

Idejno konstrukcijsko rješenje nadogradnje vertikalne tokarilice pomoćnim prigonom za pogonjene alate

Pavić, Nikola

Undergraduate thesis / Završni rad

2025

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:235:375787>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-26**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Nikola Pavić

Zagreb, 2025.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Tomislav Staroveški, dipl. ing.

Student:

Nikola Pavić

Zagreb, 2025.

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

Zahvaljujem svome mentoru prof. dr. sc. Tomislavu Staroveškom, dipl. ing. na uloženom trudu, vremenu, pruženoj pomoći i vrijednim savjetima tijekom izrade ovog rada.

Zahvaljujem se tvrtki Fripol d.o.o. i njezinim djelatnicima, posebno direktoru Tomislavu Gotiću, koji su mi omogućili izradu praktičnog dijela ovog rada.

Nikola Pavić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 25 – 06 / 1	
Ur.broj: 15 – 25 –	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Nikola Pavić** JMBAG: **0035238172**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Idejno konstrukcijsko rješenje nadogradnje vertikalne tokarilice pomoćnim prigonom za pogonjene alate**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Conceptual design for upgrading a vertical turning lathe with powered tools**

Opis zadatka:

Na Katedri za alatne strojeve planira se projekt revitalizacije vertikalne tokarilice (tip 109, njemačkog proizvođača Schiess Moweg GmbH). Predmetni stroj je starije generacije i nije opremljen numeričkim upravljanjem. Međutim, kako se radi o stroju većih gabarita čiji su prigoni u dobrom općem stanju (bez vidljivih znakova trošenja), nadogradnja stroja sustavom numeričkog upravljanja (CNC) značila bi značajne uštede u odnosu na nabavu novog stroja sličnih karakteristika. U tom smislu se, među ostalim, razmatra i nadogradnja stroja pomoćnim prigonom kojim bi se omogućilo korištenje pogonjenih alata.

Stoga je u radu potrebno:

1. Napraviti detaljan uvid u zatečeno stanje stroja te identificirati i opisati elemente sustava za izmjenu alata.
2. Na osnovi izvršenog uvida i postojeće dokumentacije izraditi 3D CAD model stroja u CAD softveru po vlastitom izboru. Kod izrade CAD modela posebnu pažnju je potrebno posvetiti elementima sustava za izmjenu alata.
3. Predložiti idejno konstrukcijsko rješenje kojim bi se sustav za izmjenu alata mogao prilagoditi za ugradnju pomoćnog prigona za pogonjene alate kao izmjenjivog modula. Prijedlog treba sadržavati i prijedlog izbora odgovarajućeg pogonskog motora ili motorvretena.
4. Izraditi sklopne i radioničke crteže svih pozicija predloženih u prethodnom koraku.
5. Dati zaključke rada.

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

Zadatak zadan:

30. 11. 2024.

Zadatak zadao:

Izv. prof. dr. sc. Tomislav Staroveški

Datum predaje rada:

1. rok: 20. i 21. 2. 2025.
2. rok: 10. i 11. 7. 2025.
3. rok: 18. i 19. 9. 2025.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 24. 2. – 28. 2. 2025.
2. rok: 15. 7. – 18. 7. 2025.
3. rok: 22. 9. – 26. 9. 2025.

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Damir Godec

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	II
POPIS TABLICA.....	III
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	IV
POPIS KRATICA	V
SAŽETAK.....	VI
SUMMARY	VII
1. UVOD.....	1
2. OBRADA MATERIJALA ODVAJANJEM ČESTICA	2
2.1. Materijali u obradi odvajanjem čestica	3
2.1.1. Materijali za izradu alata.....	4
2.2. Alatni strojevi za obradu odvajanjem čestica	5
2.2.1. Klasični alatni strojevi	8
2.2.1.1. Dijelovi alatnih strojeva.....	8
2.3. Tokarski strojevi	9
2.3.1. Vertikalni tokarski strojevi	10
3. UVID U PREDMETNI STROJ.....	11
3.1. Uvid u elemente sustava za izmjenu alata	12
3.2. Izrada modela.....	13
3.2.1. Držać alata.....	13
3.2.2. Revolverska glava.....	14
3.2.3. Sustav za izmjenu alata.....	16
4. IDEJNO KONSTRUKCIJSKO RJEŠENJE.....	17
4.1. Odabir motorvretena	17
4.2. Prvo konstrukcijsko rješenje	19
4.3. Drugo konstrukcijsko rješenje	23
5. ZAKLJUČAK.....	27
LITERATURA.....	28
PRILOZI.....	29

POPIS SLIKA

Slika 1. Tok materijala kroz obradni sustav	2
Slika 2. Podjela strojeva prema tehnološkom procesu	5
Slika 3. Alatni stroj s ručnim upravljanjem.....	6
Slika 4. CNC tokarski stroj	7
Slika 5. Glodači obradni centar	7
Slika 6. Univerzalni tokarski stroj s osnovnim dijelovima	9
Slika 7. Vertikalna tokarilica s označenim osima	10
Slika 8. Schiess Moweg GmbH, tip 109	11
Slika 9. Sustav za izmjenu alata	12
Slika 10. Držać alata.....	13
Slika 11. Model držać alata	14
Slika 12. Revolverska glava	15
Slika 13. Model revolverske glave	15
Slika 14. Model sustava za izmjenu alata	16
Slika 15. Motorvreteno.....	17
Slika 16. BR30/ER25X70H prihvat alata	18
Slika 17. Sklop prve izvedbe.....	19
Slika 18. Prihvatna ploča motorvretena	20
Slika 19. Spojna ploča.....	20
Slika 20. Temeljna ploča.....	21
Slika 21. Potporna ploča.....	21
Slika 22. Model stroja s provom izvedbom konstrukcijskog rješenja.....	22
Slika 23. Sklop druge izvedbe.....	23
Slika 24. Nosiva ploča.....	24
Slika 25. Prihvatna ploča motorvretena kod druge izvedbe.....	24
Slika 26. Spojna ploča kod druge izvedbe	25
Slika 27. Potporna ploča 1.....	25
Slika 28. Potporna ploča 2.....	26
Slika 29. Model stroja s drugom izvedbom konstrukcijskog rješenja.....	26

POPIS TABLICA

Tablica 1. Podjela strojne obrade [4] 3
Tablica 2. Svojstva glavnih materijala [2] 4
Tablica 3. Karakteristike motorvretena [9] 18

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

NP-ZR-20242025-10	Prvo idejno konstrukcijsko rješenje
NP-ZR-20242025-20	Drugo idejno konstrukcijsko rješenje
NP-ZR-20242025-01	Temeljna ploča
NP-ZR-20242025-02	Spojna ploča
NP-ZR-20242025-03	Prihvatna ploča motorvretena
NP-ZR-20242025-04	Potporna ploča
NP-ZR-20242025-05	Spojna ploča 2
NP-ZR-20242025-06	Nosiva ploča
NP-ZR-20242025-07	Prihvatna ploča motorvretena 2
NP-ZR-20242025-08	Potporna ploča 1
NP-ZR-20242025-09	Potporna ploča 2

POPIS KRATICA

CAD	Computer-Aided Design
NC	Numerical Control
CNC	Computer Numerical Control
EDM	Electrical Discharge Machining
ECM	Electrochemical Machining
ATC	Automatic Tool Change
PTC	Positive Temperature Coefficient

SAŽETAK

U ovom završnom radu prikazani su rezultati procjene zatečenog stanja stroja, provedene u svrhu pripreme projekta revitalizacije vertikalne tokarilice njemačkog proizvođača Schiess Moweg GmbH, tip 109. Radi boljeg razumijevanja same teme, na početku rada je objašnjena obrada odvajanjem čestica. Dalje su opisane tokarilice te je predloženo idejno konstrukcijsko rješenje za ugradnju pomoćnog prigona za pogonjene alate kao izmjenjivog modula. Također je prikazan 3D CAD model stroja s detaljno modeliranim sustavom za izmjenu alata. Idejno konstrukcijsko rješenje je izrađeno je u CAD softveru SolidWorks.

Ključne riječi: Tokarilica, sustav izmjene alata

SUMMARY

This thesis presents the results of the assesment of the current state of the machine, conducted as part of the preparation for the revitalization project of a vertical lathe manufactured by the German company Schiess Moweg GmbH, type 109. To provide a better understanding of the topic, the thesis begins with an explanation of material removal processes. Furthermore, lathes are described, and a conceptual design solution is proposed for the installation of an auxiliary drive for powered tools as an interchangeable module. A 3D CAD model of the machine is also presented, with a detailed model of the tool change system. The conceptual design solution was created using the CAD software SolidWorks, and all necessary technical documentation is provided in the appendix at the end of the thesis.

Keywords: Lathe, tool change system

1. UVOD

Na Katedri za alatne strojeve planira se projekt revitalizacije vertikalne tokarilice (tip 109, proizvođača Schiess Moweg BmgH, Njemačka). Radi se o vertikalnoj tokarilici starije generacije koja nije opremljena numeričkim upravljanjem. Međutim, kako je riječ o stroju velikih dimenzija čiji su prigoni bez vidljivih znakova trošenja (u dobrom općem stanju), planira se nadogradnja stroja sa sustavom numeričkog upravljanja (CNC). Također se razmatra i nadogradnja stroja pomoćnim prigonom za korištenje pogonjenih alata. Time bi se značajno uštedjelo u odnosu na nabavu potpuno novog stroja sličnih karakteristika.

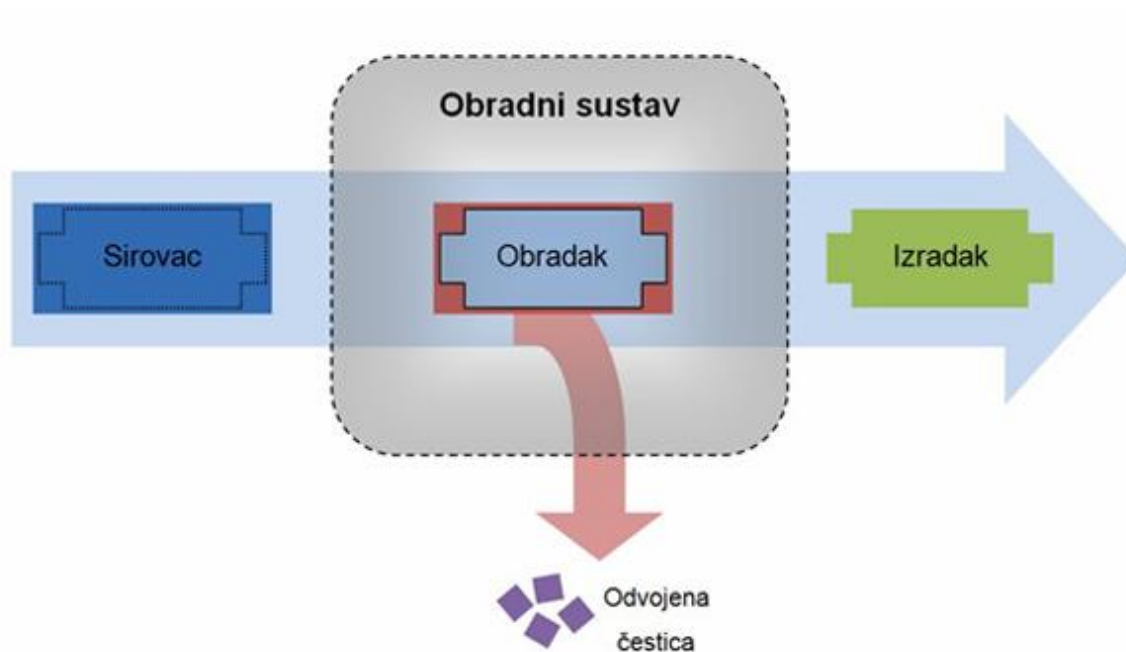
U ovom završnom radu bit će prikazani rezultati procjene zatečenog stanja stroja, provedene u svrhu pripreme projekta revitalizacije vertikalne tokarilice njemačkog proizvođača Schiess Moweg GmbH, tip 109.

Na početku rada objašnjena je obrada materijala odvajanjem čestica te su opisani materijali i alatni strojevi koji se koriste. Dalje se opisuju tokarski obradni strojevi te se obraća pozornost na vertikalni tokarski stroj.

Slijedi eksperimentalni dio rada u kojem je izvršen uvid u sve module predmetnog stroja, ali je posebna pažnja posvećena elementima sustava za izmjenu alata. Izrađen je i 3D model stroja u CAD softveru SolidWorks s detaljnim 3D modelima elemenata sustava za izmjenu alata, te su konstrukcijska rješenja također prikazana 3D modelima. Na kraju rada u prilogu rada nalazi se sva potrebna tehnička dokumentacija.

2. OBRADA MATERIJALA ODVAJANJEM ČESTICA

Obrada odvajanjem čestica je postupak promjene oblika predmeta koji se obrađuje odvajanjem sitnih dijelova materijala koji se nazivaju česticom ili strugotinom. Tijekom obrade dolazi do promjene volumena sirovca. Tok materijala kroz obradni sustav je prikazan na slici 1. gdje je sirovac početni komad materijala prije obrade (ploča, šipka, odljevak i slično). Obradak je taj isti komad koji je stegnut u alatnom stroju tijekom obrade, a izradak je komad nakon obrade [5].



Slika 1. Tok materijala kroz obradni sustav

Postupci obrade odvajanjem čestica dijele se na ručne i strojne obrade. Neke od ručnih obrada odvajanjem čestica su: piljenje, brušenje, turpijanje, urezivanje i narezivanje navoja. Podjela strojne obrade prikazana je u tablici 1. Geometrijski definirana oštrica ima definiran oblik s pomoću kutova i površina, dok nedefinirana oštrica ima oblik ili geometriju koju je na taj način nemoguće odrediti. Geometrijski definirana oštrica je npr. tokarski nož, a geometrijski nedefinirana oštrica su npr. zrna alata za brušenje [4].

Strojna obrada reznim alatom s oštricom		Strojna obrada s alatom bez oštrice
Geometrijski definirana oštrica	Geometrijski nedefinirana oštrica	
		Elektroerozija – EDM
Glodanje	Brušenje	Elektrokemijska obrada – ECM
Tokarenje	Honanje	Kemijska obrada
Bušenje, razvrtavanje, upuštanje	Poliranje	Obrada plazmom
Blanjanje, dubljenje	Superfinaš	Obrada laserom
Piljenje	Lepanje	Obrada vodenim mlazom

Tablica 1. Podjela strojne obrade [4]

2.1. Materijali u obradi odvajanjem čestica

Obrada odvajanjem čestica je poznata po tome što je moguće obrađivati razne vrste materijala. Svaka metoda obrade odvajanjem čestica pogodna je za neke materijale, odnosno značajke obrađivane pozicije. Odabir metode ovisi o svojstvima materijala koji su prikazani u tablici 2. te o značajkama koje je potrebno formirati na pripreмку. Bitno je poznavati ta svojstva kako bi se mogla odabrati ispravna tehnologija obrade i alat. U tablici 2. se nalaze 4 glavne grupe materijala te se njihova svojstva mogu mijenjati dodavanjem raznih legura.

Glavna svojstva koja utječu na odabir tehnologije i alata su tvrdoća, gustoća i toplinska vodljivost. Bitno je poznavati i toplinsku vodljivost materijala kako bi se odabrala brzina rezanja te način hlađenja [2].

Čelik	Aluminij
Tvrdoća: Visoka Čvrstoća: Visoka Žilavost: Dobra Toplinska vodljivost: Visoka Električna vodljivost: Visoka	Tvrdoća: Dobra Čvrstoća: Dobra Žilavost: Dobra, ponekad niska Toplinska vodljivost: Visoka Električna vodljivost: Visoka
Plastika	Keramika
Tvrdoća: Niska Čvrstoća: Niska Žilavost: Dobra do visoka Toplinska vodljivost: Niska (izolator) Električna vodljivost: Niska (izolator)	Tvrdoća: Visoka, obično viša od čelika i Al Čvrstoća: Varira, može biti visoka Žilavost: Niska, krhki materijal Toplinska vodljivost: Niža od čelika i aluminija Električna vodljivost: Niska

Tablica 2. Svojstva glavnih materijala [2]

2.1.1. Materijali za izradu alata

Materijali koji se koriste za izradu alata moraju imati dobra mehanička svojstva (visoku tvrdoću, žilavost i čvrstoću), veliku otpornost na trošenje te dobru postojanost na visoke temperature. Ta svojstva omogućavaju visoku produktivnost, točnost i kvalitetu obrađene površine obratka [1].

Materijali za izradu alata:

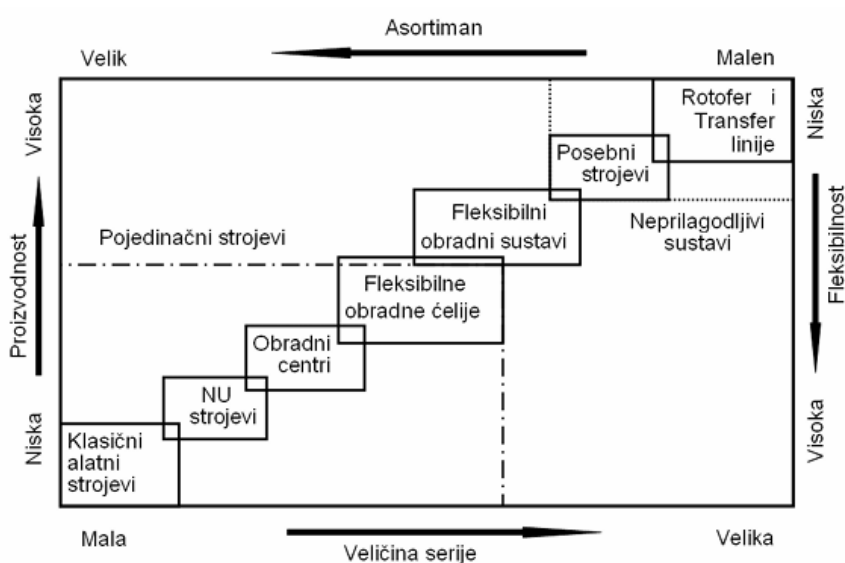
- Tvrđi metal
- Legirani alatni čelik
- Brzorezni čelik
- Cermet
- Keramika
- Dijamant

2.2. Alatni strojevi za obradu odvajanjem čestica

Za lakšu obradu odvajanjem čestica, koriste se alatni strojevi. Na njima se ostvaruje zadani oblik izratka, potrebna točnost oblika i dimenzija, hrapavost i kvaliteta obrađene površine. Odabir stroja za obradu određenog predmeta ovisi o njegovom geometrijskom obliku, zahtijevanoj kvaliteti obrade i troškovima procesa. Alatni strojevi mogu se podijeliti na više načina [3]:

- Prema konstrukciji i namjeni (univerzalni, specijalni, precizni i vezani strojevi)
- Prema makrogeometriji površine (strojevi za obradu ravnih i rotacionih površina)
- Prema mikrogeometriji površine (strojevi za grubu i finu obradu)
- Prema brzini vrtnje (sporohodni, srednjehodni i brzohodni strojevi)
- Prema masi (laki, srednje teški i teški strojevi)
- Prema vrsti pogona (strojevi s električnim, hidrauličkim, pneumatskim i kombiniranim pogonom)
- Prema načinu upravljanja (ručni i numerički upravljani strojevi)
- Prema vrsti proizvodnje (slika 2.)
- Prema položaju radnog vretena (horizontalni i vertikalni alatni strojevi)
- Prema vrsti obrade (tokarilice, glodalice, bušilice, brusilice, strojne pile i strojevi za izradu ozubljenja)

Podjela alatnih strojeva prema tehnološkom procesu je prikazana na slici 2.



Slika 2. Podjela strojeva prema tehnološkom procesu

U proizvodnji se najviše koriste pojedinačni strojevi, a to su:

- Alatni strojevi s ručnim upravljanjem
- Numerički upravljani alatni strojevi
- Obradni centri

Alatni strojevi s ručnim upravljanjem su alatni strojevi bez numeričkog upravljanja te su prikazani na slici 3. Operater mora dobro poznavati mogućnosti stroja, gibanja i geometriju alata te su njegova vještina i osposobljenost vrlo važni kod izrade dijelova. Takvi strojevi su starije generacije zbog čega se sve manje koriste i zamjenjuju numerički upravljanim alatnim strojevima (CNC strojevi) [4].



Slika 3. Alatni stroj s ručnim upravljanjem

Numerički upravljani alatni strojevi (CNC strojevi), prikazani na slici 4., su automatizirani strojevi koji omogućuju preciznu obradu odvajanjem. Sve geometrijske i tehnološke informacije koje su potrebne za obradu nekog dijela se kodiraju u programu. Program se dalje unosi u upravljačko računalo alatnog stroja koji upravlja njegovim radom. Operateri upravljaju i programiraju CNC strojeve te moraju dobro poznavati materijale s kojima rade [6].



Slika 4. CNC tokarski stroj

Obradni centri, prikazani na slici 5., su alatni strojevi koji čine nadogradnju CNC strojeva s automatskom izmjenom alata i obradaka. Ovi strojevi omogućuju više različitih vrsta obrada na istom stroju, tj. omogućuju obradu složenih geometrijskih oblika u jednom stezanju s različitim operacijama. Time se povećava proizvodnost, smanjuje vrijeme obrade i pomoćna vremena te je povišena točnost i kvaliteta [6].



Slika 5. Glodaći obradni centar

2.2.1. Klasični alatni strojevi

Klasični alatni strojevi su alatni strojevi bez numeričkog upravljanja. Operater na stroju sam upravlja svim gibanjima, određuje sve parametre alata te je zadužen za cijelu obradu proizvoda. Mogućnosti stroja uvelike ovise o sposobnosti i stručnosti operatera jer on sam upravlja sa svime.

2.2.1.1. Dijelovi alatnih strojeva

Svi alatni strojevi sastoje se od ključnih dijelova koji su nužni za njihov rad, bez obzira na njihovu veličinu i namjenu. Osnovni dijelovi (sklopovi) alatnih strojeva su prema [3]:

- Prigon glavnog gibanja
- Prigon pomoćnog gibanja
- Postolje
- Vodilice
- Pribor za prihvata alata
- Pribor za prihvata obratka

Prigon glavnog gibanja je sklop alatnog stroja koji omogućuje glavno gibanje kojim se formira odvojena čestica. Također mora omogućiti uključivanje, isključivanje, promjenu smjera i brzinu rotacije glavnog vretena.

Prigon pomoćnog gibanja je sklop alatnog stroja koji omogućuje pravocrtno posmično gibanje i dostavno gibanje. Posmičnim gibanjem se osigurava stalnost procesa obrade, a dostavna gibanja omogućavaju pozicioniranje alata i zauzimanje dubine rezanja.

Postolje je sklop alatnog stroja koji služi za prihvata svih ostalih dijelova stroja te preuzima opterećenja i prenosi ih na temelje alatnog stroja. Postolja se najčešće izrađuju od sivog ili mineralnog lijeva zbog dobrog prigušenja vibracija koje stroj proizvodi.

Glavna zadaća vodilica je povezivanje pokretnih i nepokretnih dijelova alatnog stroja te mogu biti klizne ili kotrljajuće.

Pribor za prihvata alata služi za prihvaćanje i korištenje alata na alatnom stroju. Ovisno o izvedbi alatnog stroja, alat se može prihvatiti u držač alata ili u glavno vreteno alatnog stroja.

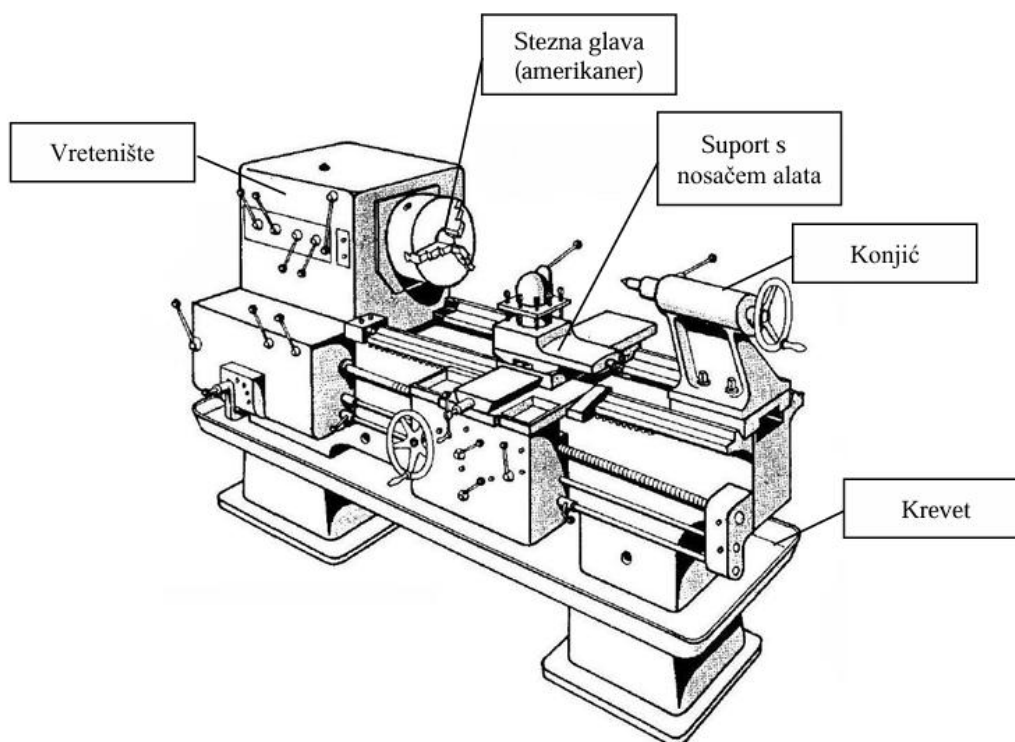
Pribor za prihvata obratka služi za prihvaćanje i namještanje obratka na alatnom stroju. Ovisno o izvedbi alatnog stroja, obradak se može prihvatiti u glavno vreteno ili na stol alatnog stroja.

2.3. Tokarski strojevi

Tokarilica ili tokarski stroj je alatni stroj koji je namijenjen za obradu odvajanjem čestica pretežito rotacijsko-simetričnih dijelova. Glavno rotacijsko gibanje izvodi obradak koji je stegnut u steznoj glavi. Alat je stegnut u držaču alata te se giba pravocrtno u svim smjerovima. Osim osnovne operacije tokarenja, na tokarilicama se mogu izvoditi i druge operacije poput istokarivanja, bušenja, zabušivanja, upuštanja, razvrtnja te narezivanja i urezivanja navoja [7]. Tokarski strojevi se mogu podijeliti prema različitim namjenama i strukturama, a najčešće se dijele na:

- Univerzalne tokarske strojeve
- Horizontalne tokarske strojeve
- Vertikalne tokarske strojeve
- Čeone tokarske strojeve
- Revolverske tokarske strojeve
- NC tokarske strojeve
- CNC tokarske strojeve

Osnovni dijelovi univerzalnog tokarskog stroja prikazani su na slici 6.



Slika 6. Univerzalni tokarski stroj s osnovnim dijelovima

Vretenište je kućište s prijenosom za glavno gibanje. Služi za prijenos okretnog momenta elektromotora na glavno vreteno. Stezna glava je element za stezanje obratka koji omogućuje glavno rotacijsko gibanje obratka. Suport je element na kojem se steže nosač alata i osigurava posmična gibanja tijekom obrade. Konjić je element tokarskog stroja koji služi za pridržavanje duljih obradaka koji se može pomicati po vodilicama alatnog stroja. Krevet nam služi kao postolje na koji se postavljaju ostali dijelovi alatnog stroja [3].

2.3.1. Vertikalni tokarski strojevi

Vertikalni tokarski stroj ili karusel tokarilica, prikazana na slici 9., je posebna vrsta tokarskog stroja koji je namijenjen za obradu dijelova velikih promjera i masa te malih visina koje nije moguće postaviti na obične horizontalne tokarilice zbog vertikalnog položaja stezne glave. Glavno rotacijsko gibanje izvodi stezna glava za prihvat obratka koja je postavljena horizontalno i nalazi se na dnu stroja, dok ostala posmična pravocrtna gibanja izvodi rezni alat. Budući da je glavno vreteno postavljeno vertikalno, os Z također je vertikalna. Pomoću Z osi se definira duljina obratka te se u njezinom smjeru obavlja uzdužno gibanje alata. Druga posmična os X je okomita na glavno vreteno i s pomoću nje se određuje promjer obratka. U smjeru X osi se obavlja poprečno gibanje alata. Glave osi vertikalnog tokarskog stroja također su prikazane na slici 7.



Slika 7. Vertikalna tokarilica s označenim osima

3. UVID U PREDMETNI STROJ

Predmetni stroj, prikazan na slici 8., je vertikalna tokarilica njemačkog proizvođača Schiess Moweg GmbH, tip 109. Tokarilica je starije generacije i nije opremljena numeričkim upravljanjem. Obavljen je uvid u predmetni stroj za kojeg se planira projekt revitalizacije. Radi se o stroju velikih gabarita čiji su prigoni u dobrom općem stanju, bez vidljivih znakova trošenja. Razmatra se nadogradnja stroja pomoćnim prigonom kojim bi se, među ostalim, omogućilo korištenje pogonskih alata. Na kraju je prikazan i 3D model stroja koji je izrađen u CAD softveru SolidWorks.



Slika 8. Schiess Moweg GmbH, tip 109

3.1. Uvid u elemente sustava za izmjenu alata

S obzirom na to da se planira nadogradnja stroja pomoćnim prigonom kojim bi se omogućilo korištenje pogonjenih alata, prilikom uvida u predmetni stroj, obraćena je posebna pozornost na elemente sustava za izmjenu alata.

Sustav za izmjenu alata prikazan je na slici 9., a sastoji se od revolverске glave i držača alata.



Slika 9. Sustav za izmjenu alata

Kako bi se moglo predložiti idejno konstrukcijsko rješenje, kojim bi se sustav za izmjenu alata mogao prilagoditi za ugradnju pomoćnog prigona za pogonjene alata kao izmjenjivog modula, bilo je potrebno izraditi model sustava za izmjenu alata.

3.2. Izrada modela

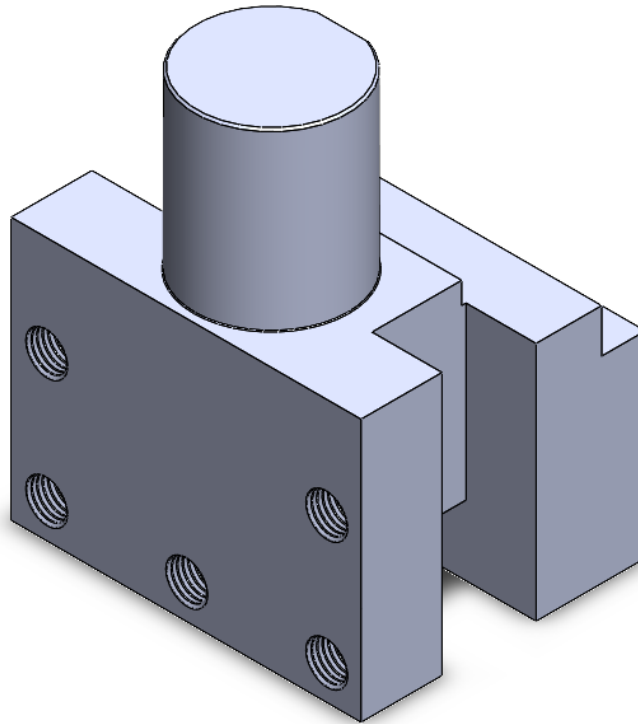
Za izradu modela elemenata sustava za izmjenu alata kao i modela samog stroja korišten je CAD softver SolidWorks. U nastavku su prikazani modeli elemenata sustava za izmjenu alata.

3.2.1. Držać alata

Držać alata element za stezanje alata mora omogućiti siguran prihvat reznih alata i osigurati dovoljnu krutost kako bi se postigla tražena točnost i kvaliteta obrade. Postoje različiti držači alata koji ovise o tipu alata i vrsti stroja. Držać alata, prikazan na slici 10., je držać za mirujuće alate, a njegov model je prikazan slikom 11. Za stezanje alata koriste se vijci U130/12.9 (M20). Na vrhu držača nalazi se valjak $\varnothing 70$ koji se pričvršćuje u odgovarajući uvert na revolverskoj glavi.



Slika 10. Držać alata

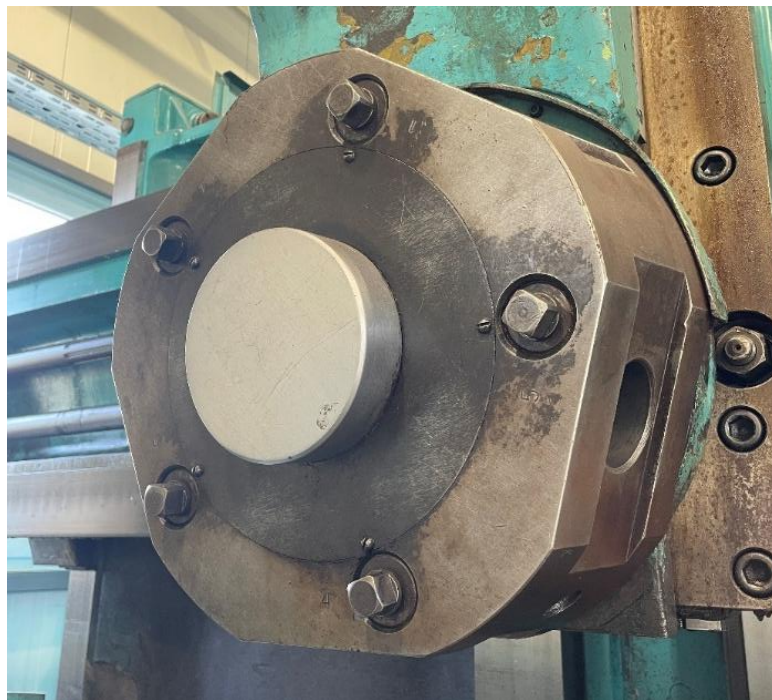


Slika 11. Model držača alata

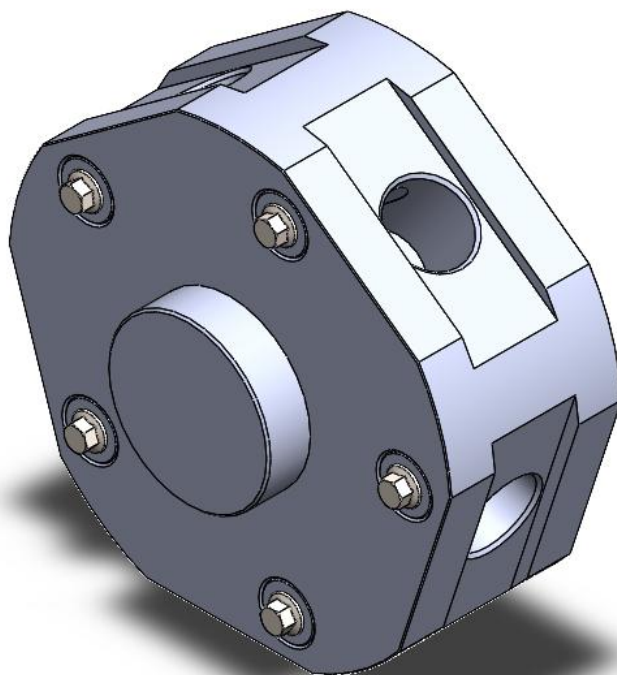
3.2.2. Revolverska glava

Revolverska glava je element sustava za izmjenu alata gdje se stavljaju držači alata s reznim alatom. Koriste se za stezanje većeg broja različitih alata te mogu biti različitih izvedbi. Revolverska glava na predmetnom stroju ima mjesta za prihvat 5 držača alata. Na slici 12. je prikazana revolverska glava, a njezin model na slici 13.

Držač alata se u revolverskoj glavi pričvršćuje s vijcima pored utora u koji se stavlja.



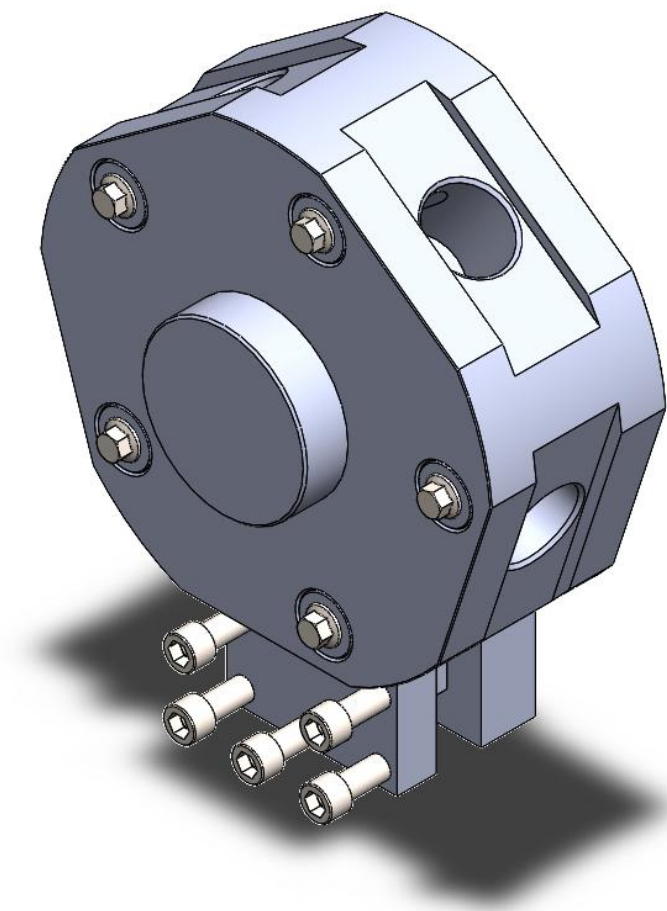
Slika 12. Revolverska glava



Slika 13. Model revolverske glave

3.2.3. Sustav za izmjenu alata

Sustav za izmjenu alata je prethodno prikazan na slici 9. Pričvršćivanjem držača alata u revolversku glavi dobije se sklop koji služi za izmjenu alata. Njegov model je prikazan na slici 14.



Slika 14. Model sustava za izmjenu alata

4. IDEJNO KONSTRUKCIJSKO RJEŠENJE

Idejno konstrukcijsko rješenje zahtjeva izradu modela svih potrebnih dijelova za završni sklop.

Predstavljena se dva rješenja:

- Prvo rješenje je izvedba u kojoj se motorvreteno postavlja u fiksni položaj na prihvatnu ploču, okomito na glavno vreteno.
- Drugo rješenje je izvedba u kojoj se motorvreteno postavlja na prihvatnu ploču koja se može ručno zakretati na nosivoj ploči, ako je potrebno.

Nadogradnja vertikalne tokarilice pomoćnim prignonom za pogonjene alate značilo bi postavljanje motorvretena na postojeći sustav za izmjenu alata s malim konstrukcijskim promjenama.

4.1. Odabir motorvretena

Za pomoćni prigon, kojim bi se omogućilo korištenje pogonjenih alata, koristilo bi se motorvreteno. Motorvreteno, prikazano na slici 15., je motorvreteno kineskog proizvođača RATTM visoke klase s ATC uređajem za automatsku izmjenu alata. Radi se o motorvretenu za visokobrzinsku i preciznu obradu koji omogućavaju automatsko otpuštanje i stezanje odgovarajućih držača alata.



Slika 15. Motorvreteno

Motorvreteno koristi prihvat alata BT30, prikazanog na slici 16., a karakteristike motorvretena prikazane su tablicom 3.

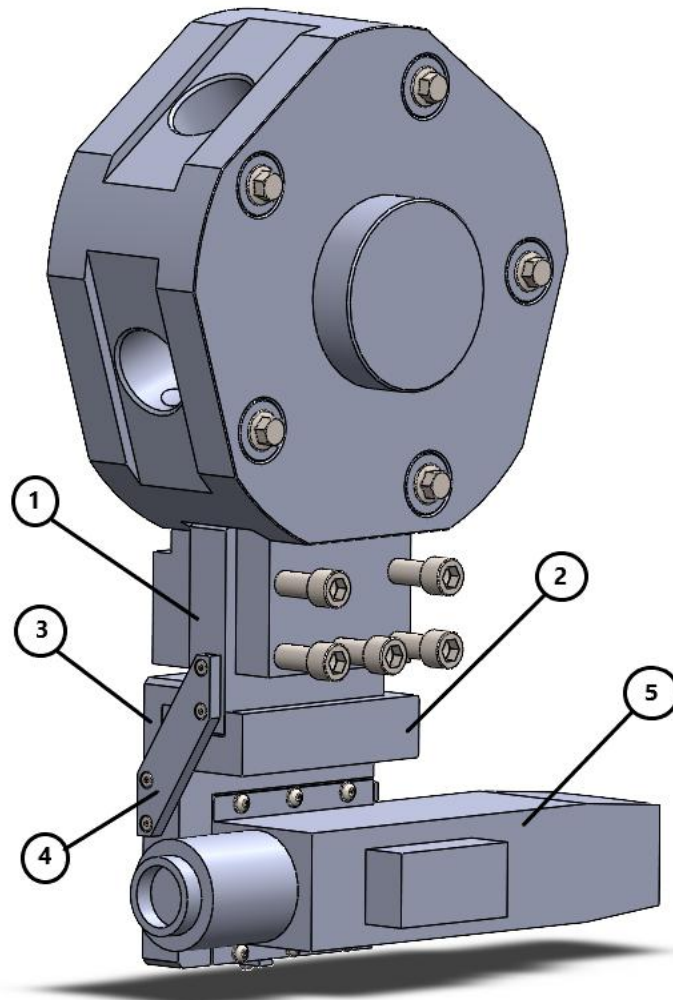


Slika 16. BR30/ER25X70H prihvat alata

Snaga:	4.5 KW
Moment:	3.6 Nm
Brzina vrtnje:	12000 ~ 24000 o/min
Napon:	220 V
Struja:	8 A
Frekvencija:	800 Hz
Vrsta hlađenja:	Zrak
Prihvat alata:	BT30

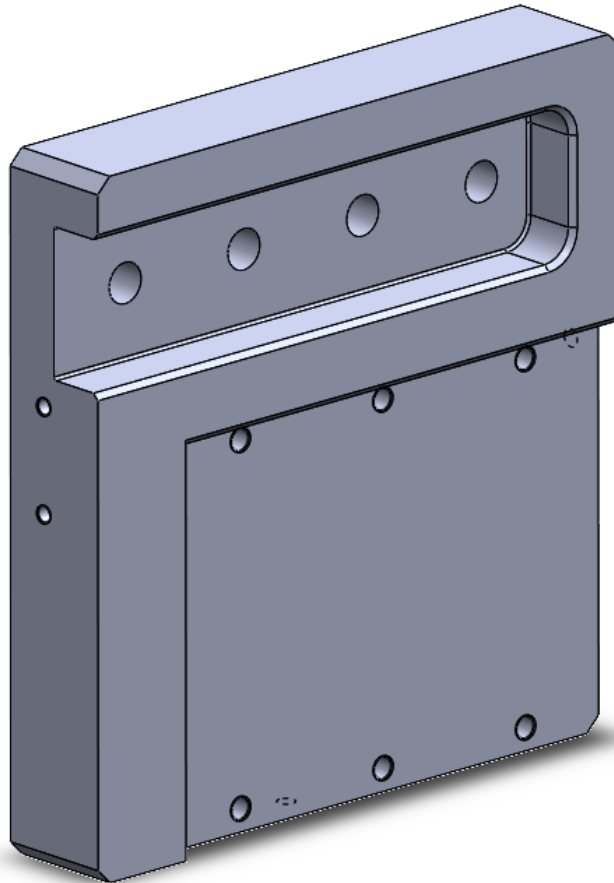
Tablica 3. Karakteristike motorvretena [9]

4.2. Prvo konstrukcijsko rješenje

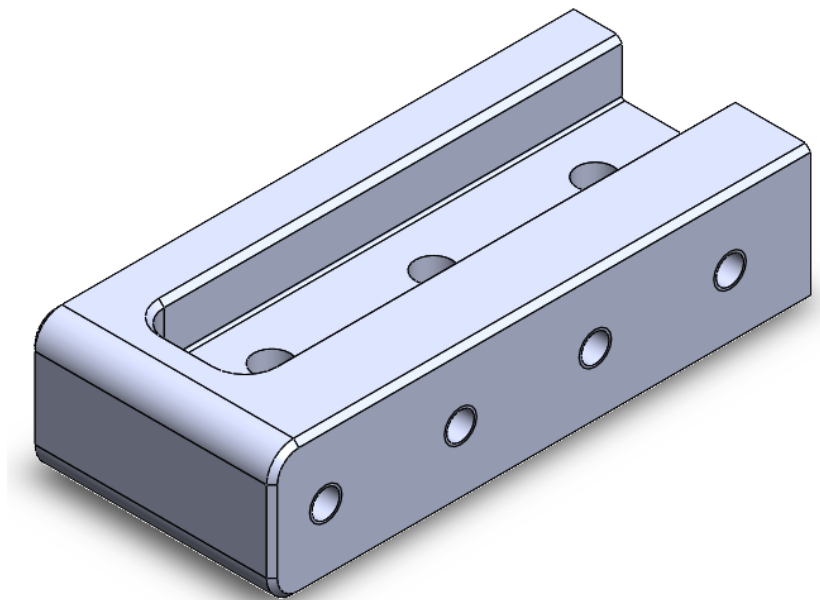


Slika 17. Sklop prve izvedbe

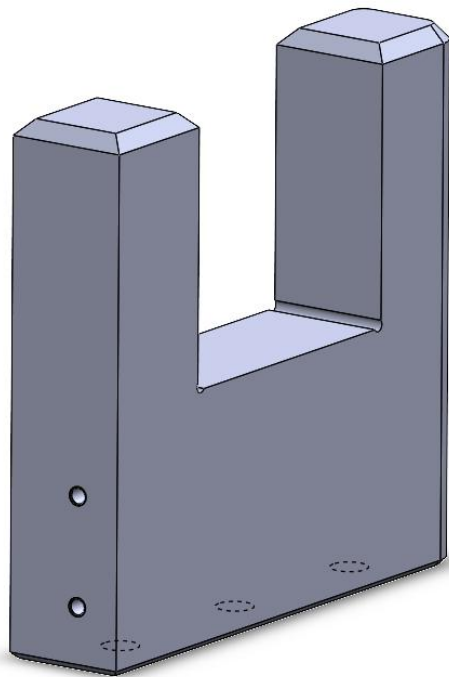
Na slici 17. prikazan je sklop prve izvedbe konstrukcijskog rješenja. U ovoj izvedbi se motorvreteno (5) horizontalno postavlja i steže sa 6 imbus vijaka na prihvatnu ploču motorvretena (3), prikazane na slici 18. Zajedno se postavlja na spojnu ploču (2), prikazane na slici 19. i stežu s 4 imbus vijka. Spojna ploča (2) je stegnuta na temeljnoj ploči (1) s 3 imbus vijka. Temeljna ploča (1) prikazana je na slici 20.



Slika 18. Prihvatna ploča motorvretena

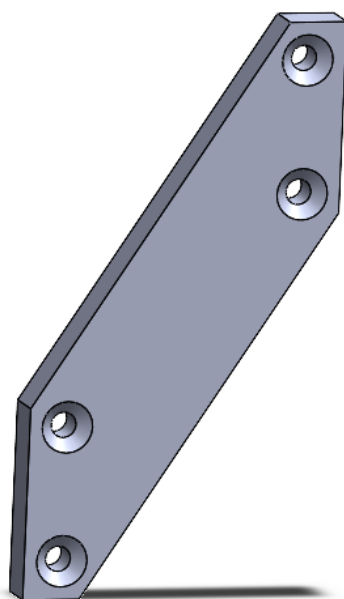


Slika 19. Spojna ploča

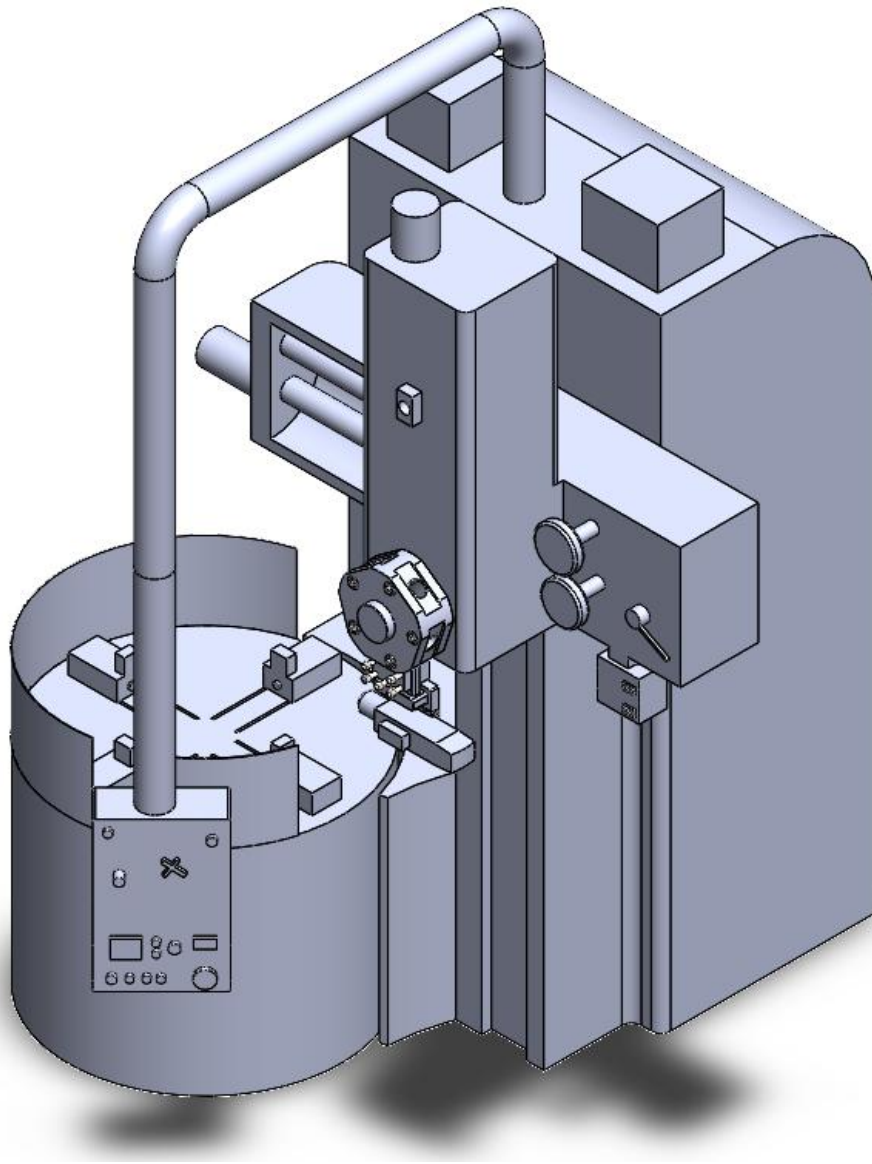


Slika 20. Temeljna ploča

Prihvatna ploča motorvretena (3) ima utor kako bi se osigurao točan položaj u odnosu na spojnu ploču (2). Spojna ploča (2) također ima utor da bi se osigurao točan položaj u odnosu na temeljnu ploču (1). Sklop se dodatno učvršćuje potpornom pločom (4) koja se pričvršćuje za temeljnu ploču (1) i prihvatnu ploču motorvretena (3). Potporna ploča (4) prikazana je na slici 21., dok je model stroja s prvom izvedbom konstrukcijskog rješenja prikazan na slici 22.

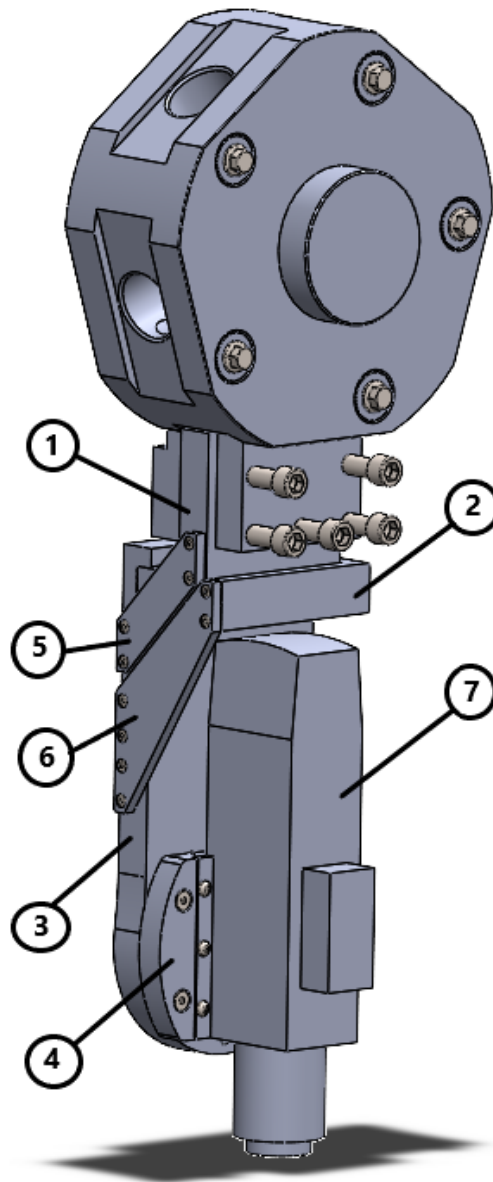


Slika 21. Potporna ploča



Slika 22. Model stroja s prvom izvedbom konstrukcijskog rješenja

4.3. Drugo konstrukcijsko rješenje

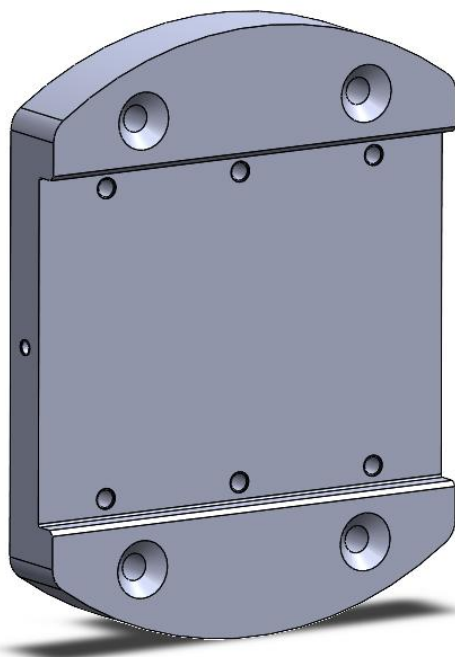


Slika 23. Sklop druge izvedbe

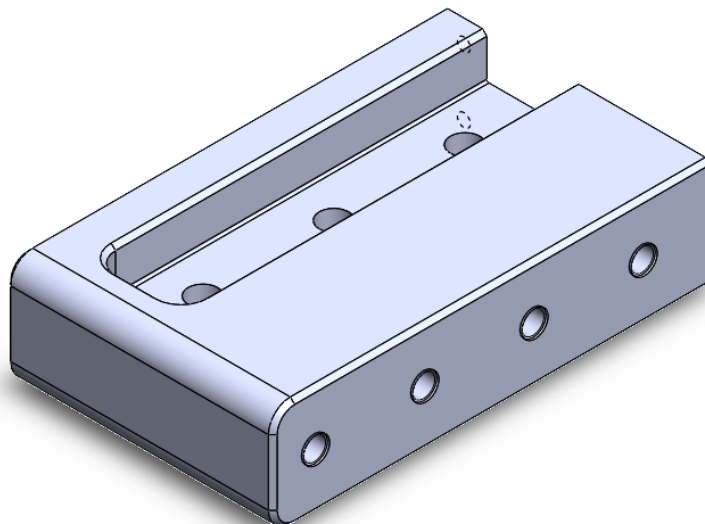
Na slici 23. prikazan je sklop druge izvedbe konstrukcijskog rješenja. U ovoj izvedbi se motorvreteno (7) može zakretati u nekoliko fiksnih položaja prema navojnim uvrtima na nosivoj ploči (3), prikazane na slici 24. Da bi se omogućilo zakretanje motorvretena, potrebno je izraditi prihvatnu ploču motorvretena (4), prikazane na slici 25., koja svojim oblikom uliježe u utor na nosivoj ploči (3) i steže s 4 imbus vijka. Motorvreteno se može lako zakrenuti u novi položaj popuštanjem i ponovnim stezanjem imbus vijaka. Zajedno se postavlja na spojnu ploču (2), prikazane na slici 26., i steže s 4 imbus vijka. Spojna ploča (2) je stegnuta na temeljnoj ploči (1), koja je identična onoj kod prve izvedbe, s 3 imbus vijka.



Slika 24. Nosiva ploča

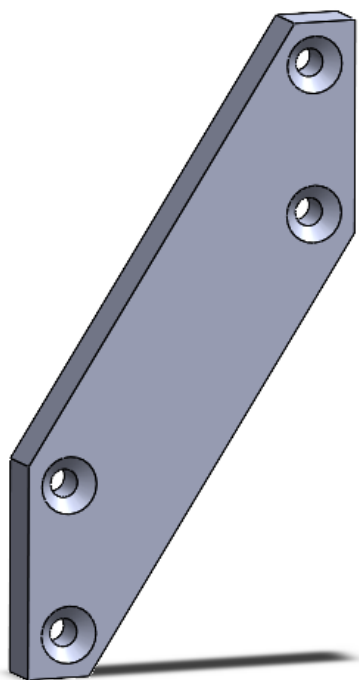


Slika 25. Prihvatna ploča motorvretena kod druge izvedbe

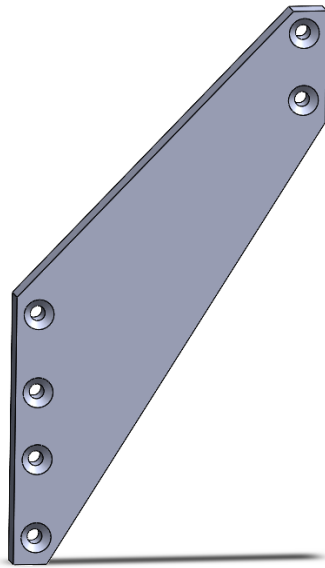


Slika 26. Spojna ploča kod druge izvedbe

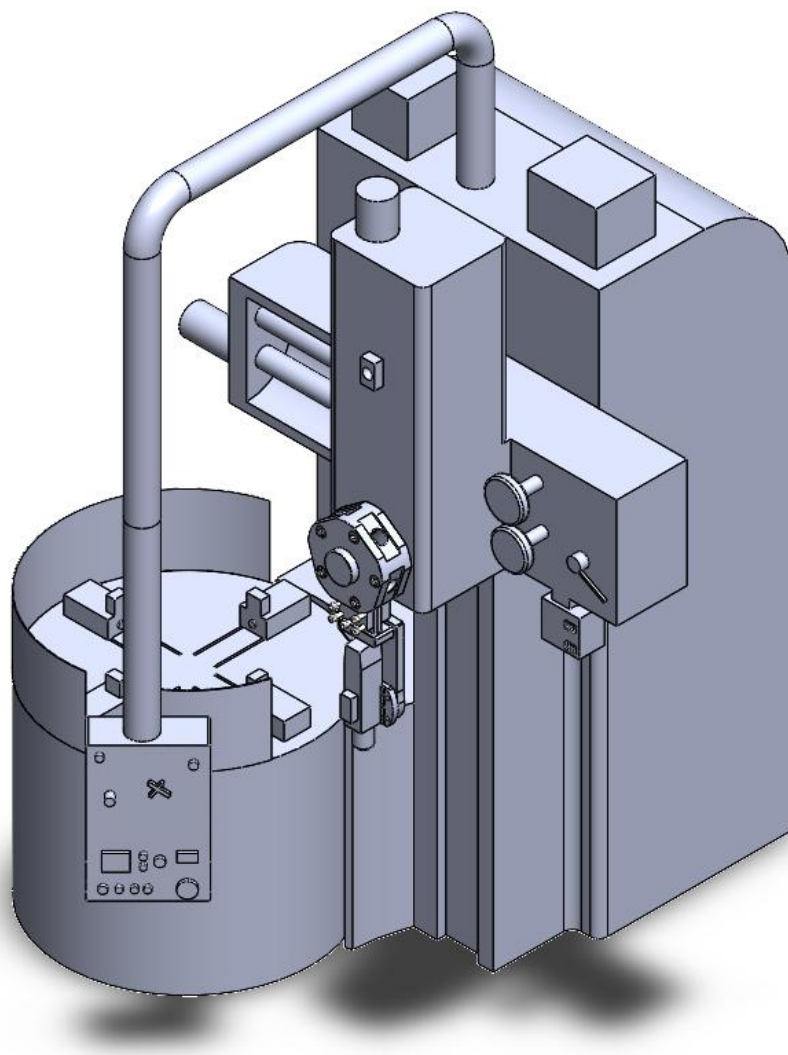
Nosiva ploča (3) ima utor kako bi se osigurao točan položaj u odnosu na spojnu ploču (2). Spojna ploča (2) također ima utor kako bi se osigurao točnog položaja u odnosu na temeljnu ploču (1). Sklop se dodatno učvršćuje potpornim pločama (5 i 6). Jedna potporna ploča je prikazana na slici 27., a druga na slici 28. Model stroja s drugom izvedbom konstrukcijskog rješenja prikazan je na slici 29.



Slika 27. Potporna ploča 1



Slika 28. Potporna ploča 2



Slika 29. Model stroja s drugom izvedbom konstrukcijskog rješenja

5. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu detaljno je izrađeno idejno konstrukcijsko rješenje kojim bi se sustav za izmjenu alata mogao prilagoditi za ugradnju motorvretena kako bi se omogućilo korištenje pogonjenih alata. Predložena su dva idejno konstrukcijska rješenja. Jedno idejno konstrukcijsko rješenje prikazuje postavljanje motorvretena na prihvatnu ploču u kojem bi motorvreteno bilo u fiksnom, okomitom položaju u odnosu na glavno vreteno. Drugo idejno konstrukcijsko rješenje prikazuje postavljanje motorvretena na prihvatnu ploču za motorvreteno s mogućnošću ručnog zakretanja u željeni položaj prema uvertima na nosivoj ploči. Da bi konstruirani dio ili sklop bio funkcionalan potrebno je dobro poznavati elemente sustava za izmjenu alata na koje se obratila pozornost prilikom uvida predmetnog stroja i pisanja ovog rada. U sklopu rada predložen je izbor motorvretena te su izrađeni i 3D modeli predmetnog stroja s idejnim konstrukcijskim rješenjima.

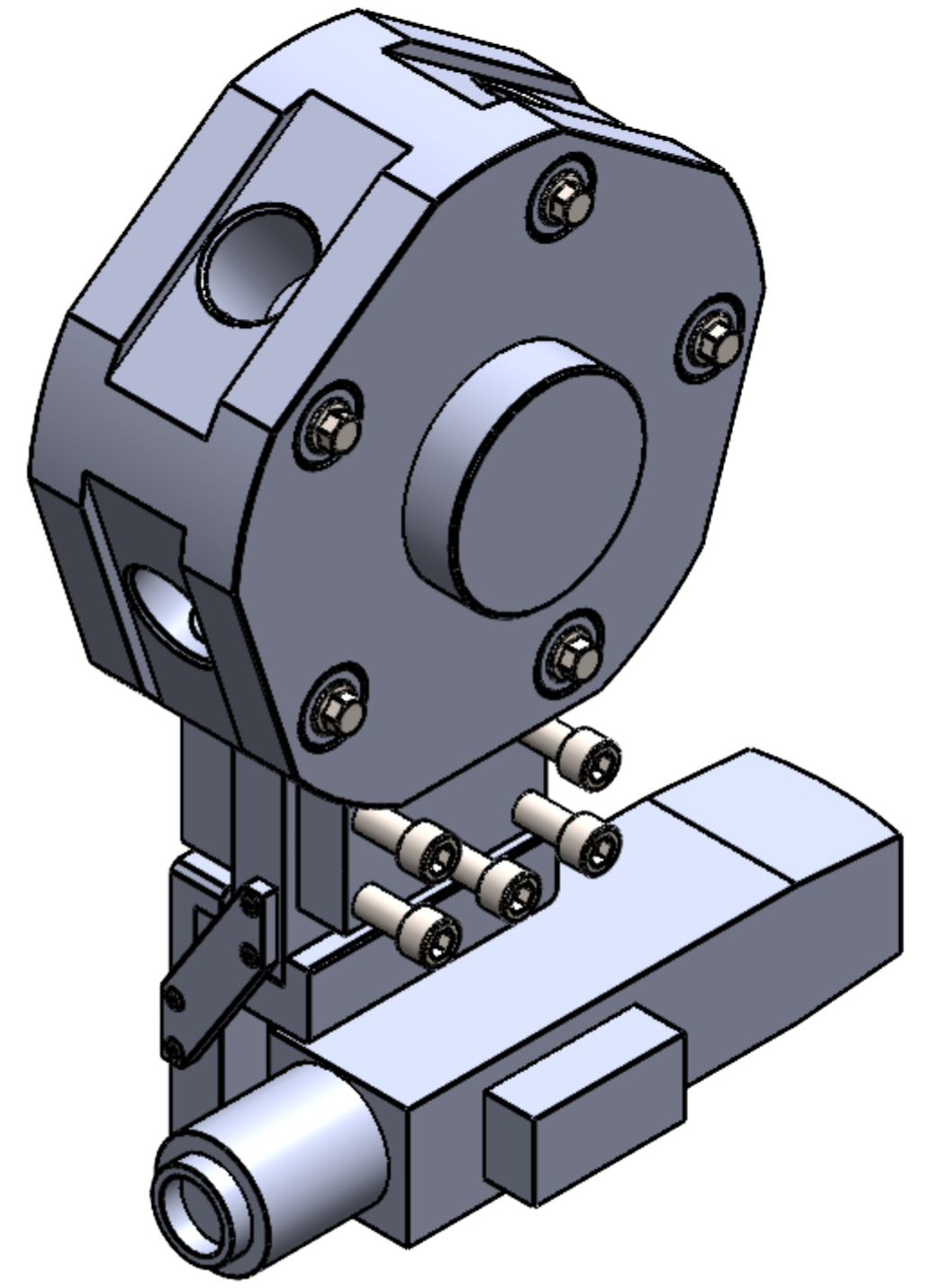
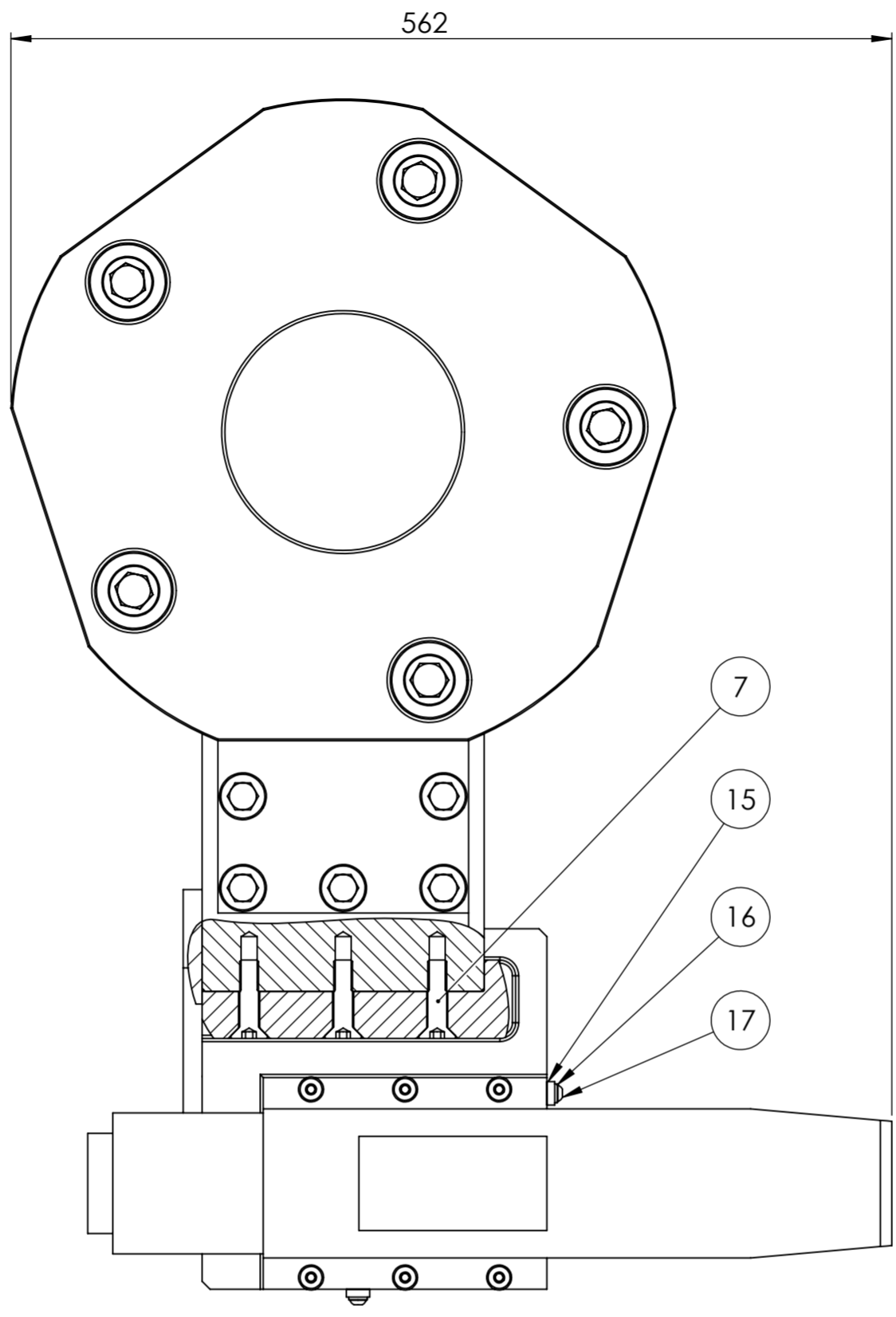
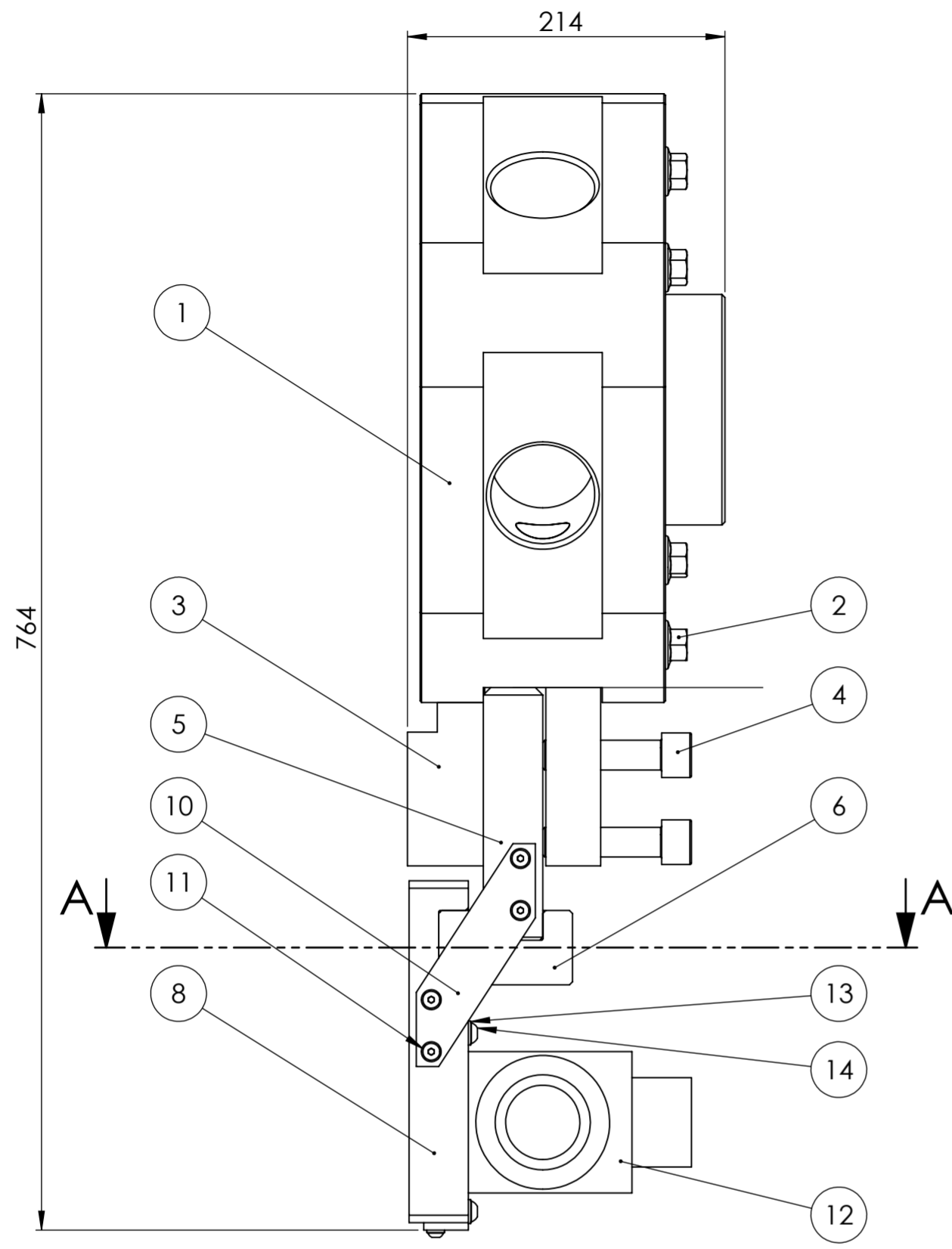
Predložena idejna konstrukcijska rješenja samo su jedan dio zahvata koje je potrebno provesti u cilju nadogradnje stroja sustavom numeričkog upravljanja.

LITERATURA

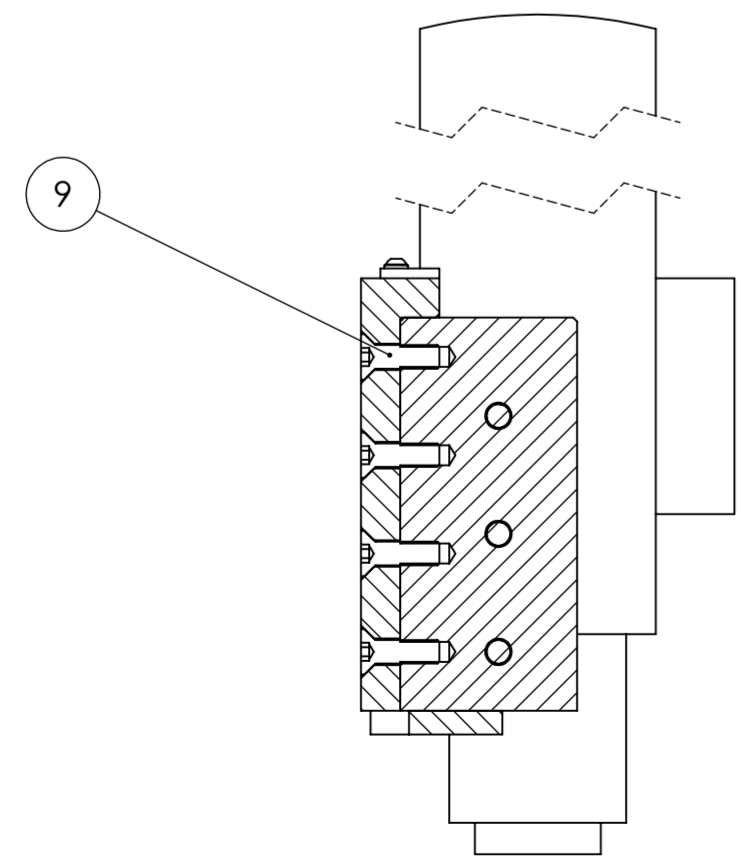
- [1] Kučić-Mirković, S.: Obrade odvajanjem čestica, Školska knjiga d.d. Zagreb, 2023.
- [2] Štefanić, N.: Tehnologije obrade odvajanjem čestica, Školska knjiga d.d. Zagreb, 2023.
- [3] Kučić-Mirković, S.: Konvencionalni alatni strojevi, Školska knjiga d.d. Zagreb, 2023.
- [4] Ciglar, D.: Predavanja iz kolegija Obradni strojevi, Katedra za alatne strojeve, Fakultet strojarstva i brodogradnje
- [5] Ciglar, D.: Predavanja iz kolegija Alati i naprave, Katedra za alatne strojeve, Fakultet strojarstva i brodogradnje
- [6] Ciglar, D.: Predavanja iz kolegija Fleksibilni obradni sustavi, Katedra za alatne strojeve, Fakultet strojarstva i brodogradnje
- [7] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Tokarilica>
- [8] <https://www.ebay.co.uk/itm/404048574186>

PRILOZI

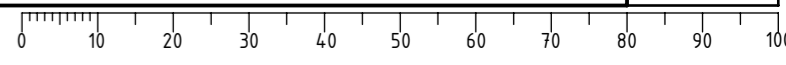
I. Tehnička dokumentacija

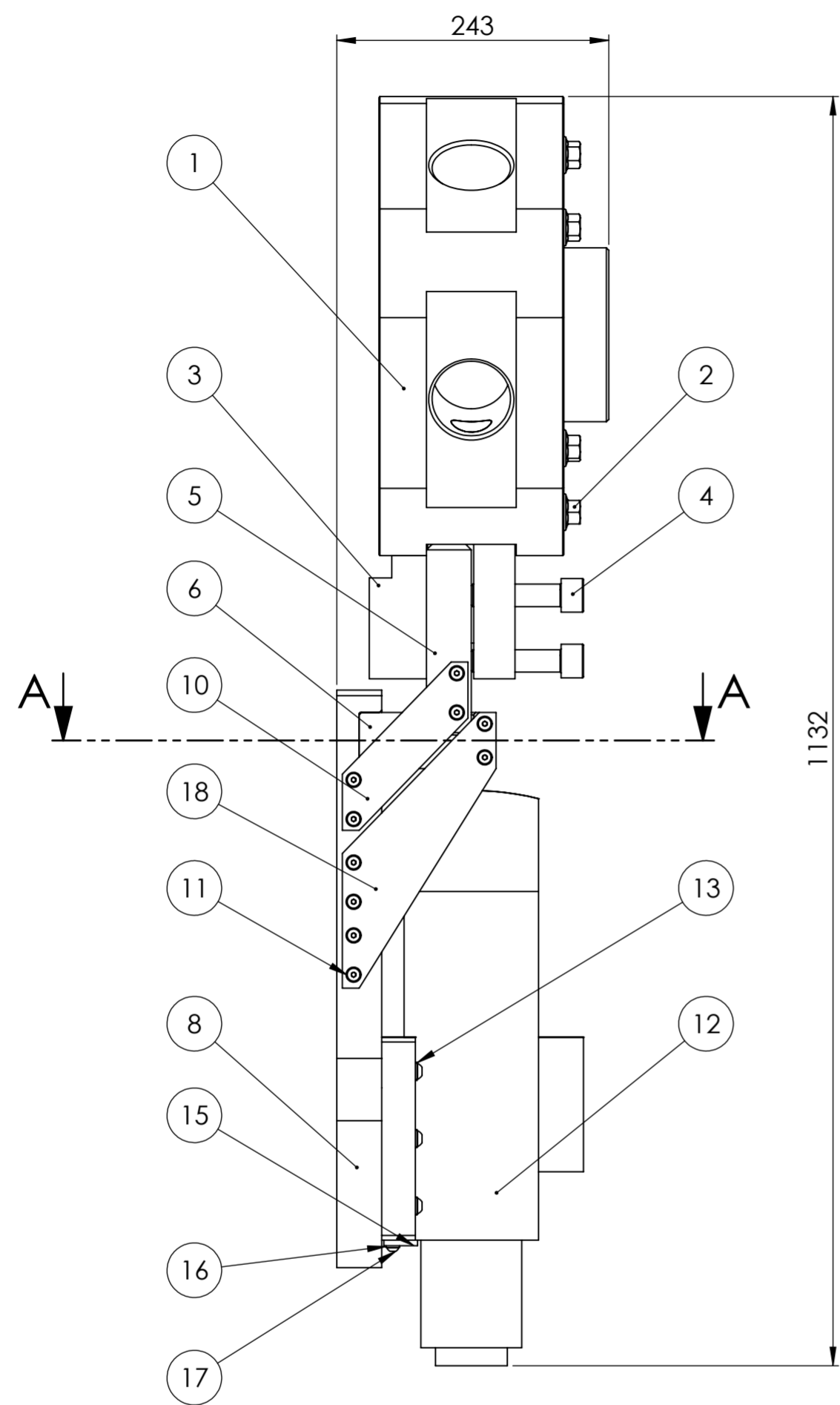


Presjek A-A

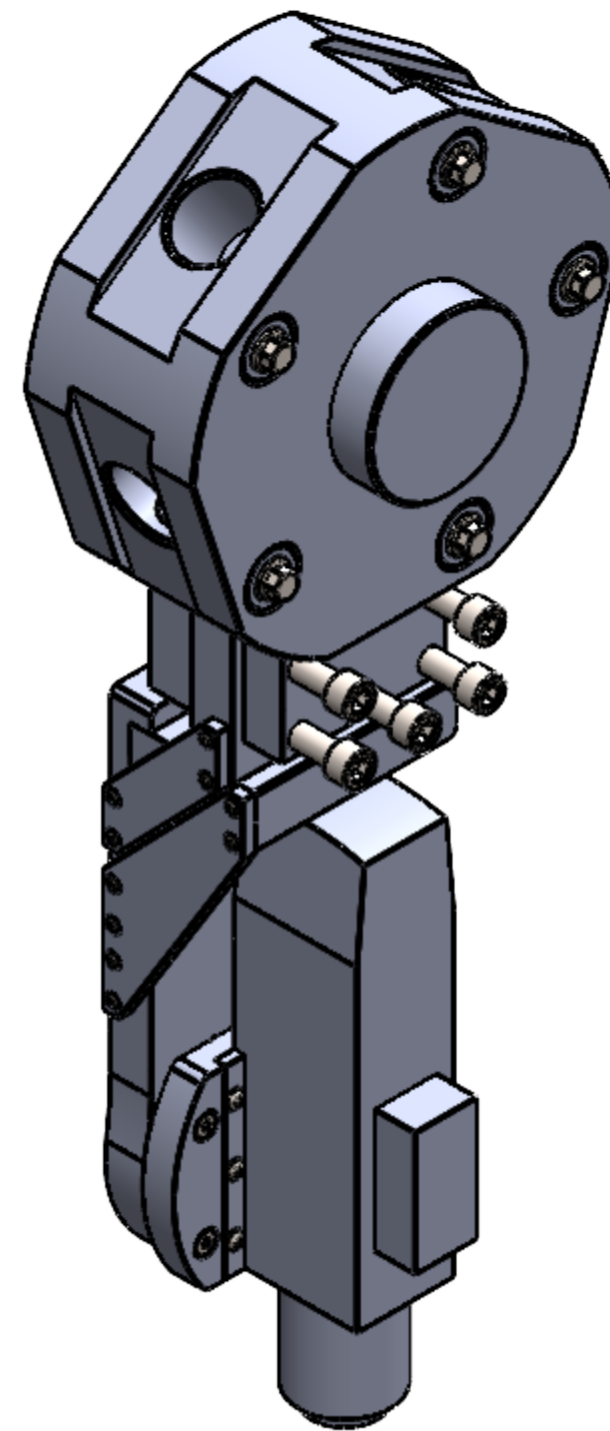
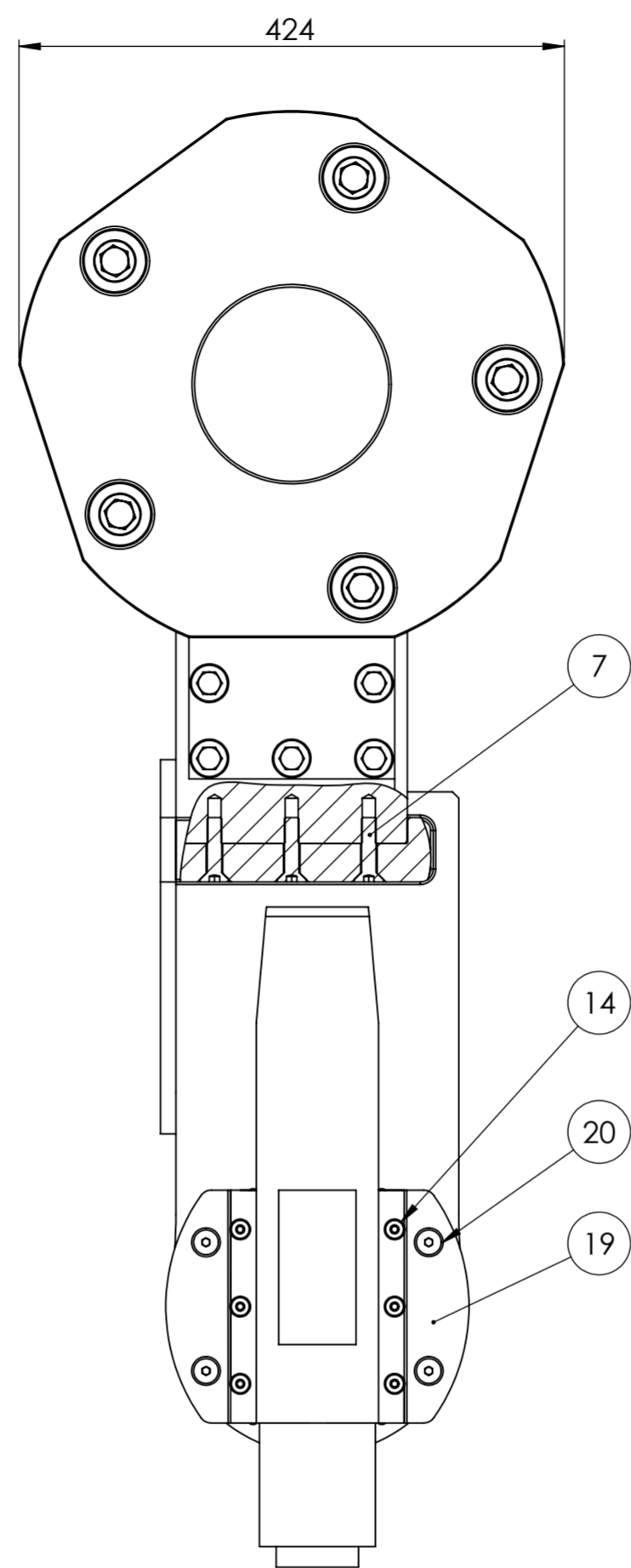
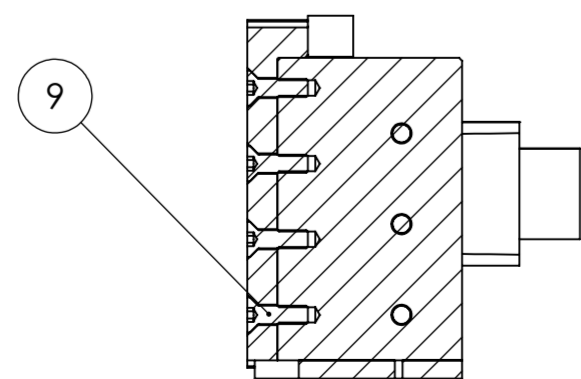


17	Imbus vijak s lećastom glavom	2	ISO 7380		M6x16	
16	Podložna pločica	2	ISO 7089		M6	
15	Pločica za podupiranje motorvretena	2				
14	Imbus vijak s lećastom glavom	6	ISO 7380		M8x25	
13	Podložna pločica	6	ISO 7089		M8	
12	Motorvreteno	1			RATTM	
11	Imbus vijak s upuštenom glavom	4	ISO 10642		M6x20	
10	Potporna ploča	1	NP-ZR-2024.2025-04	C45		
9	Imbus vijak s upuštenom glavom	4	ISO 10642		M12x40	
8	Prihvatna ploča motorvretena	1	NP-ZR-2024.2025-03	C45		
7	Imbus vijak s upuštenom glavom	3	ISO 10642		M12x50	
6	Spojna ploča	1	NP-ZR-2024.2025-02	C45		
5	Temeljna ploča	1	NP-ZR-2024.2025-01	C45		
4	Imbus vijak s cilindričnom glavom	5	ISO 4762		M20x80	
3	Držać alata	1				
2	Vijak sa šesterokutnom prirubnicom	5				
1	Revolverska glava	1				
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis		
Projektirao		17.02.2025.	Nikola Pavić			
Razradio		17.02.2025.	Nikola Pavić			
Crtao		17.02.2025.	Nikola Pavić			
Pregledao						
ISO - tolerancije		Objekt:	Objekt broj:			
				R. N. broj:		
Napomena:						Kopija
Materijal:		Masa:				
Mjerilo originala		Naziv:		Pozicija:		Format: A2
M1:5		Prvo idejno konstrukcijsko rješenje				Listova: 1
		Crtež broj: NP-ZR-2024.2025-10		List: 1		



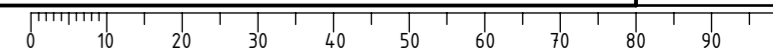


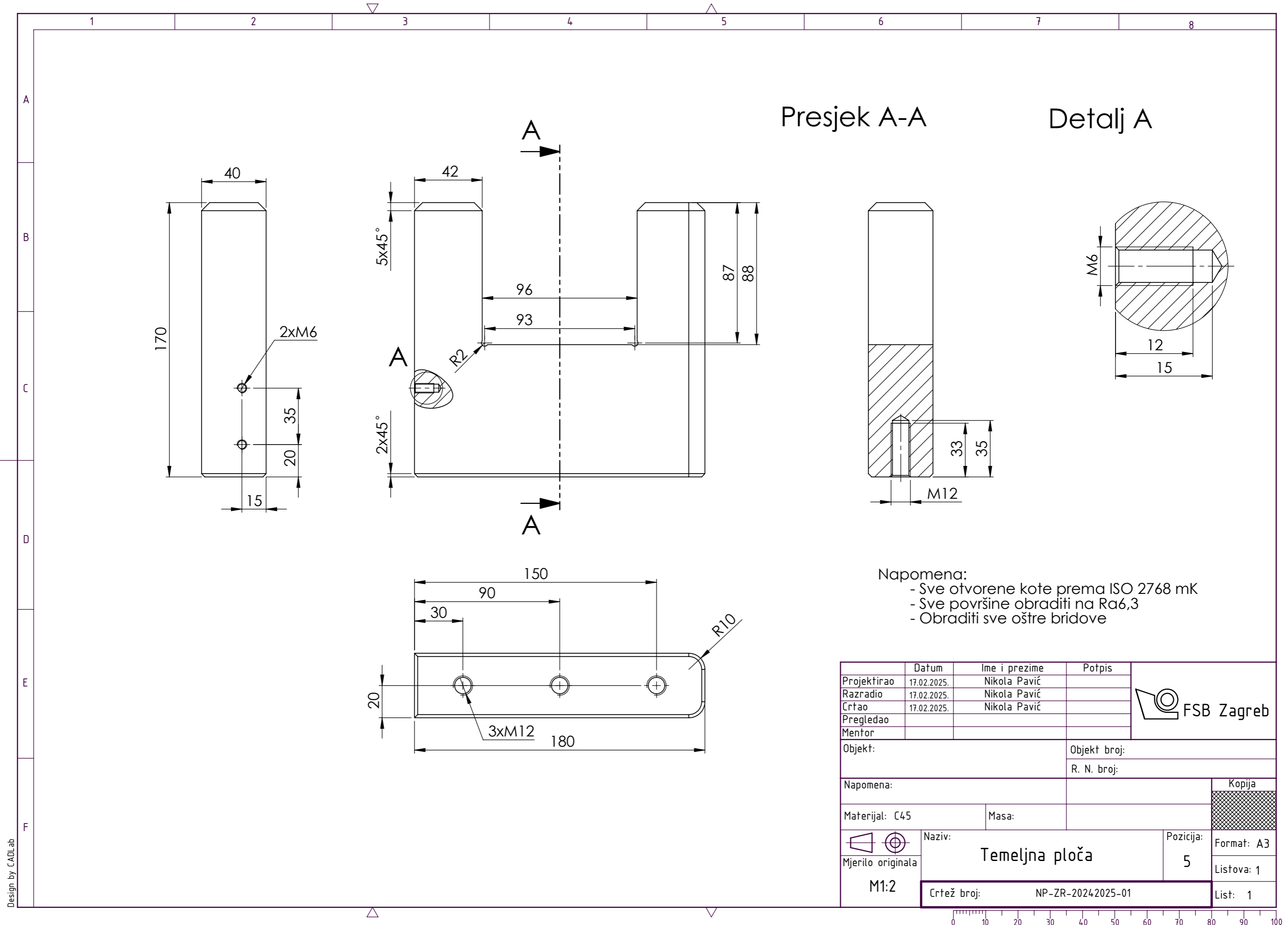
Presjek A-A



20	Imbus vijak s upuštenom glavom	4	ISO 10642		M10x50	
19	Prihvatna ploča za motorvreteno 2	1	NP-ZR-2024.2025-07	C45		
18	Potporna ploča 2	1	NP-ZR-2024.2025-09	C45		
17	Imbus vijak s lećastom glavom	1	ISO 7380		M6x16	
16	Podložna pločica	1	ISO 7089		M6	
15	Pločica za podupiranje motorvretena	1				
14	Imbus vijak s lećastom glavom	6	ISO 7380		M8x25	
13	Podložna pločica	6	ISO 7089		M8	
12	Motorvreteno	1			RATTM	
11	Imbus vijak s upuštenom glavom	10	ISO 10642		M6x20	
10	Potporna ploča 1	1	NP-ZR-2024.2025-08	C45		
9	Imbus vijak s upuštenom glavom	4	ISO 10642		M12x40	
8	Nosiva ploča	1	NP-ZR-2024.2025-06	C45		
7	Imbus vijak s upuštenom glavom	3	ISO 10642		M12x50	
6	Spojna ploča 2	1	NP-ZR-2024.2025-05	C45		
5	Temeljna ploča	1	NP-ZR-2024.2025-01	C45		
4	Imbus vijak s cilindričnom glavom	5	ISO 4762		M20x80	
3	Držać alata	1				
2	Vijak sa šestierokutnom prirubnicom	5				
1	Revolverska glava	1				

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis		
Projektirao		17.02.2025.	Nikola Pavić			
Razradio		17.02.2025.	Nikola Pavić			
Crtao		17.02.2025.	Nikola Pavić			
Pregledao						
ISO - tolerancije		Objekt:	Objekt broj:			
			R. N. broj:			
Napomena:						Kopija
Materijal:		Masa:				
Mjerilo originala		Naziv: Drugo idejno konstrukcijsko rješenje		Pozicija:	Format: A2	
M1:5		Crtež broj: NP-ZR-2024.2025-20		Listova: 1		List: 1





Presjek A-A

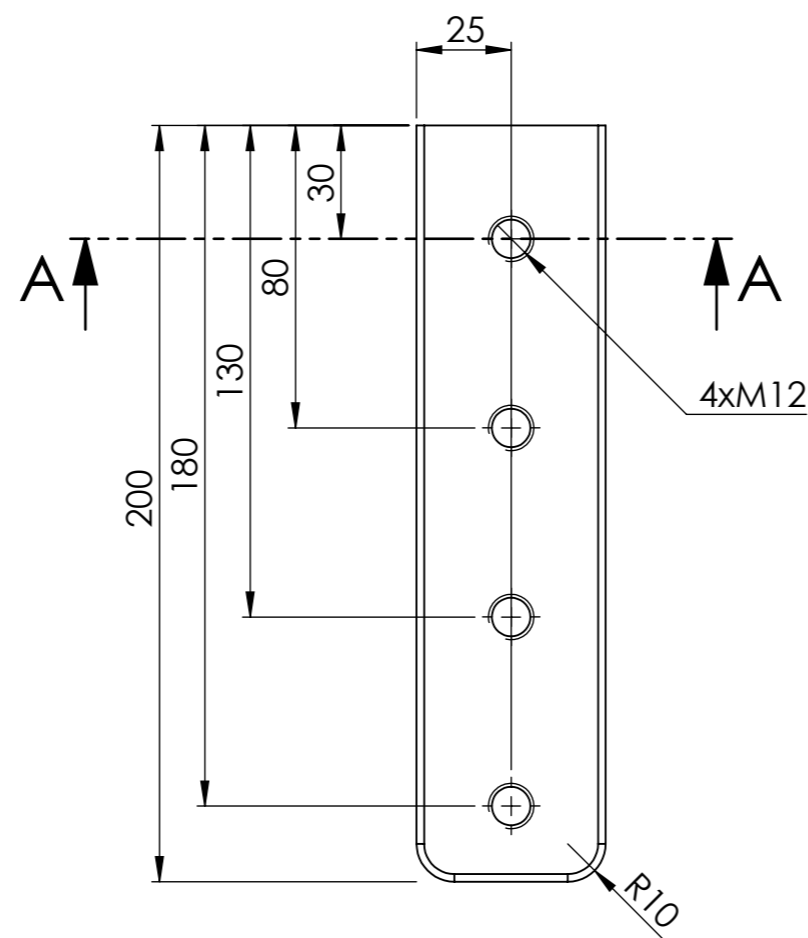
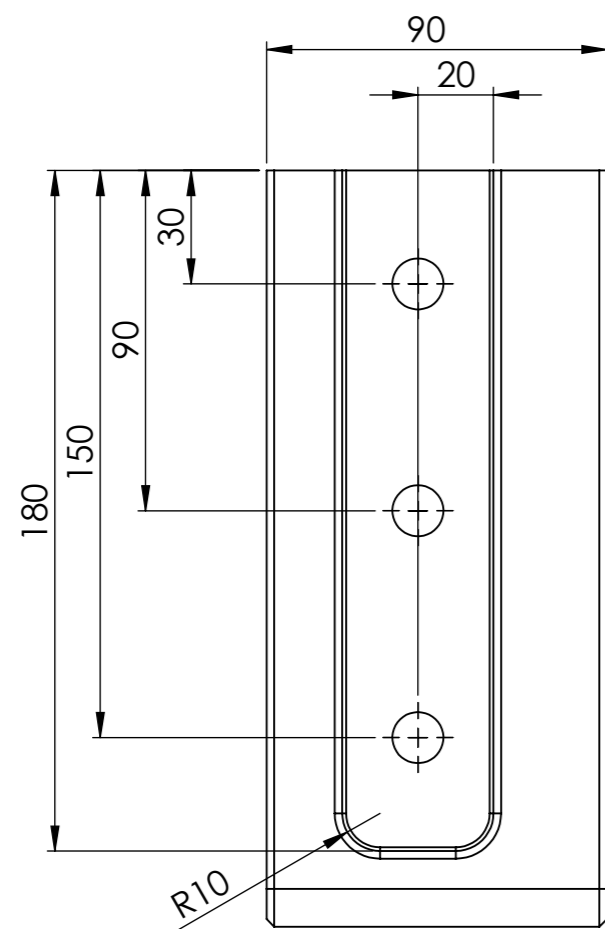
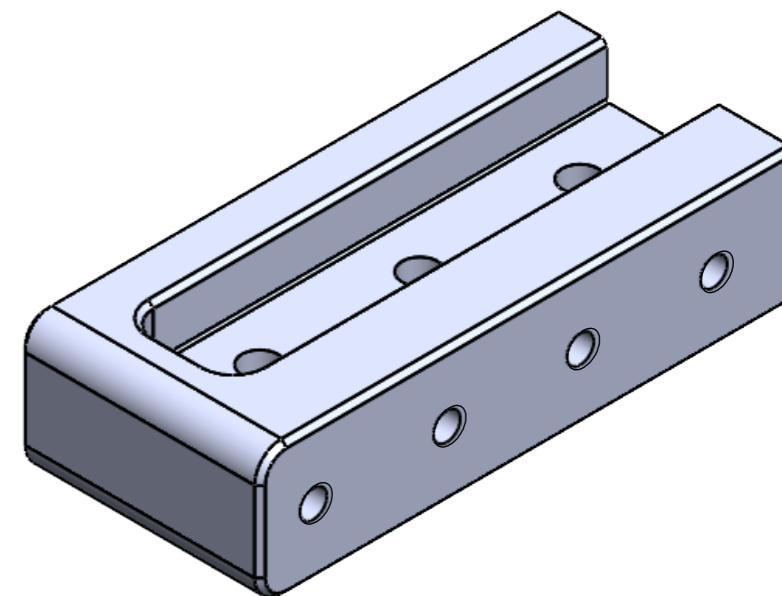
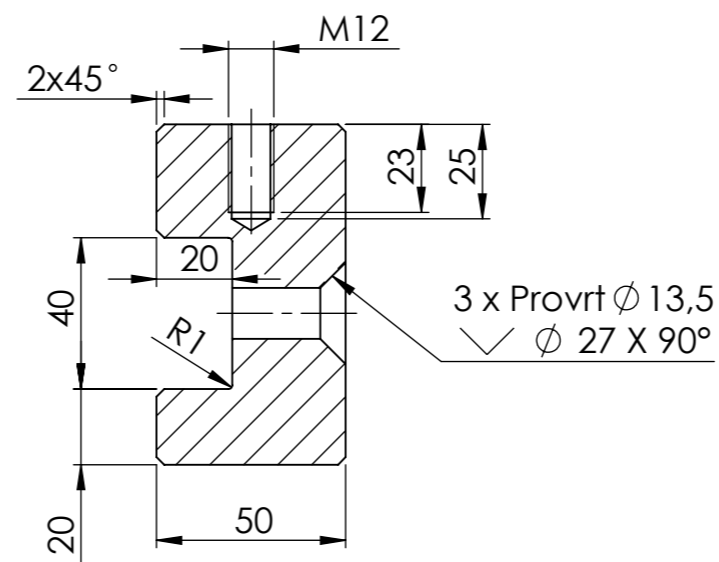
Detalj A

- Napomena:
- Sve otvorene kote prema ISO 2768 mK
 - Sve površine obraditi na Ra6,3
 - Obraditi sve oštre bridove

	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao	17.02.2025.	Nikola Pavić		
Razradio	17.02.2025.	Nikola Pavić		
Crtao	17.02.2025.	Nikola Pavić		
Pregledao				
Mentor				
Objekt:		Objekt broj:		
		R. N. broj:		
Napomena:				Kopija
Materijal: C45		Masa:		
 Mjerilo originala M1:2		Naziv: Temeljna ploča		Pozicija: 5
		Crtež broj: NP-ZR-20242025-01		Format: A3 Listova: 1 List: 1



Presjek A-A

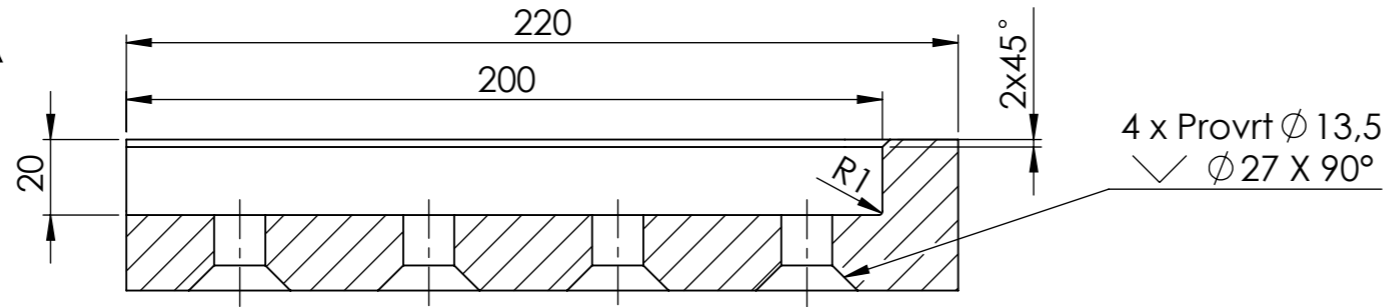


- Napomena:
- Sve otvorene kote prema ISO 2768 mK
 - Sve površine obraditi na Ra6,3
 - Obraditi sve oštre bridove
 - Sva neoznačena skošenja 2x45°

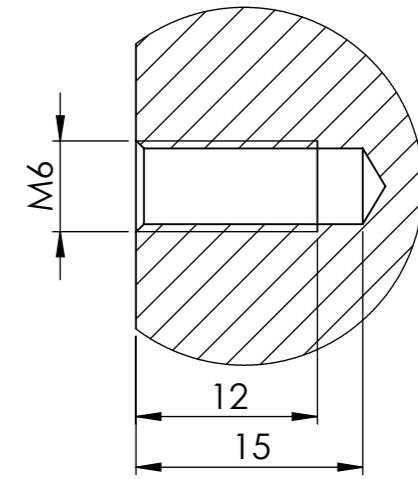
Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Razradio	17.02.2025.	Nikola Pavić		
Crtao	17.02.2025.	Nikola Pavić		
Pregledao				
Mentor				
Objekt:		Objekt broj:		
		R. N. broj:		
Napomena:				Kopija
Materijal: C45		Masa:		
		Naziv:		Pozicija:
Mjerilo originala		Spojna ploča		6
M1:2		Crtež broj:		Format: A3
		NP-ZR-20242025-02		Listova: 1
				List: 1



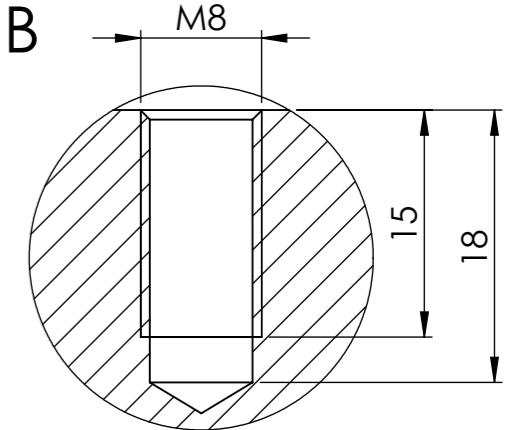
Presjek A-A



Detalj A

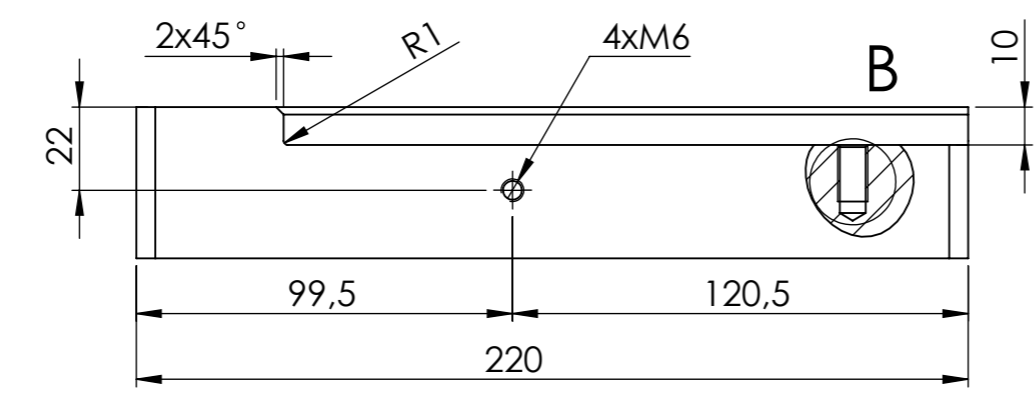
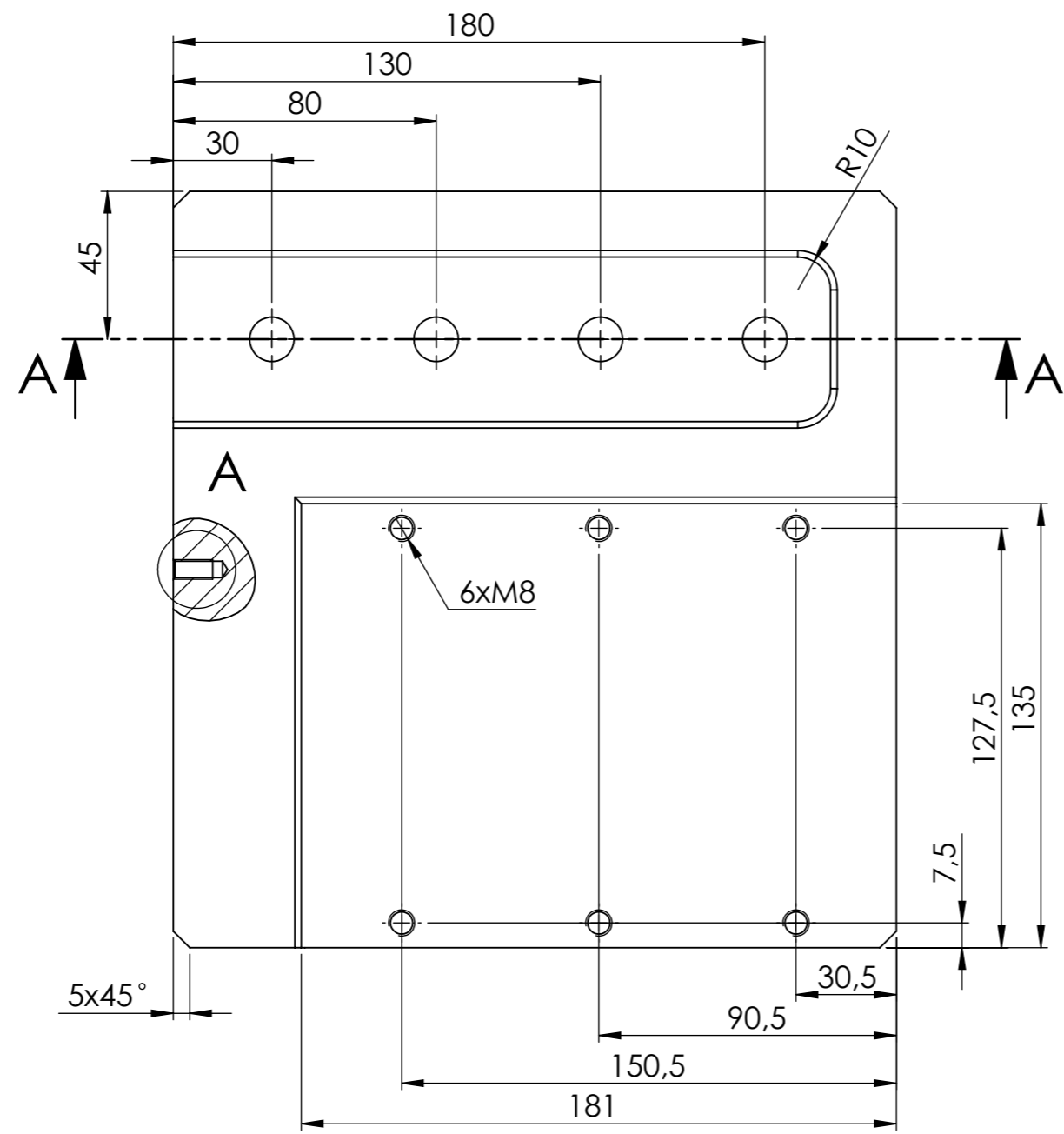
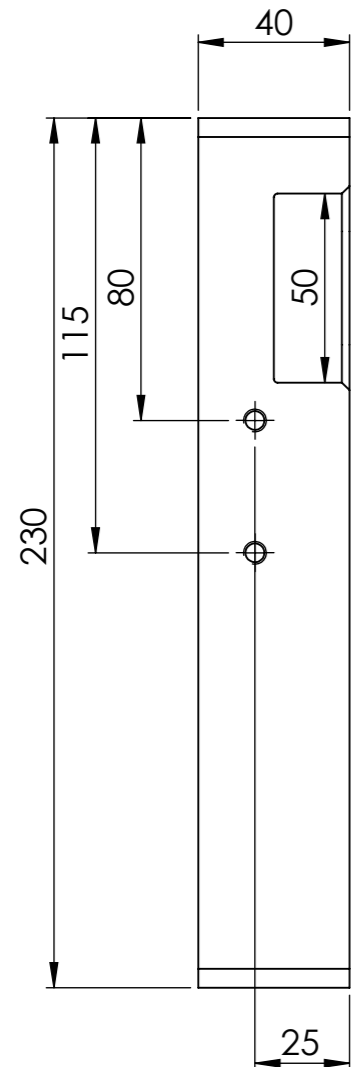


Detalj B

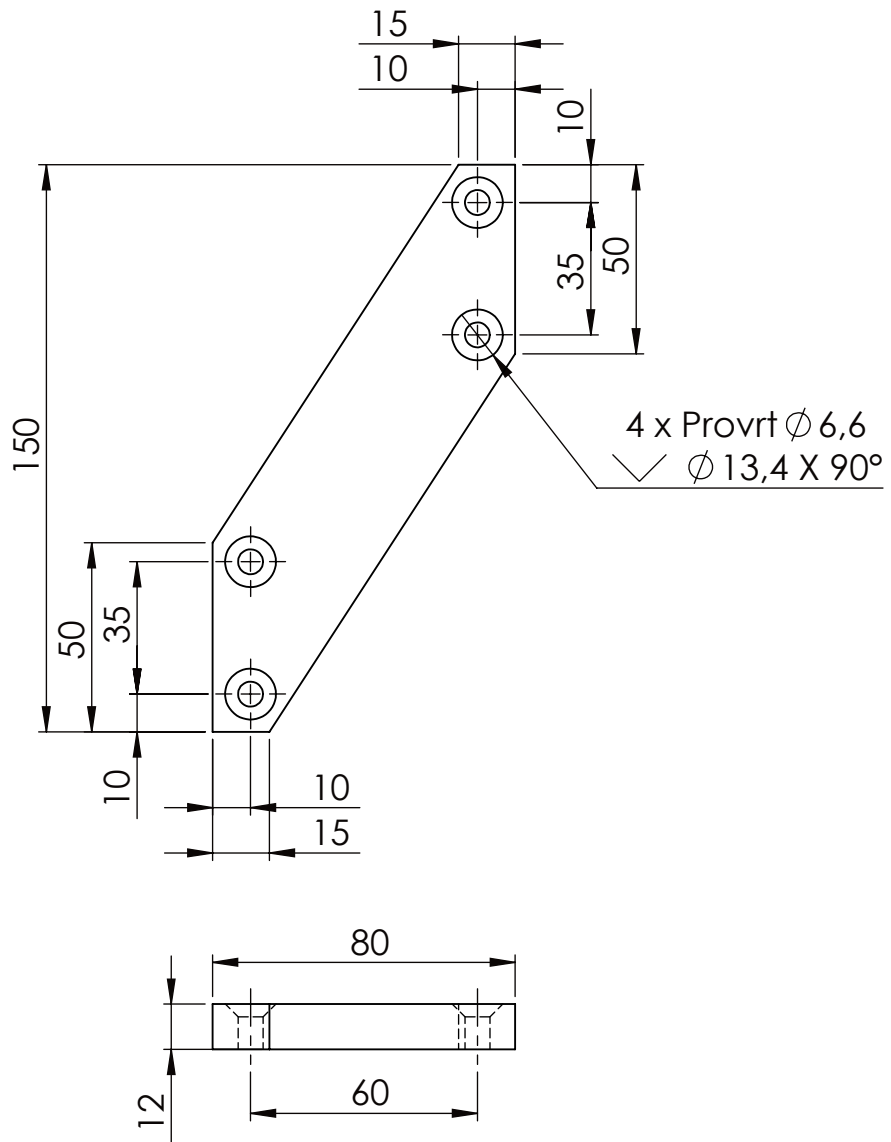


Napomena:

- Sve otvorene kote prema ISO 2768 mK
- Sve površine obraditi na Ra6,3
- Obraditi sve oštre bridove


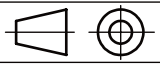


Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Razradio	17.02.2025.	Nikola Pavić		
Crtao	17.02.2025.	Nikola Pavić		
Pregledao				
Mentor				
Objekt:		Objekt broj:		
		R. N. broj:		
Napomena:				Kopija
Materijal: C45		Masa:		
Naziv:		Pozicija:		
Mjerilo originala		Prihvatna ploča motorvretena		Format: A3
M1:2		8		Listova: 1
Crtež broj:		NP-ZR-20242025-03		List: 1

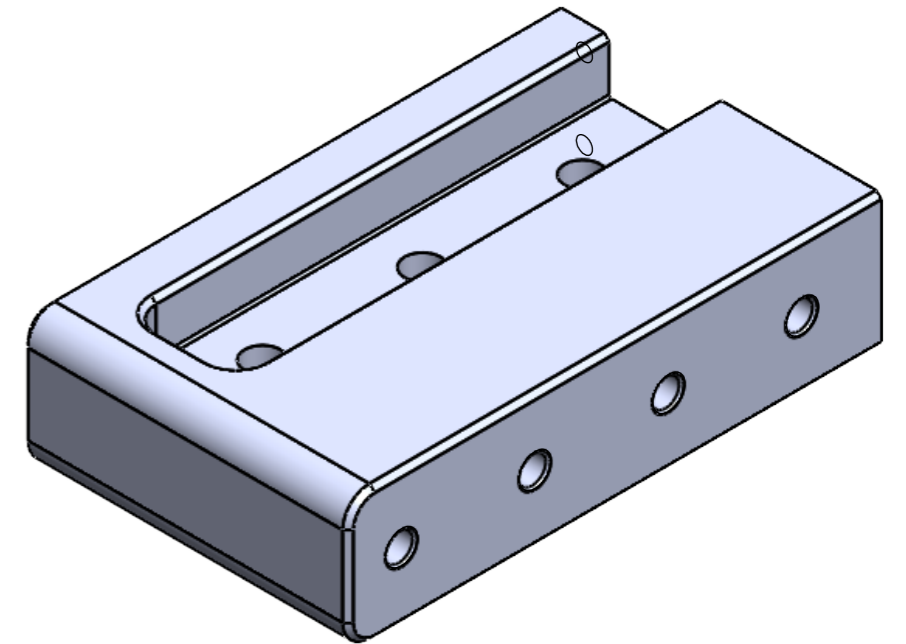
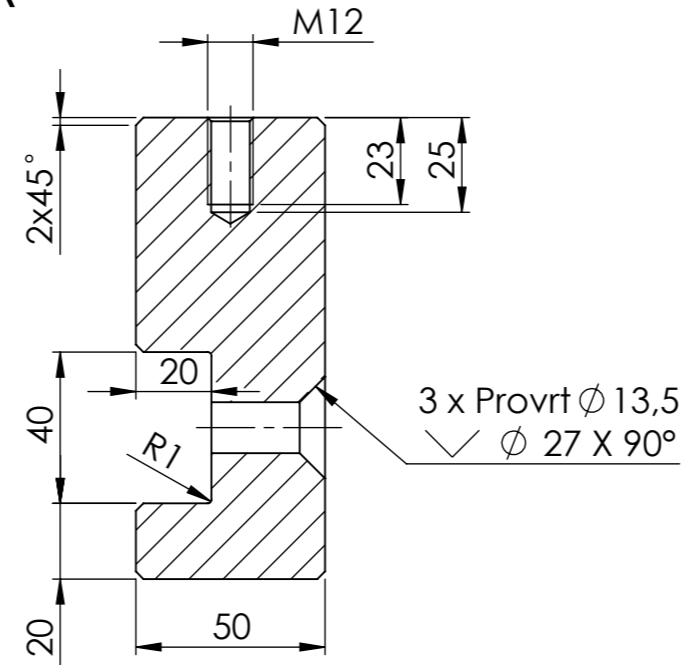
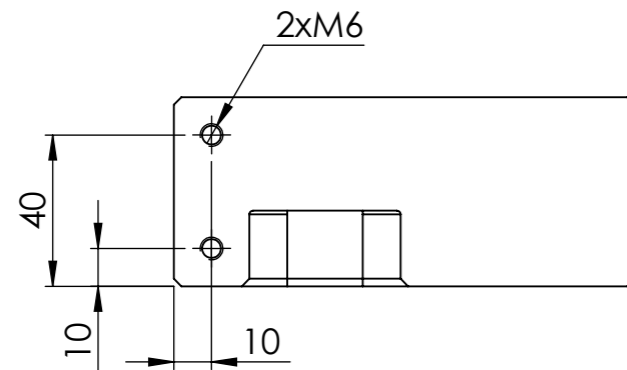


Napomena:

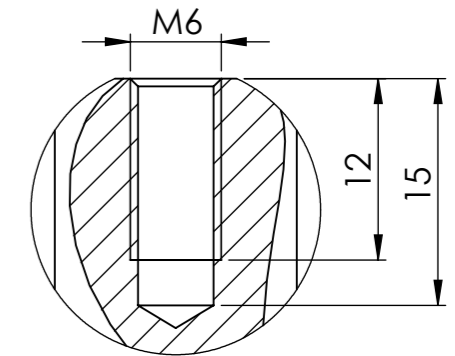
- Sve otvorene kote prema ISO 2768 mK
- Sve površine obraditi na Ra6,3
- Obraditi sve oštre bridove

	Datum	Ime i prezime	Potpis				
Projektirao	17.02.2025.	Nikola Pavić					
Razradio	17.02.2025.	Nikola Pavić					
Crtao	17.02.2025.	Nikola Pavić					
Pregledao							
Objekt:			Objekt broj:				
			R. N. broj:				
Napomena:			Kopija				
Materijal: C45		Masa:					
		Naziv:				Pozicija:	
Mjerilo originala		Potporna ploča		10			
M1:2		Crtež broj: NP-ZR-2024-2025-04		Listova: 1			
				List: 1			

Presjek A-A

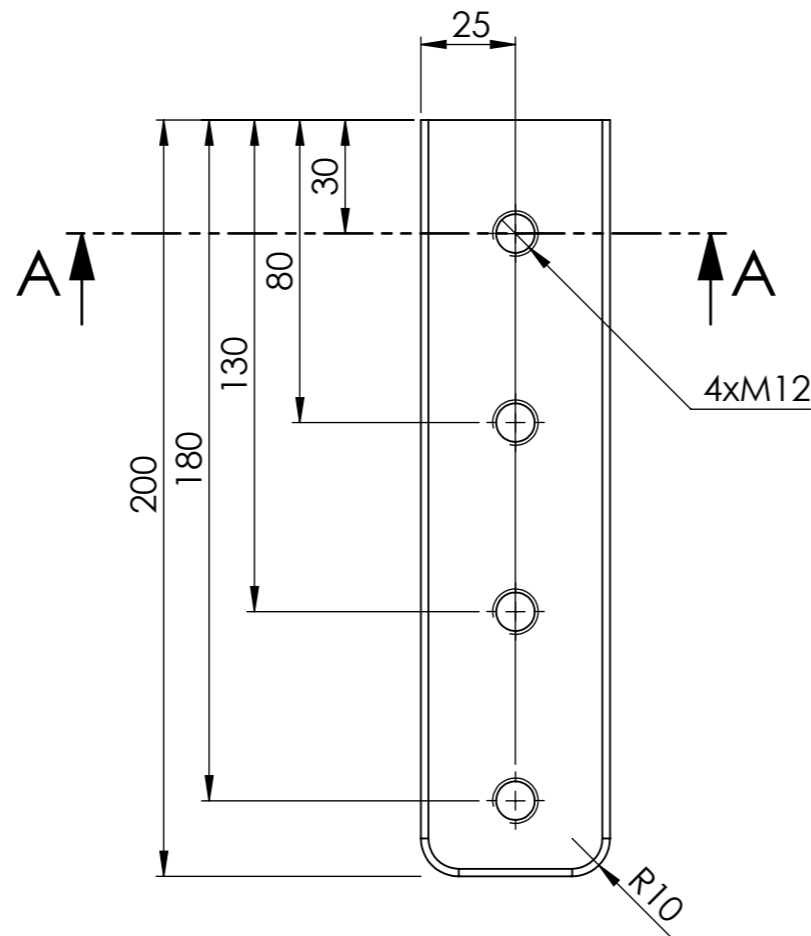
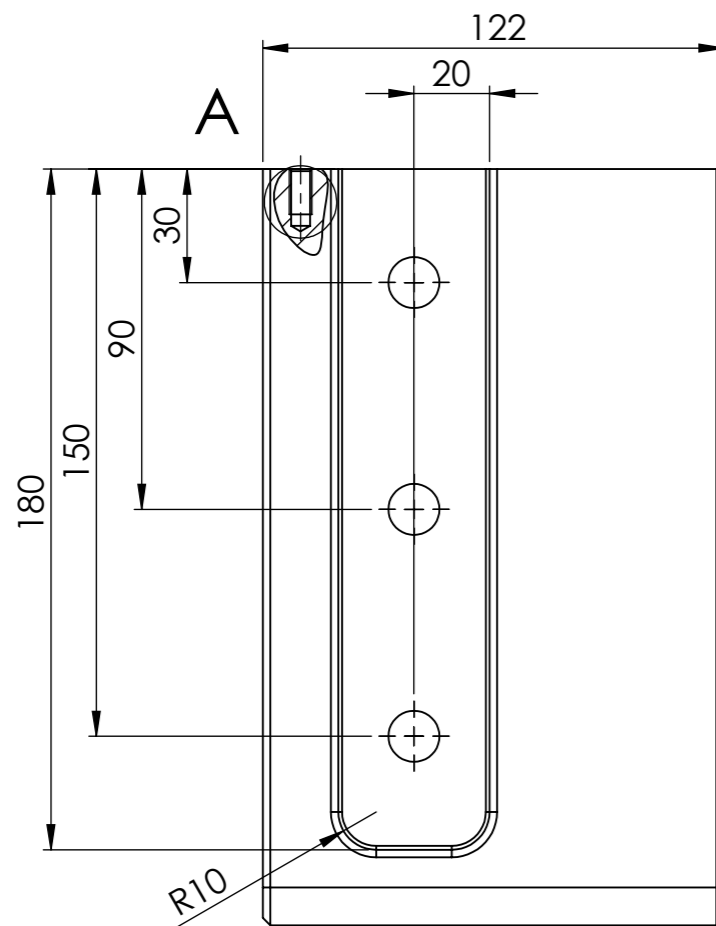


Detalj A



Napomena:

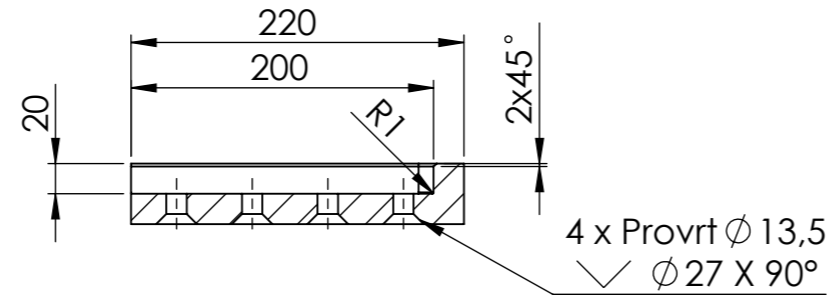
- Sve otvorene kote prema ISO 2768 mK
- Sve površine obraditi na Ra6,3
- Obraditi sve oštre bridove
- Sva neoznačena skošenja 2x45°



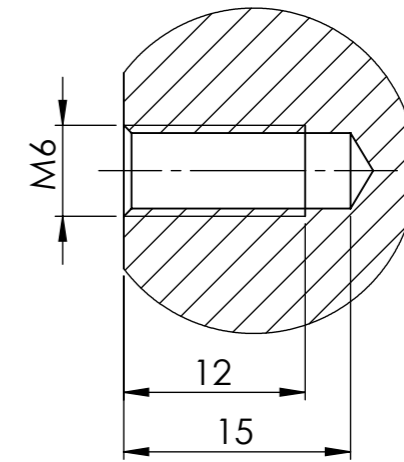
	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao	17.02.2025.	Nikola Pavić		
Razradio	17.02.2025.	Nikola Pavić		
Crtao	17.02.2025.	Nikola Pavić		
Pregledao				
Mentor				
Objekt:		Objekt broj:		
		R. N. broj:		
Napomena:				Kopija
Materijal: C45		Masa:		
		Naziv:		
Mjerilo originala		Spojna ploča 2		Pozicija: 6
M1:2		Crtež broj: NP-ZR-20242025-05		Format: A3
				Listova: 1
				List: 1



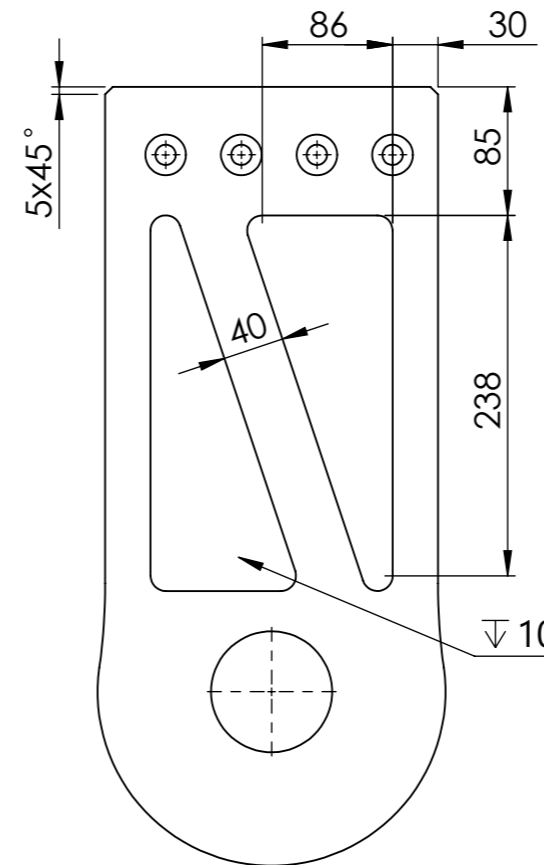
Presjek A-A



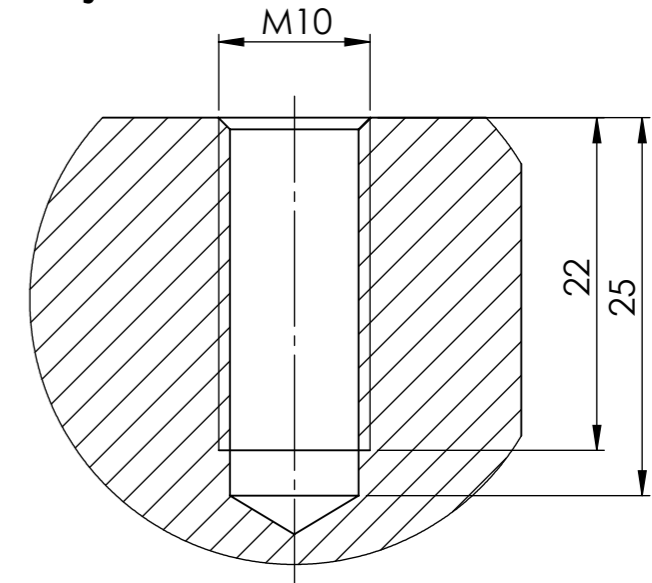
Detalj A



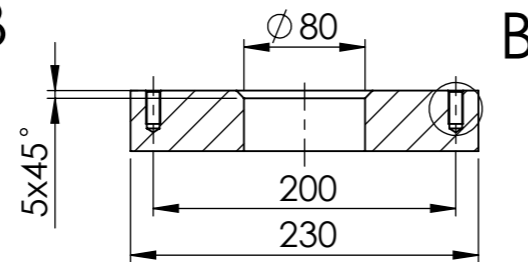
Pogled A



Detalj B



Presjek B-B

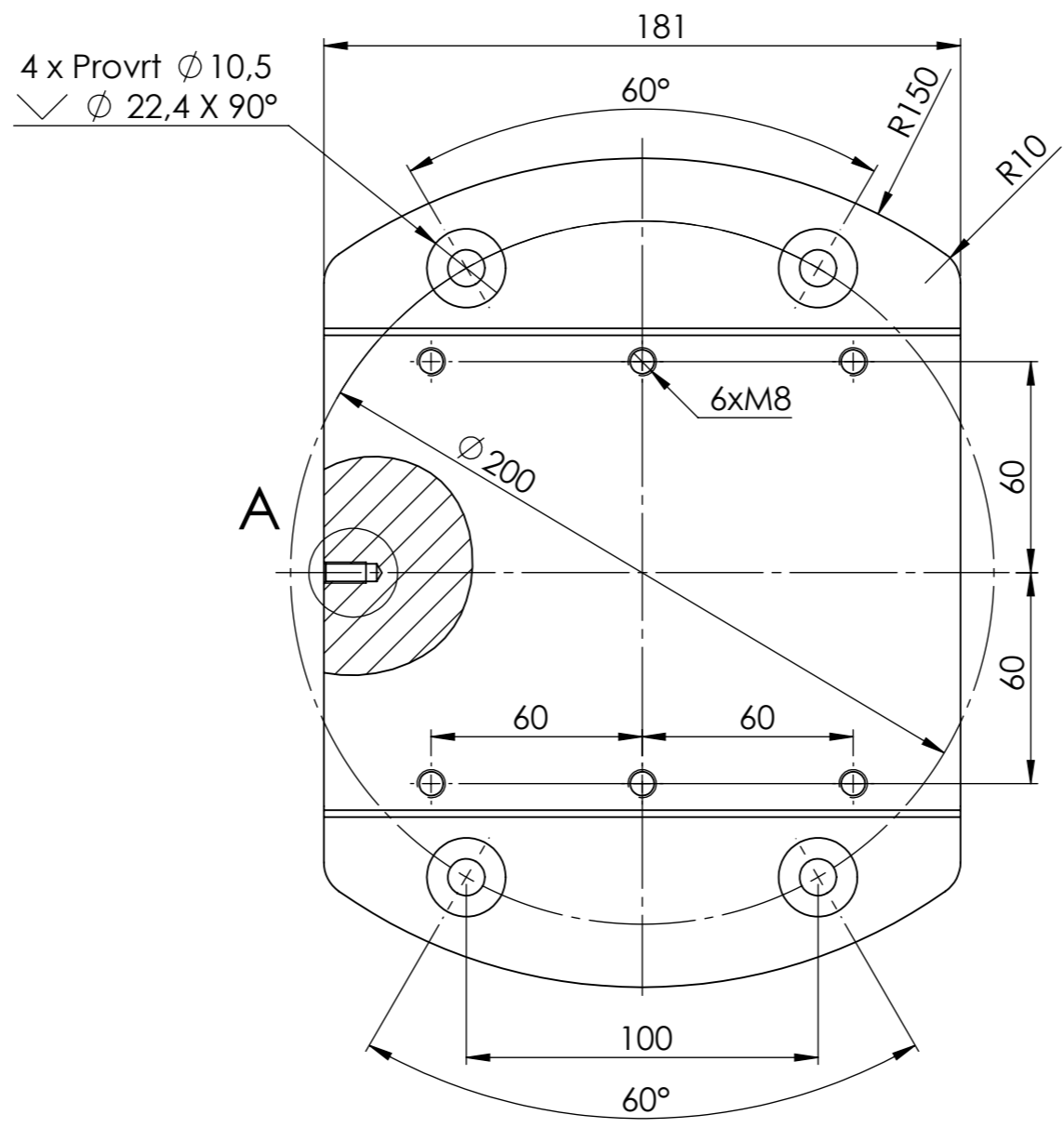
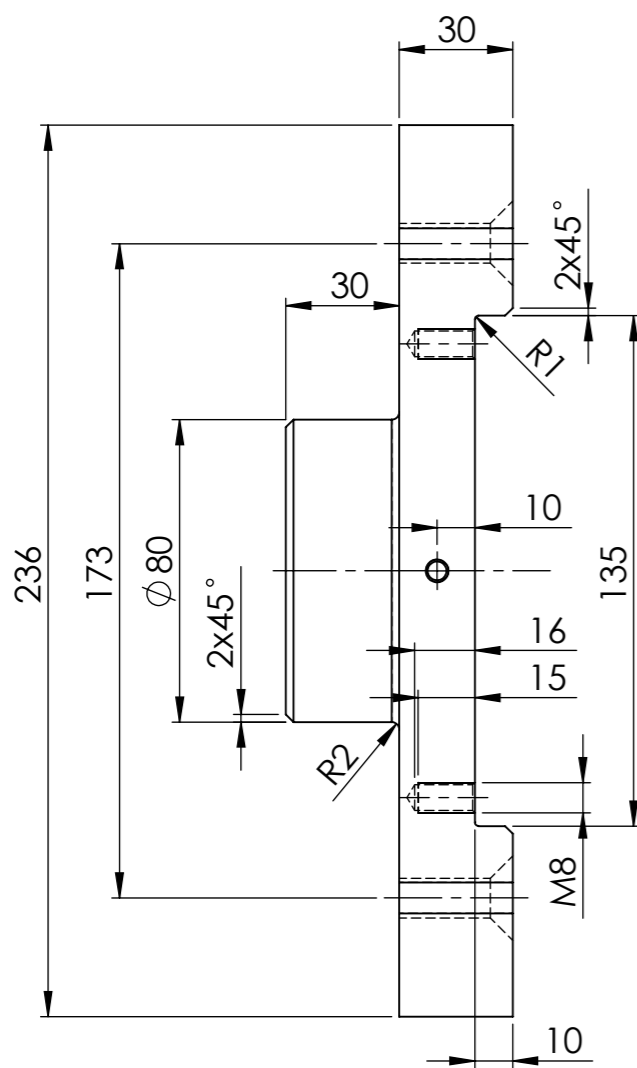


Napomena:

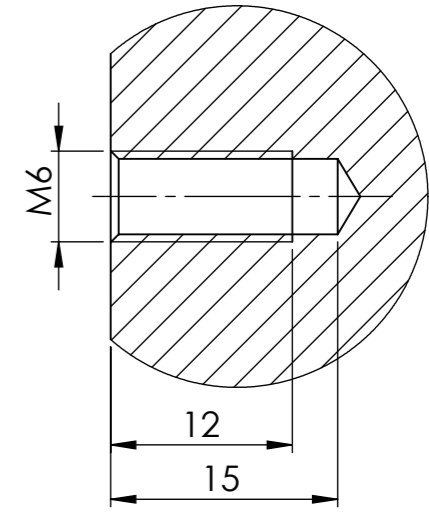
- Sve otvorene kote prema ISO 2768 mK
- Sve površine obraditi na Ra6,3
- Obraditi sve oštre bridove

	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao	17.02.2025.	Nikola Pavić		
Razradio	17.02.2025.	Nikola Pavić		
Crtao	17.02.2025.	Nikola Pavić		
Pregledao				
Mentor				
Objekt:		Objekt broj:		
		R. N. broj:		
Napomena:				Kopija
Materijal: C45		Masa:		
Mjerilo originala		Naziv:		
M1:2		Nosiva ploča		Pozicija: 8
Crtež broj:		NP-ZR-2024-2025-06		Format: A3
				Listova: 1
				List: 1



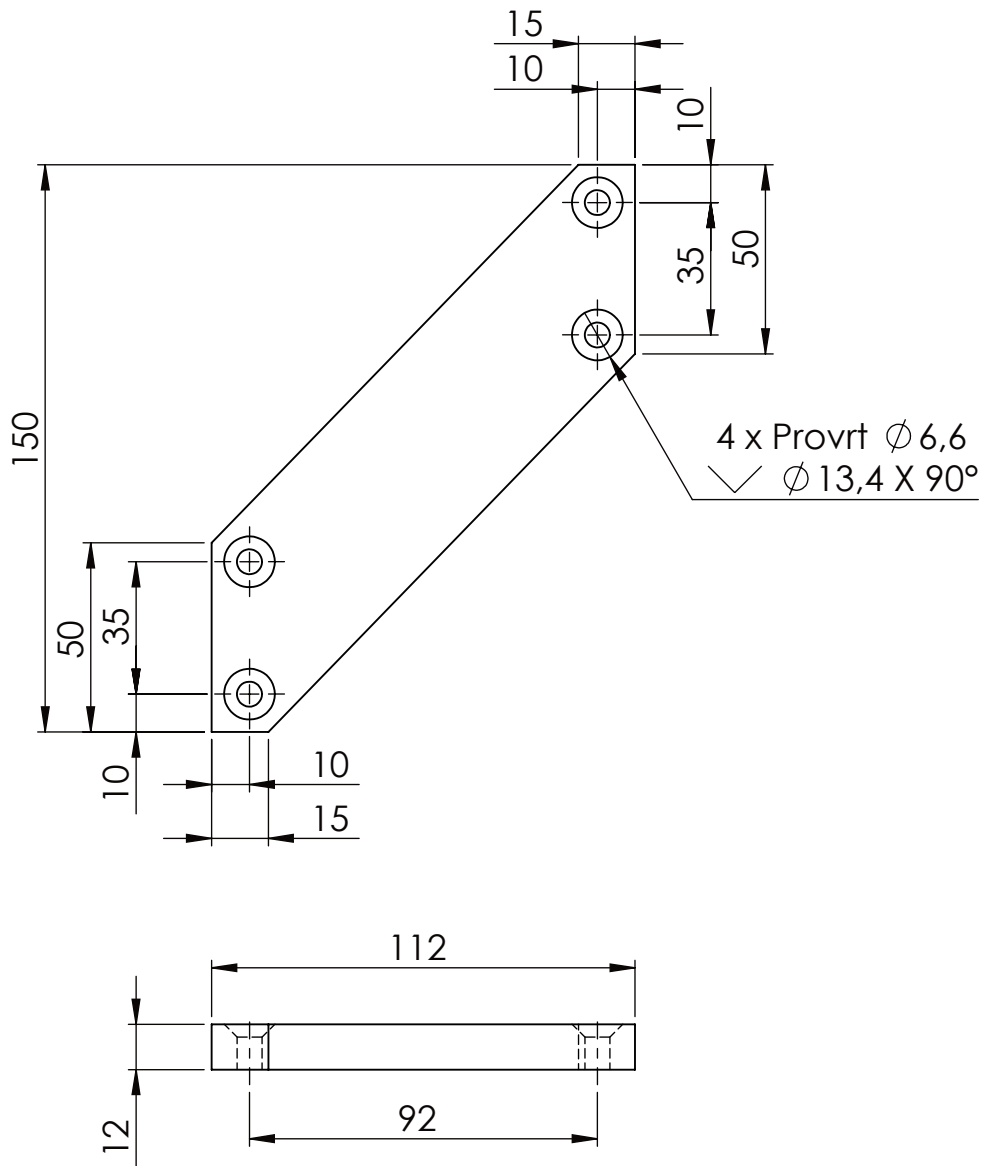


Detalj A




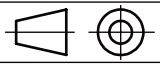
Napomena:
 - Sve otvorene kote prema ISO 2768 mK
 - Sve površine obraditi na Ra6,3
 - Obraditi sve oštre bridove

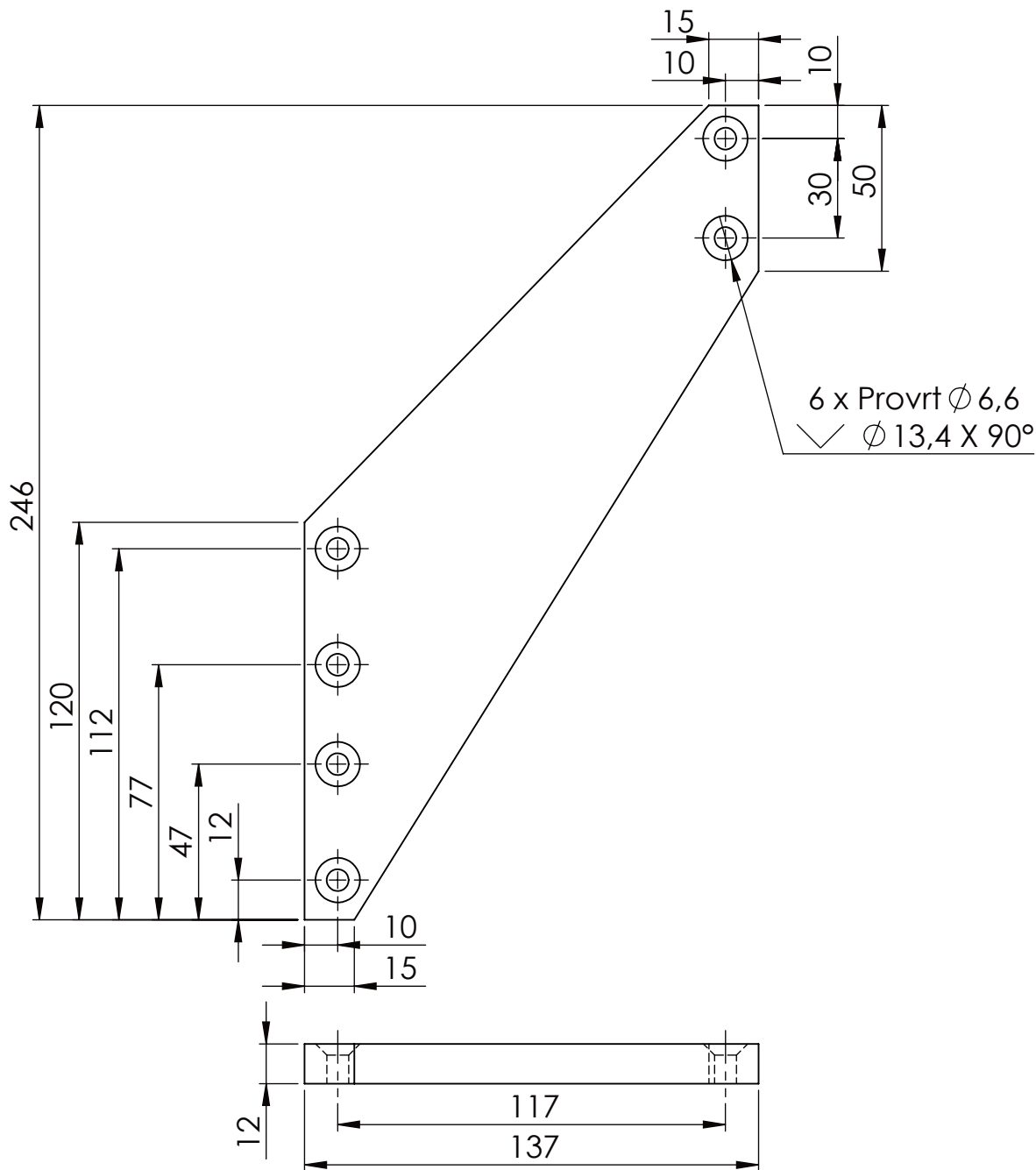
	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao	17.02.2025.	Nikola Pavić		
Razradio	17.02.2025.	Nikola Pavić		
Crtao	17.02.2025.	Nikola Pavić		
Pregledao				
Mentor				
Objekt:		Objekt broj:		
		R. N. broj:		
Napomena:				Kopija
Materijal: C45		Masa:		
 Mjerilo originala M1:2	Naziv:		Pozicija:	Format: A3
	Prijvatna ploča motorvretena 2		19	Listova: 1
Crtež broj:		NP-ZR-20242025-07		List: 1



Napomena:

- Sve otvorene kote prema ISO 2768 mK
- Sve površine obraditi na Ra6,3
- Obraditi sve oštre bridove



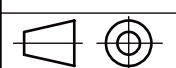
	Datum	Ime i prezime	Potpis				
Projektirao	18.02.2025.	Nikola Pavić					
Razradio	18.02.2025.	Nikola Pavić					
Crtao	18.02.2025.	Nikola Pavić					
Pregledao							
Objekt:			Objekt broj:				
			R. N. broj:				
Napomena:					Kopija		
Materijal: C45			Masa:				
			Naziv:			Pozicija:	
Mjerilo originala			Potporna ploča 1		10	Format: A4	
M1:2						Crtež broj: NP-ZR-2024-2025-08	Listova: 1
					List: 1		



6 x Provrt $\varnothing 6,6$
 $\surd \varnothing 13,4 \times 90^\circ$

Napomena:

- Sve otvorene kote prema ISO 2768 mK
- Sve površine obraditi na Ra6,3
- Obraditi sve oštre bridove

	Datum	Ime i prezime	Potpis		
Projektirao	18.02.2025.	Nikola Pavić			
Razradio	18.02.2025.	Nikola Pavić			
Crtao	18.02.2025.	Nikola Pavić			
Pregledao					
Objekt:			Objekt broj:		
			R. N. broj:		
Napomena:					Kopija
Materijal: C45			Masa:		
			Naziv:		
Mjerilo originala			Potporna ploča 2		18
M1:2			Crtež broj: NP-ZR-2024-2025-09		Format: A4
					Listova: 1
					List: 1