

Konstrukcija bacača teniskih loptica

Šilje, Katija

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:023282>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-09**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Katija Šilje

Zagreb, 2022./2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Dr. sc. Marko Jokić, dipl. ing.

Student:

Katija Šilje

Zagreb, 2022./2023.

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

Zahvaljujem svom mentoru prof. dr. dc. Marku Jokiću koji mi je pomogao savjetima tijekom izrade rada.

Katija Šilje



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
Procesno-energetski, konstrukcijski, inženjersko modeliranje i računalne simulacije i brodstrojarski

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 23 – 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 23 -	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Katija Šilje**

JMBAG: **0035224864**

Naslov rada na
hrvatskom jeziku: **Konstrukcija bacača teniskih loptica**

Naslov rada na
engleskom jeziku: **Tennis ball launcher design**

Opis zadatka:

Bacač teniskih loptica je stroj koji zamjenjuje drugog igrača, te omogućava samostalno treniranje. Iznimno je koristan pri ponavljajućem vježbanju udaraca, te igrač može uvježbavati gotovo sve vrste udaraca koliko god to poželi. Bacač loptica je najčešće pokretan električnom energijom, a samo izbacivanje loptica se može temeljiti na različitim fizikalnim principima.

U radu je potrebno konstruirati bacač teniskih loptica pogonjen električnom energijom. Bacač mora imati spremnik loptica, a prijenos i skladištenje bacača mora biti jednostavno. Potrebno je dati pregled postojećih rješenja na tržištu, istražiti potencijalne mehanizme za izbacivanje loptica, te razmotriti nekoliko koncepata izvedbe bacača. Odaбранu varijantu je potrebno konstrukcijski razraditi, provesti proračun čvrstoće svih bitnih dijelova, te načiniti svu potrebnu tehničku dokumentaciju.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

30. 11. 2022.

Datum predaje rada:

1. rok: 20. 2. 2023.
2. rok (izvanredni): 10. 7. 2023.
3. rok: 18. 9. 2023.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 27. 2. – 3. 3. 2023.
2. rok (izvanredni): 14. 7. 2023.
3. rok: 25. 9. – 29. 9. 2023.

Zadatak zadao:

Izv. prof. dr. sc. Marko Jokić

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Vladimir Soldo

SADRŽAJ

1. UVOD.....	9
1.1 Povijest.....	9
1.2. Princip rada i glavne komponente	10
1.3. Prednosti i nedostaci korištenja bacača	10
2. Analiza tržišta	12
2.1. Način funkcioniranja bacača	12
2.2. Usporedba bacača teniskih loptica na tržištu	13
2.3. Pregled patenta	14
2.3.1. Patent US3785358A Tennis ball propelling machine	14
2.3.2. Patent US3990426A Tennis ball throwing machine	15
3. Koncepti.....	16
3.1. Morfološka matrica partikularnih rješenja	16
3.2. Prvi koncept.....	17
3.3. Drugi koncept.....	18
3.3. Vrednovanje koncepata	19
4. Proračun.....	21
4.1. Tarenice i motori u mehanizmu za ispućavanje	21
4.2. Provjera 6vrstoće stupova mehanizma za ispućavanje.....	23
4.3. Odabir motora za disk	25
4.4. Odabir servomotora za osciliranje.....	26
4.5. Provjera sigurnosti vratila i ležajeva mehanizma za izbacivanje	28
4.6. Proračun poprečno opterećenih vijaka	32
5. ZAKLJUČAK.....	34

POPIS SLIKA

Slika 1.	Bacač firme Spinfire na terenu	9
Slika 2.	Rene LaCoste sa svojim ručnim bacačem	10
Slika 3.	Match Mate Rookie, Spinshot player i Playmate iSmash	14
Slika 4.	Patent US3785358A	14
Slika 5.	Patent US3990426A	15
Slika 6.	Prvi koncept.....	17
Slika 7.	Drugi koncept	18
Slika 8.	Brzine tijekom bacanja	21
Slika 9.	Motor 2214S012BXTR	23
Slika 10.	Skica mehanizma za ispucavanje	24
Slika 11.	Model savijanja nosača	24
Slika 12.	Skica diska.....	25
Slika 13.	Prikaz sila potrebnih za proračun snage motora.....	25
Slika 14.	Motor IIVVERR JSX950-370 i kontroler brzine Series SC 1801S	26
Slika 15.	Servomotor BECKOFF AN8032-wEyz	27
Slika 16.	Prikaz geometrije i sila pri kontaktu loptice i tarenica [1]	28
Slika 17.	Skica sila koje djeluju na vratilo	29
Slika 18.	Prikaz opterećenja vratila	30
Slika 19.	Presjek vratila u kritičnom presjeku	31
Slika 20.	Poprečno opterećeni vijčani spojevi; a) dosjedni vijci; b) stezne ljuske; c) elastični vijci; d) prolazni vijci [3].....	32

POPIS TABLICA

Tablica 1.	Usporedba bacača na tržištu	13
Tablica 2.	Morfološka matrica partikularnih rješenja	16
Tablica 3.	Tablica za usporedbu koncepata.....	19
Tablica 4.	Vrijednosti motora za tarenice	23
Tablica 5.	Karakteristike motora za disk.....	26
Tablica 6.	Vrijednosti servomotora	27

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

KS-23-000	Bacač teniskih loptica
KS-23-003	Prednja strana
KS-23-004	Desna strana
KS-23-100	Mehanizam za izbacivanje
KS-23-101	Vratilo 2
KS-23-102	Tarenica
KS-23-200	Donji podsklop
KS-23-201	Oscilacijska ploča
KS-23-204	Vratilo 1
KS-23-220	Donja ploča
KS-23-300	Strana s kotačima
KS-23-301	Lijeva ploča
KS-23-400	Gornja strana
KS-23-401	Gornja ploča
KS-23-408	Disk
KS-23-500	Stražnja strana
KS-23-501	Stražnja ploča
KS-23-502	Ručka
KS-23-800	Podsklop mehanizma za izbacivanje
KS-23-802	Zglobni dio
KS-23-803	Nosač

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
A	mm^2	Površina poprečnog presjeka nosača
A_j	mm^2	Površina poprečnog presjeka svornjaka
b_1	-	Faktor veličine strojnog dijela
b_2	-	Faktor kvalitete obrade površine
C_1	N	Dinamičko opterećenje ležaja
D	mm	Vanjski promjer kritičnog presjeka vratila
d	mm	Unutarnji promjer kritičnog presjeka vratila
d_t	mm	Promjer tarenica
E	N/mm^2	Youngov modul
F	N	Pogonska sila na pojedini vijak
F_p	N	Sila prednaprezanja vijka
F_{tr}	N	Sila trenja
G	N	Sila težine
g	m/s	Konstanta ubrzanja sile teže
I_{min}	mm^4	Najmanji aksijalni moment tromosti
i	mm	Polumjer tromosti
L_h	h	Nazivni vijek trajanja ležaja
Δl	mm	Deformacija loptice
M	Nmm	Moment savijanja
m	kg	Masa teniske loptice
m_n	kg	Masa tarenice
m_t	kg	Ukupna masa nosača tarenica
m_{uk}	kg	Masa mehanizma za izbacivanje
N	N	Sila pritiska mehanizma na lopticu
n	min^{-1}	Brzina vrtnje
P	W	Snaga
Pr	N	Ekvivalentno radijalno opterećenje
R_a	N	Reakcija u ležaju
R_a	N	Reakcija u ležaju
Re	N/mm^2	Granica tečenja

r	mm	Krak sile
r_l	mm	Radijus teniske loptice
S	-	Faktor sigurnosti
T	Nmm	Moment
s	mm ²	Dodirna površina deformirane loptice i tarenice
t	s	Vrijeme
v	m/s	Brzina
v_{max}	m/s	Najveća brzina loptica
W	J	Rad
W_x	mm ³	Aksijalni moment otpora presjeka
x	mm	Razmak između tarenica
y	mm	Udaljenost od središta diska do središta loptice
β_{kf}	-	Efektivni faktor zareznog djelovanja kod savijanja
ε	-	EkspONENT vijeka trajanja
λ	-	Faktor vitkosti
μ	-	Faktor trenja
σ_{dop}	N/mm ²	Dopušteno naprezanje
σ_f	N/mm ²	Nominalno naprezanje pri savijanju
σ_{fDN}	N/mm ²	Trajna dinamička čvrstoća za čisto naizmjenično promjenjivo naprezanje
σ_{pr}	N/mm ²	Prednaprezanje
σ_s	N/mm ²	Naprezanje savijanja
σ_t	N/mm ²	Naprezanje izvijanja
ω	s ⁻¹	Brzina vrtnje loptice
ω_1	s ⁻¹	Brzina vrtnje prve tarenice
ω_2	s ⁻¹	Brzina vrtnje druge tarenice
φ	-	Faktor udara

SAŽETAK

U ovom radu je prikazan razvoj bacača teniskih loptica koji se koristi za pomoć u treningu, kako individualnom tako i uz profesionalnu pomoć. Prvo je opisan razvitak proizvoda kroz povijest, te koja dva principa su ostala u najčešćoj upotrebi. Zatim je napravljena analiza tržišta u svrhu spoznaje najčešćih problema i nezadovoljstva koji korisnici navode. Na temelju funkcijske dekompozicije i morfološke matrice su predložena dva koncepta. Usporedbom ocjene koncepta je odabrano jedno rješenje koje se dalje detaljno razvilo. Napravljen je proračun da se provjeri sigurnost najkritičnijih komponenti i dimenzioniraju određene komponente. Na kraju je izrađen 3D model uz pomoć programskog paketa SolidWorks 2020.

Ključne riječi: tenis, bacač, loptica, mehanizam za izbacivanje

SUMMARY

This paper presents the development of a tennis ball launcher machine that is used to help in training, both individually and with professional help. First, the development of the product throughout history is described, and two principles remain in the most common use. Then a market analysis was made to find out the most common problems and dissatisfactions reported by users. Based on functional decomposition and morphological matrix, two concepts were proposed. By comparing the evaluation of the concepts, one solution was selected, which was further developed in detail. A calculation was made to check the safety of the most critical components and to see what are required dimensions for other components. Finally, a 3D model was created with the help of the SolidWorks 2020 software package.

Key words: tennis, tennis ball machine, ball, ejection mechanism

1. UVOD

Tenis je trenutno peti najpopularniji sport na svijetu. Procjenjuje se da ga igra 60 milijuna ljudi, što ga čini najpopularnijim sportom na svijetu koji se igra individualno, iako se naravno može igrati i u parovima. Svoje korijene ima u Francuskoj u 12. st. kada se još igralo bez reketa u zatvorenom prostoru, a vremenom se proširio na cijeli svijet. U svakom malo većem gradu danas možemo pronaći teniske klubove s terenima, a kreće se trenirati od najranije dobi. Osim trenera, za vježbanje snage i preciznosti potrebna je velika količina ponavljajućeg vježbanja udaraca. Upravo je zbog toga stroj za bacanje teniskih loptica postao jako popularan. Igrač može pomoću bacača bilo kad i bilo gdje uvježbavati sve vrste udaraca koliko god dugo to poželi.



Slika 1. Bacač firme Spinfire na terenu

1.1 Povijest

Teniska zvijezda Rene LaCoste 1920-ih patentirao je ručni bacač teniskih loptica zajedno sa kompanijom Dunlop. Već 1950-ih su se pojavili strojevi na električni pogon, no šira javnost im nije imala pristup. Oko 1970-ih su pneumatički strojevi bili najpopularniji sve dok na tržište nije dospjela tehnologija s dva suprotno rotirajuća valjka.



Slika 2. Rene LaCoste sa svojim ručnim bacačem

1.2. Princip rada i glavne komponente

Ideja iza ovakvog stroja je automatizirano ispućavanje loptica s jednog kraja terena na drugi. Četiri su glavne funkcije koje bacač mora ispuniti tj. glavne komponente koje mora imati;

Spremnik loptica

Mehanizam za izbacivanje loptica

Mogućnost prijenosa (ručka)

Mogućnost oscilacije i kontrola nagiba izbacivanja loptica

1.3. Prednosti i nedostaci korištenja bacača

Stroj je jako koristan jer nam za vježbanje nije potreban partner ili trener, tako da se može trenirati kad god se poželi. Ako postoji mogućnost namještanja načina ispućavanja, možemo ih prilagoditi sebi da se izvježbaju udarci koji nam idu lošije. Za razliku kad se igra s partnerom, treniranje sa strojem nam garantira dosljednost. Neumoran je, tako da se može igrati sve dok se ne isprazni baterija (još je bolji slučaj ako se uređaj pogoni uz pomoć kabela). Kao što je već rečeno stroj je idealan za uvježbavanje udaraca zbog mogućnosti velikog ponavljanja udaraca. To omogućuje da se stekne dobra mišićna memorija, pa se bolje može fokusirati na formu.

Postoje modeli koji nasumično izbacuju lopte što jako pomaže u postizanju idealne kondicije potrebnu za izdržati meč.

Jedan od primjetnih nedostataka je cijena stroja. Već samo najobičniji model košta par stotina eura, a za malo bolji model treba platiti više od tisuću eura. Za bacač je potrebno imati i mjesta, što za skladištenje, što za samu igru, jer je potrebo imati cijeli teren na raspolaganju. Nedostatak je, također, što nakon što se ispucaju sve loptice, potrebno ih je sam pospremiti. Rijetki današnji bacači nažalost mogu imitirati servis. Točnije, samo jedan bacač na tržištu ima takvu funkciju.

2. Analiza tržišta

Strojevi za izbacivanje teniskih loptica nisu tek nedavno izumljena, tako da je za očekivati da postoji dosta kompanija koje izbacuju ovakav stroj na tržište. Neki od najpopularnijih od njih su : Lobster, Wilson, Tennis Twist, Spinfire itd.

2.1. Način funkcioniranja bacača

Sve dok bacač loptica ima napajanje, mehanizam za izbacivanje i loptice, teoretski on može funkcionirati beskrajno dugo. Na prvu se čini jednostavno, no ipak je potrebno točno kalibrirati stroj da ispuca loptice točno određenom brzinom i na određeno mjesto na terenu.

Što se tiče napajanja, postoje dvije opcije koje se koriste; baterije i korištenja kabela i utičnice. Dobra strana kabela je da se ne treba razmišljati koliko dugo će se moći igrati, no nekad se ne može bit siguran postoji li uopće utičnica kraj terena. Danas se većinom koriste baterije kao način napajanja. Obično takvi strojevi traju šest do osam sati s jednim punjenjem.

Najčešći mehanizmi izbacivanja su sklop dviju tarenica ili izbacivanje pomoću zračnog pritiska. Električni ventilator usisava zrak u stroj koji je usmjeren kroz cijev koja će ispucati loptice. Ako je potrebno kontrolirati spin loptice (brzina vrtnje loptice oko svoje osi), postoji set sa dvije tarenice ispred izlaza da se to omogući. Za tzv. topspin će se gornja tarenica brže vrtjeti, a za tzv. backspin se donja tarenica brže vrti. Loptica prolazi kroz tu cijev nakon tarenica, cijev se dužinom sužava, a na kraju cijevi je i lako pomičan poklopac koji povećava pritisak na lopticu sve dok se ona ne ispuca. Cijeli proces treba biti dobro vremenski određen i ponavlja se tako u određenim intervalima. Opisana varijanta mehanizma za izbacivanje se koristi kada su potrebne veće snage, tj. brzine izbacivanja, a ujedno je i skuplja.

Mehanizam sa setom tarenica funkcionira malo jednostavnije jer je potrebno samo dovesti loptice iz košare do tarenica pomoću polucije i dalje tarenice lopticu ispucaju. Nedostatak u ovoj varijanti je što je malo teže namjestiti visinu, tj. nagib ispućavanja, dok je u mehanizmu s pritiskom potrebno samo izlaznu cijev prilagoditi. Loša strana tarenica je što mogu s vremenom istrošiti loptice. No, dobra strana je što ne prave toliku buku kao i prethodni mehanizam.

Naravno da se svaki stroj treba održavati, no na svu sreću bacači loptica ne zahtijevaju pretjeranu pažnju. Nije potrebno ništa raditi osim ponekad očistiti unutrašnjost od zemlje i prašine, nauljiti određene rotirajuće dijelove i odvesti motor na servis tu i tamo da se osigura optimalna snaga.

Sami mehanizmi možda i nisu komplicirani, no koliko je dobro napravljena kalibracija i mogućnost prilagodbe načina ispućavanja loptice, što zahtjeva dosta elektronike, će odlučivati o cijeni samog stroja.

2.2. Usporedba bacača teniskih loptica na tržištu

Usporedit će se tri bacača; jedan s najnižom cijenom, srednjom i najvećom cijenom.

Tablica 1. Usporedba bacača na tržištu

Model	Match Mate Rookie	Spinshot Player	Playmate iSmash
Oscilacije	Nema	Potpuno prilagodljiv	Nasumično
Brzina loptice	16 - 44 km/h	30-110 km/h	19-129 km/h
Brzina dobave	10 s	2-10 s	1-60 s
Nagib ispućavanja	0-45 stupnjeva	Potpuno prilagodljivo	15-55 stupnjeva
Kapacitet loptica	70	120	300
Spin	Nema	Promjenjiva oba	Promjenjiva oba
Napajanje	Baterija	Baterija ili AC	AC
Vrijeme korištenja	4-5 h	2-3 h	-
Masa	10 kg	19 kg	34 kg
Cijena	554,61 eura	2 120,45 eura	5 955,24 eura

Svaki bacač ima svoje prednosti i nedostatke, kao i svaki drugi proizvod. Korisnik će na temelju onoga što mu je bitnije odabrati koji njemu paše. Za početnike je dobar prvi bacač, koji nema puno opcija prilagođavanja ispućavanja loptice. Dobra strana je što je lagan, pa se lako može prenositi. Prenosivi bacači inače koriste olovne baterije. Lagan je upravo zato jer ne treba puno snage za brzinu loptice. Strojevi koji postižu veliku brzinu koriste mehanizam za izbacivanje koji se temelji na zračnom pritisku. Takvim bacačima za napajanje nije dovoljna samo baterija, pa nisu toliko lako prenosivi. Primjer je Playmate bacač, koji je ujedno najskuplji.

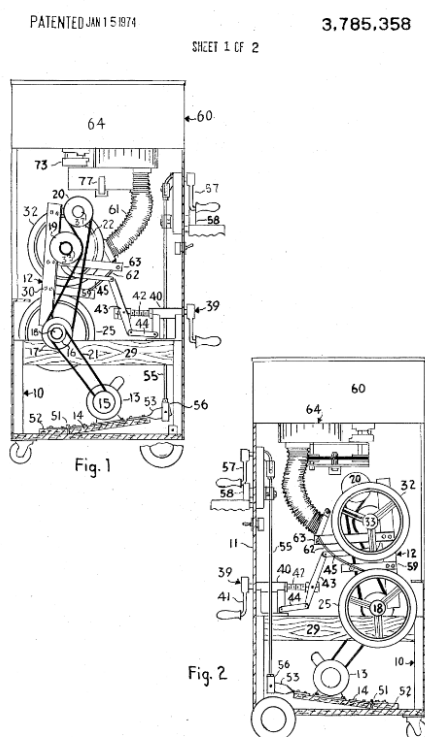


Slika 3. Match Mate Rookie, Spinshot player i Playmate iSmash

2.3. Pregled patenta

U nastavku su prikazana dva primjera patenata koja nam mogu pomoći u shvaćanju kako stroj funkcionira.

2.3.1. Patent US3785358A Tennis ball propelling machine

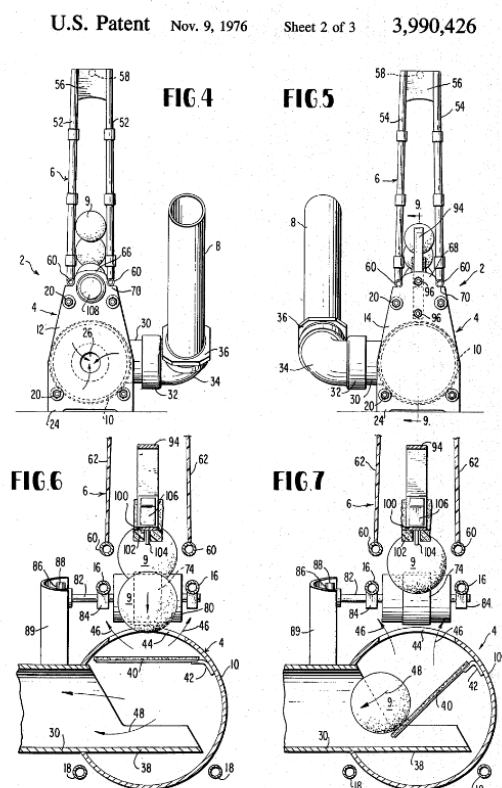


Slika 4. Patent US3785358A

Patent opisuje uređaj za izbacivanje teniskih loptica sa mehanizmom za izbacivanje na principu dva obrnuto rotirajuća valjka. Pomoću rotirajućeg diska sa četiri provrta loptice kroz cijev dospiju do sklopa valjaka. Navedeni valjci se vrte pomoću motora sa promjenjivom brzinom. Remenice omogućuju prilagođavanje brzine dobave. Topspin je omogućen tako što je cijev kojom loptica dolazi do seta valjaka namještena da lopticu prvo stavi u kontakt s gornjim rotirajućim valjkom. Namještanje nagiba ispućavanja se omogućilo pomoću mehanizma koji spaja sklop valjaka i ručice za podešavanje. Uređaj je pogonjen na struju pomoću kabela.

2.3.2. Patent US3990426A Tennis ball throwing machine

Ovaj uređaj ima mehanizam ispućavanja koji se bazira na pneumatici. Loptice ulaze u uređaj pomoću uklonjive cijevi koja se inače koristi za lakše prikupljanje loptica. Iz te cijevi, loptice dalje idu, zajedno s protokom zraka prema slijedećoj cijevi. Tako loptice dođu do posebnog spremnika na čijem je izlazu mali fleksibilni poklopac. Svrha poklopca je da povećava tlak u spremniku sve dok loptica ne bude pod tolikim tlakom da gurne poklopac i ispuća se.



Slika 5. Patent US3990426A

3. Koncepti

Nakon analize tržišta imamo malo bolju sliku koje su sve funkcije koje stroj mora moći obavljati. Također imamo u uvidu najčešća rješenja problema koji se javljaju u konstruiranju mehanizama potrebnih za obavljanje funkcija. Zbog pomoći u izradi koncepata napravljena je morfološka matrica partikularnih rješenja.

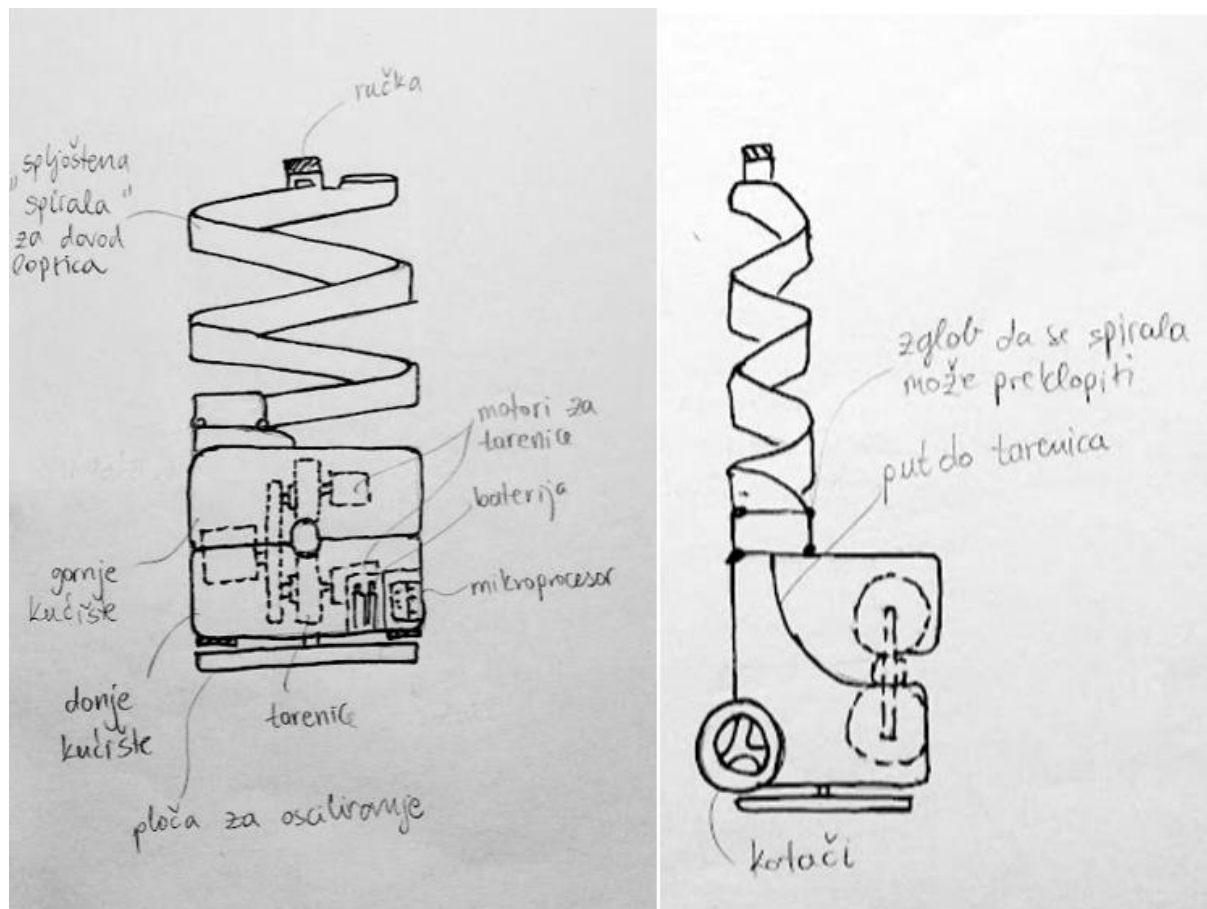
3.1. Morfološka matrica partikularnih rješenja

U morfološkoj matrici su ponuđena rješenja koja nisu detaljno razrađena. Kombiniranjem partikularnih rješenja će se doći do koncepata, pa će se oni međusobno usporediti i vrednovati na temelju cijene, težine izrade, mase i sl.

Tablica 2. Morfološka matrica partikularnih rješenja

Funkcija	Partikularno rješenje
Loptice izbaciti	Pneumatski mehanizam, sklop tarenica, lopatice i opruge
Ulaz loptica omogućiti	Spirala, upadanje loptica zbog gravitacije
Prijenos stroja omogućiti	Kotači i ručka
Stabilnost osigurati	Kočnice na kotačima, ravna podloga , dva kotača
Pogon	Baterija, struja
Osciliranje omogućiti	Servomotor, koračni motor na dnu na posebnoj ploči, rastavljiva ploča sa servomotorom
Prilagođavanje nagiba ispućavanja	Servomotor , mehanizam za podizanje
Način kontrole	Kontrolna ploča na uređaju, Arduino mikrokontroler, smartwatch, smartphone

3.2. Prvi koncept

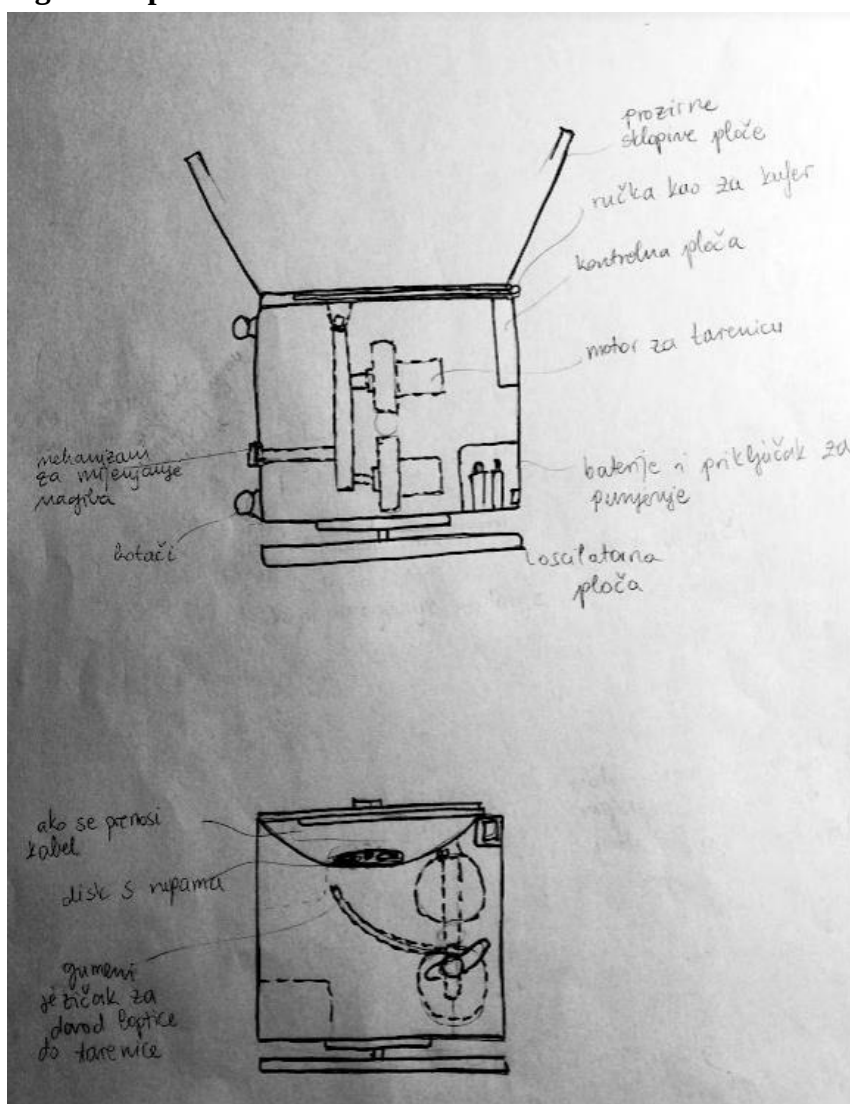


Slika 6. Prvi koncept

U ovom konceptu loptica putuje spiralno oblikovanom cijevi do mjesta izbacivanja zbog sile teže. Na vrhu spiralnog oblika je ručka obložena gumom da onemogući klizanje ispadanja stroja kad se korisnik oznoji. Mehanizam za izbacivanje loptica je zamišljen kao dvije tarenice koje se vrte u suprotnom smjeru. Svaku tarenicu pogoni jedan motor čije se brzine mogu prilagoditi pomoću aplikacije. Nagib ispućavanja se podešava preko posebnog servomotora i aplikacije. Aplikacija se pomoću bluetootha spaja na mikroprocesor. On nam omogućuje namještanje nagiba ispućavanja, brzinu oscilacije, brzinu dobave, brzinu ispućavanja i spinova na loptu. Ovaj bacač će moći bacati loptice koje se vrte u topspinu i backspinu. Za produciranje topspina brže će se gornja tarenica rotirati, a za backspin će se donja tarenica brže vrtjeti. Oscilacije će biti omogućene pomoću servomotora koji će "spajati" podnu ploču i donje kućište stroja. Servomotor je ugrađen u kućište, a izlazno vratilo je spojeno na podnu ploču i tako će biti ostvareno gibanje oko z osi. Napajanje uređaja se odvija pomoću punjive baterije koja sadrži u sebi zaštitu od prekomjernog punjenja. Baterija je smještena u donjem kućištu, pored

mikroprocesora i punila bi se kao i ostali elektronični uređaji (laptopi, mobiteli, bežične slušalice i sl.) Kućište je izvedeno iz dva dijela iz jednostavnog razloga da se omogući lakši vizualni pregled u slučaju kvara. Stroj se prenosi pomoću ručke i dva stražnja kotača tako da se nagne i gura, a kada se dođe do željenog mjesta uspravi se i tako bacač stane na ploču za osciliranje. Kotači su srednje velikog promjera i izrađeni od debele meke crne gume da je moguće bacač lako voziti na sve tri podloge teniskih terena (zemlja, beton, trava). Kada se ne koristi poželjno je da bacač ne zauzima puno prostora pa na stražnjoj strani postoje dva para zglobova na spiralnoj cijevi koji omogućuju da se ta navedena cijev preklopi unazad i tako omogući jednostavnije skladištenje. Pošto će se cijev moći saviti, neće biti napravljena od jednog dijela, već dva.

3.3. Drugi koncept



Slika 7. Drugi koncept

Drugi koncept je očigledno jednostavnije geometrije. Bacač se na teren dovodi pomoću ručice i četiri kotačića. Ručicu je moguće nakon prijenosa sklopiti u kućište, na istom principu na kojem funkcioniraju ručice na putnim koferima. Kada se dođe do željenog mjesta, uređaj se preokrene na stranu koja ima ugrađenu ploču za osciliranje. Osciliranje omogućuje servomotor ugrađen u kućište. S gornje strane se rasklope četiri ploče koje rasklopljene grade košaru u koju se stave loptice. Ploče su prozirne iz razloga da korisnik vidi koliko ima loptica tj. da zna koliko dugo još može igrati. Rotirajući disk s provrtima usmjeruje loptice u savitljivu polu cijev koja dalje vodi lopticu na mjesto izbacivanja, između dvije tarenice. Svaku tarenicu pogoni motor koji može mijenjati brzine vrtnje, pa tako bacač može izbacivati loptice u topspinu, backspinu i bez vrtnje loptice oko svoje osi na isti način koji je opisan u prvom konceptu. Tarenice su međusobno spojene na mehanizam za mijenjanje nagiba ispućavanja loptica. Mehanizam je prihvaćen vijcima na donju stranu kućišta. Kut se mijenja pomoću ručice sa strane stroja. Ručica ide po putanji na strani stroja i tako mijenja kut nagiba tarenica čime se i kut ispućavanja mijenja. Stroj ima olovne baterije koje se mogu puniti, ali postoji i mogućnost da se kabelom priključi na struju. Tako postoji mogućnost da bacač radi bežično ako nema utičnice u blizini terena, ali ako postoji, može se priključiti, pa se ne mora razmišljati o tome koliko se dugo može trenirati. Strojem se upravlja kontrolnom pločom, koja stoji sa strane i prije igre korisnik namjesti funkcije koje mu odgovaraju za trening. U slučaju čišćenja stroja ili vizualnog pregleda moguće je bilo koju stranu odvojiti od gornje i donje ploče. Sa strana također postoje gumene ručke za lakši transport. Kada je potrebno bacač spremi nakon korištenja, košara se samo sklopi, kabel se spremi ispod ploča koje čine košaru, a ručka se vrati u kućište.

3.3. Vrednovanje koncepata

Da se odabere bolji koncept, napravljena je tablica pomoću koje uspoređujemo koncepte na osnovu kriterija i funkcija koje bacač treba ispuniti. Za koncept koji bolje ispunjava kriterij u tablici je dodan (+), a lošiji koncept će dobiti (-). Za bolje ispunjen kriterij gledat će se koji koncept ima jednostavniju izradu, manju cijenu, masu i sl. Koncept koji ima više pluseva (+) će biti odabran i dalje detaljnije obraditi.

Tablica 3. Tablica za usporedbu koncepata

Kriterij	Koncept 1	Koncept 2
Prijenos/ transport	+	+
Dimenzije	-	+
Stabilnost	-	+

Način pogona	-	+
Način kontrole	+	-
Dovod loptica	+	-
Mogućnost osciliranja	-	+
Mogućnost mijenjanja kuta ispućavanja	+	+
Spin	+	+
Jednostavnost korištenja/ upravljanja	+	-
Funkcionalnost	+	+
Cijena	-	+
Masa	-	+
Jednostavnost izrade	-	+
Mogućnost čišćenja/jednostavnog pregleda	+	-
SUMA	8	10

Koncept koji dalje ide na detaljiranje i konstrukcijsku razradu je drugi koncept.

4. Proračun

4.1. Tarenice i motori u mehanizmu za ispucavanje

Maksimalno postignuta brzina loptice udarca forhenda koja je dostignuta je $v_{max} = 124 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 34,444 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ (Murray). Prema istraživanju je zaključeno da je bacač najefikasniji kada se loptica između tarenica spljošti na pola originalnog promjera.[] U tom slučaju loptica preuzme dovoljnu energiju od tarenica da postigne željenu brzinu.

Ulazni podatci:

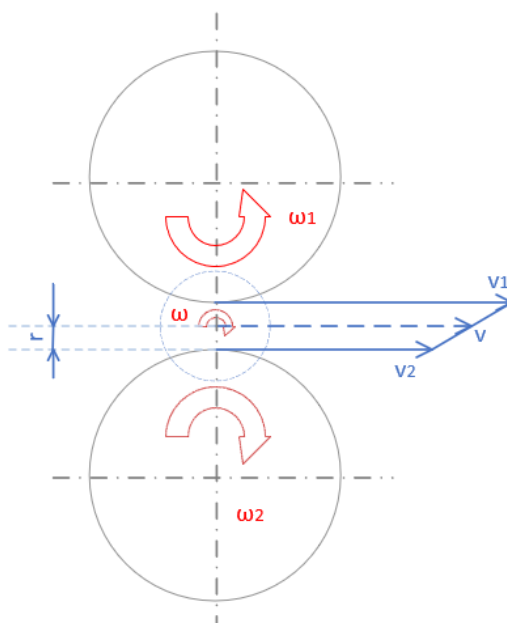
$m = 58 \text{ g}$ – masa teniske loptice

$$v_{max} = 34,444 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$d_t = 130 \text{ mm}$ – promjer tarenica

$x = 34 \text{ mm}$ – pola promjera loptice, razmak između tarenica

$\omega = 3700 \text{ min}^{-1} = 61,67 \text{ s}^{-1}$ – brzina kojom se loptica vrti oko svoje osi u topospinu



Slika 8. Brzine tijekom bacanja

Brzina vrtnje druge tarenice:

$$\begin{aligned}\omega_2 \cdot r_t &= v - \omega \cdot r \\ \omega_2 &= \frac{v - \omega \cdot r}{r_t}\end{aligned}$$

$$\omega_2 = \frac{34,444 - 61,67 \cdot 0,017}{\frac{0,13}{2}} = 513,78 \text{ s}^{-1}$$

Brzina vrtnje prve tarenice:

$$\omega_1 \cdot r_t + \omega_2 \cdot r_t = 2v$$

$$\omega_1 = \frac{2v}{r_t} - \omega_2$$

$$\omega_1 = \frac{2 \cdot 34,444}{\frac{0,13}{2}} - 613,78 = 546,039 \text{ s}^{-1} = 32762,34 \text{ min}^{-1}$$

Rad koji tarenica preda loptici:

$$W = -\frac{1}{4}(mv^2 + I_p\omega^2)$$

$$W = -\frac{1}{4}\left(mv^2 + \frac{2}{3}mr\omega^2\right)$$

$$|W| = \frac{1}{4}\left(0,058 \cdot 34,444^2 + \frac{2}{3}0,058 \cdot 0,034 \cdot 61,67^2\right) = 17,2 \text{ J}$$

Vrijednosti koje motor mora zadovoljiti:

$$P = \frac{|W|}{t} = \frac{17,2}{5} = 3,44 \text{ W}$$

$$n = \frac{\omega_2}{2\pi} = \frac{32762,34}{2\pi} = 5214,29 \text{ min}^{-1}$$

$t = 5 \text{ s}$ – najkraće vrijeme za koje tarenice moraju izbaciti lopticu

Odabran je motor Faulhaber 2214S012BXTR iz Faulhaber kataloga koji u sebi ima ugrađen kontroler brzine jer se brzina vrtnje tarenice mora moći kontrolirati. Kontroleri promjenom frekvencije mijenjaju brzinu rotacije samog motora.



Slika 9. Motor 2214S012BXTR

Tablica 4. Vrijednosti motora za tarenice

Napajanje	12 V
Snaga	3,66 W
Broj okretaja	5300 min ⁻¹
Sveukupna iskoristivost	58,07 %
Masa	25,5 g
Izlazno vratilo	Φ3x12
Dimenzije	Φ22x14

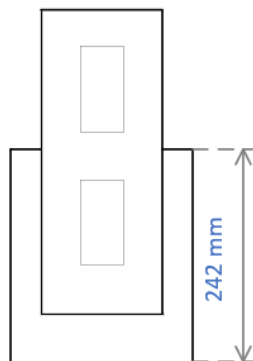
4.2. Provjera čvrstoće stupova mehanizma za ispucavanje

$m_t = 939$ g – masa tarenice

$m_n = 0,4$ kg – ukupna masa nosača tarenica i ostalih elemenata

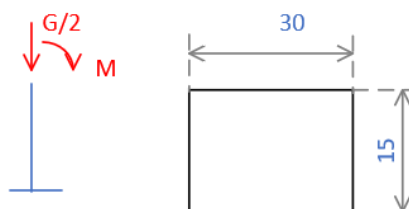
$$Re(Al) = 27,57 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E(Al) = 69000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



Slika 10. Skica mehanizma za ispucavanje

U normalnom položaju se stupovi provjeravaju na izvijanje i savijanje:



$$G = g(2m_t + m_n) = 22,35 \text{ N}$$

$$\sigma_t = \frac{\frac{G}{2}}{A} = \frac{11,17}{450} = 0,0248 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Možemo zaključiti da će nosač zadovoljiti na izvijanje zbog iznimno malog opterećenja.

$$\sigma_s = \frac{M}{W} = \frac{11,17 \cdot 55}{\frac{30 \cdot 15^2}{6}} = 0,546 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{dop} = \frac{Re}{S} = \frac{27,57}{1,5} = 18,38 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nosač zadovoljava.

Kada se bacač vozi, stupovi se nalaze u pognutom položaju i provjeravaju se na savijanje:



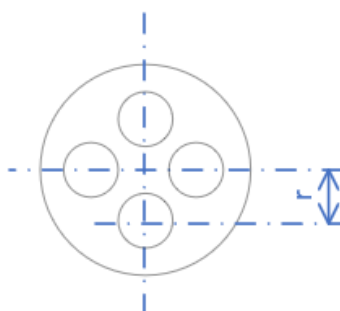
Slika 11. Model savijanja nosača

$$\sigma_s = \frac{M}{W} = \frac{Gl}{\frac{a^3}{6}} = \frac{6 \cdot 30 \cdot 242}{20^3} = 5,445 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{dop} = \frac{Re}{S} = \frac{27,57}{1,5} = 18,38 \frac{N}{mm^2} \rightarrow \text{ZADOVOLJAVA}$$

4.3. Odabir motora za disk

Na ulazu loptice u bacač postoji disk s četiri provrta koji služi da se lakše omogući dovod loptice u gumenu cijev, koja dalje vodi lopticu do tarenica. Disk će imati malu brzinu vrtnje i ta brzina će se moći mijenjati. Loptica će se moći ispucavati svakih 5 sekundi (u tom slučaju će brzina vrtnje biti najveća), pa sve do 10 s.



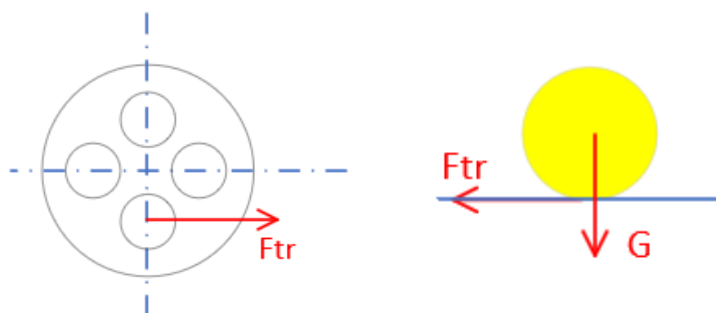
Slika 12. Skica diska

Maksimalna brzina:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{0,25 \cdot 2r\pi}{2} = \frac{0,25 \cdot 2 \cdot 65\pi}{5} = 20,42 \text{ m/s}$$

$$n = \frac{v}{d\pi} = \frac{20,42}{2 \cdot 65\pi} = 0,05 \frac{\text{o}}{\text{s}} = 3 \text{ o/min}$$

$$\omega = 2n\pi = 0,314 \text{ rad/s}$$



Slika 13. Prikaz sila potrebnih za proračun snage motora

$$T = F_{tr} \cdot y$$

$$F_{tr} = G \cdot \mu$$

$$F_{tr} = 0,058 \cdot 0,4 = 0,0232 \text{ N}$$

$$T = 0,0232 \cdot 0,065 = 0,0015 \text{ N/m}$$

$y = 65 \text{ mm}$ – udaljenost od središta diska do središta loptice

$G = 58 \text{ g}$ – težina teniske loptice

$\mu = 0,4$ – faktor trenja najlonske vune (materijal oplošja loptice)

Odabran je motor IIVVERR JSX950-370 zajedno sa kontrolerom brzine FAULHABER Series SC 1801S sa sljedećim karakteristikama:



Slika 14. Motor IIVVERR JSX950-370 i kontroler brzine Series SC 1801S

Tablica 5. Karakteristike motora za disk

Napajanje	12 V
Snaga	0,5 hp
Broj okretaja	9 min^{-1}
Masa	151 g
Promjer izlaznog vratila	$\Phi 6 \times 25 \text{ mm}$
Dimenzije	78 x 31 x 25mm

4.4. Odabir servomotora za osciliranje

Za osciliranje uređaja koristi se servomotor. Takvi motori se koriste kada je potrebno pozicionirati i pratiti zakret izlaznog vratila. Vratilo se može zakretati samo unutar radnog kuta. Motor će se odabrati na temelju 40 % uvećanog potrebnog momenta koji je potreban da zaokrene bacač.

$$T = 0,4 \cdot m_{meh} \cdot g \cdot r$$

$m_{uk} = 2,8 \text{ kg}$ – masa najtežeg mehanizma (mehanizma za izbacivanje loptica)

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ – konstanta ubrzanja sile teže

$r = 0,25 \text{ m}$ – maksimalni mogući krak sile

$$T = 2,34 \text{ Nm}$$

Odabran je BECKOFF AN8032-wEyz motor zajedno sa kontrolerom brzine FAULHABER Series SC 1801S sa sljedećim karakteristikama:

Tablica 6. Vrijednosti servomotora

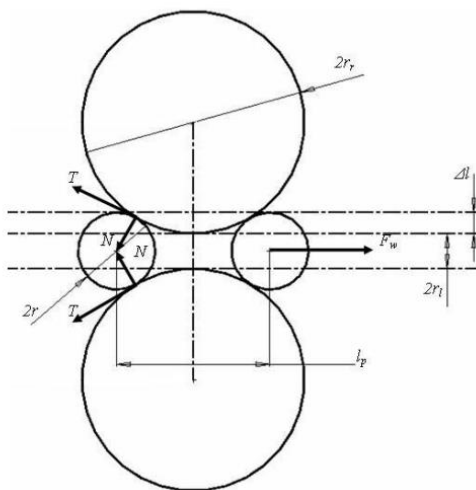
Napajanje	100...480 V
Snaga	1,38 kW
Broj okretaja	6000 min ⁻¹
Promjer izlaznog vratila	Φ14 x 30 mm
Dimenzije	72 x 72 x 184mm



Slika 15. Servomotor BECKOFF AN8032-wEyz

4.5. Provjera sigurnosti vratila i ležajeva mehanizma za izbacivanje

Zbog pritiska koji je potreban da se loptica spljošti na pola svog promjera potrebno je provjeriti sigurnost vratila navedenog mehanizma. Najprije je potrebno dobiti iznos sile koja je potrebna da se to ostvari.



Slika 16. Prikaz geometrije i sila pri kontaktu loptice i tarenica [1]

$$N = \frac{Es\Delta l}{2r_l}$$

Gdje je:

E – Youngov modul loptice [1]

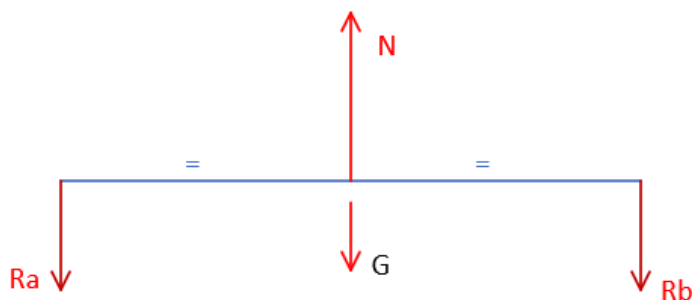
s – dodirna površina deformirane loptice i tarenice

r_l – radijus loptice

Δl – deformacija loptice

$$N = \frac{3,63 \cdot 10^6 \cdot 0,00363 \cdot 0,017}{0,068} = 3294,225 \text{ N}$$

Reakcije u ležajevima vratila:



Slika 17. Skica sila koje djeluju na vratilo

$R_a = R_b$ – reakcije u ležajevima

$G = 9,39 \text{ N} + 2,3 \text{ N}$ – težina tarenice i vratila

$$R_a = R_b = \frac{N - G}{2} = \frac{3294,225 - 9,39 - 2,3}{2} = 1641,27 \text{ N}$$

Provjera čvrstoće ležajeva:

$$C_1 = Pr \left(\frac{60 \cdot n \cdot Lh}{10^6} \right)^{\frac{1}{\varepsilon}}$$

$Pr = 1641,27 \text{ N}$ – ekvivalentno radijalno opterećenje

$n = 1,45 \text{ min}^{-1}$ – brzina vrtnje

$Lh = 8\,000 \text{ h}$ – nazivni vijek trajanja u satima

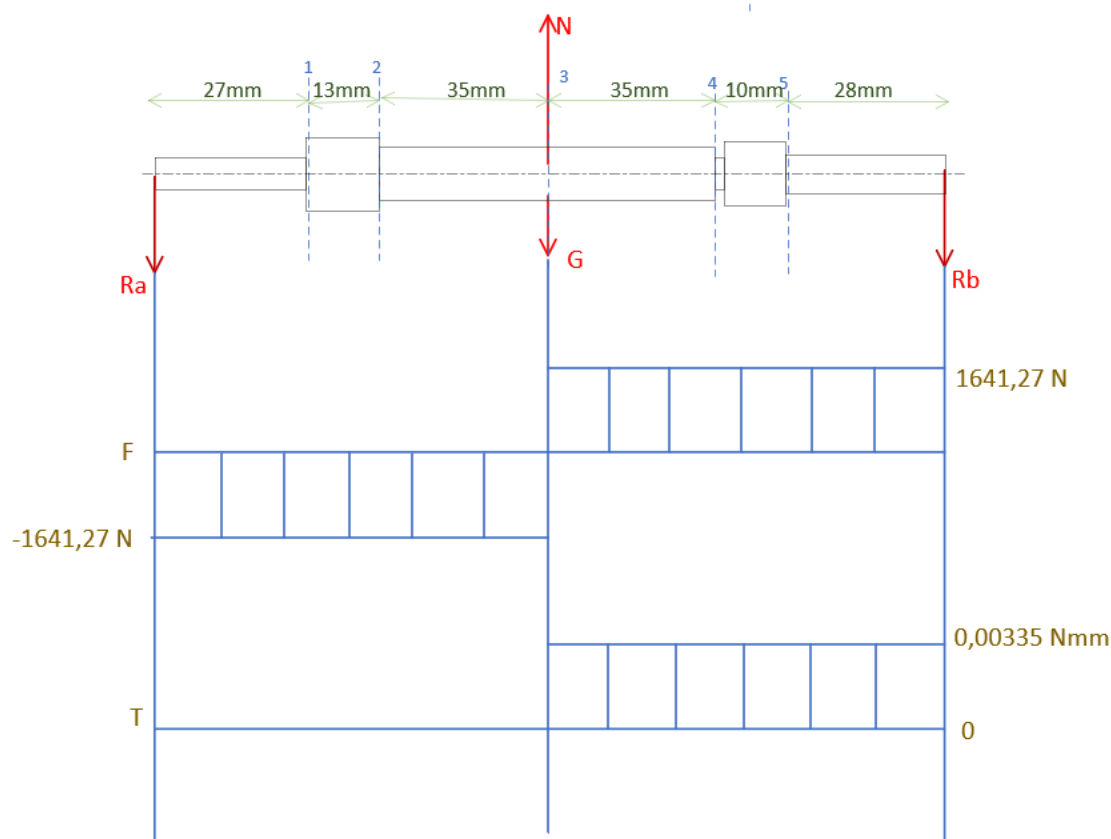
$\varepsilon = 3$ – eksponent vijeka trajanja

C_1 – dinamičko opterećenje ležaja

$$C_1 = 1641,27 \left(\frac{60 \cdot 1,45 \cdot 8\,000}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} = 1,45 \text{ kN}$$

$$C = 8,06 \text{ kN} > C_1 = 1,45 \text{ kN} \rightarrow \text{ležaj zadovoljava}$$

Provjera sigurnosti vratila:



Slika 18. Prikaz opterećenja vratila

Najkritičniji je treći presjek koji ujedno ima utor za pero:

Postojeća sigurnost:

$$S_{post} = \frac{b_1 b_2 \sigma_{fDN}}{\varphi \beta_{kf} \sigma_f}$$

Pošto na ovom presjeku postoji i uvijanje u nazivniku po pravilu treba biti σ_{red} , no pošto je vrijednost torzije poprilično manja od savijanja, ta vrijednost je u proračunu zanemarena.

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{1,72}{513,78} = 3,35 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}$$

b_1 – faktor veličine strojnog dijela

b_2 – faktor kvalitete obrade površne

σ_{fDN} – trajna dinamička vrstoća za čisto naizmjenično promjenljivo naprezanje

φ – faktor udara

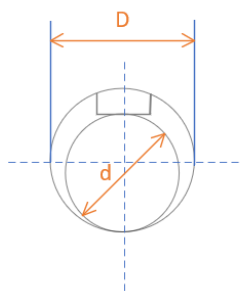
β_{kf} – efektivni faktor zareznog djelovanja kod savijanja

σ_f – nominalno naprezanje pri savijanju

$$\sigma_f = \frac{M}{W_x}$$

M – moment savijanja

W_x – aksijalni moment otpora presjeka



Slika 19. Presjek vratila u kritičnom presjeku

Vrijednosti koje vrijede za treći presjek:

$$D = 25 \text{ mm}$$

$$d = 21 \text{ mm}$$

$$b_1 = 0,925 [2]$$

$$b_2 = 0,98 [2]$$

$$\beta_{kf} = 2$$

$$\sigma_{fDN} = 350 \text{ N/mm}^2 \text{ za } \check{C}0745 [2]$$

$\varphi = 1$ – faktor udara

$$M = Ra \cdot (27 + 13 + 35) = 123\,181,5 \text{ Nmm}$$

$$W_x = 0,1D^3 = 0,1 \cdot 25^3 = 1562,5 \text{ mm}^3$$

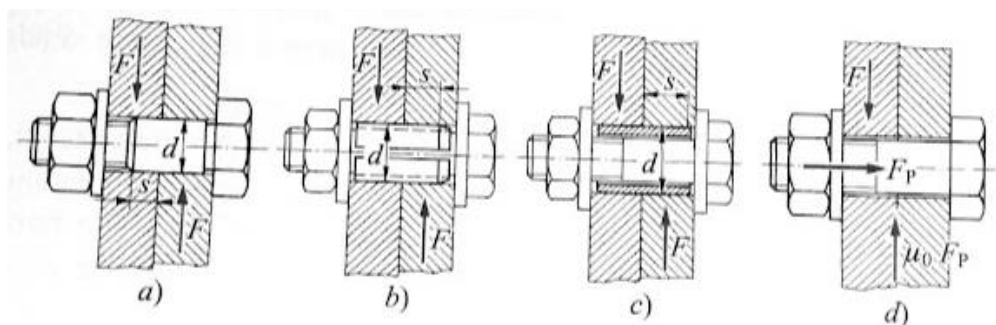
$$\sigma_f = \frac{123\,181,5}{1562,5} = 78,84 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{post} = \frac{0,925 \cdot 0,98 \cdot 350}{2 \cdot 78,84} = 2,012$$

Vrijednost postojeće sigurnosti je zadovoljavajuća, pa se zaključuje da će vratilo izdržati nametnuta opterećenja.

4.6. Proračun poprečno opterećenih vijaka

Vijci kojima su nosači mehanizma izbacivanja spojeni na sam mehanizam su poprečno opterećeni zbog težine samog nosača, te ih je potrebno proračunati. Navedeni elementi su spojeni sa dva M5 vijka sa svake strane.



Slika 20. Poprečno opterećeni vijčani spojevi; a) dosjedni vijci; b) stezne ljske; c) elastični vijci; d) prolazni vijci [3]

Za spoj vrijedi skica pod d) prolazni vijci. Oni se moraju toliko snažno pritegnuti da se poprečna sila F prenese trenjem naležnih površina dijelova u spoju. Svaki vijak stvara otpor trenja $\mu_0 \cdot F_p$ ako je F_p sila prednaprezanja, a μ_0 koeficijent trenja mirovanja na površinama nalijeganja dijelovanja u spoju. Ako spoj treba sam držati otporom trenja, onda pogonska sila F ne smije porasti na veličinu otpora trenja, pa treba biti zadovoljen sljedeći uvjet: [3]

$$\frac{F_p}{F} \geq 1,3$$

$F = 14,04 \text{ N}$ – pogonska sila za pojedini vijak, u ovom slučaju to je četvrtina težine cijelog mehanizma

F_p – sila prednaprezanja vijka

$$F_p = A_j \cdot \sigma_{pr}$$

$$A_j = 12,7 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{pr} = 350 \text{ N/mm}^2 - \text{prednaprezanje [2]}$$

$$F_p = 12,07 \cdot 350 = 4445 \text{ N}$$

Sila prednaprezanja je puno veća od pogonske sile za pojedini vijak pa je sigurno za reći da vijčani spoj zadovoljava.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazan razvoj bacača teniskih loptica koji se koristi za pomoć u treningu, kako individualnom tako i uz profesionalnu pomoć. Analizom tržišta su utvrđeni glavni principi konstruiranja mehanizama te se nakon funkcijske dekompozicije detaljno obradilo novo rješenje u želji da se olakša korištenje bacača, te smanji cijena proizvoda.

Može se reći da je bacač konstruiran od glavnog mehanizma za izbacivanje loptica i kućišta. Jedna od prednosti ovog rješenja što svaka strana služi nečemu, da se osigura što manja dimenzija uz bolju efikasnost. Mehanizam za izbacivanje je izveden na način da nosači drže tarenice kojima se može mijenjati nagib ispućavanja. Prednja strana omogućuje izlazak loptice iz bacača. Na desnoj strani se nalazi kontrolna ploča i ručica za namještanje nagiba ispućavanja. Na lijevoj se nalaze kotači koji omogućuju transport bacača. Donja strana ima oscilatornu ploču koja omogućava oscilacije u izbacivanju. Na stražnjoj strani je ugrađena ručka za transport, a na gornjoj se rastvori korpa koja omogućuje ulaz loptica u sami bacač.

Kao daljnji razvoj ovog uređaja moglo bi se malo više osvrnuti na estetiku bacača i možda razvoj aplikacije koja bi omogućavala kontrolu izbacivanja pomoću pametnog sata. Također bi se mogao usavršiti i minimizirati dizajn u nadi da se smanji ukupna masa bacača.

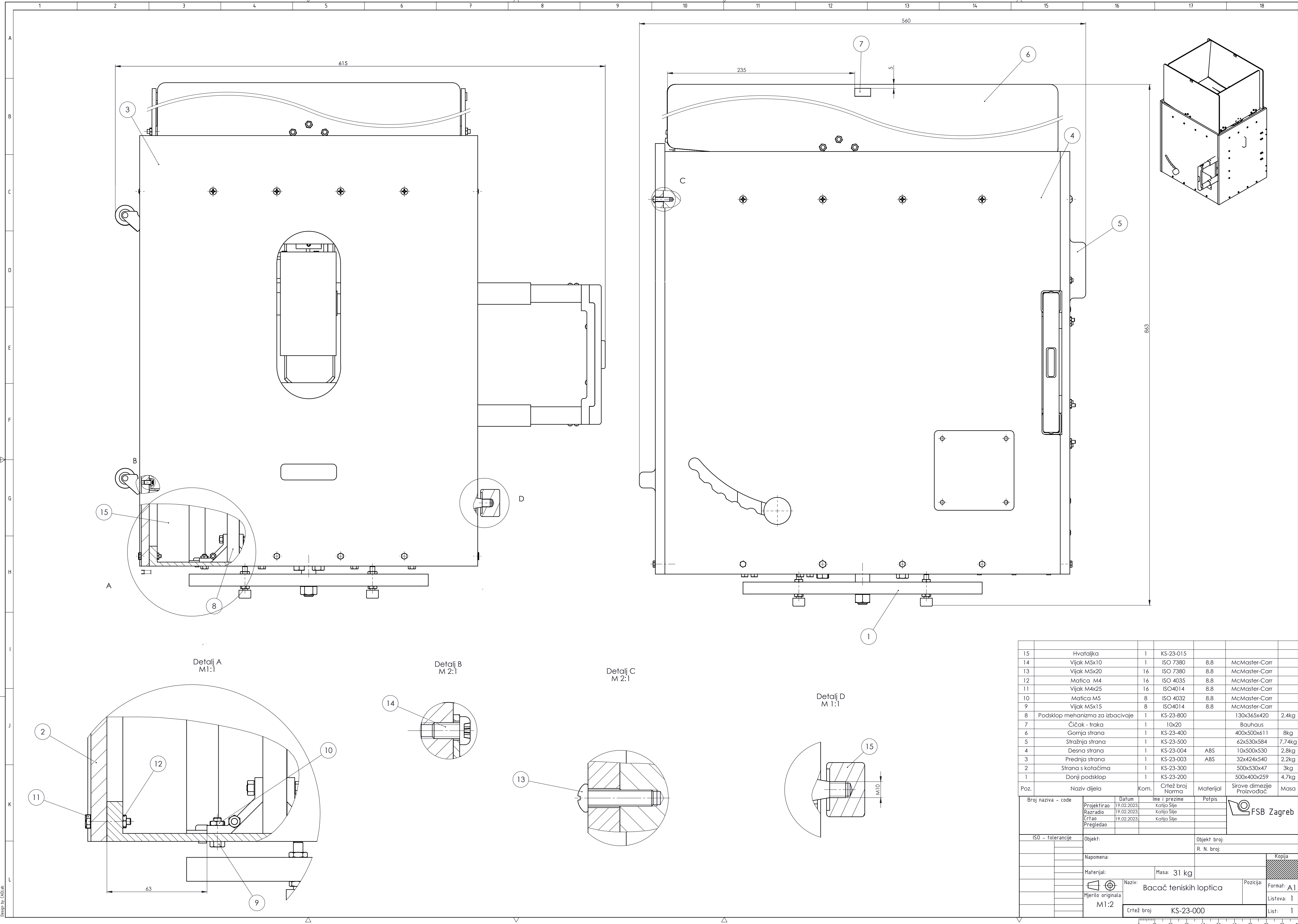
Svi plastični dijelovi uređaja bili bi izrađeni od ABS materijala injekcijskim prešanjem. Takva tehnologija izrade inicijalno je skupa zbog izrade alata, ali ako se radi o velikim serijama cijena izrade dijelova postaje jako mala. Ostali nestandardni dijelovi su od aluminija i čelika.

LITERATURA

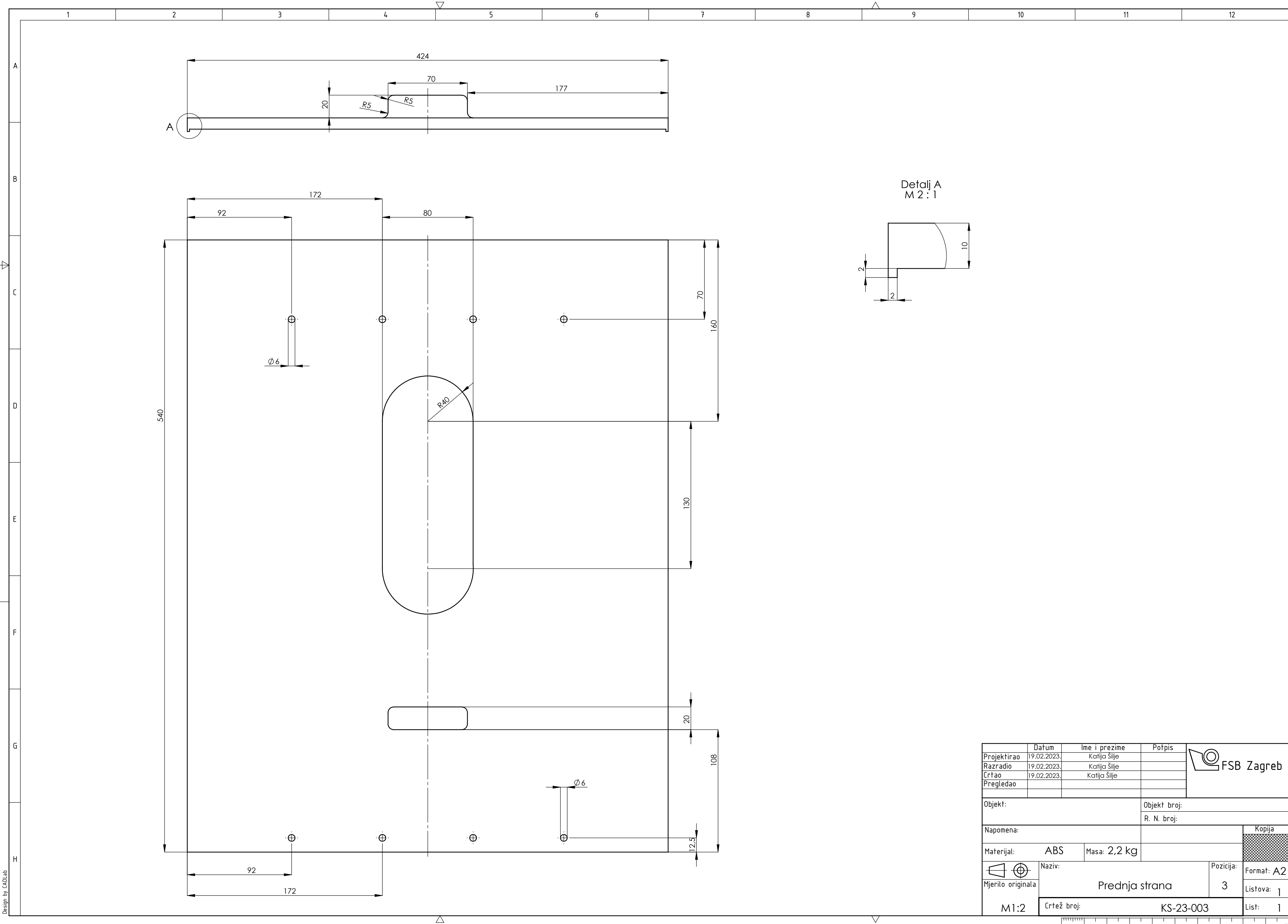
- [1] Wójcicki, K., Puciłowski, K., Kulesza, Z.: Mathematical analysis for a new tennis ball launcher
- [2] Horvat, Z.: Vratilo (Proračun)
- [3] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Tehnička knjiga Zagreb, 1975.
- [4] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga Zagreb, 1970.
- [5] Herold, Z.: Računalna i inženjerska grafika, Zagreb, 2003.

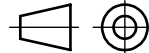
PRILOZI

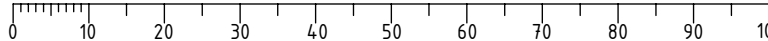
- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija

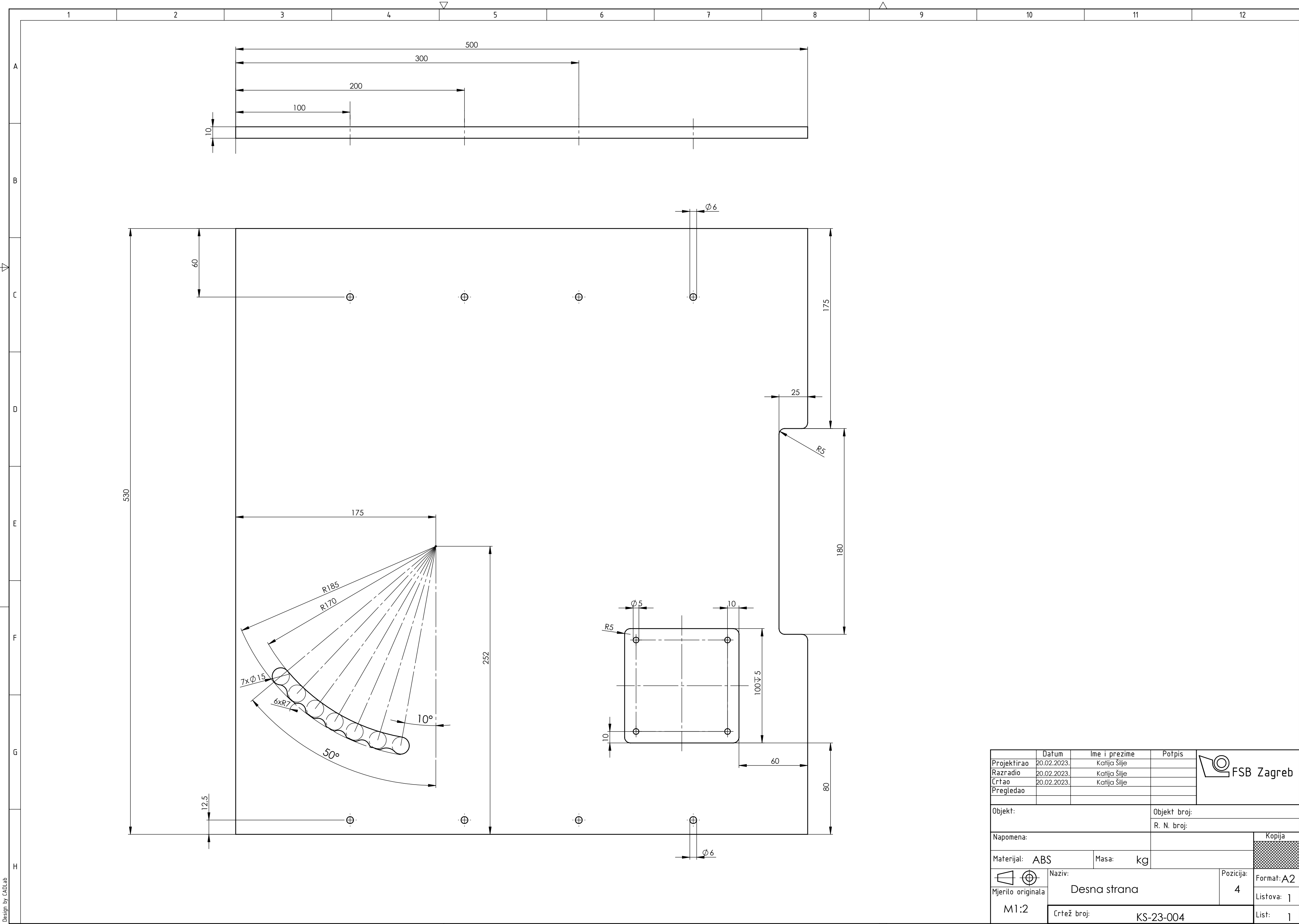


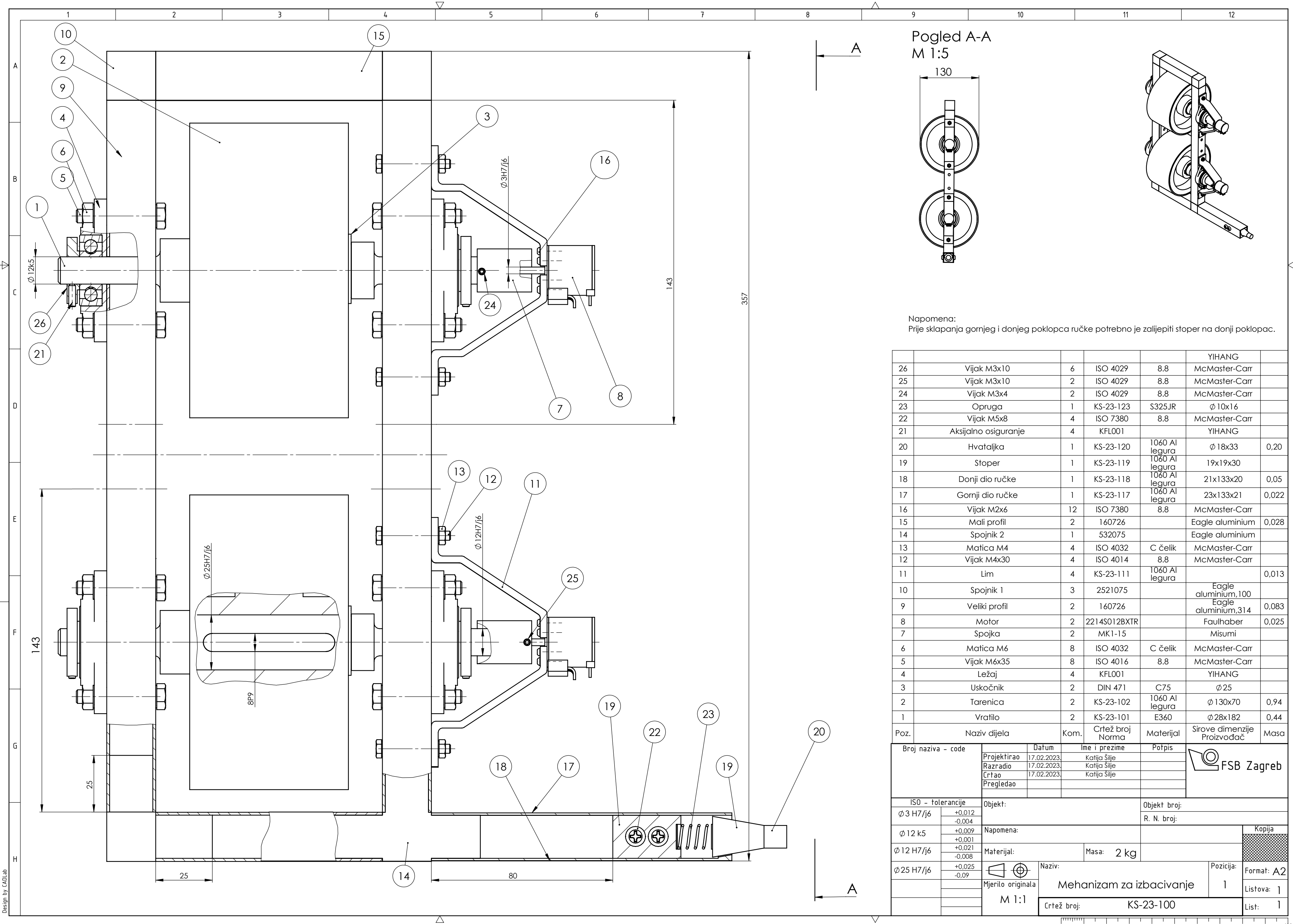
15	Hvataljka	1	KS-23-015				
14	Vijak M5x10	1	ISO 7380	8.8	McMaster-Carr		
13	Vijak M5x20	16	ISO 7380	8.8	McMaster-Carr		
12	Matica M4	16	ISO 4035	8.8	McMaster-Carr		
11	Vijak M4x25	16	ISO4014	8.8	McMaster-Carr		
10	Matica M5	8	ISO 4032	8.8	McMaster-Carr		
9	Vijak M5x15	8	ISO4014	8.8	McMaster-Carr		
8	Podsklop mehanizma za izbacivanje		1	KS-23-800		130x365x420	2.4kg
7	Čičak - traka	1	10x20		Bauhaus		
6	Gornja strana	1	KS-23-400		400x500x611		8kg
5	Stražnja strana	1	KS-23-500		62x530x584		7.74kg
4	Desna strana	1	KS-23-004	ABS	10x500x530		2.8kg
3	Prednja strana	1	KS-23-003	ABS	32x424x540		2.2kg
2	Strana s kotačima	1	KS-23-300		500x530x47		3kg
1	Donji podsklop	1	KS-23-200		500x400x259		4.7kg
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije	Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb		
Projektirao		19.02.2023.	Katja Šilje				
Razradio		19.02.2023.	Katja Šilje				
Crtao		19.02.2023.	Katja Šilje				
Pregledao							
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:			
				R. N. broj:			
		Napomena:					
		Materijal:		Masa: 31 kg		Kopija	



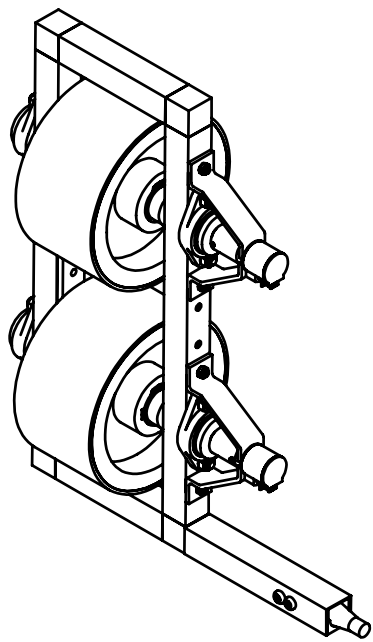
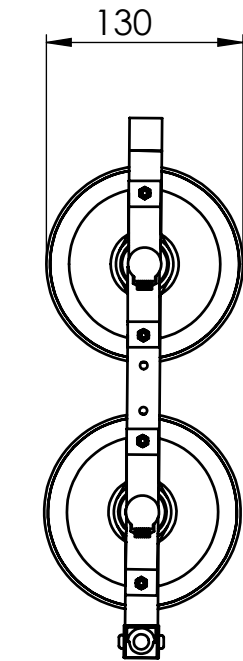
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	19.02.2023.	Katija Šilje		
Razradio	19.02.2023.	Katija Šilje		
Crtao	19.02.2023.	Katija Šilje		
Pregledao				
Objekt:			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:				Kopija
Materijal: ABS		Masa: 2,2 kg		
	Naziv:		Pozicija:	Format: A2
Mjerilo originala	Prednja strana		3	Listova: 1
M1:2	Crtež broj:		KS-23-003	List: 1





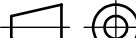


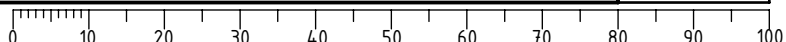
Pogled A-A
M 1:5

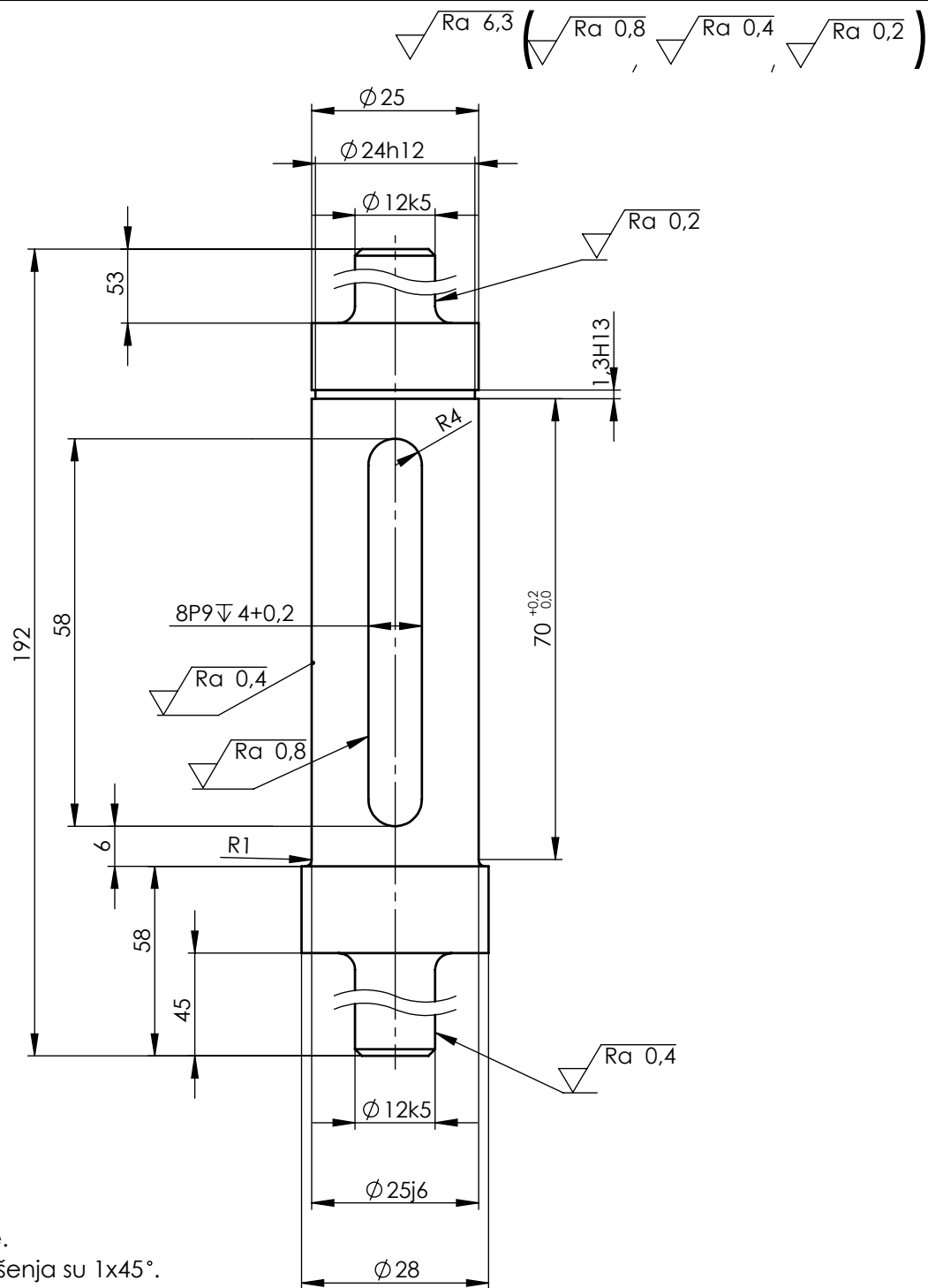


Napomena:
Prije sklapanja gornjeg i donjeg poklopca ručke potrebno je zalijepiti stoper na donji poklopac.

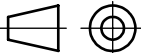
					YIHANG	
26	Vijak M3x10	6	ISO 4029	8.8	McMaster-Carr	
25	Vijak M3x10	2	ISO 4029	8.8	McMaster-Carr	
24	Vijak M3x4	2	ISO 4029	8.8	McMaster-Carr	
23	Opruga	1	KS-23-123	S325JR	Ø 10x16	
22	Vijak M5x8	4	ISO 7380	8.8	McMaster-Carr	
21	Aksijalno osiguranje	4	KFL001		YIHANG	
20	Hvataljka	1	KS-23-120	1060 Al legura	Ø 18x33	0,20
19	Stoper	1	KS-23-119	1060 Al legura	19x19x30	
18	Donji dio ručke	1	KS-23-118	1060 Al legura	21x133x20	0,05
17	Gornji dio ručke	1	KS-23-117	1060 Al legura	23x133x21	0,022
16	Vijak M2x6	12	ISO 7380	8.8	McMaster-Carr	
15	Mali profil	2	160726		Eagle aluminium	0,028
14	Spojnik 2	1	532075		Eagle aluminium	
13	Matica M4	4	ISO 4032	C čelik	McMaster-Carr	
12	Vijak M4x30	4	ISO 4014	8.8	McMaster-Carr	
11	Lim	4	KS-23-111	1060 Al legura		0,013
10	Spojnik 1	3	2521075		Eagle aluminium, 100	
9	Veliki profil	2	160726		Eagle aluminium, 314	0,083
8	Motor	2	2214S012BXTR		Faulhaber	0,025
7	Spojka	2	MK1-15		Misumi	
6	Matica M6	8	ISO 4032	C čelik	McMaster-Carr	
5	Vijak M6x35	8	ISO 4016	8.8	McMaster-Carr	
4	Ležaj	4	KFL001		YIHANG	
3	Uskočnik	2	DIN 471	C75	Ø 25	
2	Tarenica	2	KS-23-102	1060 Al legura	Ø 130x70	0,94
1	Vratilo	2	KS-23-101	E360	Ø 28x182	0,44
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa

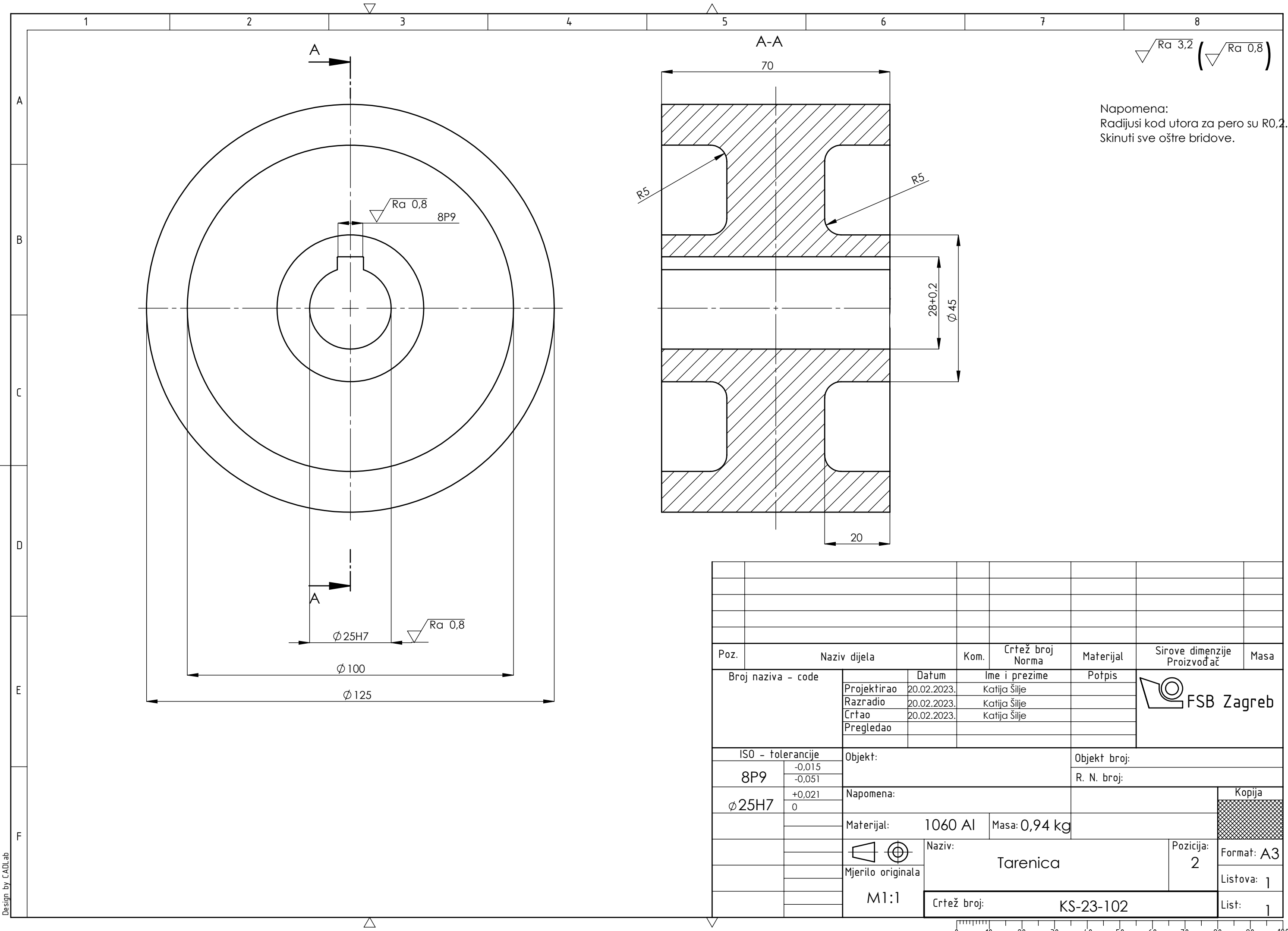
Broj naziva - code	Projektirao	17.02.2023.	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
	Razradio	17.02.2023.	Katija Šilje		
	Crtao	17.02.2023.	Katija Šilje		
	Pregledao				
ISO – tolerancije		Objekt:		Objekt broj:	
Ø 3 H7/j6	+0,012			R. N. broj:	
	-0,004				
Ø 12 k5	+0,009	Napomena:			Kopija
	+0,001				
Ø 12 H7/j6	+0,021	Materijal:	Masa: 2 kg		
	-0,008				
Ø 25 H7/j6	+0,025		Naziv:	Pozicija:	Format: A2
	-0,09				Mjerilo originala
		M 1:1	Mehanizam za izbacivanje		
		Crtež broj:	KS-23-100		List: 1



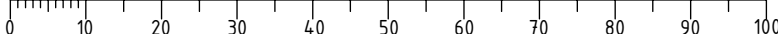


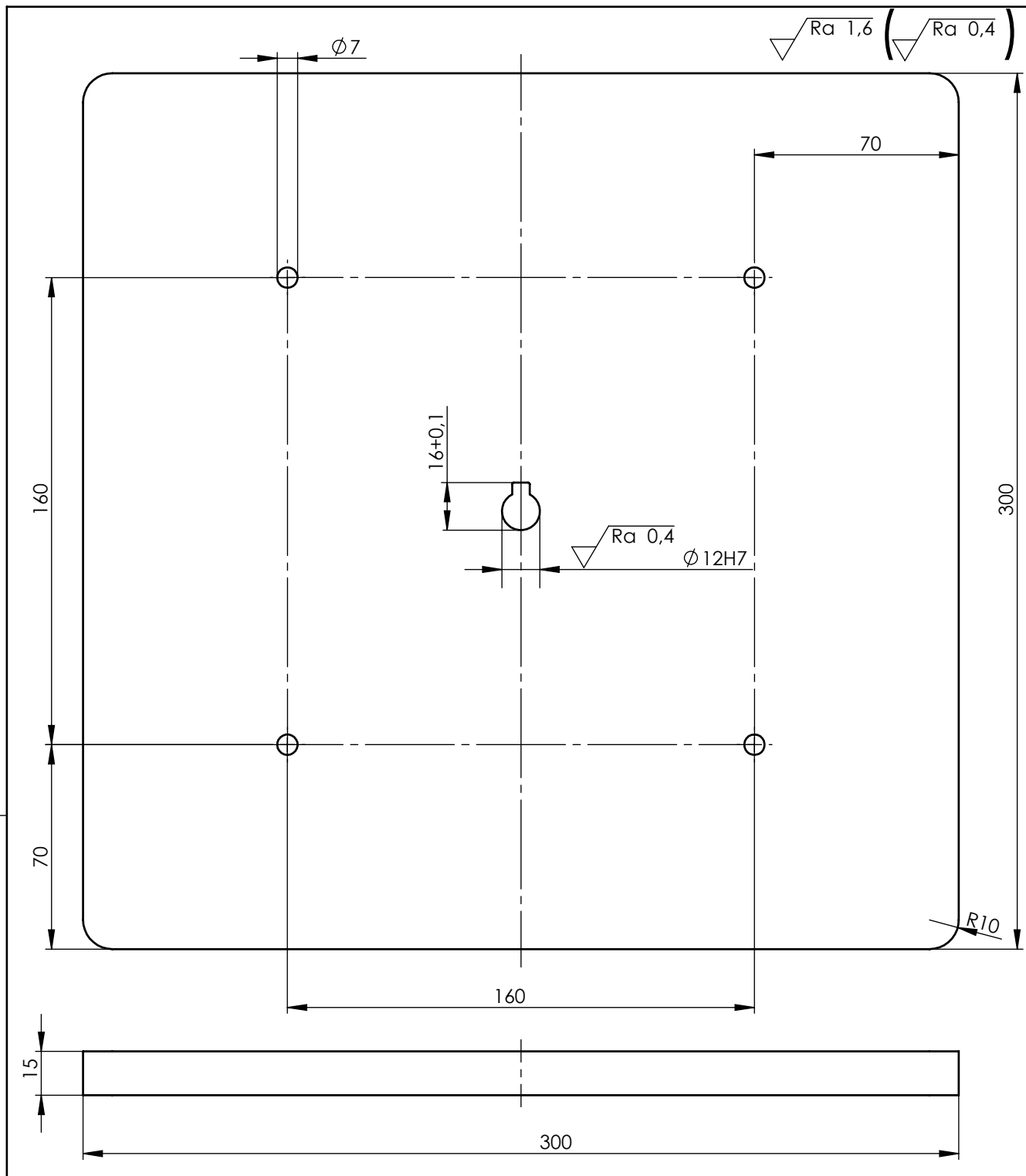
Napomena:
Skinuti oštre rubove.
Sva nekotirana skošenja su 1x45°.
Svi nekotirani radijusi na prijelazima su R2,5.

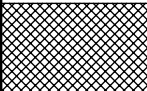
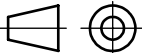
Broj naziva - code		Datum		Ime i prezime		Potpis		FSB Zagreb	
		Projektirao		20.02.2023.	Katija Šilje				
		Razradio		20.02.2023.	Katija Šilje				
		Crtao		20.02.2023.	Katija Šilje				
		Pregledao							
ISO - tolerancije		Objekt:				Objekt broj:			
1,3H13						R. N. broj:			
		+0,140		Napomena:				Kopija	
		0							
8P9		-0,015							
		-0,051							
Ø 12k5		+0,009		Materijal: E360		Masa: 0,44 kg			
		+0,001							
Ø 24h12		0				Naziv: Vratilo 2		Pozicija: 1	
		-0,021							
Ø 25j6		+0,025		Mjerilo originala				Format: A4	
		0						Listova: 1	
				M1:2		Crtež broj: KS-23-101		List: 1	



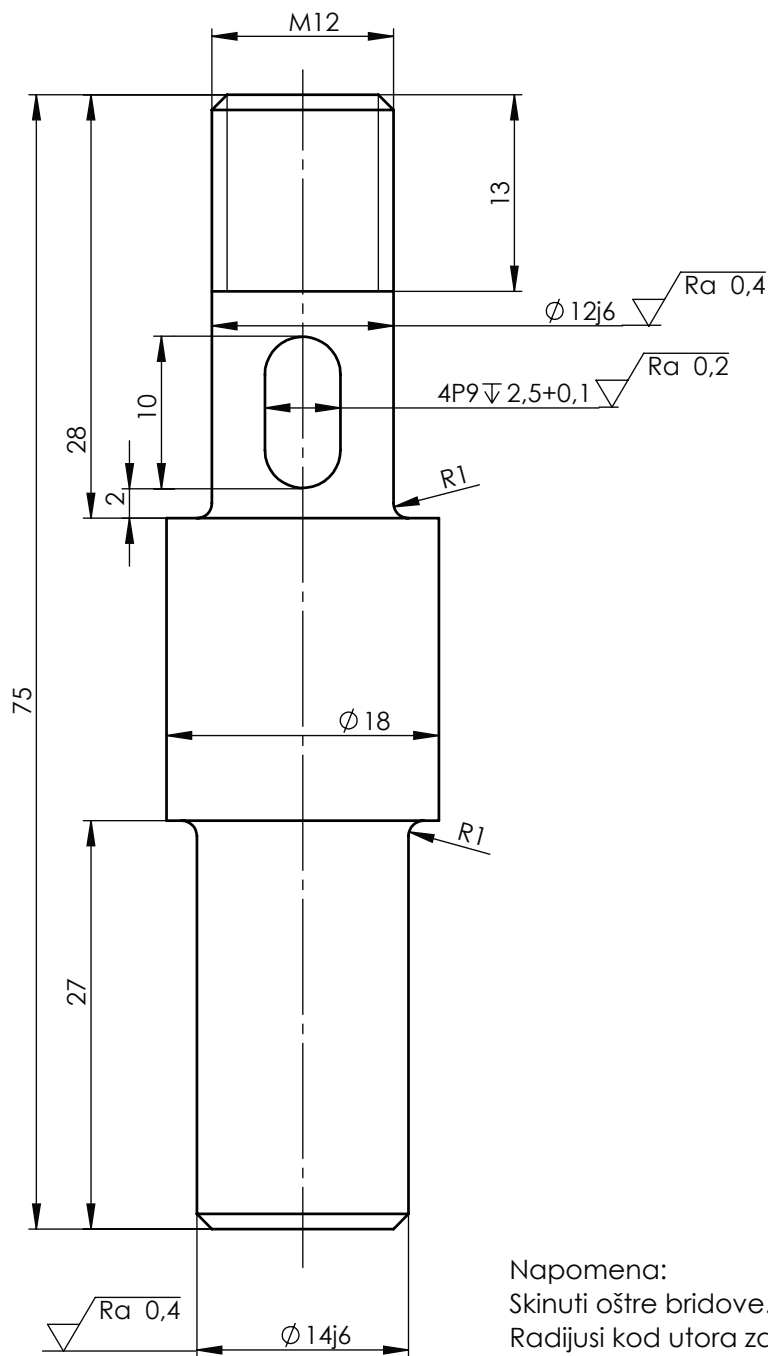
Poz.		Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis				
Projektirao		20.02.2023.	Katija Šilje					
Razradio		20.02.2023.	Katija Šilje					
Crtao		20.02.2023.	Katija Šilje					
Pregledao								
ISO - tolerancije		Objekt:				Objekt broj:		
8P9		-0,015 -0,051					R. N. broj:	
$\phi 25H7$		+0,021 0	Napomena:				Kopija	
			Materijal: 1060 Al				Masa: 0,94 kg	
			Naziv: Tarenica				Pozicija: 2	
			Mjerilo originala				Format: A3	
			M1:1				Listova: 1	
			Crtež broj: KS-23-102				List: 1	



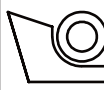
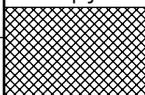
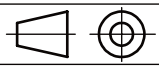


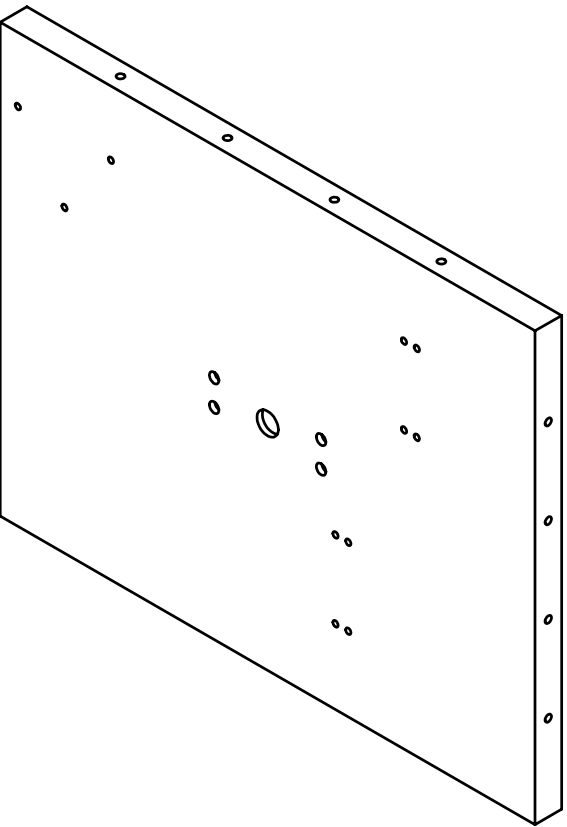
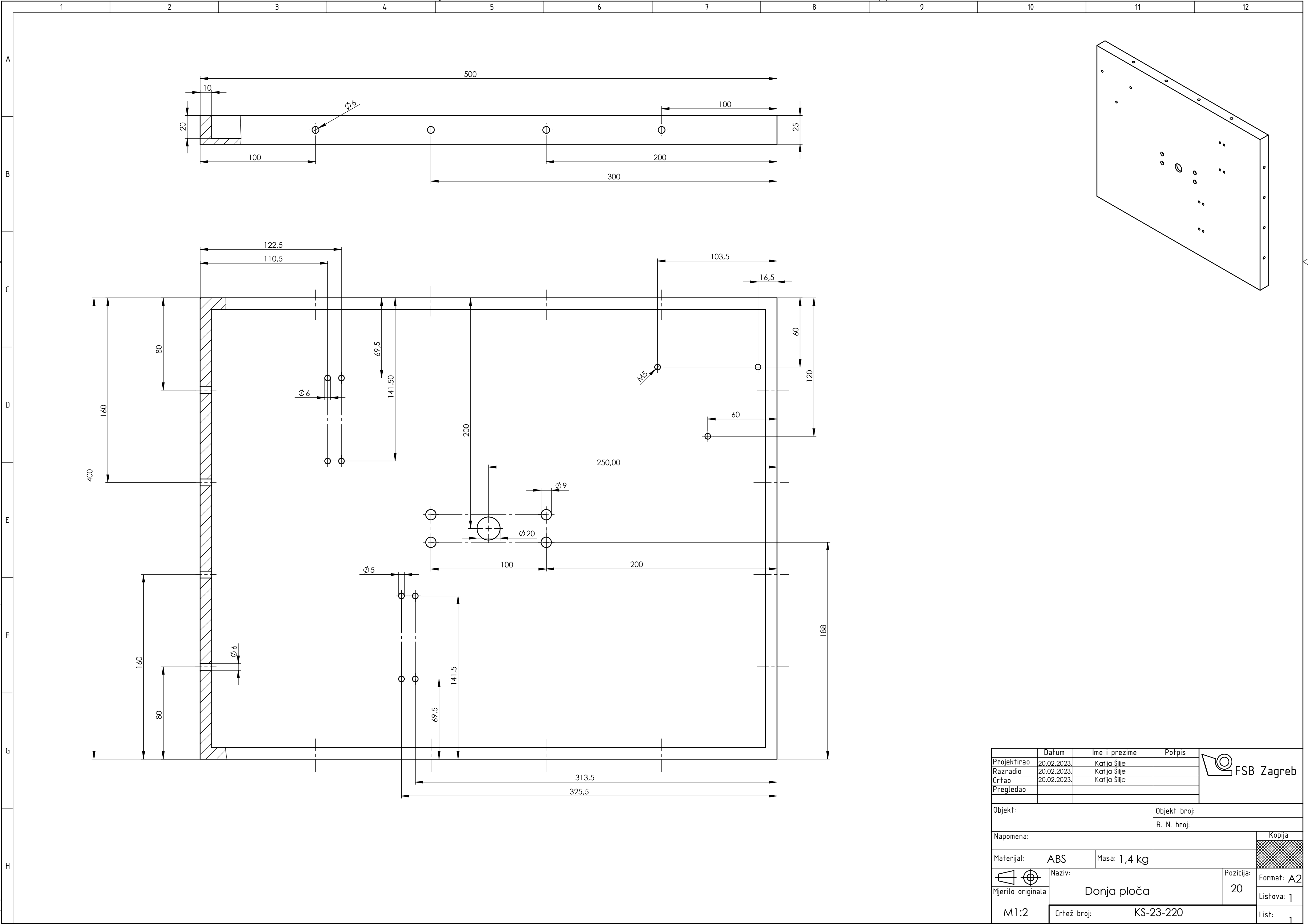
Broj naziva - code		Projektirao	20.02.2023.	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb				
		Razradio	20.02.2023.	Katija Šilje						
		Crtao	20.02.2023.	Katija Šilje						
		Pregledao								
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:					
Ø 12H7	+0,018 0							R. N. broj:		
		Napomena:				Kopija				
		Materijal: 1060 Al			Masa: 1,3 kg					
					Naziv:			Pozicija:		
					Mjerilo originala M1:2			Oscilacijska ploča		1
		Crtež broj: KS-23-201					List: 1			

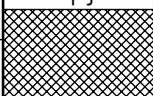
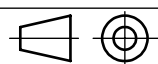
$\sqrt{Ra\ 3,2}$ ($\sqrt{Ra\ 0,4}$, $\sqrt{Ra\ 0,2}$)

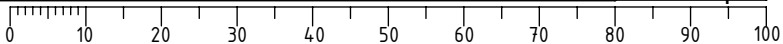


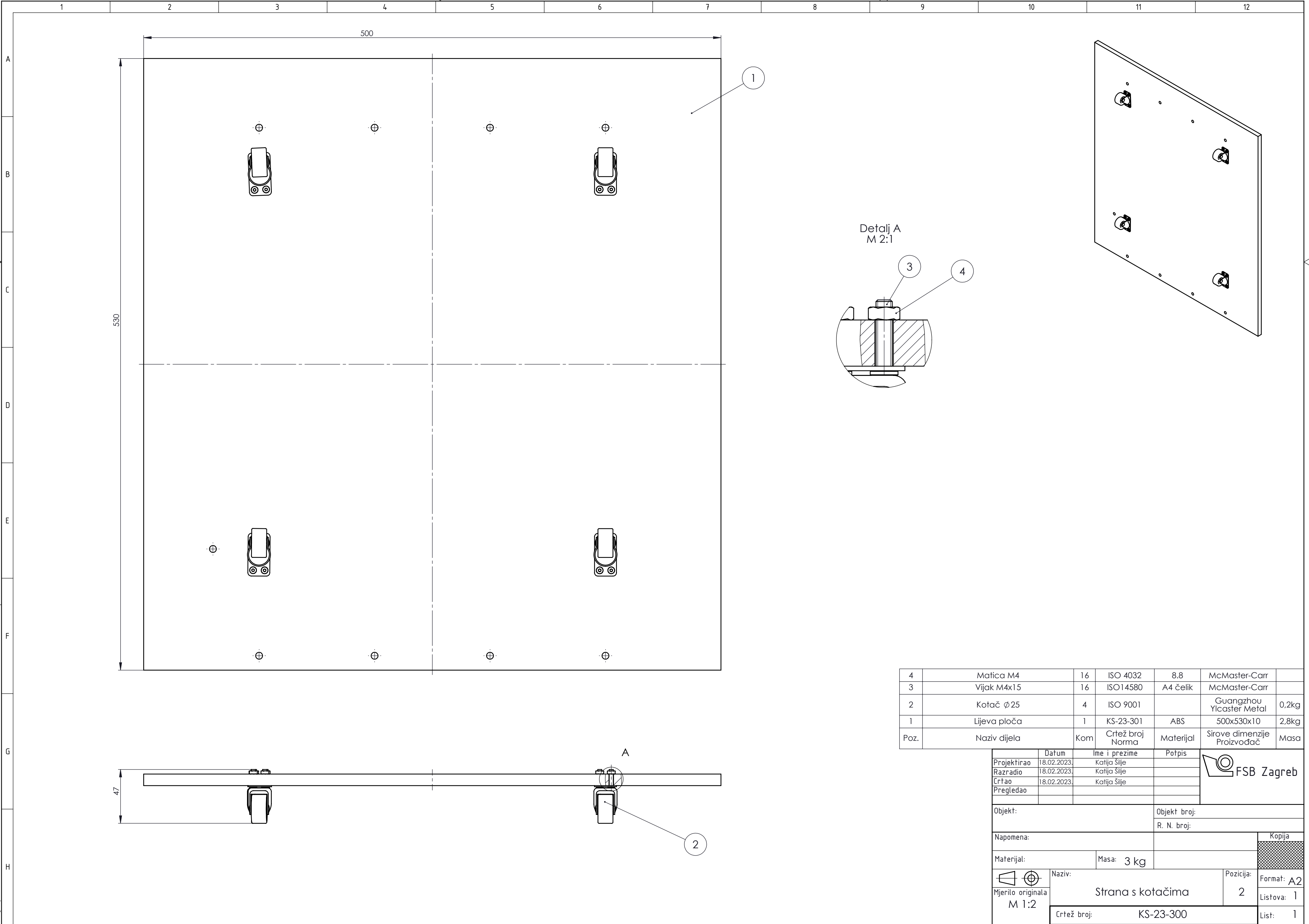
Napomena:
 Skinuti oštre bridove.
 Radijusi kod utora za pero su R0,1.
 Nekotirana skošenja su 1x45°.

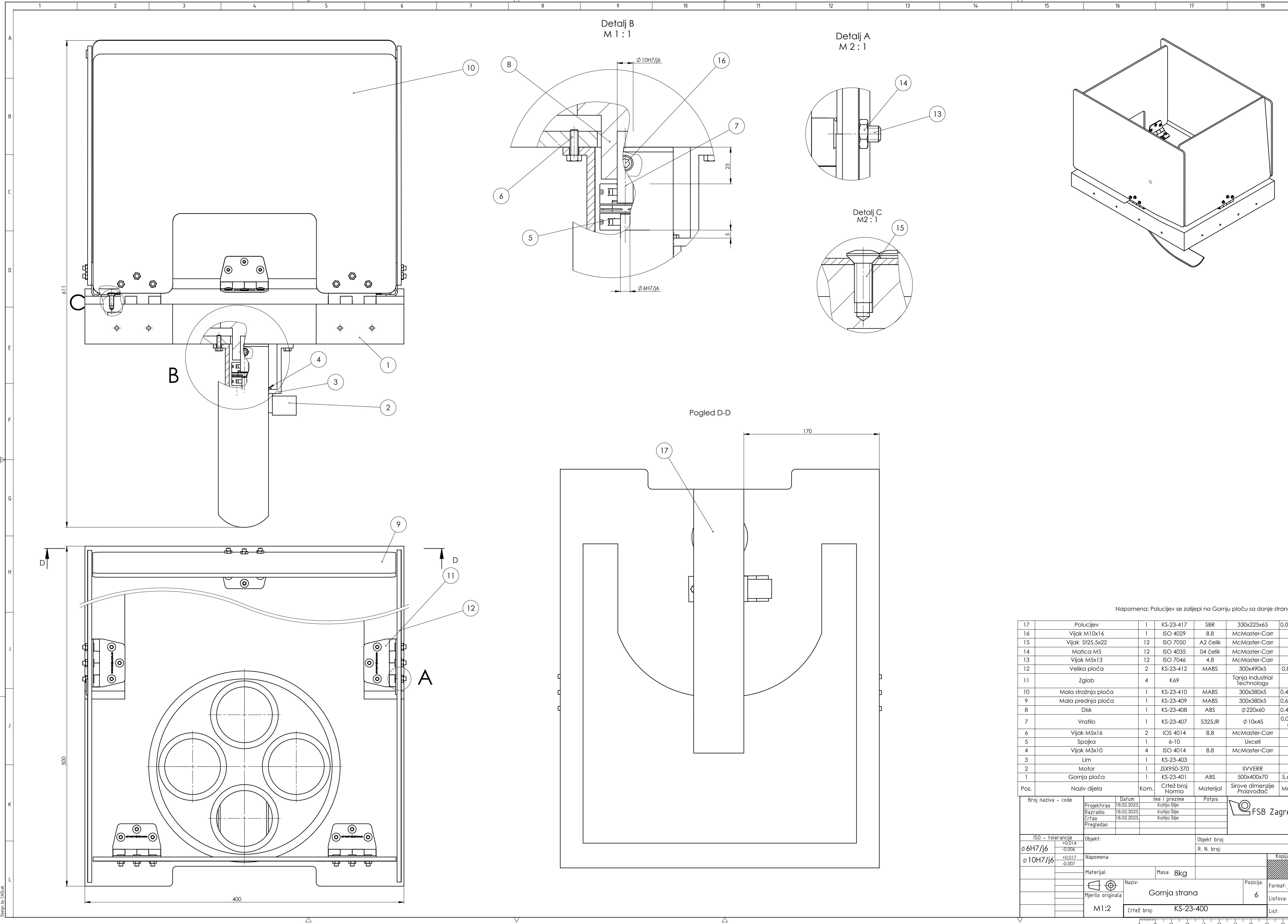
Broj naziva - code		Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb	
		Razradio	20.02.2023.	Katija Šilje			
		Crtao	20.02.2023.	Katija Šilje			
		Pregledao					
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:		
4P9	-0,012				R. N. broj:		
	-0,042						
ø 12j6	+0,018	Napomena:					Kopija
	0						
ø 14j6	+0,018	Materijal: E360			Masa: 0,096 kg		
	0						
			Naziv: Vratilo 1			Pozicija: 4	Format: A4
							Mjerilo originala
		M2:1	Crtež broj: KS-23-204				List: 1



	Datum	Ime i prezime	Potpis		
Projektirao	20.02.2023.	Katija Šilje			
Razradio	20.02.2023.	Katija Šilje			
Crtao	20.02.2023.	Katija Šilje			
Pregledao					
Objekt:			Objekt broj:		
			R. N. broj:		
Napomena:					Kopija
					
Materijal: ABS		Masa: 1,4 kg			
		Naziv:	Pozicija:	Format: A2	
Mjerilo originala		Donja ploča	20	Listova: 1	
M1:2		Crtež broj: KS-23-220			List: 1



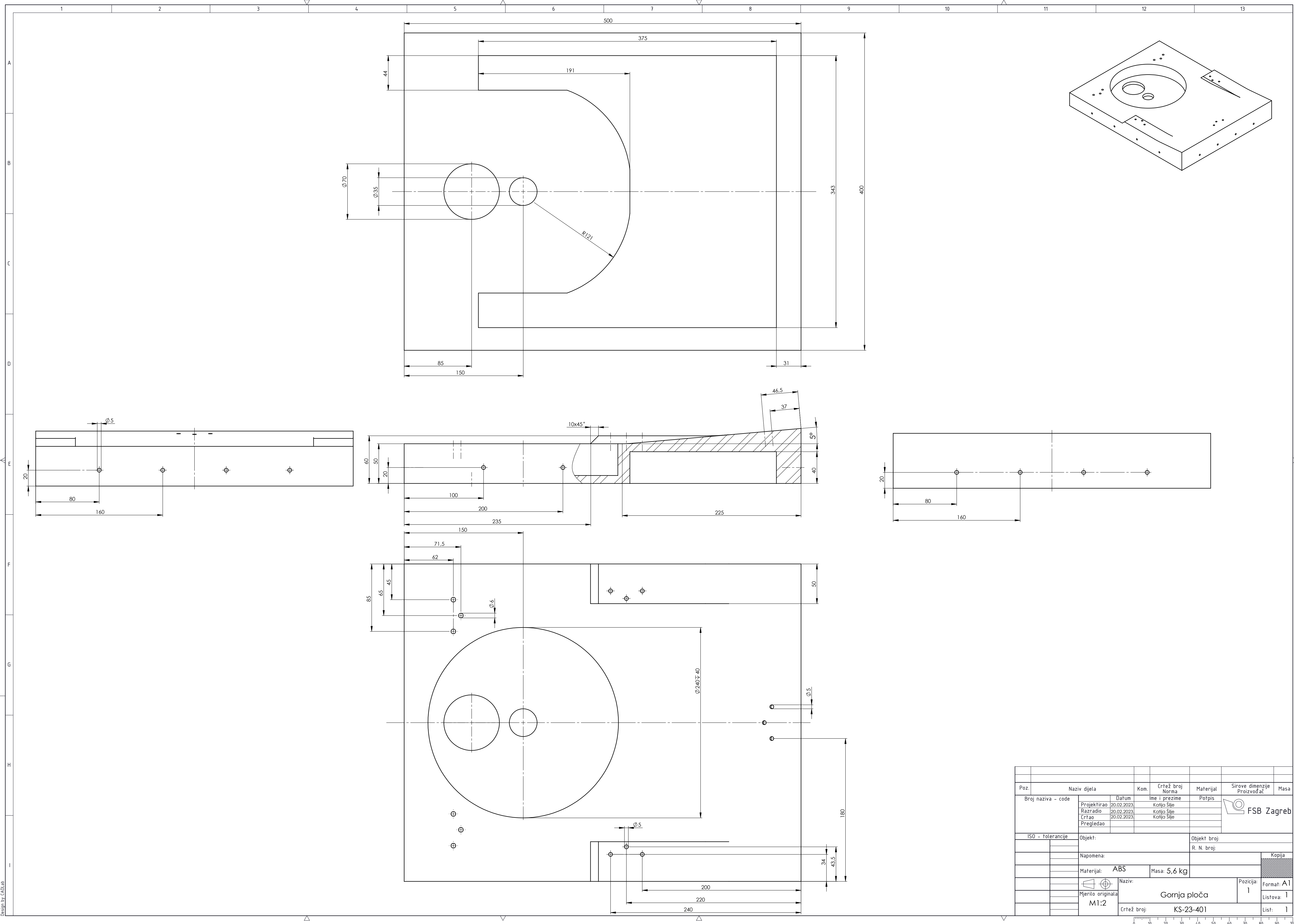


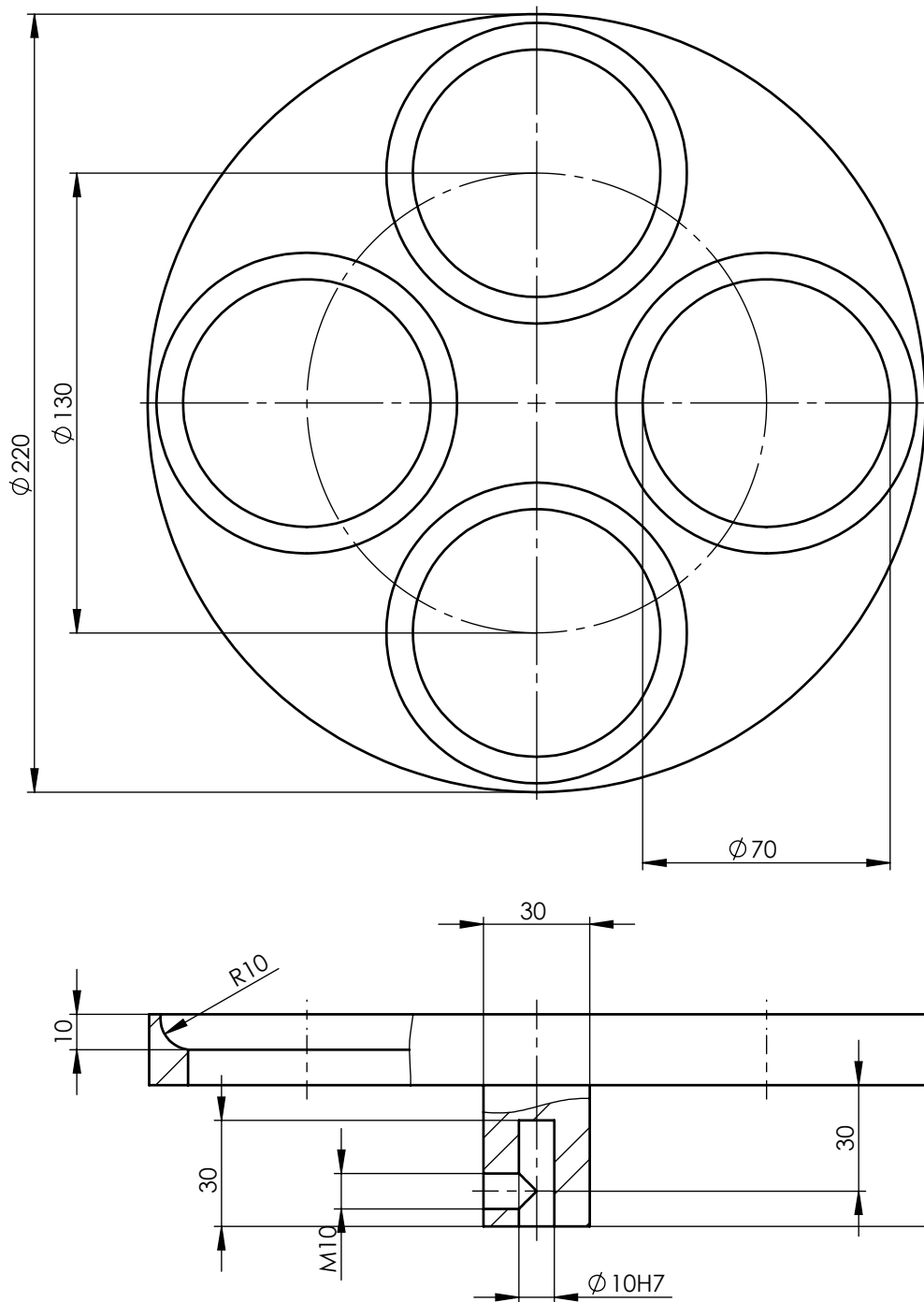


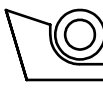
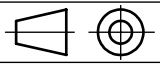
Napomena: Polucijev se zalijepi na Gornju ploču sa donje strane.

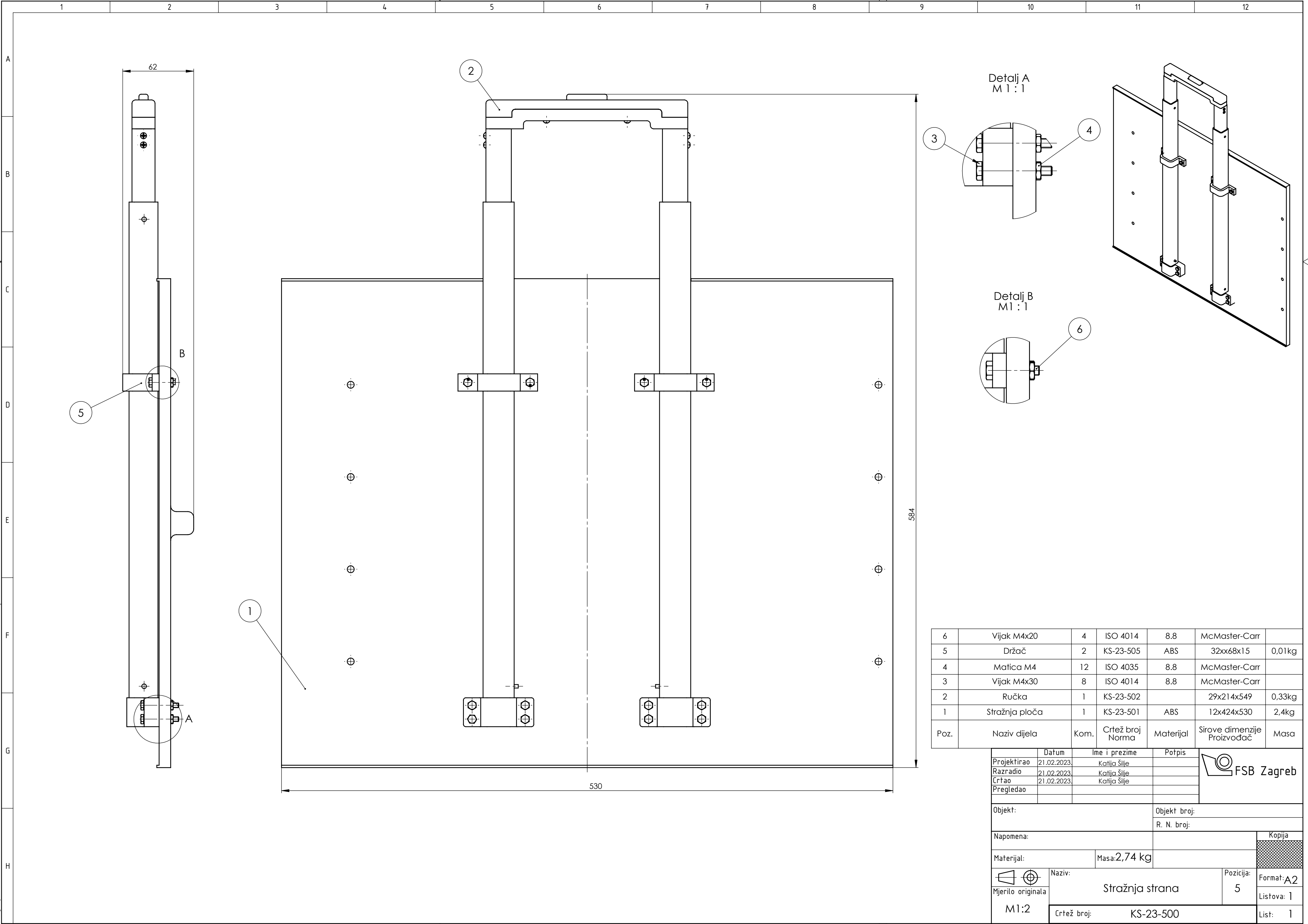
17	Polucijev	1	KS-23-417	SBR	330x225x65	0,09kg
16	Vijak M10x16	1	ISO 4029	8.8	McMaster-Carr	
15	Vijak S125.5x22	12	ISO 7050	A2 čelik	McMaster-Carr	
14	Matica M5	12	ISO 4035	04 čelik	McMaster-Carr	
13	Vijak M5x13	12	ISO 7046	4.8	McMaster-Carr	
12	Velika ploča	2	KS-23-412	MABS	300x490x5	0,8kg
11	Zglob	4	K69		Tanja Industrial Technology	
10	Mala stražnja ploča	1	KS-23-410	MABS	300x380x5	0,45kg
9	Mala prednja ploča	1	KS-23-409	MABS	300x380x5	0,68kg
8	Disk	1	KS-23-408	ABS	ø 220x60	0,45kg
7	Vratilo	1	KS-23-407	S325JR	ø 10x45	0,028kg
6	Vijak M5x16	2	IOS 4014	8.8	McMaster-Carr	
5	Spojka	1	6-10		Uxcell	
4	Vijak M3x10	4	ISO 4014	8.8	McMaster-Carr	
3	Lim	1	KS-23-403			
2	Motor	1	JSX950-370		IIVVERR	
1	Gornja ploča	1	KS-23-401	ABS	500x400x70	5,6kg
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj	Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač Masa

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao		18.02.2023.	Katija Šilje		
Razradio		18.02.2023.	Katija Šilje		
Crtao		18.02.2023.	Katija Šilje		
Pregledao					
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:
ø 6H7/f6					R. N. broj:
ø 10H7/f6		Napomena:			Kopija
		Materijal:			
		Masa: 8kg			
		Naziv:			Pozicija:
		Gornja strana			Format: A1
		Mjerilo originala			6
		M1:2			Listova: 1
		Crtež broj: KS-23-400			List: 1



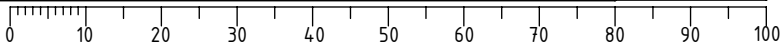


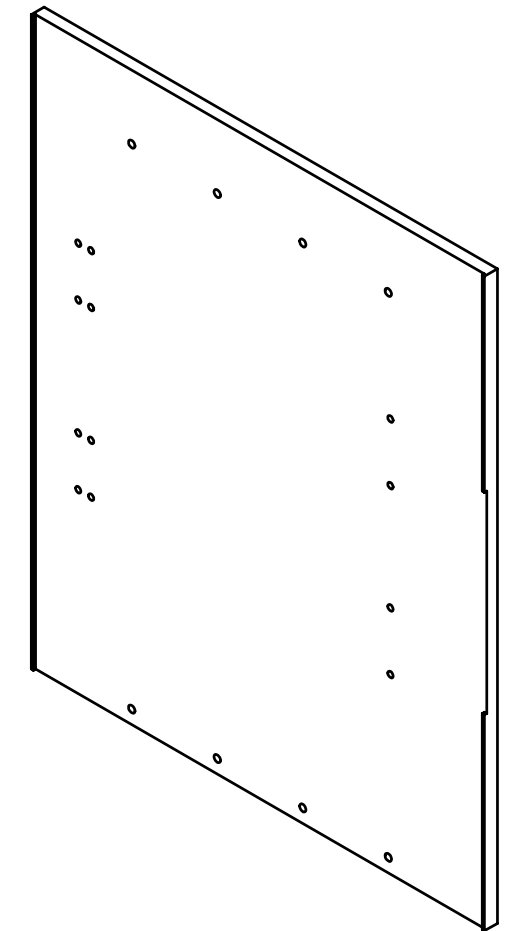
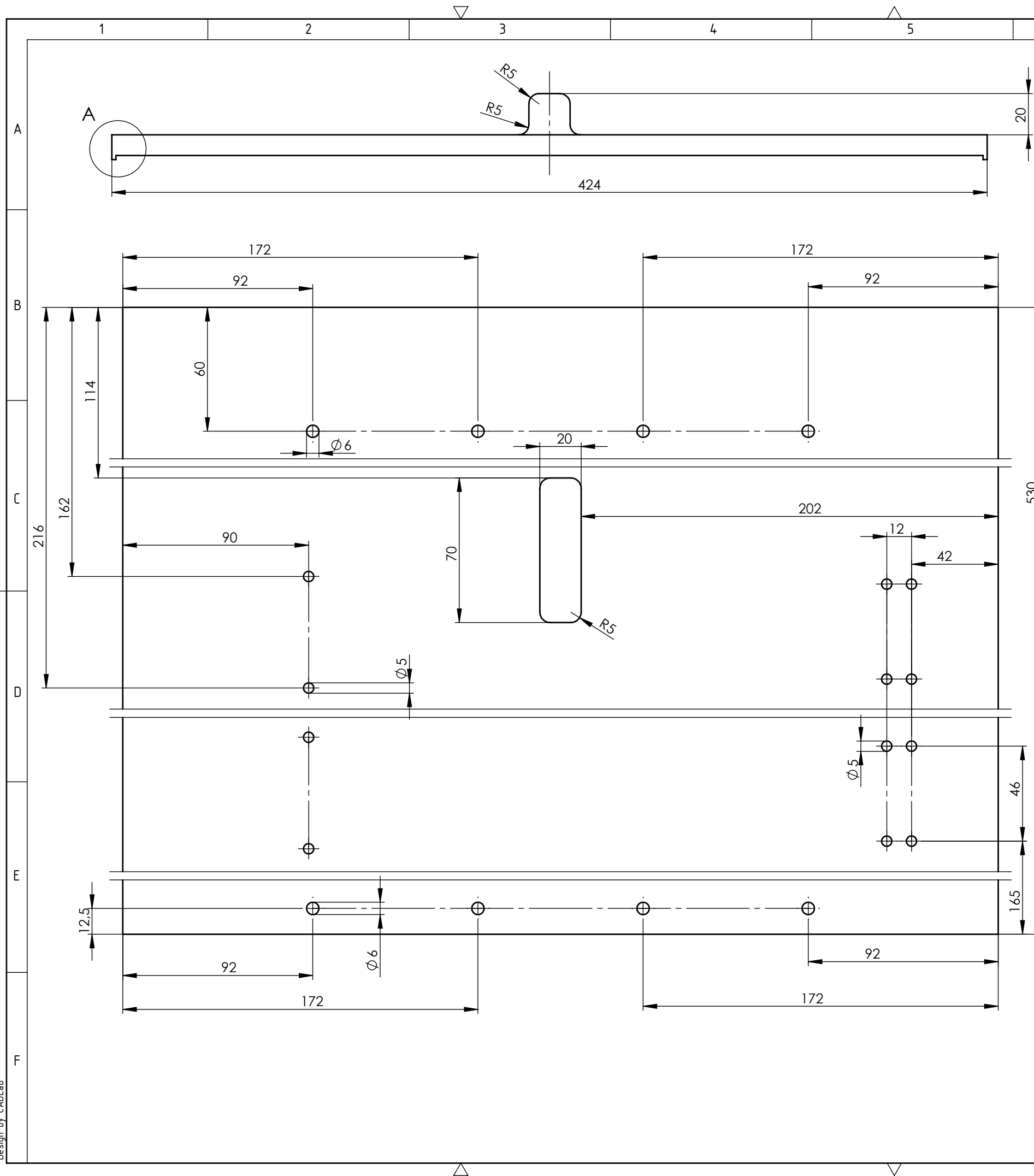
Broj naziva - code		Datum		Ime i prezime		Potpis		 FSB Zagreb	
		Projektirao		Katija Šilje					
		Razradio		Katija Šilje					
		Crtao		Katija Šilje					
		Pregledao							
ISO - tolerancije		Objekt:				Objekt broj:			
$\phi 10H7$		$+0,015$ 0				R. N. broj:			
		Napomena:				Kopija			
		Materijal: ABS				Masa: 0,45 kg			
						Naziv:			
		Mjerilo originala				Disk			
		M1:2				Pozicija:			
		Crtež broj:				8			
		KS-23-408				Format: A4			
						Listova: 1			
						List: 1			



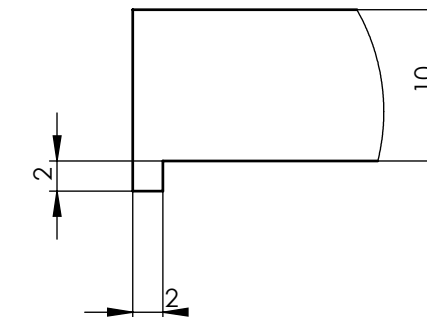
6	Vijak M4x20	4	ISO 4014	8.8	McMaster-Carr	
5	Držač	2	KS-23-505	ABS	32xx68x15	0,01kg
4	Matica M4	12	ISO 4035	8.8	McMaster-Carr	
3	Vijak M4x30	8	ISO 4014	8.8	McMaster-Carr	
2	Ručka	1	KS-23-502		29x214x549	0,33kg
1	Stražnja ploča	1	KS-23-501	ABS	12x424x530	2,4kg
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa

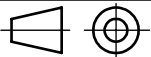
Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Razradio	21.02.2023.	Katija Šilje		
Crtao	21.02.2023.	Katija Šilje		
Pregledao				
Objekt:			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:				Kopija
Materijal:		Masa:2,74 kg		
 	Naziv:		Pozicija:	Format:A2
Mjerilo originala	Stražnja strana		5	Listova: 1
M1:2	Crtež broj: KS-23-500			List: 1

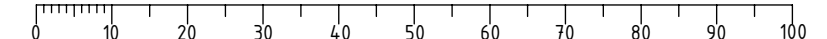


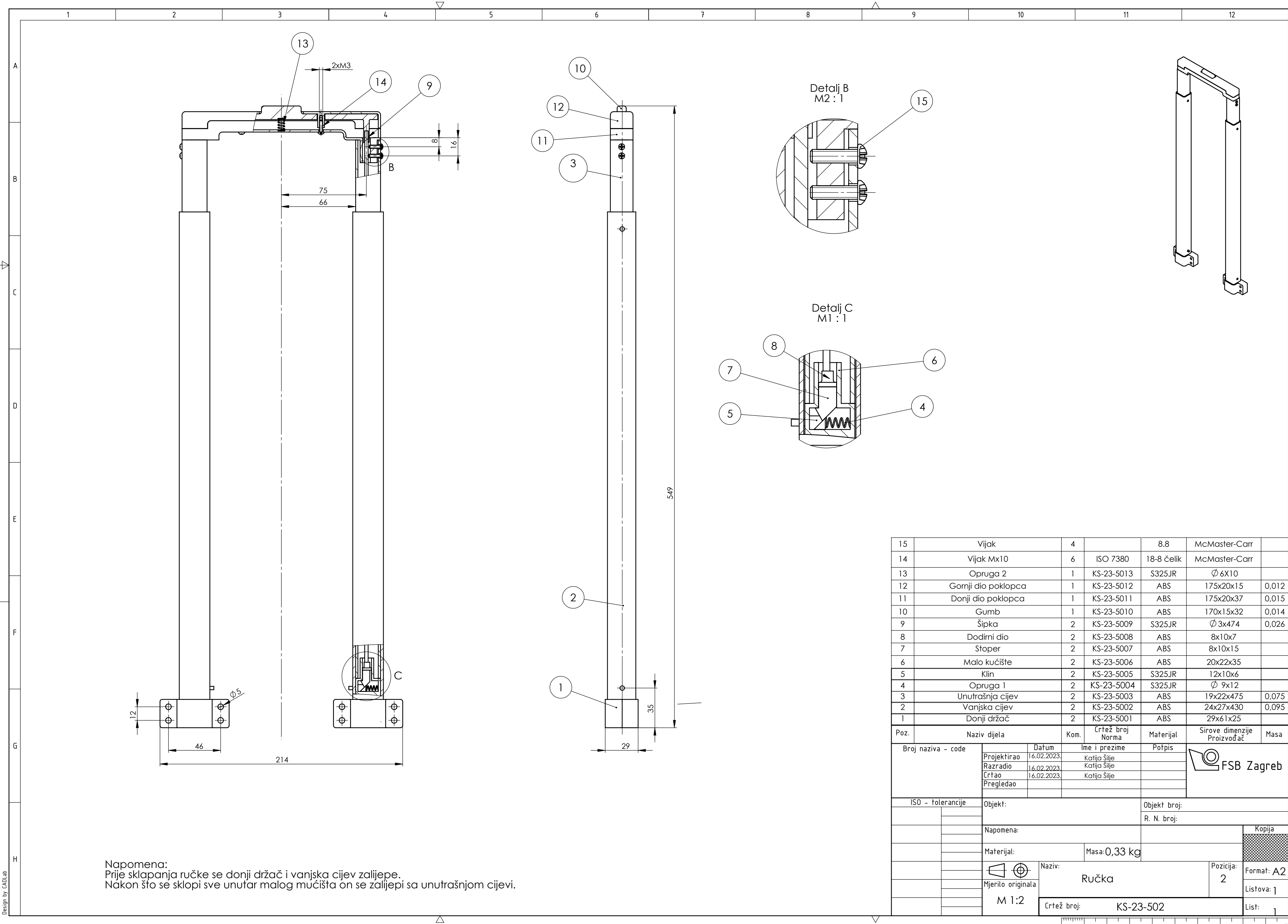


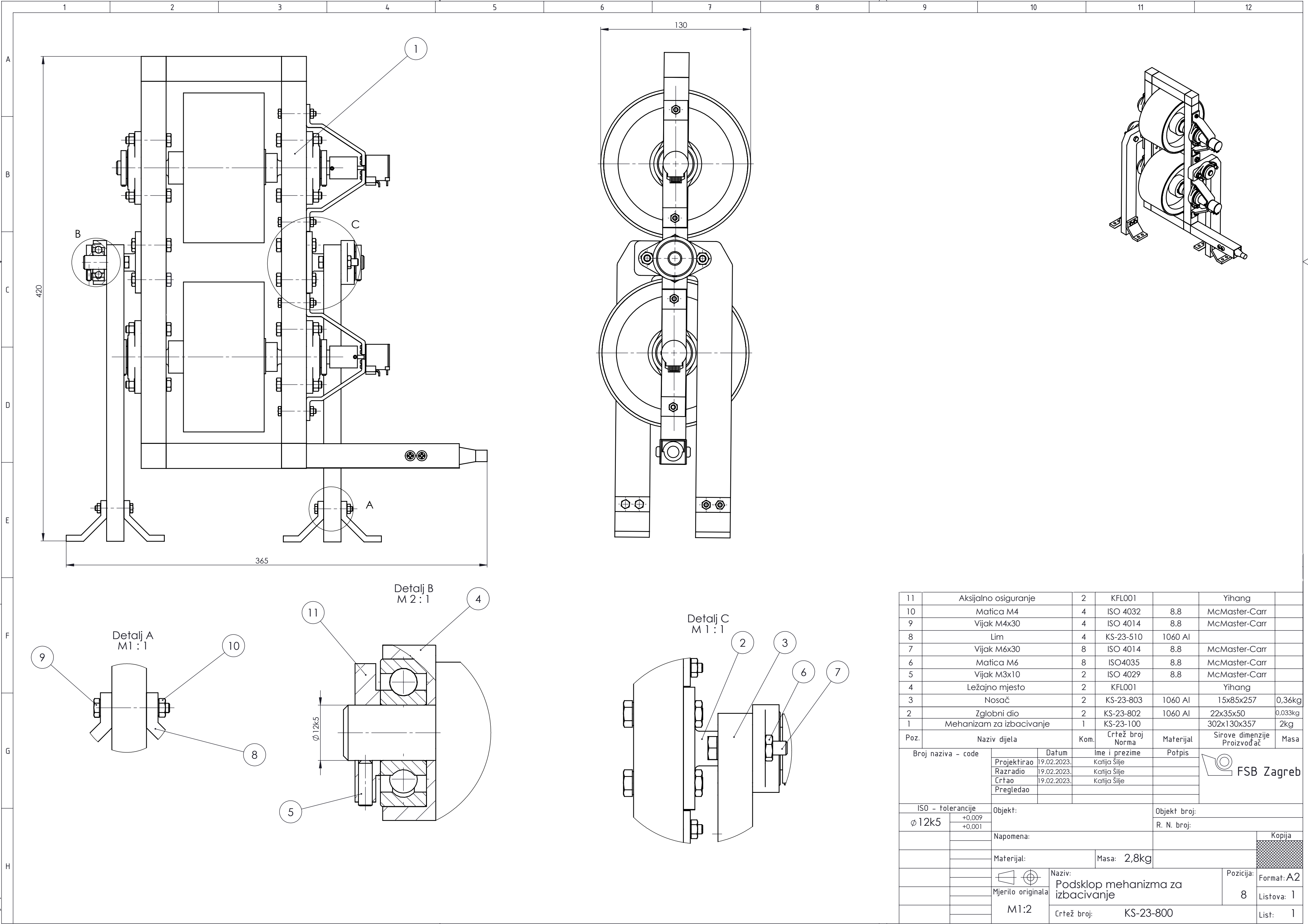
Detalj A
M 2 : 1

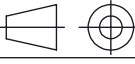


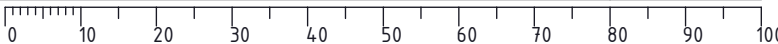
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	19.02.2023.	Katija Šilje		
Razradio	19.02.2023.	Katija Šilje		
Crtao	19.02.2023.	Katija Šilje		
Pregledao				
Objekt:			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:				Kopija
Materijal:	ABS	Masa: 2,4 kg		
	Naziv:		Pozicija:	Format:
Mjerilo originala M1:2	Stražnja ploča		1	A3
	Crtež broj:		KS-23-501	Listova:
				1
				List:
				1



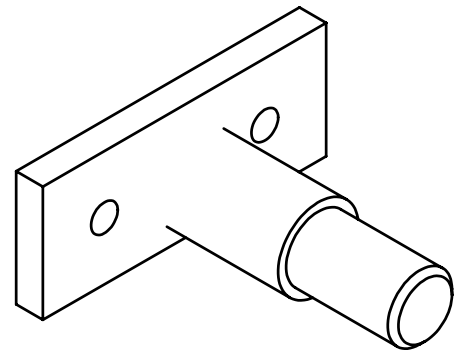
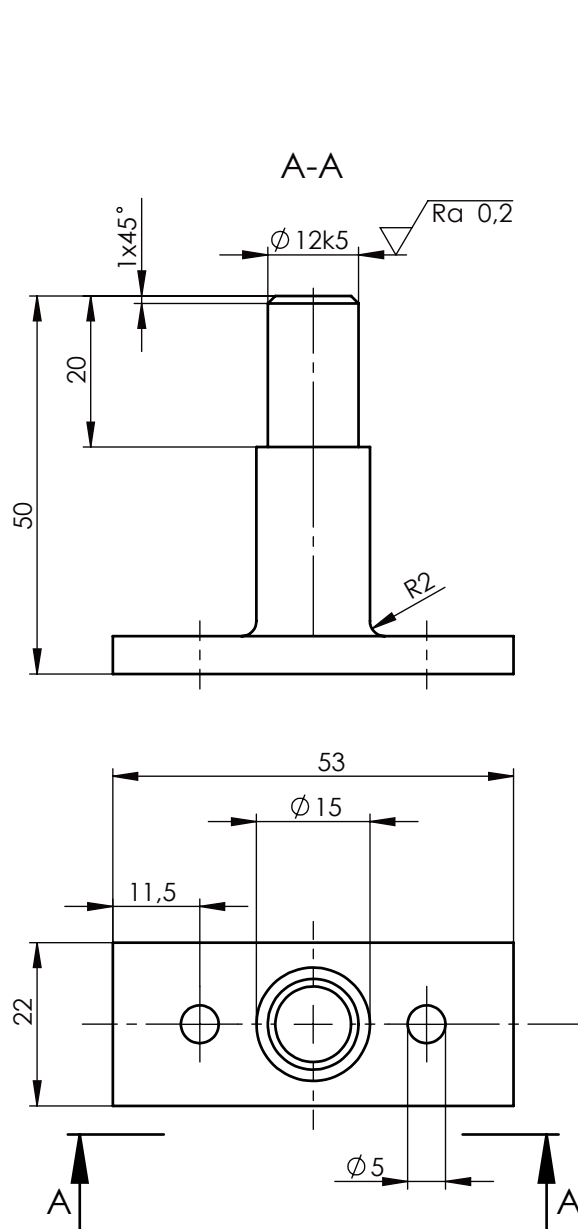


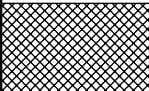
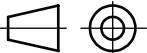


11	Aksijalno osiguranje	2	KFL001		Yihang	
10	Matica M4	4	ISO 4032	8.8	McMaster-Carr	
9	Vijak M4x30	4	ISO 4014	8.8	McMaster-Carr	
8	Lim	4	KS-23-510	1060 Al		
7	Vijak M6x30	8	ISO 4014	8.8	McMaster-Carr	
6	Matica M6	8	ISO4035	8.8	McMaster-Carr	
5	Vijak M3x10	2	ISO 4029	8.8	McMaster-Carr	
4	Ležajno mjesto	2	KFL001		Yihang	
3	Nosač	2	KS-23-803	1060 Al	15x85x257	0,36kg
2	Zglobni dio	2	KS-23-802	1060 Al	22x35x50	0,033kg
1	Mehanizam za izbacivanje	1	KS-23-100		302x130x357	2kg
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb	
		Projektirao	19.02.2023.	Katija Šilje		
		Razradio	19.02.2023.	Katija Šilje		
		Crtao	19.02.2023.	Katija Šilje		
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:	
$\phi 12k5$	+0,009 +0,001				R. N. broj:	
		Napomena:				Kopija
		Materijal:			Masa: 2,8kg	
					Naziv:	
		Mjerilo originala			Podsklop mehanizma za izbacivanje	
		M1:2			Pozicija:	
					8	
					Crtež broj:	
					KS-23-800	
					List:	
					1	



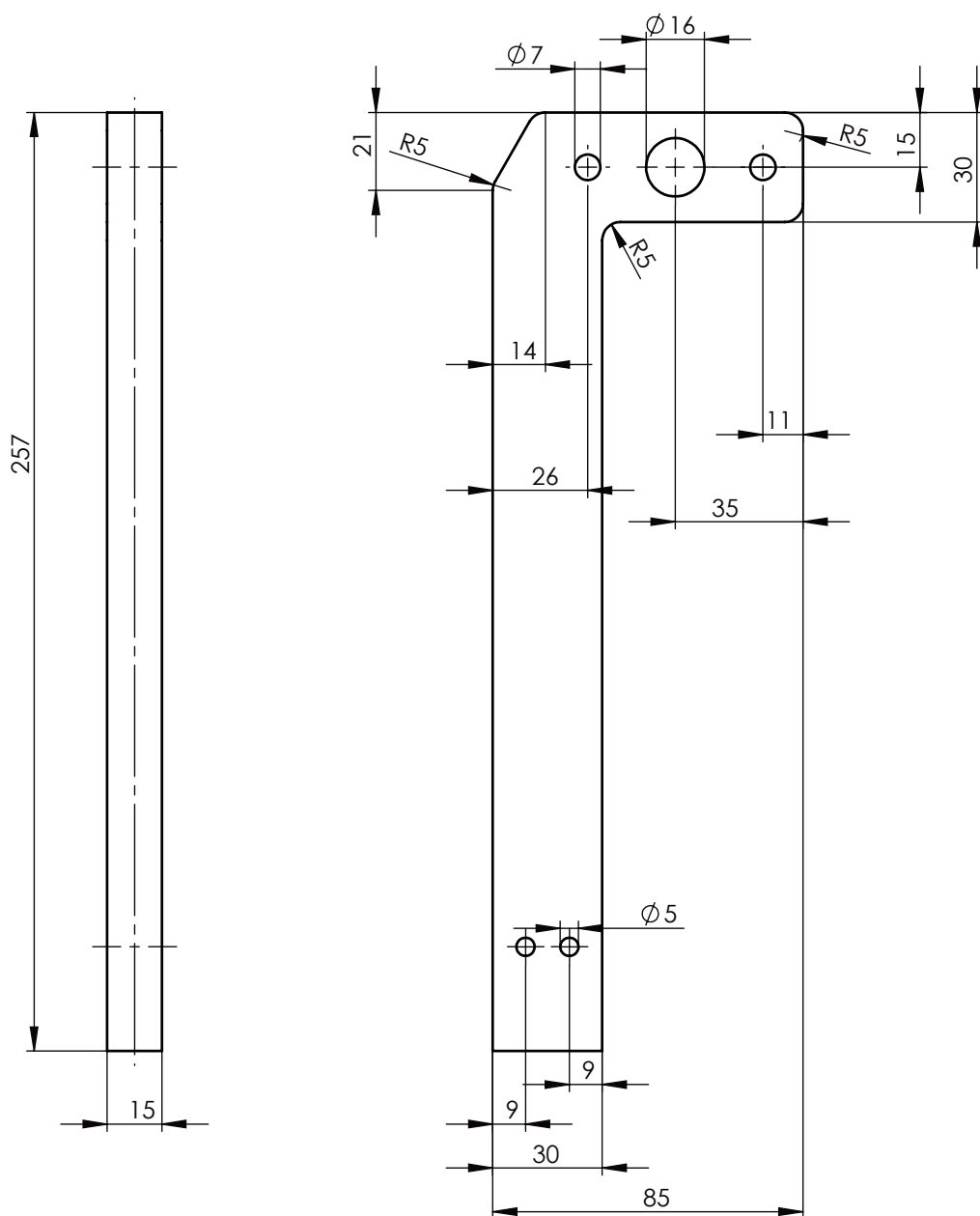
$\sqrt{Ra\ 1,6}$ ($\sqrt{Ra\ 0,2}$)

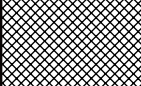
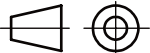


Broj naziva - code		Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb		
		Razradio	20.02.2023.	Katija Šilje				
		Crtao	20.02.2023.	Katija Šilje				
		Pregledao						
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:			
∅ 12k5	+0,009 +0,001							R. N. broj:
		Napomena: Skinuti oštre bridove.				Kopija		
		Materijal: 1060 Al		Masa: 0,033kg				
		 Naziv:			Pozicija:		Format: A4	
		Mjerilo originala			Zglobni dio		2	Listova: 1
		M1:2			Crtež broj: KS-23-802			List: 1

A

Pogled A-A



	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	20.02.2023.	Katija Šilje		
Razradio	20.02.2023.	Katija Šilje		
Crtao	20.02.2023.	Katija Šilje		
Pregledao				
Objekt:			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:				Kopija
Materijal: 1060 Al		Masa: 2,8 kg		
	Naziv:		Pozicija:	
Mjerilo originala	Nosač		3	
M1:2	Crtež broj: KS-23-803		Format: A4	
			Listova: 1	
				List: 1