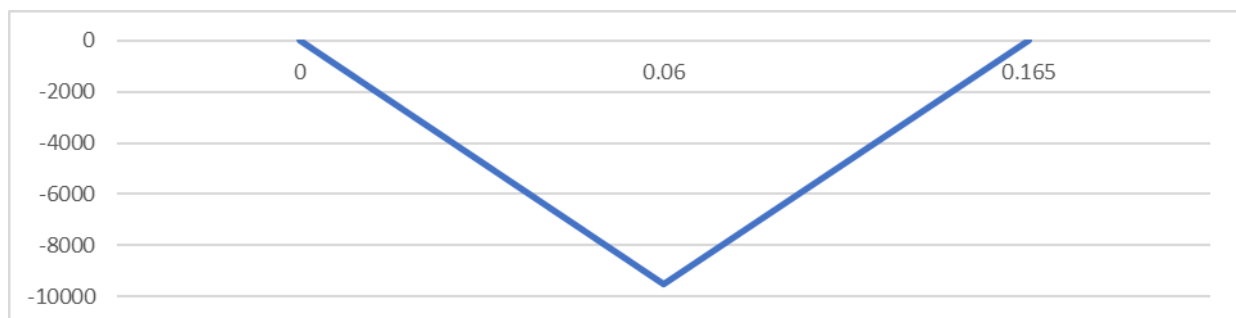
$$M_0 = R_A l_1 - R_B l \quad (14)$$

$$M_0 = 249310,61 \cdot 0,06 - 90658,4 \cdot 0,165 = 0 \quad (15)$$

$$M_I = -R_B (l - l_1) \quad (16)$$

$$M_I = -90658,4 \cdot (0,165 - 0,06) = -9519,13 \quad (17)$$

$$M_{II} = 0$$



Slika 14. Moment savijanja na izlazno vratilo

Reducirani moment:

$$M_{red} = \sqrt{M_I^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot M_1)^2} \quad (18)$$

$$M_{red0} = \sqrt{0^2 + 0,75 \cdot (0,75 \cdot 4919,78)^2} = 3195,49 \text{ [Nm]} \quad (19)$$

$$M_{red0} = \sqrt{9519,13^2 + 0,75 \cdot (0,75 \cdot 4919,78)^2} = 10041,16 \text{ [Nm]} \quad (20)$$

$$M_{red0} = \sqrt{0^2 + 0,75 \cdot (0,75 \cdot 4919,78)^2} = 3195,49 \text{ [Nm]} \quad (21)$$

Promjer:

$$d = 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{red}}{\sigma}} \quad (22)$$

$$d_0 = 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{3195490}{880}} = 33,35 \text{ [mm]} \quad (23)$$

$$d_0 = 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{10041160}{880}} = 48,85 \text{ [mm]} \quad (24)$$

$$d_0 = 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{3195490}{880}} = 33,35 \text{ [mm]} \quad (25)$$

### 3.5 Odabir materijala izlaznog vratila

Za izradu izlaznog vratila odabiremo legirani čelik Č.4732

4- najutjecajniji legirni element je krom više od 0.3%

7-drugi najutjecajniji element je molibden više od 0.08%

32- označava ugljične i legirane čelike za poboljšavanje.

Č4732- poboljšani čelik pripada skupini nelegiranih ili niskolegiranih konstrukcijskih čelika koji kaljenjem i visokim popuštanjem (> 500 °C) postižu odgovarajuću granicu razvlačenja, vlačnu čvrstoću i žilavost. Kaljenjem se nastoji postići što potpunija martenzitna mikrostruktura po presjeku, tj. što viša prokaljenost.

Tablica 2. Kemijski sastav čelika Č.4732 [12]

Č.4732 (42CrMo4)							
Kemijski element	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
Sastav(%)	0.38-0.45	≤0.40	0.60-0.90	≤0.035	≤0.035	0.90-1.20	0.15-0.30



### 3.6 Proračun ležaja

#### Zupčanik redukcije:

$$d_1 = 32 \text{ [mm]} \quad R_A = 70228,39 \text{ [N]} \quad L_h = 12500 \text{ [h]} \quad (1)$$

$$C = \frac{f_L}{f_n} \cdot R_A \quad (1)$$

$$C = \frac{2,92}{4,66} \cdot 70228,39 = 44005,77 \text{ [N]} \quad (2)$$

$$f_L = \sqrt[3]{\frac{L_h}{500}} = \sqrt[3]{\frac{12500}{500}} = 2,92 \quad (3)$$

$$f_n = \sqrt[3]{\frac{33,33}{n_1}} = \sqrt[3]{\frac{33,33}{0,3284}} = 4,66 \quad (4)$$

Odabran ležaj prema SKF katalogu:

SKF 6310  $d = 50 \text{ [mm]}$ ,  $C = 65 \text{ [kN]}$

$d \times D \times B = 50 \times 110 \times 27$

#### Zupčanik redukcije:

$$d_2 = 35 \text{ [mm]} \quad R_B = 228917,53 \text{ [N]} \quad L_h = 12500 \text{ [h]} \quad (5)$$

$$C = \frac{f_L}{f_n} \cdot R_B \quad (5)$$

$$C = \frac{2,92}{4,66} \cdot 228917,53 = 143441,88 \text{ [N]} \quad (6)$$

$$f_L = \sqrt[3]{\frac{L_h}{500}} = \sqrt[3]{\frac{12500}{500}} = 2,92 \quad (7)$$

$$f_n = \sqrt[3]{\frac{33,33}{n_1}} = \sqrt[3]{\frac{33,33}{0,3284}} = 4,66 \quad (8)$$

Odabran ležaj prema SKF katalogu:

SKF 22207 E  $d = 35 \text{ [mm]}$ ,  $C = 88,8 \text{ [kN]}$

$d \times D \times B = 35 \times 72 \times 23$

**Izlazno vratilo:**

$$d_1 = 50 \text{ [mm]} \quad R_A = 249310,61 \text{ [N]} \quad L_h = 12500 \text{ [h]}$$

$$C = \frac{f_L}{f_n} \cdot R_A \quad (9)$$

$$C = \frac{2,92}{5,56} \cdot 249310,61 = 130932,91 \text{ [N]} \quad (10)$$

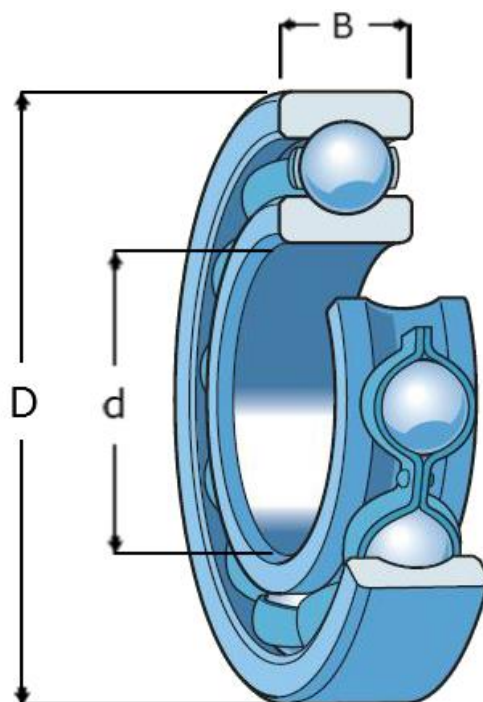
$$f_L = \sqrt[3]{\frac{L_h}{500}} = \sqrt[3]{\frac{12500}{500}} = 2,92 \quad (11)$$

$$f_n = \sqrt[3]{\frac{33,33}{n_2}} = \sqrt[3]{\frac{33,33}{0,1941}} = 5,56 \quad (12)$$

Odabran ležaj prema SKF katalogu:

SKF 30210  $d = 50 \text{ [mm]}$ ,  $C = 93,1 \text{ [kN]}$

$d \times D \times B = 50 \times 90 \times 21,75$

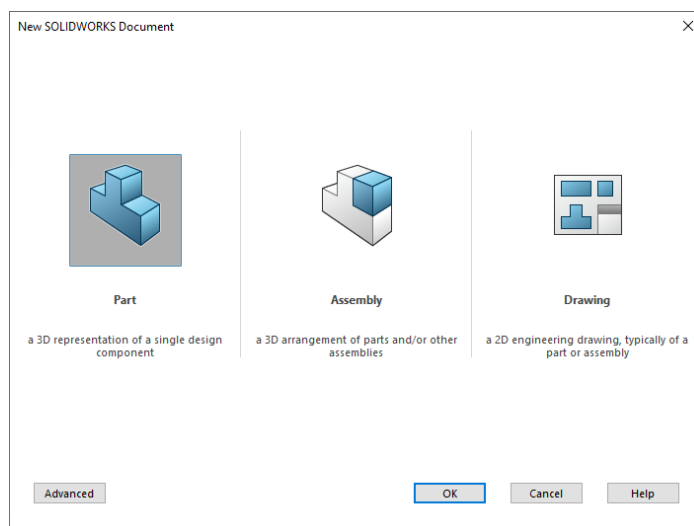


Slika 15. Dimenzije ležaja [14]

### 3.7 Modeliranje bočnog reduktora u programu SolidWorks 2016

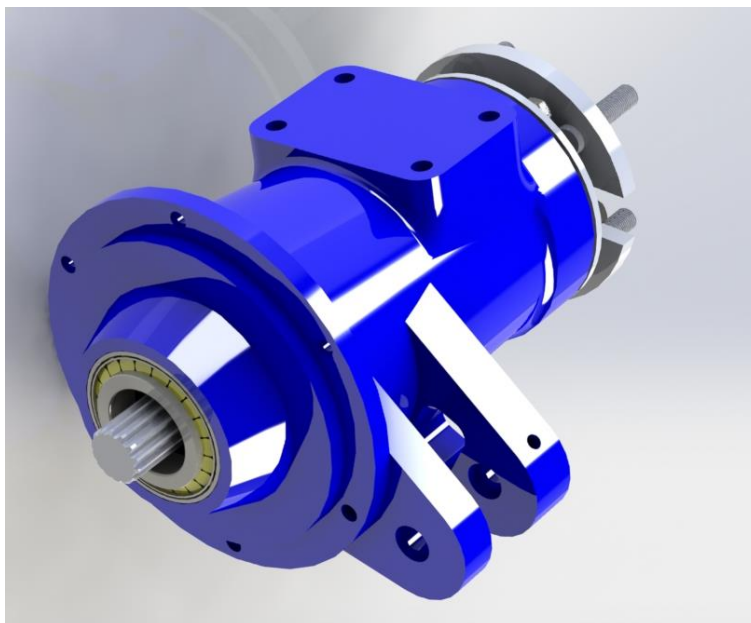
➤ Solidworks sadrži 3 načina rada (*Slika 16*):

- Part (za izradu pojedinačnih modela)
- Assembly (za izradu sklopova)
- Drawing (za izradu tehničke dokumentacije)



**Slika 16. 3 načina rada u SolidWorksu**

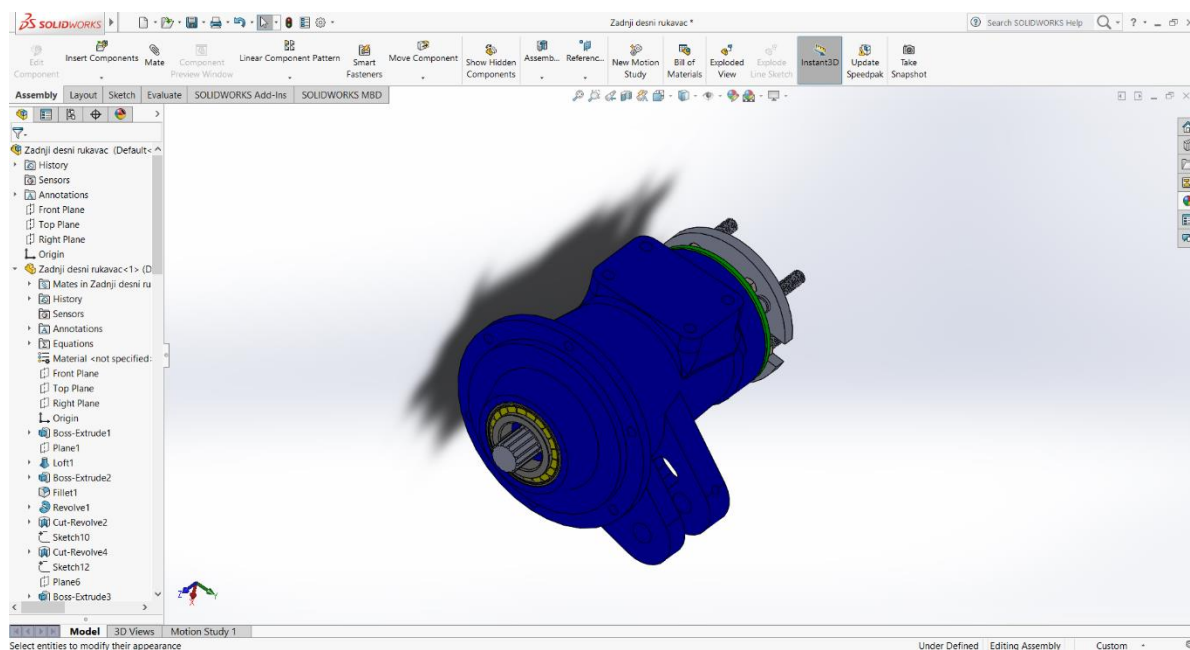
Nakon što smo proračunali i odredili sve potrebne podatke krećemo sa izradom 3D modela bočnog reduktora (*Slika 17*) pomoću programskog paketa SolidWorks 2016. Model se izrađuje tako da svaki strojni dio konstruiramo zasebno u part načinu rada.



**Slika 17. 3D model bočnog reduktora**

**SolidWorks** je CAD (computer-aided design) program za dizajn. Izdaje ga Dassault Systèmes, francuska multinacionalna kompanija koja razvija CAD programe. Prema njihovim izvorima više od dva milijuna inženjera i dizajnera u više od 165 000 tvrtki koristi SolidWorks. SolidWorks je kompletan 3D/2D alat za kreiranje, simulacije i obrade podataka. Najveća prednost SolidWorksa je „user friendly“, velika pristupačnost samom korisniku koja omogućava brzo učenje i samim time kratko vrijeme implementacije u postojeće sistem industrije. Primjena je vrlo široka, od automobilske broderske i zrakoplovne industrije, za električne i elektroničke komponente i instalacije, znanstvene potrebe, u razvoju medicinskih uređaja ,medicinskih implantata, potrošačke tehnologije i sl.

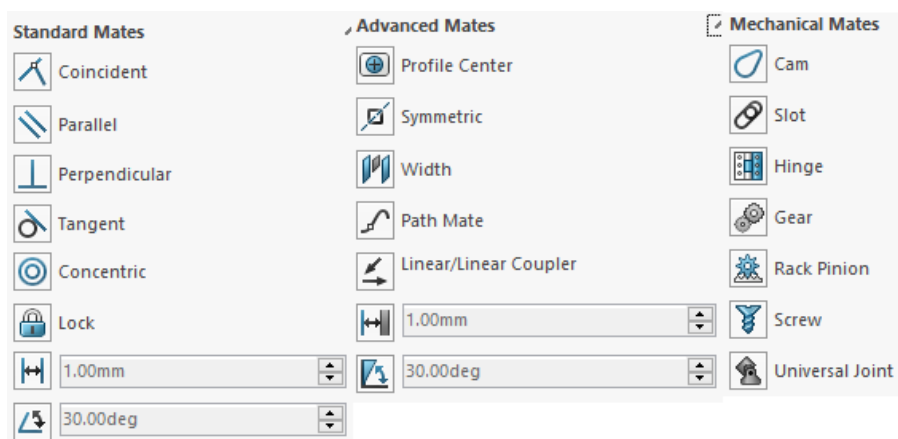
SolidWorks koristi „Parasolid“ sustav modeliranja, koji radi preko parametarskih značajki te tako stvara modele i sklopove. Izrada modela u SolidWorksu obično počinje s 2D skicom (iako su dostupne i 3D skice). Skica se sastoji od geometrije, kao što su točke, linije, lukovi, elipse (osim hiperbole). Mjere i kote se dodaju crtežu, kako bi definirali veličinu i lokaciju geometrije.[11]



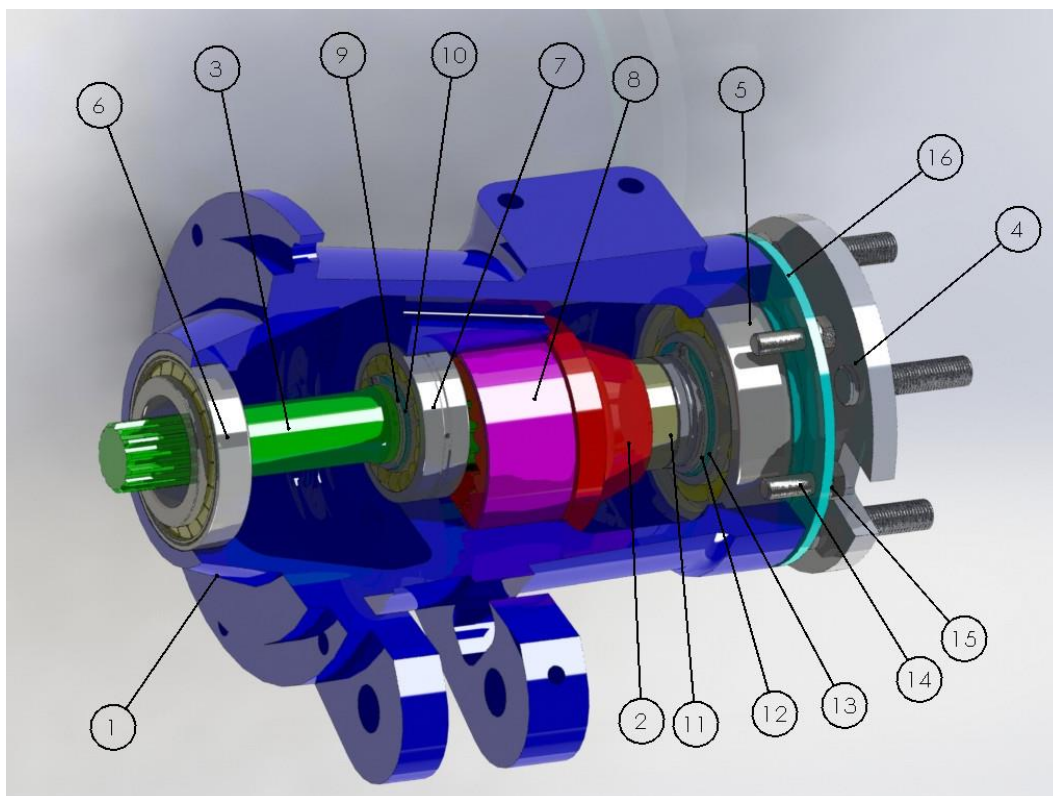
Slika 18. Prikaz bočnog reduktora u SolidWorksu

### 3.8 Sklop bočnog reduktora

Nakon konstrukcije svih potrebnih strojnih dijelova krećemo sa izradom sklopnog modela ( *Slika 20* ) koji se izrađuje u Solidworks assembly-u. Sklop se izrađuje tako da prvo ubacimo potrebne dijelove u asembliy nakon toga ih povezivamo sve u jedan sklop pomoću naredbe Mate. Postoje tri vrste Mate-a ( *Slika 19* ) i to standardne (Standard Mates) koje se koriste za osnovno spajanje, napredne (Advanced Mates) za spajanje kompliciranih pozicija i za spajanje za potrebe simulacija rada te mehaničke (Mechanical Mates) koje se koriste za spajanje standardnih mehaničkih komponenta kao na primjer zupčanici, vijci, itd.



Slika 19. Funkcije naredbe mate



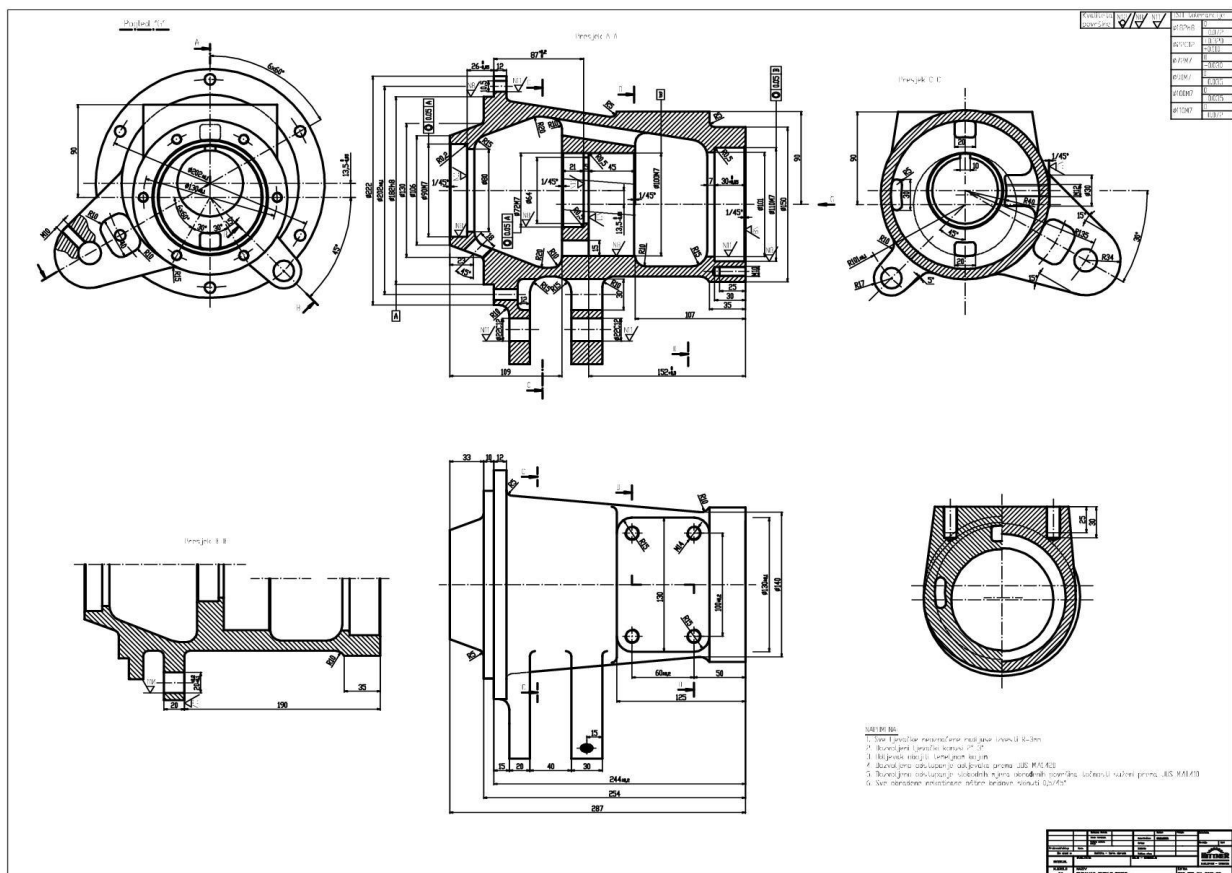
Slika 20. Sklop bočnog reduktora u presjeku

**Tablica 3. Pozicije bočnog reduktora**

Pozicija	Naziv	Broj komada
1	Kučište bočnog reduktora	1
2	Zupčanik sa unutarnjim ozubljenjem	1
3	Zupčanik redukcije	1
4	Izlazno vratilo	1
5	Ležaj SKF 6310	1
6	Ležaj SKF 30210	1
7	Ležaj SKF 22207 E	1
8	Klizna čahura 95x90x43	1
9	Uskočnik vanjski fi 35	1
10	Odstojnik fi 35x42	1
11	Odstojni prsten fi 46x50	1
12	Uskočnik vanjski fi 50	1
13	Odstojnik fi 50x60	1
14	Vijak M10x30	6
15	Elastična podloška B10	6
16	Prirubnica zadnjeg reduktora	1
17	Uljna brtva 60x75x8	1

#### 4. IZRADA ZADNJEG BOČNOG REDUKTORA ZA TRAKTOR

Po izrađenoj tehničkoj dokumentaciji dijelovi se kasnije izrađuju na strojevima. U ovom poglavlju je opisana izrada dijelova bočnog reduktora. Opisana je izrada kućišta na CNC glodalici, izrada zupčanika sa unutarnjim ozubljenjem koj se izrađuje na Fellows odvalnoj dubilici, izrada zupčanika redukcije odvalnim glodanjem, izrada izlaznog vratila na VNAS i opisano je kojim načinom se izrađuje program za plazma rezanje.



Slika 21. Prikaz crteža kućišta bočnog reduktora

#### 4.1 Obrada kućišta desnog bočnog reduktora

Odljevak (Slika 22) se obrađuje na Haas EC-500 CNC glodalici (Slika 23)

Stroj je dizajniran za visokoserijsku proizvodnju i operacije bez ljudskog nadzora i namijenjen za veće komade i pritezne stubove, Podržava brže brze hodove, potpuno 4-osno indeksiranje paleta i transporter strugotine sa stražnjim izlazom za bolje upravljanje strugotinom.

- Standardni bočno pričvršćen izmjenjivač alata 30+1, s mogućnostima naručivanja 50+1 ili 100+1
- Ugradbeni s izmjenjivačem palete s paletama od 500 mm
- Puno 4-osno indeksiranje [7]

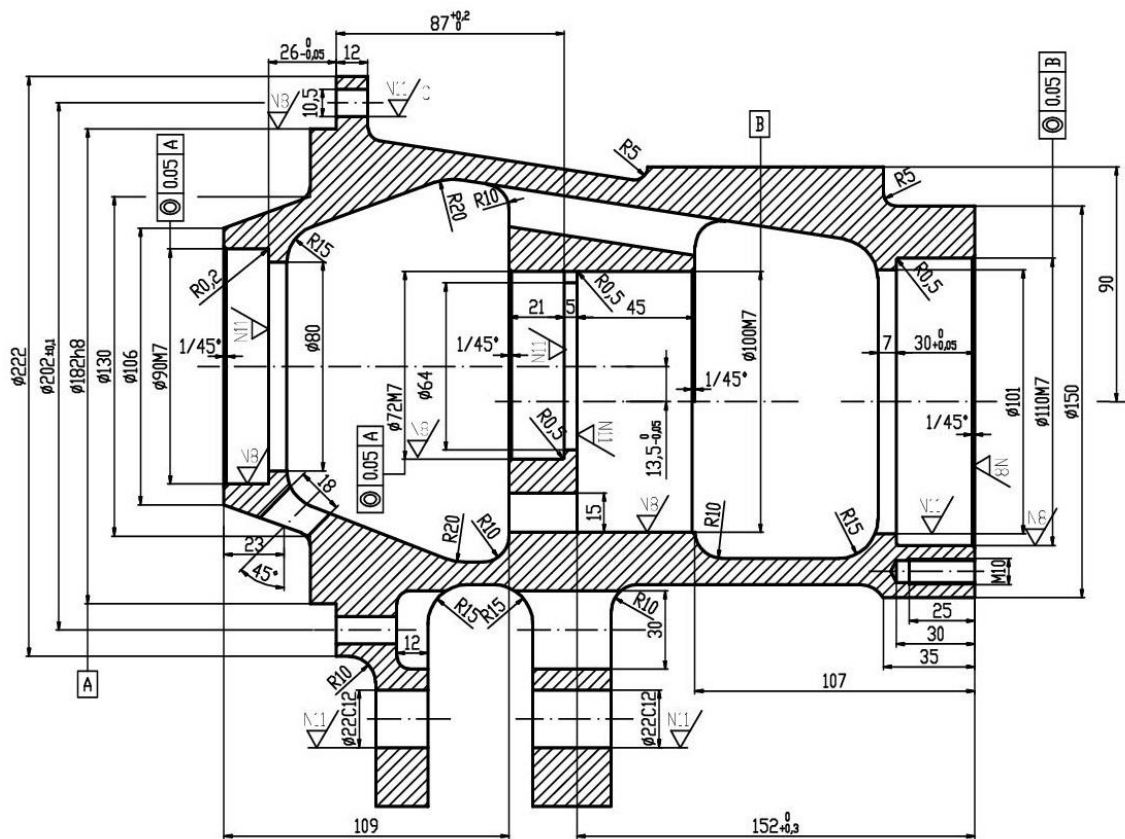


Slika 22. Odljevak bočnog reduktora



Slika 23. Haas EC-500 CNC glodalica [7]





Slika 24. Nacrt kućišta u presjeku

Kućište se obrađuje u dva stezanja. U prvom stezanju kućište se stavlja na steznu glavu (amerikaner) (Slika 25). U tom stezanju se obrađuje gornja strana kućišta. U drugom stezanju kućište se stavlja na napravu (Slika 26) kako bi se obradile bočne strane i unutrašnjost kućišta.



Slika 25. Prikaz prvog stezanja kućišta



**Slika 26. Prikaz drugog stezanja kućišta**

**Dio programa koji se koristi u prvom stezanju**

Čeono glodanje prednje strane kućišta koristi se glodalo fi 100 (Slika 27)



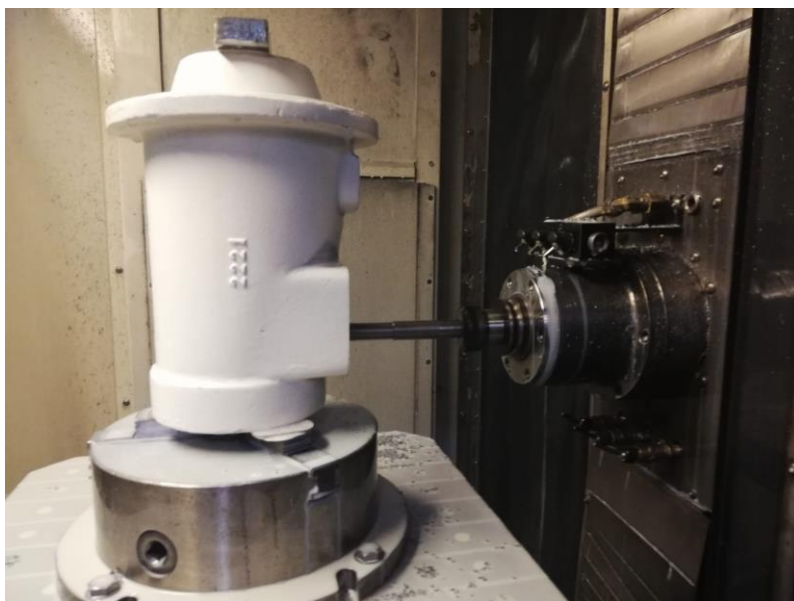
**Slika 27. Prikaz čeonog glodanja**

T5 M06 (GL 100)  
T2  
G52 Z90.  
G57 G90 G00 X150. Y0 A0  
S700 M03  
G43 H05 Z25. M08  
G01 Z12. F1000.  
M97 P1000 L6  
G01 Y-5.  
G01 X-150.  
G00 Z400. M09  
G52 Z0



**Slika 28. Automatska izmjena alata**

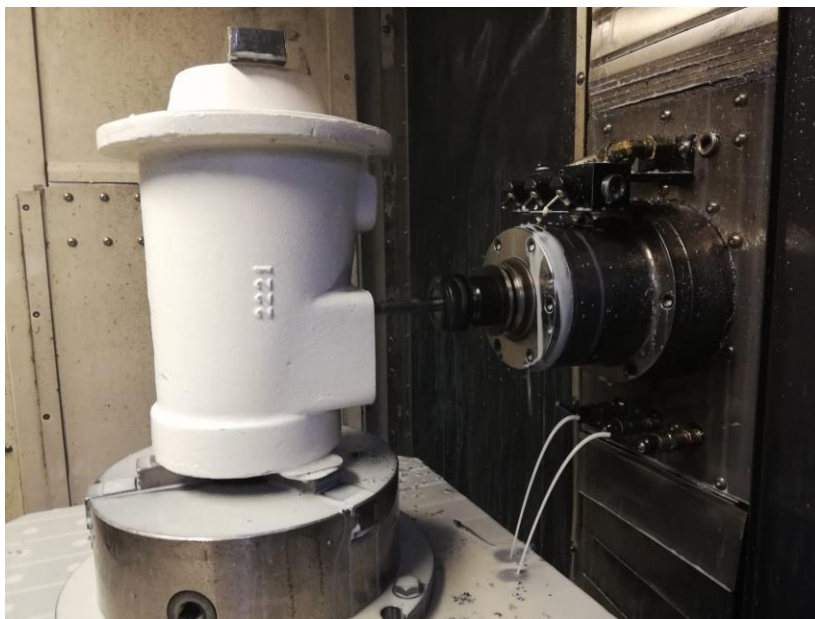
Zabušivanje 4 provrta predoperacija bušenja rupa za navoj M14 (Slika 29). Koristimo zabušivač.



**Slika 29. Prikaz zabušivanja**

T2 M06 (ZAB)  
T6  
G52 Z90.  
G00 G90 G57 X50. Y30. A0  
S1200 M03  
G43 H02 Z25. M08  
G82 G98 Z-3. P0. R5. F200.  
X50. Y-30.  
X-50. Y-30.  
X-50. Y30.  
X-50. Y10.  
X50. Y-10.  
G00 G80 Z25. M09  
G00 Z400.  
G52 Z0

Bušenje 4 provrta za navoj M14 (Slika 30). Koristimo svrdlo fi 12



**Slika 30. Prikaz bušenja**

T6 M06 (SV 12)  
T9  
G52 Z90.  
G00 G90 G57 X-50. Y30. A0  
S800 M03  
G43 H06 Z25. M08  
G73 G98 Z-37. Q3. R3. F100.  
X-50. Y-30.  
X50. Y-30.  
X50. Y30.  
G00 G80 Z25. M09  
G00 Z400.  
G52 Z0

- sljedeća operacija upuštanje bridova - koristimo zabušivač
- urezivanje navoja M14, ureznik M14

**Tablica 4. Popis i značenja nekih od funkcija koje koristimo**

<b>Funkcija</b>	<b>Značenje</b>
<b>T</b>	Adresa koja određuje alat
<b>X</b>	Veličina pomaka alata u smjeru osi X
<b>Y</b>	Veličina pomaka alata u smjeru osi Y
<b>Z</b>	Veličina pomaka alata u smjeru osi Z
<b>S</b>	Adresa koja određuje broj okretaja glavnog vretena
<b>F</b>	Adresa koja određuje posmak
<b>H</b>	Ostale funkcije
<b>L</b>	Poziv podprograma
<b>P</b>	Broj pozivanja potprograma
<b>R</b>	Aritmetička konstanta
<b>M06</b>	Izmjena alata
<b>M08</b>	Uključenje rashladnog sredstva
<b>M97</b>	Pozivanje lokalnog podprograma
<b>G52</b>	Postavljanje lokalnog koordinatnog sustava
<b>G57</b>	Postavljanje nul točke
<b>G90</b>	Apsolutni mjerni sustav
<b>G00</b>	Gibanje u brzom hodu
<b>G01</b>	Gibanje u sporom hodu
<b>G43</b>	Kompozicija alata
<b>G82</b>	Ciklus bušenja sa stankom
<b>G73</b>	Ciklus za bušenje dubokih provrta s lomljenjem strugotine
<b>G98</b>	Povratak na startnu površinu

**Kvalitete površine kod obrade kućišta:**

-Kvaliteta površine dobivena lijevanjem sa parametrom hrapavosti  $R_a = 25 \mu\text{m}$



-Kvaliteta površine dobivena glodanjem sa parametrom hrapavosti  $R_a = 3.2 \mu\text{m}$



-Kvaliteta površine dobivena glodanjem sa parametrom hrapavosti  $R_a = 12.5 \mu\text{m}$

Znakovi i oznake uz pomoć kojih se definiraju i kvalitete svih površina

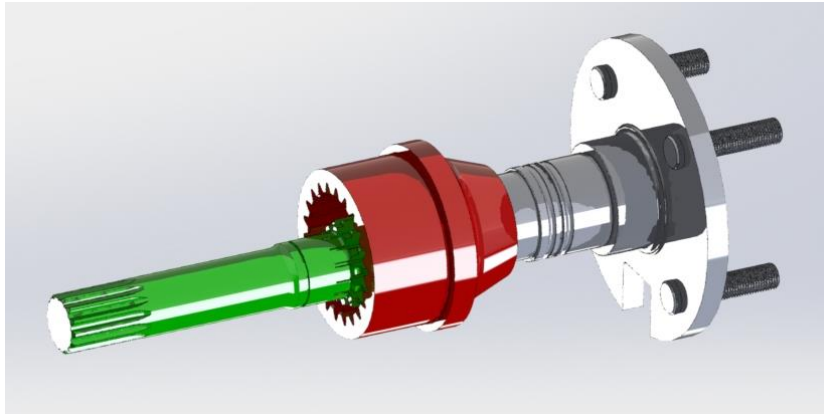
- ✓ - znak za kvalitetu površine dobivenu bilo kojom metodom.
- ✓ - znak za kvalitetu površine dobivenu odvajanjem čestica (glodanje, tokarenje, brušenje)
- ✓ - znak za kvalitetu površine dobivenu bez odvajanja čestica (lijevanje, valjanje, kovanje, prešanje i sl.)

**Tablica 5. Parametri hrapavosti i stupnjevi površinske hrapavosti**

Klasa hrapavosti površine prema HRN	Stupanj površinske hrapavosti	Najveće vrijednost za $R_a$ [ $\mu\text{m}$ ]
1*		< 0,025
2	N1	0,025
3	N2	0,05
4	N3	0,1
5	N4	0,2
6	N5	0,4
7	N6	0,8
8	N7	1,6
9	N8	3,2
10	N9	6,3
11	N10	12,5
12	N11	25
13	N12	50
14*	*	> 50

## 4.2 Zupčanici i izlazno vratilo bočnog reduktora

Prijenos snage u bočnom reduktoru vrši se pomoću dva zupčanika i izlaznog vratila koje snagu dalje prenosi na kotače. ( *Slika 31* )



**Slika 31. Prijenosnici snage u reduktoru**

### 4.2.1 Izrada zupčanika

Prilikom izrade ozubljenja postupcima kod kojih dolazi do obrade odvajanjem čestica koriste se četiri različita postupka:

- Postupak s profiliranim alatom: profilno glodanje profiliranim glodalom i profilno brušenje profiliranom brusnom pločom, te postupci koji omogućuju da se istodobno obrade svi zubi po obodu zupčanika (provlačenje, štancanje),
- Odvalno blanjanje i dubljenje alatom u obliku zupčane letve i alatom u obliku zupčanika,
- Odvalno glodanje i brušenje alatom u obliku puža,
- Odvalno glodanje alatom u obliku rotirajuće glave s noževima, odnosno odvalno brušenje.

U postupke izrade zupčanika kod kojeg ne dolazi do odvajanja čestica spadaju:

- Lijevanje,
- Sinteriranje,
- Hladno vučenje,
- Valjanje.

Za izradu zupčanika sa unutarnjim ozubljenjem koristimo Fellows odvalnu dubilicu (Slika 32) a zupčanik redukcije se izrađuje na odvalnoj glodalici (Slika 33).



**Slika 32. Fellows odvalna dubilica**



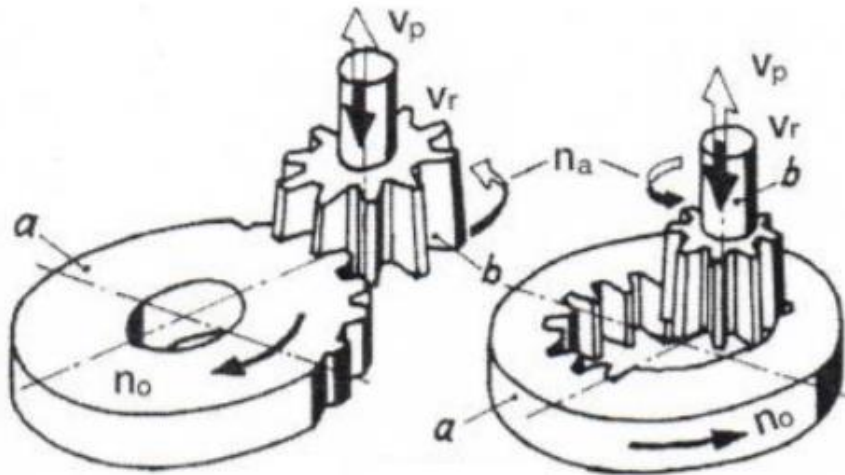
**Slika 33. Odvalna glodalica**



Na Fellowsovoj dubilici može se izrađivati vanjsko i unutrašnje ozubljenje. Nož u obliku zupčanika kreće se stalno vertikalno gore i dolje i istodobno se postepeno okreće, dubeći uzubine punog tijela zupčanika koji se također postepeno okreće (Slika 34). Zakretanje alata i obratka obrnuto je proporcionalno broju zubaca obratka i alata.

Alat je u obliku zupčanika  $\Phi$  alata od 28 do 129 mm, biranje alata vršimo prema modulu zupčanika.

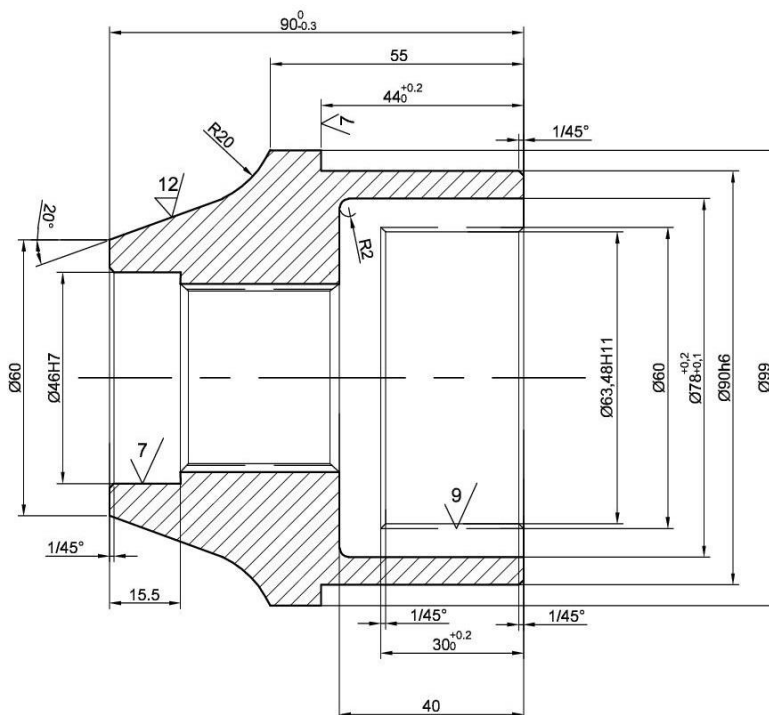
Postupak se većinom koristi u serijskoj proizvodnji. Prednost postupka je mali izlaz alata.



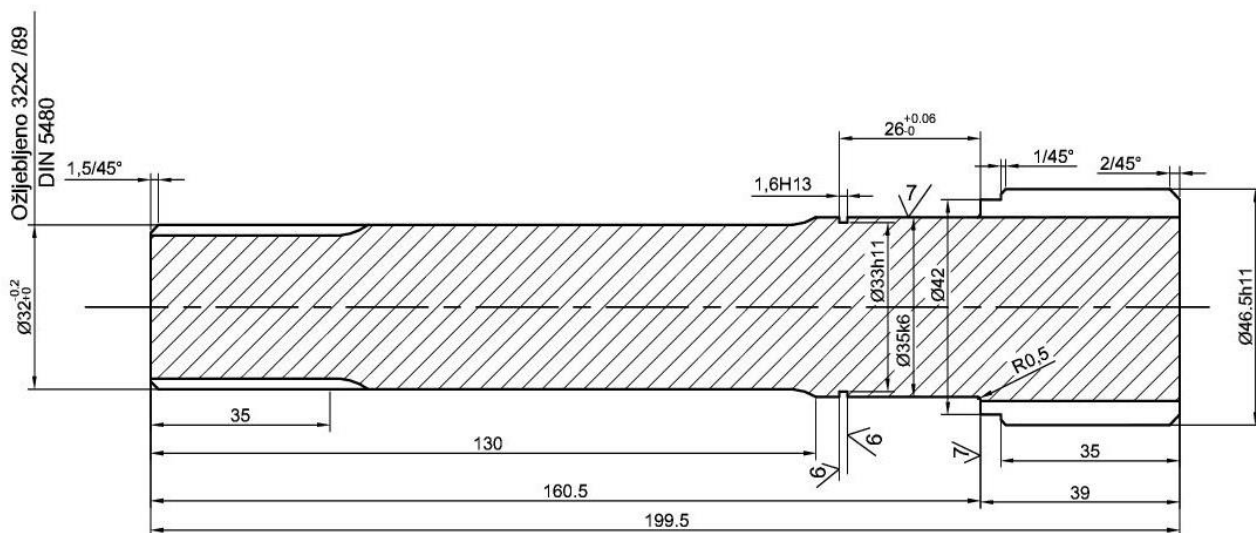
Slika 34. Prikaz izrade zupčanika fellows postupkom [9]



Slika 35. Prikaz zupčanika na stroju



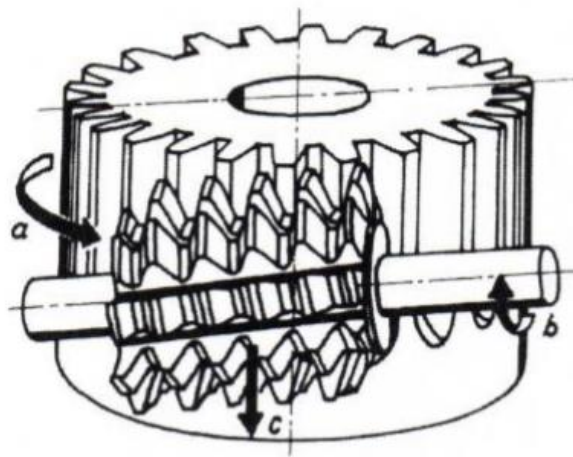
Slika 36. Crtež zupčanika sa unutarnjim ozubljenjem u presjeku



Slika 37. Crtež zupčanika redukcije

Postupkom odvalnog glodanja mogu se izrađivati samo zupčanici s vanjskim ozubljenjem (ravni i kosi) i pužna kola. Alat (pužno glodalo) izvodi glavno kružno kretanje uz istovremeno vertikalno pomicanje paralelno s osi glodala. Zupčanik koji se obrađuje, istovremeno se zakreće (Slika 38). Za svaki okretaj glodala zupčanik se zakrene za jedan zubac.

Odvalno glodanje ima prednost pri izradi zupčanika velikih širina te zupčanika koji s vratilom čine jednu cjelinu. Ovaj postupak smatra se najproduktivnijim načinom izrade ozubljenja. Nedostatak postupka je što zahtijeva puno prostora u smjeru uzdužne osi ozubljenja za izlaz alata iz zone obrade.



Slika 38. Prikaz izrade zupčanika odvalnim glodanjem [10]



Slika 39. Prikaz zupčanika na striju

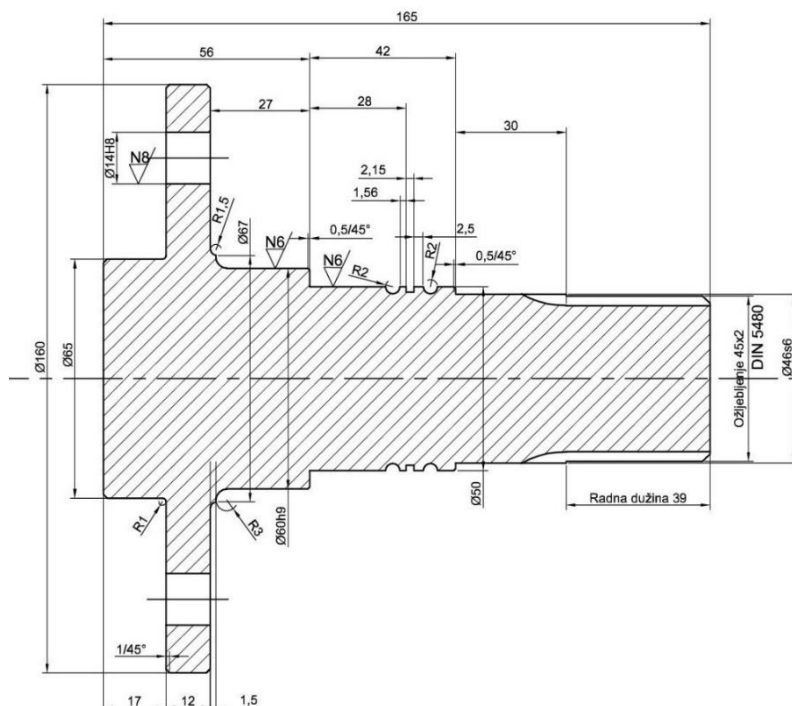
#### 4.2.2 Izrada izlaznog vratila bočnog reduktora

Odkovak izlaznog vratila (Slika 41.) se obrađuje na OKUMA MULTUS B300-W više namjenskom stroju.

Više namjenski (Multitasking Machines) strojevi ili korištena kratica VNAS su suvremeni, numerički upravljani alatni strojevi koji imaju proširene mogućnosti obrade u odnosu na obradne centre. Njih također karakterizira višestranična i različita višeoperacijska obrada u jednom stezanju obradka, automatska izmjena alata, te suvremeno upravljanje s većim brojem numerički upravljenih osi.

➤ **Karakteristika višenamjenskih strojeva:**

- Samostojeći alatni stroj za više namjena
- Zamjenjuje više različitih alatnih strojeva
- Višestranična i višeoperacijska obrada u jednom stezanju obradka
- Automatska izmjena alata i spremišta alata
- Srednjeserijska proizvodnja
- Često mijenjanje asortimana
- Mirujući rezni alati (tokarski noževi)
- Pogonjeni rezni alati (glodala, svrdla, brusne ploče)
- AIA – spremišta 20, 40, 60



Slika 40. Crtež izlazno vratilo u presjeku

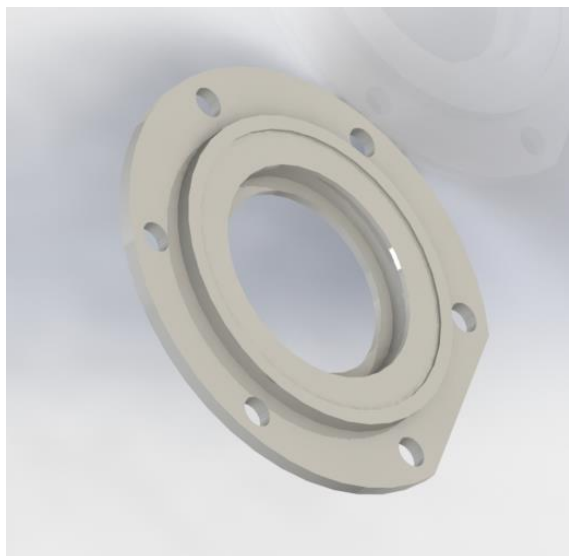


Slika 41. Odkovak izlaznog vratila

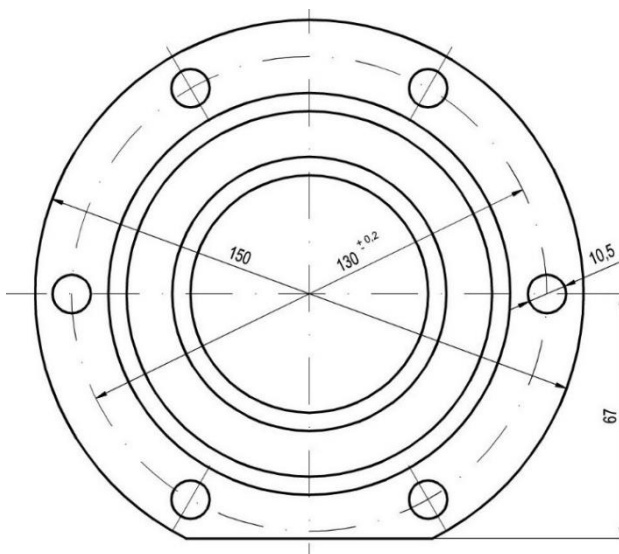


Slika 42. prikaz stezanja obratka u steznu glavu

### 4.3 Izrada programa za plazma rezanje za prirubnicu zadnjeg reduktora



Slika 44. Prirubnica zadnjeg reduktora



Slika 43. Dimenzije prirubnice

Program za rezanje na plazmi izrađuje se u programu Microstep AsperWin 3.5

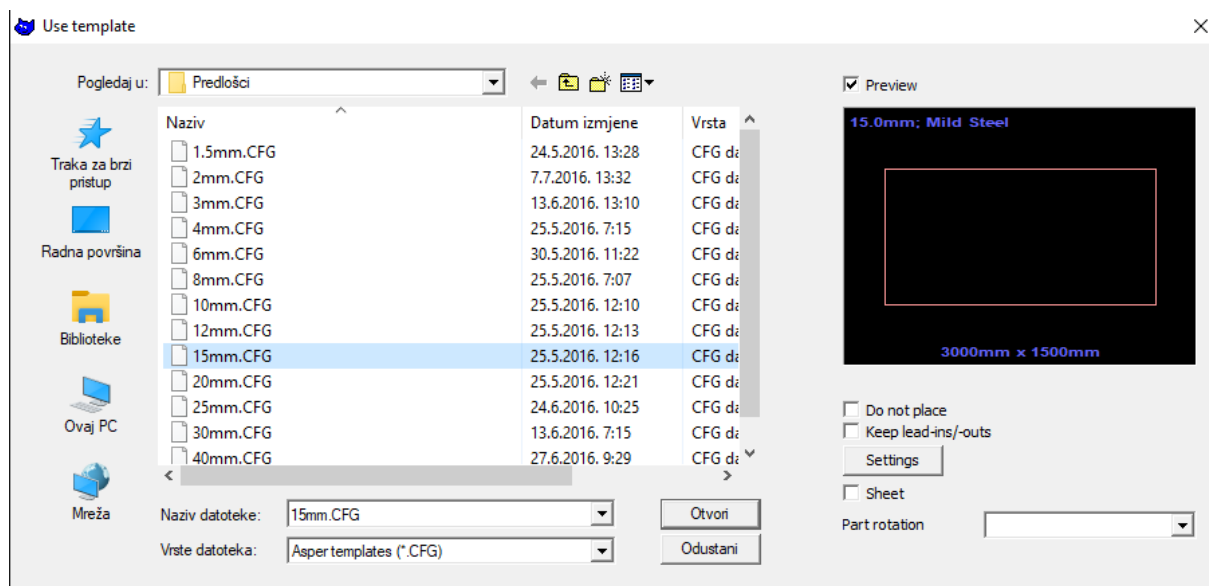
**Asper** je program koji omogućuje učitavanje crteža različitih formata CAD programa (AutoCAD, DesignCAD, itd.). Podržava mnoge tehnološke parametre (rezanje plinom) i omogućuje korisniku izradu planova za rezanje iz podržanih nacrtanih konstrukcija. Program Asper je bio ispočetka dizajniran za rezanje plazma izvorima, međutim sada podržava i ostale tehnologije rezanja npr. rezanje vodenim mlazom ili laserom. Asper generira NC-kod, snima ga u datoteku (PLA), ima mogućnost gnježdenja (automatskog razmještaja likova po tabli), te ispisa na printer.



Slika 45. Stroj za plazma rezanje

Program se izrađuje tako da prvo odabiremo ploču dimenzija (Slika 46)

Odabiremo ploču dimenzija 3000 x 1500 x15

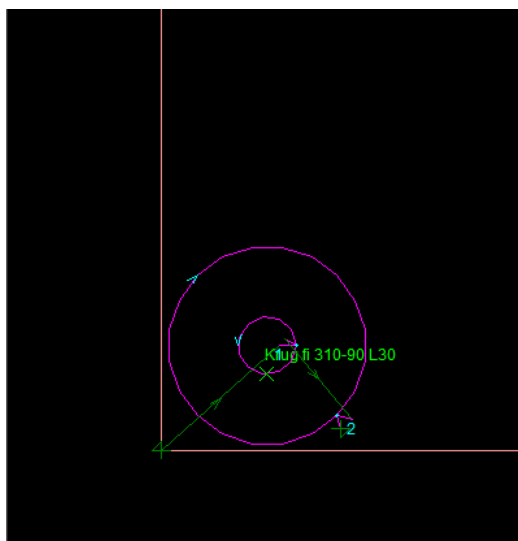


Slika 46. Odabir lima

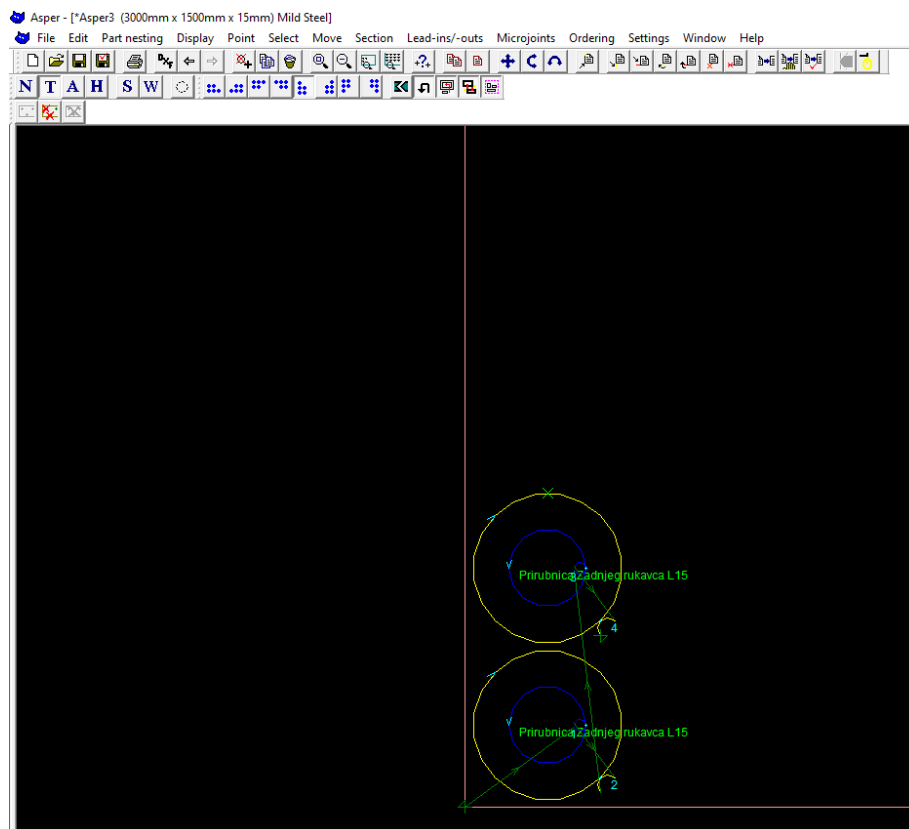
Šablonu za rezanje ubacujemo u obliku DXF formata, postavimo šablonu na ploču. Odabiremo linije koje želimo da se režu plazmom (žuta boja) ili ako je potrebna kvaliteta reza stavljamo fini rez (plava boja). Limovi debljine veće od 20 mm režu se plinom linije stavljamo u roznu boju (Slika 47).

Stavljamo potrebni broj komada, napravimo željeni razmještaj komada po ploči.

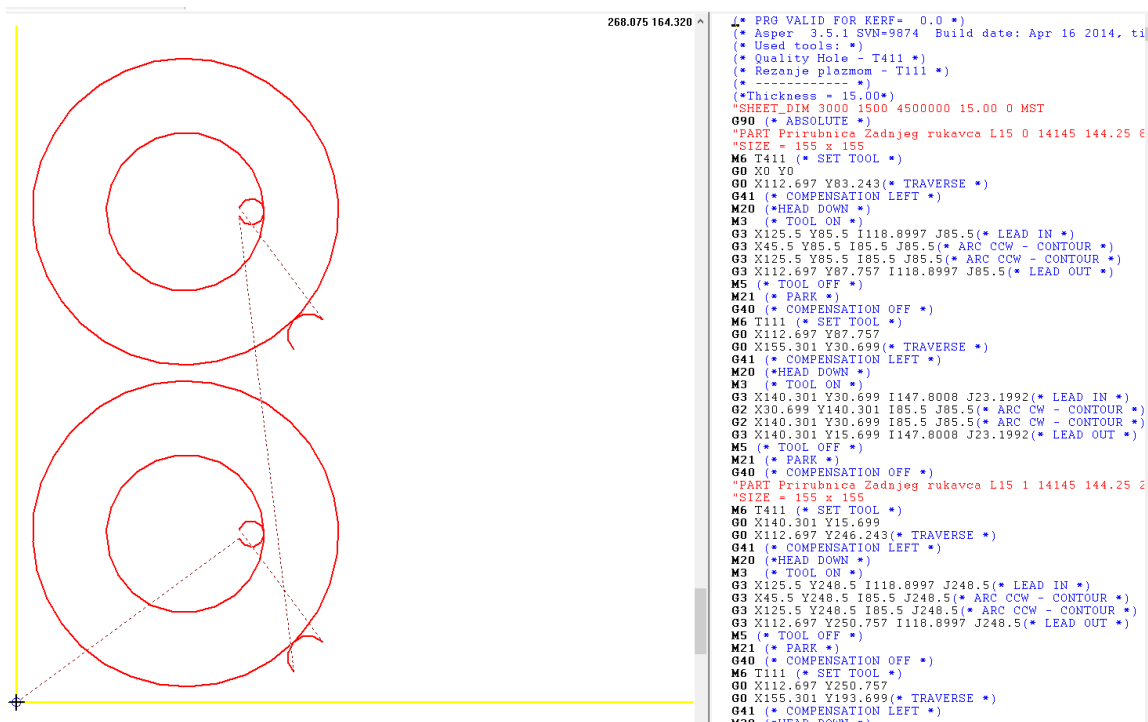
Razmještaj napravimo tako da bude što veća iskoristivost lima. Nakon toga pospajamo ulaze i izlaze ručno ili automatski ovisno o potrebi (Slika 48) i generiramo g kod (Slika 49). Nakon završetka generiranja g koda dobivamo dvije datoteke sa nastavkom PLA i CNC koje prebacujemo na stroj za rezanje.



Slika 47. Prikaz programa za lim debljine 30mm



Slika 48. Izgled programa



Slika 49. Prikaz g koda u PLA datoteci



## 5. SASTAVLJANJE BOČNOG REDUKTORA

Sastavljanje bočnog reduktora se vrši pomoću preše (Slika 50) i naprava za uprešavanje (Slika 51).



Slika 50. Preša koju koristimo



Slika 51. Naprave za uprešavanje



**Slika 52. Naprava za uprešavanje klizne čahure na zupčanik s unutarnjim ozubljenjem**



**Slika 53. Naprava za uprešavanje ležaja na izlazno vratilo**



**Slika 54. Naprava za uprešavanje zupčanika sa unutarnjim ozubljenjem**



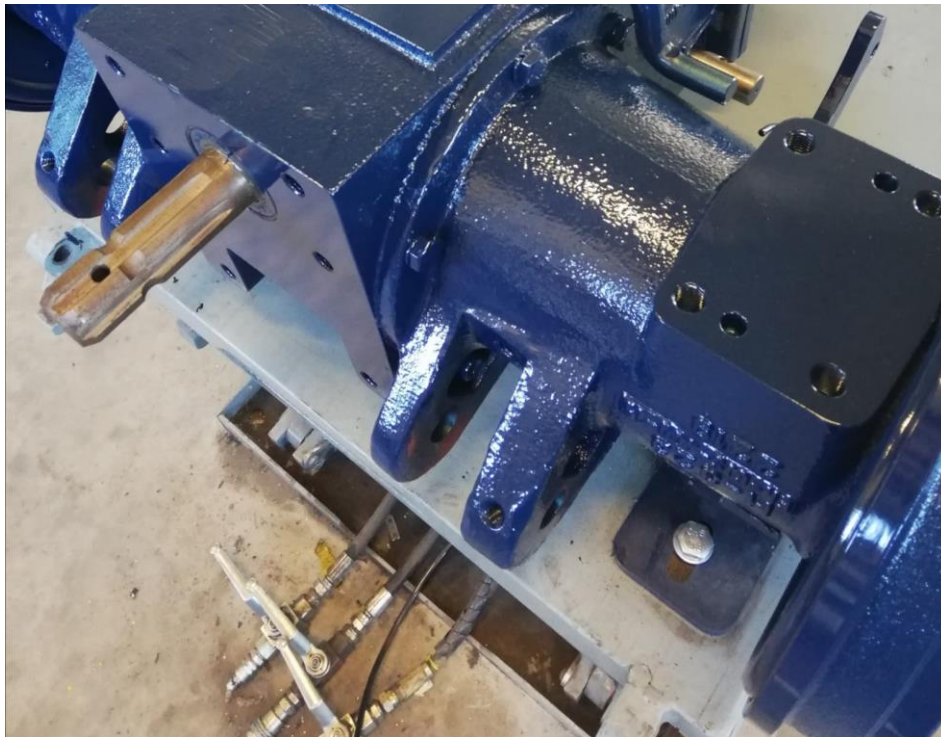
**Slika 55. Naprava za uprešavanje ležaja na zupčanik redukcije**



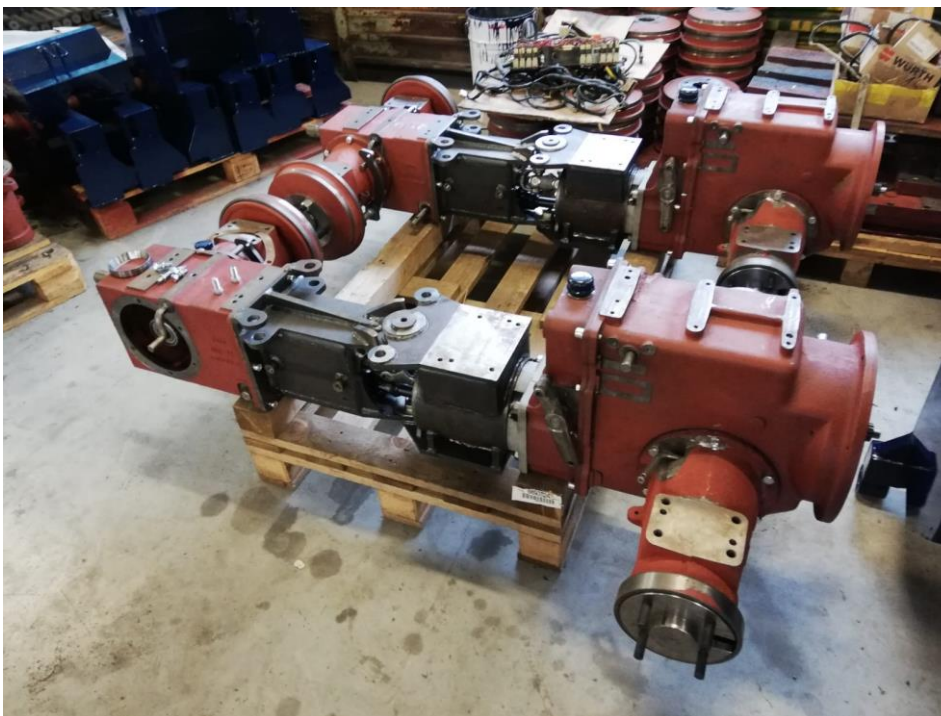
**Slika 56. Naprava za uprešavanje zupčanika redukcije sa ležajem u reduktor**

## 6. MONTAŽA BOČNOG REDUKTORA NA TRAKTOR

Bočni reduktor spaja se na zadnje kućište traktora (*Slika 57*) pomoću 6 M10 X 25 vijaka.



**Slika 57.** Prikaz bočnog reduktora na zadnjem kućištu



**Slika 58.** Kućišta traktora

## **7. ZAKLJUČAK**

Cilj rada je bila konstrukcija i izrada bočnog reduktora za traktor od strojne obrade lijevanog kućišta sve do sastavljanja elemenata u jedan sklop i sama montaža reduktora na traktor.

Za vrijeme izrade završnog rada služio sam se programskim paketom Solidworks 2016. u kojem sam izrađivao 3D model reduktora. Pratio sam izradu kućišta reduktora na CNC glodalici i izradu zupčanika na fellows odvalnoj dubilici i odvalnoj glodalici.

Izrađivao sam program za plazma rezanje za prirubnicu reduktora kojim smo dobili obradak koji je kasnije išao na strojnu obradu.

Pratio sam sastavljanje reduktora i montažu reduktora na zadnje kućište traktora.

Tokom svih navedenih zadataka sa kojima sam se susreo, dosta znanja koja sam stekao tijekom fakultetskog obrazovanja trebao sam primijeniti, ali sam također naučio dosta novih stvari i stekao jedno novo iskustvo.

## **PRILOZI**

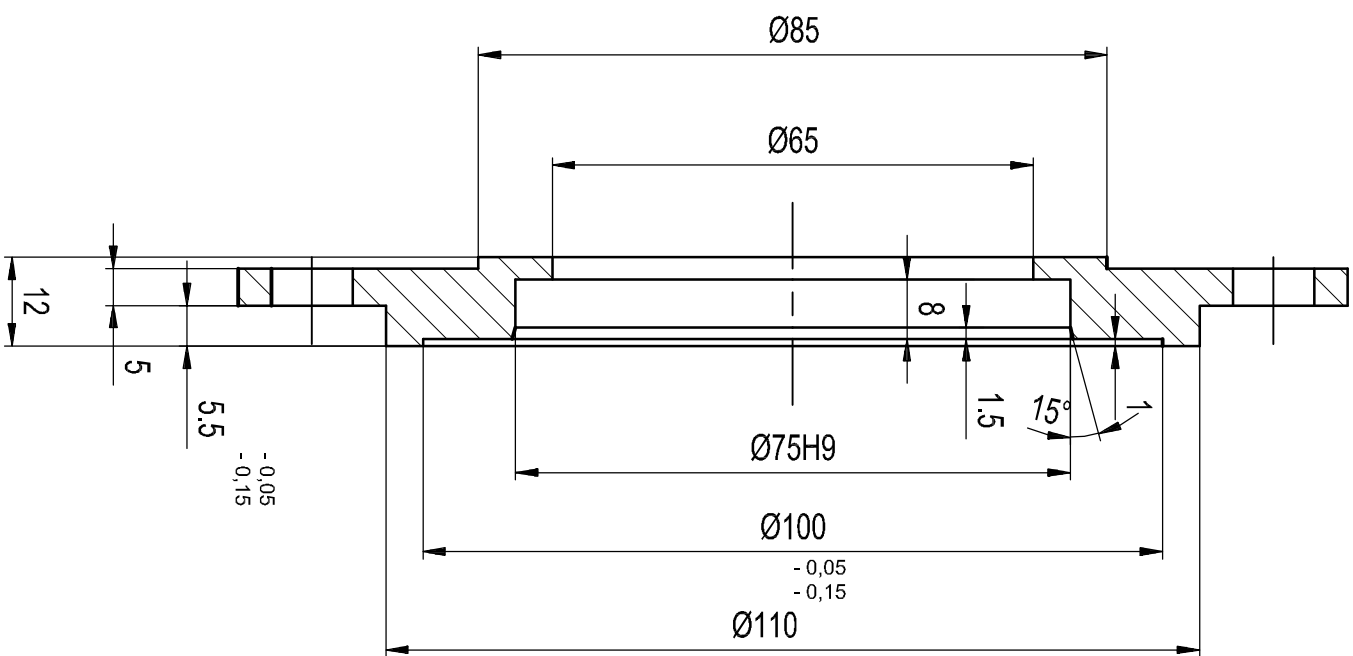
- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija

## LITERATURA

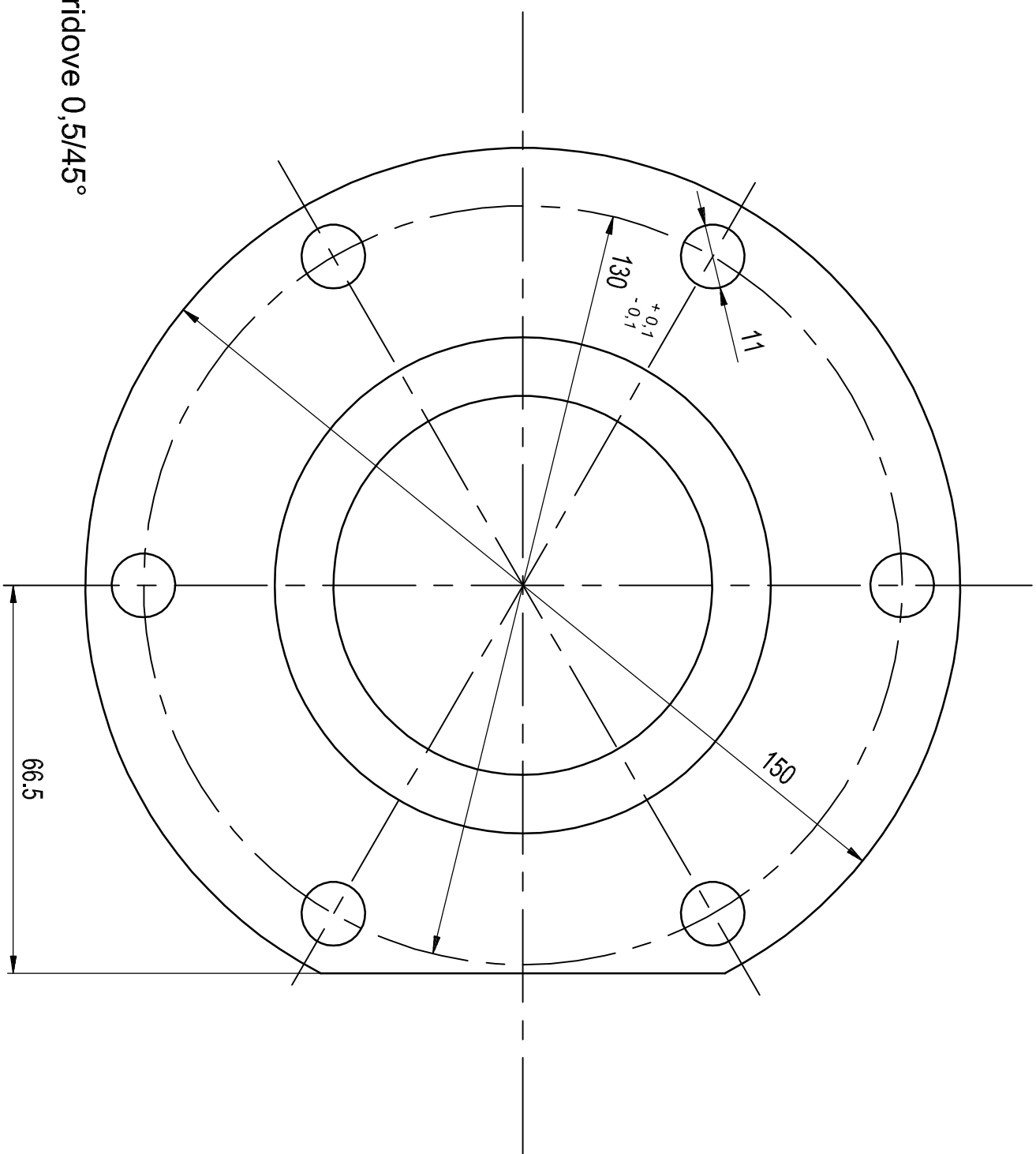
- [1] <https://www.savjetodavna.hr/2014/01/22/poljoprivredni-traktor-i-osnovno-odrzavanje-traktora/> (20.06.2020)
- [2] <http://casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-62-2010-08-08.pdf> (20.06.2020)
- [3] <http://www.mtfca.com/discus/messages/708324/767135.html?1505692031>
- [4] <https://www.pinterest.com/pin/502503270897579253/>
- [5] <https://poljoprivreda.forumcroatian.com/t359-ecotrak-by-hittner>
- [6] <https://www.entrada.hr/traktor-tuber-40-ldw-1603-p1013> (24.06.2020)
- [7] <https://www.haascnc.com/machines/horizontal-mills/40-taper/models/ec-500.html>  
(25.06.2020)
- [8] <http://titan.fsb.hr/~dzezelj/Dizajn-2013-14/Prezentacije/LIJEVANJE.pdf>
- [9] <https://images.app.goo.gl/8zT7utSpReGetVHCA>
- [10] <https://images.app.goo.gl/bzRpvvV7uQVyJqod9>
- [11] <https://zir.nsk.hr/islandora/object/vuka%3A1010> (10.07.2020)
- [12] <http://www.strojopromet.com/crna-metalurgija/> (11.07.2020)
- [13] <https://www.ffri.hr/~mdundjer/Elementi%20strojeva%20II/14-ZupcaniPrijenosnici.pdf>  
(11.7.2020)
- [14] <https://images.app.goo.gl/tXpwBxz2rLyJnQdj8>







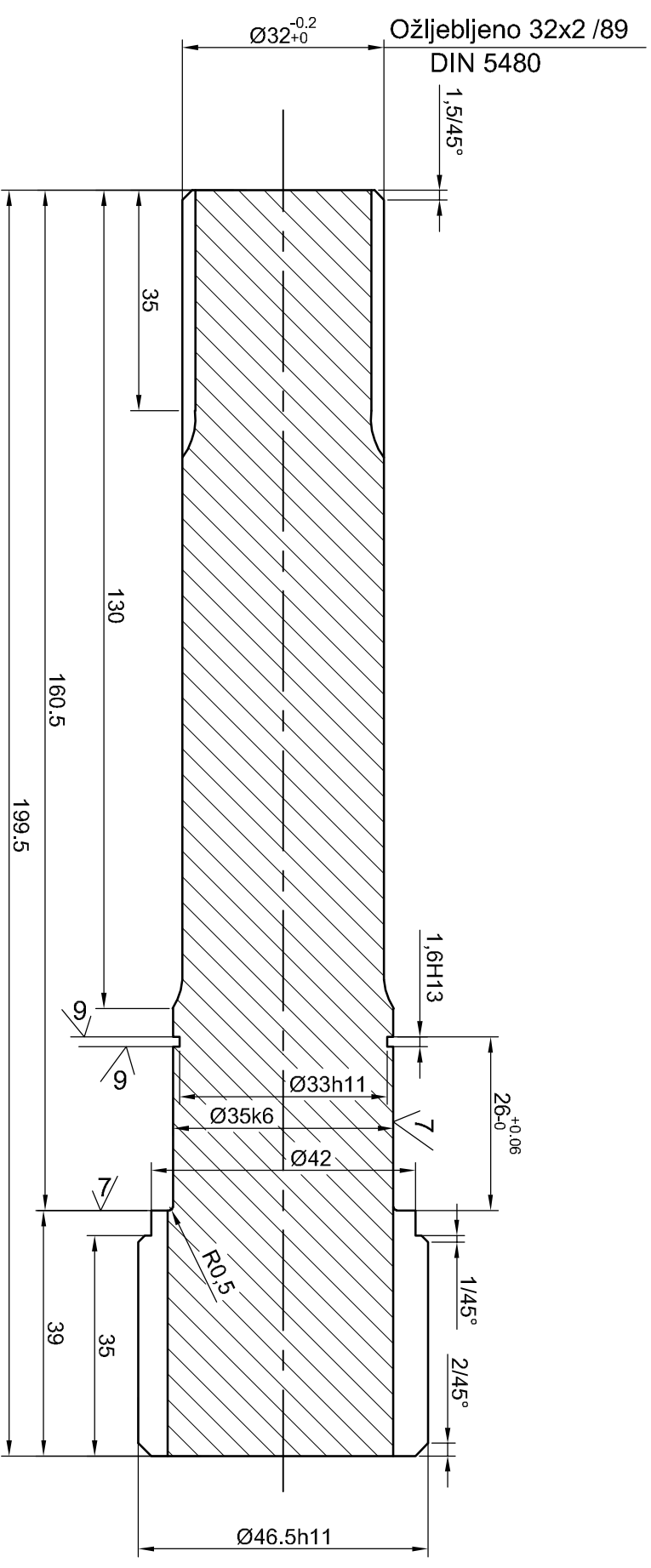
- skinuti oštre bridove 0,5/45°



Dio naziv		Završna površ.	Datum	Potpis	Dovodnik
MATERIJAL		Povr. vrhova	Konstruktio		Revizija
Proizvodski broj		Duljina oznaka	Crtao	11. 08. 2007	Lista
Dio oznaka		Zaštita - term. obrada	Odobrio		
KVALITETA		Uključ. sig.			
MATERIJAL		OBLIK - DIMENZIJA		Lim 15 mm	
MJEŠLO		NAZIV		ŠIFRA	
		PRIRUBNICA ZADNJEG RUKAVCA		603 562	

9 / 7

ISO tolerancije	
1.6H13	+0,140
	0
Ø33h11	0
	-0.160
Ø35k6	+0.018
	+0,002
Ø45.5h11	0
	-0.160



PODACI OZUBLJENJA	
Broj zubi	13
Modul	3
Standardni profil	HRN M.C.016
Promjer zaobljenja alata	0.2 m
Pomak profila	+1.41
Kut dodirnice	20°
Promjer diobenog kruga	39
Promjer podnožnog kruga	34,32
Oсно rastojanje	13.5
Kružni zazor	0.136-0.309
Br. zuba spregnutog zup.	22

- Napomena:
1. Cementirati na dubinu 0,4-0,6 mm.
  2. Kaliti na 60 ± 2 HRC
  3. Na čelo zupčanika utisnuti oznaku - ZD

OŽLJEBLJENJE	
Nacin izrade	Hladno valjano
Standard	DIN 5480
Modul	2
Broj zubi	14
Mjerni broj zubi	3
Mjera preko zubi	15,807
Promjer mjer. valjčica	4,5
Radijalno bacanje fr	0,03

	Završna obr.		Datum	Potpis	Dovodnik
	Povr. tvrdida		Konstruktio		
	Dubina cement. sloje		Crtao		
Proizvodski broj	kom.		Odobrio		11.8.2007
Dio ulazu	Zaštita - term. obrada		Ukl. sa stran.		
MATERIJAL	KVALITETA		OBLIK - DIMENZJA		
MJERILLO	NAZIV				
	ZUPČANIK REDUKCIJE zadnji desni				
	ŠIFRA				
	007.05.2.0.002				





