

# **Traktorski priključak za košnju i usitnjavanje ("malčer")**

---

**Kežman, Tomislav**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:599276>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-25**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

**Tomislav Kežman**

Zagreb, 2018. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Neven Pavković, dipl. ing.

Student:

Tomislav Kežman

Zagreb, 2018. godina.

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

Zahvaljujem se svom mentoru, prof. dr. sc. Nevenu Pavkoviću na savjetima i ukazanoj pomoći tijekom izrade ovog rada.

Zahvaljujem se i svojim roditeljima Željku i Mirjani, bratu Domagoju i sestri Martini kao i široj obitelji na pruženoj financijskoj i moralnoj podršci tijekom studiranja.

Tomislav Kežman



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite

Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
procesno-energetski, konstrukcijski, brodostrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur. broj:	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Tomislav Kežman** Mat. br.: 0035186986

Naslov rada na hrvatskom jeziku:

**Traktorski priključak za košnju i usitnjavanje („mulčer“)**

Naslov rada na engleskom jeziku:

**Tractor mounted mulcher**

Opis zadatka:

Koncipirati i konstruirati nošeni traktorski priključak koji služi za košnju i usitnjavanje korova i šikare („mulcher“). Pogon priključka izvesti s izlaznog radnog vratila traktora. Regulaciju položaja uređaja riješiti pomoću traktorske hidraulike. Priključak treba biti namijenjen 2. kategoriji traktora. Radna širina priključka je 1600 mm, nazivna brzina izlaznog vratila traktora:  $540 \text{ min}^{-1}$ , max. snaga na izlaznom vratilu: 75 kW.

U radu treba:

1. Analizirati postojeće uređaje na tržištu, način priključka na traktor i parametre traktorskog pogona;
2. Koncipirati više varijanti rješenja, usporediti ih i vrednovanjem odabrati najpovoljnije;
3. Izraditi detaljno konstrukcijsko rješenje odabrane varijante koncepta;
4. Izraditi računalni model uređaja u 3D CAD sustavu;
5. Izraditi tehničku dokumentaciju, pri čemu će se opseg konstrukcijske razrade dogovoriti tijekom izrade rada.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

16. studenog 2017.

Datum predaje rada:

18. siječnja 2018.

Predviđeni datum obrane:

24., 25. i 26. siječnja 2018.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Neven Pavković

Predsjednica Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	II
POPIS TABLICA.....	V
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....	VI
POPIS OZNAKA .....	VII
SAŽETAK .....	X
SUMMARY .....	XI
1. UVOD .....	1
2. TRAKTOR .....	2
2.1. Pregled tržišta traktora .....	2
2.2. Izlazno vratilo .....	5
3. PREGLED TRŽIŠTA MALČERA.....	7
3.1. Poduzeće SIP Strojna Industrija d.d. [8] .....	7
3.2. Poduzeće Orsigroup [9] .....	13
3.3. Poduzeće Ortolan [10] .....	21
3.4. Poduzeće Seppi [11] .....	30
3.5. Poduzeće Denis Cimaf [12].....	32
3.6. Poduzeće Diamond Mowers [13] .....	33
3.7. Zaključak o tržištu malčera .....	35
4. KONCIPIRANJE .....	36
4.1. Koncept 1 .....	39
4.2. Koncept 2 .....	40
4.3. Koncept 3 .....	42
4.4. Koncept 4 .....	44
4.5. Vrednovanje koncepata.....	47
5. PRORAČUN.....	49
5.1. Prijenos snage i gibanja.....	49
5.2. Dimenzioniranje vratila.....	58
5.3. Ležajevi .....	76
5.4. Pričvrsni vijci.....	82
5.5. Zavari .....	86
6. OPIS KONSTRUKCIJE.....	94
7. ZAKLJUČAK.....	102
LITERATURA.....	103
PRILOZI .....	104

## POPIS SLIKA

Slika 1 Dijelovi spajanja u 3 točke prema standardu ISO 730:2009 [1] .....	2
Slika 2 Spajanje u 3 točke, dimenzije u Tablica 1 [2] .....	3
Slika 3 Položaj stražnjeg izlaznog vratila [7].....	5
Slika 4 Izlazno vratilo s dimenzijsama - tip 1 (gore), tip 2 i 3 (dolje) [7].....	6
Slika 5 Silvercut disc 300S [8].....	7
Slika 6 Nosivi priključak kosilice [8] .....	7
Slika 7 Direktni pogon preko kardanskog zglobova, kutnog mjenjača i duplog univerzalnog zglobova [8] .....	8
Slika 8 Pogon direktno na prvi disk [8] .....	8
Slika 9 Diskovi se vrte u paru za brže i efikasnije odvajanje [8] .....	9
Slika 10 Greben za košnju [8].....	9
Slika 11 Priključak za traktor Silvercut disc 300 F [8].....	10
Slika 12 Silvercut disc 300 F u transportu [8] .....	10
Slika 13 Disc 260 S ALP u transportu [8] .....	11
Slika 14 Robustan ali lagan priključak [8].....	11
Slika 15 Disc 260 S ALP [8].....	12
Slika 16 Kosioni greben i raspored zupčanika [8] .....	12
Slika 17 ORSI W-Forrest malčer [9].....	13
Slika 18 ORSI W-Forrest malčer priključen na traktor [9] .....	13
Slika 19 ORSI W-Forrest malčer u radu [9] .....	14
Slika 20 Ručno podesivi branik [9] .....	14
Slika 21 Rezni zub [9] .....	14
Slika 22 ORSI Big Forrest malčer u radu s dignutim poklopcom [9] .....	15
Slika 23 ORSI Big Forrest malčer [9] .....	15
Slika 24 ORSI Big Forrest malčer - priključak za traktor [9].....	16
Slika 25 Rezni zub [9] .....	16
Slika 26 Super Forrest malčer [9] .....	16
Slika 27 Rotor sa duplom prirubnicom [9] .....	17
Slika 28 Super Forrest malčer u radu [9] .....	17
Slika 29 Super Forrest malčer u radu [9] .....	17
Slika 30 Super Forrest malčer - priključak za traktor [9] .....	18
Slika 31 Dvostruki prijenos remenima i automatsko zatezanje remena [9] .....	18
Slika 32 Unique malčer [9] .....	19
Slika 33 Uniqu malčer, stražnja strana [9].....	19
Slika 34 Zaštitne skije [9] .....	19
Slika 35 Dimenzije malčera iz tablice 6 .....	21
Slika 36 Veza u 3 točke za rad na neravnim površinama [10].....	21
Slika 37 Ležajevi rotora u stranicama [10] .....	21
Slika 38 Rotor sa čekićima ili oštricama [10].....	22
Slika 39 Pokrov prijenosa [10].....	22
Slika 40 Prijenos nazubljenim klinastim remenom [10] .....	22
Slika 41 Malčer model T5 [10] .....	23
Slika 42 Malčer model T10 [10] .....	23
Slika 43 Malčer model T10 pick-up [10] .....	24
Slika 44 Malčer model T20 [10] .....	25
Slika 45 Čekići na rotoru [10].....	25
Slika 46 Noževi na rotoru [10].....	25
Slika 47 Malčer model T30 [10] .....	25

Slika 48 Stražnji pokopac za servis [10].....	26
Slika 49 Nazubljena ploča [10] .....	26
Slika 50 Pomični okvir sa spajanjem u tri točke i sa amortizerom [10].....	26
Slika 51 Bočni štitnik [10] .....	27
Slika 52 Malčer model T80 [10] .....	27
Slika 53 Malčer model T140 [10] .....	28
Slika 54 Rotor malčera [10] .....	28
Slika 55 Malčer model SMO [11].....	30
Slika 56 Malčer SMO priključen na traktor [11] .....	30
Slika 57 Mlatilica modela SMO [11] .....	30
Slika 58 Malčer model SMWA k [11].....	31
Slika 59 Malčer model SMWA k pogled straga [11] .....	31
Slika 60 Malčer model SMWA k u radu [11].....	31
Slika 61 Malčer model SMO fh [11].....	32
Slika 62 Malčer za šumu model DAH [12] .....	32
Slika 63 Opis malčera modela DAH [12] .....	33
Slika 64 Malčer sa diskom poduzeća Diamon Mowers [13] .....	34
Slika 65 Izmjenjivi zubi na disku [13].....	34
Slika 66 Zubi na unutrašnjosti kućista [12] .....	34
Slika 67 Pogled odozdo [12].....	34
Slika 68 Funkcijska dekompozicija uređaja .....	36
Slika 69 Koncept 1 - sprijeda.....	39
Slika 70 Koncept 1 - straga.....	39
Slika 71 Koncept 1 - bubenj s noževima .....	40
Slika 72 Koncept 1 - nož.....	40
Slika 73 Koncept 2 - sprijeda.....	41
Slika 74 Koncept 2 - straga.....	41
Slika 75 Koncept 2 - bubenj s noževima .....	42
Slika 76 Koncept 3 .....	42
Slika 77 Koncept 3 - prijenos gibanja s traktora .....	43
Slika 78 Koncept 3 - pogled na rezni disk .....	43
Slika 79 Koncept 3 - pogled na dodatne noževe za usitnjavanje .....	44
Slika 80 Koncept 4 .....	45
Slika 81 Koncept 4 - prijenos gibanja s traktora .....	45
Slika 82 Koncept 4 - pogled na dodatne noževe za usitnjavanje .....	46
Slika 83 Dimenzije odabranog multiplikatora [14] .....	49
Slika 84 Odabrani prijenosnik [14] .....	49
Slika 85 Dimenzije izlaza odabranog prijenosnika [14] .....	50
Slika 86 Sigurnosna spojka [15] .....	51
Slika 87 Remenski prijenos .....	51
Slika 88 Sile kad se remenice okreću (lijevo) i sile kad su remenice u mirovanju (desno) .....	53
Slika 89 SKF katalog - faktor produljenja remena [17] .....	55
Slika 90 Dimenzije odabranih remenica [17] .....	56
Slika 91 Opterećeni bubenj s vratilima.....	58
Slika 92 Opterećenje bubenja s vratilima u $x-y$ ravnini .....	59
Slika 93 Dijagram poprečnih sila i momenata u $x-y$ ravnini za bubenj s vratilima.....	60
Slika 94 Opterećenje bubenja s vratilima u $x-z$ ravnini.....	60
Slika 95 Dijagram poprečnih sila i momenata u $x-z$ ravnini za bubenj s vratilima.....	61
Slika 96 Moment savijanja oko osi y u presjeku 1, $M_{yI}$ .....	63
Slika 97 Oblikovano lijevo vratilo bubenja .....	65

Slika 98 Opterećeno vratilo pogonske remenice .....	69
Slika 99 Opterećeno vratilo pogonske remenice u $x-y$ ravnini .....	70
Slika 100 Dijagram poprečnih sila i momenata u $x-y$ ravnini za vratilo pogonske remenice .....	71
Slika 101 Opterećeno vratilo pogonske remenice u $x-z$ ravnini .....	71
Slika 102 Dijagram poprečnih sila i momenata u $x-z$ ravnini za vratilo pogonske remenice .....	72
Slika 103 Obljikovano vratilo pogonske remenice .....	73
Slika 104 Ležaj 6209 ležajnog mjesta A bubenja .....	77
Slika 105 Ležaj 1209 ETN9 ležajnog mjesta B bubenja .....	78
Slika 106 Ležaj 2309 ETN9 ležajnog mjesta A vratila pogonske remenice .....	79
Slika 107 Ležaj 2209 ETN9 ležajnog mjesta B vratila pogonske remenice .....	80
Slika 108 Pričvrsni vijak .....	82
Slika 109 Zavar vratila i bubenja .....	86
Slika 110 Opterećenje veza s traktorom - tlocrt .....	88
Slika 111 Opterećenje veze s traktorom - bokocrt .....	88
Slika 112 Donja veza s traktorom .....	89
Slika 113 Gornja veza s traktorom .....	90
Slika 114 Zavar nosača ležaja bubenja i uzdužnog nosača opterećen težinom stroja .....	91
Slika 115 Zavar opterećen spregom sila $P$ od momenta $T$ .....	91
Slika 116 Malčer - pogled sprijeda .....	94
Slika 117 Malčer - pogled straga .....	95
Slika 118 Malčer - pogled s desne strane .....	95
Slika 119 Nosiva konstrukcija malčera .....	96
Slika 120 Nosiva konstrukcija malčera .....	96
Slika 121 Stražnja zaštita .....	97
Slika 122 Pogonska strana .....	97
Slika 123 Sklop vratila pogonske remenice .....	98
Slika 124 Ležajna mjesta bubenja .....	99
Slika 125 Sklop bubenja .....	99
Slika 126 Sklop bubenja - presjek .....	100
Slika 127 Sklop noža .....	100
Slika 128 Sklop noža - presjek .....	101
Slika 129 Nosač noža .....	101
Slika 130 Nož .....	101
Slika 131 Model gotovog proizvoda .....	102

**POPIS TABLICA**

Tablica 1 Dimenziije spojnica po kategorijama [2] .....	3
Tablica 2 Specifikacije odabralih modela traktora.....	4
Tablica 3 Položaj stražnjeg izlaznog vratila prema [7] .....	5
Tablica 4 Dimenziije izlaznog vratila [7] .....	6
Tablica 5 Specifikacije modela poduzeća Sip Strojna Industrija .....	12
Tablica 6 Specifikacije modela poduzeća Orsi Group .....	20
Tablica 7 Specifikacije modela T10 .....	24
Tablica 8 Specifikacije modela poduzeća Ortolan .....	29
Tablica 9 Specifikacije modela DAH .....	33
Tablica 10 Morfološka matrica .....	37
Tablica 11 Kriteriji i obrazloženje ocjena vrednovanja koncepata prikazanih u tablici 12.....	47
Tablica 12 Vrednovanje koncepata .....	48

**POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

BROJ CRTEŽA	Naziv iz sastavnice
1/18-0-00-00	Malčer
1/18-1-00-00	Sklop bubnja
1/18-1-01-00	Bubanj s vratilima
1/18-1-01-03	Lijevo vratilo bubnja
1/18-1-01-04	Desna osovina bubnja
1/18-1-01-05	Nosač noža
1/18-1-02-00	Nož
1/18-1-06-00	Sklop lijevog ležajnog mj. bubnja
1/18-1-06-01	Lijevi poklopac vratila
1/18-1-06-02	Lijevo ležajno mj. bubnja
1/18-1-07-00	Sklop desnog ležajnog mj. bubnja
1/18-2-00-00	Nosač malčera
1/18-2-01-00	Nosač malčera - podsklop
1/18-2-01-07	Gornja veza
1/18-2-07-00	Desna stranica
1/18-3-00-00	Sklop vratila remenice 1
1/18-3-01-00	Vratilo remenice 1
1/18-3-04-00	Ležajno mjesto remenice 1
1/18-3-33-33	Sklop lijeve strane
1/18-4-44-44	Sklop desne strane

## POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
$a$	mm	Osnji razmak remenica
$a_1$	mm	Debljina zavara $a_1$
$a_2$	mm	Debljina zavara $a_2$
$A_S$	$\text{mm}^2$	Površina poprečnog presjeka vijka
$b_1$	mm	Duljina $b_1$
$b_2$	mm	Duljina $b_2$
$C$	kN	Dinamička nosivost ležaja
$C_0$	kN	Statička nosivost ležaja
$c_B$		Faktor primjene remena
$c_L$		Faktor duljine remena
$C_{uk}$		Ukupan korekcijski faktor za remenski prijenos
$c_\beta$		Faktor obuhvatnog kuta remena
$d$	mm	Promjer
$d_B$	mm	Promjer bubenja
$d_{\min}$	mm	Minimalni potrebni promjer
$d_{\text{optD}(-1)}$	MPa	Dopušteno dinamičko smično naizmjenično naprezanje
$D_{sr}$	mm	Srednji promjer
$D_{Z1}$	mm	Vanjski promjer zavara 1
$d_{Z1}$	mm	Unutarnji promjer zavara 1
$D_{Z2}$	mm	Vanjski promjer zavara 2
$d_{Z2}$	mm	Unutarnji promjer zavara 2
$f$	$\text{s}^{-1}$	Učestalost savijanja
$F$	N	Sila
$F_1$	N	Sila 1
$F_2$	N	Sila 2
$F_{Ay}$	N	Sila u osloncu A u smjeru osi y
$F_{Az}$	N	Sila u osloncu A u smjeru osi z
$F_{By}$	N	Sila u osloncu B u smjeru osi y
$F_{Bz}$	N	Sila u osloncu B u smjeru osi z
$F_{d.v.}$	N	Sila u donjoj vezi prihvata traktora
$f_{\text{dop}}$	$\text{s}^{-1}$	Dopuštena učestalost savijanja
$F_{g.v.}$	N	Sila u gornjoj vezi prihvata traktora
$F_N$	N	Normalna sila
$F_o$	N	Obodna sila
$F_P$	N	Sila predzatezanja remena
$F_{P,\text{novi}}$	N	Ukupna sila predzatezanja za novi set remena
$F_{P,\text{novi},1}$	N	Sila predzatezanja za jedan remen
$F_{P,\text{novi},y}$	N	Komponenta ukupne sile predzatezanja u smjeru osi y
$F_{P,\text{novi},z}$	N	Komponenta ukupne sile predzatezanja u smjeru osi z
$f_{\text{prod.}}$		Faktor produljenja remena
$F_R$	N	Rezultantna sila na vratilo uslijed remenskog prijenosa

$F_{\text{tr}}$	N	Sila trenja
$F_v$	N	Vlačna sila u vijku
$F_y$	N	Sila u smjeru osi y
$F_z$	N	Sila u smjeru osi z
$G_B$	N	Težina bubenja
$G_{R1}$	N	Težina pogonske remenice
$G_{R2}$	N	Težina gonjene remenice
$G_{\text{stroja}}$	N	Ukupna težina stroja
$l_1$	mm	duljina $l_1$
$L_{10h}$	h	Nazivni vijek trajanja ležaja
$L_{10h\_min}$	h	Zahtijevani vijek trajanja ležaja
$l_2$	mm	duljina $l_2$
$l_3$	mm	duljina $l_3$
$l_B$	mm	duljina bubenja
$L_{\text{rem}}$	mm	Duljina remena
$L_w$	mm	Stvarna računska duljina remena
$L_{w,\text{potrebna}}$	mm	Potrebna računska duljina remena
$M_1$	Nm	Moment u presjeku 1
$M_2$	Nm	Moment u presjeku 2
$M_4$	Nm	Moment u presjeku 4
$M_5$	Nm	Moment u presjeku 5
$M_A$	Nm	Moment u presjeku A
$M_{Ay}$	Nm	Moment u točki A oko osi y
$M_{\text{ekv}}$	Nm	Ekvivalentni moment
$M_f$	Nm	Moment savijanja
$M_{y1}$	Nm	Moment u presjeku 1 oko osi y
$M_{y3}$	Nm	Moment u presjeku 3 oko osi y
$M_{yA}$	Nm	Moment u presjeku A oko osi y
$M_{y\max}$	Nm	Maksimalni moment oko osi y
$M_{z1}$	Nm	Moment u presjeku 1 oko osi z
$M_{z3}$	Nm	Moment u presjeku 3 oko osi z
$M_{zA}$	Nm	Moment u presjeku A oko osi z
$M_{z\max}$	Nm	Maksimalni moment oko osi z
$N$		Broj vijaka
$n_1$	o/min	Brzina vrtnje pogonske remenice
$n_m$	o/min	Brzina vrtnje ležaja
$n_{\max}$	MPa	Maksimalno normalno naprezanje okomito na ravninu spoja zavara
$P$	kW	Snaga
$P_1$	kW	Snaga koju može prenijeti jedan remen
$R_e$	MPa	Granica tečenja
$R_m$	MPa	Vlačna čvrstoća
$R_{\max}$	µm	Kvaliteta obrade površine
$S$		Sigurnost

$S_{\text{post}}$		Postignuta sigurnost
$S_{\text{potr}}$		Potreбна sigurnost
$T_1$	Nm	Torzijski moment na pogonskoj remenici
$t_1$	mm	Dubina utora
$T_2$	Nm	Torzijski moment na gonjenoj remenici
$T_{\text{pr}}$	Nm	Moment pritezanja
$T_{\text{sig.spojke}}$	Nm	Moment kod kojeg se sigurnosna spojka isključuje
$v_{\text{rem}}$	m/s	Brzina remena
$W$	mm <sup>3</sup>	Moment otpora presjeka
$W_p$	mm <sup>3</sup>	Polarni moment otpora presjeka
$W_{pZ1}$	mm <sup>3</sup>	Polarni moment otpora presjeka zavara Z1
$W_{pZ2}$	mm <sup>3</sup>	Polarni moment otpora presjeka zavara Z2
$Z$		Broj remena
$z$		Broj remenica
$\alpha$	°	Kut između rezultantne sile remenskog prijenosa i osi y
$\beta$	°	Obuhvatni kut remenice
$\varepsilon$		Eksponent vijek trajanja ležaja
$\mu$		Faktor trenja
$\mu_k$		Korigirani faktor trenja
$\sigma_{\perp \max}$	MPa	Maksimalno normalno naprezanje okomito na pravi presjek zavara
$\sigma_{\text{dop}}$	MPa	Dopušteno naprezanje
$\sigma_{fDN}$	MPa	Trajna dinamička čvrstoća za naizmjenično promjenjivo naprezanje pri savijanju
$\sigma_{\text{red}}$	MPa	Reducirano naprezanje
$\sigma_{\text{red2}}$	MPa	Reducirano naprezanje u zavaru 2
$\sigma_T$	MPa	Granica tečenja
$\sigma_v$	MPa	Vlačno naprezanje u vijku
$\sigma_{z,\text{dop}}$	MPa	Dopušteno naprezanje u zavaru
$\tau$	MPa	Smično naprezanje
$\tau_{\perp \max}$	MPa	Smično naprezanje okomito na smjer protezanja zavara
$\tau_{II\text{m}}$	MPa	Smično naprezanje paralelno sa smjerom protezanja zavara
$\tau_{Z1}$	MPa	Smično naprezanje u zavaru 1
$\tau_{Z2}$	MPa	Smično naprezanje u zavaru 2
$\varphi$	°	Kut utora na remenici

**SAŽETAK**

Zadatak ovog diplomskog rada bio je koncipirati i konstruirati nošeni traktorski priključak koji služi za košnju i usitnjavanje korova i šikare. Pogon priključka bilo je potrebno izvesti s izlaznog vratila traktora. U provedenoj analizi tržišta prikupljene su informacije o postojećim uređajima na tržištu, načinu njihova priključka na traktor i parametrima traktorskog pogona.

Na temelju istraživanja tržišta krenulo se u fazu koncipiranja te su bila generirana četiri koncepta koji su se vrednovali te je za daljnju razradu odabran najbolje ocijenjeni koncept. Vrednovanje koncepata vršilo se na temelju devet kriterija koji su imali različite težinske faktore. Prema provedenom proračunu izrađen je računalni model uređaja u 3D CAD sustavu te je izrađena tehnička dokumentacija osnovnih sklopova i dijelova uređaja. Rezultat rada je konstruirani uređaj mase 358 kg koji zadovoljava postavljene zahtjeve.

Ključne riječi: Malčer, Košnja, Usitnjavanje, Traktor, Priključak, Konstruiranje, Koncipiranje

**SUMMARY**

The task of this graduate thesis was to develop concepts and to design a Tractor mounted mulcher. Drive of the mulcher had to be done from the tractor's output shaft. Data about existing products on the market, how they connect to tractor and parameters of tractor drive train were collected by conducting a market analyzes.

Conceptual stage, in which four concepts were generated and evaluated, was based on the market research. Best-rated concept was chosen for further elaboration. Evaluation of concepts was based on nine criteria that had different weight factors. From the calculations a computer model of the product was created in the 3D CAD system. Technical documentation of the main assemblies and parts of the product was also created. The result of the carried out work is the machine which weighs 358 kg and meets the set requirements.

Key words: Mulcher, Mowing, Mulching, Tractor, Design, Conceptualization

## **1. UVOD**

Ovaj rad bavi se razvojem traktorskog priključka za košnju i usitnjavanje, odnosno razvojem malčera. U radu će biti opisana provedena analiza tržišta, koncipiranje i konstruiranje samog uređaja. Prije uvida u tržište malčera potrebno je i upoznati se s tržištem traktora te načinom priključivanja radnih strojeva na sam traktor. Zbog toga je dan i kratak pregled određenih modela traktora od nekoliko proizvođača s bitnim specifikacijama.

Malčer je uređaj koji često možemo vidjeti kod čišćenja šikare ili visoke trave, no postoje i izvedbe koje služe za teže namjene kao što je čišćenje šuma. Malčer reže i usitnjava granje ili travu te je vrlo učinkovit kod čišćenja zemljišta i prostora uz ceste ili pruge. Koristi se u profesionalnoj i amaterskoj primjeni te se zbog toga na tržištu može naći mnogo različitih modela.

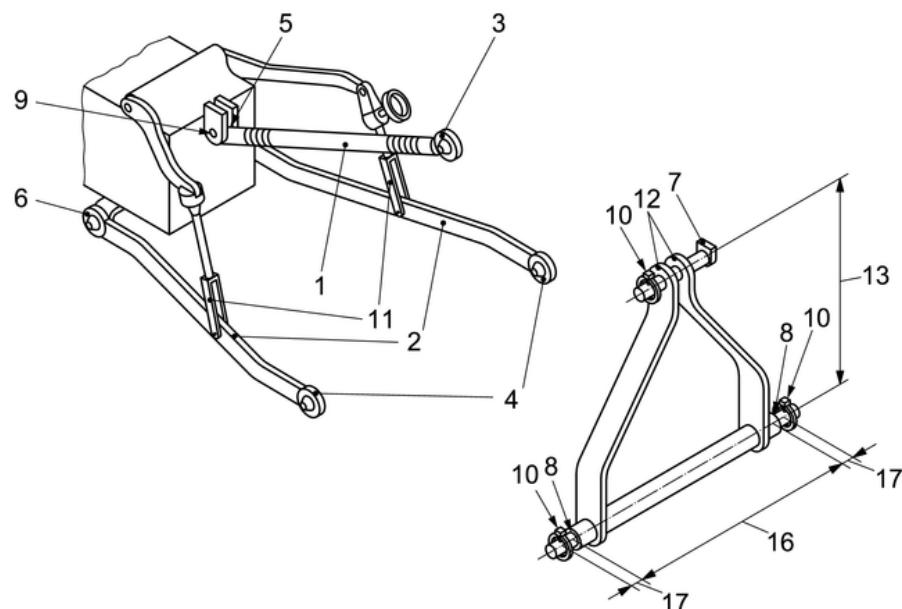
## 2. TRAKTOR

Traktor je motorno vozilo namijenjeno transportu i vuči, guranju ili nošenju izmjenjiva oruđa. Traktori predstavljaju univerzalne uređaje na koje se mogu priključiti različiti strojevi posebne namjene, kao što su plugovi, drljače, malčeri, cisterne za navodnjavanje i sl. Najčešće se koriste u poljoprivredi te kod održavanja zemljišta.

### 2.1. Pregled tržišta traktora

Kako se ovaj rad bavi malčerima namijenjenima za rad na pogon traktora, napravljen je i pregled tržišta traktora te su u tablici 2 navedene specifikacije odabralih modela traktora koje su bitne za ovu tematiku. Najvažnije informacije su one o brzini i snazi izlaznoga vratila, jer preko tog vratila i kardanskog vratila se vrši pogon malčera, te maksimalni teret dizanja na spojnicama, što nam govori i maksimalnoj masi malčera koji se priključuje na traktor. Također je bitno koje kategorije je veza za priključne uređaje traktora. Iz pregleda specifikacija raznih modela od nekoliko različitih proizvođača vidljivo je da su standardne brzine vrtnje izlaznog vratila 540 i 1000 o/min te se negdje javljaju i brzine od 750 o/min, a snaga na izlaznom vratilu je otprilike 85% snage samog motora traktora.

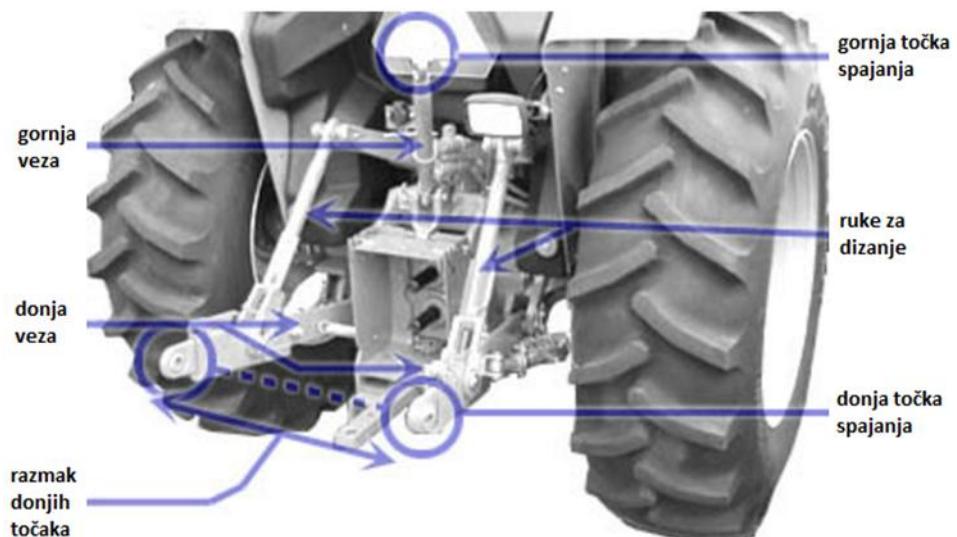
Za spajanje priključaka za rad koristi se spajanje u 3 točke prema standardu ISO 730:2009. Priključci traktora su kategorizirani u 5 kategorija od 0 do 4 prema snazi motora. Tablica 1 prikazuje dimenzije spojnica prema kategorijama i snazi traktora.



Slika 1 Dijelovi spajanja u 3 točke prema standardu ISO 730:2009 [1]

Dijelovi spajanja u 3 točke prikazani na slici 1:

- |                           |                                |
|---------------------------|--------------------------------|
| 1 – gornja veza           | 7 – gornje spajanje priključka |
| 2 – donja veza            | 8 – donje spajanje priključka  |
| 3 – gornja točka spajanja | 9 – gornja veza spajanja       |
| 4 – donja točka spajanja  | 10 – zatik                     |
| 5 – gornja točka veze     | 11 – ruke za dizanje           |
| 6 – donja točka veze      | 12 – jarbol                    |



**Slika 2 Spajanje u 3 točke, dimenzije u Tablica 1 [2]**

**Tablica 1 Dimenzijske spojnica po kategorijama [2]**

Kategorija	Promjer provrta za spajanje		Razmak donjih točaka mm	Snaga traktora kW (KS)
	Gornja veza mm ("")	Donja veza mm ("")		
0	17 (5/8)	17 (5/8)	500	<15 (<20)
1	19 (3/4)	22,4 (7/8)	718	15-35 (20-45)
2	25,5 (1)	28,7 (1 1/8)	870	30-75 (40-100)
3	31,75 (1 1/4)	37,4 (1 7/16)	1010	60-168 (80-225)
4	45 (1 3/4)	51 (2)	1220	135-300 (180-400)

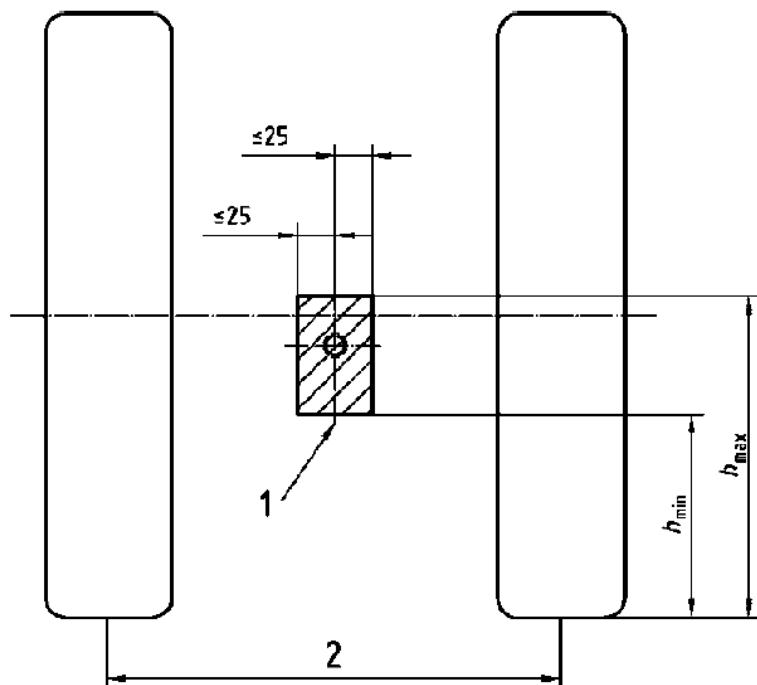
Tablica 2 Specifikacije odabralih modela traktora

Proizvođač	Model	Snaga motora kW (KS) [okretaji motora pri navedenoj snazi] o/min	Moment motora Nm [okretaji motora pri navedenom momentu] o/min	Brzina izlaznog vratila o/min [okr. motora pri navedeno okr. vratila] o/min	Snaga izlaznog vratila kW [okretaji motora pri navedenoj snazi] o/min	Max. teret dizanja na krajevima spojnica kg	Kat	
ArmaTrac [3]	<b>602e/604e</b>	48,5 (66) [2200]	252 [1400]	540 ili 540-750	41 [2200]	2200	2	
	<b>702/704</b>	54 (73) [2200]	275 [1400]		46 [2200]	2400		
	<b>825/854</b>	61,5 (83) [2200]	289 [1400]		52 [2200]	2800		
Case IH [4]	<b>JXU 75</b>	56 (76) [2300]	324 [1400]	Prednje: 1000 [1800] Stražnje: 540/1000 [1400/1800]	Prednje: 2500 Stražnje: 3900	Prednje: 2500 Stražnje: 3900	-	
	<b>JXU 85</b>	63 (86) [2300]	366 [1400]					
	<b>JXU 95</b>	71 (97) [2300]	404 [1400]					
	<b>JXU 105</b>	78 (106) [2300]	425 [1400]					
	<b>JXU 115</b>	83 (113) [2300]	445 [1400]					
	<b>MAGNUM 235</b>	173 (235) [1800]	593 [1400]		Prednje: 5000 Stražnje: 540/1000 [1400/1800]	Prednje: 5000 Stražnje: 8550	-	
	<b>MAGNUM 260</b>	189 (257) [1800]	643 [1400]					
	<b>MAGNUM 290</b>	209 (284) [1800]	690 [1400]					
	<b>MAGNUM 315</b>	229 (311) [1800]	593 [1400]		Prednje: 5000 Stražnje: 9130	Prednje: 5000 Stražnje: 9130	-	
	<b>MAGNUM 340</b>	250 (340) [1800]	643 [1400]					
Massey Ferguson [5]	<b>MF 3625 A</b>	51 (69)	276	540/1000 [1938/1962]	-	2500	1/2	
	<b>MF 3635 A</b>	59 (80)	315					
	<b>MF 3640 A</b>	63 (84)	360					
	<b>MF 3645 A</b>	68 (92)	360					
	<b>MF 3650 F</b>	70 (94)	390					
	<b>MF 3660 F</b>	76 (102)	405					
McCormick [6]	<b>C 70 L</b>	50 (68)	280	540/750	43	2700	2	
	<b>C 80 L</b>	54,5 (74)	261		47			
	<b>C 80 MAX</b>	54,5 (74)	261	540/750 i 1000	46,5	2600		
	<b>C 90 MAX</b>	61 (83)	352		52			
	<b>C 100 MAX</b>	68 (92,5)	393		58			
	<b>C 110 MAX</b>	75 (102)	416		63,5			

## 2.2. Izlazno vratilo

Preko izlaznog vratila traktora vrši se pogon priključnih strojeva. Ono je pozicionirano na stražnjoj strani traktora, no česti su modeli traktora i s prednjim izlaznim vratilom. Izlazno vratilo je česti uzrok ozljeda i smrtnih slučajeva te se zbog toga često koristi zaštita kako bi se spriječio kontakt čovjeka i vratila.

Slika 3 pokazuje položaj stražnjeg izlaznog vratila prema normi ISO 500-3:2004, a Tablica 3 pokazuje položaj prema tipu izlaznog vratila. Na traktorima konstruiranim s visokom udaljenosti od poda namijenjenima za rad u polju visokog povrća ili šećerne trske vrijednost  $h_{\max}$  može prekoračiti navedene vrijednosti, a na traktorima konstruiranim s niskom udaljenosti od poda namijenjenima za košnju ili održavanje zemlje vrijednost  $h_{\min}$  može biti manja od navedenih vrijednosti. Tako npr. traktor ArmTrac 702 ima visinu izlaznog vratila od 387,5 mm.

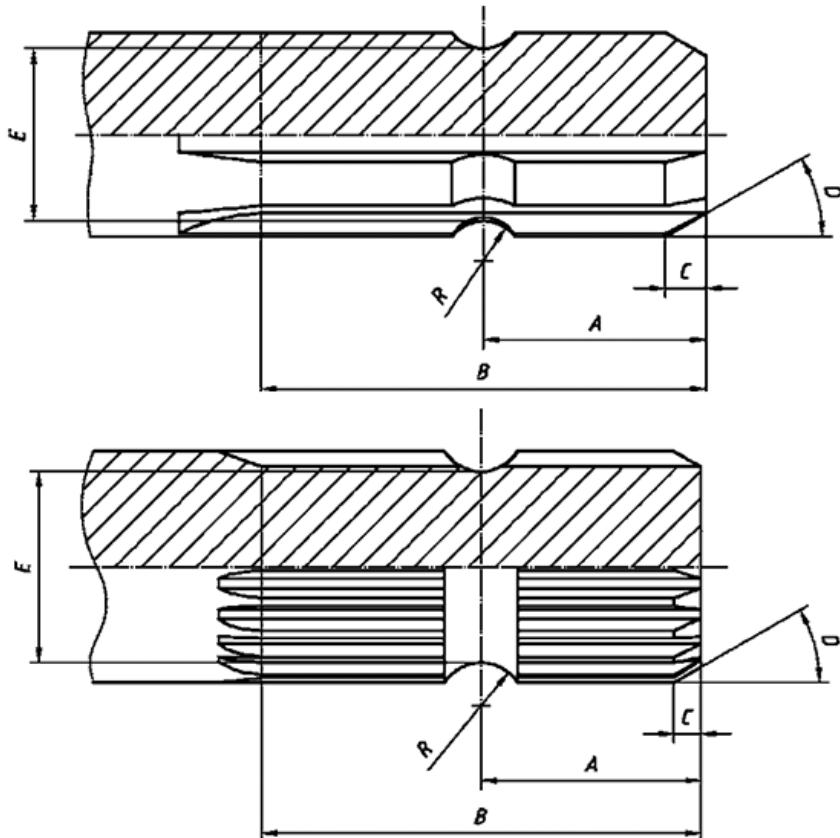


Slika 3 Položaj stražnjeg izlaznog vratila [7]

Tablica 3 Položaj stražnjeg izlaznog vratila prema [7]

Tip izlaznog vratila	$h_{\min}$ , mm	$h_{\max}$ , mm
1	480	800
2	530	900
3	600	1000

Slika 4 i tablica 4 prikazuju dimenzije tipa 1, tipa 2 i tipa 3 izlaznog vratila. Izlazno vratilo u nominalne brzine vrtnje od 540 o/min obično je tip 1, a kod nominalne brzine vrtnje od 1000 o/min koristi se tip 2 i tip 3 izlaznog vratila. Izlazno vratilo na traktoru rotira se u smjeru suprotnom od kazaljke na satu kada gledamo s traktora prema vratilu, odnosno u smjeru kazaljke na satu kada stojimo iza traktora i gledamo prema vratilu.



**Slika 4 Izlazno vratilo s dimenzijsama - tip 1 (gore), tip 2 i 3 (dolje) [7]**

**Tablica 4 Dimenzijske vrijednosti izlaznog vratila [7]**

Dimenzija	Tip 1	Tip 2	Tip 3
A, mm	38	25,5	38
B, mm	$\geq 76$	$\geq 64$	$\geq 89$
C, mm	6	5	6
D, mm	$30^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$
E, mm	29,40	29,40	37,25
R, mm	6,8	6,8	8,4
Promjer, mm (in)	34,92 (1 3/8")	34,92 (1 3/8")	44,45 (1 3/4")
Br. zubi	6	21	20

### 3. PREGLED TRŽIŠTA MALČERA

U ovom poglavlju provest će se analiza tržišta malčera i sličnih proizvoda koji su namijenjeni košnji trave, krčenju šikara i šuma. Pregled tržišta bit će prezentiran po poduzećima i njihovim modelima te će tablično biti prikazane specifikacije modela pojedinih poduzeća radi jednostavnije usporedbe.

#### 3.1. Poduzeće SIP Strojna Industrija d.d. [8]

##### Silvercut disc 300 S

Silvercut disc 300 S je bočna diskasta kosička s grebenom za košnju pričvršćenim u sredinu, koja u kombinaciji s bestupanjskim hidrauličkim rasterećenjem omogućava izvrsno prilagođavanje terenu. Glavna nosiva konstrukcija osigurava visoku krutost.

Kvalitetno prilagođavanje terenu osigurava kombinacija mjesta priključenja ruke i grebena pričvršćenog u sredini. Maksimalan kut prilagođavanja je između  $-15^\circ$  i  $+20^\circ$ . glavna nosiva konstrukcija osigurava visoku krutost i optimalan prijenos snage od traktora do grebena.



Slika 5 Silvercut disc 300S [8]



Slika 6 Nosivi priključak kosilice [8]



**Slika 7 Direktni pogon preko kardanskog zgloba, kutnog mjenjača i duplog univerzalnog zgloba [8]**

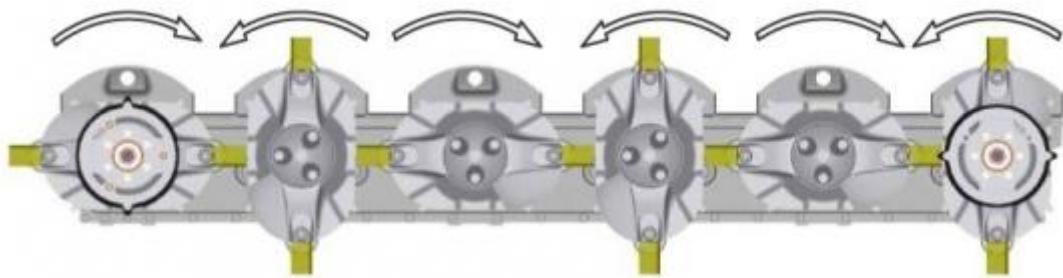


**Slika 8 Pogon direktno na prvi disk [8]**

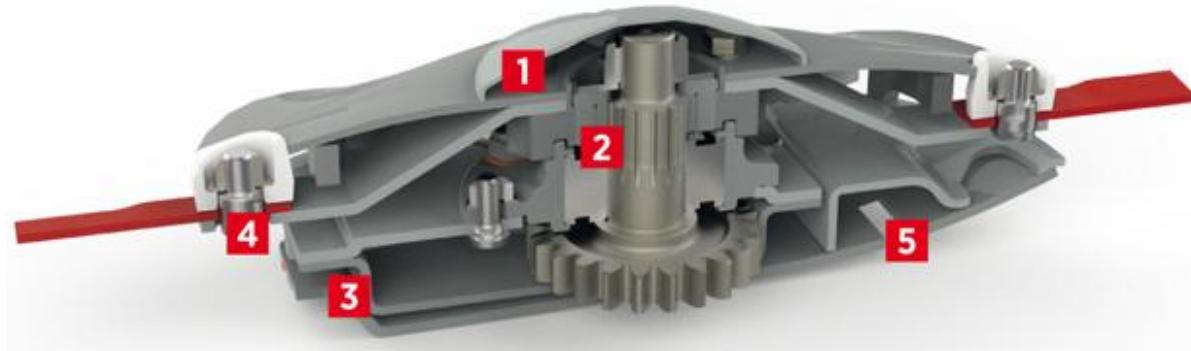
### **Silvercut disc 300 S FC**

Silvercut disc 300 S FC je bočna diskasta kosilica sa prstastom gnječilicom (FC) i središnjim učvršćenjem grebena, koja, kao i prijašnji model, u kombinaciji s bestupanjskim hidrauličkim rasterećenjem omogućava odlično prilagođavanje terenu. Glavna noseća konstrukcija stroja osigurava visoku krutost te optimalan prijenos snage od traktora do grebena kosilice.

Kvalitetno prilagođavanje terenu osigurava kombinacija mjesta priključenja ruke i grebena pričvršćenog u sredini. Maksimalan kut prilagođavanja je također između  $-15^\circ$  i  $+20^\circ$ . Glavna nosiva konstrukcija osigurava visoku krutost i optimalan prijenos snage od traktora do grebena.



**Slika 9 Diskovi se vrte u paru za brže i efikasnije odvajanje [8]**



**Slika 10 Greben za košnju [8]**

Greben za košenje s posebno oblikovanim diskovima osigurava brz i učinkovit protok krme.

1. Diskovi su posebnog oblika, izrađeni iz otpornog materijala debljine 5 mm.
2. Greben kosilice osiguran je na svakom disku s prirubnicom, tako da kod preopterećenja diska štiti greben od oštećenja. Izvedba omogućava jednostavno mijenjanje osigurača i nesmetanu buduće korištenje stroja.
3. Zadnje ojačanje grebena - diskovi na grebenu kosilice su dodatno zaštićeni sa zadnje strane (opcija).
4. Serijski ugrađena brza promjena noževa.
5. Zaobljeni klizači omogućavaju veliku kliznu površinu. Kovani klizači iz visoko kvalitetnog čelika otpornog na habanje garantiraju dug životni vijek, visoku zaštitu, kako grebena tako i diskova.

**Silvercut disc 300 F**

Silvercut disc 300 F je prednja diskasta kosička s bestupanjskim hidrauličkim rasterećenjem koje omogućava odlično prilagođavanje terenu. Glavna nosiva konstrukcija stroja osigurava visoku krutost te optimalan prijenos snage od traktora do grebena kosičice.



**Slika 11 Priključak za traktor Silvercut disc 300 F [8]**

Rasterećivanje grebena je izvedeno preko opruga koje osiguravaju jednakomjerno smanjenje pritiska na tlo po cijeloj dužini grebena i bolje prilagođavanje terenu. Kvalitetno prilagođavanje terenu (nagib lijevo-desno  $\pm 9^\circ$ )



**Slika 12 Silvercut disc 300 F u transportu [8]**

Visoka pozicija u transportnom položaju, što omogućuje veliku okretnost, a istovremeno je njezino težište optimalno približeno traktoru.

**Disc260 S ALP**

Disc 260 S ALP je opremljena s profesionalnim kosionim grebenom kod kojeg se diskovi vrte prema sredini i s time omogućavaju rad na strmim kosinama i uzak red.



**Slika 13 Disc 260 S ALP u transportu [8]**



**Slika 14 Robustan ali lagan priključak [8]**

Dizanje i spuštanje grebena se vrši preko hidrauličkog cilindra, pri tom nema potrebe za ravnanjem pomoću traktorskih ruku. Spuštanje grebena je ravnomjerno i ne ošteće tlo. Diskovi se vrte prema sredini za optimalnu košnju na kosom terenu i uži red.



Slika 15 Disc 260 S ALP [8]



Slika 16 Kosioni greben i raspored zupčanika [8]

Tablica 5 prikazuje specifikacije modela poduzeća Sip Strojna industrija radi lakše usporedbe.

Tablica 5 Specifikacije modela poduzeća Sip Strojna Industrija

Modeli:	SILVERCUT DISC 300 S	SILVERCUT DISC 300 S FC	SILVERCUT DISC 300 F	SILVERCUT DISC 300 F RC	DISC 260 S ALP
<b>Radna širina m</b>	2,90	2,90	2,97	2,90	2,60
<b>Br. diskova</b>	7	7	7	7	6
<b>Br. noževa</b>	14	14	14	14	12
<b>Dimenzija noža mm</b>	110x48x4	110x48x4	110x48x4	110x48x4	110x48x4
<b>Okretaji diskova o/mm</b>	3000	3000	3000	3000	3185
<b>Okretaji kardanskog vratila o/min</b>	1000	1000	1000	1000	540
<b>Masa kg</b>	790	1060	580	940	510
<b>Potrebna snaga traktora KS</b>	46	60	46	60	28
<b>Kapacitet ha/h</b>	3,50	3,50	3,50	3,50	3,00
<b>Visina reza mm</b>	40 - 70	40 - 70	40 - 70	40 - 70	40 - 70
<b>Smjer vrtnje diskova</b>	U paru	U paru	Kombinirano	U paru	U sredinu

### 3.2. Poduzeće Orsigroup [9]

#### W-Forrest malčer

Malčer prikladan za usitnjavanje nekultivirane vegetacije, šikare, grmlja, granja, itd.



Slika 17 ORSI W-Forrest malčer [9]



Slika 18 ORSI W-Forrest malčer priključen na traktor [9]



**Slika 19 ORSI W-Forrest malčer u radu [9]**



**Slika 20 Ručno podesivi branik [9]**



**Slika 21 Rezni zub [9]**

### **Big Forrest malčer**



**Slika 22 ORSI Big Forrest malčer u radu s dignutim poklopcem [9]**



**Slika 23 ORSI Big Forrest malčer [9]**



**Slika 24 ORSI Big Forrest malčer - priključak za traktor [9]**



**Slika 25 Rezni zub [9]**

### **Super Forrest malčer**

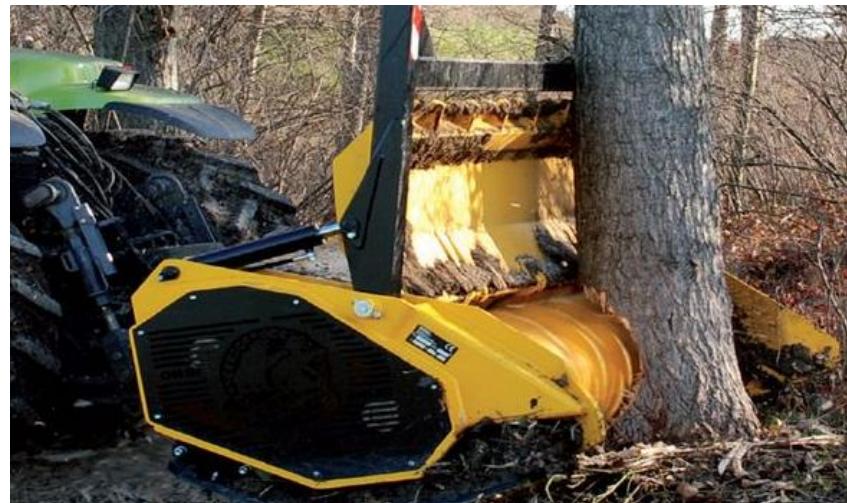
Model ima rotor sa duplom prirubnicom prikazan na slici Slika 27.



**Slika 26 Super Forrest malčer [9]**



**Slika 27 Rotor sa duplom prirubnicom [9]**



**Slika 28 Super Forrest malčer u radu [9]**



**Slika 29 Super Forrest malčer u radu [9]**



**Slika 30 Super Forrest malčer - priključak za traktor [9]**



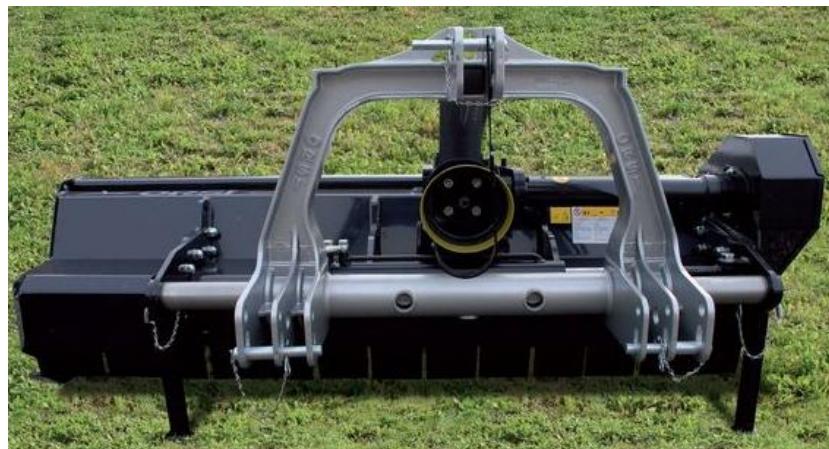
**Slika 31 Dvostruki prijenos remenima i automatsko zatezanje remena [9]**

**Unique malčer**

Malčer za travu, kukuruz, srednju veličinu drveta itd. Ima rotor s duplom prirubnicom, nazubljeni statični nož, izmjenjivi poklopac za kontrolu, stražnji valjak promjera 195 mm, zupčanički prijenos s jednosmjernom spojkom, štitnike od 5 mm debljine te automatski zatezač remena.



Slika 32 Unique malčer [9]



Slika 33 Uniqu malčer, stražnja strana [9]

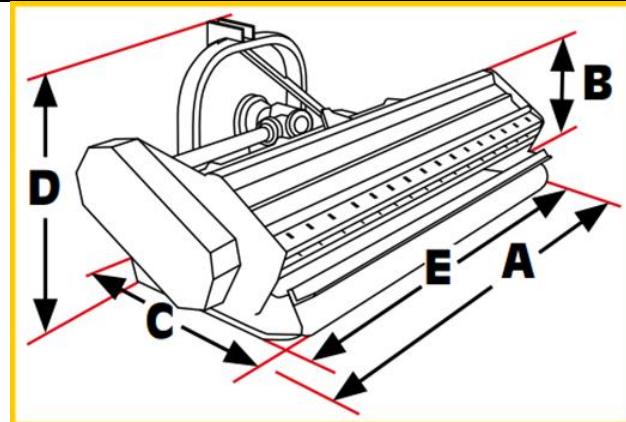


Slika 34 Zaštitne skije [9]

Tablica 6 prikazuje specifikacije modela poduzeća Orsi Group radi lakše usporedbe.

**Tablica 6 Specifikacije modela poduzeća Orsi Group**

Model	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	Br. zuba	Masa kg	Max. snaga KS	Brzina bubenja o/min	Brzina izlaznog vratila traktora o/min		
<b>W-FORREST 1400</b>	1800	530	1180	1130	1480	24	1030	90 (130)	2025	540 (1000)		
<b>W-FORREST 1700</b>	2020				1700	28	1130	110 (140)				
<b>W-FORREST 2100</b>	2240				1920	32	1200					
<b>W-FORREST 2550</b>	2520				2230	40	1380	1620				
<b>BIG FORREST 1700</b>	2020	530	1180	1130	1700	36	1260	110 (140)	1600	540 (1000)		
<b>BIG FORREST 2100</b>	2240				1920	40	1370					
<b>BIG FORREST 2550</b>	2520				2230	48	1460					
<b>BIG FORREST DT 2100</b>	2370				1920	40	1470	160				
<b>BIG FORREST DT 2500</b>	2500	830	1330	1000	2230	48	1565	1000				
<b>SUPER FORREST 2600</b>	2990	1100	1400	1100	1800	83	4220	265	1260	1000		
<b>UNIQUE 1550</b>	1730	1550	12	410	70	2235 (2208)	540 (1000)					
<b>UNIQUE 1800</b>	2000	1820	16	470	(80)							
<b>UNIQUE 2000</b>	2200	2000		515	80 (90)							
<b>UNIQUE 2300</b>	2500	2280	20	580	90							
<b>UNIQUE 2500</b>	2730	2510		625	100							
<b>UNIQUE 2800</b>	2980	2810	32	840	100 (110)							
<b>UNIQUE 3000</b>	3210	2990		895	110	1800 (1776)						
<b>UNIQUE 3200</b>	3420	3200		950	(120)							
<b>STORM 1550</b>	1730	520	1330	1000	1550	12	395	70 (80)	2138 (2112)	540 (1000)		
<b>STORM 1800</b>	2000				1820	16	445	80				
<b>STORM 2000</b>	2200				2000		490	(90)				
<b>STORM 2300</b>	2500				2280	20	555	90 (100)				
<b>STORM 2500</b>	2730				2510		600	100 (110)				
<b>STORM 2800</b>	2980				2810	32	880					



Slika 35 Dimenziye malčera iz tablice 6

### 3.3. Poduzeće Ortolan [10]

Kosilice s mlatilicom (modeli: T5, T10, T20, T30, T40)



Slika 36 Veza u 3 točke za rad na neravnim površinama [10]



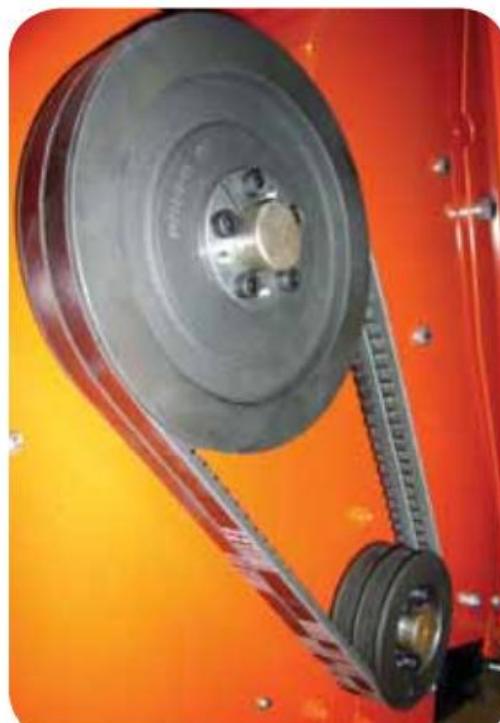
Slika 37 Ležajevi rotora u stranicama [10]



**Slika 38 Rotor sa čekićima ili oštricama [10]**



**Slika 39 Pokrov prijenosa [10]**



**Slika 40 Prijenos nazubljenim klinastim remenom [10]**

## Model T5

Model za traktore snage od 11 do 18 kW (15 – 25 KS). Ovaj model je pogodan za održavanje zelenih terena, vrtova, parkova, golf igrališta, idealan je za traktore malih snaga. Opremljen je čekićima koji omogućuju rezanje trave i male preostale grane (promjera max 1 cm). Zupčasti prijenos za brzine vrtnje 540 o/min s jednosmjernom spojkom, stražnji valjak, univerzalni prihvati u tri točke. Moguća radna širina od 100 i 120 cm.



**Slika 41** Malčer model T5 [10]

## Model T10

Model za traktore snage od 11 do 26 kW (15 – 35 KS). Stroj pogodan za rezanje trave. Koristi se za održavanje travnatog tla u vrtovima, parkovima i golf igralištima. Dostupna su 4 modela različitih radnih širina 100, 120, 140, 160 cm. Ima prijenos nazubljenim klinastim remenom za brzine vrtnje 540 o/min s jednosmjernom spojkom, stražnji valjak, univerzalni prihvati u tri točke.



**Slika 42** Malčer model T10 [10]

## Model T10 Pick-up

Model T10 sa spremnikom za ostatke.



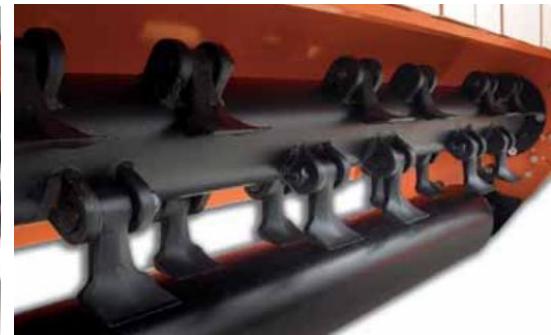
Slika 43 Malčer model T10 pick-up [10]

Tablica 7 Specifikacije modela T10

Model	Snaga (KS)	Radna širina (mm)	Ukupna širina (mm)	Masa (kg)	Zapremina spremnika (m <sup>3</sup> )	Br. čekića
<b>T10 Pick-up 100</b>	15-35	1030	1140	270	0,40	32
<b>T10 Pick-up 120</b>	20-35	1230	1340	300	0,47	40
<b>T10 Pick-up 140</b>	25-35	1430	1540	325	0,54	44
<b>T10 Pick-up 160</b>	30-35	1630	1740	345	0,61	52

## Model T20

Model za traktore snage od 18 do 37 kW (25 – 50 KS). Model pogodan za košnju trave i održavanje zelenih površina (vrtovima, parkovima, golf igrališta i sportski tereni) i za usitnjavanje grana vinograda i voćnjaka (grane promjera od 3 do 5 cm). Opremljen noževima ili čekićima. Model je dostupan u 4 radne širine 120, 140, 160 i 180 cm, zupčanički prijenosnik brzine 540 o/min s jednosmjernom spojkom, ima podesivi stražnji valjak promjera 140 mm sa strugalicom.

**Slika 44** Malčer model T20 [10]**Slika 45** Čekići na rotoru [10]**Slika 46** Noževi na rotoru [10]

### Model T30

Model za traktore snage od 29 do 59 kW (40 – 80 KS). Serija T30 je savršen alat za košnju trave, za sječu voćnjaka i vinograda (vrtovi, parkovi, stadioni i zračne luke). Dostupan je u 4 radne širine, 160 - 180 - 200, zupčanički prijenosnik s 540 okretaja u minuti s jednosmjernom spojkom, ima podesivi stražnji valjak promjera 193 mm sa strugalicom.

**Slika 47** Malčer model T30 [10]

**Model T70, T80, T85**

Ovaj stroj se koristi za sve poslove čišćenja i usitnjavanje trave i grana. Hidraulička ruka omogućuje rad u područjima gdje je traktori ne mogu raditi zbog prepreka ili ograničenja u visini; zahvaljujući pomičnom okviru moguće je raditi na strmom terenu kao npr. rubovi cesta, obale i strmijem zemljištu u blizini rijeke. Ima mehanički sustav samo-izravnavanja koji djeluje i kao amortizer, omogućuje da stroj glatko slijedi profil zemljišta kako bi se izbjegle štete ako pogodi prepreku.

**Slika 48** Stražnji pokopac za servis [10]**Slika 49** Nazubljena ploča [10]**Slika 50** Pomični okvir sa spajanjem u tri točke i sa amortizerom [10]



Slika 51 Bočni štitnik [10]

### Model T80

Model za traktore snage od 37 do 74 kW (50 – 100 KS). Ovaj stroj se koristi za sve poslove čišćenja i mljevenja trave i granja (promjera od 3 do 5 cm). S modelom T80, mlatilicom s rukom, proširen je raspon košenja s mogućnosti košnje iza traktora ili sa strane traktora. Hidraulička ruka omogućuje rad na prostoru gdje traktor ne može pristupiti zbog zapreka ili visine. Ima zupčanički prijenosnik brzine vrtnje 540 o/min s jednosmjernom spojkom, valjak sa strugačem, bočne skije, pogon bočnim remenom.



Slika 52 Malčer model T80 [10]

**Model T140**

Model za traktore snage od 67 do 187 kW (90 – 250 KS). Sklapajući malčer T 140 se koristi za usitnjavanje stabljike kukuruza, trava i grančica do 7-8 cm u promjeru. Opremljen s noževima ili čekićima ovaj model je dostupan u dvije radne širine između 500 i 600 cm. Ima prijenosnik brzine vrtnje 1000 o/min s jednosmjernom spojkom, stražnji valjak sa samočišćenjem promjera 194 mm, skije protiv trošenja podesive po visini, čelični okvir sa dvostrukim limom i poklopcom koji se može otvoriti (kod održavanja). Također je opremljen sa dvostrukim remenskim prijenosom veličine 5.



**Slika 53 Malčer model T140 [10]**



**Slika 54 Rotor malčera [10]**

Tablica 8 prikazuje specifikacije modela poduzeća Ortolan radi lakše usporedbe.

**Tablica 8 Specifikacije modela poduzeća Ortolan**

<b>Model</b>	<b>Snaga KS</b>	<b>Radna širina mm</b>	<b>Ukupna širina mm</b>	<b>Masa kg</b>	<b>Br. čekića</b>	<b>Br. noževa</b>
<b>T5 100</b>	15-25	1030	1140	125	32	64
<b>T5 120</b>	20-25	1230	1340	140	40	80
<b>T10 100</b>	15-35	1000	1140	160	32	64
<b>T10 120</b>	20-35	1230	1340	180	40	80
<b>T10 140</b>	25-35	1430	1540	200	44	88
<b>T10 160</b>	30-35	1630	1740	230	52	104
<b>T20 120</b>	25-50	1200	1360	310	16	32
<b>T20 140</b>	32-50	1400	1560	335	20	40
<b>T20 160</b>	38-50	1600	1760	360	22	44
<b>T20 180</b>	44-50	1800	1960	380	26	52
<b>T30 160</b>	40-80	1600	1760	400	22	44
<b>T30 180</b>	43-80	1800	1960	430	24	48
<b>T30 200</b>	62-80	2000	2160	470	28	56
<b>T30 220</b>	65-80	2200	2360	500	32	64
<b>T40 160</b>	40-120	1590	1810	645	16	32
<b>T40 180</b>	51-120	1790	2010	690	20	40
<b>T40 200</b>	63-120	1990	2210	745	20	40
<b>T40 230</b>	74-120	2330	2550	815	24	48
<b>T40 250</b>	86-120	2460	2680	840	28	56
<b>T40 280</b>	97-120	2800	3020	890	28	56
<b>T40 300</b>	40-60	2990	3210	945	32	64
<b>T70 120</b>	50-60	1200	1360	245	16	32
<b>T70 140</b>	50-60	1400	1560	435	20	40
<b>T70 160</b>	50-60	1600	1760	470	22	44
<b>T80 160</b>	50-100	1600	1770	575	22	44
<b>T80 180</b>	60-100	1800	1970	610	24	48
<b>T80 200</b>	70-100	2000	2170	645	28	56
<b>T80 220</b>	80-100	2200	2370	705	32	64
<b>T85 160</b>	50-100	1600	2030	580	22	44
<b>T85 180</b>	60-100	1800	2230	625	24	48
<b>T85 200</b>	70-100	2000	2430	650	28	56
<b>T85 220</b>	80-100	2200	2630	685	32	64
<b>T140 500</b>	90-250	4970	5260	580	60	120
<b>T140 600</b>	110-250	6030	6320	620	72	144

### 3.4. Poduzeće Seppi [11]

#### Malčer model SMO

Univerzalni malčer za snage od 50 do 120 KS. Savršen za voćnjake i vinograde, za travu i grančice do debljine 7 cm u promjeru. Mlatila su raspoređena po zavojnici te su izrađena od izuzetno otpornog materijala. Kućište je izrađeno od čelika visoke čvrstoće. Mogući modeli radnih širina od 125, 150, 175, 200, 225, 250 cm. Brzina vožnje tijekom rada od 3 do 10 km/h, za brzine vrtnje izlaznog vratila od 540 o/min za radne širine do 200 cm i 1000 o/min za radne širine od 225 cm, 4 remena do radne širine od 200 cm, 5 remena od radnih širina većih od 225 cm. Prednja zaštita su metalne pločice.



Slika 55 Malčer model SMO [11]



Slika 56 Malčer SMO priključen na traktor [11]



Slika 57 Mlatilica modela SMO [11]

## Malčer model SMWA k

Malčer za profesionalnu i univerzalnu upotrebu za travu i granje do promjera 5 cm, snage traktora od 30 do 90 KS. Kućište napravljeno od čelika otpornog na trošenje, težište je blizu traktora. Lagana konstrukcija omogućuje rad na nagnutom terenu. Ručnim prebacivanjem rotor može raditi u oba smjera radi optimizacije. Hidraulička prednja hauba omogućuje košnju visoke trave. Postoji opcija upotrebe rotora za drvo sa mlatilicama u obliku čekića za drvo do promjera 12 cm. Moguće radne širine od 155, 175, 200, 225 cm. Zupčanički prijenosnik brzine 540 o/min bez jednosmjerne spojke, s ručnim prebacivanjem.



Slika 58 Malčer model SMWA k [11]



Slika 59 Malčer model SMWA k pogled straga [11]



Slika 60 Malčer model SMWA k u radu [11]

## **Malčer model SMO fh**

Za snage od 50 do 120 KS, prikladan za pričvršćivanje na prednju i stražnju stranu traktora, za travu i grančice do promjera 7 cm. Težište je blizu traktora. Kućište je izrađeno od čelika visoke čvrstoće. Brzina vožnje u radu od 3 do 10 km/h, brzina vrtnje izlaznog vratila traktora je 1000 o/min, zupčanički prijenosnik sa slobodnim kotačem.



**Slika 61 Malčer model SMO fh [11]**

### **3.5. Poduzeće Denis Cimaf [12]**

#### **Malčer za šumu model DAH**

Ovi industrijski priključci za bagere služe za intenzivno čišćenje šikare, održavanje zemljišta uz ceste, pripremu zemljišta za cjevovode i druge poslove održavanja. DAH malčer za šumu može se prilagoditi bagerima masa između 7 i 35 tona. Slika 63 prikazuje opis modela DAH zajedno s najbitnijim dijelovima.



**Slika 62 Malčer za šumu model DAH [12]**



Slika 63 Opis malčera modela DAH [12]

Tablica 9 Specifikacije modela DAH

Modeli:	DAH-150Er	DAH-150E	DAH-100E	DAH-125D	DAH-100D	DAH-080C
<b>Bager</b>	27 - 35 t	20 - 27 t	16 - 27 t	12 - 18 t	10 - 15 t	7 - 10 t
<b>Rezna širina</b>	145 cm	145 cm	109 cm	121 cm	109 cm	80 cm
<b>Br. noževa na rotoru</b>	21	21	15	17	15	11
<b>Min. Potrebna snaga hidraulike</b>	210 l/min; 275 bar	150 l/min; 275 bar	115 l/min; 275 bar	95 l/min; 240 bar	75 l/min; 240 bar	65 l/min; 240 bar
<b>Masa</b>	1 745 kg	1 605 kg	1 315 kg	1 060 kg	998 kg	685 kg

### 3.6. Poduzeće Diamond Mowers [13]

Nastavak za šume pogonjen je hidromotorom i reže i usitnjava drvo pomoću diska na kojem se nalaze izmjenjivi zubi vidljivi na slici Slika 65, također ima zube na unutrašnjosti kućišta koji su vidljivi na slici Slika 66. Zubi pri rubovima diska su učinkovitiji zbog toga što se kreću većom brzinom. Disk je promjera 60 in (1524 mm) i može samljeti drvo do promjera 6 in (152,4 mm), a rezati drvo do promjera 14 in (355,6 mm). Stroj melje drvo na otpad od otprilike 2 in (51 mm) u promjeru, za razliku od malčera s bubnjem koji stvaraju piljevinu koja može začepiti filtere i hladnjake. Rukovanje ovakvim nastavkom nešto je komplikiranije nego kod nastavaka s bubnjem. Masa nastavka je 2240 lbs (1016 kg).



**Slika 64 Malčer sa diskom poduzeća Diamon Mowers [13]**



**Slika 65 Izmjenjivi zubi na disku [13]**



**Slika 66 Zubi na unutrašnjosti kućista [12]**



**Slika 67 Pogled odozgo [12]**

### 3.7. Zaključak o tržištu malčera

Malčeri koriste dva mehanizma odvajanja, preko rotirajućih vodoravnih diskova ili jednog diska i rotirajućeg bubnja na kojem se nalaze fiksni ili slobodni noževi ili čekići. Za malčere namijenjene težim uporabama, za tretiranje drveća pretežno se koristi rotirajući bubenj.

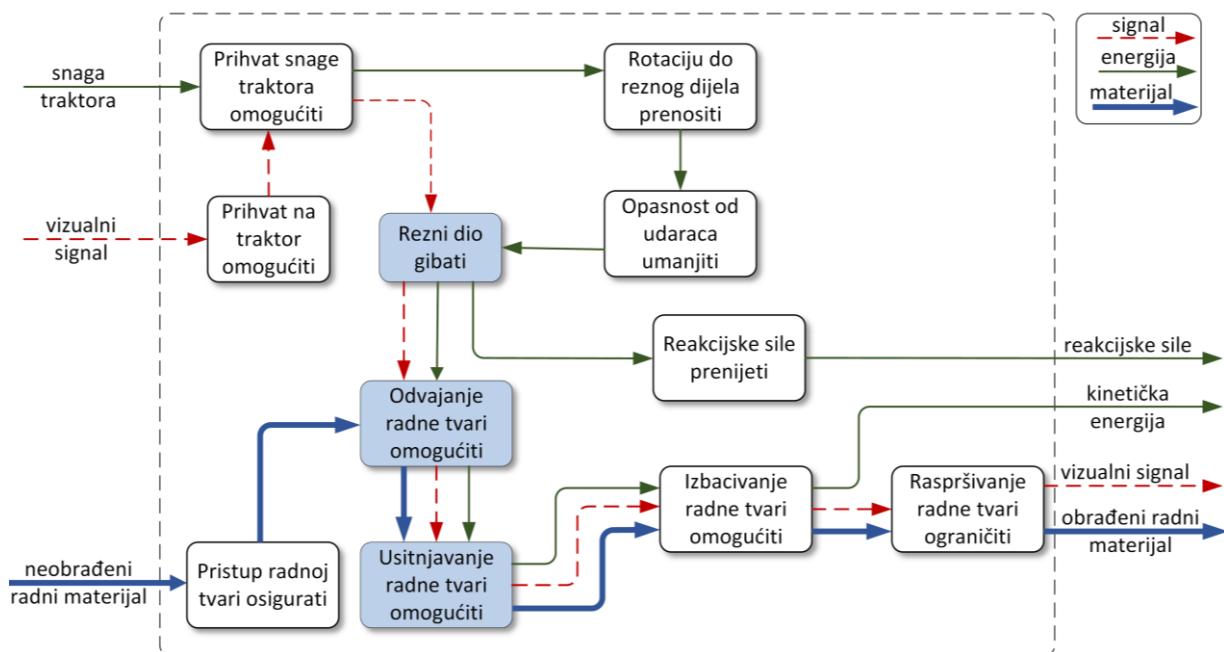
Broj zubi malčera za lakše upotrebe, travu, granje i drvo manjeg promjera, varira od 8 do 16 noževa po metru dužine rotora, ovisno o vrsti noža, s brzinom vrtnje rotora od otprilike 2000 o/min. Malčeri koji služe uglavnom za uklanjanje trave imaju oko 30 čekića ili noževa po metru dužine bubnja. Malčeri za teže namjene, drvo većeg promjera, imaju oko 20 zuba po metru dužine rotora s brzinom vrtnje rotora od oko 1600 o/min, dok malčer za vrlo teške namjene poduzeća Orsi model Super Forrest 2600 ima 46 zubi po metru dužine rotora s brzinom vrtnje rotora od 1260 o/min. Iz toga se može zaključiti da je brzina vrtnje rotora niža za teže namjene. Mase ovih strojeva kreću se od oko 500 kg za malčere za lakše namjene, do 1000, 1500 kg za malčere za težu namjenu.

Pogon malčera se dovodi preko kardanskog vratila standardnih brzina vrtnje od uglavnom 540 o/min i 1000 o/min, a gibanje se na rotor prenosi remenom. Kod malčera koji se nalaze na ruci pogon rotora se vrši preko hidromotora.

## 4. KONCIPIRANJE

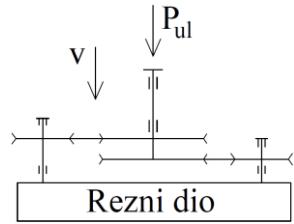
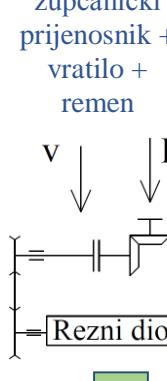
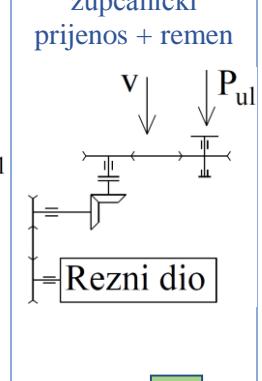
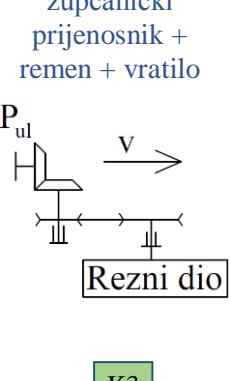
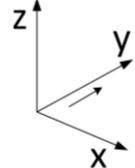
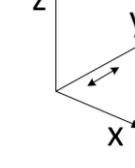
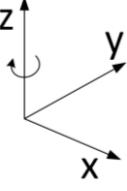
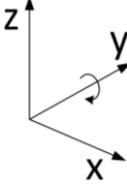
Koncipiranje je faza razvoja u kojoj se daju rješenja za proizvod na konceptualnoj razini, bez razrađenih detalja. Ova faza provedena je nakon istraživanja tržišta. Za potrebu koncipiranja napravljena je funkcija dekompozicija koja opisuje funkcionalni tok proizvoda, Slika 68. Nakon toga izrađena je morfološka matrica, Tablica 10, u kojoj su dana rješenja za funkcije zadane funkcijom dekompozicijom. U morfološkoj matrici prikazano je koja rješenja koriste pojedini koncepti. U radu su prikazana četiri koncepta koja različito obavljaju više funkcija, a koji će biti opisani u sljedećim poglavljima.

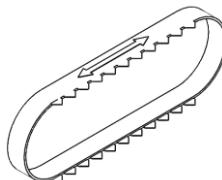
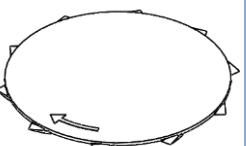
Kako bi se osiguralo funkcioniranje proizvoda potrebno je omogućiti prihvatanje na traktor, što će se u ovo slučaju izvoditi svornjacima preko veze u tri točke, a što se može vidjeti i u morfološkoj matrici. Potrebno je omogućiti prihvatanje traktorove snage, odnosno momenta, preko kardanskog vratila te je potrebno tu istu snagu dovesti do rezognog dijela. Kako se može vidjeti u morfološkoj matrici, izrađeni koncepti imat će rotacijski rezni dio te je stoga potrebno osmislit prijenos rotacijskog gibanja od izlaznog vratila do rezognog dijela. Odvajanje radne tvari omogućuje se raznim vrstama noževa koji će biti opisani kod pojedinih koncepcata. Potrebno je radnu tvar i usitnjavati što će dva koncepta činiti dovoljno velikom brzinom rotacije rezognog dijela tako da isti nož dovoljno puta prođe kroz radni materijal, a druga dva će imati dodatne nepomične rezne elemente na koje će radni materijal nošen reznim dijelom naletjeti te se dodatno usitniti. Ta dva ponuđena rješenja vidljiva su u morfološkoj matrici.



Slika 68 Funkcija dekompozicija uređaja

Tablica 10 Morfološka matrica

Funkcija	Rješenje			
1. Prihvati na traktor omogućiti	Spajanje svornjacima u 3 točke			K1 K2 K3 K4
2. Prihvati snage traktora omogućiti	Kardansko vratilo 			K1 K2 K3 K4
3. Rotaciju do reznog dijela prenositi	Vratilo + remen  Rezni dio	Konusni zupčanički prijenosnik + vratilo + remen  Rezni dio K1	Remen + konusni zupčanički prijenos + remen  Rezni dio K2	Konusni zupčanički prijenosnik + remen + vratilo  Rezni dio K3 K4
4. Opasnost od udaraca umanjiti	Proklizavanjem remena K2		Sigurnosna spojka 	K1 K3 K4
5. Rezni dio gibati	Translacija u smjeru osi y (kretanje traktora u pravcu osi x) U jednom smjeru 	Naizmjenično u oba smjera 	Rotacija oko osi z (kretanje traktora u pravcu osi x) 	Rotacija oko osi y (kretanje traktora u pravcu osi x)  K1 K2 K3 K4

<b>6. Odvajanje radne tvari omogućiti</b>	Neizmjjenjivi fiksni nož 	Izmjenjivi fiksni nož  K1 K3 K4	Izmjenjivi slobodni nož  K2
<b>7. Usitnjavanje radne tvari omogućiti</b>	Velikom brzinom noža K1 K2	Dodatni pokretni rezni elementi Translacijski  Rotacijski 	Dodatni fiksni rezni elementi  K3 K4
<b>8. Izbacivanje radne tvari omogućiti</b>	Dovoljno velika brzina reznog dijela izbacuje radnu tvar + dovoljno prostora K1 K2 K3 K4	Dodatni pokretni element za izbacivanje radne tvari	Ventilator za ispuhivanje radne tvari
<b>9. Raspršivanje radne tvari ograničiti</b>	Mala brzina reznog dijela	Povoljna konstrukcija štitnika + povoljan smjer rotacije K1 K2 K3 K4	
<b>10. Reakcijske sile prenijeti</b>	Traktor preko spoja u tri točke 	Traktor preko spoja u tri točke + skije  K1 K2 K3 K4	Traktor preko spoja u tri točke + kotači 

K1 - koncept 1

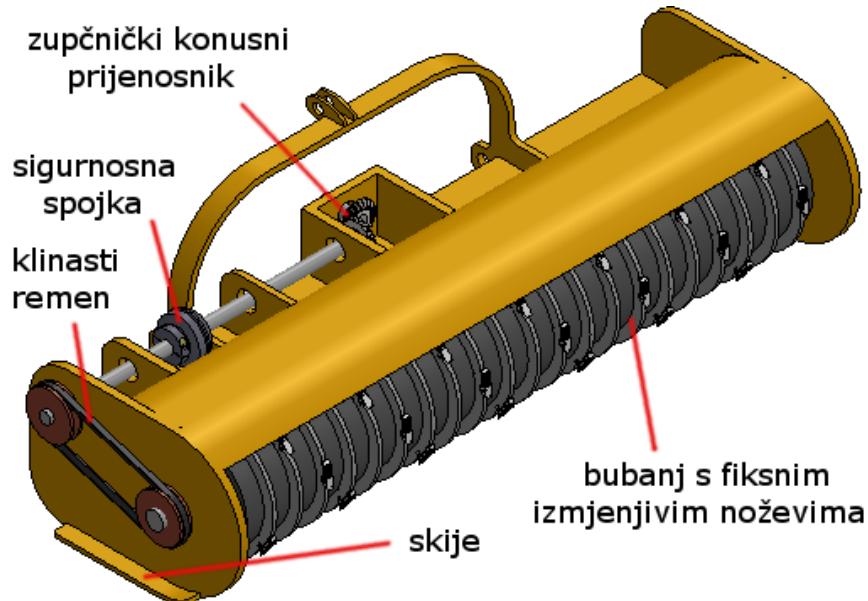
K2 - koncept 2

K3 - koncept 3

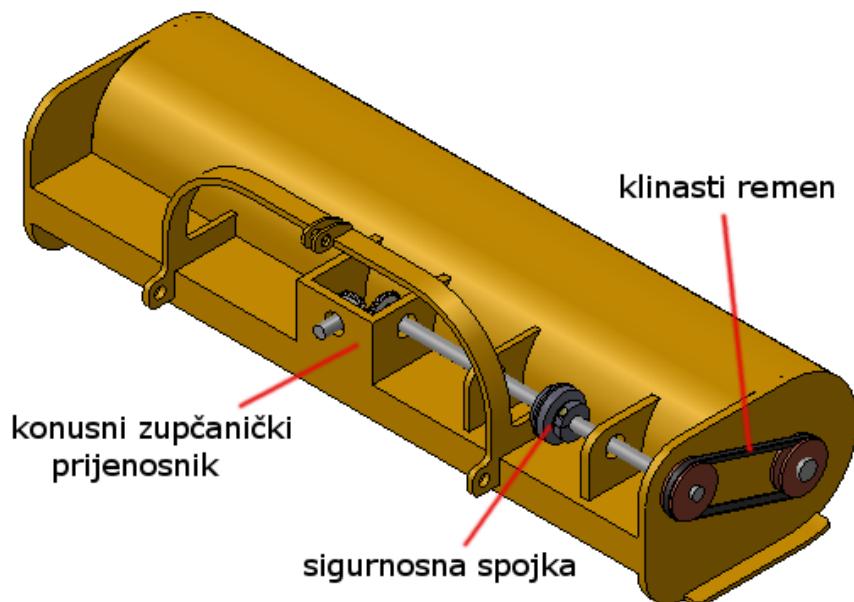
K4 - koncept 4

#### 4.1. Koncept 1

Koncept 1, prikazan na slikama Slika 69 i Slika 70, prenosi gibanje od izlaznog vratila traktora do reznog dijela preko zupčaničkog prijenosnika i klinastog remena. Rezni dio je bubanj s fiksnim izmjenjivim noževima. Da u slučaju preopterećenja ne dođe do oštećenja elemenata prijenosa koristi se sigurnosna spojka. Reakcijske sile se prenose preko skija i spajanja u tri točke. Dovoljno velikom brzinom noža, odnosno velikom brzinom vrtnje bubenja osigurava se usitnjavanje radnog materijala tako da nož nekoliko puta u kratkom vremenu prolazi kroz malu količinu radnog materijala. Bubanj se vrti tako da nož u zahvatu ima smjer prema zemlji te se tako minimalizira raspršivanje radnog materijala.

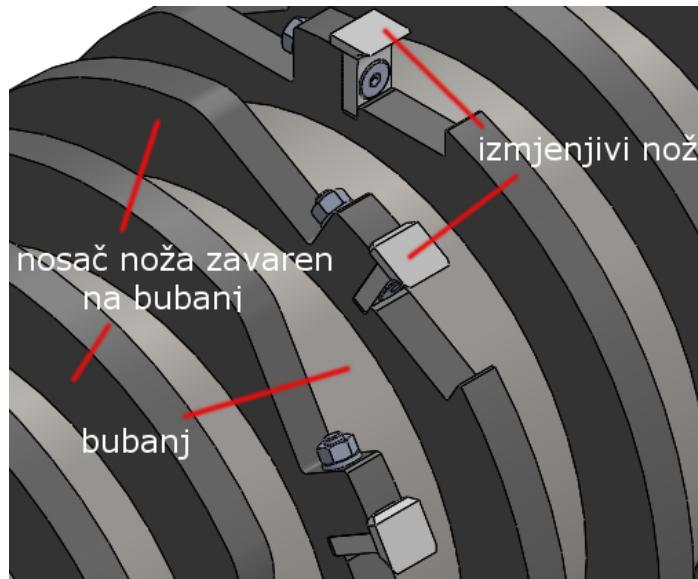


Slika 69 Koncept 1 - sprijeda

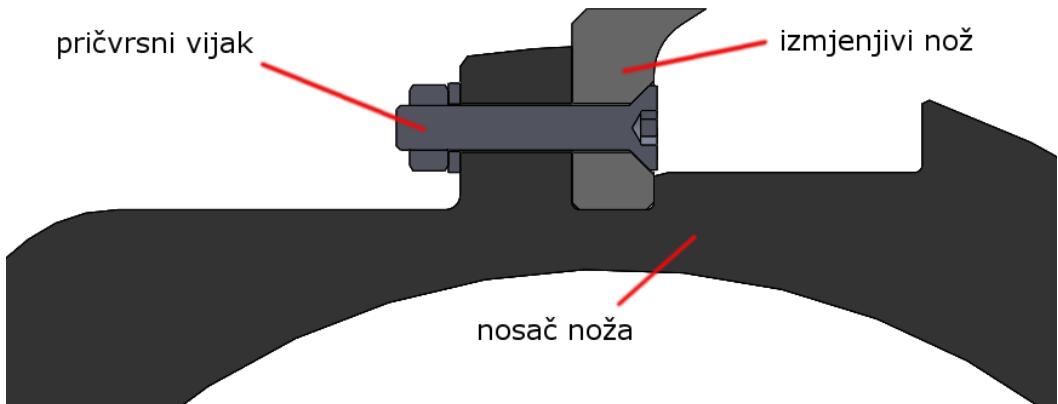


Slika 70 Koncept 1 - straga

Slika 71 prikazuje bubenj s noževima. Izmjenjivi nož se s vijkom pričvršćuje na nosač koji ima oblik dviju koncentričnih kružnica s utorom za nož. Nosač se zavaruje na bubenj. Slika 72 prikazuje nož i nosač noža u presjeku.



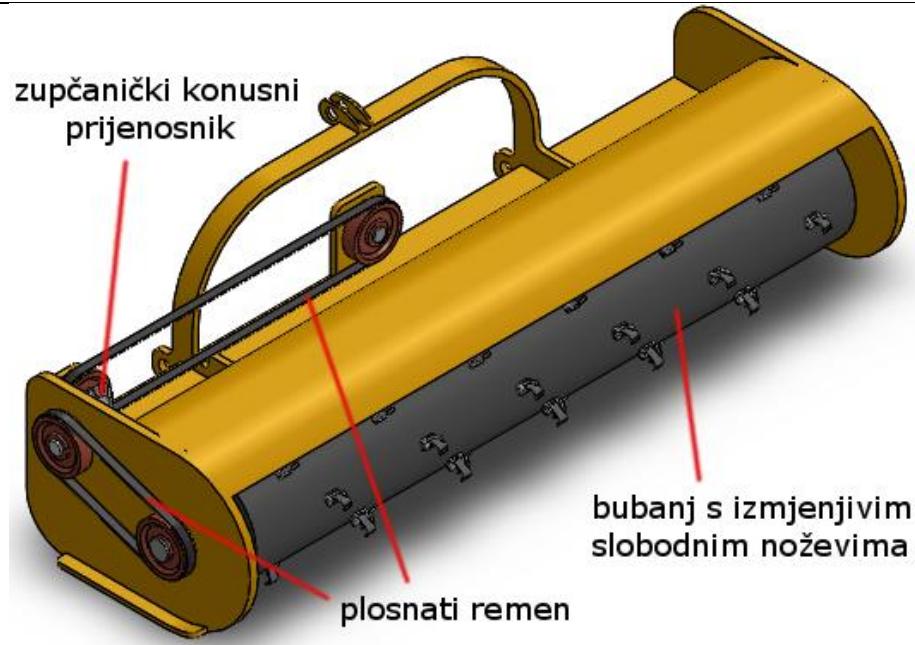
**Slika 71 Koncept 1 - bubenj s noževima**



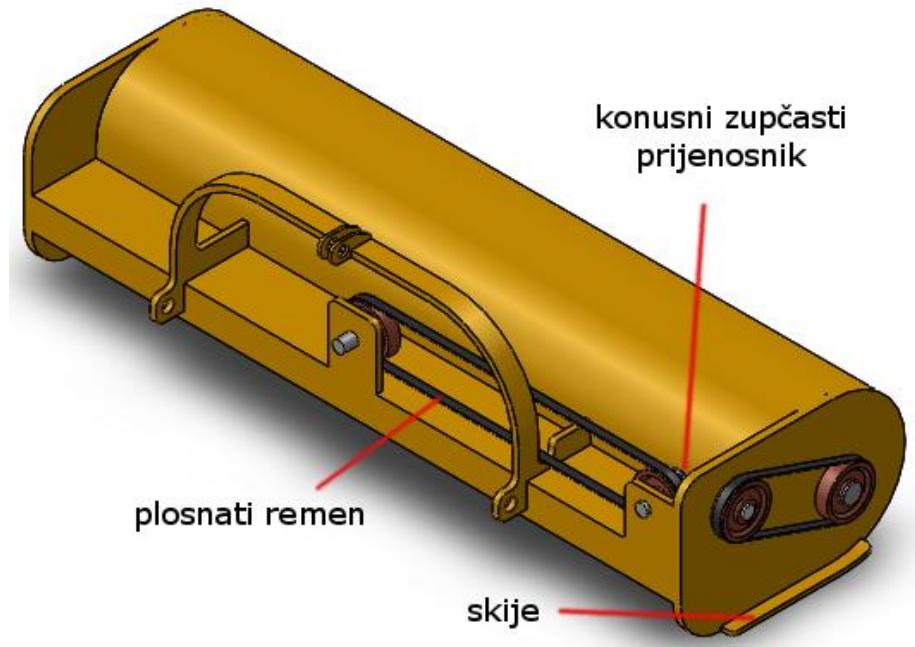
**Slika 72 Koncept 1 - nož**

#### 4.2. Koncept 2

Koncept 2, prikazan na slikama Slika 73 i Slika 74, prenosi gibanje od izlaznog vratila traktora do reznog dijela preko plosnatog remena do zupčaničkog prijenosnika i opet plosnatog remena. Rezni dio je bubenj sa slobodnim izmenjivim noževima. Slobodni noževi smanjuju opasnost od udaraca, a od preopterećenja se osigurava proklizavanjem remena. Reakcijske sile se također prenose preko skija i spajanja u tri točke. Također se dovoljno velikom brzinom noža, odnosno velikom brzinom vrtnje bubenja osigurava usitnjavanje radnog materijala. Bubanj se vrti tako da nož u zahvatu ima smjer prema zemlji te se tako minimalizira raspršivanje radnog materijala.

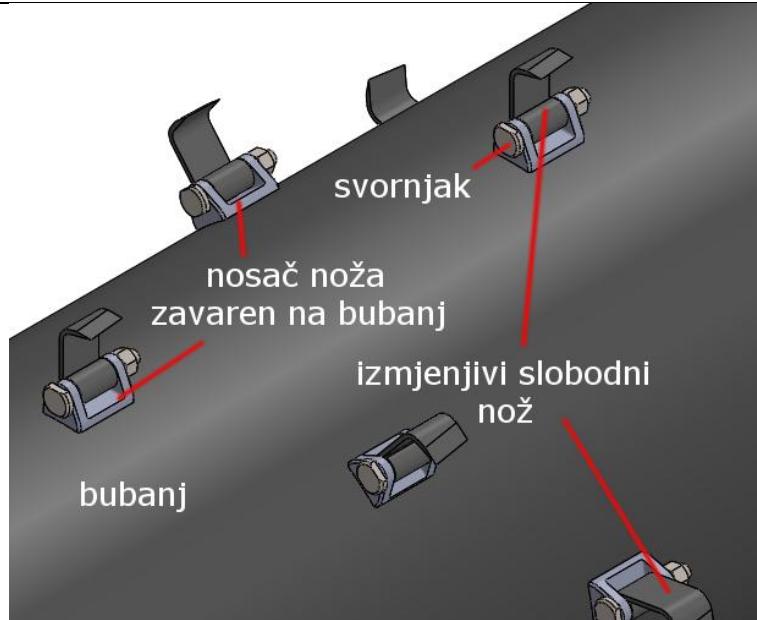


Slika 73 Koncept 2 - sprijeda



Slika 74 Koncept 2 - straga

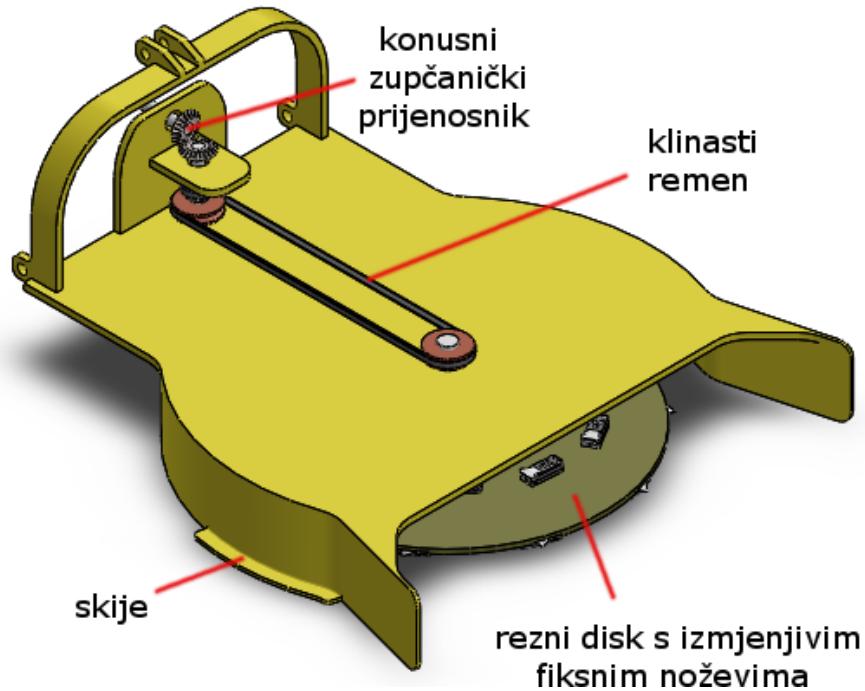
Slika 75 prikazuje bubanj s izmjenjivim slobodnim noževima koncepta 2. Nosač noža zavaren je na bubanju, a nož je preko svornjaka i maticice pričvršćen na nosač te se on može slobodno rotirati oko svornjaka koliko mu to bubanj dopušta. Nož dolazi do položaja na slici Slika 75 zbog djelovanja centrifugalne sile uslijed rotacije bubenja.



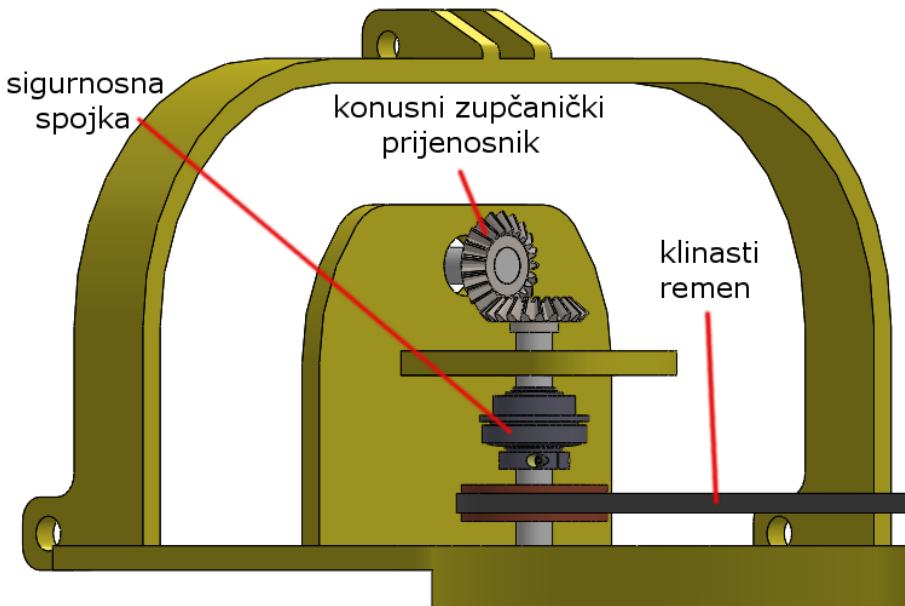
Slika 75 Koncept 2 - bubanj s noževima

#### 4.3. Koncept 3

Koncept 3, prikazan na slikama Slika 76 i Slika 77, prenosi gibanje od izlaznog vratila traktora do reznog dijela preko konusnog zupčaničkog prijenosnika i klinastog remena do reznog dijela. Rezni dio je disk s fiksnim izmjenjivim noževima. Da u slučaju preopterećenja ne dođe do oštećenja elemenata prijenosa koristi se sigurnosna spojka. Reakcijske sile se prenose preko skija i spajanja u tri točke.

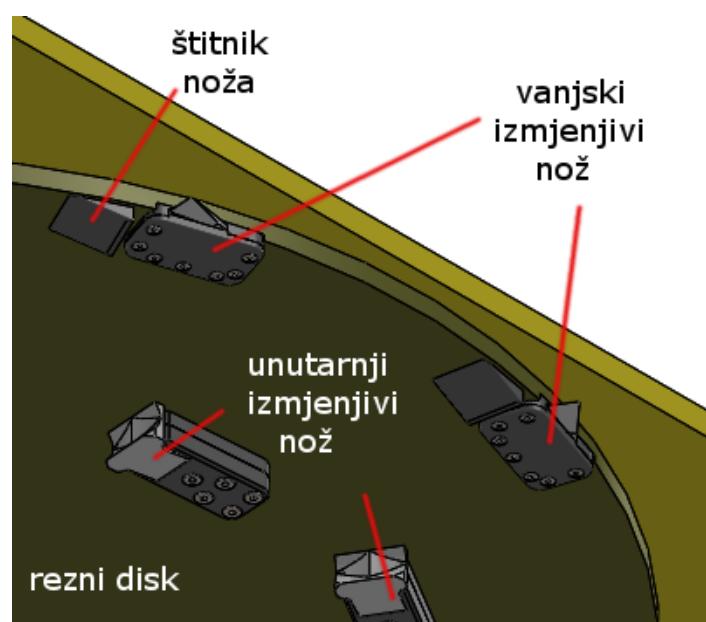


Slika 76 Koncept 3

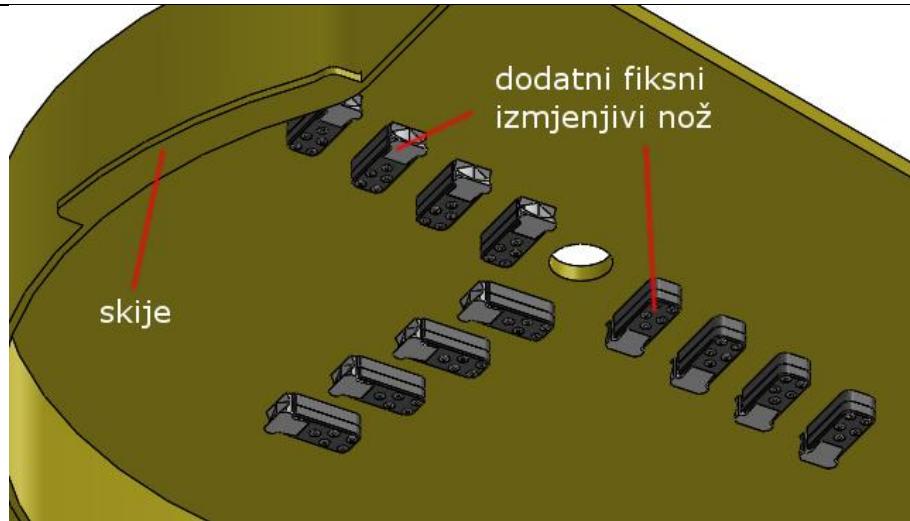


**Slika 77 Koncept 3 - prijenos gibanja s traktora**

Rezni disk, Slika 78, sastoji se od unutarnjih i vanjskih izmjenjivih noževa te štitnika vanjskog noža kako u naletu na prepreku ne bi došlo do oštećenja noža. Izmjenjivi noževi sastoje se od nosača, koji je zavaren na disk, poklopca, koji je vijcima pričvršćen na nosač noža te od noža koji može biti različitog oblika. Slika 79 prikazuje položaj dodatnih noževa za usitnjavanje. Rezni disk reže i, tamo gdje je dovoljno velika tangencijalna brzina, usitjava radni materijal, a preostali ne usitnjeni materijal dolazi u kontakt s dodatnim fiksним noževima te se tako osigurava usitnjavanje radnog materijala, a ne samo rezanje, odnosno odvajanje.



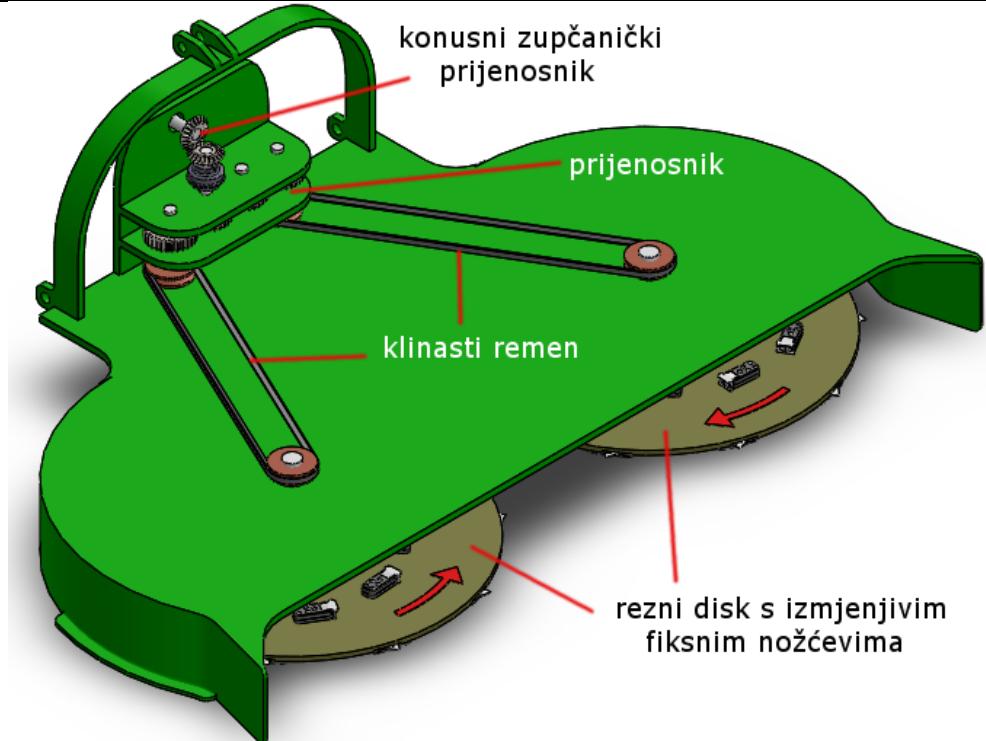
**Slika 78 Koncept 3 - pogled na rezni disk**



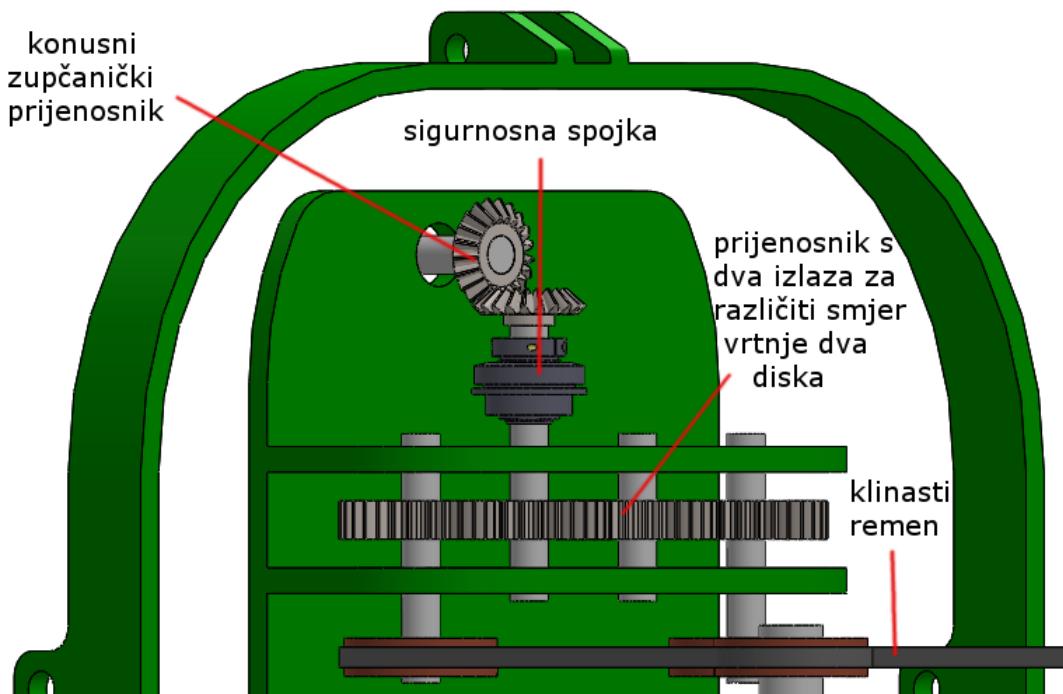
**Slika 79 Koncept 3 - pogled na dodatne noževe za usitnjavanje**

#### 4.4. Koncept 4

Koncept 4, prikazan na slikama Slika 80 i Slika 81, prenosi gibanje od izlaznog vratila traktora do reznog dijela preko konusnog zupčaničkog prijenosnika, prijenosnika koji osigurava da se dva rezna diska rotiraju različitim smjerom, i klinastog remena do reznog dijela. Rezni dio sastoji se od dva diska s fiksnim izmjenjivim noževima. Da u slučaju preopterećenja ne dođe do oštećenja elemenata prijenosa koristi se sigurnosna spojka. Reakcijske sile se također prenose preko skija i spajanja u tri točke. Dva rezna diska su manjih dimenzija nego kod koncepta 3 te se njihovom rotacijom osigurava da se radni materijal neće nekontrolirano raspršivati.

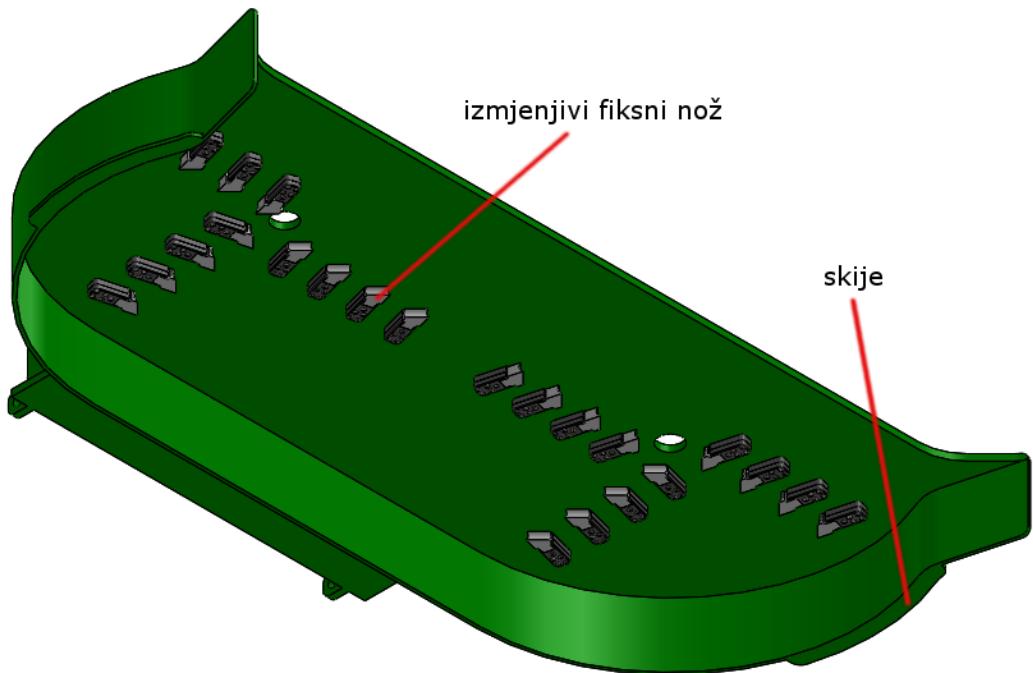


Slika 80 Koncept 4



Slika 81 Koncept 4 - prijenos gibanja s traktora

Koncept reznog diska jednak je kao i kod koncepta 3 no on je manjih dimenzija, kao i što je ranije spomenuto. Slika 82 prikazuje položaj dodatnih noževa za usitnjavanje. Ideja je jednaka kao i kod koncepta 3, no u ovom slučaju oni imaju različit položaj zbog korištenja dva diska.



**Slika 82 Koncept 4 - pogled na dodatne noževe za usitnjavanje**

#### 4.5. Vrednovanje koncepata

Od ponuđena četiri koncepta potrebno je odabrati najbolji koji će se dalje razvijati. Taj postupak izvršit će se pomoću tablice vrednovanja, Tablica 12, u kojoj se kriterijima od C1 do C9 daje težinski faktor važnosti, a koncepti se ocjenjuju ocjenama u rasponu od 1 do 4 tako da zbroj ocjena od svakog kriterija bude 10. U stupcu ukupno je ukupna ocjena koncepta koja zbroj umnožaka pripadnih ocjena koncepata (K) i pripadnih težinskih faktora kriterija (C). Koncept s najvišom ocjenom smatra se najboljim te će u radu biti prikazan njegov razvoj. Tablica 11 prikazuje kriterije i njihovo objašnjenje, kao i obrazloženje ocjene kriterija u tablici 12.

**Tablica 11 Kriteriji i obrazloženje ocjena vrednovanja koncepata prikazanih u tablici 12**

Kriterij	Pojašnjenje kriterija	Obrazloženje ocjene koncepta
C1 - izmjenjivost dijelova	Proizvod bi trebao imati lako izmjenjive dijelove kako bi u slučaju oštećenja korisnik mogao jednostavno zamijeniti oštećeni dio. Tako će proizvod steći prednost na tržištu pred proizvodima kod kojih je za servis potrebno više znanja i sredstava.	Koncepti 1 ima lakše izmjenjive noževe od koncepta 2, no kod koncepta 2 lakše je zamijeniti remen nego dugačko vratilo. Koncepti 3 i 4 imaju manje elemenata za prijenos gibanja, ali je noževe teže promijeniti.
C2 - jednostavnost izvedbe	Odnosi se na jednostavnost kod konstruiranja i kod proizvodnje. Time se postiže i manja cijena proizvoda.	Kod koncepta 2 kod zavarivanja noževa ima više malih zavara u odnosu na koncept 1 te se može javiti problem kod smještanja remenskog prijenosa. Koncepti 3 i 4 imaju velike zahtjeve na horizontalnost diska, a koncept 4 ima i više potrebnih dijelova.
C3 - minimalno raspršivanje	Potrebno je raspršivati materijal u što manjoj mjeri. Veća sigurnost proizvoda kod korištenja.	Koncepti 1 i 2 zbog rotacije bubenja prema dolje (u prvom dodiru s materijalom) najmanje raspršuju materijal. Koncept 3 na jednu stranu uzima materijal, a na drugu stranu ga izbacuje i moguće je izbacivanje materijala na stranu uzimanja. Zbog toga je on najlošiji. Koncept 4 zbog rotacije diskova usmjerava materijal prema sredini, ali više raspršuje materijal od koncepata 1 i 2.
C4 - sigurnost u radu	Sigurnost u slučaju loma elemenata tijekom rada, opasnost od izbacivanja materijala i generalna što manja mogućnost od ozljeda.	Zbog slobodnih noževa kod koncepta 2 opasnost od njihovog loma se smanjuje. Zbog smjera rotacije bubenja kod koncepta 1 i 2 opasnost od izbačenog materijala je mala. Koncepti 3 i 4 imaju veću izloženost reznih dijelova i u slučaju loma može doći do nekontroliranog izbacivanja elemenata na stranu. Zbog dva diska kod koncepta 4 opasnost se povećava.

<b>C5 - jednostavnost održavanja</b>	Ovisi o tome koliko elemenata ima proizvod i o mogućnosti trošenja tih elemenata i njihovoj izmjenjivosti.	Kod koncepta 1 potrebno je manje održavanje nego kod koncepta 2 jer koncept 2 ima plosnati remen koji može puknuti i istrošiti se, a koncept 2 u toj ulozi ima vratilo. Koncept 3 ima horizontalni disk čije uležištenje mora imati minimalnu radikalnu zračnost kako bi se umanjile vibracije te ga je zbog toga teže održavati, a koncept 4 ima dva takva diska te je on po tom pitanju najlošiji.
<b>C6 - učinkovitost</b>	Učinkovitost kod odvajanja i usitnjavanja radnog materijala, kao i ujednačenost učinkovitosti po radnoj širini.	Koncept 1 i 2 imaju jednak koncept rezanja te su po tom pitanju jednaki. Koncept 3 ima jedan disk te po visini i širini neće jednoliko odvajati i usitnjavati materijal. Koncept 4 zbog dva diska i njihova smjera vrtnje ima bolju učinkovitost odvajanja i usitnjavanja po širini, no po visini je lošiji od prva dva koncepta.
<b>C7 - jednostavnost rukovanja</b>	Koliko je jednostavno rukovati uređajem. Ako je uređajem teško rukovati on neće biti privlačan velikoj većini potencijalnih kupaca.	Koncepti 1, 2 i 4 imaju jednaku jednostavnost rukovanja, dok je kod koncepta 3 potrebno paziti na smjer vrtnje diska i izbacivanje obrađenog materijala.
<b>C8 - sigurnost u slučaju preopterećenja i udara</b>	Sigurnost od oštećenja elemenata proizvoda i traktora u slučaju naleta na kamen, zemlju, debelo drvo, itd.	Zbog slobodnih noževa koncept 2 ima najveću sigurnost od udaraca, a preopterećenje se osigurava proklizavanjem remena. Koncepti 1, 3 i 4 imaju sigurnosnu spojku za slučaj preopterećenja, a u slučaju jakih udaraca kod koncepata 3 i 4 može doći do izbacivanja diskova iz ravnoteže što povećava nesigurnost.
<b>C9 - širina primjene</b>	Moguće primjene za koje se uređaj može koristiti, a za koje nije nužno namijenjen. Ako uređaj ima više mogućih namjena imat će prednost pred sličnim proizvodima na tržištu.	Koncept 1 može se koristiti za teže primjene, npr. mljevenje panjeva i korijena ili površinska obrada zemlje.

**Tablica 12 Vrednovanje koncepata**

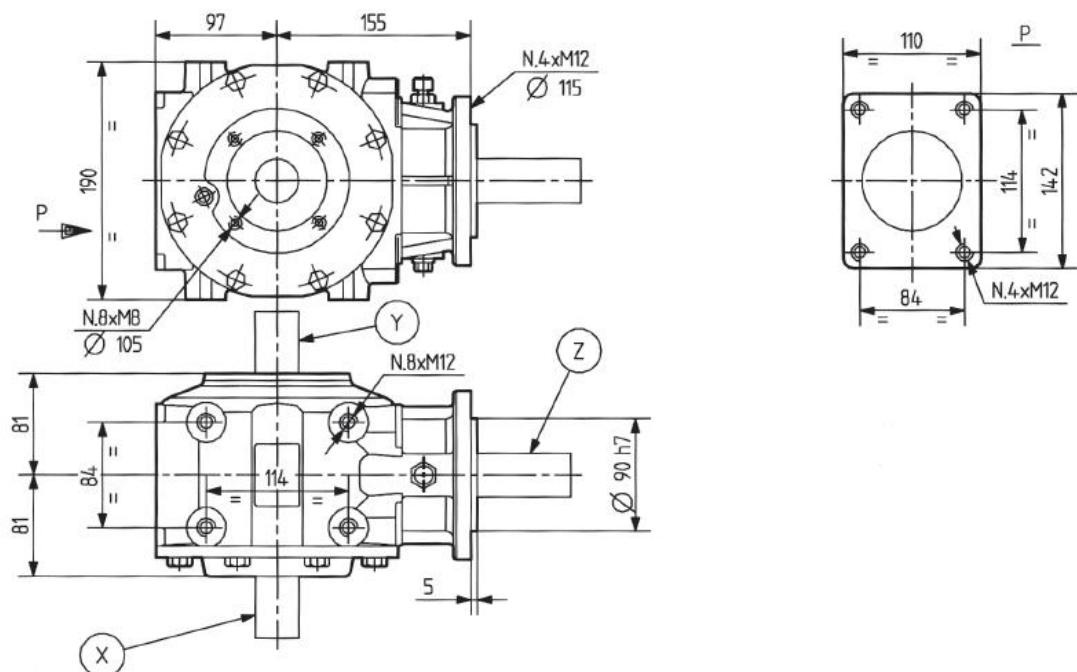
<b>Kriteriji:</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>	<b>C7</b>	<b>C8</b>	<b>C9</b>	<b>Ukupno</b>
<b>Težinski faktor:</b>	<b>1</b>	<b>1,5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1,5</b>	<b>2</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>1</b>	$C_i \cdot K_i$
<b>Koncept 1</b>	2,5	4	3,5	3,5	3,5	3,5	3	3	4	44,25
<b>Koncept 2</b>	2,5	2,5	3,5	4	3	3,5	3	3,5	2	41
<b>Koncept 3</b>	2,5	1,75	1	1,5	2	1	1	1,75	2	20,25
<b>Koncept 4</b>	2,5	1,75	2	1	1,5	2	3	1,75	2	24,5

Prema Tablica 12 najbolji koncept je koncept 1 te će dalje u radu biti prikazan njegov razvoj.

## 5. PRORAČUN

### 5.1. Prijenos snage i gibanja

Brzina izlaznog vratila traktora je 540 o/min, a potrebna brzina vrtnje bubenja je između 1600 i 2200 o/min, što je vidljivo iz istraživanja tržišta. Potrebno je povećati brzinu vrtnje te će se za to koristiti multiplikator i remenski prijenos s različitim dimenzijama remenica gdje je pogonska remenica većeg promjera od gonjene. Odabrani multiplikator je tvrtke Comer Industries koja je specijalizirana za strojne elemente primjenjive za poljoprivredne strojeve. Odabrani multiplikator ima prijenosni omjer 3 te je onda na izlazu iz prijenosnika brzina vrtnje 1620 o/min. Slika 83 prikazuje dimenzije prijenosnika, svojstva odabranog prijenosnika prikazuje Slika 84.

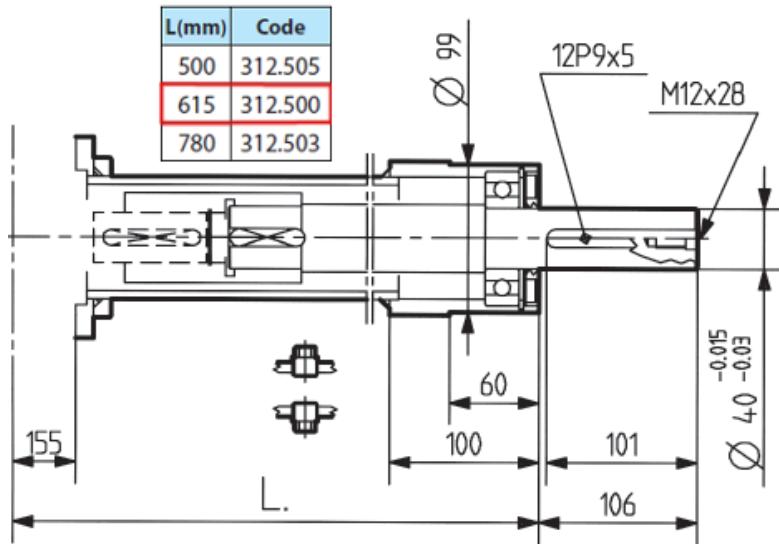


Slika 83 Dimenzije odabranog multiplikatora [14]

i	rpm	kW	HP	Nm	lb.in.	std spec	Input	
M ➔ +	1000	57.3	78.2	320	2962	std	X	
	540	44.4	55.0	359	3328			21-22 / 23-24 27-28
	540	38.2	52.0	262	2429			21      22 23      24
	540	36.7	50.0	210	1946			27      28

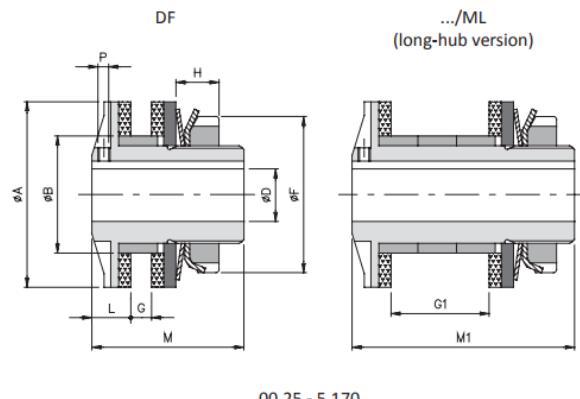
Slika 84 Odabrani prijenosnik [14]

Odabrani prijenosnik ima naziv TL-311D te on ima ugrađen produžetak izlaznog vratila čije dimenzije se mogu vidjeti na slici Slika 85.



Slika 85 Dimenzije izlaza odabranog prijenosnika [14]

Snaga izlaznog vratila traktora 75 kW što za brzinu vrtnje od 540 o/min daje moment od 1326 Nm, a na izlazu iz multiplikatora moment bi bio 442 Nm što je više nego je dozvoljenih 210 Nm na izlazu multiplikatora, Slika 84. Za malčiranje nije potreban veliki moment i snaga te će se za ograničavanje maksimalnog momenta, u slučaju preopterećenja, na izlazu multiplikatora koristiti tarna sigurnosna spojka DF 4.140 T1 tvrtke Comintec, Slika 86, kojom će se pomoći matice ograničiti torzijski moment na 185 Nm te će se tako postići i određeni faktor sigurnosti. Za proračun remenskog prijenosa koristit će se torzijski moment od 185 Nm i dobivena brzina vrtnje na izlazu iz prijenosnika od 1620 o/min.

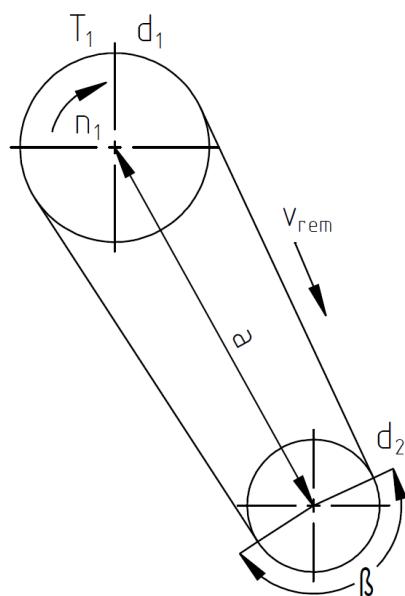


00.25 - 5.170

Size	Torque [Nm]				Inertia [ $10^3 \text{ kgm}^2$ ]	Max. speed [Rpm]	Weight [kg]	
	T0	T1	T2	T3			DF	.../ML
00.25	-	1 - 8	2 - 12	2 - 20	0,003	10000	0,1	-
00.38	-	1 - 14	8 - 22	15 - 34	0,022	10000	0,2	0,3
0.50	2 - 12	4 - 40	17 - 70	23 - 100	0,075	7600	0,4	0,5
1.70	6 - 18	17 - 60	34 - 120	60 - 210	0,390	5450	1,1	1,4
2.90	13 - 105	74 - 140	90 - 280	185 - 450	1,167	4250	2,2	2,8
3.115	65 - 280	120 - 360	207 - 700	210 - 950	3,809	3350	3,7	4,8
4.140	-	180 - 550	260 - 950	390 - 1200	9,982	2750	6,6	8,5
5.170	-	160 - 700	300 - 1450	1000 - 2600	23,943	2250	10,9	13,5
6.205	300 - 1200	500 - 2400	1000 - 4800	-	75,088	1900	20,1	24,5

Slika 86 Sigurnosna spojka [15]

Nakon provedenog iterativnog postupka odabran je profil remena SPB što je uski klinasti remen, a zbog konstrukcijskih razloga odabrani promjer pogonske remenice je 200 mm i gonjene 140 mm. Za navedeni profil remena i promjere remenica, kao i za moment i brzinu vrtnje potrebno je odrediti broj remen, sile koje djeluju na vratilo remenica te osni razmak remenica. Slika 87 prikazuje remenski prijenos.



Slika 87 Remenski prijenos

$$n_1 = 1620 \text{ o/min} \quad - \text{brzina vrtnje pogonske remenice} \quad (1)$$

$$v_{rem} = \frac{n_1}{60} \cdot d_1 \pi = \frac{1620}{60} \cdot 0,2 \cdot \pi = 16,96 \text{ kW} \quad - \text{brzina remena} \quad (2)$$

$P_1 = 9,8 \text{ kW}$  - snaga koju prenosi jedan remen za brzinu 16,96 m/s [16]

$$Z = \frac{P \cdot C_{uk}}{P_1} \quad - \text{Potreban broj remena za prijenos snage } P \quad (3)$$

$$P = T_1 \cdot 2\pi n_1 \cdot 60^{-1} \quad - \text{Snaga na pogonskoj remenici} \quad (4)$$

$$T_1 = T_{sig.spojke} = 185 \text{ Nm} \quad - \text{Moment na pogonskoj remenici}$$

$$n_1 = 1620 \text{ o/min} \quad - \text{Brzina vrtnje pogonske remenice}$$

$$P = 185 \cdot 2\pi \cdot 1620 \cdot 60^{-1} = 31,385 \text{ kW} \quad - \text{snaga na pogonskoj remenici} \quad (5)$$

$$C_{uk} = \frac{c_B}{c_L \cdot c_\beta} \quad - \text{ukupan korekcijski faktor} \quad (6)$$

$$c_B = 1,2 \quad - \text{faktor primjene za srednje teški pogon, B grupa, [16]}$$

$$c_\beta = 0,97 \quad - \text{faktor obuhvatnog kuta za } \beta = 172^\circ, [16]$$

$$c_L = 1,12 \quad - \text{faktor duljine remena, [16]}$$

$$C_{uk} = \frac{1,2}{1,12 \cdot 0,97} = 1,105 \quad (7)$$

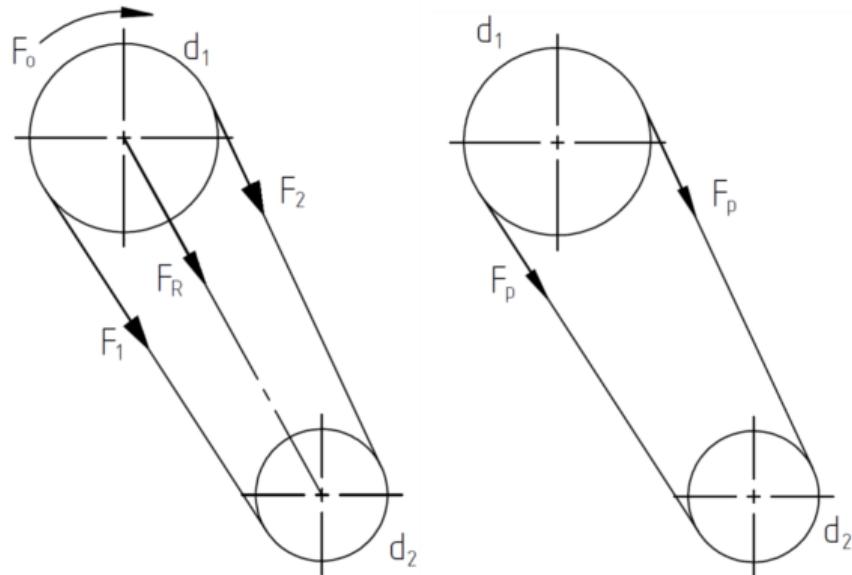
$$Z = \frac{31,385 \cdot 1,105}{9,8} = 3,54 \quad (8)$$

$$Z = 4 \text{ remena}$$

Prema jednadžbi (3) potreban broj remena za prijenos snage  $P = 31,385 \text{ kW}$  pri brzini remena od  $v_{rem} = 16,96 \text{ o/min}$  je 4.

Za proračun sila na remenicu potrebno je koristiti korigirani faktor trenja za klinasti remen, koji u obzir uzima kut žlijeba remenice. Slika 88 prikazuje sile koje djeluju na pogonsku remenicu

kada se remenice okreću i kada miruju. Iste sile, suprotnog predznaka, djeluju i na gonjenu remenicu.



**Slika 88 Sile kad se remenice okreću (lijevo) i sile kad su remenice u mirovanju (desno)**

$$\mu_k = \frac{\mu}{\sin(\varphi/2)} \quad - \text{korigirani faktor trenja za klinasti remen} \quad (9)$$

$$\varphi = 34^\circ \quad - \text{kut utora na remenici, [16]}$$

$$\mu = 0,5 \quad - \text{faktor trenja, [16]}$$

$$\mu_k = \frac{0,5}{\sin(34^\circ/2)} = 1,71 \quad (10)$$

$$F_o = \frac{2 \cdot T_1}{d_1} \quad - \text{obodna sila koja prenosi moment } T_1$$

$$T_1 = T_{\text{sig.spojke}} = 185 \text{ Nm} \quad - \text{torzijski moment na pogonskoj remenici}$$

$$d_1 = 200 \text{ mm} \quad - \text{promjer pogonske remenice}$$

$$F_o = \frac{2 \cdot 185}{0,2} = 1850 \text{ N} \quad (11)$$

$$F_1 = F_o \cdot \frac{m}{m-1} \quad - \text{sila } F_1 \text{ na remenicu, Slika 88} \quad (12)$$

$$m = e^{\mu_k \beta} \quad (13)$$

$\mu_k = 1,71$  - korigirani faktor trenja za klinasti remen

$\beta = 3,002$  rad - obuhvatni kut,  $\beta = 172^\circ$

$$m = e^{1,71 \cdot 3,002} = 169,596 \quad (14)$$

$$F_1 = 1850 \cdot \frac{169,596}{169,596 - 1} = 1860,97 \text{ N} \quad (15)$$

$$F_1 = 1850 \cdot \frac{169,596}{169,596 - 1} = 1860,97 \text{ N} \quad (16)$$

$$F_2 = F_1 - F_o = 1860,97 - 1850 = 10,97 \text{ N} \quad - \text{sila } F_2 \text{ na remenicu, Slika 88} \quad (17)$$

$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cos(\beta)} \quad - \text{rezultantna sila na vratilo uslijed} \\ \text{remenskog prijenosa} \quad (18)$$

$$F_R = \sqrt{1860,97^2 + 10,97^2 - 2 \cdot 1860,97 \cdot 10,97 \cos(172^\circ)} = 1871,8 \text{ N} \quad (19)$$

$$F_p = \frac{F_o}{2} \cdot \frac{m+1}{m-1} \quad - \text{ukupna sila u 4 remena uslijed predzatezanja} \quad (20)$$

$$F_p = \frac{1850}{2} \cdot \frac{169,596 + 1}{169,596 - 1} = 935,97 \text{ N} \quad (21)$$

Prema SKF-ovom katalogu sila predzatezanja za novi remen treba biti 50% veća od dobivene sile predzatezanja. Remen se tijekom rada produljuje i gubi svoja elastična svojstva te se povećanjem sile predzatezanja za 50% postiže da potrebna sila predzatezanja tijekom dužeg perioda rada stroja bude zadovoljena.

$$F_{p,novi,1} = \frac{1,5F_p}{Z} = \frac{1,5 \cdot 935,97}{4} = 351 \text{ N} \quad - \text{potrebna sila pritezanja za jedan} \\ \text{remen} \quad (22)$$

Prema SKF-ovom katalogu minimalna sila predzatezanja jednog SPB remena je 400 N (Slika 89), što je više nego je potrebno za prijenos momenta od 185 Nm i snage od 31,385 kW. Dakle, svaki remen će biti potrebno predzategnuti silom od 400 N što će se postići skraćenjem remena, a za što će se koristiti faktor produljenja remena, Slika 89. Odabrani remen standardne dužine bit će produljen za navedeni faktor, a to produljenje će se postići pogodnim odabirom osnog

razmaka remenica. Za navedenu novu silu predzatezanja može se prenijeti veći moment od onoga korištenom u prethodnom proračunu, no u ovom slučaju to se neće dogoditi jer je maksimalni moment ograničen sigurnosnom spojkom na 185 Nm.

Single belt, A banded belt	B	C	D	SPA SPA-XP	SPB SPB-XP 5V 5V-XP	SPC SPC-XP	8V 8V-XP
Belt length multipliers							
200	1,0034	1,0015	-	-	1,0030	-	-
250	1,0043	1,0018	-	-	1,0038	-	-
300	1,0051	1,0022	-	-	1,0045	-	-
350	1,0060	1,0026	-	-	1,0053	-	-
400	1,0068	1,0029	1,0024	-	1,0060	1,0021	-
450	1,0077	1,0033	1,0027	-	1,0068	1,0026	-
500	1,0085	1,0037	1,0030	-	1,0075	1,0031	-
550	1,0094	1,0040	1,0033	-	1,0083	1,0036	1,0019
600	1,0102	1,0044	1,0036	1,0032	1,0090	1,0041	1,0022
650	1,0111	1,0048	1,0038	1,0034	1,0098	1,0046	1,0025
700	1,0119	1,0052	1,0041	1,0037	1,0105	1,0051	1,0029
750	1,0128	1,0055	1,0044	1,0040	1,0113	1,0056	1,0032
800	-	1,0059	1,0047	1,0042	-	1,0061	1,0036
900	-	1,0066	1,0053	1,0047	-	1,0070	1,0041
1 000	-	1,0074	1,0059	1,0053	-	1,0079	1,0047
1 200	-	1,0088	1,0071	1,0063	-	1,0095	1,0058
1 400	-	1,0103	1,0083	1,0074	-	1,0112	1,0068
1 600	-	1,0118	1,0095	1,0084	-	1,0129	1,0079
1 800	-	-	-	1,0095	-	1,0146	1,0090
2 000	-	-	-	1,0106	-	1,0162	1,0100
2 250	-	-	-	1,0119	-	1,0183	1,0113
2 500	-	-	-	1,0132	-	1,0204	1,0127
2 750	-	-	-	1,0145	-	1,0224	1,0140
3 000	-	-	-	-	-	-	1,0153
3 250	-	-	-	-	-	-	1,0166

Slika 89 SKF katalog - faktor produljenja remena [17]

Vratila remenica bit će, prilikom ugradnje i kraće vrijeme tijekom rada, opterećena silom predzatezanja prema jednadžbi (23) kako je prikazano na slici Slika 88, prema katalogu prikazanom na slici Slika 89. Vratila će biti dimenzionirana, a ležajevi odabrani prema sili  $F_{P,novi}$ .

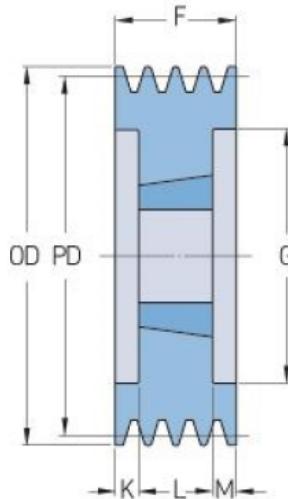
$$F_{P,novi} = Z \cdot F_{P,novi,1} \quad - \text{sila predzatezanja za novi SPB remen, prema SKF katalogu} \quad (23)$$

$$F_{P,novi,1} = 400 \text{ N} \quad - \text{sila predzatezanja za jedan remen}$$

$$Z = 4 \quad - \text{broj remena}$$

$$F_{P,novi} = 4 \cdot 400 = 1600 \text{ N} \quad (24)$$

Odabrane su standardne remenice prema SKF katalogu s dimenzijama prikazanima na slici Slika 90.



Pogonska remenica:

Pitch diameter (mm)	200
Outside diameter (mm)	207
Pulley type	3
Bushing no.	3020
Min. bore (mm)	25
Max. bore (mm)	75
F (mm)	82
G (mm)	157
K (mm)	15.5
L (mm)	51
M (mm)	15.5
H (mm)	-
Weight (kg)	9.3

Gonjena remenica:

Pitch diameter (mm)	140
Outside diameter (mm)	147
Pulley type	3
Bushing no.	2517
Min. bore (mm)	16
Max. bore (mm)	60
F (mm)	82
G (mm)	97
K (mm)	18.5
L (mm)	45
M (mm)	18.5
H (mm)	-
Weight (kg)	4

Slika 90 Dimenzije odabralih remenica [17]

Potrebno je odrediti osni razmak remenica kako bi se zadovoljila sila predzatezanja od 400 N. Nakon iterativnog postupka prema jednadžbi (30), odabrana je standardna dužina beskonačnog klinastog remena od 1400 mm.

$$L_{w,potrebna} = f_{prod.} \cdot L_{rem} \quad - \text{potrebna računska duljina remena} \quad (25)$$

$$f_{prod.} = 1,0021 \quad - \text{faktor produljenja remena, Slika 89}$$

$$L_{rem} = 1400 \text{ mm} \quad - \text{odabrana standardna dužina remena}$$

$$L_{w,potrebna} = 1,0021 \cdot 1400 = 1402,94 \text{ mm} \quad (26)$$

Potrebno je odrediti osni razmak tako da je zadovoljena računska duljina remena dobivena jednadžbom (25). Prije odabira potrebno je vidjeti koji je preporučeni odnos za razmak remenica odabralih dimenzija.

$$0,7 \cdot (d_1 + d_2) \leq a \leq 2 \cdot (d_1 + d_2) \quad \begin{array}{l} \text{- preporučeni odnos za osni} \\ \text{razmak remenica} \end{array} \quad (27)$$

$$d_1 = 200 \text{ mm} \quad \text{- promjer pogonske remenice}$$

$$d_2 = 140 \text{ mm} \quad \text{- promjer gonjene remenice}$$

$$0,7 \cdot (200 + 140) \leq a \leq 2 \cdot (200 + 140) \quad (28)$$

$$238 \text{ mm} \leq a \leq 680 \text{ mm} \quad (29)$$

Zbog konstrukcijskih razloga i nakon provedenog iterativnog postupka prema jednadžbi (30) odabran je osni razmak:

$$a = 433,34 \text{ mm}$$

$$L_w \approx 2 \cdot a + \frac{\pi}{2} (d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \cdot a} \quad \begin{array}{l} \text{- stvarna računska duljina remena} \\ \text{remenica} \end{array} \quad (30)$$

$$L_w \approx 2 \cdot 433,34 + \frac{\pi}{2} (140 + 200) + \frac{(140 - 200)^2}{4 \cdot 433,34} = 1402,83 \text{ mm} \quad (31)$$

Razlika između potrebne računske duljine remen  $L_{w,potrebna}$  i stvarne računske duljine remena  $L_w$  je 11 µm što je mala razlika te se može smatrati da će se s osnim razmakom remenica  $a = 433,34 \text{ mm}$  postići potrebna sila predzatezanja za jedan remen  $F_{P,novi} = 400 \text{ N}$ .

Na posljetku je potrebno kontrolirati i učestalost savijanja:

$$f = z \frac{v_{rem}}{L_w} \leq f_{dop} \quad \begin{array}{l} \text{- učestalost savijanja} \\ \text{remenica} \end{array} \quad (32)$$

$$f_{dop} = 60 \text{ s}^{-1} \quad \text{- dopuštena učestalost savijanja za uski klinasti remen}$$

$$z = 2 \quad \text{- broj remenica}$$

$$f = 2 \cdot \frac{16,96}{1,40283} \leq f_{dop} = 60 \text{ s}^{-1} \quad (33)$$

$$f = 2 \cdot \frac{16,96}{1,40283} \leq f_{dop} = 60 \text{ s}^{-1} \quad (34)$$

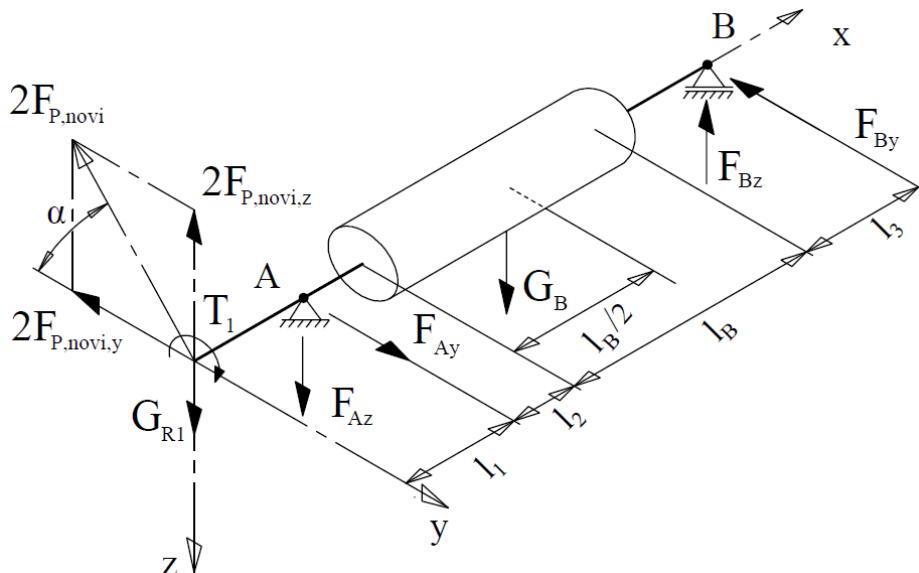
$$f = 24,2 \text{ s}^{-1} \leq f_{dop} = 60 \text{ s}^{-1} \quad (35)$$

Učestalost savijanja zadovoljava.

## 5.2. Dimenzioniranje vratila

Dimenzioniranje vratila remenica i bubenja vršit će se na temelju proračuna remenskog prijenosa. Maksimalna sila kojom su vratila opterećena je dvostruka silom predzatezanja za novo remenje,  $F_{P,novi}$ . Prvo će se dimenzionirati i provjeriti sigurnost vratila bubenja. Vratila bubenja i bubenj su zavareni preko prirubnice i čine jednu cjelinu. Materijal svih vratila je čelik S235JRG2.

### Bubanj s vratilima



Slika 91 Opterećeni bubenj s vratilima

Vrijednosti sa slike Slika 91:

$$l_1 = 84,5 \text{ mm}$$

$$l_2 = 63,5 \text{ mm}$$

$$l_B = 1658 \text{ mm} - \text{dužina bubenja}$$

$$l_3 = 60 \text{ mm}$$

$$\alpha = 60,8^\circ$$

$$G_B = 1000 \text{ N} - \text{težina bubenja}$$

$$G_{R2} = 57 \text{ N} - \text{težina gonjene remenice}$$

Prvo je potrebno naći reakcijske sile u osloncima te će se iz momentnih dijagrama iščitati vrijednosti momenata savijanja na pojedinim mjestima radi dimenzioniranja. Proračun reakcijskih sila i crtanje dijagrama će se učiniti zasebno za  $x$ - $y$  ravninu i  $x$ - $z$  ravninu.

Komponenta sile  $F_{P,novi}$  u smjeru osi  $y$ :

$$F_{P,novi,y} = F_{P,novi} \cdot \cos(\alpha) \quad \text{- komponenta sile} \quad (36)$$

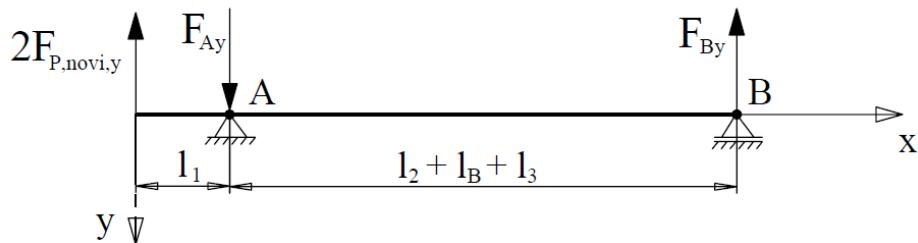
$$F_{P,novi,y} = 1600 \cdot \cos(60,8^\circ) = 780,58 \text{ N} \quad (37)$$

Komponenta sile  $F_{P,novi}$  u smjeru osi  $z$ :

$$F_{P,novi,z} = F_{P,novi} \cdot \sin(\alpha) \quad (38)$$

$$F_{P,novi,z} = 1600 \cdot \sin(60,8^\circ) = 1396,68 \text{ N} \quad (39)$$

### $x$ - $y$ ravnina



Slika 92 Opterećenje bubenja s vratilima u  $x$ - $y$  ravnini

Suma sila u smjeru osi  $y$ :

$$\sum F_y = 0 \quad F_{Ay} - F_{By} = 2F_{P,novi,y} \quad (40)$$

Suma momenata u smjeru osi  $z$  oko točke A:

$$\sum M_{zA} = 0 \quad F_{By} \cdot (l_2 + l_B + l_3) = 2F_{P,novi,y} \cdot l_1 \quad (41)$$

$$F_{By} = 2F_{P,novi,y} \cdot \frac{l}{l_2 + l_B + l_3} \quad (42)$$

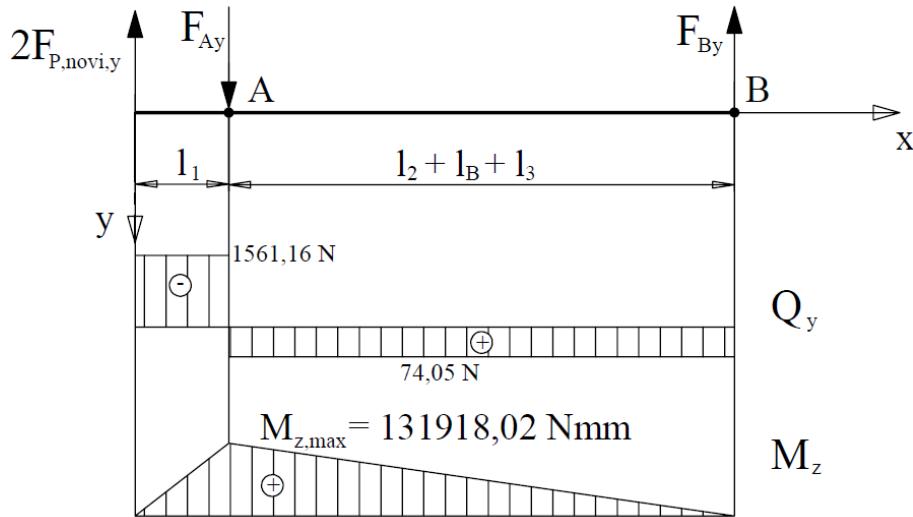
$$F_{By} = 2 \cdot 780,58 \cdot \frac{84,5}{63,5 + 1658 + 60} = 74,05 \text{ N} \quad (43)$$

Jednadžbu (43) uvrstimo u jednadžbu (40):

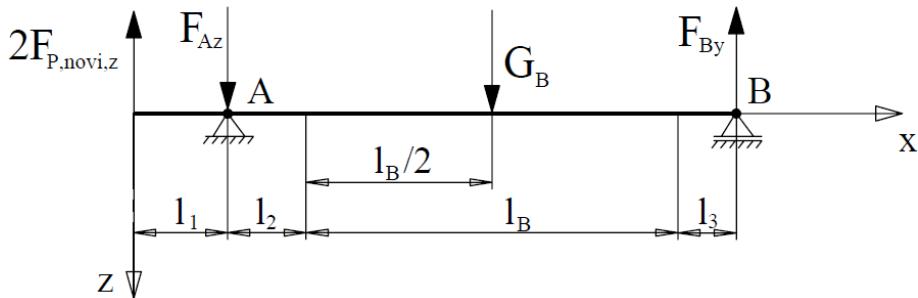
$$(40) \quad F_{Ay} = 2F_{P,novi,y} + F_{By}$$

$$F_{Ay} = 2 \cdot 780,58 + 74,05 = 1635,21 \text{ N} \quad (44)$$

Slika 93 prikazuje dijagram poprečnih sila i momenata za opterećenje bubenja s vratilima u ravnini  $x-y$ . Maksimalni moment savijanja oko osi  $z$  je u točki A i iznosi 131918,02 Nmm.



**Slika 93 Dijagram poprečnih sila i momenata u  $x-y$  ravnini za bubenj s vratilima  
x-z ravnina**



**Slika 94 Opterećenje bubenja s vratilima u  $x-z$  ravnini**

Suma sila u smjeru osi  $z$ :

$$\sum F_z = 0 \quad G_{R2} - 2F_{P,novi,z} + G_B + F_{Az} - F_{Bz} = 0 \quad (45)$$

Suma momenata u smjeru osi  $y$  oko točke A:

$$\sum M_{yA} = 0 \quad F_{Bz} \cdot (l_2 + l_B + l_3) = G_B \cdot (l_2 + l_B / 2) + (2F_{P,novi,z} - G_{R2}) \cdot l_1 \quad (46)$$

$$F_{Bz} = \frac{G_B \cdot (l_2 + l_B / 2) + (2F_{P,novi,z} - G_{R2}) \cdot l_1}{l_2 + l_B + l_3} \quad (47)$$

$$F_{Bz} = \frac{1000 \cdot (63,5 + 1658 / 2) + (2 \cdot 1396,68 - 57) \cdot 84,5}{63,5 + 1658 + 60} \quad (48)$$

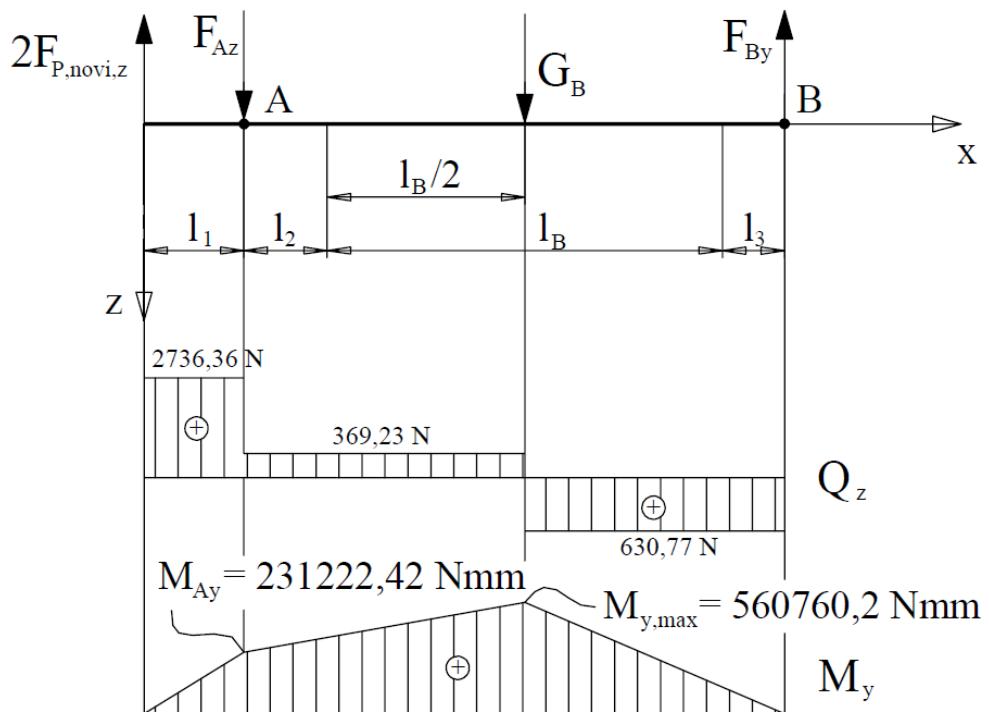
$$F_{Bz} = 630,77 \text{ N}$$

Jednadžbu (48) uvrstimo u jednadžbu (45)(40):

$$(45) \quad F_{Az} = F_{Bz} - G_B - G_{R2} + 2F_{P,novi,z}$$

$$F_{Az} = 630,77 - 1000 - 57 + 2 \cdot 1396,68 = 2367,13 \text{ N} \quad (49)$$

Slika 95 prikazuje dijagram poprečnih sila i momenata za opterećenje bubenja s vratilima u ravnini  $x-z$ .



**Slika 95 Dijagram poprečnih sila i momenata u  $x-z$  ravnini za bubenj s vratilima**

Nakon nađenih sila u osloncima i nacrtanih momentnih dijagrama potrebno je dimenzionirati vratila. Lijevo vratilo će se dimenzionirati u pojedinim presjecima koji se mogu vidjeti na slici Slika 97.

Presjek A:

Moment savijanja u točki A:

$$M_A = \sqrt{M_{Ay}^2 + M_{z\max}^2} \quad (50)$$

$$M_A = \sqrt{231222,42^2 + 131918,02^2} = 266207 \text{ Nmm} \quad (51)$$

Dopušteno naprezanje za materijal vratila S235JRG2:

$$\sigma_{dop} = \frac{R_e}{S} \quad (52)$$

$R_e = 215 \text{ MPa}$  - Granica tečenja za čelik S235JRG2, [18]

$S = 2$  - Odabrana sigurnost. Zbog pretpostavljenog riješetkog postizanja maksimalnog torzijskog momenta i „popuštanja“ sile predzatezanja s vremenom.

$$\sigma_{dop} = \frac{215}{2} = 107,5 \text{ MPa}$$

Minimalni potrebni promjer u presjeku A (točka A):

$$d_A \geq \sqrt[3]{\frac{M_A}{0,1 \cdot \sigma_{dop}}} \quad (53)$$

$$M_A = \sqrt{231222,42^2 + 131918,02^2} = 266207 \text{ Nmm} \quad (54)$$

$$d_A \geq \sqrt[3]{\frac{266207}{0,1 \cdot 107,5}} \geq 29,2 \text{ mm} \quad (55)$$

Odabrani promjer presjeka A:

$$d_A = 45 \text{ mm}$$

### Presjek 1

Moment savijanja oko osi  $z$  u presjeku 1:

$$M_{z1} = M_{z_{max}} \cdot \frac{l_B + l_3}{l_2 + l_B + l_3} \quad - \text{sličnost trokuta sa slike Slika 93} \quad (56)$$

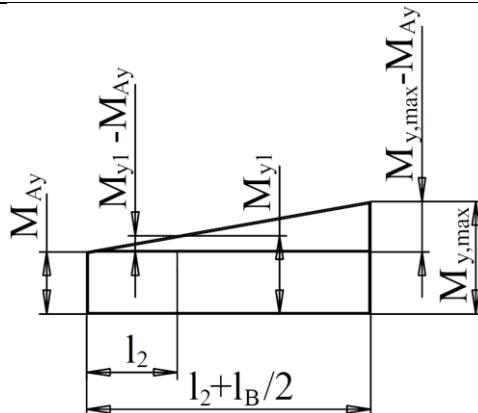
$$M_{z1} = 131918,02 \cdot \frac{1658+60}{63,5+1658+60} = 127215,92 \text{ Nmm} \quad (57)$$

Moment savijanja oko osi  $y$  u presjeku 1:

$$M_{y1} = \frac{l_2}{l_2 + l_B / 2} \cdot (M_{y_{max}} - M_{Ay}) + M_{Ay} \quad - \text{prema slike Slika 96} \quad (58)$$

$$M_{y1} = \frac{63,5}{63,5+1658/2} \cdot (560760,2 - 231222,42) + 231222,42 \quad (59)$$

$$M_{y1} = 254668,53 \text{ Nmm}$$

Slika 96 Moment savijanja oko osi y u presjeku 1,  $M_{y1}$ 

Moment savijanja u presjeku 1:

$$M_1 = \sqrt{M_{y1}^2 + M_{z1}^2} \quad (60)$$

$$M_1 = \sqrt{254668,53^2 + 127215,92^2} = 284675,17 \text{ Nmm} \quad (61)$$

Minimalni potrebni promjer u presjeku 2:

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{M_1}{0,1 \cdot \sigma_{dop}}} \quad (62)$$

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{284675,17}{0,1 \cdot 107,5}} \geq 29,8 \text{ mm} \quad (63)$$

Odobrani promjer presjeka 1:

$$d_1 = 40 \text{ mm}$$

Presjek 3 (kraj dužine  $l_3$ ) - desna osovina bubenja

Moment savijanja oko osi z u presjeku 3:

$$M_{z3} = M_{z_{max}} \cdot \frac{l_3}{l_2 + l_B + l_3} \quad - \text{sličnost trokuta sa slike Slika 93} \quad (64)$$

$$M_{z3} = 131918,02 \cdot \frac{1658+60}{63,5+1658+60} = 127215,92 \text{ Nmm} \quad (65)$$

Moment savijanja oko osi y u presjeku 3:

$$M_{y3} = M_{y_{max}} \cdot \frac{l_3}{l_B / 2 + l_3} \quad - \text{sličnost trokuta sa slike Slika 95} \quad (66)$$

$$M_{y^3} = 560760,2 \cdot \frac{60}{1658/2 + 60} = 37846,58 \text{ Nmm} \quad (67)$$

Moment savijanja u presjeku 3:

$$M_3 = \sqrt{M_{y^3}^2 + M_{z^3}^2} \quad (68)$$

$$M_3 = \sqrt{37846,58^2 + 4442,93^2} = 38106,47 \text{ Nmm} \quad (69)$$

Minimalni potrebni promjer u presjeku 3:

$$d_3 \geq \sqrt[3]{\frac{M_3}{0,1 \cdot \sigma_{dop}}} \quad (70)$$

$$d_3 \geq \sqrt[3]{\frac{38106,47}{0,1 \cdot 107,5}} \geq 15,2 \text{ mm} \quad (71)$$

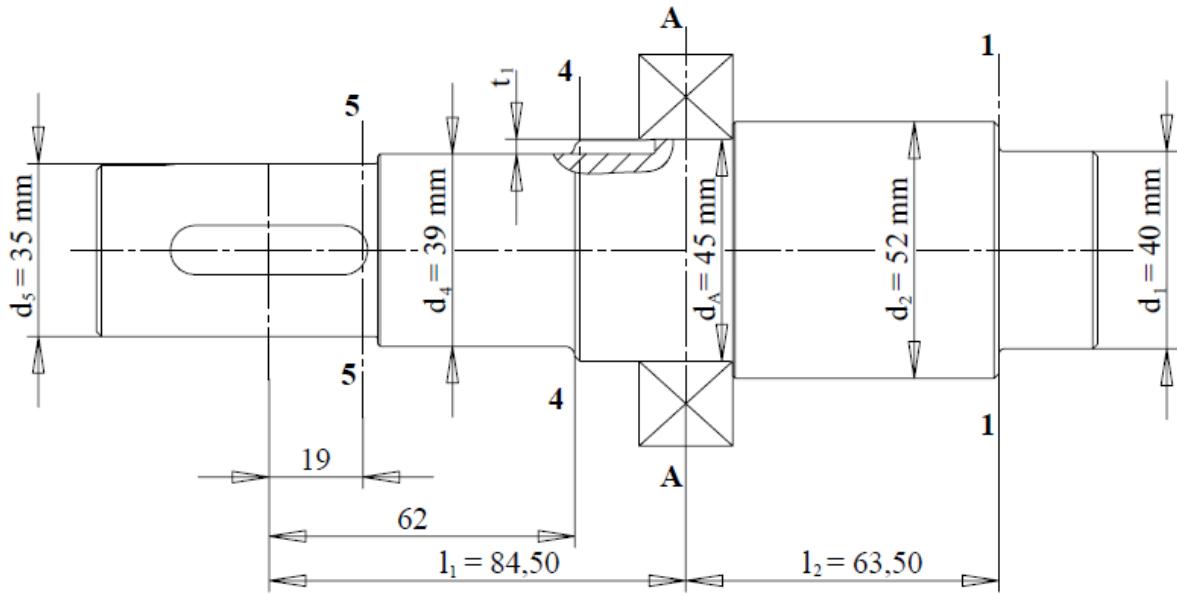
Odabrani promjer presjeka 3, desne osovine bubenja:

$$d_3 = 40 \text{ mm}$$

Odabrani promjer oslonca B, desne osovine bubenja:

$$d_B = 45 \text{ mm}$$

Slika 97 prikazuje oblikovano stupnjevano lijevo vratilo bubenja. Desna osovina bubenja oblikovana je i stupnjevana istim promjerima bez dodatka za remenicu. Radionički crteži lijevog vratila bubenja (crtež broj: 1/18-1-01-03), desne osovine bubenja (crtež broj: 1/18-01-03) i sklopni zavareni crtež bubenja s vratilima (crtež broj: 1/18-1-01-00) vidljivi su u prilogu.



Slika 97 Oblikovano lijevo vratilo bubnja

Nakon dimenzioniranja potrebno je provesti postupak prvovjere sigurnosti na kritičnim presjecima vratila.

Izraz za postignutu sigurnost:

$$S_{post} = \frac{b_1 \cdot b_2 \cdot \sigma_{fDN}}{\varphi \cdot \sigma_{red}} \geq S_{potr} \quad (72)$$

$b_1$  - faktor veličine strojnog dijela

$b_2$  - faktor kvalitete obrade površine

$\varphi$  - faktor udara

$\sigma_{fDN}$  - trajna dinamička čvrstoča za naizmjenično promjenjivo naprezanje pri savijanju

$S_{potr}$  - potrebna sigurnost

#### Presjek 1:

$b_1 = 0,82$  - za  $d = 52$  mm, [19]

$b_2 = 0,85$  -  $R_{max} = 5 \mu\text{m}$  (kvaliteta obrade površine),  $R_m = 400 \text{ MPa}$ , [19]

$\varphi = 1,2$

$\sigma_{fDN} = 190 \text{ MPa}$  - prema [20]

$S_{potr} = 2$  - potrebna sigurnost

Reducirano naprezanje:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_f^2 + 3\tau^2} \quad (73)$$

$$\sigma_f = \frac{M_2}{W} \quad \begin{aligned} & \text{- normalno naprezanje od momenta savijanja u} \\ & \text{presjeku 2} \end{aligned} \quad (74)$$

$M_2 = 284675,17 \text{ Nmm}$  - moment savijanja u presjeku 2

$$W = 0,1 \cdot d_2^3 = 0,1 \cdot 40^3 \quad \text{- moment otpora presjeka 2} \quad (75)$$

$$W = 6400 \text{ mm}^3 \quad (76)$$

$$\sigma_f = \frac{284675,17}{6400} = 44,5 \text{ MPa} \quad (77)$$

$$\tau = \frac{T_2}{W_p} \quad \begin{aligned} & \text{- smično naprezanje od momenta uvijanja na} \\ & \text{gonjenoj remenici} \end{aligned} \quad (78)$$

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{d_2}{d_1} \quad \text{- moment uvijanja na gonjenoj remenici} \quad (79)$$

$T_1 = 185 \text{ Nm}$  - moment uvijanja na pogonskoj remenici

$d_2 = 140 \text{ mm}$  - promjer gonjene remenice

$d_1 = 200 \text{ mm}$  - promjer pogonske remenice

$$T_2 = 185 \cdot \frac{140}{200} = 129,5 \text{ Nm}$$

$$W_p = 0,2 \cdot d_2^3 = 0,2 \cdot 40^3 \quad \text{- polarni moment otpora} \quad (80)$$

$$W_p = 12800 \text{ mm}^3$$

$$\tau = \frac{129500}{12800} = 10,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{44,5^2 + 3 \cdot 10,1^2} = 47,8 \text{ MPa}$$

$$S_{post} = \frac{0,82 \cdot 0,85 \cdot 190}{1,2 \cdot 47,8} = 2,3 \geq S_{potr} = 2 \quad (81)$$

Čvrstoća presjeka 2 zadovoljava.

Presjek A:

$$b_1 = 0,84 \quad - \text{za } d = 45 \text{ mm, [19]}$$

$$b_2 = 0,95 \quad - R_{max} = 2,5 \text{ } \mu\text{m}, R_m = 400 \text{ Mpa, [19]}$$

$$\sigma_f = \frac{M_A}{W} \quad (82)$$

$$M_A = 266207 \text{ Nmm} \quad - \text{moment savijanja u presjeku A}$$

$$W = 0,1 \cdot d_A^3 = 0,1 \cdot 45^3 = 9112,5 \text{ mm}^3 \quad (83)$$

$$\sigma_f = \frac{266207}{9112,5} = 29,2 \text{ MPa} \quad (84)$$

$$\tau = \frac{T_2}{W_p} \quad (85)$$

$$W_p = 0,2 \cdot d_2^3 = 0,2 \cdot 45^3 = 18225 \text{ mm}^3 \quad (86)$$

$$\tau = \frac{129500}{18225} = 7,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{29,2^2 + 3 \cdot 7,1^2} = 31,7 \text{ MPa}$$

$$S_{post} = \frac{0,84 \cdot 0,95 \cdot 190}{1,2 \cdot 31,7} = 4 \geq S_{potr} = 2 \quad (87)$$

Čvrstoća presjeka A zadovoljava.

Presjek 4:

$$b_1 = 0,85 \quad - \text{za } d = 39 \text{ mm, [19]}$$

$$b_2 = 0,85 \quad - R_{max} = 5 \text{ } \mu\text{m}, R_m = 400 \text{ Mpa, [19]}$$

$$\sigma_f = \frac{M_4}{W} \quad (88)$$

$$M_4 = \sqrt{M_{Ay}^2 + M_{z\max}^2} \cdot \frac{62}{l_1} \quad (89)$$

$$M_4 = \sqrt{231222,42^2 + 131918,02^2} \cdot \frac{62}{84,5} = 195323,5 \text{ Nmm} \quad (90)$$

$$W = 0,1 \cdot d_4^3 = 0,1 \cdot 39^3 = 5931,9 \text{ mm}^3 \quad (91)$$

$$\sigma_f = \frac{195323,5}{5931,9} = 32,9 \text{ MPa} \quad (92)$$

$$\tau = \frac{T_2}{W_p} \quad (93)$$

$$W_p = 0,2 \cdot d_4^3 = 0,2 \cdot 39^3 = 11863,8 \text{ mm}^3 \quad (94)$$

$$\tau = \frac{129500}{11863,8} = 10,9 \text{ MPa} \quad (95)$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{32,9^2 + 3 \cdot 10,9^2} = 37,9 \text{ MPa} \quad (96)$$

$$S_{post} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 190}{1,2 \cdot 37,9} = 3 \geq S_{potr} = 2 \quad (97)$$

Čvrstoća presjeka 4 zadovoljava.

#### Presjek 5:

$$b_1 = 0,87 \quad - \text{za } d = 35 \text{ mm, [19]}$$

$$b_2 = 0,95 \quad - R_{max} = 2,5 \mu\text{m}, R_m = 400 \text{ Mpa, [19]}$$

$$\sigma_f = \frac{M_5}{W} \quad (98)$$

$$M_5 = \sqrt{M_{Ay}^2 + M_{z\max}^2} \cdot \frac{19}{l_1} \quad (99)$$

$$M_5 = \sqrt{231222,42^2 + 131918,02^2} \cdot \frac{19}{84,5} = 59857,2 \text{ Nmm} \quad (100)$$

$$W = 0,012 \cdot (d_5 - t_1)^3 \quad - \text{s utorom dubine } t_1 \quad (101)$$

$$W = 0,012 \cdot (35 - 4,7)^3 = 3341,3 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_f = \frac{59857,2}{3341,3} = 17,9 \text{ MPa} \quad (102)$$

$$\tau = \frac{T_2}{W_p} \quad (103)$$

$$W_p = 0,2 \cdot (d_5 - t_1)^3 \quad \text{-s utorom dubine } t_1 \quad (104)$$

$$W_p = 0,2 \cdot (35 - 4,7)^3 = 5563,6 \text{ mm}^3 \quad (105)$$

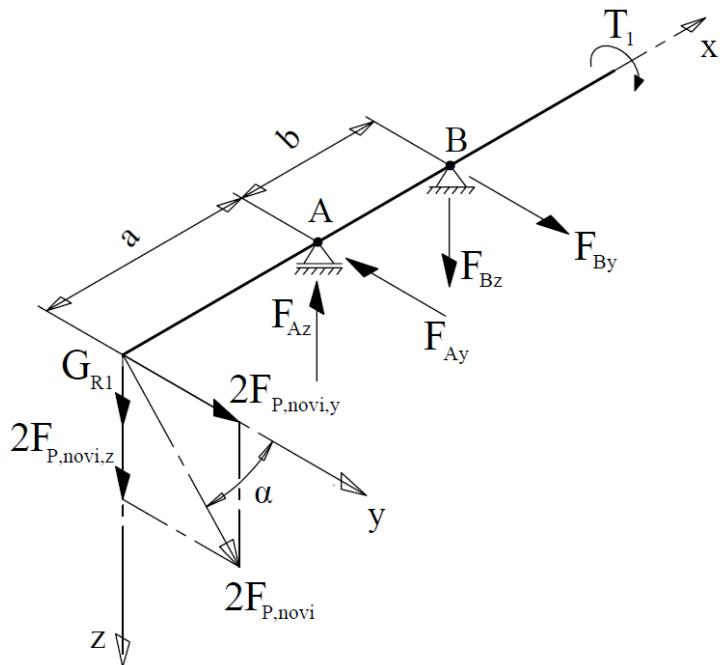
$$\tau = \frac{129500}{5563,6} = 23,3 \text{ MPa} \quad (106)$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{17,9^2 + 3 \cdot 23,3^2} = 44,1 \text{ MPa} \quad (107)$$

$$S_{post} = \frac{0,87 \cdot 0,95 \cdot 190}{1,2 \cdot 44,1} = 3 \geq S_{potr} = 2 \quad (108)$$

Čvrstoća presjeka 5 zadovoljava.

### Vratilo pogonske remenice



Slika 98 Opterećeno vratilo pogonske remenice

Vrijednosti sa slike Slika 98:

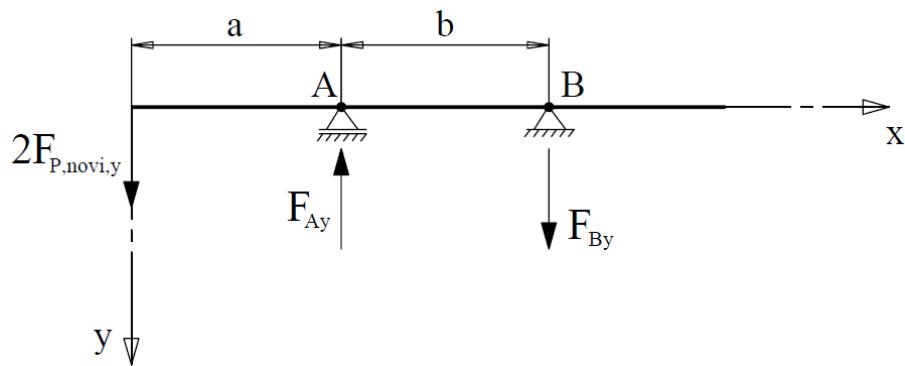
$$a = 84,5 \text{ mm}$$

$$b = 63,5 \text{ mm}$$

$$\alpha = 60,8^\circ$$

$$G_{R1} = 130 \text{ N} \quad \text{- težina pogonske remenice}$$

Ponovit će se postupak kao i kod bubenja s vratilima.

x-y ravnina**Slika 99 Opterećeno vratilo pogonske remenice u x-y ravnini**

Suma sila u smjeru osi y:

$$\sum F_y = 0 \quad F_{Ay} - F_{By} = 2F_{P,novi,y} \quad (109)$$

Suma momenata u smjeru osi z oko točke A:

$$\sum M_{zA} = 0 \quad F_{By} \cdot b = 2F_{P,novi,y} \cdot a \quad (110)$$

$$F_{By} = 2F_{P,novi,y} \cdot \frac{a}{b} \quad (111)$$

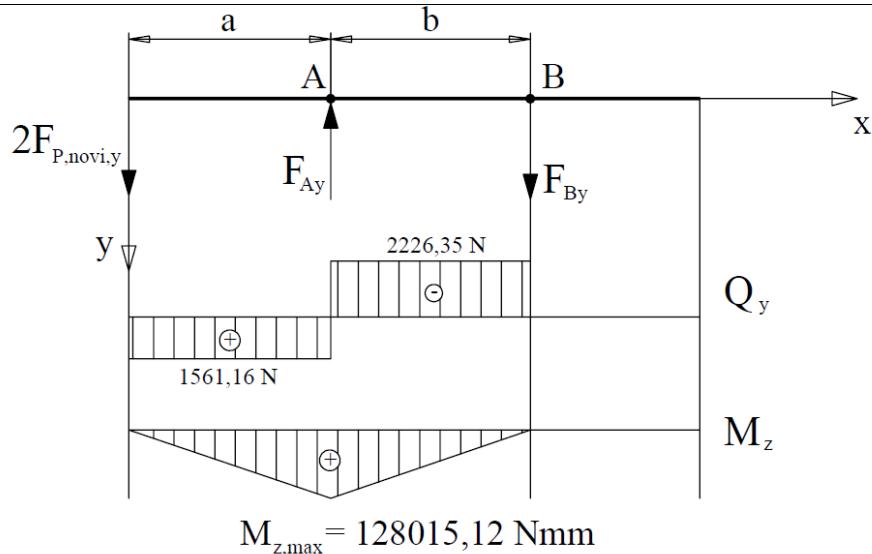
$$F_{By} = 2 \cdot 780,58 \cdot \frac{82}{57,5} = 2226,35 \text{ N} \quad (112)$$

Jednadžbu (112) uvrstimo u jednadžbu (109):

$$(109) \quad F_{Ay} = 2F_{P,novi,y} + F_{By}$$

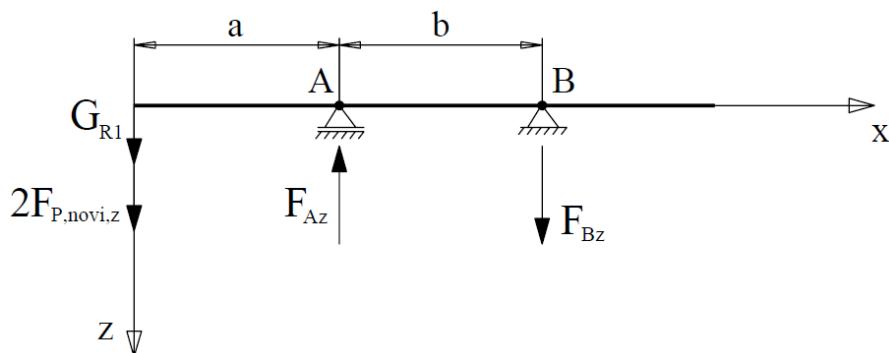
$$F_{Ay} = 2 \cdot 780,58 + 2226,35 = 3787,51 \text{ N} \quad (113)$$

Slika 100 prikazuje dijagram poprečnih sila i momenata za opterećenje vratila pogonske remenice u ravnini x-y. Maksimalni moment savijanja oko osi z je u točki A i iznosi 128015,15 Nmm.



**Slika 100 Dijagram poprečnih sila i momenata u x-y ravnini za vratilo pogonske remenice**

x-z ravnina



**Slika 101 Opterećeno vratilo pogonske remenice u x-z ravnini**

Suma sila u smjeru osi  $z$ :

$$\sum F_z = 0 \quad G_{R1} + 2F_{P,novi,z} - F_{Az} + F_{Bz} = 0 \quad (114)$$

Suma momenata u smjeru osi  $y$  oko točke A:

$$\sum M_{yA} = 0 \quad (G_{R1} + 2F_{P,novi,z}) \cdot a - F_{Bz} \cdot b = 0 \quad (115)$$

$$F_{Bz} = (G_{R1} + 2F_{P,novi,z}) \cdot \frac{a}{b} \quad (116)$$

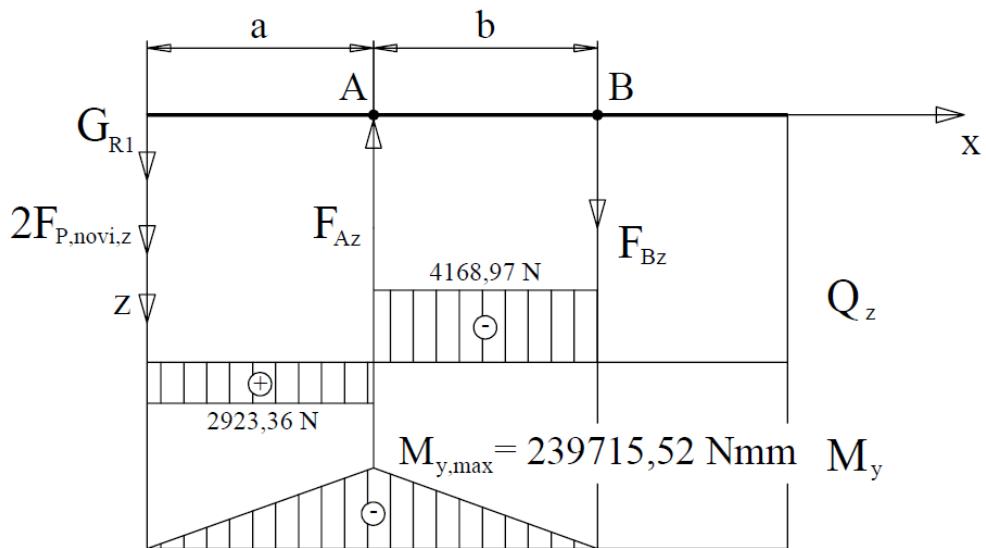
$$F_{Bz} = (130 + 2 \cdot 1396,68) \frac{82}{57,5} = 4168,97 \text{ N} \quad (117)$$

Jednadžbu (117) (48) uvrstimo u jednadžbu (114)(112)(40):

$$(114) \quad F_{Az} = F_{Bz} + G_{R1} + 2F_{P,novi,y}$$

$$F_{Az} = 4168,97 + 130 + 2 \cdot 1396,68 = 7092,33 \text{ N} \quad (118)$$

Slika 102 prikazuje dijagram poprečnih sila i momenata za opterećenje vratila pogonske remenice u ravnini  $x-z$ .



**Slika 102 Dijagram poprečnih sila i momenata u  $x-z$  ravnini za vratilo pogonske remenice**

Nakon nađenih sila u osloncima i nacrtanih momentnih dijagrama potrebno je dimenzionirati vratilo. Vratilo će se dimenzionirati tako da se nađe minimalni potrebnii promjer vratila uzimajući u obzir moment uvijanja  $T_1$  i maksimalni moment savijanja  $M_f$ . Nakon određivanja promjera kritičnim presjecima će se provjeriti sigurnost.

Minimalni potrebnii promjer vratila pogonske remenice:

$$d_{\min} \geq \sqrt[3]{\frac{M_{ekv}}{0,1 \cdot \sigma_{dop}}} \quad (119)$$

$$M_{ekv} = \sqrt{M_f^2 + 0,75T_1^2} \quad (120)$$

$$M_f = \sqrt{M_{y\max}^2 + M_{z\max}^2} \quad (121)$$

$$M_{y\max} = 239715,52 \text{ Nmm}$$

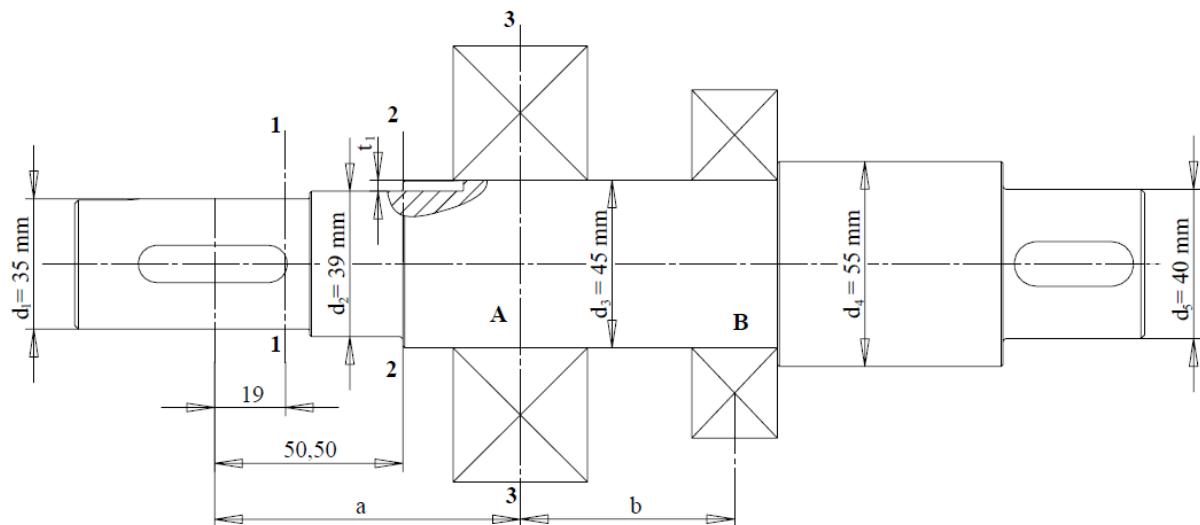
$$M_{z\max} = 128015,12 \text{ Nmm}$$

$$M_f = \sqrt{239715,52^2 + 128015,12^2} = 271756,14 \text{ Nmm} \quad (122)$$

$$M_{ekv} = \sqrt{271756,14^2 + 0,75 \cdot 185000^2} = 315468,14 \text{ Nmm} \quad (123)$$

$$d_{\min} \geq \sqrt[3]{\frac{315468,14}{0,1 \cdot 107,5}} \geq 30,8 \text{ mm} \quad (124)$$

Slika 103 prikazuje oblikovano stupnjevano vratilo pogonske remenice sa svim promjerima. Radionički crteži vratila pogonske remenice (crtež broj: 1/18-3-01-00) vidljiv je u prilogu.



**Slika 103 Oblikovano vratilo pogonske remenice**

Presjek 3:

$$b_1 = 0,84 \quad - \text{za } d = 45 \text{ mm, [19]}$$

$$b_2 = 0,95 \quad - R_{max} = 2,5 \mu\text{m} \text{ (kvaliteta obrade površine)}, R_m = 400 \text{ MPa, [19]}$$

$$\varphi = 1,2$$

$$\sigma_{fDN} = 190 \text{ MPa} \text{ - prema [20]}$$

$$S_{potr} = 2 \quad - \text{potrebna sigurnost}$$

Reducirano naprezanje:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_f^2 + 3\tau^2} \quad (125)$$

$$\sigma_f = \frac{M_f}{W} \quad (126)$$

$$M_f = 271756,14 \text{ Nmm}$$

$$W = 0,1 \cdot d_3^3 = 0,1 \cdot 45^3 \quad (127)$$

$$W = 9112,5 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_f = \frac{271756,14}{9112,5} = 29,8 \text{ MPa} \quad (128)$$

$$\tau = \frac{T_1}{W_p} \quad (129)$$

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{d_2}{d_1} \quad (130)$$

$$W_p = 0,2 \cdot d_3^3 = 0,2 \cdot 45^3 \quad (131)$$

$$W_p = 18225 \text{ mm}^3$$

$$\tau = \frac{18500}{18225} = 10,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{29,8^2 + 3 \cdot 10,2^2} = 34,6 \text{ MPa}$$

$$S_{post} = \frac{0,84 \cdot 0,95 \cdot 190}{1,2 \cdot 34,6} = 3,7 \geq S_{potr} = 2 \quad (132)$$

Čvrstoća presjeka 3 zadovoljava.

### Presjek 2:

$$b_1 = 0,85 \quad - \text{za } d = 39 \text{ mm, [19]}$$

$$b_2 = 0,85 \quad - R_{max} = 5 \mu\text{m} \text{ (kvaliteta obrade površine), } R_m = 400 \text{ Mpa, [19]}$$

$$\varphi = 1,2$$

Reducirano naprezanje:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_f^2 + 3\tau^2} \quad (133)$$

$$\sigma_f = \frac{M_2}{W} \quad (134)$$

$$M_2 = M_f \cdot \frac{50,5}{a} \quad - \text{jednakost trokuta, Slika 102 i Slika 100} \quad (135)$$

$$M_2 = 271756,14 \cdot \frac{50,5}{82} = 167362 \text{ Nmm} \quad (136)$$

$$W = 0,1 \cdot d_2^3 = 0,1 \cdot 39^3 \quad (137)$$

$$W = 5931,9 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_f = \frac{167362}{5931,9} = 28,2 \text{ MPa} \quad (138)$$

$$\tau = \frac{T_1}{W_p} \quad (139)$$

$$W_p = 0,2 \cdot d_2^3 = 0,2 \cdot 39^3 \quad (140)$$

$$W_p = 11863,8 \text{ mm}^3$$

$$\tau = \frac{18500}{11863,8} = 15,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{28,2^2 + 3 \cdot 15,6^2} = 39,1 \text{ MPa}$$

$$S_{post} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 190}{1,2 \cdot 39,1} = 2,9 \geq S_{potr} = 2 \quad (141)$$

Čvrstoća presjeka 2 zadovoljava.

#### Presjek 1:

$$b_1 = 0,87 \quad - \text{za } d = 35 \text{ mm, [19]}$$

$$b_2 = 0,95 \quad - R_{max} = 2,5 \mu\text{m} \text{ (kvaliteta obrade površine)}, R_m = 400 \text{ Mpa, [19]}$$

$$\varphi = 1,2$$

Reducirano naprezanje:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_f^2 + 3\tau^2} \quad (142)$$

$$\sigma_f = \frac{M_1}{W} \quad (143)$$

$$M_1 = M_f \cdot \frac{19}{a} \quad - \text{jednakost trokuta Slika 102 i Slika 100} \quad (144)$$

$$M_1 = 271756,14 \cdot \frac{19}{82} = 62967,9 \text{ Nmm} \quad (145)$$

$$W = 0,012 \cdot (2d_1 - t_1)^3 \quad - \text{s utorom dubine } t_1 \quad (146)$$

$$W = 0,012 \cdot (2 \cdot 35 - 4,7)^3 = 3341,3 \text{ mm} \quad (147)$$

$$\sigma_f = \frac{62967,9}{3341,3} = 18,8 \text{ MPa} \quad (148)$$

$$\tau = \frac{T_1}{W_p} \quad (149)$$

$$W_p = 0,2 \cdot (d_1 - t_1)^3 \quad - \text{s utorom dubine } t_1 \quad (150)$$

$$W_p = 0,2 \cdot (35 - 4,7)^3 = 5563,6 \text{ mm}^3 \quad (151)$$

$$\tau = \frac{18500}{5563,6} = 33,3 \text{ MPa} \quad (152)$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{18,8^2 + 3 \cdot 33,3^2} = 60,7 \text{ MPa} \quad (153)$$

$$S_{post} = \frac{0,87 \cdot 0,95 \cdot 190}{1,2 \cdot 60,7} = 2,2 \geq S_{potr} = 2 \quad (154)$$

Čvrstoća presjeka 1 zadovoljava.

### 5.3. Ležajevi

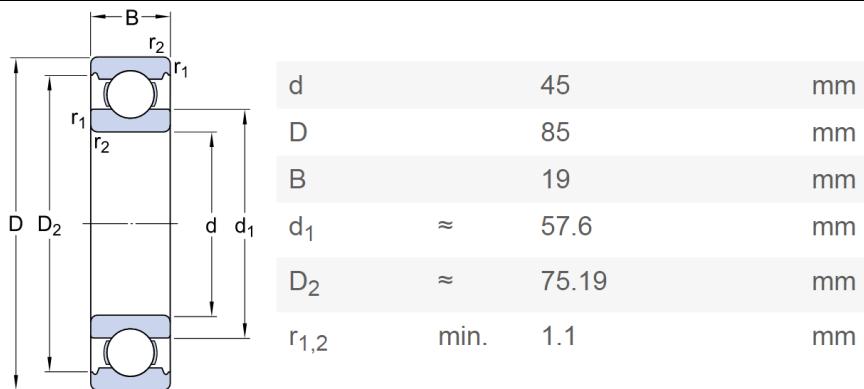
Odabrani ležajevi za ležajna mesta bubenja i vratila pogonske remenice provjerit će se preko nazivnog vijeka trajanja preko izraza (155) koji mora biti veći od zahtijevanog vijeka trajanja  $L_{10h\_min}$  koji iznosi 6000 h, a što je potrebni vijek trajanja za poljoprivredne strojeve prema [16]. Ležajevi su opterećeni samo radialnom silom, aksijalne sile koje bi se javile u radu bile bi rezultat udara ili akceleracije stroja u smjeru uzdužne osi ležaja te se kao takve neće uzimati u obzir.

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n_m} \cdot \left( \frac{C}{P} \right)^\varepsilon \geq L_{10h\_min} \quad (155)$$

#### Ležajevi bubenja s vratilima

A ležajno mjesto bubenja, Slika 91:

Za ležajno mjesto A bubenja odabran je jednoredni radialni kuglični ležaj 6209 prikazan slikom Slika 104.



Slika 104 Ležaj 6209 ležajnog mjesto A bubenja

$$(155) \quad L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n_m} \cdot \left( \frac{C}{P} \right)^{\varepsilon} \geq L_{10h\_min}$$

$$n_m = n_1 \cdot \frac{d_1}{d_2} \quad - \text{brzina vrtnje ležaja} \quad (156)$$

$n_1 = 1620 \text{ o/min}$  - brzina vrtnje pogonske remenice

$d_1 = 200 \text{ mm}$  - promjer pogonske remenice

$d_2 = 140 \text{ mm}$  - promjer gonjene remenice

$$n_m = 1620 \cdot \frac{200}{140} = 2314,3 \text{ o/min} \quad (157)$$

$C = 35,1 \text{ kN}$  - dinamička nosivost valjnog ležaja

$$P = F_A = \sqrt{F_{Ay}^2 + F_{Az}^2} \quad - \text{opterećenje radijalnog ležaja} \quad (158)$$

$$F_{Ay} = 1635,21 \text{ N}$$

$$F_{Az} = 2367,13 \text{ N}$$

$$P = F_A = \sqrt{1635,21^2 + 2367,13^2} = 2877 \text{ N} \quad (159)$$

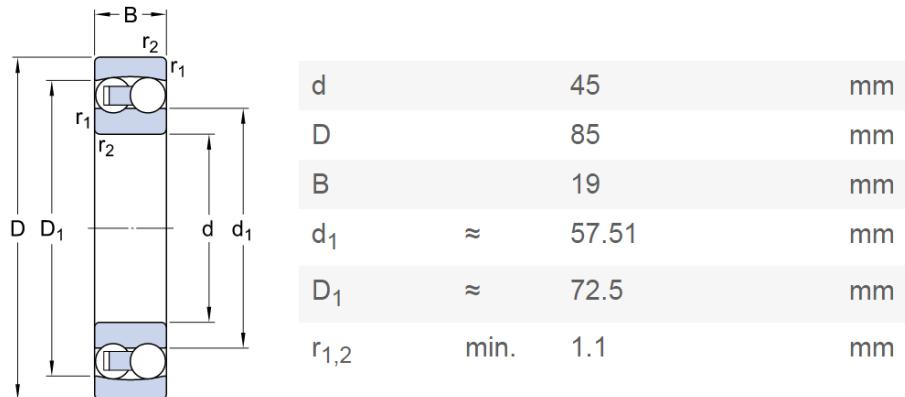
$\varepsilon = 3$  - eksponent vijeka trajanja za ležajeve s teorijskim dodirom u točki

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot 2314,3} \cdot \left( \frac{35100}{2877} \right)^3 = 18683 \text{ h} \geq L_{10h\_min} = 6000 \text{ h} \quad (160)$$

Ležaj ležajnog mjesto A bubenja zadovoljava.

B ležajno mjesto bubenja, Slika 91:

Za ležajno mjesto B bubenja odabran je samopodesivi radijalni kuglični ležaj 1209 ETN9 prikazan slikom Slika 104.



Slika 105 Ležaj 1209 ETN9 ležajnog mjesta B bubenja

$$(155) \quad L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n_m} \cdot \left( \frac{C}{P} \right)^\varepsilon \geq L_{10h\_min}$$

$n_m = 2314,3 \text{ o/min}$  - brzina vrtnje ležaja

$C = 22,9 \text{ kN}$  - dinamička nosivost valjnog ležaja

$$P = F_B = \sqrt{F_{By}^2 + F_{Bz}^2} \quad - \text{opterećenje radijalnog ležaja} \quad (161)$$

$$F_{By} = 74,05 \text{ N}$$

$$F_{Bz} = 630,77 \text{ N}$$

$$P = F_B = \sqrt{74,05^2 + 630,77^2} = 635,1 \text{ N} \quad (162)$$

$$\varepsilon = 3$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot 2314,3} \cdot \left( \frac{22900}{635,1} \right)^3 = 337605 \text{ h} \geq L_{10h\_min} = 6000 \text{ h} \quad (163)$$

Pošto je radijalna sila na ležaj mala potrebno je provjeriti zadovoljava li postojeće opterećenje minimalno potrebno opterećenje ležaja za dodir u točki:

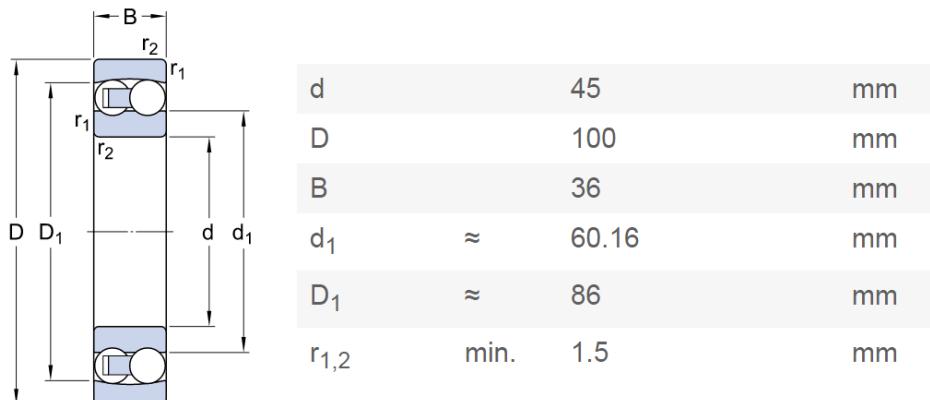
$$0,01 \cdot C = 0,01 \cdot 22,9 \cdot 10^3 = 229 \text{ N} \leq P = 635,1 \text{ N} \quad (164)$$

Ležaj ležajnog mjesta B bubenja zadovoljava.

## Ležajevi vratila pogonske remenice

A ležajno mjesto vratila pogonske remenice, Slika 98:

Za ležajno mjesto A vratila pogonske remenice odabran je samopodesivi radijalni kuglični ležaj 2309 ETN9 prikazan slikom Slika 106.



Slika 106 Ležaj 2309 ETN9 ležajnog mjesata A vratila pogonske remenice

$$(155) \quad L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n_m} \cdot \left( \frac{C}{P} \right)^{\varepsilon} \geq L_{10h\_min}$$

$n_m = n_i = 1620 \text{ o/min}$  - brzina vrtnje ležaja

$C = 63,7 \text{ kN}$  - dinamička nosivost valjnog ležaja

Potrebno je provjeriti je li zadovoljeno statičko opterećenje ležaja, koje je rezultat potrebne sile predzatezanja za novi remen:

$$F_A = \sqrt{F_{Ay}^2 + F_{Az}^2} \leq C_0 \quad (165)$$

$$F_{Ay} = 3787,51 \text{ N}$$

$$F_{Az} = 7092,33 \text{ N}$$

$$C_0 = 19,3 \text{ kN}$$

$$F_A = \sqrt{3787,51^2 + 7092,33^2} = 8040,3 \text{ N} \leq C_0 = 19300 \text{ N} \quad (166)$$

Statičko opterećenje ležaja zadovoljava.

$$P = \frac{F_A}{1,25} \quad - \quad \begin{array}{l} \text{Tijekom radnog vijeka stroja ležaj vratila} \\ \text{remenice neće biti opterećen punom silom} \end{array} \quad (167)$$

$F_A$  koja je dobivena za potrebnu silu

predzatezanja novog remena (jednadžba (22)), a koja je rezultat povećanja od 50% od potrebne sile predzatezanja za prijenos potrebnog momenta. Uzimajući u obzir „popuštanje“ i smanjenje sile u novom remenu s vremenom vijek trajanja ležaja će se provjeriti sa silom umanjenom za 25% kako bi se dobio realniji uvid u vijek trajanja.

$$P = \frac{8040,3}{1,25} = 6432,2 \text{ N} \quad (168)$$

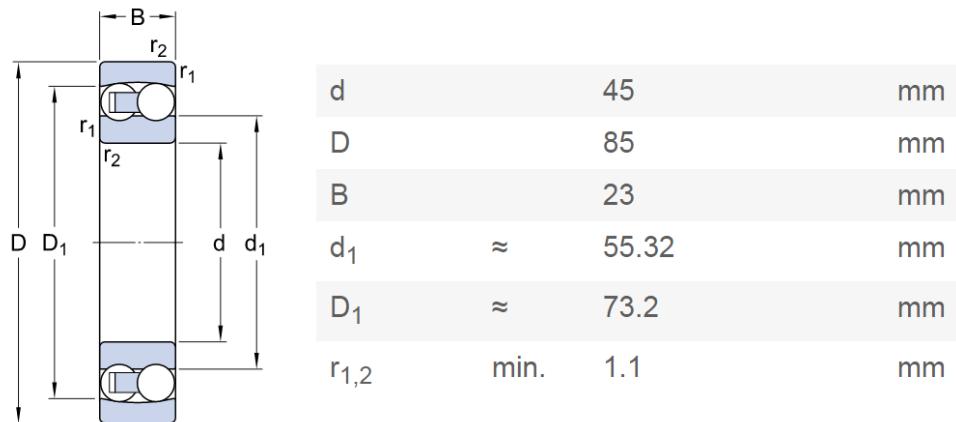
$$\varepsilon = 3$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot 1620} \cdot \left( \frac{63700}{6432,2} \right)^3 = 9992 \text{ h} \geq L_{10h_{\min}} = 6000 \text{ h} \quad (169)$$

Ležaj ležajnog mjesta A vratila pogonske remenice zadovoljava.

#### B ležajno mjesto vratila pogonske remenice, Slika 98:

Za ležajno mjesto A vratila pogonske remenice odabran je samopodesivi radikalni kuglični ležaj 2209 ETN9 prikazan slikom Slika 107.



Slika 107 Ležaj 2209 ETN9 ležajnog mjesto B vratila pogonske remenice

$$(155) \quad L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n_m} \cdot \left( \frac{C}{P} \right)^\varepsilon \geq L_{10h_{\min}}$$

$$n_m = n_i = 1620 \text{ o/min}$$

$$C = 32,5 \text{ kN}$$

Potrebno je provjeriti je li zadovoljeno statičko opterećenje ležaja, koje je rezultat potrebne sile predzatezanja za novi remen:

$$F_B = \sqrt{F_{By}^2 + F_{Bz}^2} \leq C_0 \quad (170)$$

$$F_{By} = 2226,35 \text{ N}$$

$$F_{Bz} = 4168,97 \text{ N}$$

$$C_0 = 10,6 \text{ kN}$$

$$F_A = \sqrt{2226,35^2 + 4168,97^2} = 4726,2 \text{ N} \leq C_0 = 10600 \text{ N} \quad (171)$$

Statičko opterećenje ležaja zadovoljava

$$P = \frac{F_B}{1,25} \quad - \quad \begin{aligned} &\text{Tijekom radnog vijeka stroja ležaj vratila} \\ &\text{remenice neće biti opterećen punom silom} \\ &F_A \text{ koja je dobivena za potrebnu silu} \\ &\text{predzatezanja novog remena (jednadžba} \\ &\text{(22)), a koja je rezultat povećanja od 50\%} \\ &\text{od potrebne sile predzatezanja za prijenos} \\ &\text{potrebnog momenta. Uzimajući u obzir} \\ &\text{„popuštanje“ i smanjenje sile u novom} \\ &\text{remenu s vremenom vijek trajanja ležaja} \\ &\text{će se provjeriti sa silom umanjenom za} \\ &25\% \text{ kako bi se dobio realniji uvid u vijek} \\ &\text{trajanja.} \end{aligned} \quad (172)$$

$$P = \frac{4726,2}{1,25} = 3781 \text{ N} \quad (173)$$

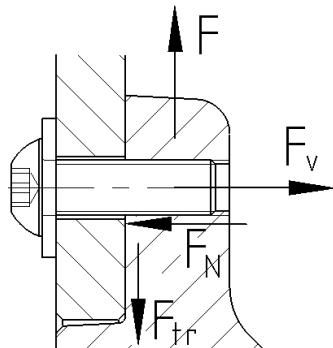
$$\varepsilon = 3$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot 1620} \cdot \left( \frac{32500}{3781} \right)^3 = 6534 \text{ h} \geq L_{10h\_min} = 6000 \text{ h} \quad (174)$$

Ležaj ležejnog mjesta B vratila pogonske remenice zadovoljava.

## 5.4. Pričvrsni vijci

Provjerit će se vijci koji pričvršćuju ležajna mjesta kao i vijci skija.



**Slika 108 Pričvrsni vijak**

Prema slici Slika 108:

$$F_{tr} = \mu F_N = \mu F_v \cdot N = F \quad (175)$$

$$F_v = \frac{F}{\mu N} \quad - \text{potrebna sila u jednom vijku za opterećenje } F \quad (176)$$

$N$  - broj vijaka

$\mu$  - faktor trenja između dvije čelične površine

$$\sigma_v = \frac{F_v}{A_s} \quad - \text{vlačno naprezanje u vijku uslijed sile u vijku } F_v \quad (177)$$

$A_s$  - površina presjeka vijka

Materijal korištenih pričvrsnih vijaka je čelik 8.8 minimalne granice tečenja  $\sigma_T = 640 \text{ MPa}$ .

Dopušteno naprezanje prema [20] je:

$$\sigma_{dop} = 0,3 \cdot \sigma_T = 0,3 \cdot 640 = 192 \text{ MPa} \quad (178)$$

Vijci lijevog (A) ležajnog mjesta bubenja:

$$F = F_A = 2877 \text{ N} \quad (179)$$

$$N = 7$$

$$\mu = 0,12$$

$$F_v = \frac{F}{\mu N} = \frac{2877}{0,12 \cdot 7} = 3425 \text{ N} \quad (180)$$

$$A_s = 36,6 \text{ mm}^2 \quad - \text{za vijak M8} \quad (181)$$

$$\sigma_v = \frac{2877}{36,6} = 93,6 \text{ MPa} \leq \sigma_{dop} = 192 \text{ MPa} \quad (182)$$

Čvrstoća vijka zadovoljava.

Potrebno je odrediti minimalni potrebni moment pritezanja kako bi se postigla zahtjevana sila u vijke  $F_v$ .

$$T_{pr} \geq F_v \left( 0,16 \cdot P + \mu \cdot \frac{d_2 + D_{sr}}{2} \right) \quad (183)$$

$$P = 1,25 \text{ mm} \quad - \text{uspon navoja M8}$$

$$d_2 = 7,188 \text{ mm} \quad - \text{promjer unutarnjeg navoja vijke}$$

$$\mu = 0,2 \quad - \text{faktor trenja na bokovima navoja i na glavi vijke [16]}$$

$$D_{sr} = 0,5(D_v + D_u) = 0,5(14 + 8) = 11 \text{ mm} \quad (184)$$

$$T_{pr} \geq 3425 \left( 0,16 \cdot 1,25 + 0,2 \cdot \frac{7,188 + 14}{2} \right) \quad (185)$$

$$T_{pr} \geq 7,94 \text{ Nm} \quad - \text{Minimalni potrebni moment pritezanja.}$$

Vijci desnog (B) ležajnog mjesta bubenja:

$$F = F_B = 635,1 \text{ N} \quad (186)$$

$$N = 7$$

$$\mu = 0,12$$

$$F_v = \frac{F}{\mu N} = \frac{635,1}{0,12 \cdot 7} = 756,1 \text{ N} \quad (187)$$

$$A_s = 36,6 \text{ mm}^2 \quad - \text{za vijak M8}$$

$$\sigma_v = \frac{756,1}{36,6} = 20,7 \text{ MPa} \leq \sigma_{dop} = 192 \text{ MPa} \quad (188)$$

Čvrstoća vijka zadovoljava.

Minimalni potrebni moment pritezanja kako bi se postigla zahtjevana sila u vijku  $F_v$ :

$$T_{pr} \geq F_v \left( 0,16 \cdot P + \mu \cdot \frac{d_2 + D_{sr}}{2} \right) \quad (189)$$

$$P = 1,25 \text{ mm} \quad - \text{uspon navoja M8}$$

$$d_2 = 7,188 \text{ mm} \quad - \text{promjer unutarnjeg navoja vijka}$$

$$\mu = 0,2 \quad - \text{faktor trenja na bokovima navoja i na glavi vijka [16]}$$

$$D_{sr} = 0,5(D_v + D_u) = 0,5(14 + 8) = 11 \text{ mm} \quad (190)$$

$$T_{pr} \geq 756,1 \left( 0,16 \cdot 1,25 + 0,2 \cdot \frac{7,188 + 14}{2} \right) \quad (191)$$

$$T_{pr} \geq 1,75 \text{ Nm} \quad - \text{Minimalni potrebni moment pritezanja.}$$

Vijci ležajnog mjesata vratila pogonske remenice:

$$F = 2F_{P,novi} = 3200 \text{ N} \quad (192)$$

$$N = 9$$

$$\mu = 0,12$$

$$F_v = \frac{F}{\mu N} = \frac{3200}{0,12 \cdot 9} = 2963 \text{ N} \quad (193)$$

$$A_s = 36,6 \text{ mm}^2 \quad - \text{za vijak M8}$$

$$\sigma_v = \frac{2963}{36,6} = 81 \text{ MPa} \leq \sigma_{dop} = 192 \text{ MPa} \quad (194)$$

Čvrstoća vijka zadovoljava.

Minimalni potrebni moment pritezanja kako bi se postigla zahtjevana sila u vijku  $F_v$ :

$$T_{pr} \geq F_v \left( 0,16 \cdot P + \mu \cdot \frac{d_2 + D_{sr}}{2} \right) \quad (195)$$

$P = 1,25 \text{ mm}$  - uspon navoja M8

$d_2 = 7,188 \text{ mm}$  - promjer unutarnjeg navoja vijka

$\mu = 0,2$  - faktor trenja na bokovima navoja i na glavi vijka [16]

$$D_{sr} = 0,5(D_v + D_u) = 0,5(14+8) = 11 \text{ mm} \quad (196)$$

$$T_{pr} \geq 2963 \left( 0,16 \cdot 1,25 + 0,2 \cdot \frac{7,188+14}{2} \right) \quad (197)$$

$T_{pr} \geq 6,87 \text{ Nm}$  - Minimalni potrebni moment pritezanja.

Vijci skija:

$$F = 0,5G_{stroja} = 0,5 \cdot 3580 = 1790 \text{ N} \quad (198)$$

$N = 3$

$\mu = 0,12$

$$F_v = \frac{F}{\mu N} = \frac{1790}{0,12 \cdot 3} = 4972,2 \text{ N} \quad (199)$$

$A_s = 36,6 \text{ mm}^2$  - za vijak M8

$$\sigma_v = \frac{4972,2}{36,6} = 135,9 \text{ MPa} \leq \sigma_{dop} = 192 \text{ MPa} \quad (200)$$

Čvrstoća vijka zadovoljava.

Minimalni potrebni moment pritezanja kako bi se postigla zahtjevana sila u vijku  $F_v$ :

$$T_{pr} \geq F_v \left( 0,16 \cdot P + \mu \cdot \frac{d_2 + D_{sr}}{2} \right) \quad (201)$$

$P = 1,25 \text{ mm}$  - uspon navoja M8

$d_2 = 7,188 \text{ mm}$  - promjer unutarnjeg navoja vijka

$\mu = 0,2$  - faktor trenja na bokovima navoja i na glavi vijka [16]

$$D_{sr} = 0,5(D_v + D_u) = 0,5(14+8) = 11 \text{ mm} \quad (202)$$

$$T_{pr} \geq 4972,2 \left( 0,16 \cdot 1,25 + 0,2 \cdot \frac{7,188+14}{2} \right) \quad (203)$$

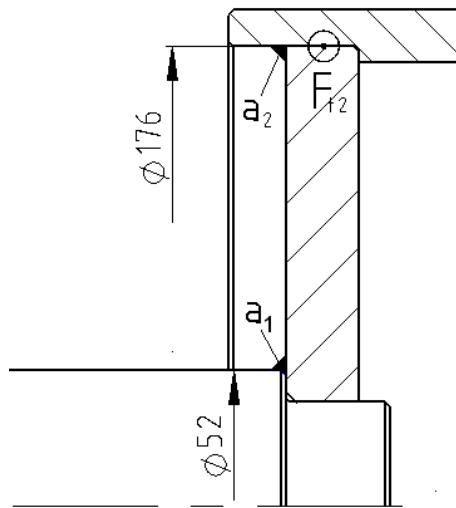
$T_{pr} \geq 11,53 \text{ Nm}$  - Minimalni potrebni moment pritezanja.

## 5.5. Zavari

Biti će provjerena čvrstoća kritičnih zavara konstrukcije.

### Zavar vratila i bubenja

Zavar je opterećen torzijskim momentom koji se prenosi sa pogonske remenice na gonjenu remenicu.



Slika 109 Zavar vratila i bubenja

Zavar  $a_1$ :

$$\tau_{z1} = \frac{T_2}{W_{pz1}} \leq \text{dop } \tau_{D(-1)} \quad - \text{smično naprezanje u zavaru } a_1 \quad (204)$$

$T_2 = 129,5 \text{ Nm}$  - torzijski moment na bubenju

$$W_{pz1} = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{D_{z1}^4 - d_{z1}^4}{D_{z1}} \quad - \text{polarni moment otpora zavara} \quad (205)$$

$$D_{z1} = 52 + 2 \cdot a_1 \quad - \text{prema slici Slika 109} \quad (206)$$

$a_1 = 3 \text{ mm}$  - debljina zavara  $a_1$

$$D_{z1} = 52 + 2 \cdot 3 = 58 \text{ mm} \quad (207)$$

$$d_{z1} = 52 \text{ mm} \quad - \text{prema slici Slika 109}$$

$$W_{pz1} = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{58^4 - 52^4}{58} = 13558 \text{ mm}^3$$

$$dop \tau_{D(-1)} = \frac{dop \sigma_{D(-1)}}{\sqrt{2}} \quad - \text{dopušteno dinamičko smično} \quad (208)$$

naizmjenično naprezanje [16]

$$dop \sigma_{D(-1)} = 90 \text{ MPa} \quad - \text{dopušteno normalno dinamičko} \\ \text{naprezanje za zarezno djelovanje} \\ \text{K3 i B4 grupu opterećenja [16]}$$

$$dop \tau_{D(-1)} = \frac{90}{\sqrt{2}} = 63,6 \text{ MPa}$$

$$\tau_{z1} = \frac{129500}{13558} = 9,6 \text{ MPa} \leq dop \tau_{D(-1)} = 63,6 \text{ MPa}$$

Čvrstoća zavara  $a_1$  zadovoljava.

Zavar  $a_2$ :

$$\tau_{z2} = \frac{T_2}{W_{pz2}} \leq dop \tau_{D(-1)} \quad - \text{smično naprezanje u zavaru } a_2 \quad (209)$$

$$T_2 = 129,5 \text{ Nm} \quad - \text{torzijski moment na bubenju}$$

$$W_{pz2} = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{D_{z2}^4 - d_{z2}^4}{D_{z2}} \quad - \text{polarni moment otpora zavara} \quad (210)$$

$$D_{z2} = 176 + 2 \cdot a_2 \quad - \text{prema slici Slika 109} \quad (211)$$

$a_2 = 3 \text{ mm}$  - debljina zavara  $a_2$

$$D_{z2} = 176 + 2 \cdot 3 = 182 \text{ mm} \quad (212)$$

$$d_{z2} = 176 \text{ mm} \quad - \text{prema slici Slika 109}$$

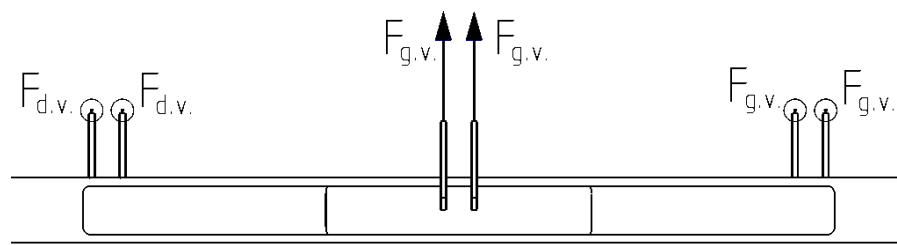
$$W_{pzz} = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{182^4 - 176^4}{182} = 148543 \text{ mm}^3 \quad (213)$$

$$\tau_{z1} = \frac{129500}{148543} = 0,9 \text{ MPa} \leq \text{dop } \tau_{D(-l)} = 63,6 \text{ MPa} \quad (214)$$

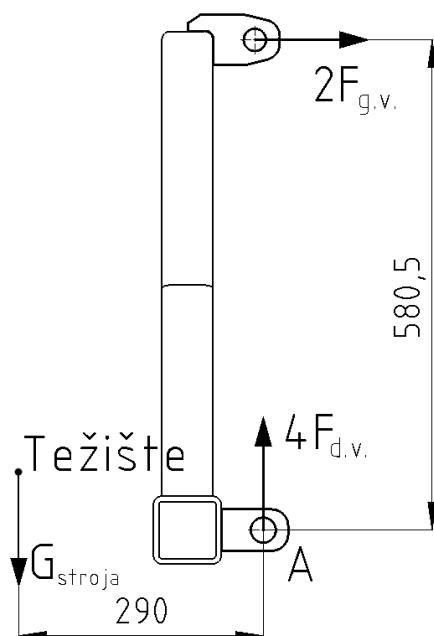
Čvrstoća zavara  $a_2$  zadovoljava.

### Zavar veze s traktorom

Potrebno je provjeriti zavare prihvata na traktor. Oni su opterećeni težinom stroja prema slikama Slika 110 i Slika 111. Radi pojednostavljenja proračuna uzeto je da je gornja veza opterećena reakcijskom silom u smjeru osi  $x$ , a donja veza vertikalnom reakcijskom silom.



Slika 110 Opterećenje veza s traktorom - tlocrt



Slika 111 Opterećenje veza s traktorom - bokocrt

Prvo je potrebno pronaći reakcijske sile.

$$\sum F_z = 0 \quad 4F_{d.v.} = G_{stroja} \quad - \text{suma sila u smjeru osi } z \quad (215)$$

$F_{d.v.}$  - reakcijska sila u donjoj vezi

$G_{stroja} = 3580 \text{ N}$  - težina stroja

$$(215) \quad F_{d.v.} = \frac{G_{stroja}}{4}$$

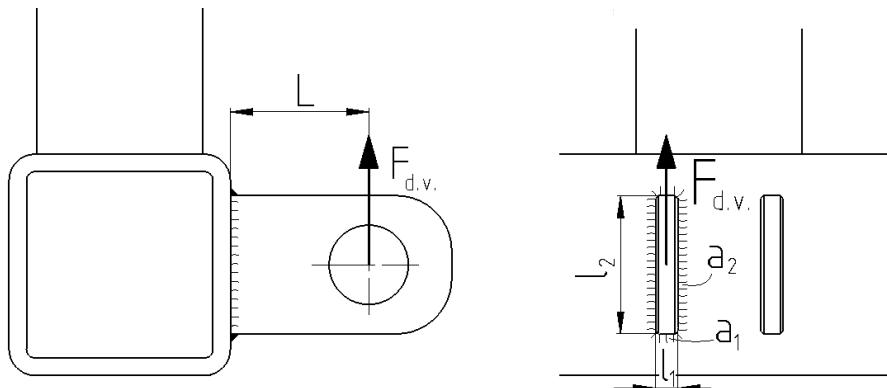
$$F_{d.v.} = \frac{3580}{4} = 895 \text{ N}$$

$$\sum M_{Ay} = 0 \quad G_{stroja} \cdot 290 - 2F_{g.v.} \cdot 580,5 = 0 \quad - \text{suma momenata u smjeru osi } y, \text{ oko točke A} \quad (216)$$

$F_{g.v.}$  - reakcijska sila u gornjoj vezi

$$(216) \quad F_{g.v.} = \frac{G_{stroja} \cdot 290}{2 \cdot 580,5} = 894,2 \text{ N}$$

Zavar donje veze s traktorom:



Slika 112 Donja veza s traktorom

Dimenzije sa slike Slika 112:

$$L = 50 \text{ mm}$$

$$l_1 = 8 \text{ mm}$$

$$l_2 = 50 \text{ mm}$$

$$a_2 = 3 \text{ mm}$$

$$l_2 = 50 \text{ mm} > 1,5 \cdot l_1 = 12 \text{ mm} \quad - \text{Samo zavar } a_2 \text{ nosi opterećenje na odrez.}$$

Smično naprezanje u zavaru:

$$\tau_{\text{IIm}} = \frac{F}{2al} = \frac{F_{d.v.}}{2 \cdot a_2 \cdot l_2} = \frac{895}{2 \cdot 3 \cdot 50} = 3 \text{ MPa} \quad (217)$$

Vlačno naprezanje u zavaru:

$$n_{\max} = \frac{M}{W} = \frac{F_{d.v.} \cdot L}{2 \cdot \frac{a_2 \cdot l_2^2}{6}} = \frac{3 \cdot F_{d.v.} \cdot L}{a_2 \cdot l_2^2} = \frac{3 \cdot 895 \cdot 50}{3 \cdot 50^2} = 17,9 \text{ MPa} \quad (218)$$

Reducirano naprezanje u zavaru:

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma_{\perp \max}^2 + 1,8(\tau_{\perp \max}^2 + \tau_{\text{IIm}}^2)} \leq \sigma_{z,dop} \quad (219)$$

$$\sigma_{\perp \max} = \frac{1}{\sqrt{2}} n_{\max} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 17,9 = 12,7 \text{ MPa} \quad (220)$$

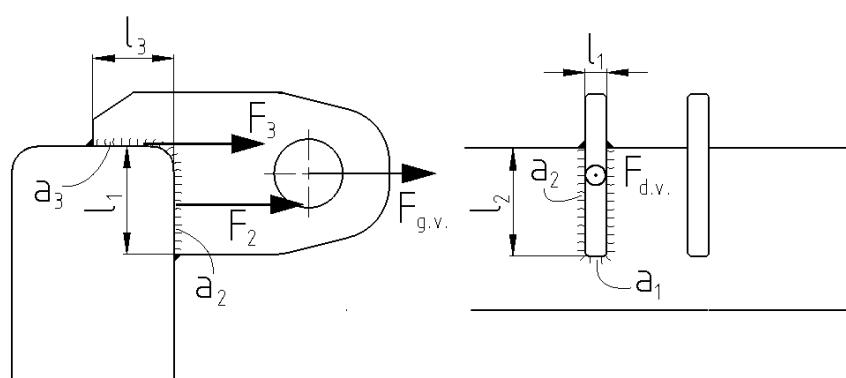
$$\tau_{\perp \max} = \sigma_{\perp \max} = 12,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{z,dop} = 113 \text{ MPa} \quad - \text{dopušteno naprezanje za čelik S235 [16]}$$

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{12,7^2 + 1,8(12,7^2 + 3^2)} = 21,6 \text{ MPa} \leq \sigma_{z,dop} = 113 \text{ MPa}$$

Čvrstoća zavara zadovoljava.

Zavar gornje veze s traktorom:



Slika 113 Gornja veza s traktorom

Dimenziije sa slike Slika 113:

$$a_1 = a_2 = a_3 = 3 \text{ mm}$$

$$l_1 = 8 \text{ mm}$$

$$l_2 = 30 \text{ mm}$$

$$l_3 = 20 \text{ mm}$$

$$0,5l_2 = 15 \text{ mm} \leq l_3 = 20 \text{ mm} \leq 1,5l_2 = 45 \text{ mm} \quad (221)$$

Zbog odnosa u izrazu (221) naprezanje u zavaru se računa prema:

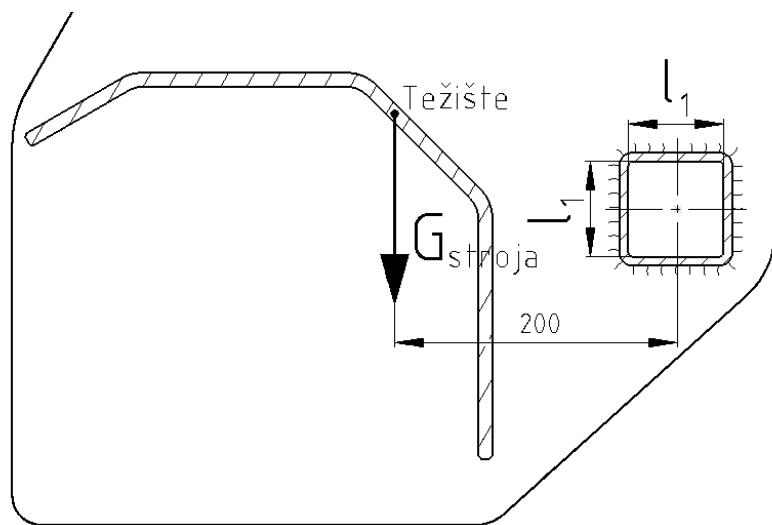
$$\frac{F}{0,25 \sum l_3 a_3 + 0,85 \sum l_2 a_2} \leq \sigma_{z,dop} \quad (222)$$

$$\frac{894,2}{0,25 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 3 + 0,85 \cdot 2 \cdot 30 \cdot 3} = 4,9 \text{ MPa} \leq \sigma_{z,dop} = 113 \text{ MPa} \quad (223)$$

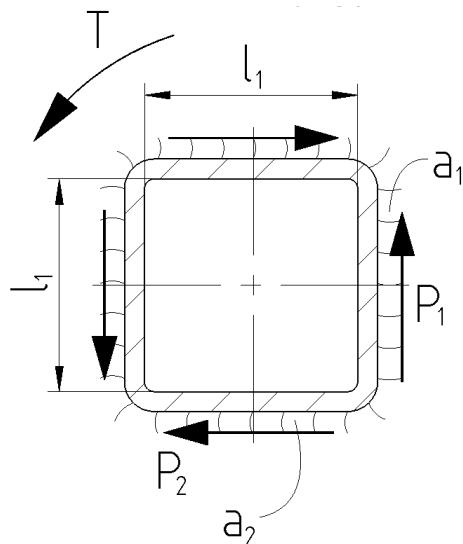
Čvrstoća zavara zadovoljava.

### Zavar nosača ležaja bubnja i uzdužnog nosača

Zavar je opterećen težinom stroja. Postoje dva ovakva zavara, jedan s lijevim nosačem ležaja bubnja, drugi s desnim nosačem ležaja bubnja, stoga će se naprezanje u zavaru računati s polovicom težine stroja.



Slika 114 Zavar nosača ležaja bubnja i uzdužnog nosača opterećen težinom stroja



Slika 115 Zavar opterećen spregom sila  $P$  od momenta  $T$

Vrijednosti sa slike Slika 115:

$$a_1 = a_2 = a = 3 \text{ mm}$$

$$l_1 = 60 \text{ mm}$$

$$l_2 = l_1$$

$$G_{stroja} = 3580 \text{ N}$$

$$T = \frac{G_{stroja}}{2} \cdot 200 = \frac{3580}{2} \cdot 200 = 358000 \text{ Nmm}$$

Dio momenta koji otpada na zavar  $a_1$ :  $T_1' = \frac{T}{2}$

Dio momenta koji otpada na zavar  $a_2$ :  $T_2' = \frac{T}{2}$

$$P_1' = \frac{T_1'}{l_1} = \frac{358000}{2 \cdot 60} = 2983,3 \text{ N} \quad (224)$$

$$P_2' = P_1' = 2983,3 \text{ N}$$

Reducirano naprezanje u zavaru  $a_1$ :

$$\sigma_{red1} = \sqrt{1,8(\tau_{II(T_1)} + \tau_{II(F_1)})^2} \quad (225)$$

Reducirano naprezanje u zavaru  $a_2$ :

$$\sigma_{red2} = \sqrt{\sigma_{\perp(F_2)}^2 + 1,8(\tau_{\perp(F_2)}^2 + \tau_{II(T_2)}^2)} \quad (226)$$

$$\tau_{II(F_1)} = \frac{F_1'}{2l_1 a_1} \quad (227)$$

$$\tau_{II(F_2)} = \frac{F_2'}{2l_2 a_2} \quad (228)$$

$$\tau_{II(T_1)} = \tau_{II(T_2)} = \frac{P_1'}{l_1 a_1} \quad (229)$$

$$F_1' = \frac{\frac{1}{3}F_1}{\frac{1}{3}F_1 + F_2} \cdot F \quad (230)$$

Moć nošenja:

$$F_1 = 2 \cdot 0,75 \cdot l_1 a_1 \sigma_{z,dop} \quad (231)$$

$$F_2 = 2 \cdot 0,85 \cdot l_2 a_2 \sigma_{z,dop} \quad (232)$$

$$F_1' = \frac{\frac{1}{3} \cdot 2 \cdot 0,75 \cdot l_1 a_1 \sigma_{z,dop}}{\frac{1}{3} \cdot 2 \cdot 0,75 \cdot l_1 a_1 \sigma_{z,dop} + 2 \cdot 0,85 \cdot l_2 a_2 \sigma_{z,dop}} \cdot F \quad (233)$$

$$F_1' = \frac{\frac{1}{3} \cdot 0,75}{\frac{1}{3} \cdot 0,75 + 0,85} \cdot F \quad (234)$$

$$F_1' = \frac{5}{22} \cdot F = \frac{5}{22} \cdot \frac{G_{stroja}}{2} = \frac{5}{22} \cdot \frac{3580}{2} = 406,8 \text{ N} \quad (235)$$

$$F_2' = F - F_1' = \frac{17}{22} F = \frac{17}{22} \cdot \frac{G_{stroja}}{2} = \frac{17}{22} \cdot \frac{3580}{2} = 1383,2 \text{ N} \quad (236)$$

Iz izraza (235) i (236) vidljivo je da će maksimalno naprezanje biti u zavaru  $a_2$ .

$$\tau_{\perp(F_2)} = \sigma_{\perp(F_2)} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{F_2'}{2l_2 a_2} \quad (237)$$

$$(229) \quad \tau_{\text{II}(T_1)} = \tau_{\text{II}(T_2)} = \frac{2983,3}{60 \cdot 3} = 16,6 \text{ MPa}$$

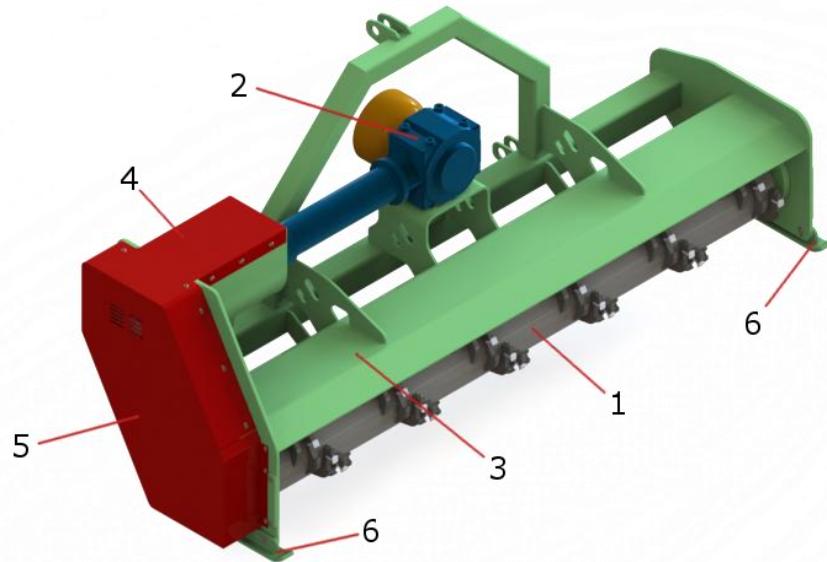
$$\sigma_{red2} = \sqrt{\sigma_{\perp(F_2)}^2 + 1,8(\tau_{\perp(F_2)}^2 + \tau_{\text{II}(T_2)}^2)} \leq \sigma_{z,dop} \quad (238)$$

$$\sigma_{red2} = \sqrt{2,7^2 + 1,8(2,7^2 + 16,6^2)} = 22,7 \text{ MPa} \leq \sigma_{z,dop} = 113 \text{ MPa} \quad (239)$$

Čvrstoća zavara zadovoljava.

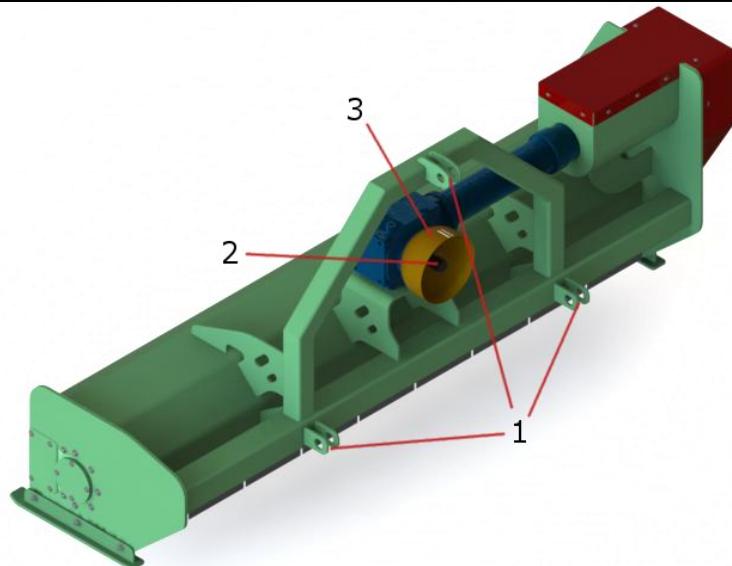
## 6. OPIS KONSTRUKCIJE

Konstrukcija malčera bit će opisana u ovom poglavlju. Konstrukcijsko rješenje temeljeno je na provedenom istraživanju tržišta, koncipiranju te na proračunu koji je opisan u prošlom poglavlju. Slika 116 prikazuje malčer s osnovnim dijelovima gdje je 1 bubanj, 2 multiplikator, 3 nosiva konstrukcija, 4 poklopac kućišta sigurnosne spojke, 5 poklopac pogonske strane malčera, a 6 su skije.

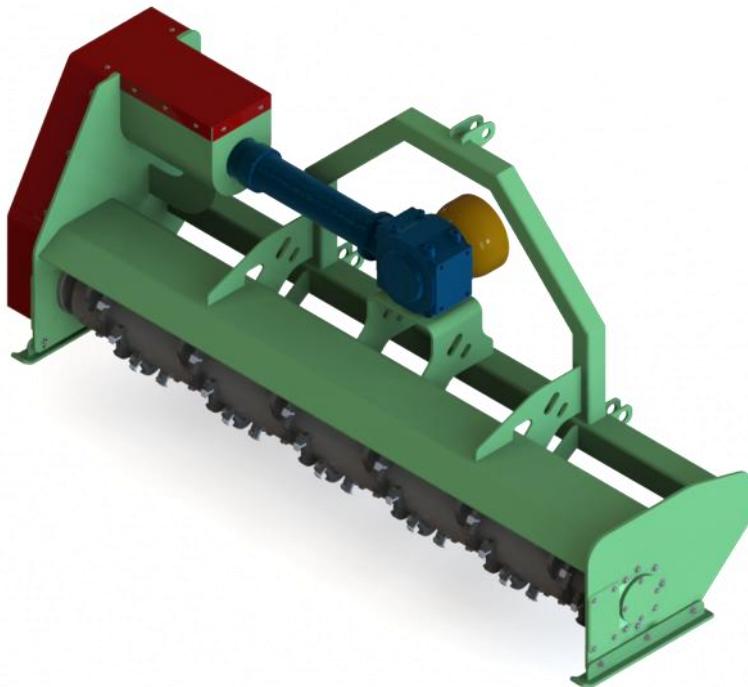


**Slika 116 Malčer - pogled sprijeda**

Na slici Slika 117 vidi se stražnja strana stroja. Brojem 1 označen je prihvati na traktor koji je izведен prema dimenzijama propisanim u standardu ISO 730:2009 za kategoriju 2, a koje se mogu vidjeti u Tablica 1. Brojem 2 označeno je vratilo multiplikatora na koje se priključuje kardansko vratilo, a brojem 3 označena je polimerna zaštita vratila koja služi za sprječavanje ozljeda.

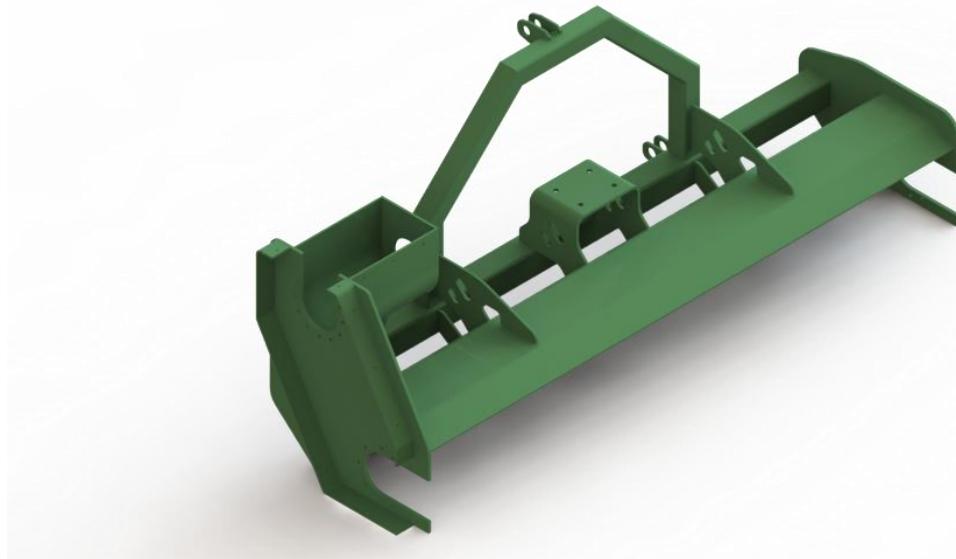


**Slika 117 Malčer - pogled straga**

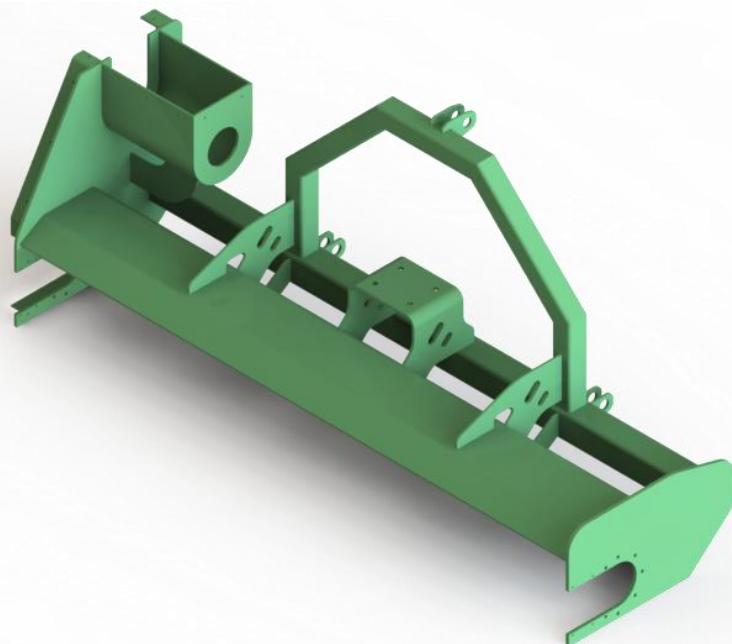


**Slika 118 Malčer - pogled s desne strane**

Slike Slika 119 i Slika 120 prikazuju zavarenu nosivu konstrukciju malčera izvedenu od konstrukcijskog čelika S235JRG2. Lijeva i desna stranica imaju utor za uležištenje bubnja kako bi se olakšala montaža. Takva izvedba omogućuje sklapanje sklopa bubnja neovisno od nosive konstrukcije koji se onda kao cjelina jednostavno može montirati na nosivu konstrukciju.

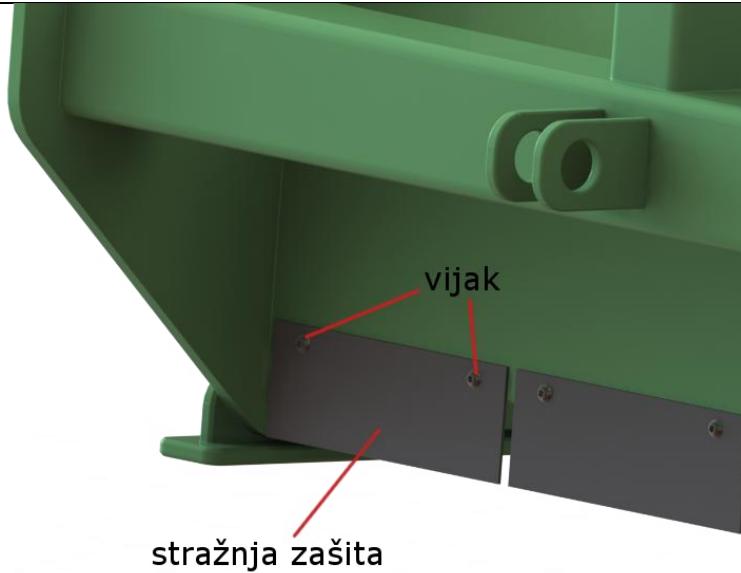


Slika 119 Nosiva konstrukcija malčera



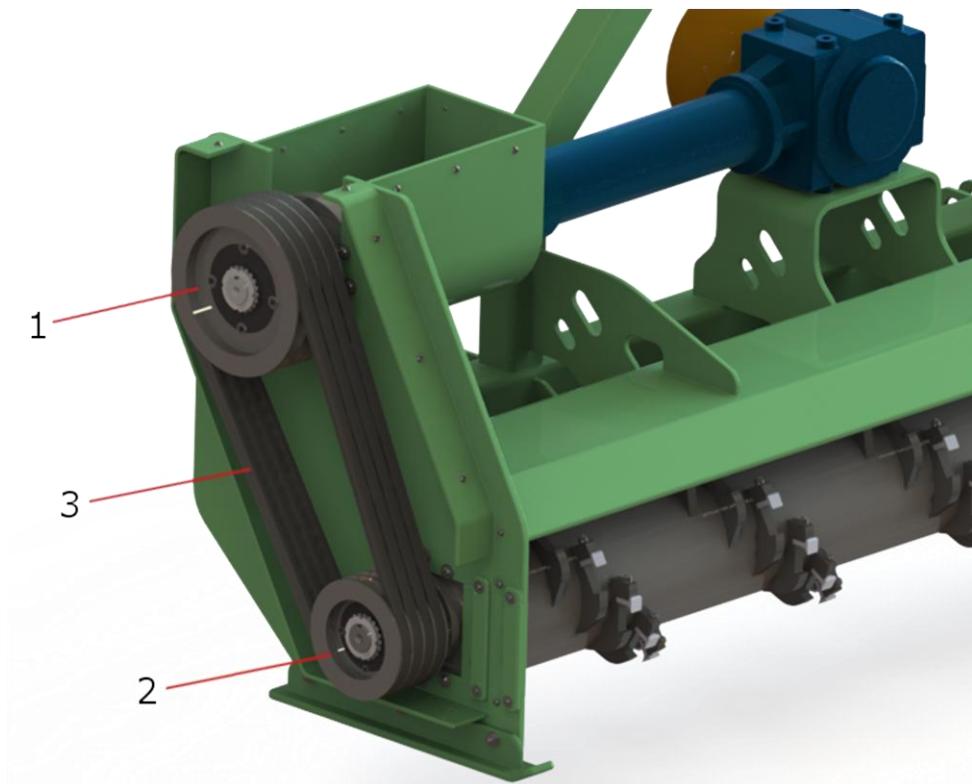
Slika 120 Nosiva konstrukcija malčera

Potrebno je osigurati radnu okolinu od izbacivanja produkata malčiranja, a istovremeno spriječiti nakupljanje materijala na stražnjoj strani malčera. Stoga je izvedena stražnja zaštita u obliku štitnika od NBR gume koji bi spriječili izbacivanje materijala sa stražnje strane, a u isto vrijeme, zbog svoje fleksibilnosti, ne bi doveli do nakupljanja materijala. Slika 121 prikazuje stražnju zaštitu pričvršćenu s dva vijka.



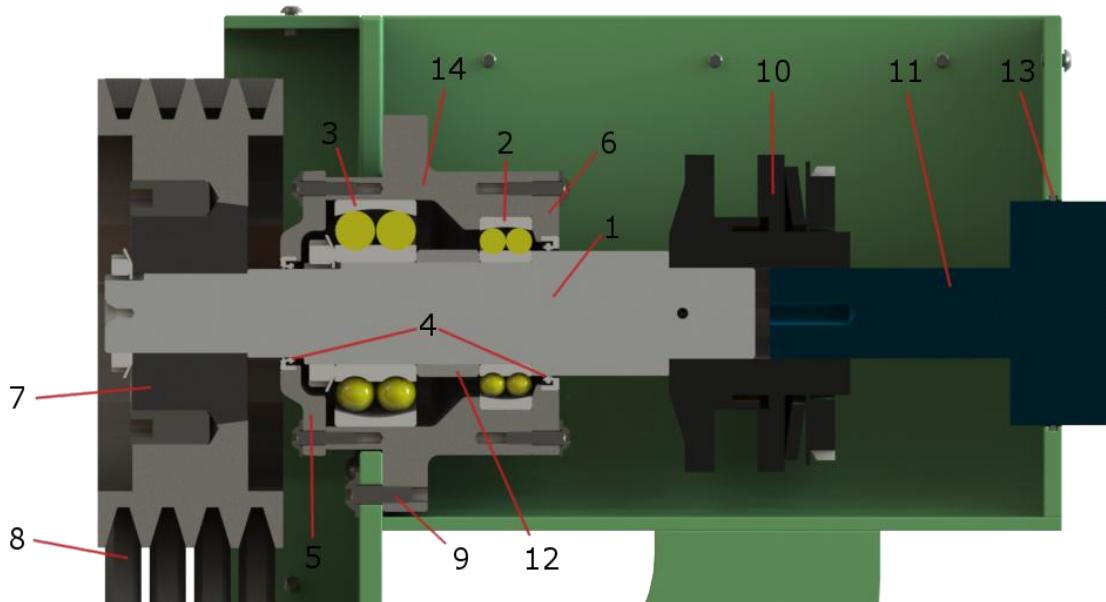
**Slika 121 Stražnja zaštita**

Prijenos snage na bubanj od traktora vrši se s multiplikatorom i klinastim remenom, kako je opisano u početnom konceptu. Na slici Slika 122 vidi se izvedba prijenosa snage. Za prijenos snage potrebna su četiri klinasta remena, što je pokazano proračunom (jednadžba (8)). Na slici je brojem 1 označena pogonska remenica, brojem 2 gonjena, a brojem 3 klinasti remen SPB profila. Slika 90 prikazuje dimenzije slikom prikazanih remenica.



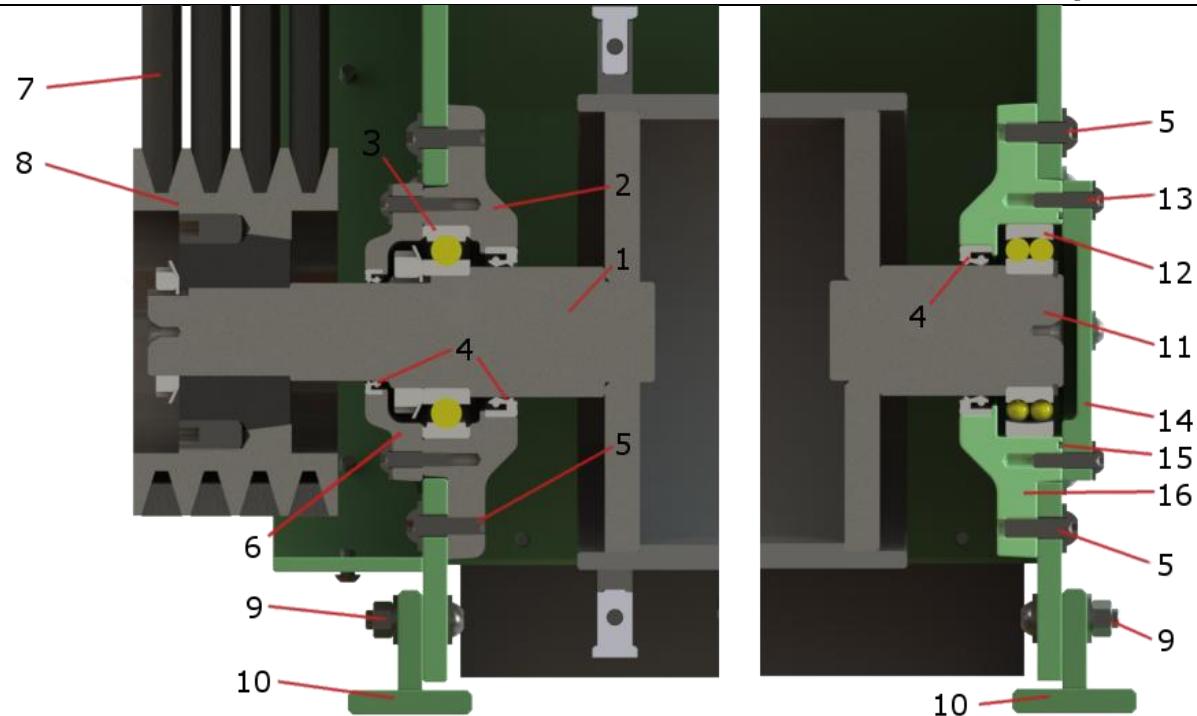
**Slika 122 Pogonska strana**

Slika 123 prikazuje sklop vratila pogonske remenice (crtež broj: 1/18-3-00-00) i prihvat sklopa na nosivu konstrukciju (crtež broj: 1/18-3-33-33). Ležajno mjesto sklopa (14) pričvršćeno je s devet M8 vijaka (9) na nosivu konstrukciju. Samopodesivi kuglični ležaj označen brojem 2 je čvrsti oslonac dok je samopodesivi ležaj označen brojem 3 pomicni oslonac. Ulazak nečistoća i izlazak masti iz prostora uležištenja sprječava se radijalnim brtvama ili semerinzima (4). Brojem 1 označeno je vratilo pogonske remenice (crtež broj: 1/18-3-01-00), brojem 5 lijevi poklopac ležaja, brojem 6 desni poklopac ležaja, brojem 7 pogonska remenica, brojem 8 klinasti remen SPB profila, brojem 10 označena je sigurnosna spojka, brojem 11 multiplikator. Na mjestu ulaska multiplikatora u kućište stavljen je o-ring (13) kako bi se sprječio ulazak i zadržavanje nečistoća.

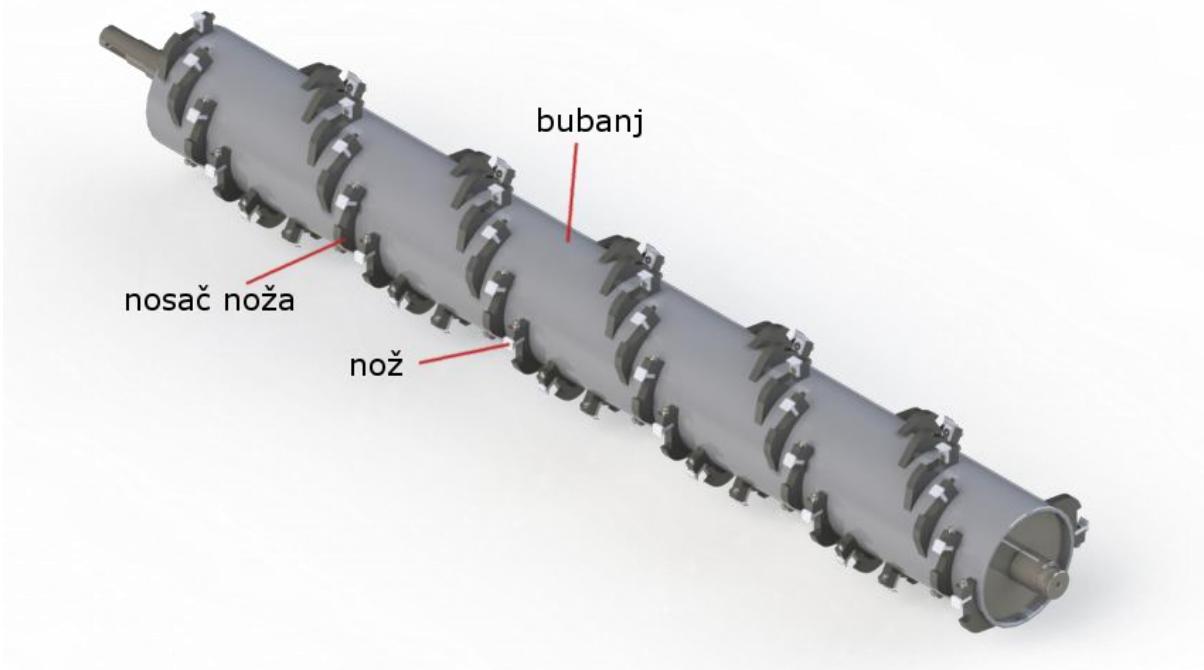


**Slika 123 Sklop vratila pogonske remenice**

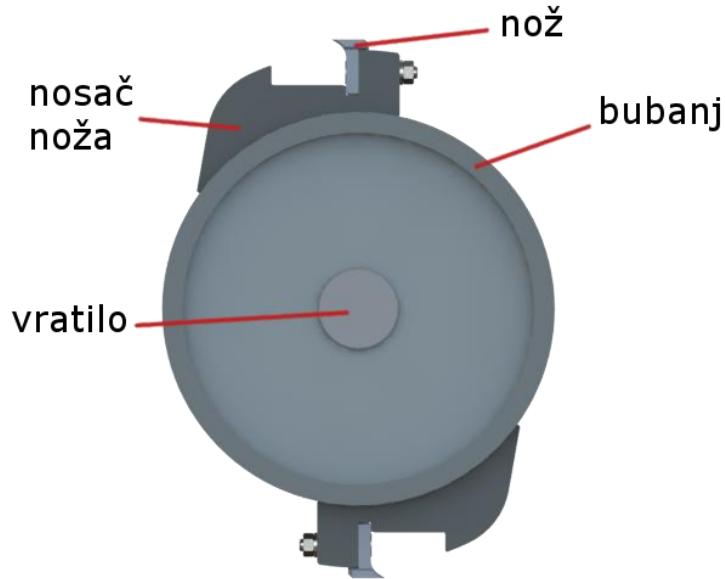
Ležajna mjesta bubnja prikazana su slikom Slika 124. Desno ležajno mjesto je slobodni oslonac sa samopodesivim kugličnim ležajem (12), dok je lijevo ležajno mjesto čvrsti oslonac s jednorednim kugličnim ležajem (3). Lijevo kućište ležaja (2), desno kućište ležaja (16) i lijevi poklopac vratila (6) izvedene su od sivog lijeva EN-GJL200S. Svako ležajno mjesto je na nosivu konstrukciju pričvršćeno sa sedam M8 vijaka (5). Sprječavanje ulaska nečistoća i izlaska masti osiguravaju radijalne brtve (4), a kod desnog ležaja, zbog izloženosti vanjskim uvjetima, i o-ring (15). Brojem 1 označeno je lijevo vratilo bubnja, brojem 11 desna osovina bubnja, 7 je remen, 8 gonjena remenica, brojem 9 označeni su vijak i matica koji pričvršćuju skije (10) na nosivu konstrukciju. Poklopci ležajeva (6 i 14) pričvršćeni su na kućište svako s po četiri M6 vijka (13).

**Slika 124 Ležajna mjesta bubnja**

Slika 125 Prikazuje sklop bubnja na kojeg su preko nosača noža, koji su zavareni na bubanju u spiralnom uzorku, pričvršćeni noževi, čijom se rotacijom vrši odvajanje i usitnjavanje, odnosno malčiranje. Bubanj je izveden od debelostjene cijevi od konstrukcijskog čelika S235JRG2 promjera 190 mm, debljine stijenke 10 mm i dužine 1680 mm.

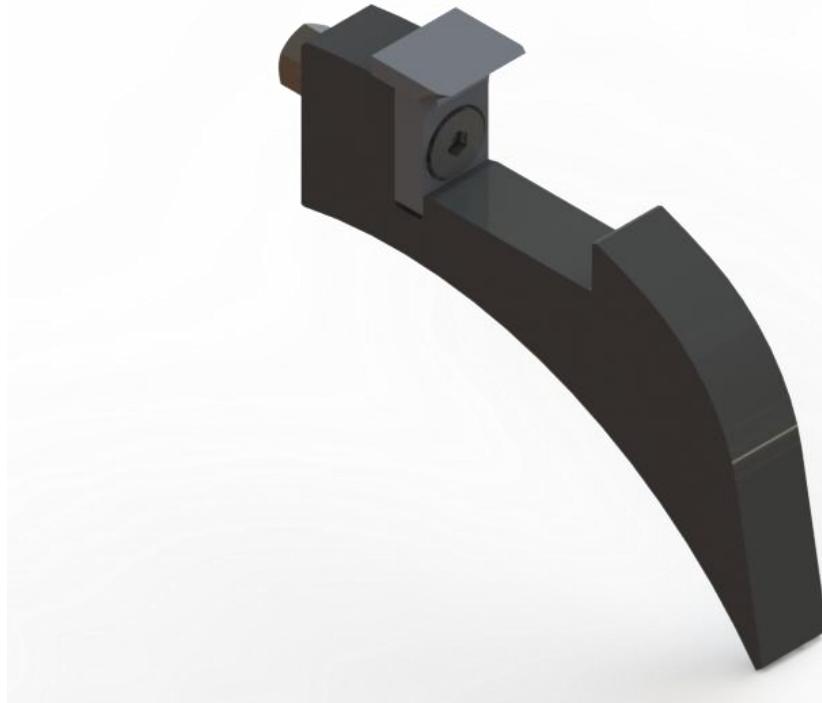
**Slika 125 Sklop bubnja**

U jednoj ravnini postavljena su dva nosača noža na suprotnim stranama bubenja kako je prikazano na slici Slika 126.

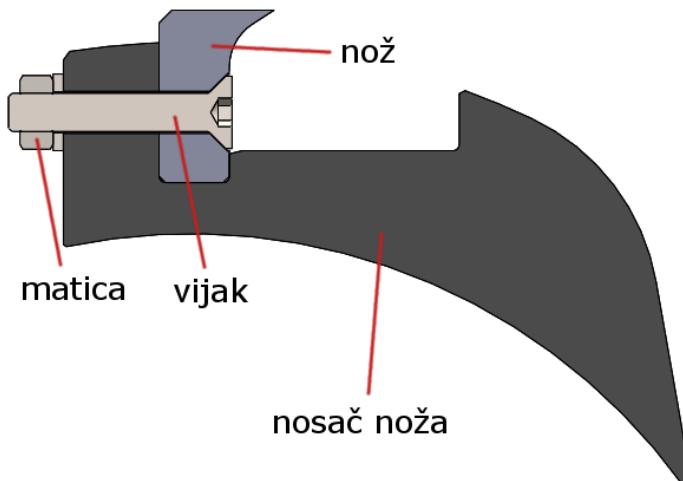


Slika 126 Sklop bubnja - presjek

Slika 127 i 12 prikazuju sklop noža. On se sastoji od nosača noža, koji se zavaruje na bubenj, i noža koji je pričvršćen s jednim vijkom, a oblikovan je tako da se osigura njegov položaj u nosaču.

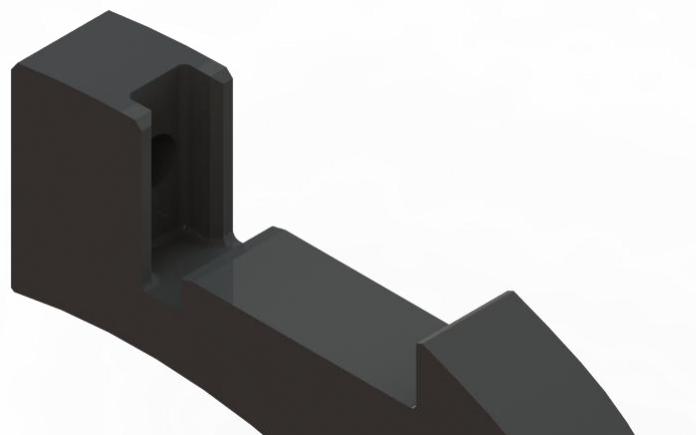


Slika 127 Sklop noža



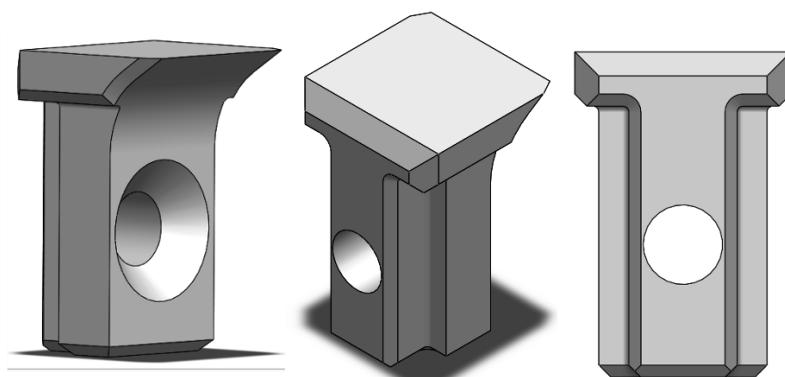
**Slika 128 Sklop noža - presjek**

Slika 129 prikazuje oblikovani utor za nož koji sprječava rotaciju noža. Nosač noža je od konstrukcijskog čelika S235JRG2, njegov osnovni oblik moguće je izrezati iz ploče debljine 14 mm te naknadno obradom odvajanja napraviti spomenuti utor.



**Slika 129 Nosač noža**

Na slici 131 može se vidjeti oblik noža. Materijal noža je čelik za cementiranje C15 kako bi se smanjilo trošenje, a zadržala određena žilavost. Obradu odvajanjem potrebno je provesti prije cementiranja.



**Slika 130 Nož**

## 7. ZAKLJUČAK



**Slika 131 Model gotovog proizvoda**

Malčer je uređaj koji je vrlo dostupan na tržištu poljoprivrednih strojeva te se zbog toga na tom tržištu potrebno istaknuti. Istaknuti se može većom kvalitetom ili nižom cijenom. Ta dva zahtjeva su često u sukobu te je potrebno naći njihov optimum.

Postizanje niže cijene, a da se ne naruši kvaliteta može se postići smanjenjem troškova montaže, a što se može postići njenim pojednostavljenjem i manjim potrebnim vremenom za samu montažu. Troškovi proizvodnje mogu se smanjiti tako da se koriste standardni dijelovi dostupni na tržištu i tako da je što manje vremena potrebno za izradu nestandardnih dijelova ili da se dijelovi proizvode u velikim serijama, npr. kod lijevanja. Kvaliteta proizvoda se postiže poštivanjem provedenih proračuna i industrijskih normi.

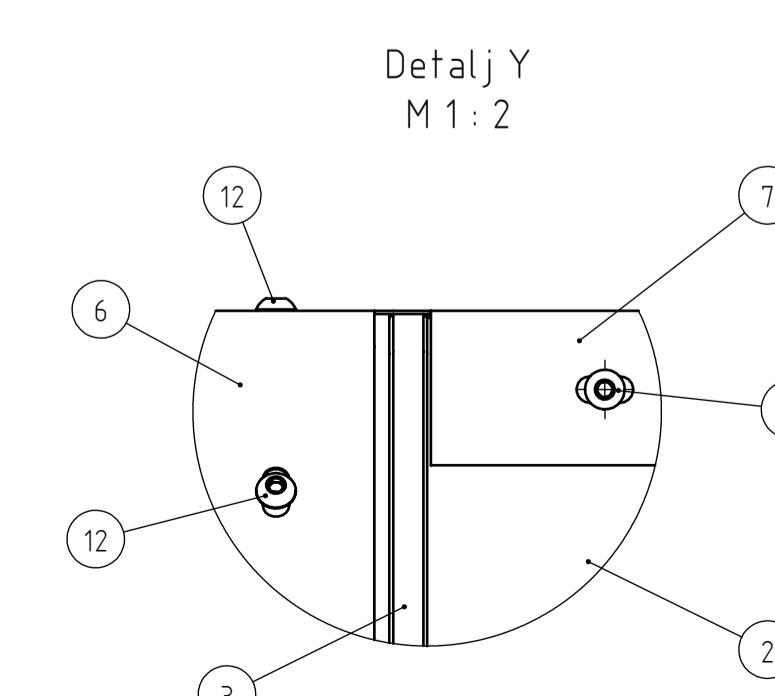
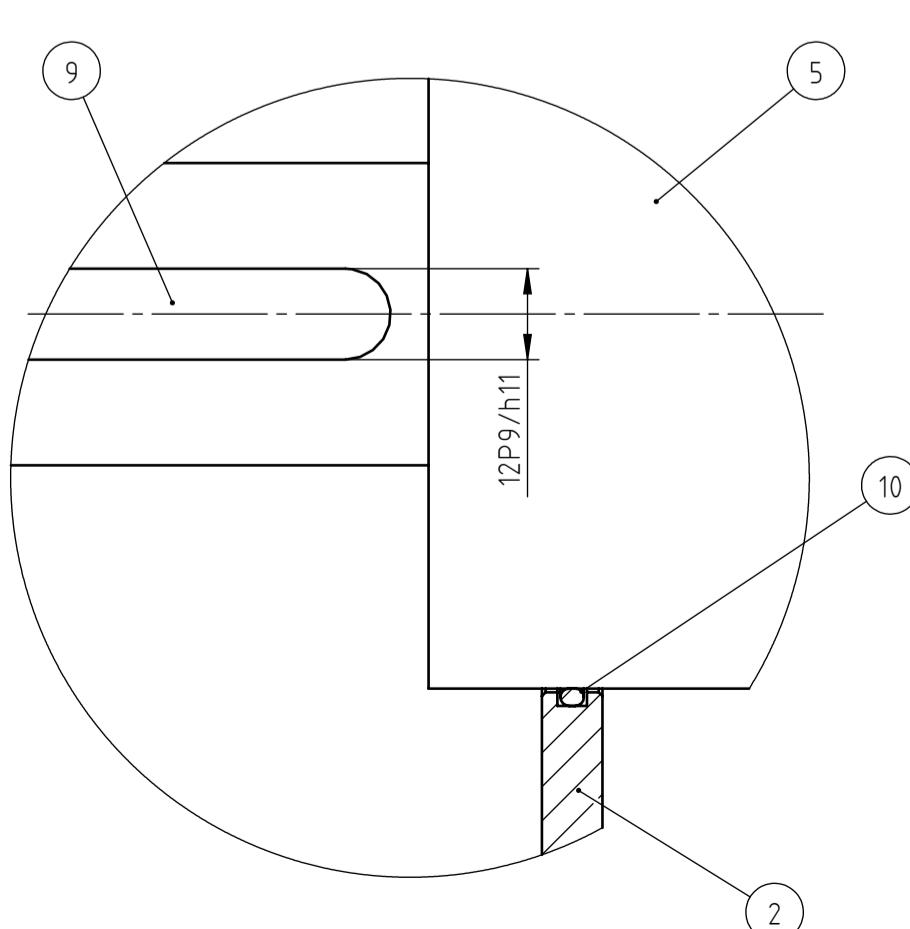
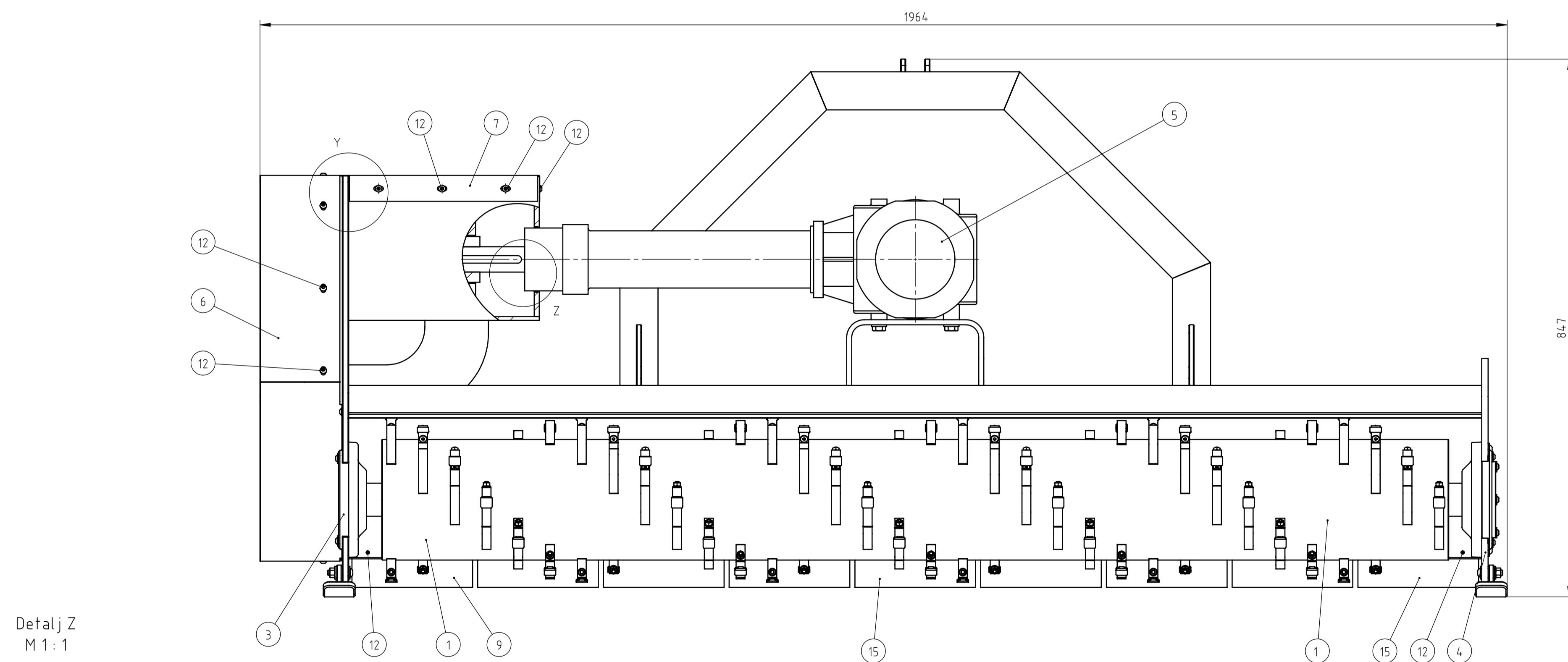
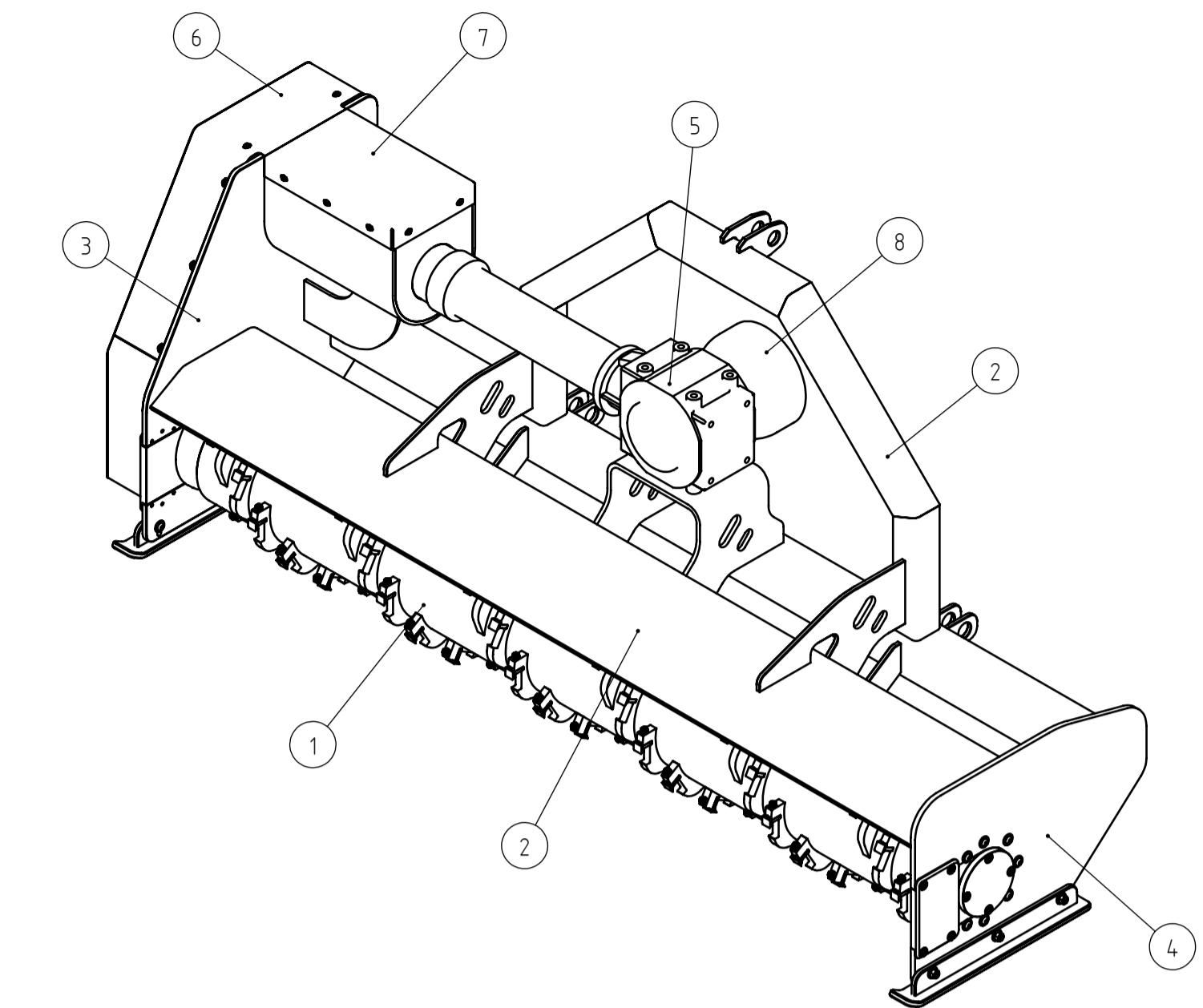
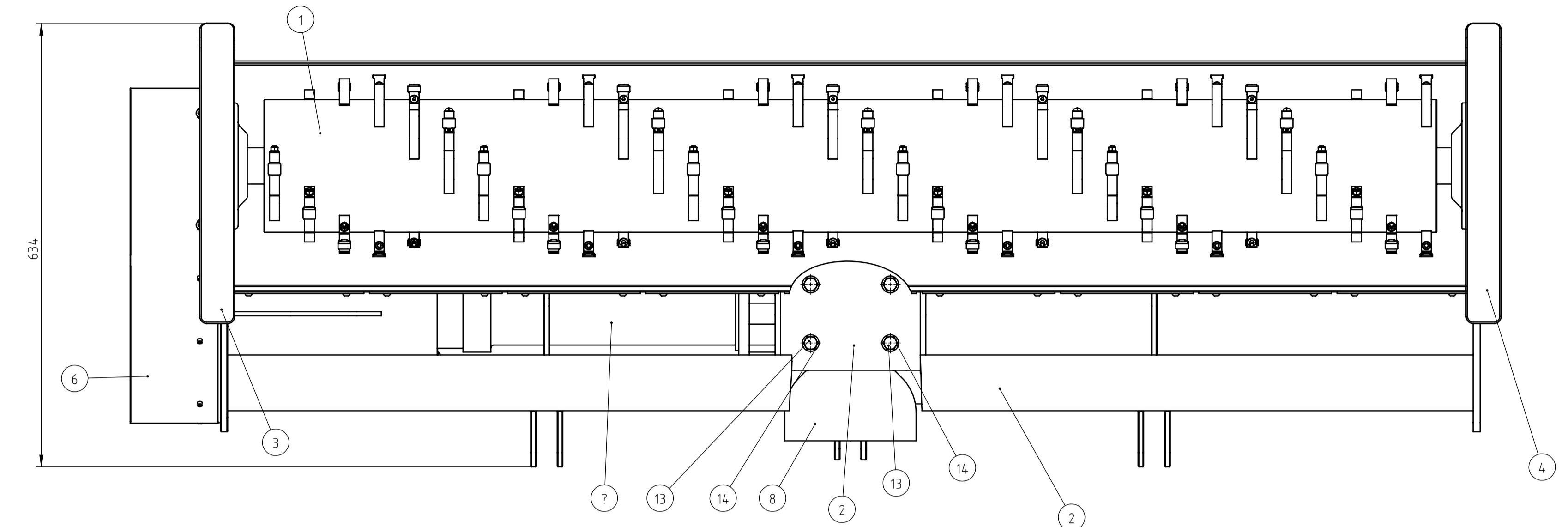
Rezultat ovog rada je proizvod mase 358 kg čija nosiva konstrukcija je izvedena zavarivanjem, a svi sklopovi mogu se sastaviti neovisno o nosivoj konstrukciji i na nju jednostavno pričvrstiti vijcima. Tako je dobiveno kraće potrebno vrijeme montaže samog uređaja.

## LITERATURA

- [1] ISO, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:730:ed-1:v1:en>. 10.1.2018.
- [2] Tractor Data, <http://www.tractordata.com/articles/technical/threepoint.html>. 22.11.2017.
- [3] Arma Trac, <http://www.armatrac.com/index.php>. 22.11.2017.
- [4] Case IH, <https://www.caseih.com/emea/en-za>. 22.11.2017.
- [5] Massey Ferguson, <http://www.masseyferguson.com>. 22.11.2017.
- [6] McCormick, <http://www.mccormick.it/mccormick/BrandHome/en-US/51/McCormick.aspx>. 22.11.2017.
- [7] A. S. o. A. a. B. Engineers: *Main PTO dimensions and spline*, 2010.
- [8] SIP Strojna Industrija d.d., <http://www.sip.si/home>. 22.11.2017.
- [9] Orsi Group, <http://www.orsigroup.it/home-page/index/ENG/#!prettyPhoto>. 25.11.2017.
- [10] Ortolan, <http://www.ortolan.net/ortolan-zappatrici/eng/index.asp>. 25.11.2017.
- [11] Seppi, <http://www.seppi.com/en>. 25.11.2017.
- [12] Denis Cimaf, <http://deniscimaf.com>. 25.11.2017.
- [13] Diamond Mowers, <http://diamondmowers.com/pages/forestry-attachments>. 25.11.2017.
- [14] Comer Industries, [http://www.comerindustries.com/en.html#.WkT\\_FFXiZpg](http://www.comerindustries.com/en.html#.WkT_FFXiZpg). 25.11.2017.
- [15] Comintec, <https://www.comintec.com/en/>. 25.11.2017.
- [16] K. Decker: *Elementi strojeva*, Zagreb: Tehnička knjiga, 2006.
- [17] SKF, <http://www.skf.com/group/splash/index.html>. 7.1.2018.
- [18] T. Filetin, F. Kovačiček i J. Indof: *Svojstva i primjena materijala*, Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2011.
- [19] Z. Horvat: *Vratilo - proračun*, Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje.
- [20] B. Kraut: *Strojarski priručnik*, Zagreb: Tehnička knjiga, 1976.

## **PRILOZI**

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

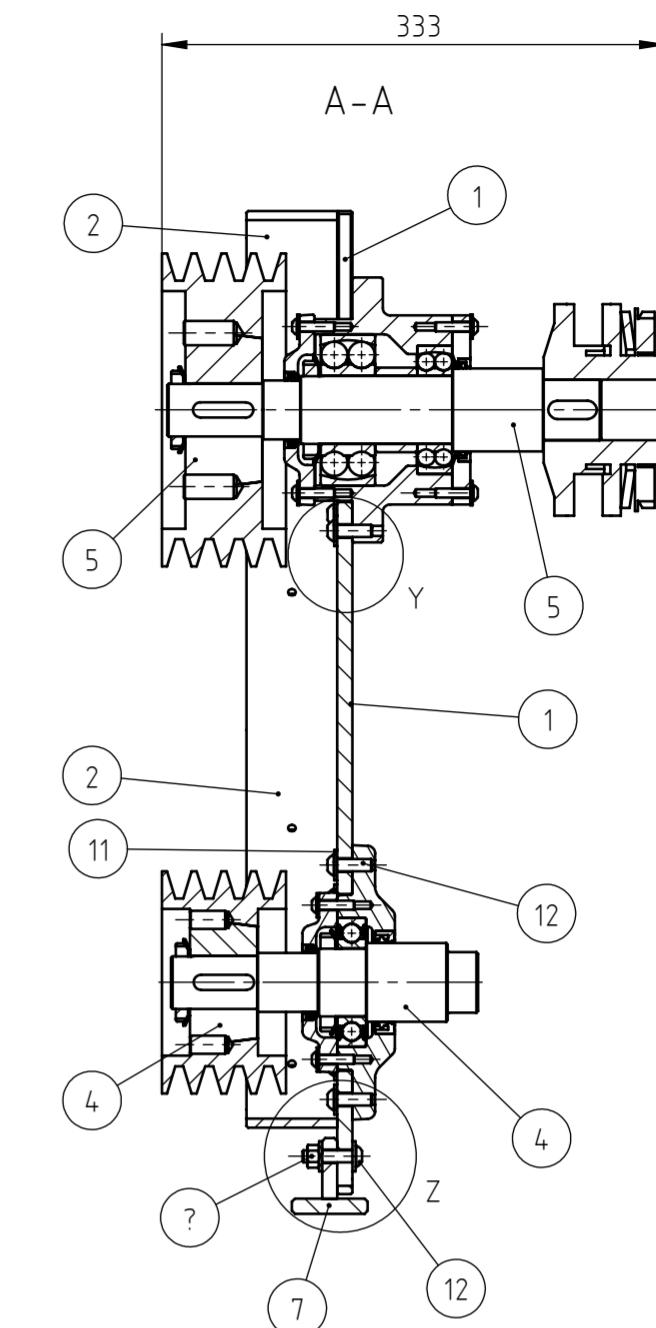
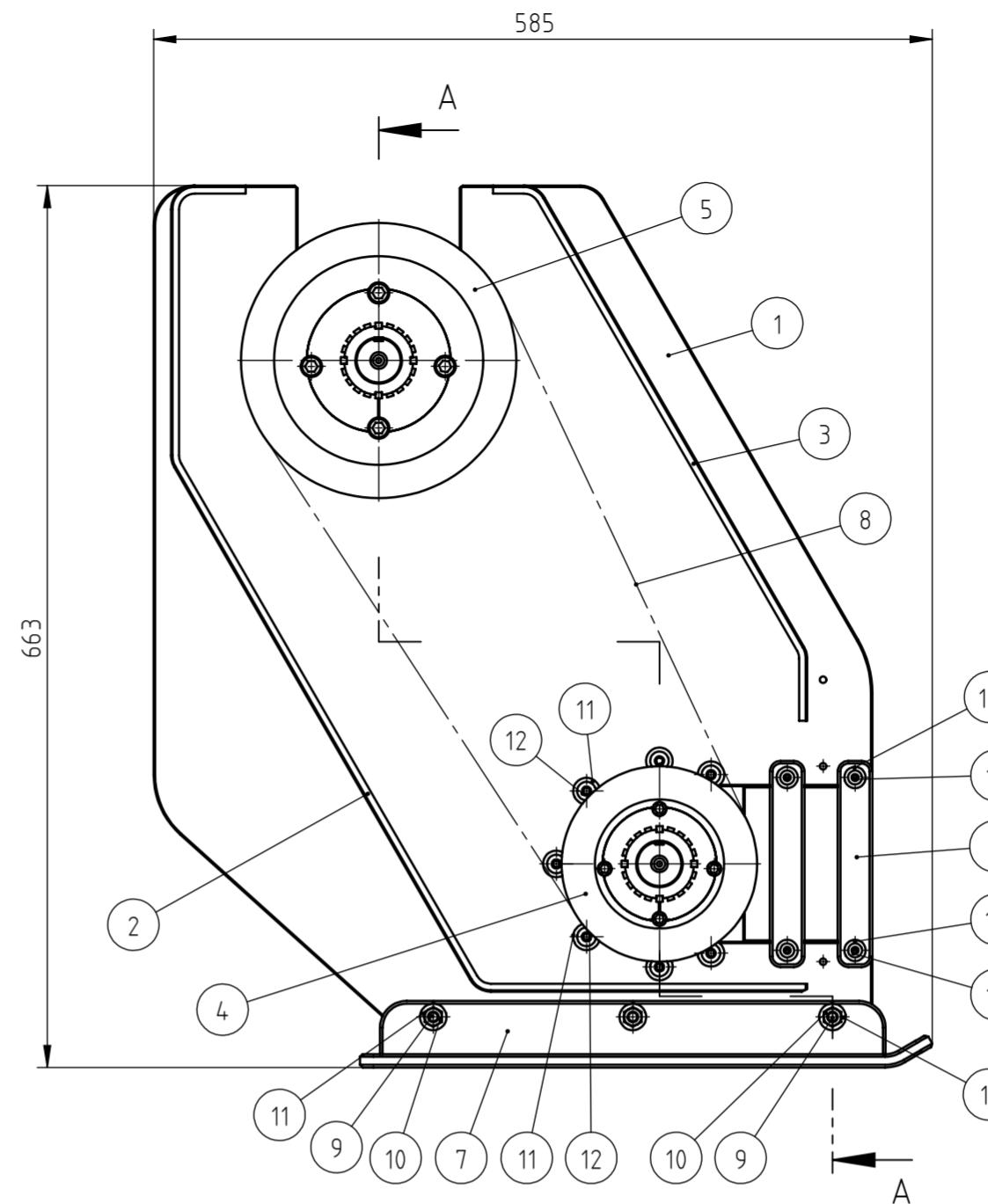
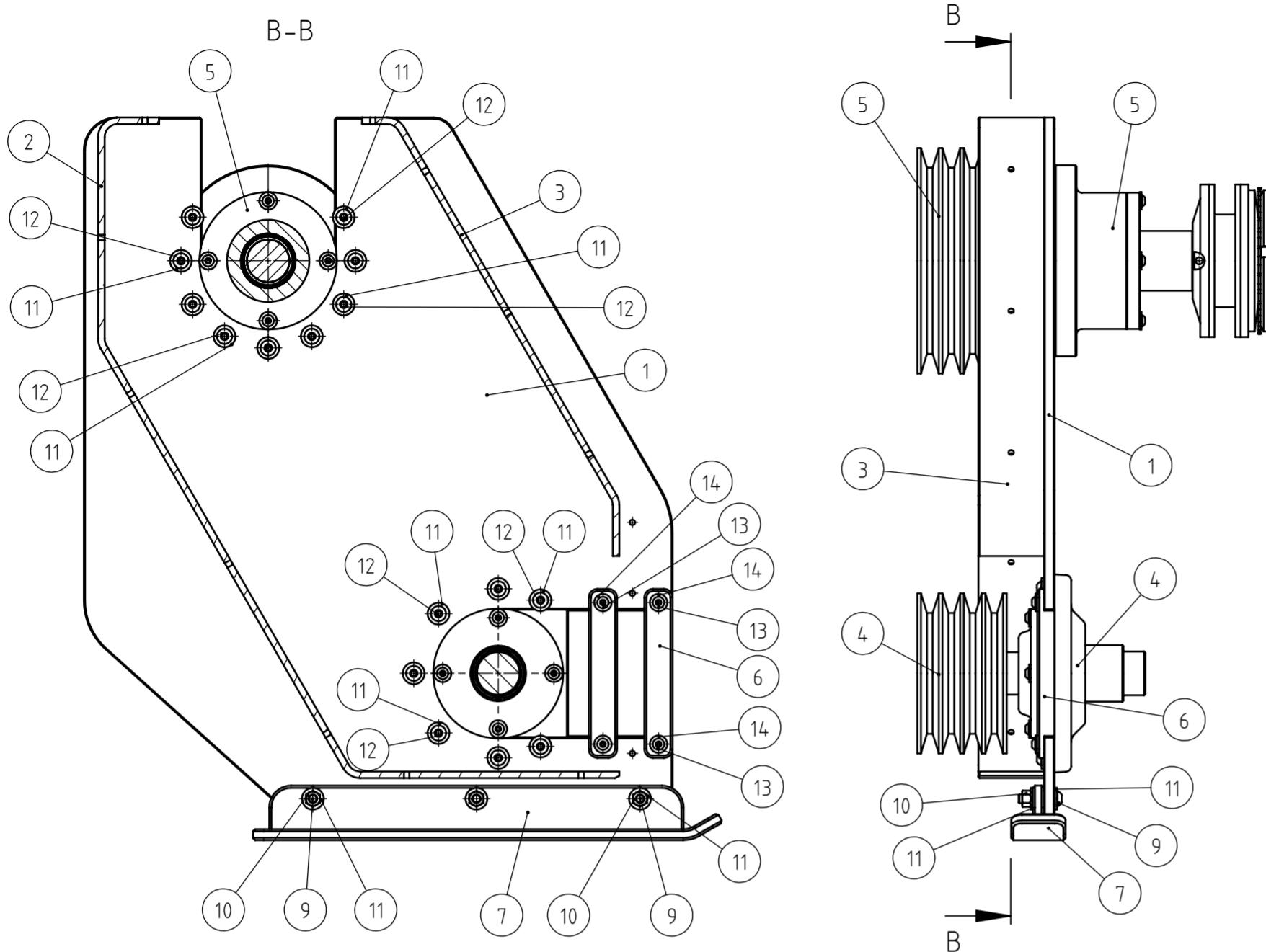


NAPOMENA: 1. Stražnja zaštita (poz.15) pričvršćena je na Nosač malčera (poz.2) vijcima M6x10 (poz.12)  
2. Zaštita vratila (poz.8) pričvršćena je na Multiplikator (poz.5) s četiri vijka M8x16 (poz.11)

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtič broj	Norma	Materijal	Sirove dimenzije	Masa
15	Stražnja zaštita	9				190x65x2	28 g
14	Podložna pločica M12	4	ISO 7089	A2 inox		6 g	6 g
13	Vijak M12x50x30	4	ISO 7014		8.8		61 g
12	Vijak M6x10	40	ISO 7380		8.8		4 g
11	Vijak M8x16	4	ISO 7380		8.8		10 g
10	O-ring d99x3	1		NBR	DIHTA	2 g	
9	Pero A12x8x100	1	DIN 6885	A2 inox	Ø188x101	74 g	
8	Zaštita vratila	1		ABS		65 g	
7	Poklopac kućišta spojke	1	S235JRG2		300x194x41	557 g	
6	Poklopac	1	S235JRG2		500x608x141	2,8 kg	
5	Multiplikator	1	TL-311D 312 500	Comer industries		23,5kg	
4	Sklop desne strane		1/18-4-44-44		123x585x376	58,1kg	
3	Sklop lijeve strane	1	1/18-3-33-33		333x585x663	69,3 kg	
2	Nosač malčera	1	1/18-2-00-00	S235JRG2	834x590x186	175,4kg	
1	Sklop bubenja	1	1/18-1-00-00		260x260x1931	112,5 kg	

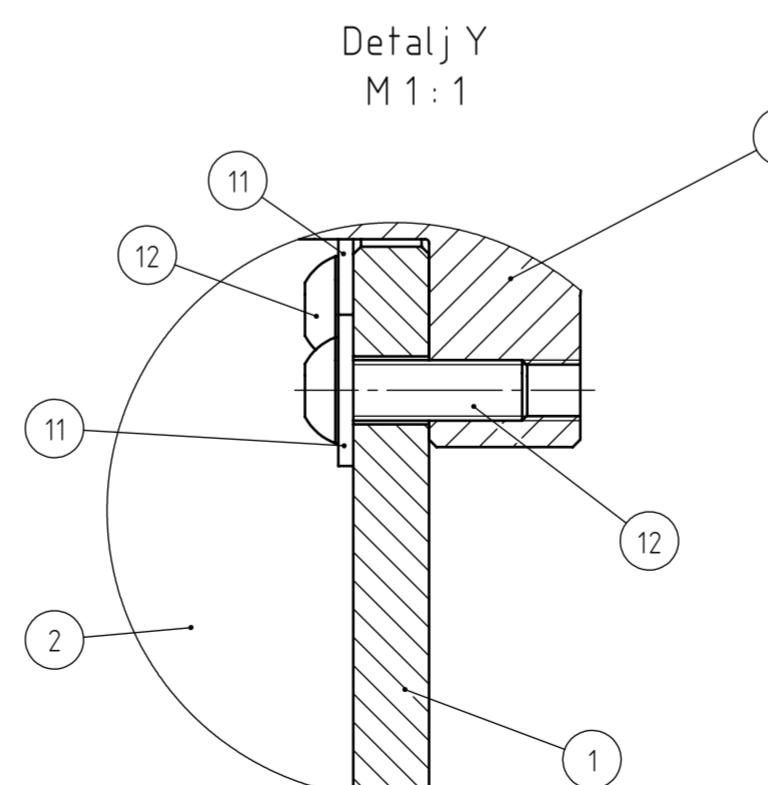
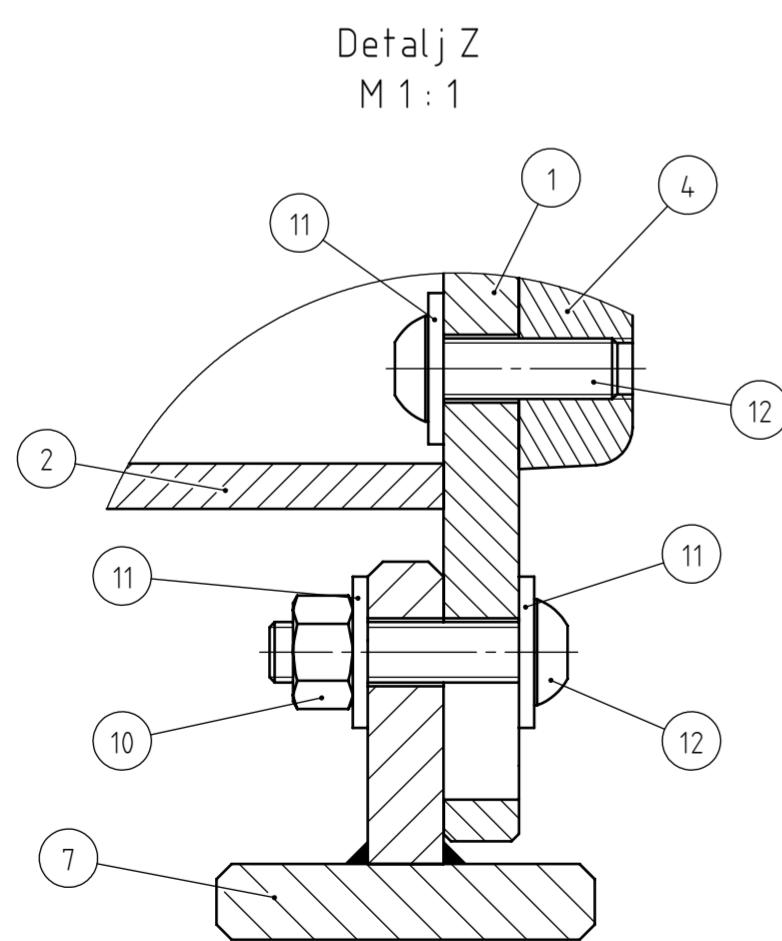
Broj naziva - code	Projektiraо	Datum	Ime i prezime	Potpis
	Razradio	10.12.2017	Tomislav Kežman	
	Ortalo	20.12.2017	Tomislav Kežman	
	Pregledao	23.12.2017	Tomislav Kežman	
	Mentor	3.1.2018.	Dr. sc. Neven Pavković	Dr. sc. Neven Pavković

ISO - tolerancije	Objekt:	Objekt broj:
12 P9/h11 +0,092 -0,061		R. N. broj:
	Napomena:	
	Materijal:	Masa: 358 kg
	Naziv:	
	Mjerilo originala	Pozicija:
		Malčer
		Format: A1
		Listova: 1
	1:5	
		Crtič broj:
		1/18-0-00-00
		List: 1



NAPOMENA: 1. Sklop bubenja (poz. 4) radi jednostavnosti nije prikazan u cijelosti. Sklop bubenja (poz.4) prikazan je na crtežu broj: 1/18-1-00-00

2. Ljeva stranica (poz.1) Rebro 1 pogonske strane (poz.2) i Rebro 2 pogonske strane (poz.3) dio su zavarenog sklopa Nosač malčera (crtež broj: 1/18-2-00-00) koji radi jednostavnosti nije prikazan na ovom crtežu. Montaža dijelova na ljevu stranicu (poz.1) vrši se nakon zavarivanja Nosač a malčera.

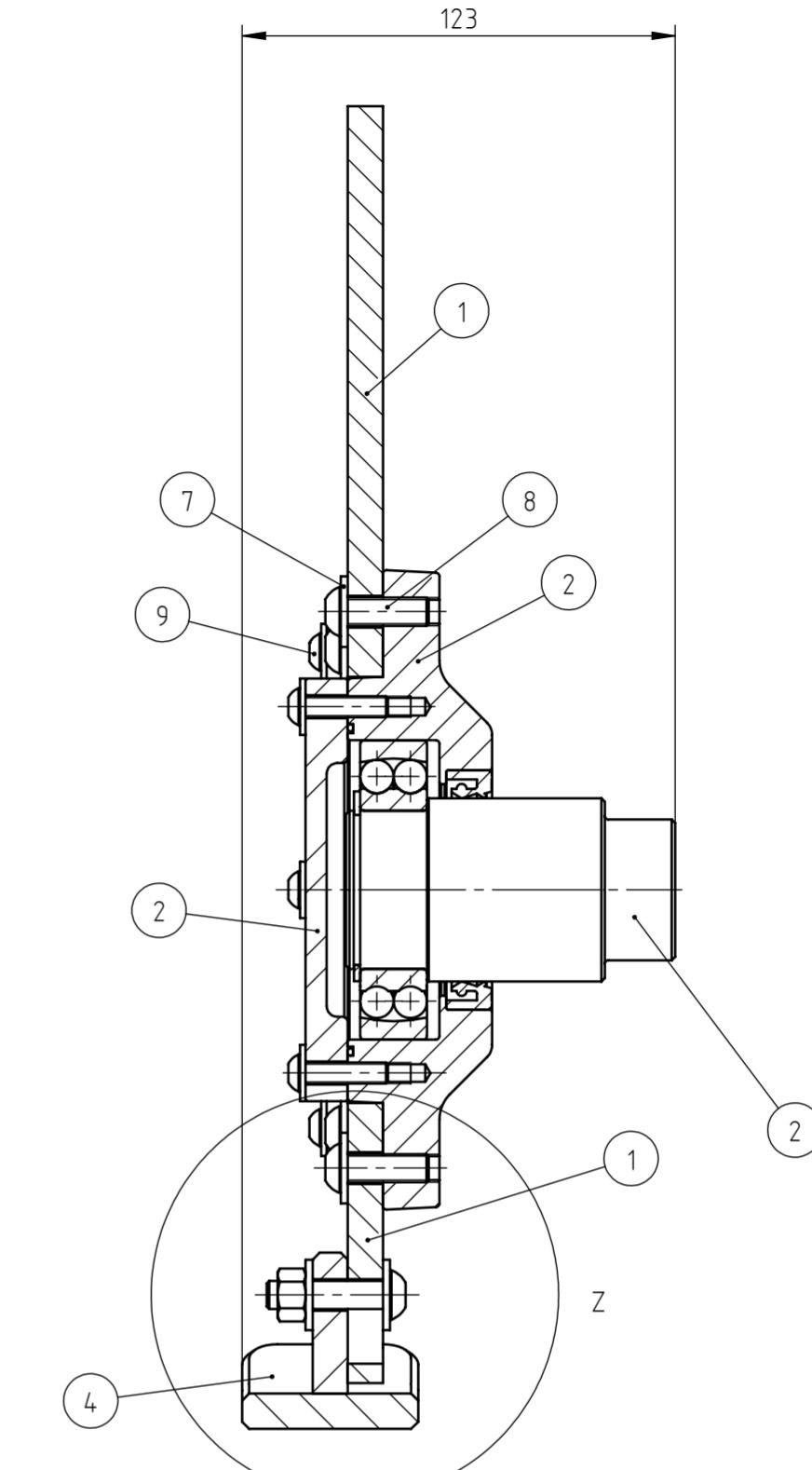
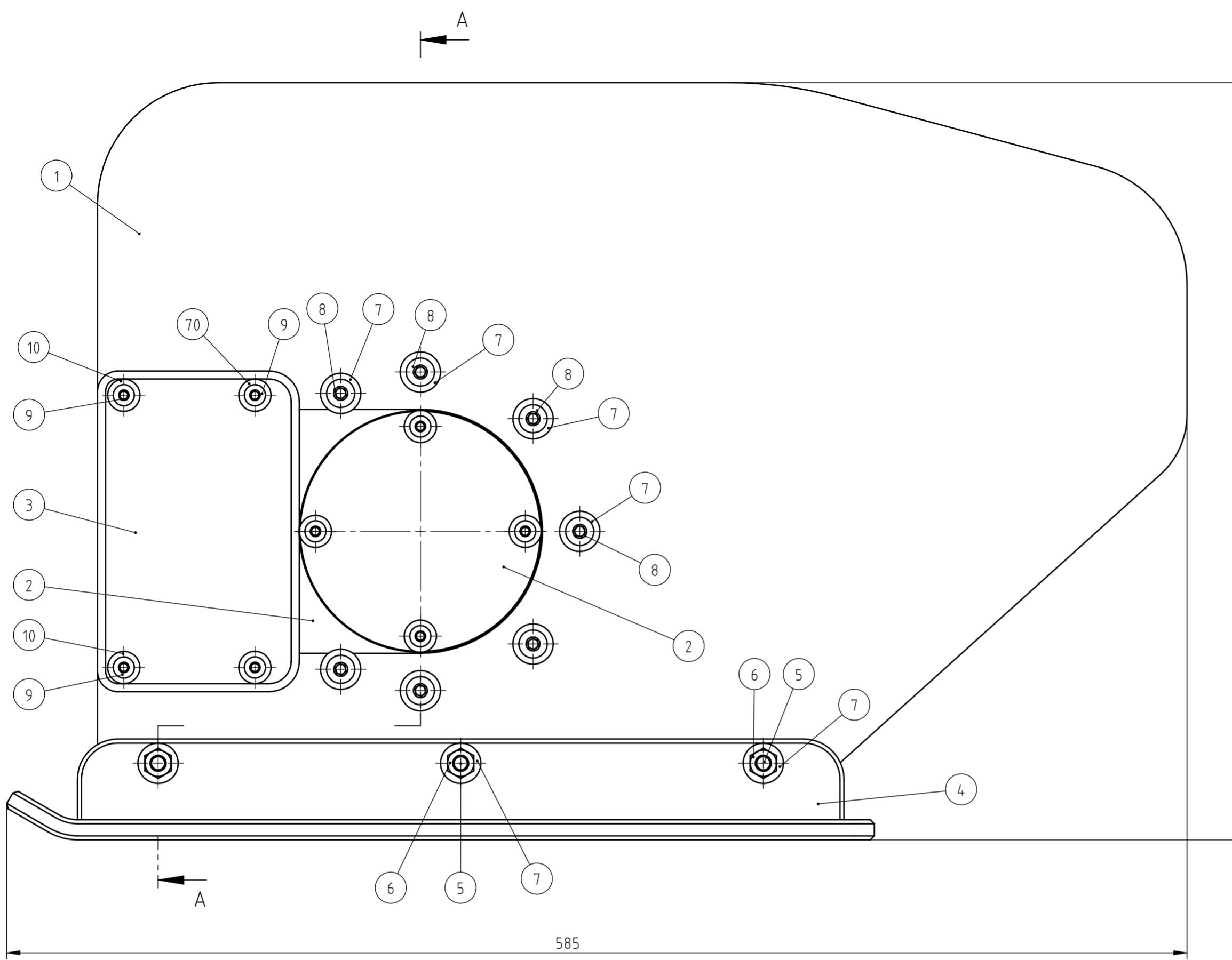


14	Podloška M6	4	ISO 10669	A2 inox		2 g
13	Vijak M6x16	4	ISO 7380	8.8		5 g
12	Vijak M8x25	16	ISO 7380	8.8		10 g
11	Podloška M8	22	ISO 10669	A2 inox		4 g
10	Matica M8	3	ISO 4034	8		7 g
9	Vijak M8x35	3	ISO 7380	8.8		17 g
8	SPB remen	4	PHG SPB1400		SKF	258 g
7	Skija	1		S235JRG2	50x50x430	2,8 kg
6	Popuna praznine lijevog lež.mj.	1		S235JRG2	155x16x97	1,3 kg
5	Sklop vratila remenice	1	1/18-3-00-00		Ø 207x332	30 kg
4	Sklop bubnja	1	1/18-1-00-00		260x260x1931	112,5kg
3	Rebro 2 pogonske strane	1		S235JRG2	6x60x479	1,37kg
2	Rebro 1 pogonske strane	1		S235JRG2	6x60x943	2,7 kg
1	Lijeva stranica	1		S235JRG2	10x540x650	19,52kg

Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije	Masa	Proizvođač
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime		Potpis			
	Projektirao	6.12.2017.	Tomislav Kežman					
	Razradio	6.12.2017.	Tomislav Kežman					
	Crtao	16.12.2017.	Tomislav Kežman					
	Pregledao	18.12.2017.	Dr. sc. Neven Pavković					
	Mentor		Dr. sc. Neven Pavković					

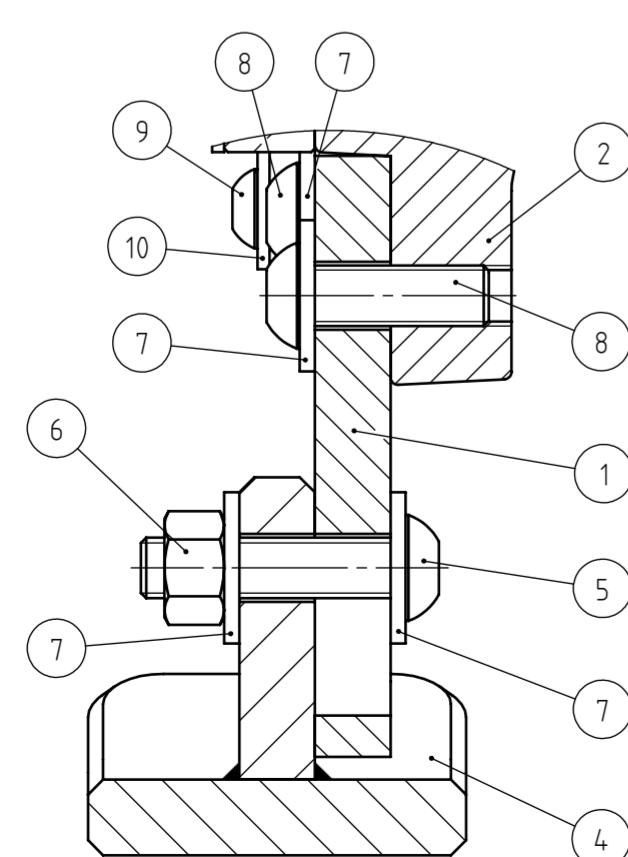


ISO - tolerancije	Objekt:		Objekt broj:	
			R. N. broj:	
	Napomena:			Kopija
	Materijal:		Masa: 69,3 kg	
		Naziv:	Sklop lijeve strane	Pozicija: 3
	Mjerilo originala			Format: A2
	1:5	Crtež broj:	1/18-3-33-33	List: 1



Detalj Z

M 1:1



NAPOMENA: 1. Sklop bubnja (poz. 2), radi jednostavnosti, nije prikazan u cijelosti. Sklop bubnja (poz.2) prikazan je na crtežu broj: 1/18-1-00-00

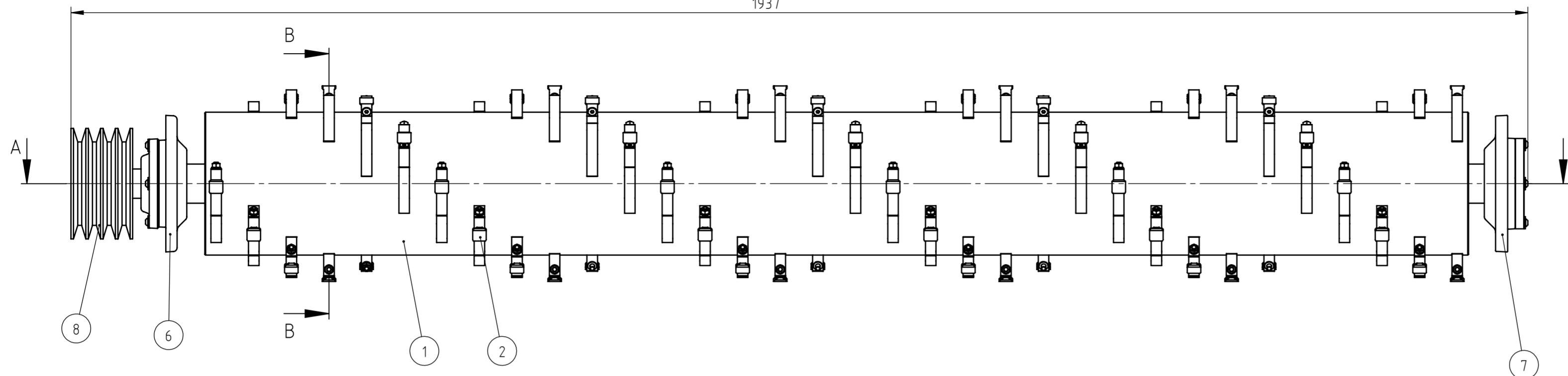
2. Desna stranica (poz.1) dio je zavarenog sklopa Nosač malčera (crtež broj: 1/18-2-00-00) koji radi jednostavnosti nije prikazan na ovom crtežu. Montaža dijelova na Desnu stranu (poz.1) vrši se nakon zavarivanja Nosača malčera.

10	Podloška M6	4	ISO 10669	A2 inox		2 g
9	Vijak M6×16	4	ISO 7380	8.8		5 g
8	Vijak M8×25	7	ISO 7380	8.8		10 g
7	Podloška M8	13	ISO 10669	A2 inox		4 g
6	Matica M8	3	ISO 4034	8		7 g
5	Vijak M8×35	3	ISO 7380	8.8		17 g
4	Skija	1		S235JRG2	50×50×430	2,8 kg
3	Popuna praznine desnog lež. m.j.	1		S235JRG2	159×16×100	1,7 kg
2	Sklop bubenja	1	1/18-1-00-00		260×260×1931	112,5kg

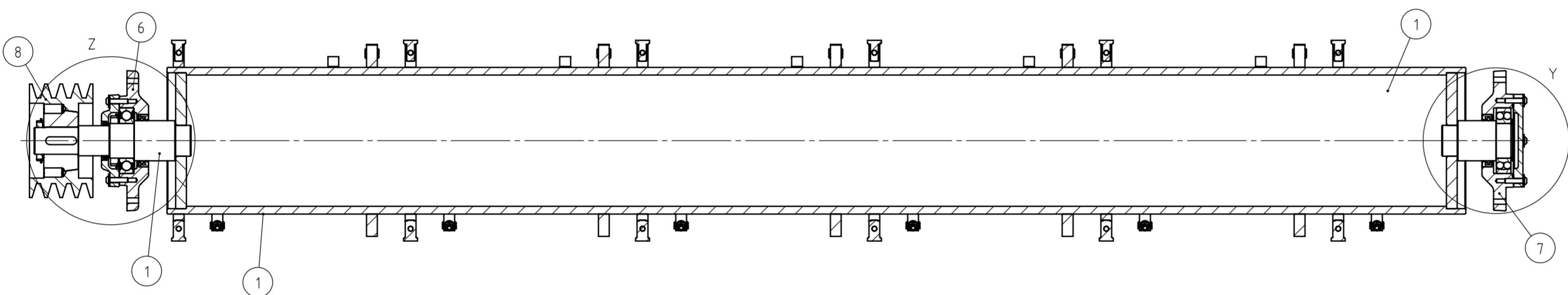
1	Desna stranica	1	1/18-2-07-00	S235JRG2	363x540x10	11,44kg
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis		
	Projektirao	6.12.2017.	Tomislav Kežman			
	Razradio	6.12.2017.	Tomislav Kežman			
	Črtao	16.12.2017.	Tomislav Kežman			
	Pregledao	18.12.2017.	Dr. sc. Neven Pavković			

Sirove dimenzije Masa  
Proizvođač

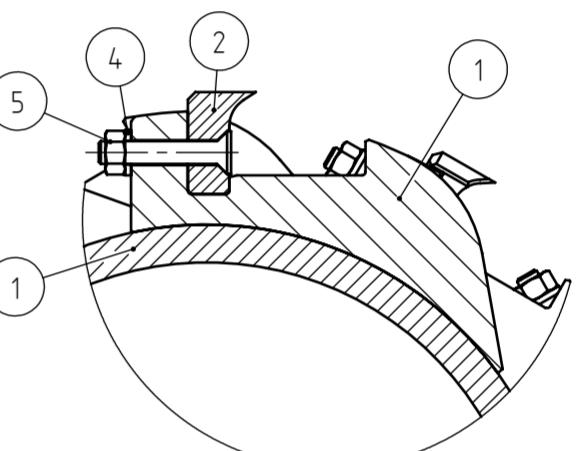
	Mentor	Dr. sc. Neven Pavkovic	
ISO - tolerancije	Objekt:		Objekt broj:
			R. N. broj:
	Napomena:		Kopija
	Materijal:	Masa: 58,1 kg	
	 	Naziv: Sklop desne strane	Pozicija: 4
	Mjerilo originala		Format: A2
	1:2	Crtež broj: 1/18-4-44-44	Listova: 1



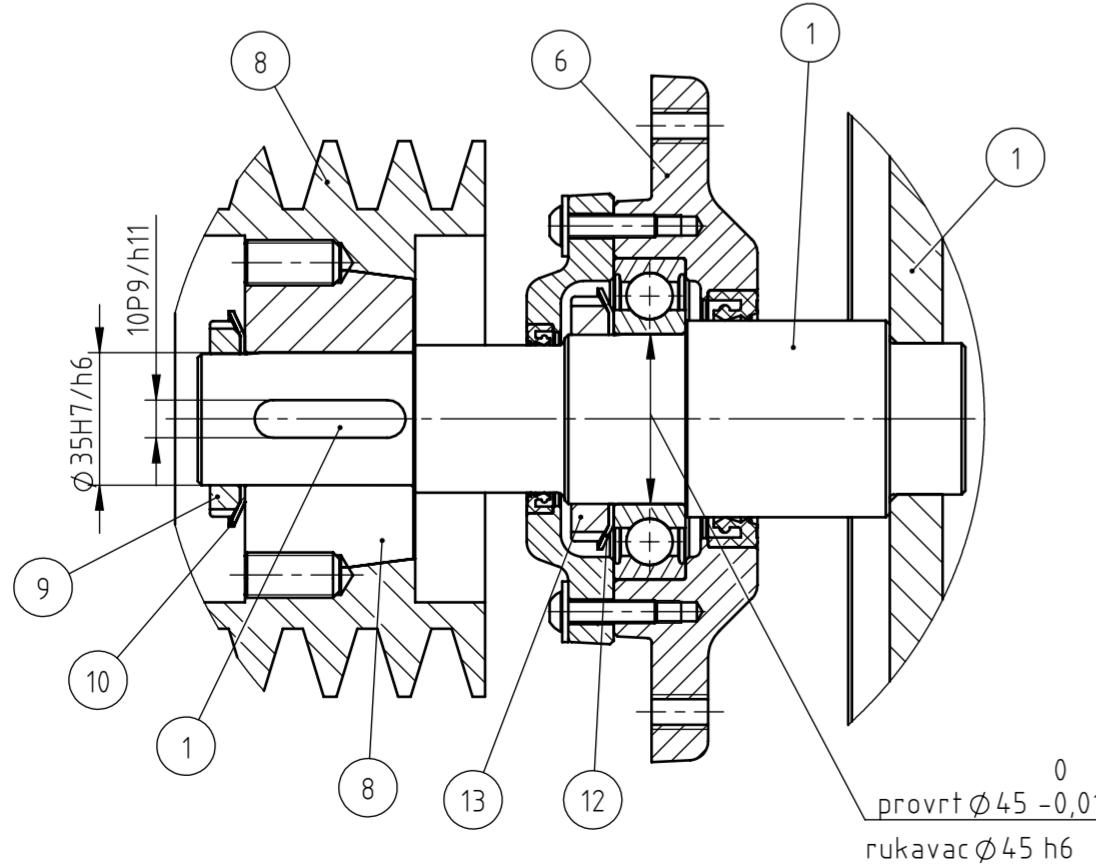
A-A



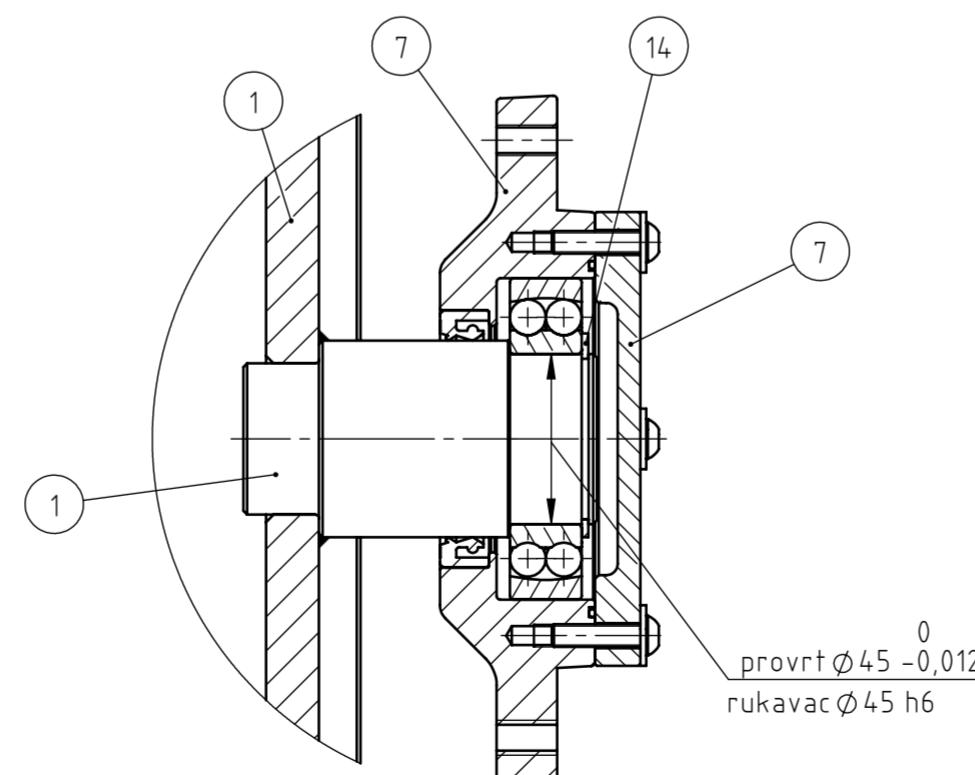
Detalj X  
M 1 : 2

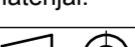


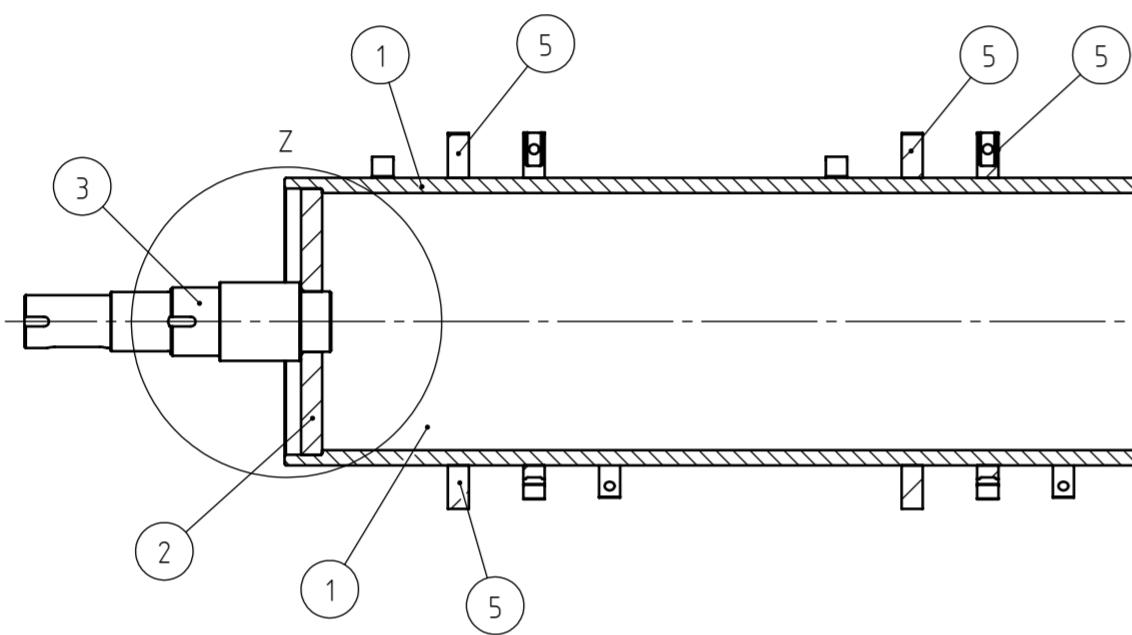
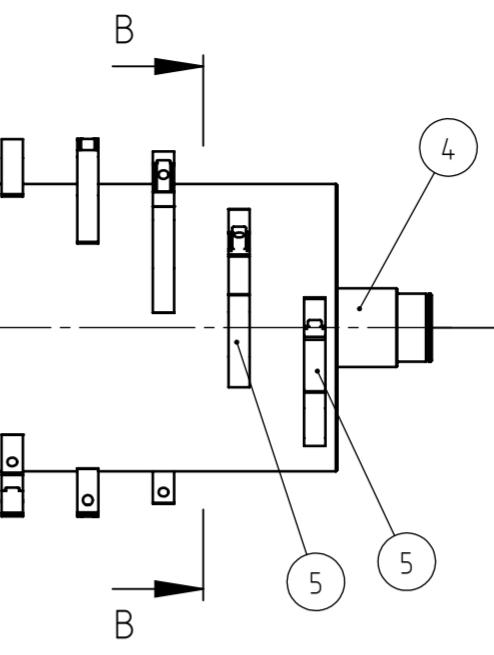
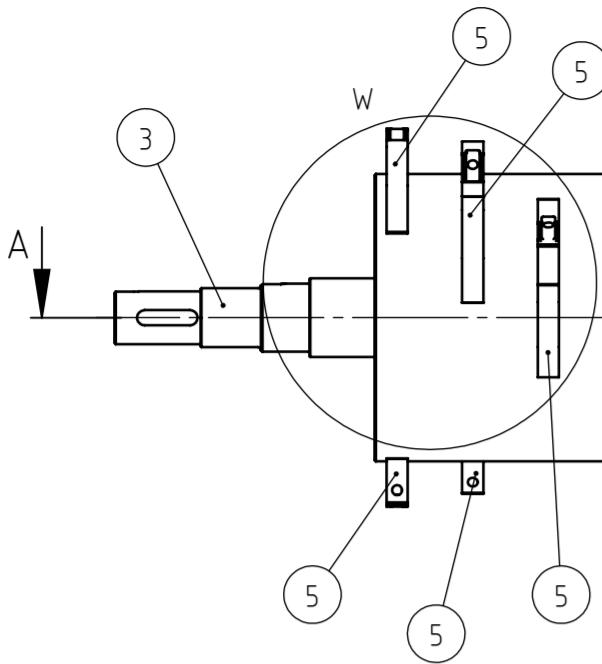
## Detalj Z



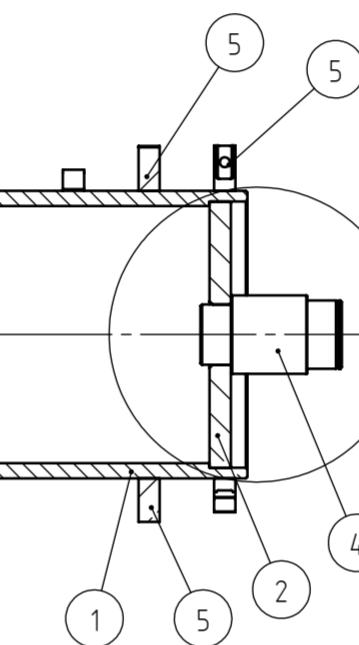
Detalj Y  
M 1 : 2



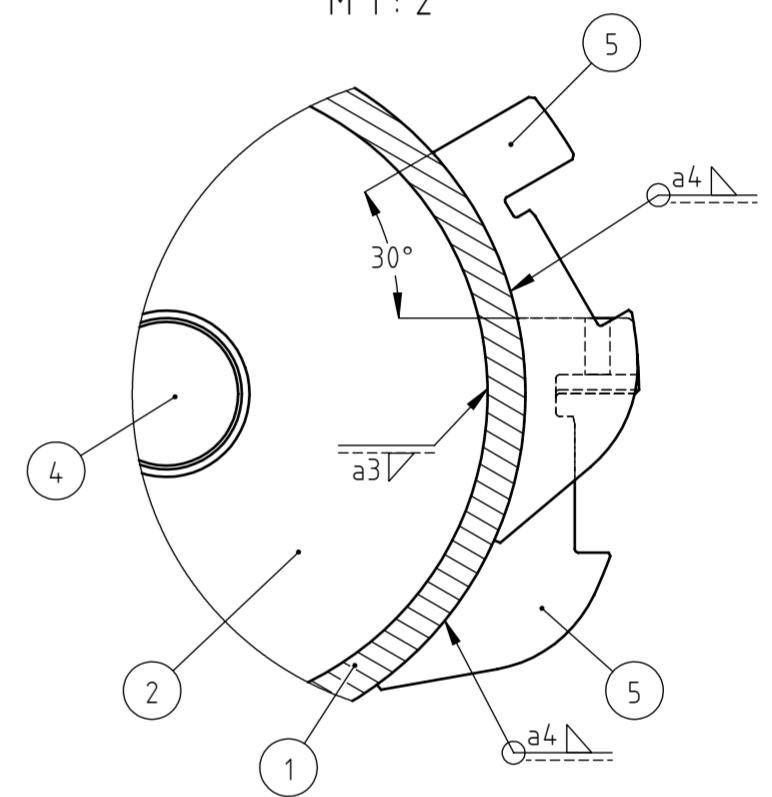
14	Uskočnik 45		1	DIN 471	čelik		7 g
13	Matica KM9		1	SKF KM9	čelik	SKF	110 g
12	Osiguravajuci lim MB9		1	SKF MB9	čelik	SKF	15 g
11	Pero A10×8×40		1	DIN 6885	A2 inox		24 g
10	Osiguravajuci lim MB7		1	SKF MB7	čelik	SKF	11 g
9	Matica KM7		1	SKF KM7	čelik	SKF	59 g
8	Remenica d140		1	PHP4SPB140TB		SKF	5,7 kg
7	Sklop desnog ležajnog mj. bubnja		1	1/18-1-07-00		Ø 182×58	4,7 kg
6	Sklop lijevog ležajnog mj. bubnja		1	1/18-1-06-00		Ø 182×61	4,21 kg
5	Matica M6		68	ISO 4032	8		3 g
4	Podložna pločica M6 – nož		68	ISO 7089	A2 inox		1 g
3	Vijak M6 x 35		68	ISO 10642	8.8		9 g
2	Nož		68	1/18-1-02-00	C15	20 × 30 × 20	28 g
1	Bubanj s vratilima		1	1/18-1-01-00	S235JRG2	Ø 190 × 1915	100 kg
Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime		Potpis	 FSB Zagreb	
Projektirao		6.12.2017.	Tomislav Kežman				
Razradio		6.12.2017.	Tomislav Kežman				
Crtao		16.12.2017.	Tomislav Kežman				
Pregledao		18.12.2017.	Dr. sc. Neven Pavković				
Mentor			Dr. sc. Neven Pavković				
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:			
10 P9/h11	+0,075					R. N. broj:	
	-0,051						
Ø 35 H7/h6	+0,041	Napomena:				Kopija	
	0						
Ø 45 h6	0	Materijal:		Masa: 115,1 kg			
	-0,016						
				Naziv:		Pozicija:	
				Sklop bubnja		1	
		Mjerilo originala				Format: A2	
		1:5		Crtež broj:		Listova: 1	
				1/18-1-00-00		List: 1	



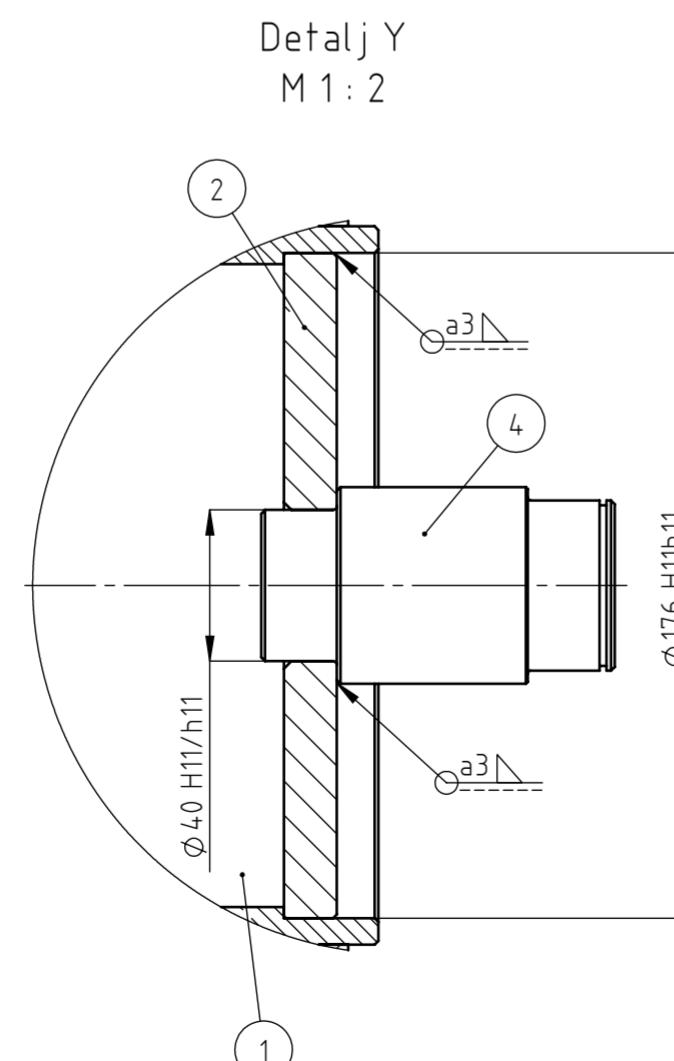
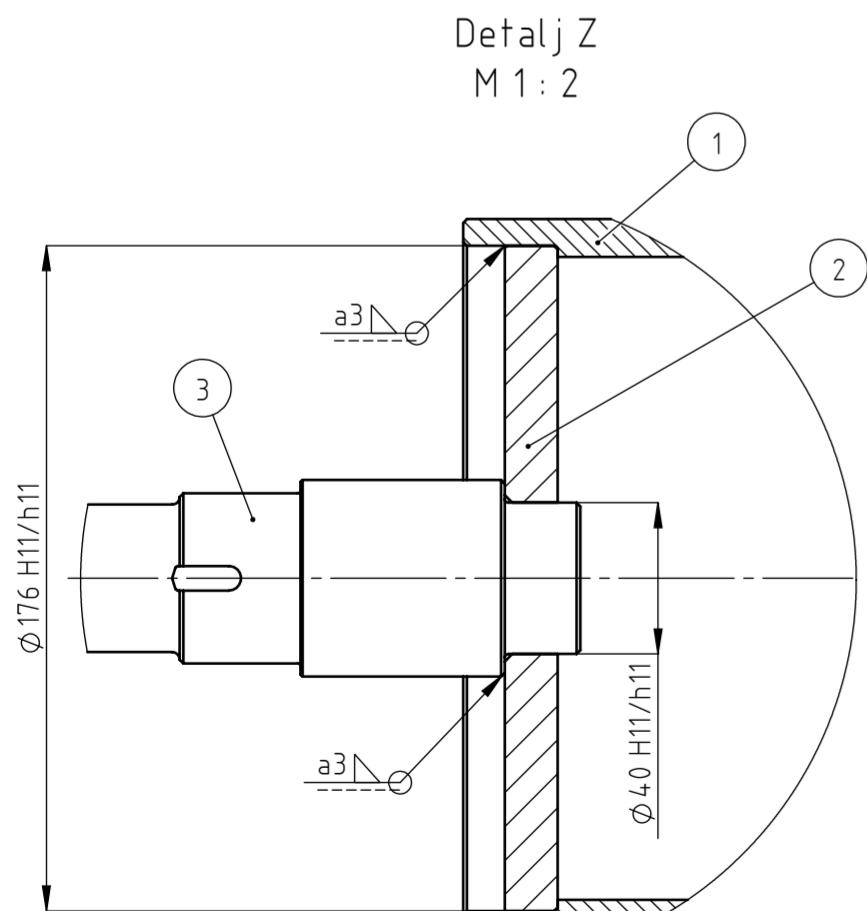
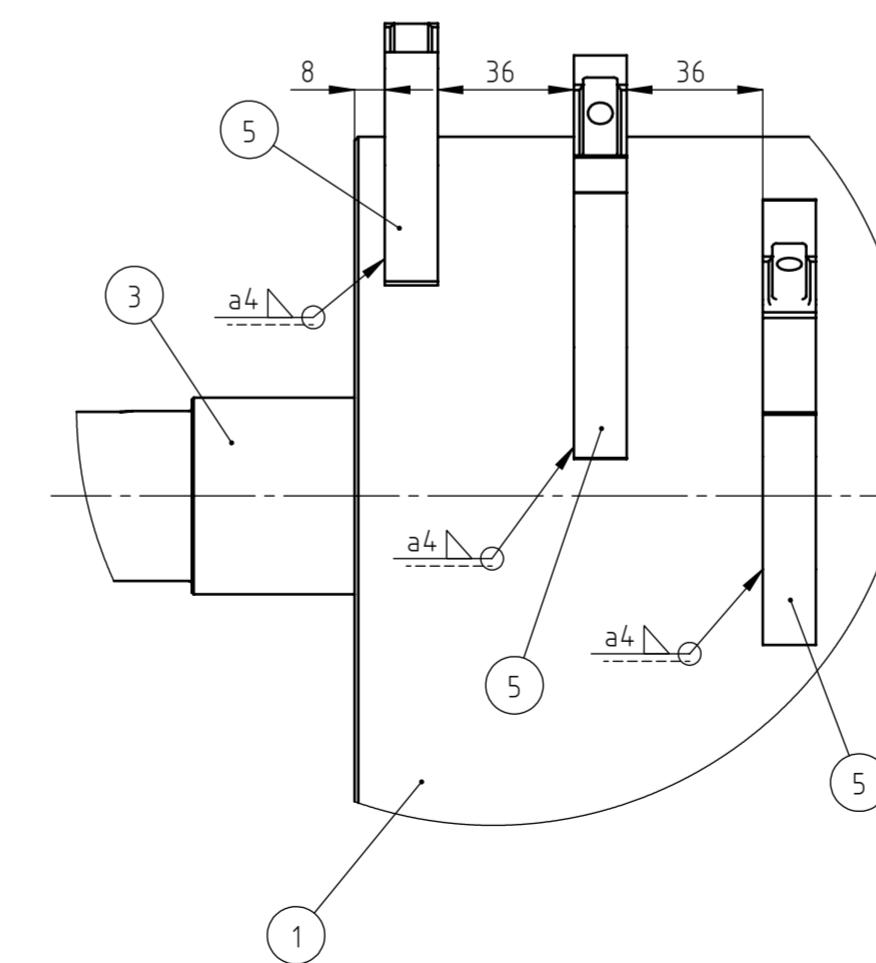
A-A



Detalj X  
M 1: 2

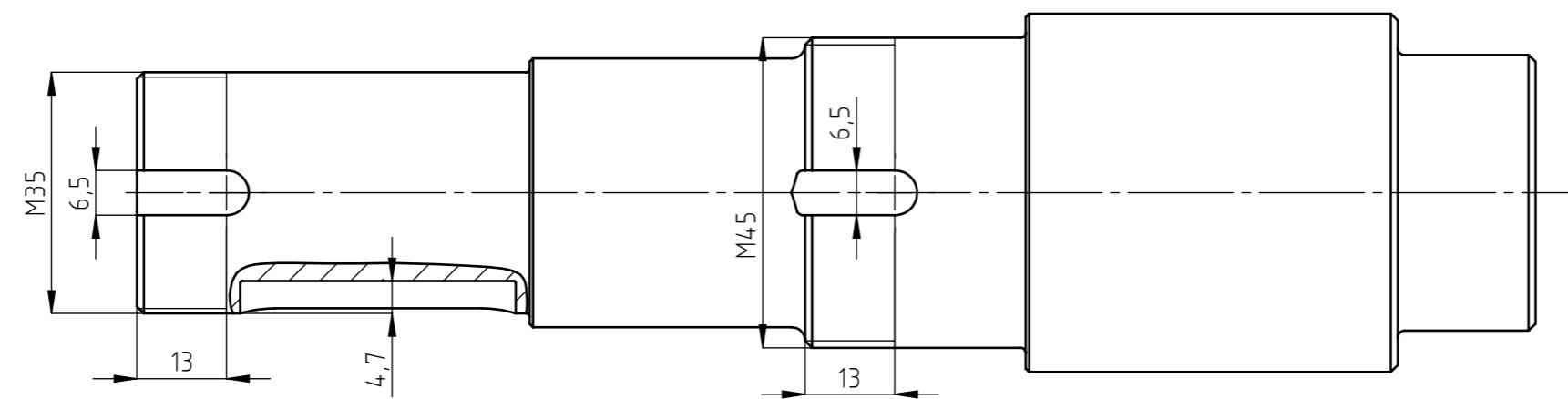
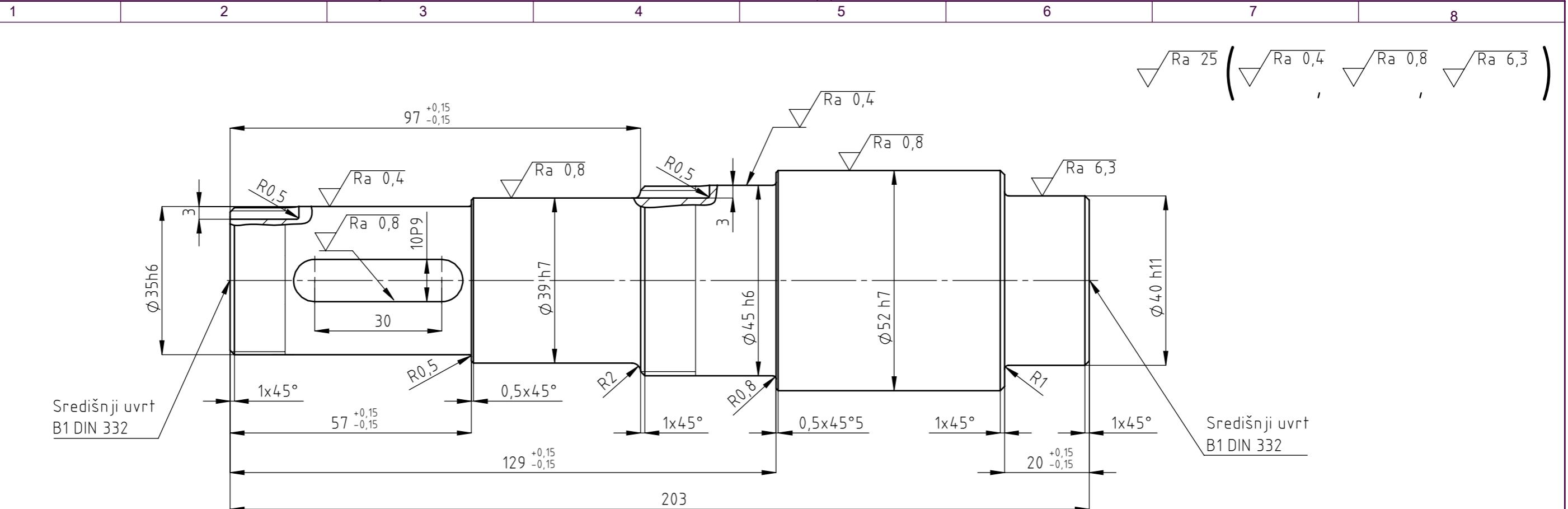


Detalj W  
M 1: 2



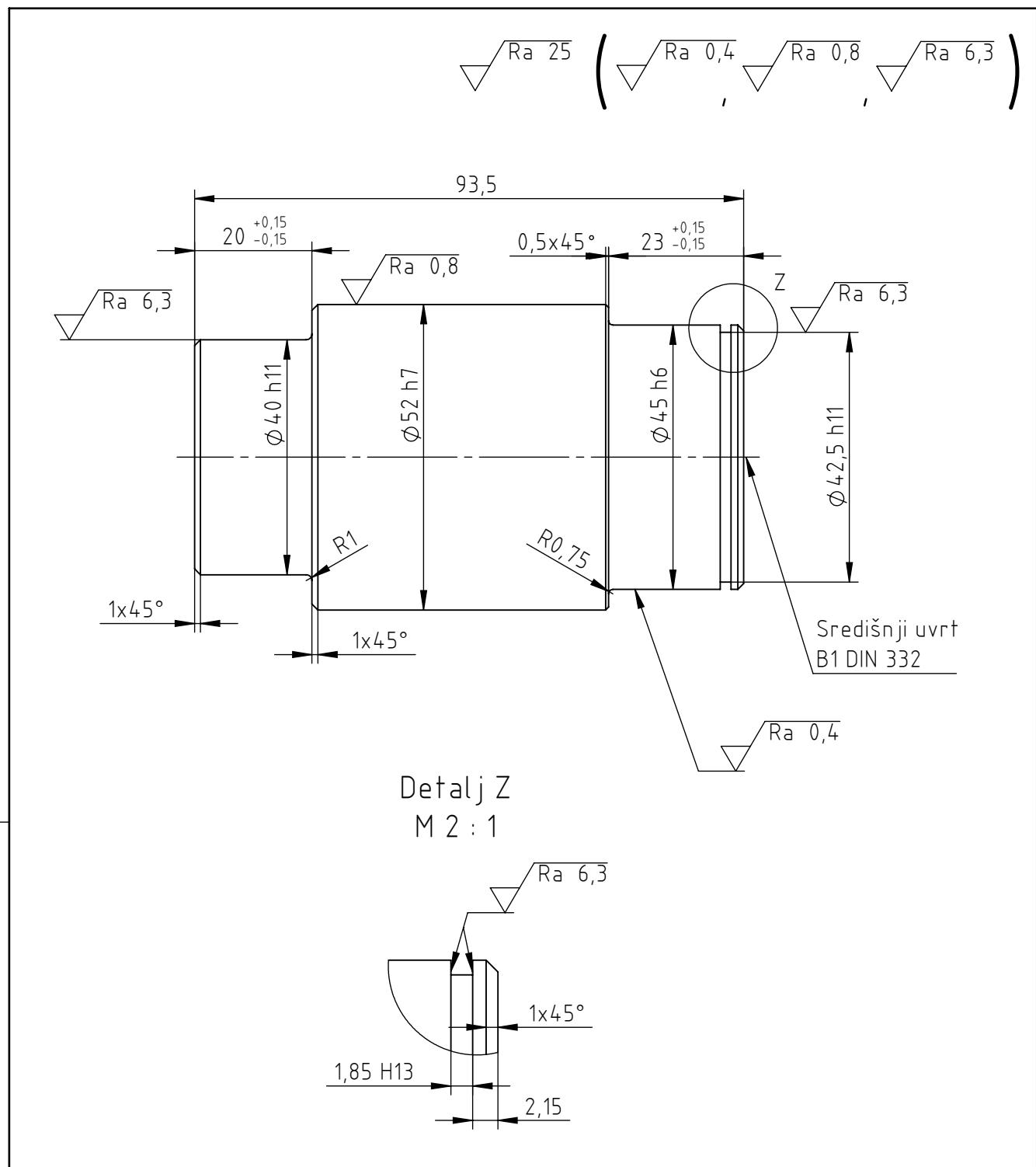
NAPOMENA: U istoj ravnini (okomitoj na papir) nalaze se dva nosača noža (poz. 5). Sljedeća dva noža udaljena su 36 mm (detalj W) i zakrenuta za 30° (detalj X).

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
5	Nosač noža	68	1/18-1-01-05	S235JRG2	100 x 70 x 14	250 g
4	Desna osovina bubnja	1	1/18-1-01-04	S235JRG2	Ø 55 x 95	1,33 kg
3	Lijevo vratilo bubnja	1	1/18-1-01-03	S235JRG2	Ø 55 x 205	2,3 kg
2	Prirubnica bubnja	2		S235JRG2	Ø 178 x 14	2,55 kg
1	Bubanj	1		S235JRG2	Ø 190 x 10 x 1680	74,4 kg
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis		
Projektirao 3.12.2017.		Razradio 4.12.2017.	Tomislav Kežman			
Crtao 16.12.2017.		Pregledao 18.12.2017.	Tomislav Kežman			
Mentor Dr. sc. Neven Pavković						
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:		
Ø 40 H11/h11 +0,320 0						
Ø 176 H11/h11 +0,500 0		Napomena:				
Materijal: S235JRG2		Masa: 100 kg				
Mjerilo originala 1:5		Naziv: Bubanj s vratilima	Pozicija: 1			
Crtež broj: 1/18-1-01-00						
Listova: 1						
Format: A2						
Kopija						



Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao		Tomislav Kežman	
Razradio	4.12.2017.	Tomislav Kežman	
Crtao	16.12.2017.	Tomislav Kežman	
Pregledao	18.12.2017.	Dr. sc. Neven Pavković	
Mentor		Dr. sc. Neven Pavković	
ISO - tolerancije	Objekt:	Objekt broj:	
10 P9	-0,015 -0,051		
φ35 h6	0 -0,016	Napomena:	
φ39 h7	0 -0,025	Materijal: S235JRG2	Masa: 2,3 kg
φ40 h11	0 -0,160		
φ45 h6	0 -0,016		
φ52 h7	0 -0,030		
Mjerilo originala	Naziv: Lijevo vratilo bubnja	Pozicija: 3	
	1:1	Format:A3	
		Listova: 1	
			List: 1

 FSB Zagreb



Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Projektirao	2.12.2017.	Tomislav Kežman		
	Razradio	4.12.2017.	Tomislav Kežman		
	Crtao	14.12.2017.	Tomislav Kežman		
	Pregledao	18.12.2017.	Dr. sc. Neven Pavković		

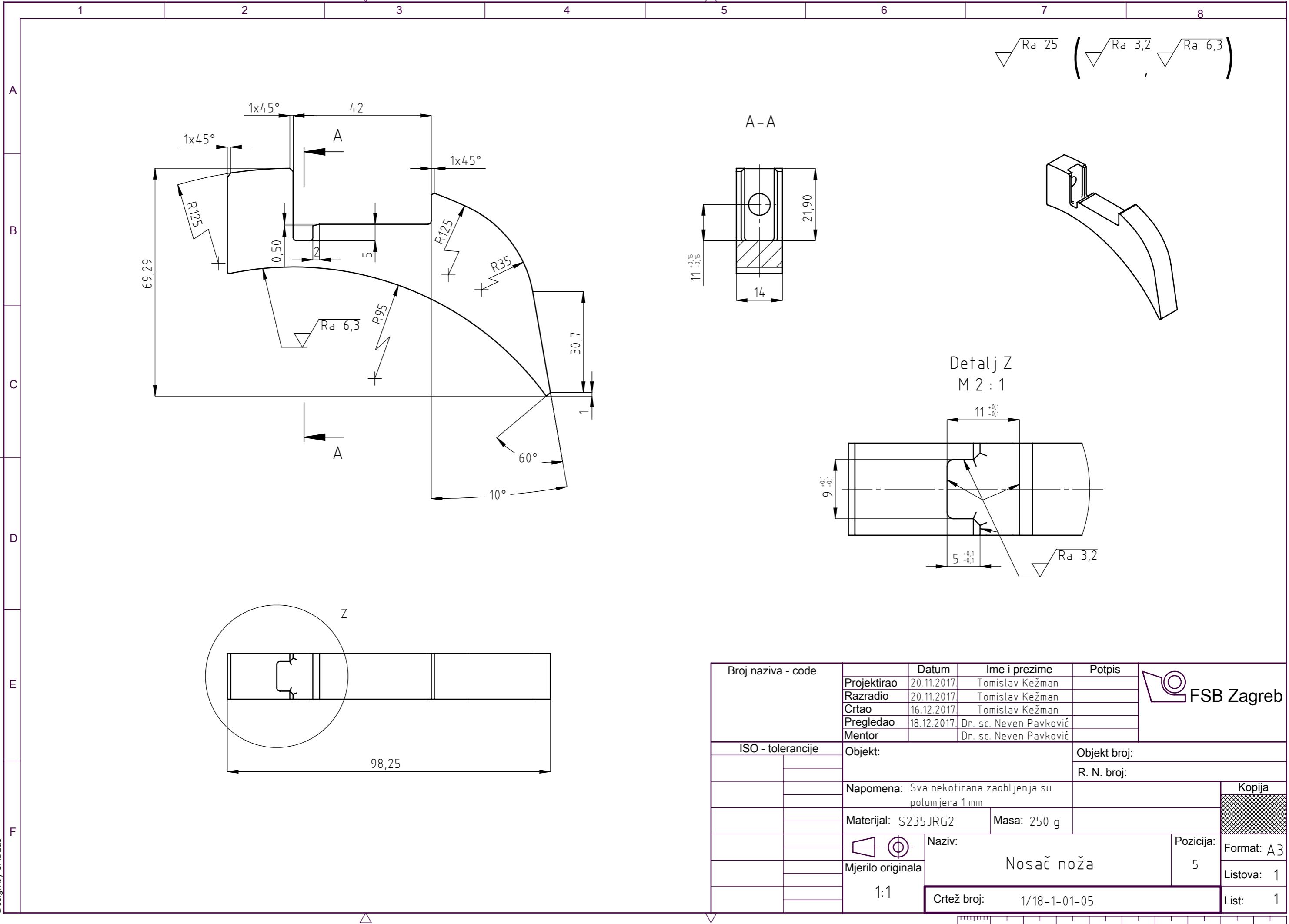
  

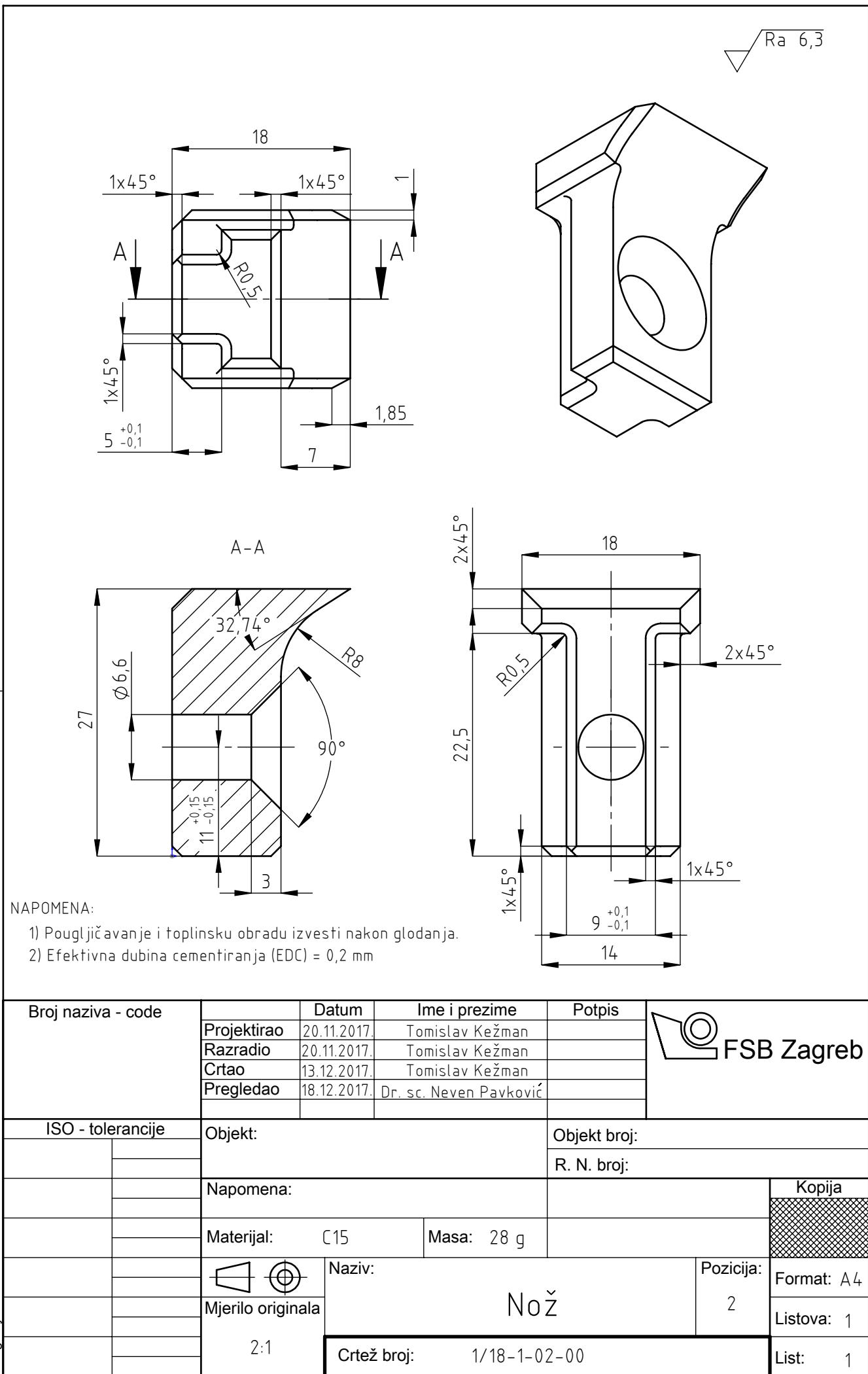
ISO - tolerancije		Objekt:	Objekt broj:	
1,85	H13	+0,060		
		0		
$\phi 40$	h11	0		R. N. broj:
		-0,160		
$\phi 42,5$	h11	0		Kopija
		-0,160		
$\phi 45$	h6	0		
		-0,016		
$\phi 52$	h7	0		
		-0,030		

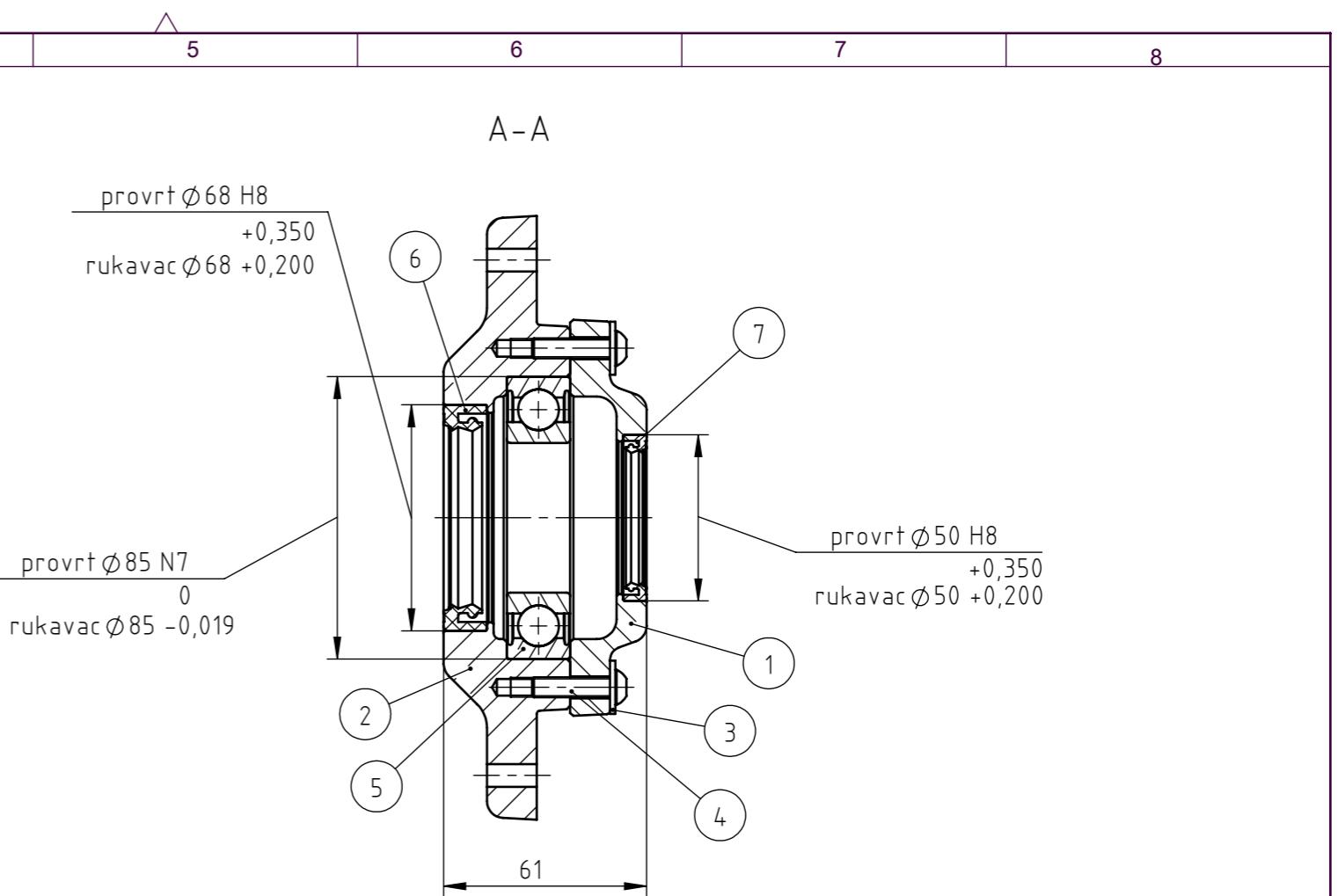
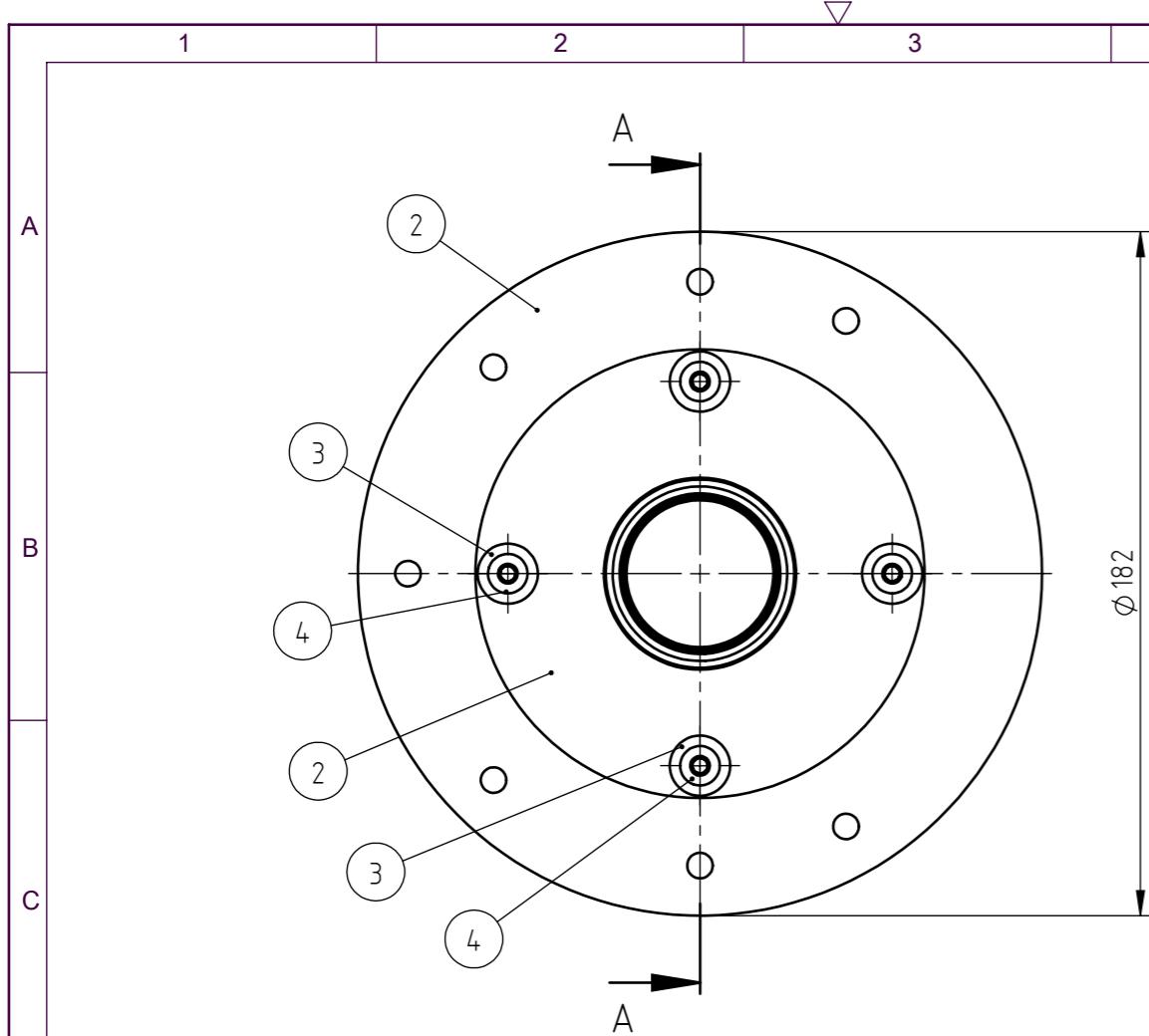
  

Design by CADLab	Mjerilo originala	Naziv:	Pozicija:	Format:
				A4
		Desna osovina bubnja	4	
	1:1	Ortež broj:	1/18-1-01-04	List: 1

1 2 3 4 5 6 7 8







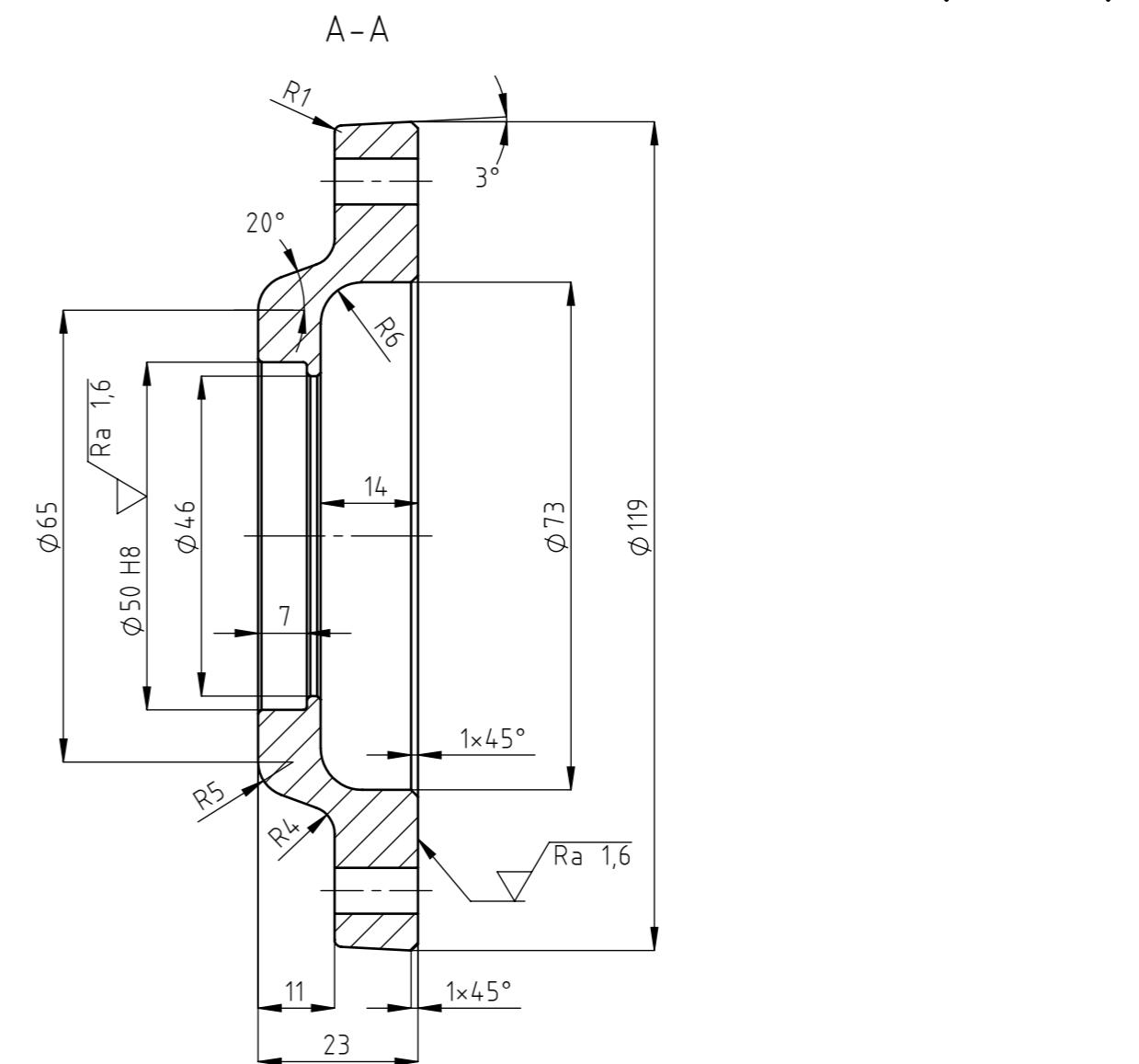
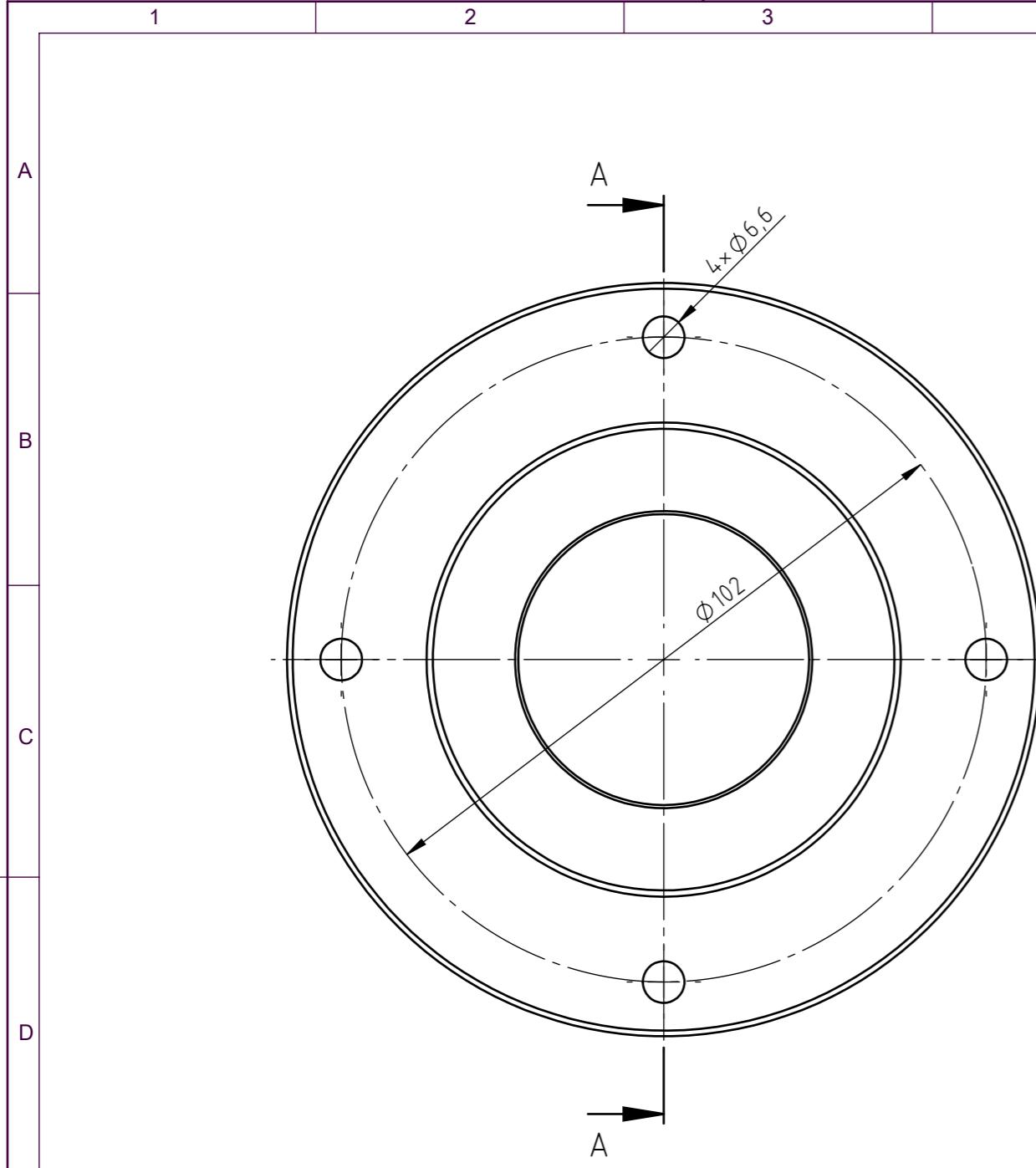
7	Radijalna brtva d39	1	SKF 15451	NBR	SKF	5 g
6	Radijalna brtva d52	1	SKF 20428	NBR	SKF	15 g
5	Ležaj 6209	1	SKF 6209		SKF	420 g
4	Vijak M6×25	4	ISO 7380	8.8		7 g
3	Podložna pločica M6	4	ISO 10669	A2 inox		2 g
2	Lijevo ležajno mjesto bubenja	1	1/18-1-06-02	EN-GJL200S	Ø 182×40	3,22kg
1	Ljevi poklopac vratila	1	1/18-1-06-01	EN-GJL200S	Ø 120×25	847 g

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvodač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis		
	Projektirao	5.12.2017.	Tomislav Kežman			
	Razradio	6.12.2017.	Tomislav Kežman			
	Crtao	16.12.2017.	Tomislav Kežman			
	Pregledao	3.1.2018.	Dr. sc. Neven Pavković			
	Mentor		Dr. sc. Neven Pavković			

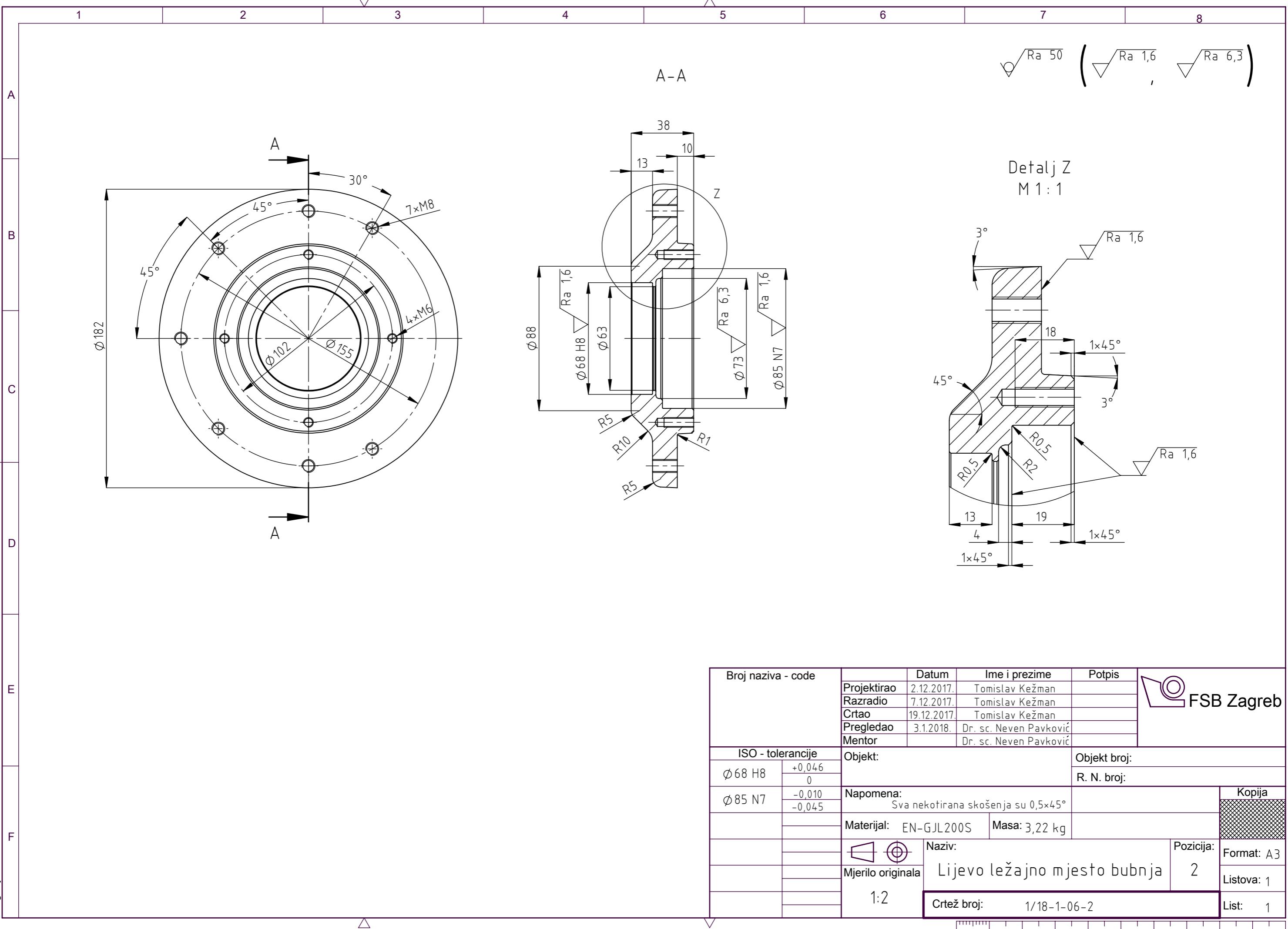
FSB Zagreb

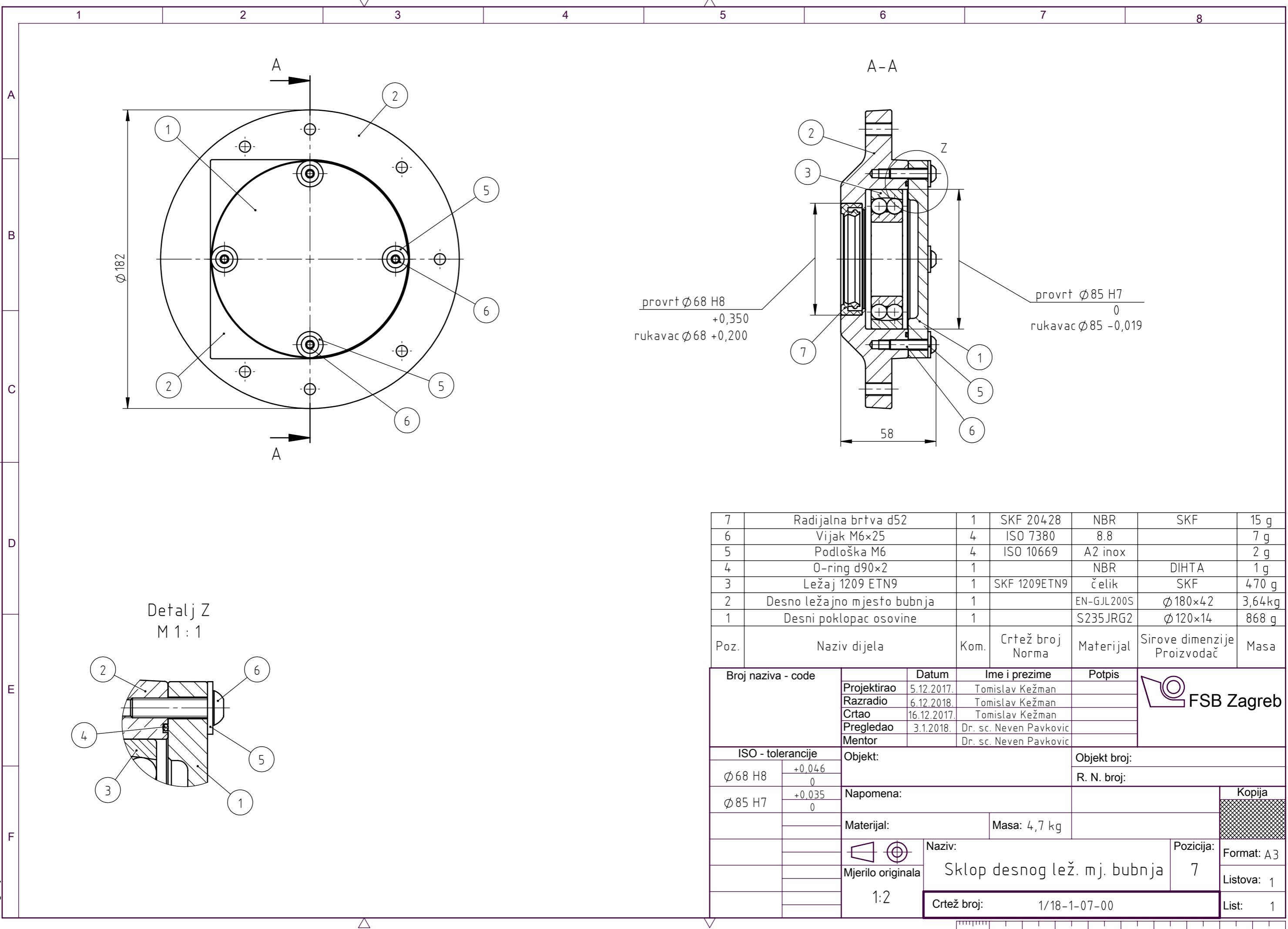
ISO - tolerancije		Imenik	DT. SC. Neven PAVRUVIC			
$\phi 50$ H8	+0,039	Objekt:		Objekt broj:		
	0			R. N. broj:		
$\phi 68$ H8	+0,046	Napomena:				Kopija
	0					
$\phi 85$ N7	-0,010	Materijal:	Masa: 4,21 kg			
	-0,045					
			Naziv:	Sklop lijevog ležajnog mj. bubnja	Pozicija: 6	Format: A3
		Mjerilo originala 1:2	Crtež broj:	1/18-1-06-00	Listova: 1	

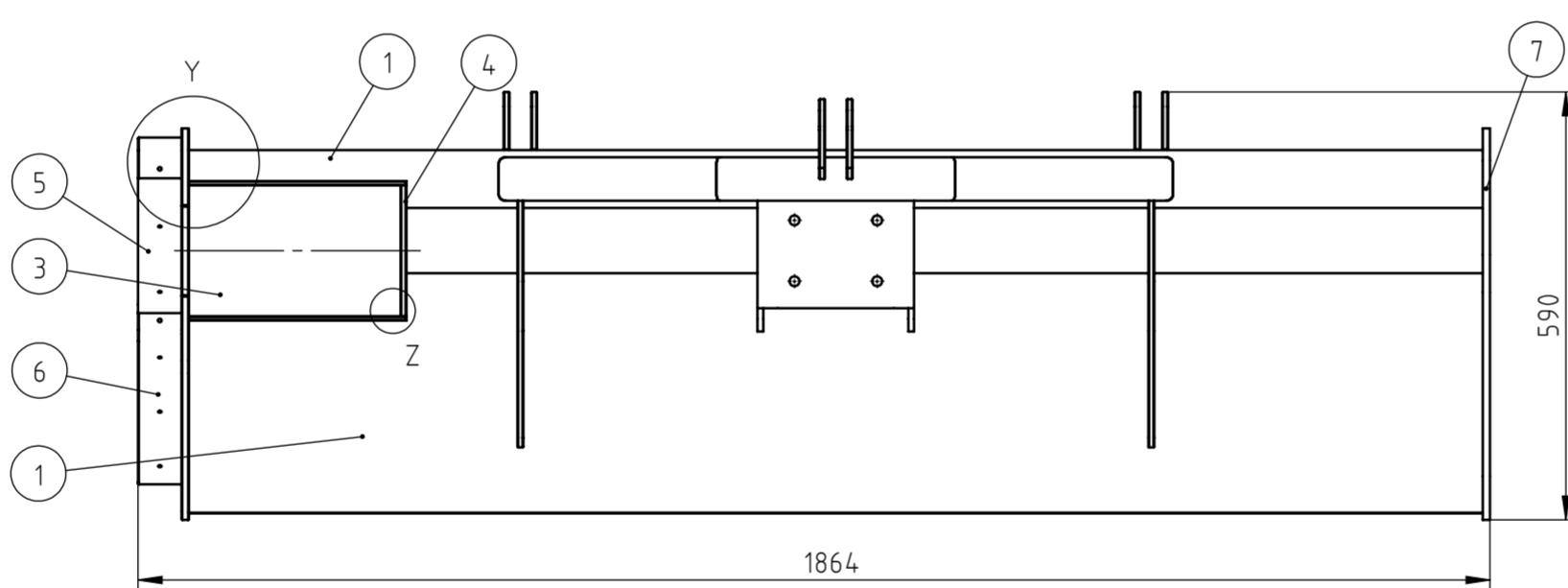
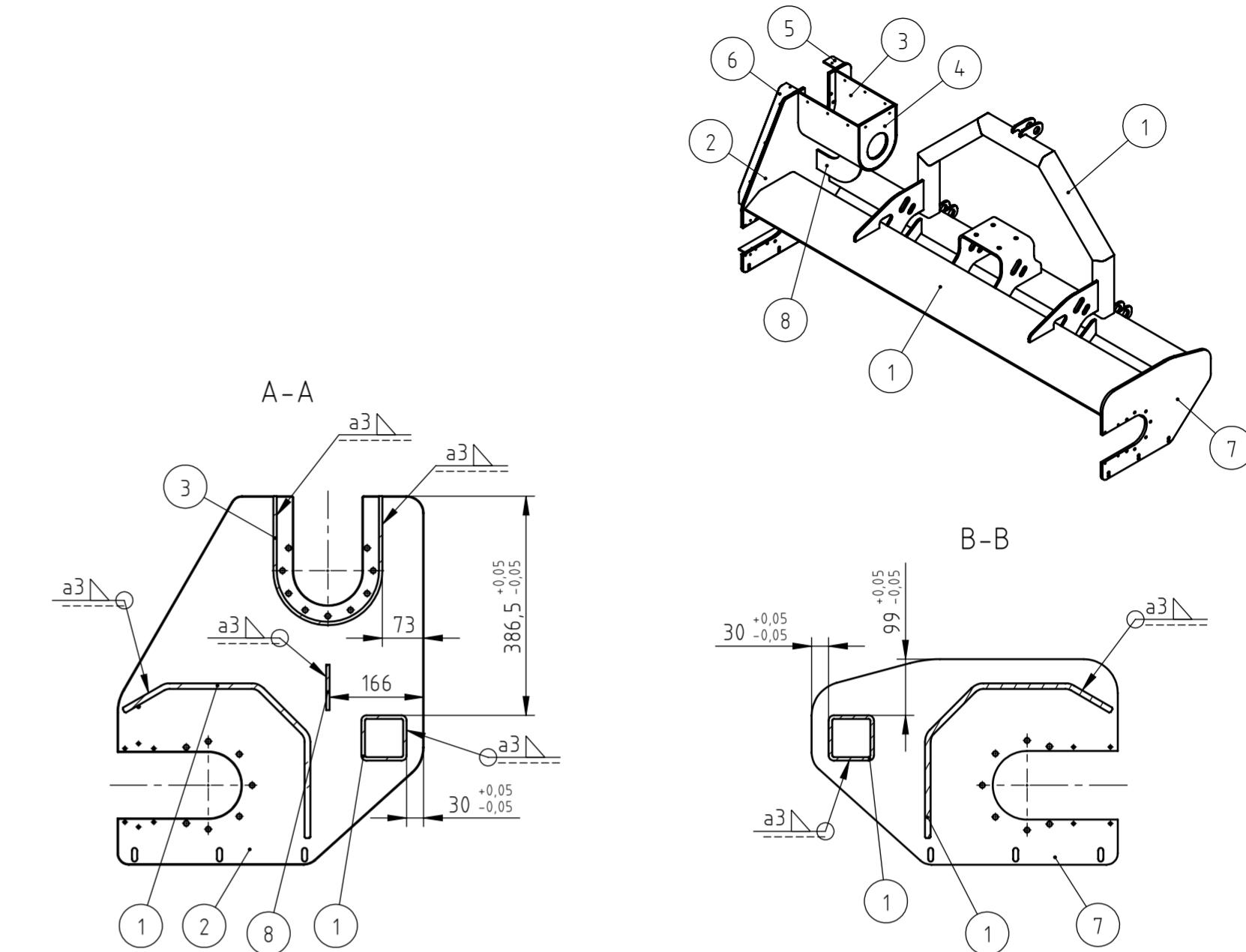
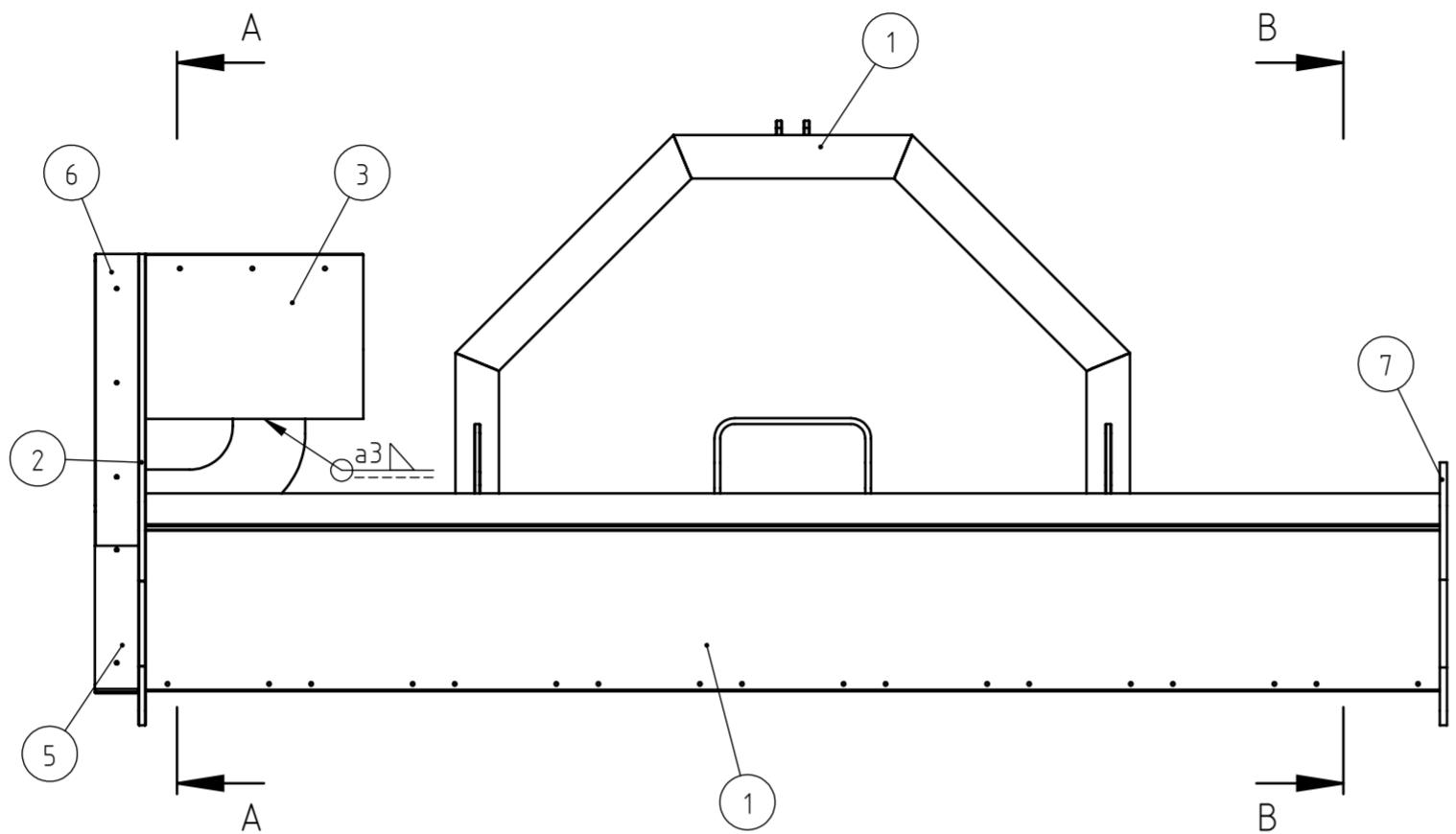
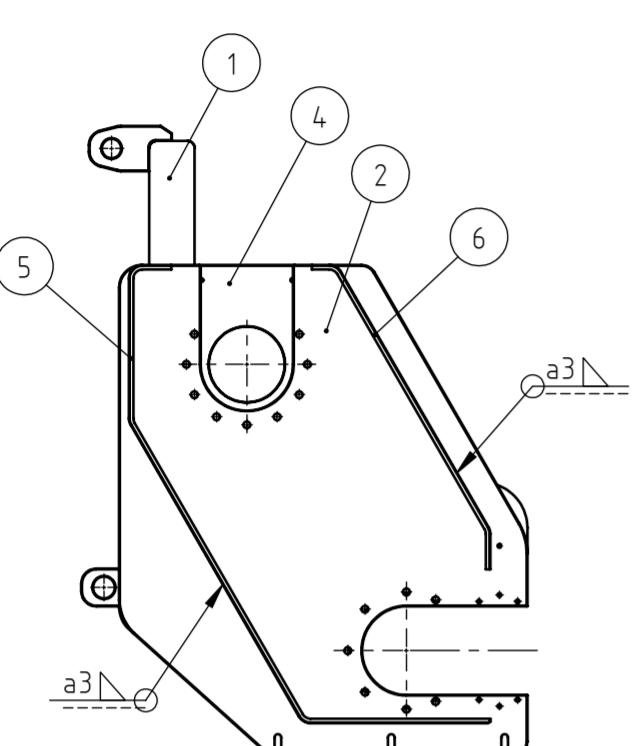
1 2 3 4 5 6 7 8



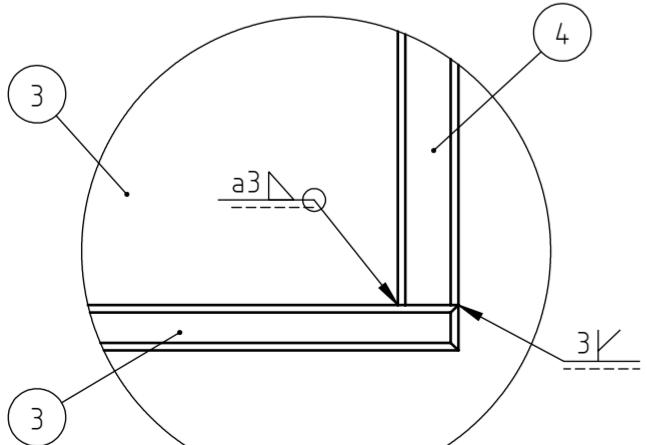
Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	3.12.2017.	Tomislav Kežman	
Razradio	8.12.2017.	Tomislav Kežman	
Crtao	19.12.2017.	Tomislav Kežman	
Pregledao	3.1.2018.	Dr. sc. Neven Pavković	
Mentor		Dr. sc. Neven Pavković	
ISO - tolerancije	Objekt:	Objekt broj:	
$\phi 50 H8$	$+0,039$		
	0	R. N. broj:	
	Napomena: Sva nekotirana skošenja su $0,5 \times 45^\circ$ .		Kopija
	Materijal: EN-GJL200S	Masa: 847 g	
	Naziv:	Pozicija:	
	Lijevi poklopac vratila	1	Format: A3
Mjerilo originala			Listova: 1
1:1			List: 1
	Crtež broj: 1/18-1-06-01		



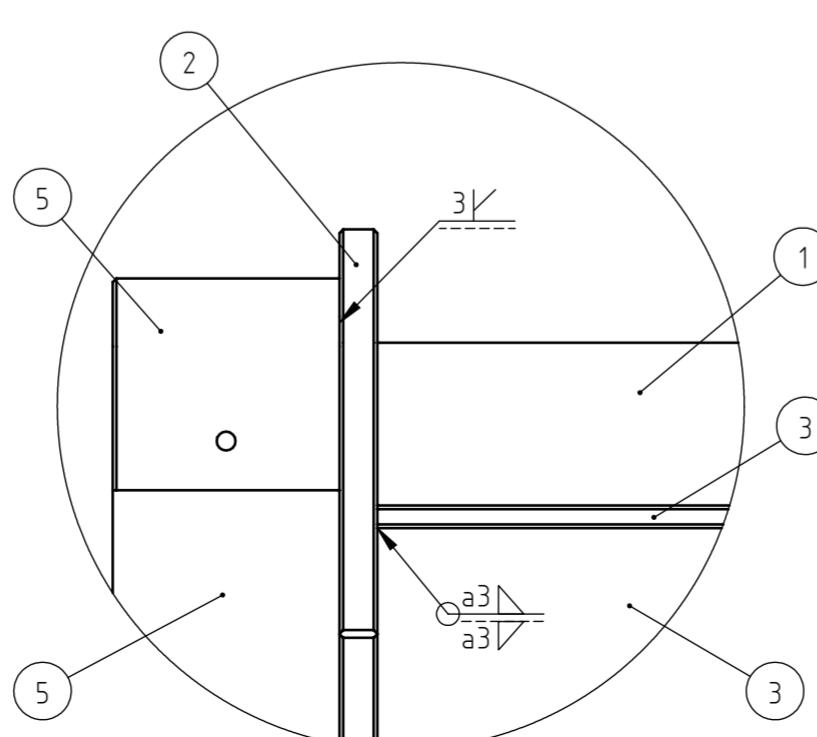




## Detalj Z



Detalj Y  
M 1 : 2

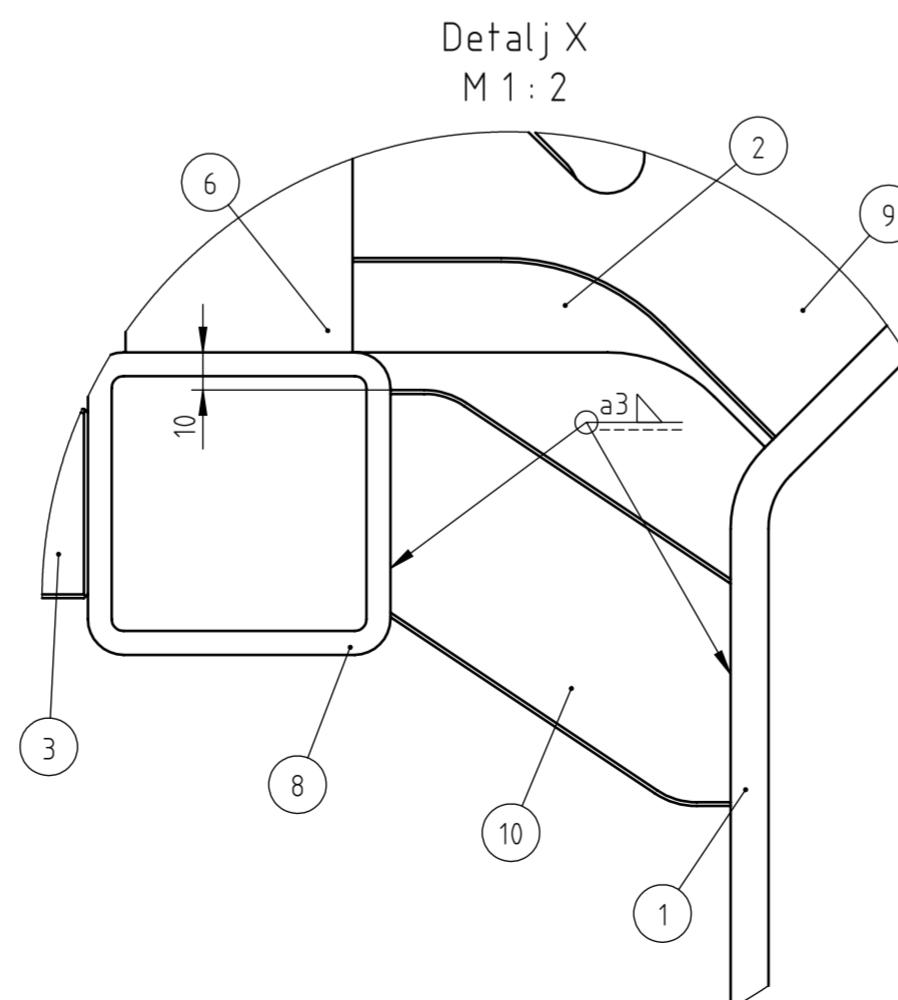
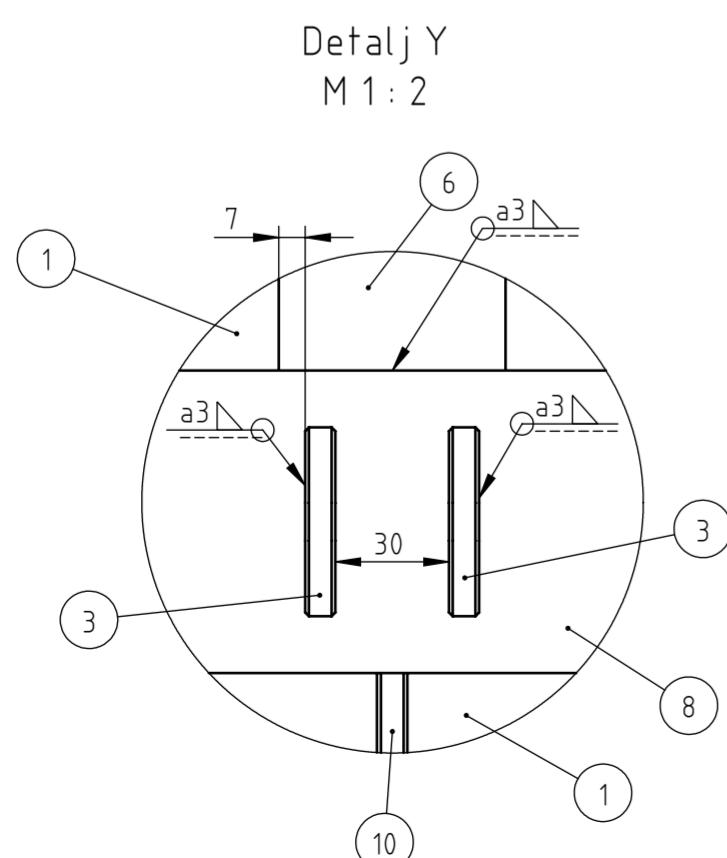
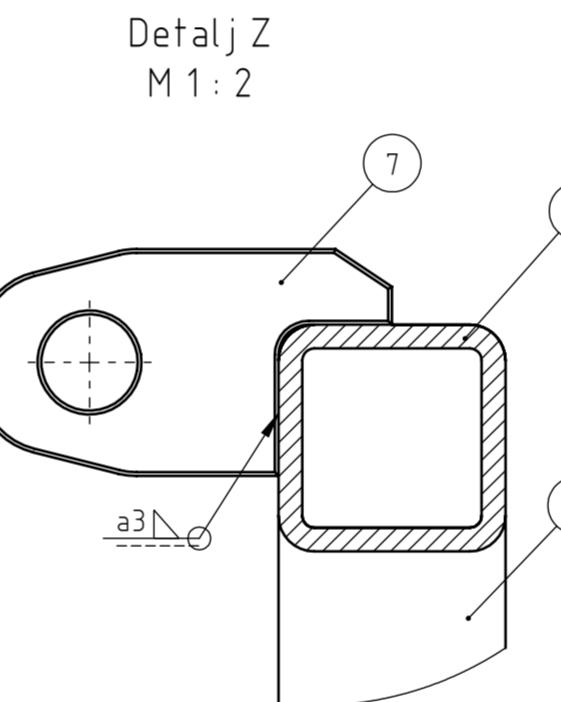
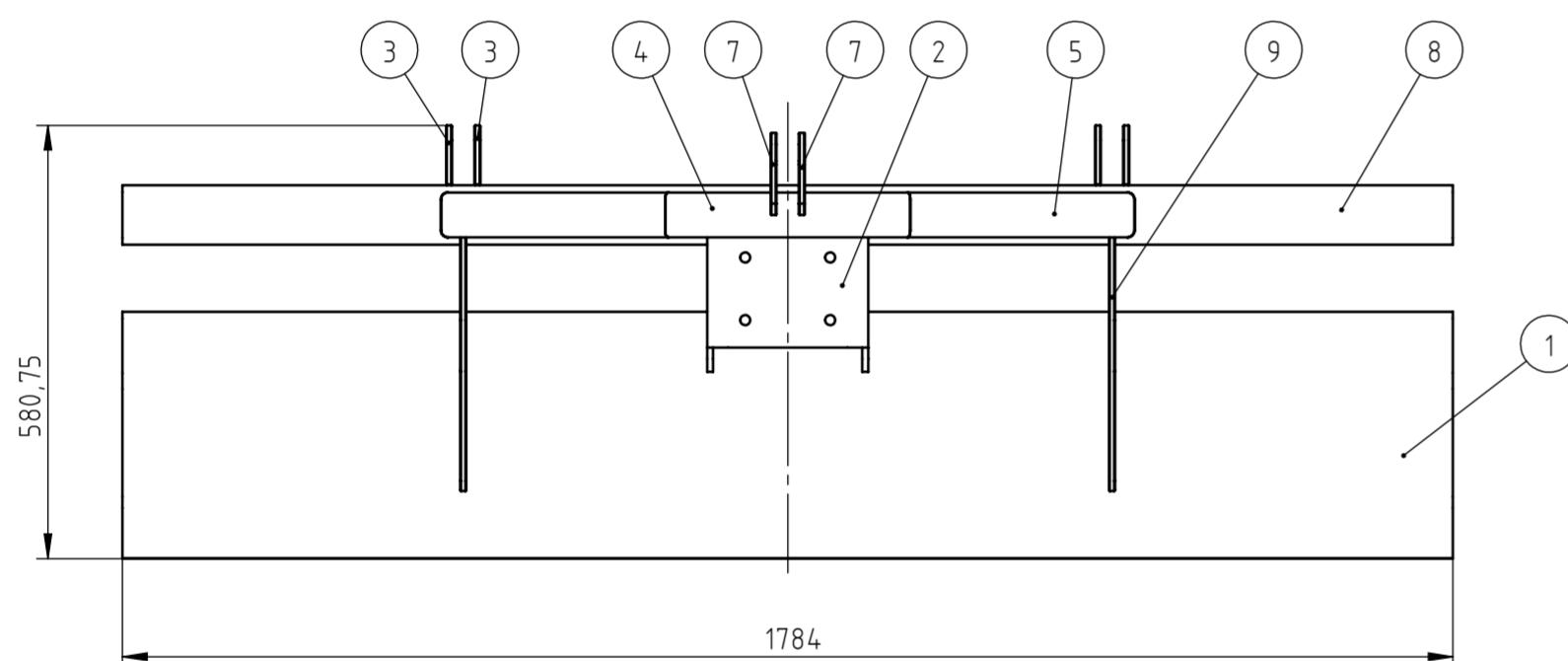
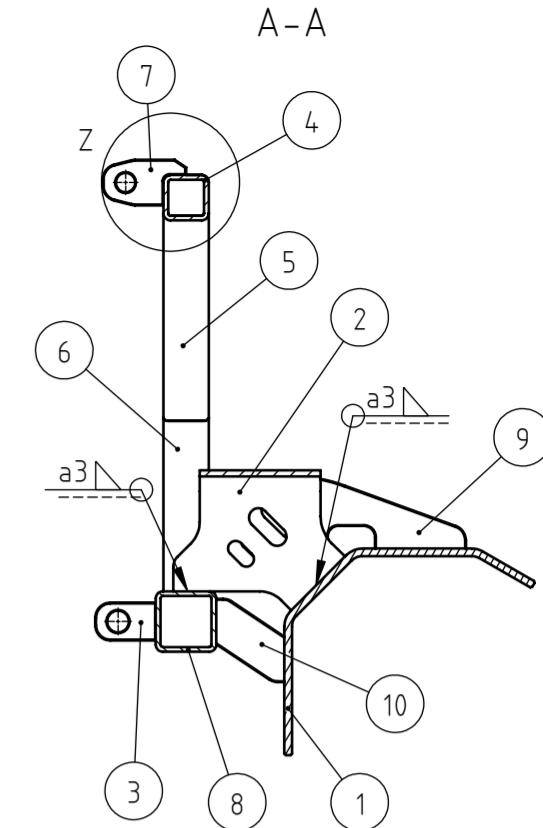
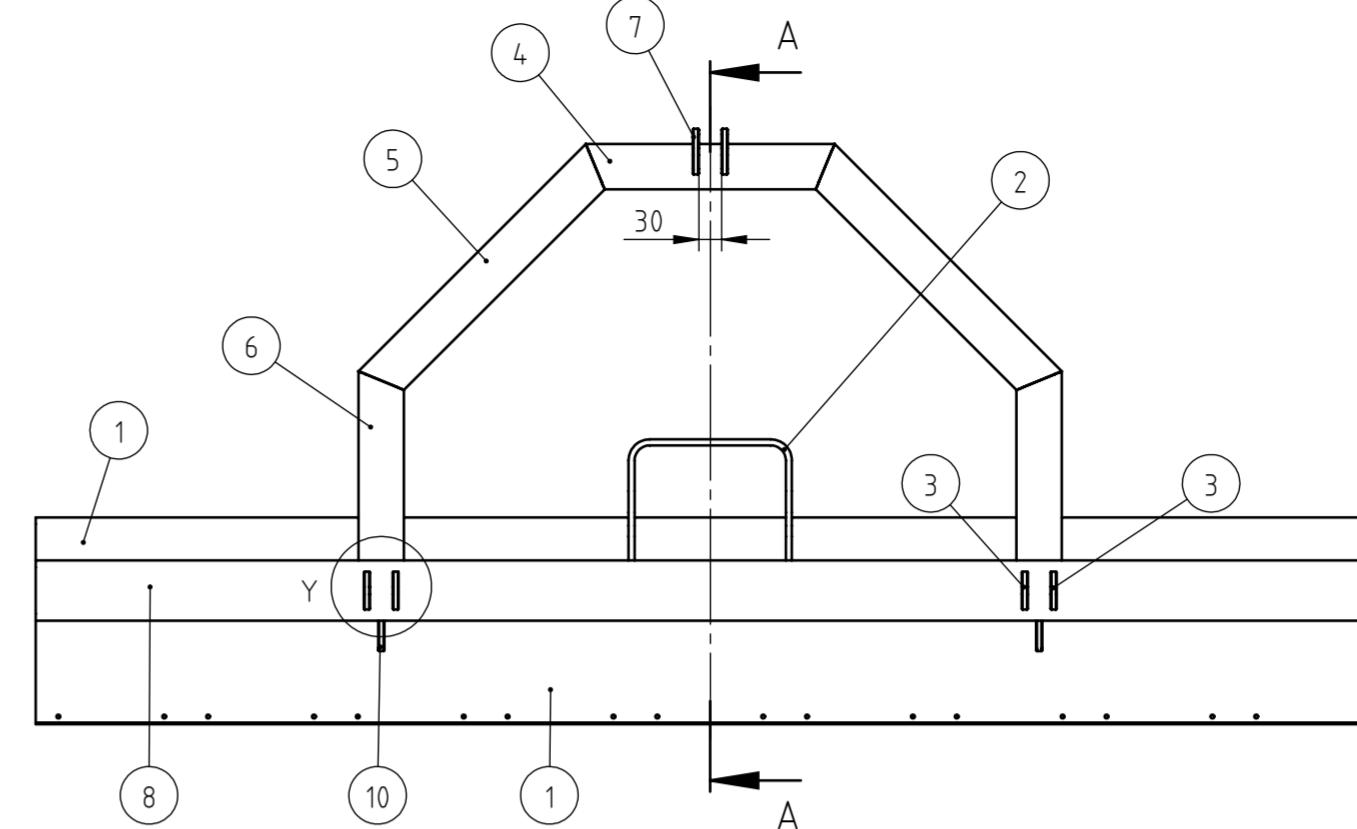
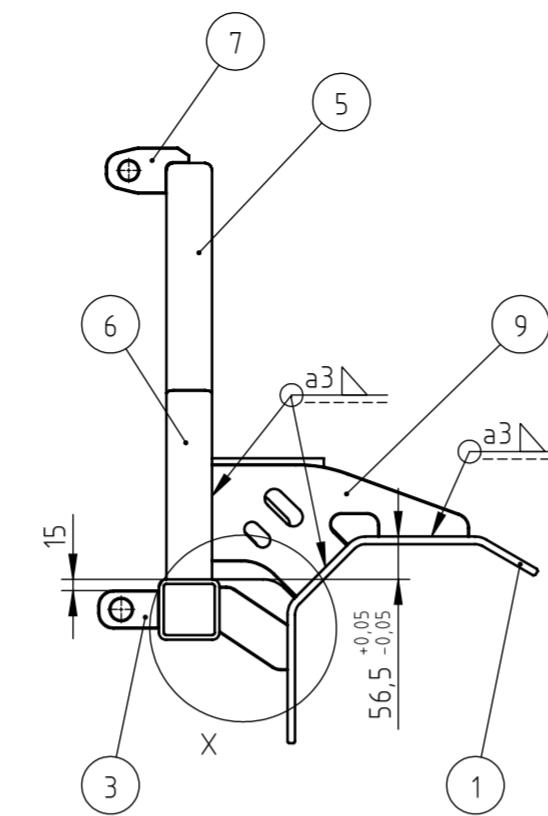
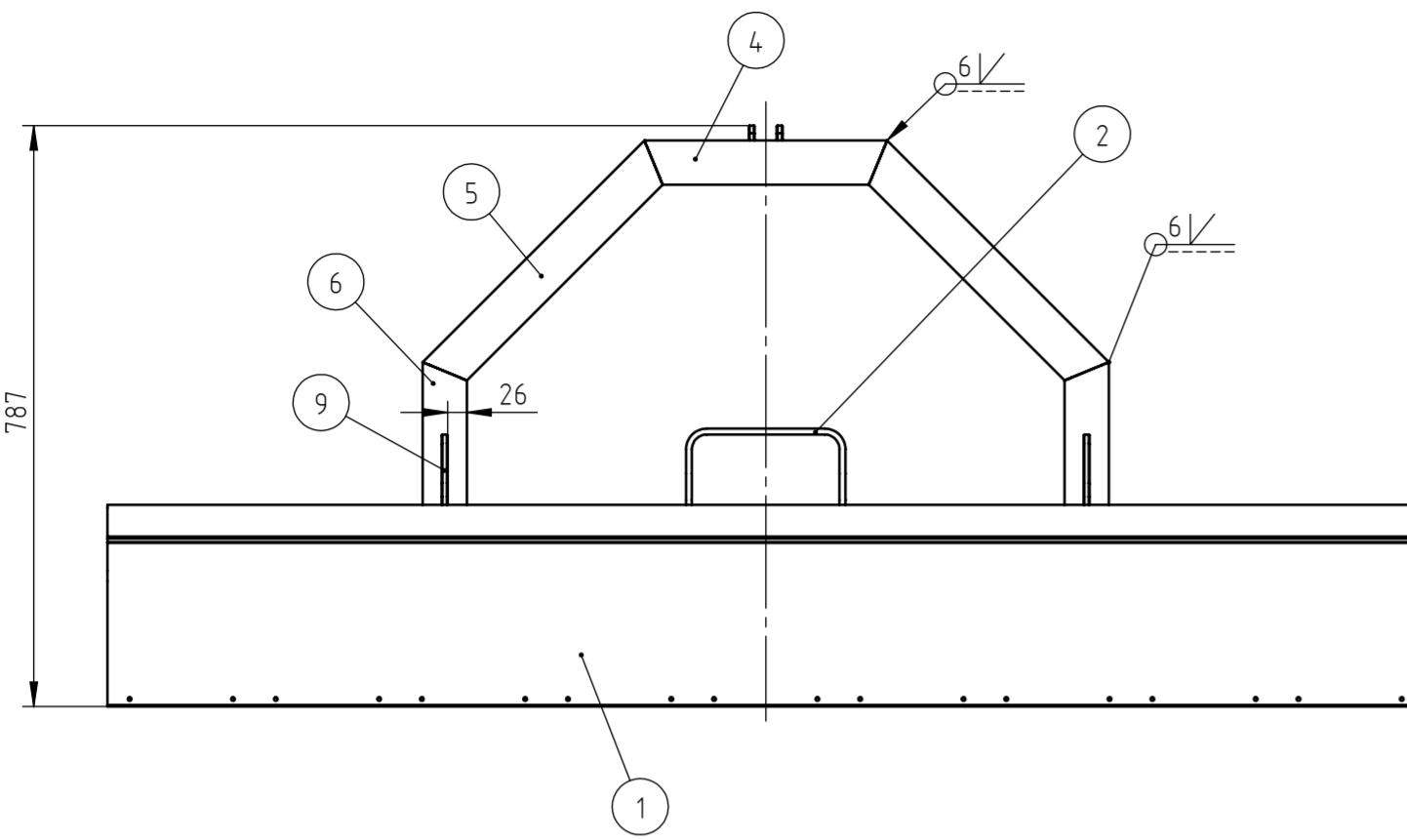


8	Rebro 3	1		S235JRG2	6×150×220	1,02kg
7	Desna stranica	1	1/18-2-07-00	S235JRG2	363×540×10	11,44kg
6	Rebro 2 pogonske strane	1		S235JRG2	6×60×479	1,37kg
5	Rebro 1 pogonske strane	1		S235JRG2	6×60×943	2,7 kg
4	Dio kućišta spojke	1		S235JRG2	8×220×180	1,78kg
3	Kućište spojke	1		S235JRG2	300×228×192	7,9 kg
2	Lijeva stranica	1		S235JRG2	10×540×650	19,52kg
1	Nosač malčera - podsklop	1	1/18-2-01-00	S235JRG2	787×581×1784	129,7kg

Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime		Potpis		
	Projektirao	4.12.2017.	Tomislav Kežman				
	Razradio	12.12.2017.	Tomislav Kežman				
	Crtao	25.12.2017.	Tomislav Kežman				
	Pregledao	3.1.2018.	Dr. sc. Neven Pavkovic				
	Mentor						

PROIZVODAC  
 ESB Zagreb

ISO - tolerancije	Objekt:		Objekt broj:	
			R. N. broj:	
	Napomena:			Kopija
	Materijal: S235JRG2		Masa: 175,4 kg	
		Naziv: Nosač malčera	Pozicija: 2	Format: A2
	Mjerilo originala			Listova: 1
	1:10	Crtež broj: 1/18-2-00-00		List: 1



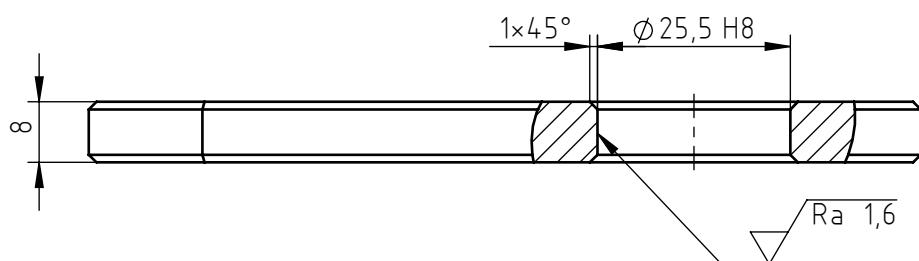
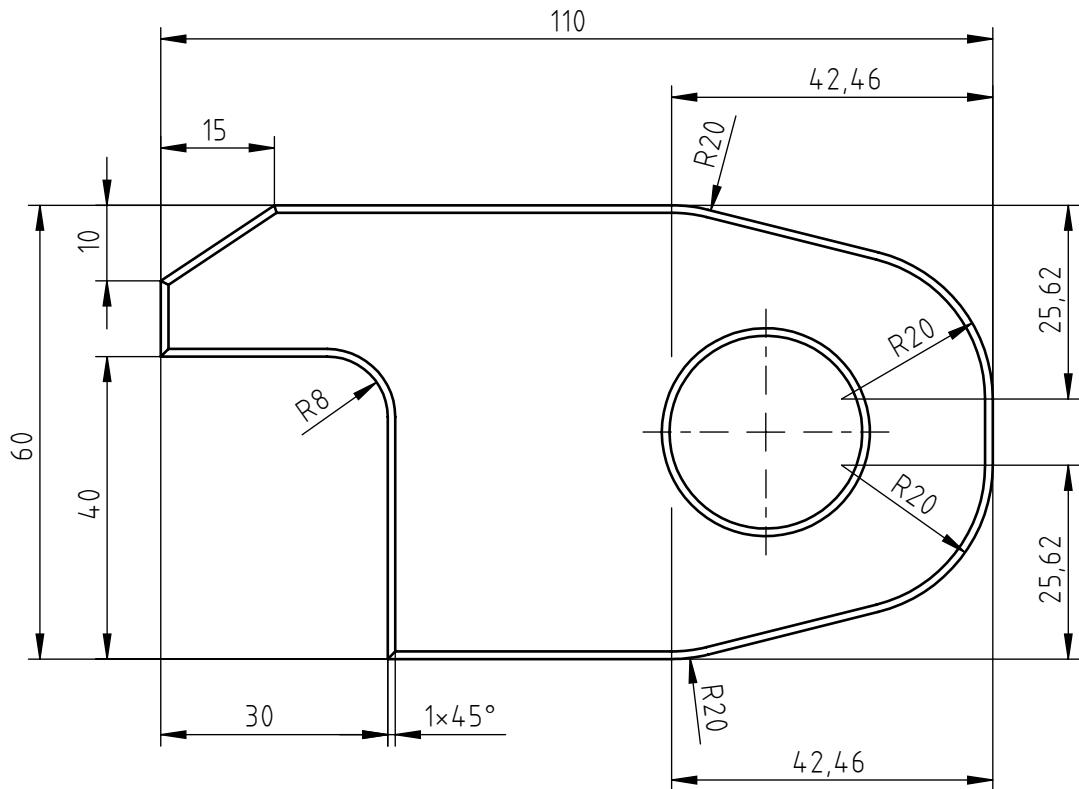
10	Rebro 2	2		S235JRG2	8×90×110	387 g
9	Rebro 1	2		S235JRG2	8×175×340	1,86kg
8	SHS profil	1		S235JRG2	80×80×1784	25,2kg
7	Gornja veza	2	1/18-2-01-07	S235JRG2	8×60×110	271 g
6	Dio 3 nosača gornje veze	2		S235JRG2	60×60×250	2,41kg
5	Dio 2 nosača gornje veze	2		S235JRG2	60×60×425	4,06kg
4	Dio 3 nosača gornje veze	1		S235JRG2	60×60×330	3,09kg
3	Donja veza	4		S235JRG2	8×50×80	198 g
2	Nosač multiplikatora	1		S235JRG2	227×185×216	5,22kg
1	Uzdužni nosač	1		S235JRG2	274×331×178/	77,4kg

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis		
	Razradio	4.12.2017.	Tomislav Kežman			
	Crtao	12.12.2017.	Tomislav Kežman			
	Pregledao	24.12.2017	Tomislav Kežman			
	Mentor	3.1.2018.	Dr. sc. Neven Pavković			
			Dr. sc. Neven Pavković			

 FSB Zagreb

ISO - tolerancije	Objekt:		Objekt broj:
			R. N. broj:
	Napomena:		
	Materijal: S235JRG2		Masa: 129,7 kg
	 	Naziv: Nosač malčera - podsklop	Pozicija: 1
	Mjerilo originala 1:10	Crtež broj: 1/18-2-01-00	Format: A2 Listova: 1 List: 1

( Ra 6,3 ) ( Ra 1,6 )

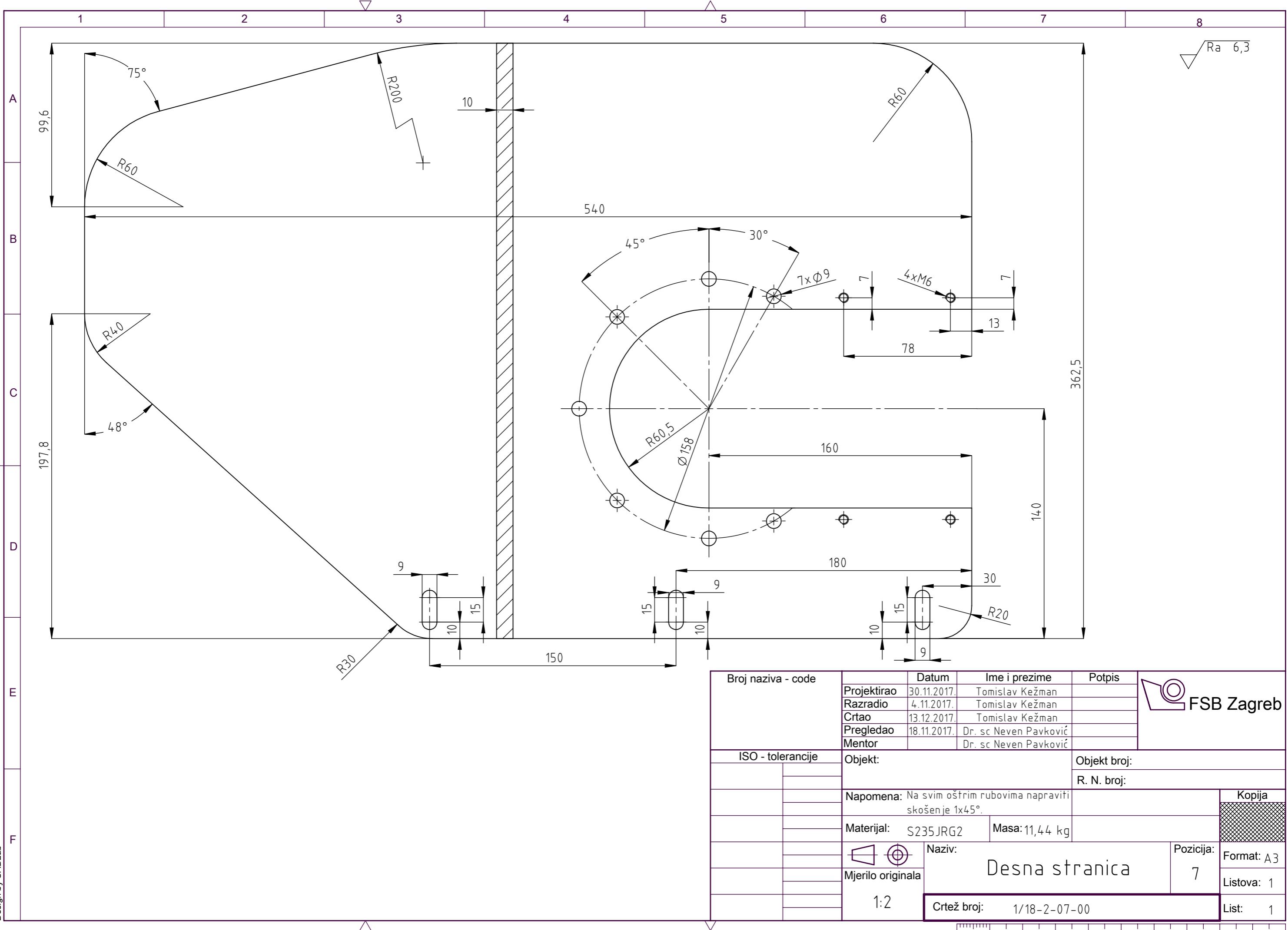


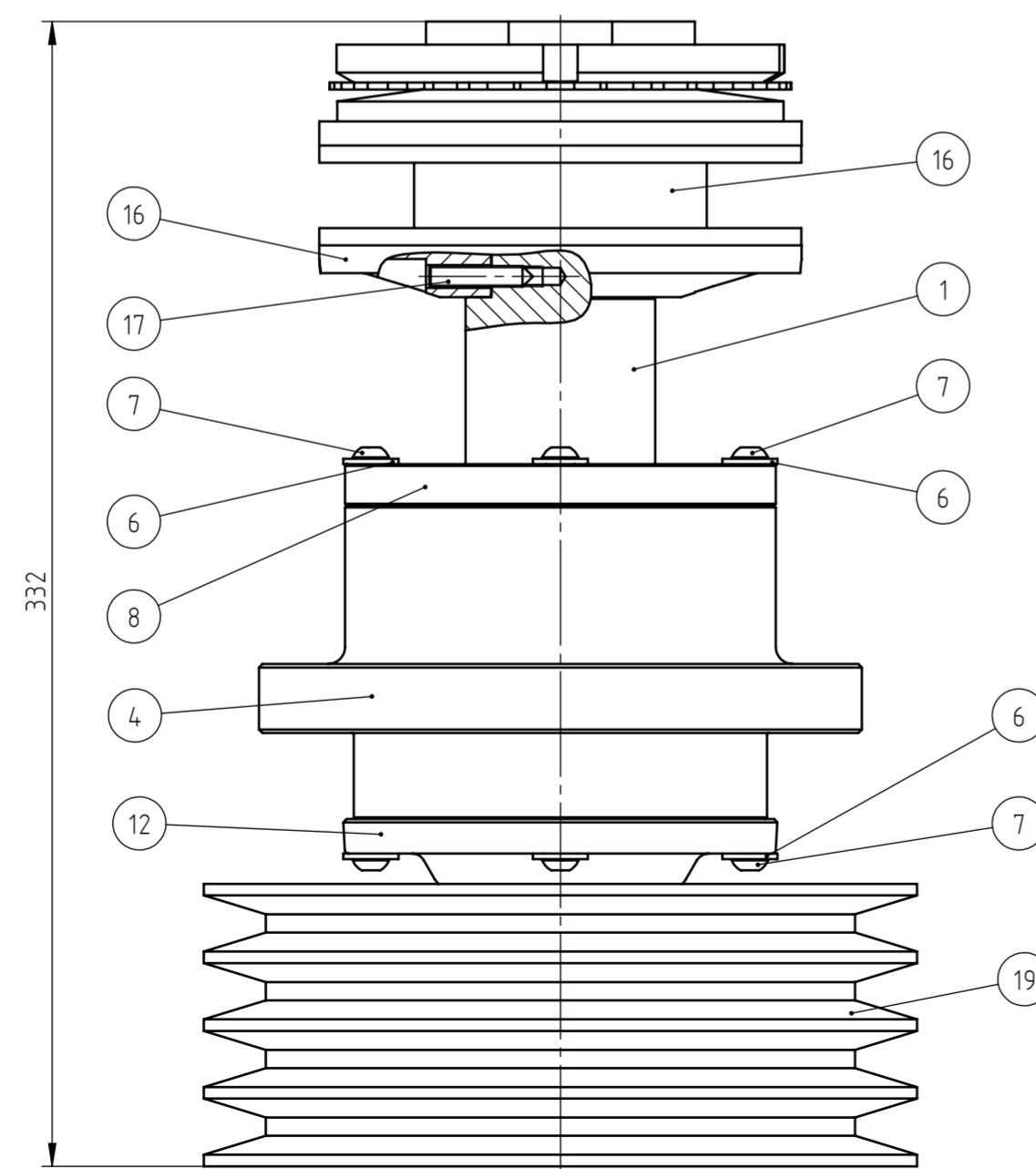
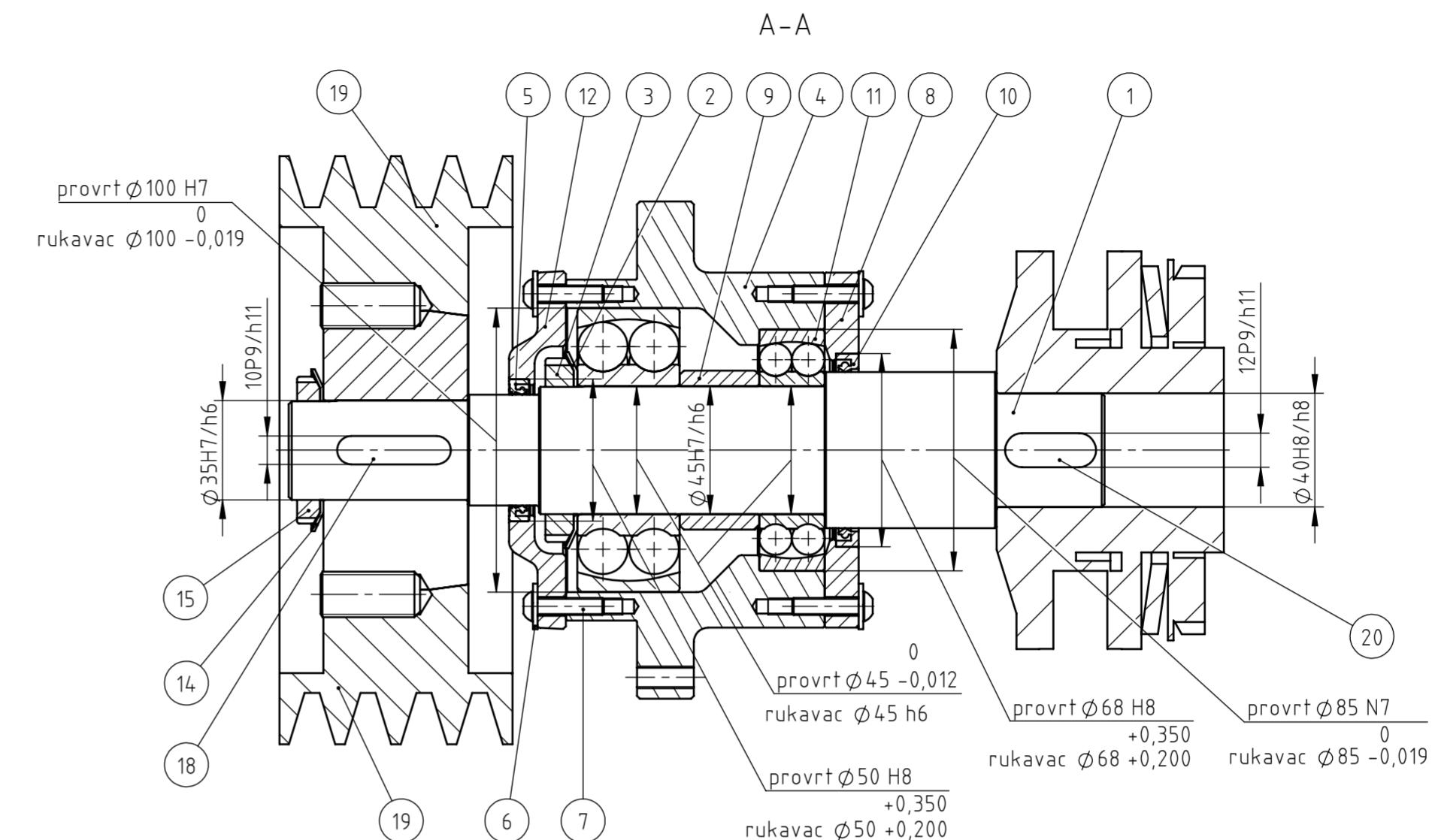
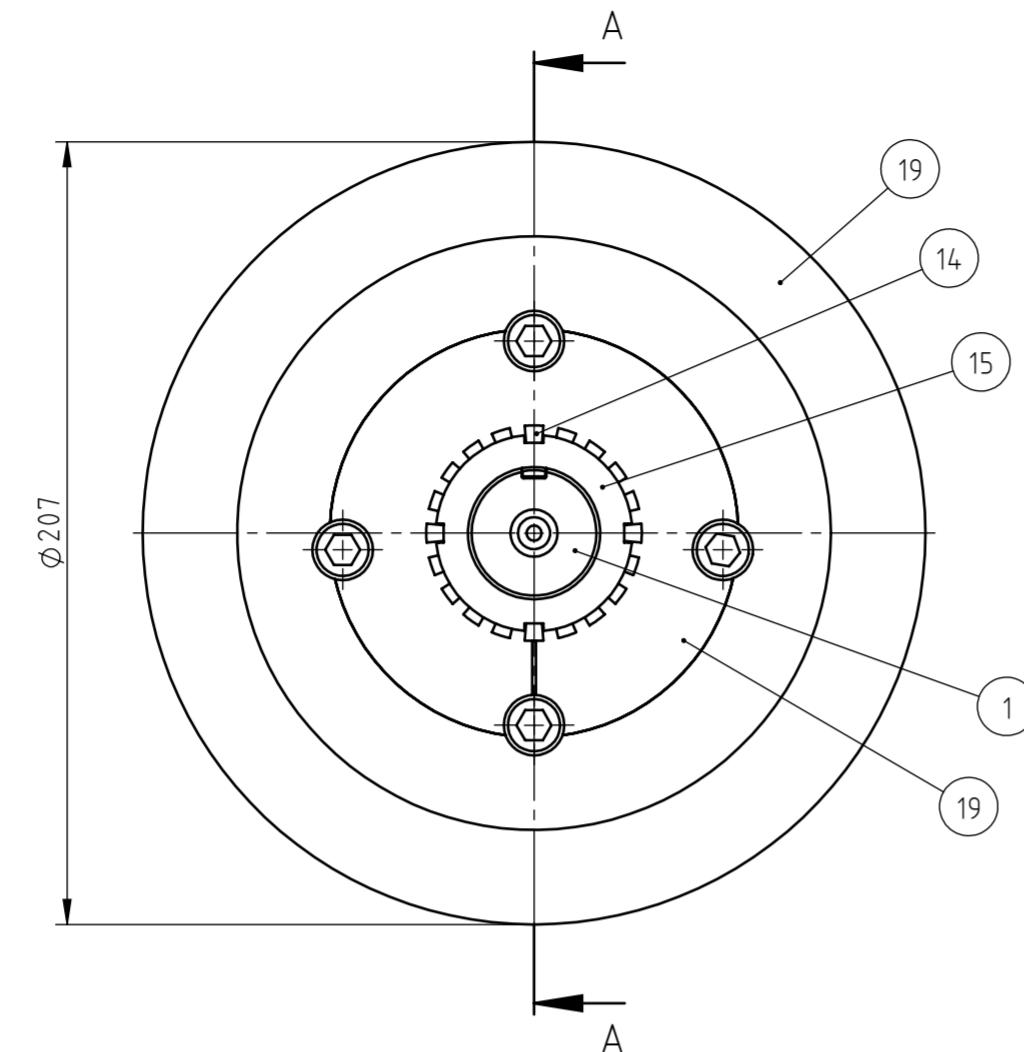
ISO-TOL.	
Ø 25,5 H8	+0,033
	0

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	1.12.2017.	Tomislav Kežman	
Razradio	10.12.2017.	Tomislav Kežman	
Crtao	25.12.2017.	Tomislav Kežman	
Pregledao	3.1.2018.	Dr. sc. Neven Pavković	

 FSB Zagreb

Objekt:		Objekt broj:
		R. N. broj:
Napomena:		Kopija
Materijal: S235JRG2		Masa: 271 g
 Mjerilo originala		Naziv: Gornja veza
1:1		Pozicija: 7
Ortež broj: 1/18-2-01-07		Format: A4
		Listova: 1
		List: 1





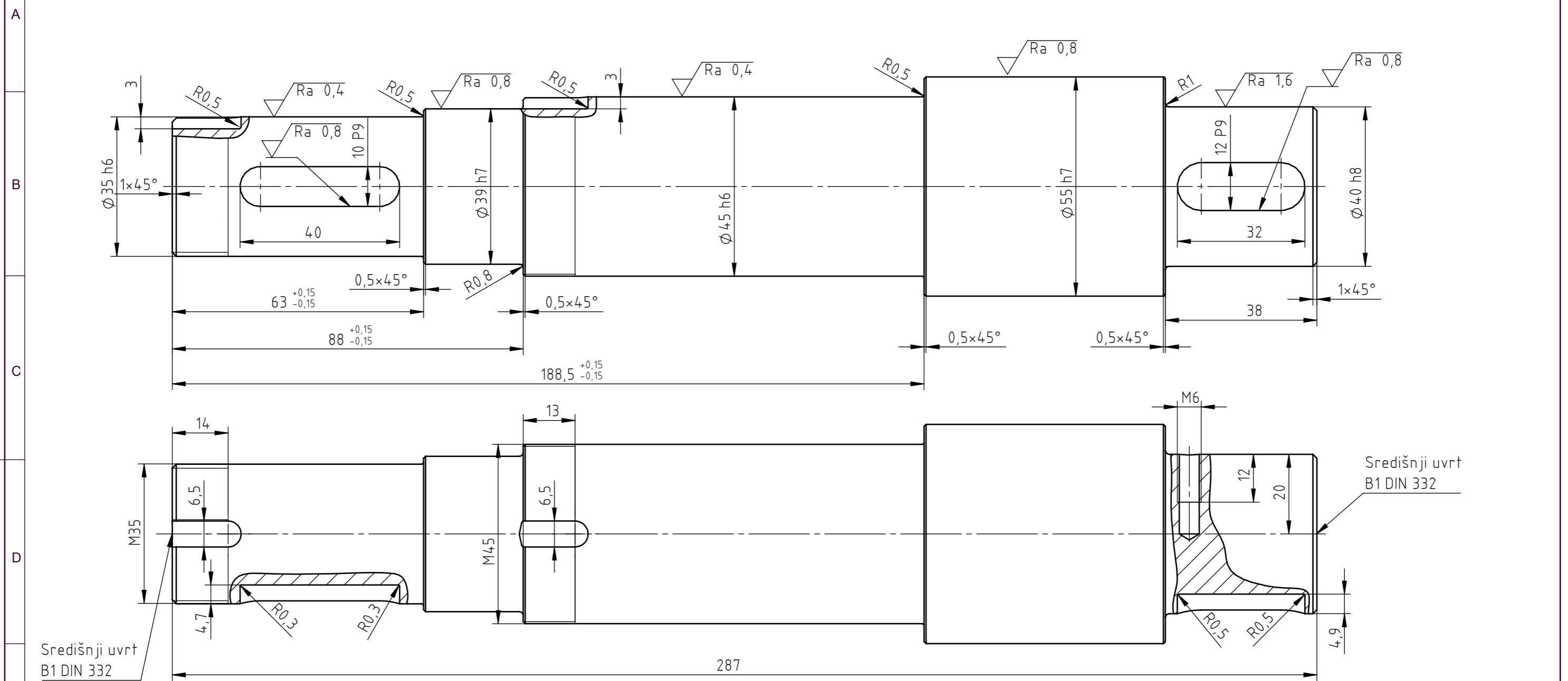
20	Pero A12x8x32	1	DIN 6885	A2 inox	22 g
19	Remenica d200	1	PHP4SPB200TB	SKF	12,5kg
18	Pero A10x8x40	1	DIN 6885	A2 inox	24 g
17	Vijak M6x30	1	ISO 4027	8.8	6 g
16	Sigurnosna spojka	1	DF 4.140 T1	Comintec	5,6 kg
15	Matica KM7	1	SKF KM7	čelik	SKF
14	Osiguravajuci lim MB7	1	SKF MB7	čelik	SKF
13	Ležaj 2309 ETN9	1	SKF 2309ETN9	čelik	SKF
12	Poklopac 2 ležaja remenice	1	EN-GJL200S	ø126x10	835 g
11	Ležaj 2209 ETN9	1	SKF 2209ETN9	čelik	SKF
10	Radijalna brtva d55x8	1	55x68x8HMS5RG		SKF
9	Distanjni prsten	1	S235JRG2	ø56x30	190 g
8	Poklopac 1 ležaja remenice	1	S235JRG2	ø125x12	811 g
7	Vijak M6x25	8	ISO 7380	8.8	7 g
6	Podložna pločica M6	8	ISO 10669	A2 inox	2 g
5	Radijalna brtva d39x13	1	SKF 15451		SKF
4	Ležajno mjesto remenice 1	1	S235JRG2	ø175x100	5,54kg
3	Matica KM9	1		čelik	SKF
2	Osiguravajuci lim MB9	1		čelik	SKF
1	Vratilo remenice 1	1	1/18-3-01-00	S235JRG2	ø60x300
					3,45kg

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtič broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code			Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao	10.12.2017			Tomislav Kežman		
Razradio	20.12.2017			Tomislav Kežman		
Crtao	23.12.2017			Tomislav Kežman		
Pregledao	3.1.2018.			Dr. sc. Neven Pavković		
Mentor				Dr. sc. Neven Pavković		
ISO - tolerancije						
10 P9/h11	+0,075 -0,051					
12 P9/h11	+0,092 -0,061					
ø35 H7/h6	+0,041 0					
Objekt:					Objekt broj:	
					R. N. broj:	
Napomena:						
Materijal:			Masa:	30 kg		
Ø85 N7	-0,010 -0,045		Ø40 H8/h8	+0,078 0		
Ø100 H7	+0,035 0		Ø45 H7/h6	+0,041 0		
Ø68 H8	+0,046 0		Ø50 H8	-0,039 0		
Mjerilo originala						
1:2			Naziv:	Sklop vratila remenice 1	Pozicija:	
					3	
			Crtež broj:	1/18-3-00-00		
			List:	1		

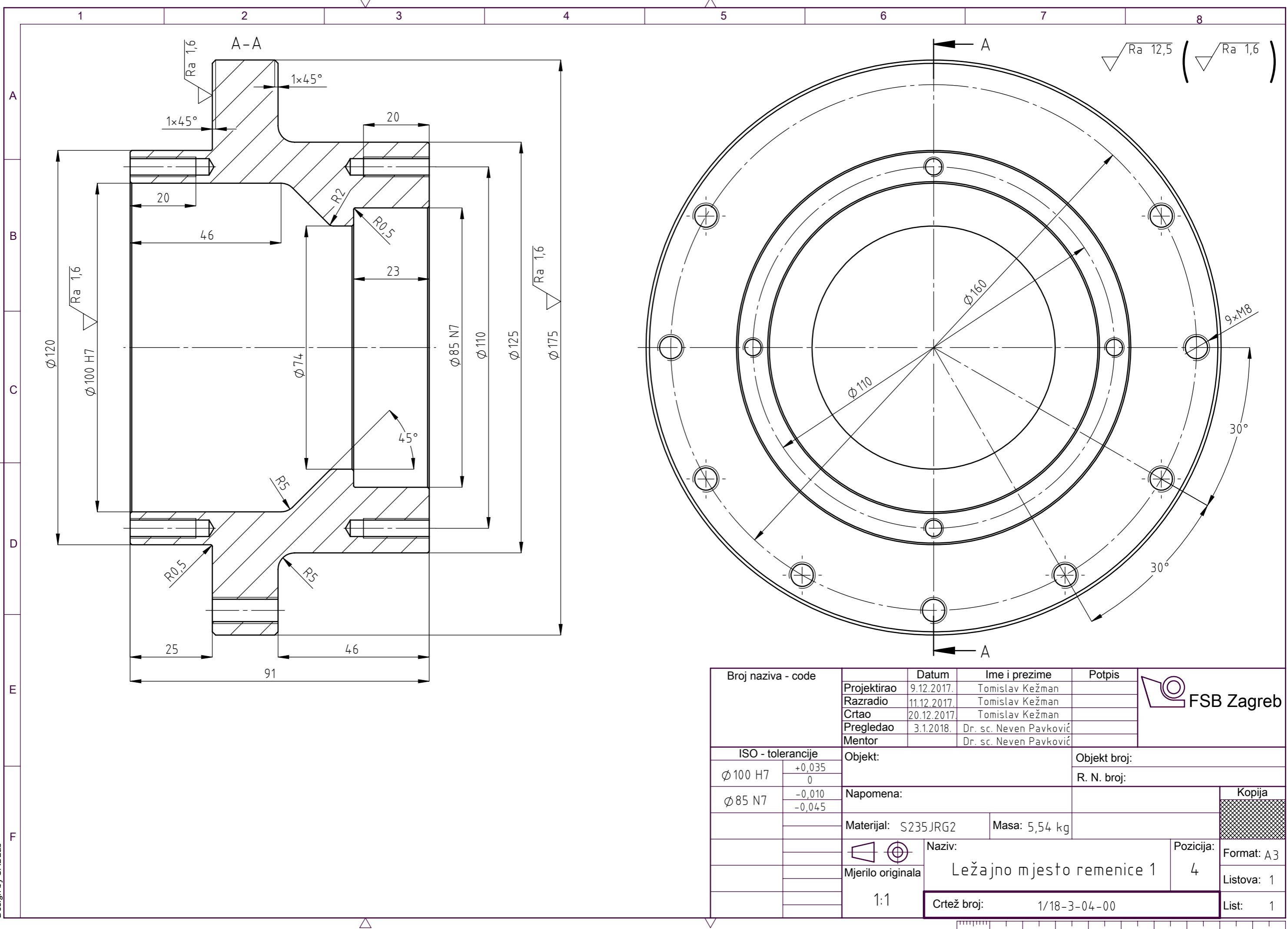
FSB Zagreb

1 2 3 4 5 6 7 8

$\sqrt{Ra} 6,3$  (  $\sqrt{Ra} 0,4$ ,  $\sqrt{Ra} 0,8$ ,  $\sqrt{Ra} 1,6$  )



Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	8.12.2017.	Tomislav Kežman	
Razradio	11.12.2017.	Tomislav Kežman	
Crtao	20.12.2017.	Tomislav Kežman	
Pregledao	3.1.2018.	Dr. sc. Neven Pavković	
Mentor		Dr. sc. Neven Pavković	
ISO - tolerancije	Objekt:	Objekt broj:	
10 P9	-0,015 -0,051		
12 P9	-0,018 -0,061	Napomena:	
Ø 35 h6	0 -0,016	Materijal: S235JRG2	Masa: 3,45 kg
Ø 39 h7	0 -0,025	Naziv: Vratilo remenice 1	Pozicija: 1
Ø 40 h8	0 -0,039	Mjerilo originala	Format: A3
Ø 45 h6	0 -0,016	1:1	Listova: 1
Ø 55 h7	0 -0,019	Crtež broj: 1/18-3-01-00	List: 1



Design by CADLab